

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica



Tesi di Laurea Magistrale

**IMPLEMENTAZIONE DI TECNICHE LEAN PER
L'OTTIMIZZAZIONE DEL REPARTO
PRODUTTIVO**

Relatore:

Prof. Maurizio Schenone

Candidato:

Salvatore Renno

ANNO ACCADEMICO 2019/2020

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
2	PRESENTAZIONE AZIENDALE	6
3	METODOLOGIA LEAN PRODUCTION	11
3.1	Il Toyota Production System (TPS)	13
3.2	I sette sprechi (MUDA)	13
3.3	Il Just In Time: il primo pilastro del TPS	16
3.3.1	<i>Sistema Pull</i>	16
3.3.2	<i>Sistema One-piece-flow</i>	18
3.3.3	<i>Takt Time</i>	19
3.4	Jidoka: il secondo pilastro	19
3.5	I principi fondamentali del TPS	20
3.6	Standardized work	21
3.7	Kaizen	22
4	MATERIALI-COSTI DI APPROVVIGIONAMENTO E DI GESTIONE SCORTE	23
4.1	Criteri di gestione dei materiali	23
4.2	Tipologia di risposta alla domanda	25
4.3	Frequenza di consumo e fornitura	26
4.4	Corretto livello di scorte strategiche	27
4.4.1	<i>Rilevazione dei dati base</i>	29
4.4.2	<i>Classificazione dei materiali in A-B-C</i>	34
4.4.3	<i>Costi di gestione delle scorte</i>	37
5	PROCESSO-LAYOUT- RIDUZIONE SPRECHI IN TERMINI DI TEMPO	40
5.1	Classificazione dei layout	40
5.1.1	<i>Layout per processo</i>	41
5.1.2	<i>Layout per prodotto</i>	42
5.1.3	<i>Layout a posto fisso</i>	43
5.1.4	<i>Layout per tecnologia di gruppo</i>	44
5.2	Obiettivi dello studio di un layout	44
5.2.1	<i>Semplificazione del processo produttivo</i>	45
5.2.2	<i>Riduzione del costo dei trasporti interni</i>	45
5.2.3	<i>Riduzione delle scorte di produzione</i>	46

5.2.4	<i>Massima utilizzazione dello spazio disponibile</i>	46
5.2.5	<i>Ambiente di lavoro soddisfacente</i>	46
5.2.6	<i>Evitare investimenti di capitale non necessari</i>	47
5.2.7	<i>Utilizzazione efficace della manodopera</i>	47
5.3	Configurazione per processo	47
5.4	Configurazione per prodotto	49
5.4.1	<i>Metodo dei baricentri</i>	51
5.4.2	<i>Metodo Hollier</i>	52
5.5	Configurazione a celle	53
5.6	Processo di trasformazione presso le Officine Mollo	54
5.6.1	<i>Mappatura dei flussi produttivi</i>	57
5.6.2	<i>Costruzione della part rounting Matrix</i>	58
5.6.3	<i>Individuazione e sviluppo delle cellule potenziali</i>	59
5.6.4	<i>Definizione dei baricentri di movimentazione</i>	60
5.7	Applicazione del metodo di Hollier sul caso in esame	62
6	OEE Overall Equipment Effectiveness	67
6.1	Disponibilità percentuale	69
6.2	Prestazione percentuale	70
6.3	Qualità percentuale	70
6.4	Analisi dell'OEE per una delle isole di lavoro presso lo stabilimento	71
7	FLESSIBILITA' PRODUTTIVA TRAMITE RIDUZIONE DEI LOTTI	84
7.1	Costo di set-up	85
7.2	Costo mantenimento a scorta	86
7.3	Economic Manufacturing Quantity	87
7.4	Tecnica SMED	87
7.4.1	<i>Attività di rimpiazzo o sostituzione</i>	89
7.4.2	<i>Attività interne di regolazione e messa a punto</i>	90
7.5	Le otto fasi della tecnica SMED	90
7.5.1	<i>Mappatura del ciclo di set-up attuale (situazione iniziale)</i>	91
7.5.2	<i>Analisi critica del ciclo mappato in fase "1" e separazione IED e OED potenziali</i>	92
7.5.3	<i>Stesura del nuovo ciclo di set up</i>	92
7.5.4	<i>Esecuzione del nuovo filmato, condivisione e addestramento del team pilota</i>	92
7.5.5	<i>Schedulazione e parallelizzazione delle attività IED</i>	93
7.5.6	<i>Riduzione durata operazioni IED sul percorso critico</i>	93
7.5.7	<i>Esecuzione del nuovo filmato, condivisione e addestramento del team pilota</i>	93

7.5.8	<i>Affinamento del ciclo, consolidamento ed estensione</i>	93
7.6	Applicazione della tecnica SMED sull'isola di lavoro uno	94
8	CONCLUSIONI	99
9	APPENDICE A	101
10	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	102
	Ringraziamenti	103

1 INTRODUZIONE

Questo lavoro di tesi si è svolto presso la sede della società Officine Mollo s.a.s. Un'impresa fondata nel 1969, che opera nel settore automotive; nello specifico settore della deformazione a freddo del tubo: piegatura, espansione, punzonatura, rastrematura.

La tesi tratterà principalmente alcune sfaccettature in ambito produttivo della riduzione dei tempi di produzione e miglioramento continuo delle attività svolte.

Si affrontano i fattori che influenzano maggiormente il "lead time o tempo di attraversamento", tempo che intercorre tra la ricezione dell'ordine e la consegna del prodotto al cliente.

I macro-argomenti analizzati saranno principalmente quattro:

- Gestione dei materiali a scorta; è effettuata la classificazione in ABC dei materiali acquistati intesi come investimenti-costi e si procede all'individuazione del criterio più corretto per le tre classi designate.
Successivamente si applicano i criteri di tipo Look Back e Look Ahead in modo da minimizzare i costi totali di gestione della scorta con attenzione sulla risposta alla domanda del cliente, basandosi sulla classificazione data da Wortmann.
- Studio del layout; sono analizzati le cause di spreco legati al layout d'impianto che ne determinano un aumento dei tempi di produzione ed un inevitabile aumento dei costi per singolo codice.
Nel caso specifico si cerca di minimizzare i tempi di attrezzaggio ma soprattutto i tempi ciclo con degli accorgimenti di tipo tecnico logistico riguardante i layout delle singole isole di lavoro e d'impianto.
- Produttività d'impianto; per questo argomento si analizza, in termini di volumi e tempi, un'isola di lavoro; nello specifico si è cercato l'ottimizzazione attraverso interventi di manutenzione ordinaria.
Partendo dal singolo macchinario, che compone l'isola di lavoro, sono raccolti i dati di produzione e i tempi di fermo macchina organizzate per cause. Successivamente sono stati elaborati i dati mediante foglio di calcolo in modo da monitorare i benefici che ne traeva man mano l'isola.
Il tutto è documentato e rielaborato trimestralmente tramite istogrammi che rappresentano i coefficienti essenziali che compongono l'OEE (Overall Equipment Effectiveness).

- Abbattimento dei tempi di set-up; utilizzando il metodo SMED è possibile ridurre i lotti per avere maggiore flessibilità, si riducono di conseguenza i costi di produzione, il lead time di consegna, si abbassa il livello di scorte e riduce l'indisponibilità dei macchinari.

2 PRESENTAZIONE AZIENDALE

La società Officine Mollo è stata fondata nel 1969 dal Cav. Antonio Mollo con la collaborazione della Sig.ra Caterina Bottino e l'impiego di un dipendente. Il successo ottenuto negli anni ha permesso di raggiungere nel 2003, un organico di 118 persone ed un fatturato di 10 milioni di euro.

Le tappe intermedie della storia dell'azienda vedono la nascita di società partecipate (MO.TUBI, BE.MO, EUROBIKE) ciascuna delle quali ha apportato al gruppo tecnologia Know how e capacità produttiva.

Nel corso degli anni, nella zona di Nichelino sono stati costruiti i 3 stabilimenti, per una metratura coperta complessiva di 7700 m² su 150.000 m². Negli anni 2000 veniva realizzata la fusione per incorporazione nelle Officine Mollo di EUROBIKE e MO.TUBI., mantenendo la BE.MO in quanto attrezzatura dell'azienda, altra unica ragione sociale indipendente.

Alla fine degli anni 2008 le manovre di benchmark dei due maggiori clienti delle Officine Mollo portano una riduzione repentina dei volumi e la chiusura e l'integrazione della società BE.MO in Officine Mollo. Il calo del fatturato repentino portò ad un ridimensionamento aziendale notevole.

All'inizio dell'anno 2015 si apre un'altra strada aumentando il fatturato per un cliente molto importante nel settore di tubi di scarico, con la business line Exhaust System Magneti Marelli, oggi diventata Marelli.

Attualmente l'azienda è una piccola impresa che guarda al futuro applicando tutto il know how acquisito negli anni di esperienza con un organico di 14 dipendenti ed un fatturato pari a 1,8 milioni di euro.

L'azienda ha sede in Nichelino nello stabilimento storico in Via Calatafimi 5, il locale adibito alla produzione si estende per 1500 m², la parte attrezzatura ha una dimensione di 500 m² ed una zona adibita a magazzino pari a 400 m².



Figura 1-Area produttiva

Nei locali adibiti alla produzione sono presenti 7 isole di lavoro composte generalmente da curva-tubi, presse idrauliche, troncatrici a lama circolare dal basso, deformatrice a più passaggi e macchinari appositamente costruiti per le richieste del cliente (presse idrauliche, linea transfert, prova tenuta).

Nello specifico, si riportano quattro delle isole più caratteristiche dello stabilimento. L'isola uno è costituita da una macchina curva-tubi con alimentazione automatico tipo CA532 che ha la capacità di curvare tubi fino a diametri esterni pari a 32 mm, due banchi di foratura in sagoma ed un banco di piegatura a cilindri idraulico.



Figura 2-Macchina curva-tubi_CA532.

L'isola due è costituita da una deformatrice tipo BeMa per realizzare deformazioni con la tecnica end-forming e una troncatrice con lama circolare dal basso ed una calibratrice.



Figura 3-Macchina per soluzioni di end-forming

L'isola tre è costituita da due curva-tubi Prevalent-2; una con curvatura destra ed una con curvatura sinistra ed una troncatrice con lama circolare dal basso.



Figura 4-Macchina curva-tubi Prevalent 2

L'isola quattro è costituita da una curva-tubi CA976 ad azionamenti elettrici a 9 assi, multipiano, che ci permette di curvare tubi fino al diametro 76 mm, una troncatrice con lama circolare dal basso, una sbavatrice a nastro e spazzola, una pressa Dellavia 45 t ed una calibratrice a doppia testa, in grado di riportare i diametri delle estremità dei tubi in tolleranza per permettere al cliente di assemblare la tubazione completa della vettura.



Figura 5-Macchina curva-tubi CA976

L'area adibita ad attrezzatura, rappresenta il cuore pulsante dell'azienda, è in grado di realizzare attrezzature di interfaccia tra il particolare richiesto dal cliente e le macchine a controllo numerico o piccoli stampi di deformazione. Il reparto adibito ad attrezzatura ospita una fresa frontale, una fresa 3 assi a controllo numerico, due torni; uno semi automatico ed uno tradizionale, due trapani radiali, una macchina per la rettifica ed una elettroerosione a tuffo.

Per oltre quaranta anni di esperienza nel settore dell'automotive la produzione si è sviluppata nella lavorazione della lamiera e del tubo, questa rappresenta la parte più consistente della produzione dell'azienda: piegatura, espansione, punzonatura, rastrematura, sagomatura di tubi aria, di tubi acqua e di tubi olio, tubi combustibile oltre a strutture di sostegno quali sedili, bracci per specchi retrovisori e manubri.

Si riportano alcune dei codici industrializzati e prodotti presso lo stabilimento:



Figura 6-Prodotti realizzati presso le Officine Mollo s.a.s.

Da sedici anni l'azienda si è specializzata anche nella lavorazione dei manifold-assy (cioè tubi che contengono la carica esplosiva degli airbag).

La lavorazione della lamiera è costituita da stampaggio piccolo e medio, assemblaggio di componenti con l'impiego di robot di saldatura.

I maggiori clienti con cui le Officine Mollo hanno il piacere di lavorare sono:

- Gruppo Ficomirrors;
- General Motors;
- Key Safety Systems;
- Magneti Marelli;
- New Barrac Mirrors;
- Fonderia 2A

3 METODOLOGIA LEAN PRODUCTION

Il Lean Thinking o pensiero snello, è uno stile di management focalizzato sulla semplificazione del lavoro e sulla ricerca ed eliminazione degli sprechi. Sprechi derivanti da tutte le attività eseguite durante la produzione, che assorbono risorse senza creare valore: procedure che non servono; spostamenti di materiale e personale da un posto ad un altro senza motivo; rilavorazioni legate a imprecisioni nelle varie fasi di produzione; periodi di stop del personale, in linea o nel caso analizzato nelle isole di lavoro, in attesa del completamento della fase precedente; produzione di beni e servizi che non incontrano i bisogni dei clienti.

Sono cinque pilastri su cui si lavora affinché un'azienda adotti la metodologia di tipo Lean Production.

Il punto di partenza per la Lean Production è il concetto di Valore che va ripensato dal punto di vista del cliente. Secondo questa, solo una piccola parte delle azioni e del tempo totale che sono impiegate per produrre uno specifico prodotto aggiungono effettivo valore per il cliente finale. Diventa fondamentale definire il valore del prodotto secondo la prospettiva del cliente, così che si possa procedere alla rimozione passo dopo passo di tutte le attività a "non valore".

Il secondo principio è legato alle attività che generano questo valore così come inteso dal cliente. L'analisi riguarda tutte le attività che vanno dalla progettazione, alla gestione dell'ordine sino alla produzione del prodotto.

Si prosegue attraverso l'identificazione e la mappatura:

- 1 delle attività che creano valore percepito come tale dal cliente;
- 2 delle attività che non creano valore, ma che sono indispensabili, stanti gli attuali sistemi di produzione e gestione. Queste attività non possono essere immediatamente eliminate.
- 3 delle attività che non creano valore e che possono essere eliminate da subito.

Dopo aver definito il valore e dopo che i flussi di lavoro sono stati completamente mappati, ed è stato eliminato ogni tipo di spreco, ci si concentra sulle attività che creano valore.

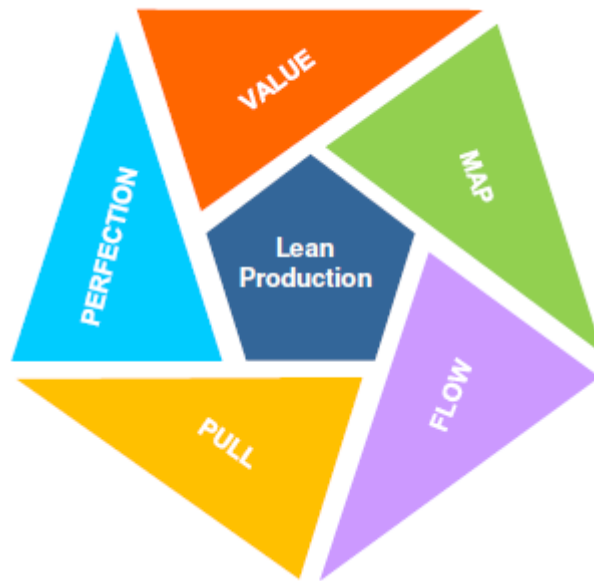


Figura 7- I cinque principi della Lean Production

L'obiettivo è fare in modo che queste attività (creatrici di valore) fluiscono in modo costante e continuo. Per fare questo occorre: rivedere come organizzare il lavoro; che tipo di attrezzature impiegare per facilitare la produzione al fine di evitare flussi a ritroso, scarti e fermate; quale struttura creare per facilitare il flusso; di che tipo di figure professionali servono.

Il quarto principio è legato al termine Pull, secondo il quale non vengono prodotti beni sino al momento in cui non vi è la richiesta da parte del cliente. Questo consente di evitare di alzare il livello di scorte da parte del produttore del bene, dei suoi fornitori e così via sino all'aziende produttrici delle materie prime.

Un altro beneficio immediato che apporta la gestione "Pull" è la stabilizzazione della domanda finale.

Ciò si realizza perché il cliente ordina quello che vuole e non l'azienda produttrice che, per eliminare le scorte dovute alla sovrapproduzione tipica dei lotti, applica delle campagne di sconto e promozioni per forzare la domanda verso un particolare tipo di prodotto.

Una volta definito accuratamente il valore, identificato il flusso di lavoro, fatto sì che i diversi passaggi fluiscono con continuità e che il cliente possa "tirare" il valore del prodotto e dell'impresa, è necessario perseguire il continuo miglioramento (Kaizen).

3.1 IL TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS)

Il Toyota Production System viene spesso illustrato con una figura che rappresenta una casa che si fonda su due pilastri: Just-in-time e il Jidoka. L'obiettivo 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.

Questo sistema utilizza una serie di strumenti, esposti nel seguito, che seguono tutti il filo conduttore della caccia ad eliminazione degli sprechi. Per perseguire l'eliminazione degli sprechi si opera su tutti gli aspetti del processo produttivo con un approccio basato sul miglioramento continuo e a piccoli passi, detto Kaizen. Gli straordinari risultati ottenuti utilizzando questa nuova filosofia produttiva hanno portato all'affermazione del TPS, ribattezzato anche Lean Production (produzione snella) per evidenziare l'aspetto di eliminazione di tutto ciò che genera costi anziché valore poiché superfluo gravante sul sistema.

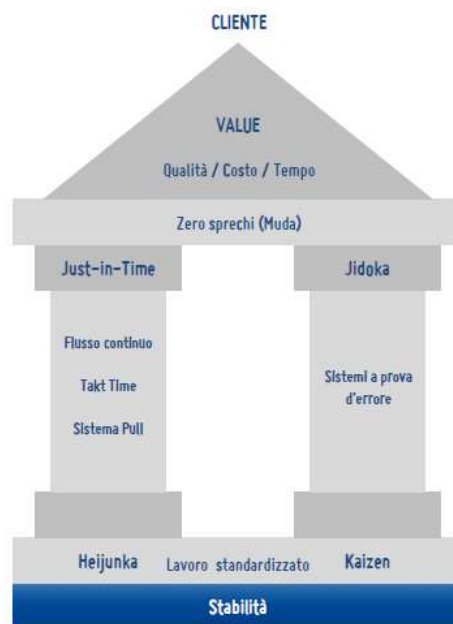


Figura 8- I Pilastri della Lean Production

3.2 I SETTE SPRECHI (MUDA)

Il primo dei principi che permette di avere un'organizzazione snella è la caccia agli sprechi. Lo spreco è costituito da tutte quelle attività o modi di utilizzare le risorse che non forniscono al prodotto un valore aggiunto. Pertanto, tutto quanto non serve ad incrementare il valore del prodotto come viene percepito dal cliente e per cui il cliente

è disposto a pagare, è considerato spreco e, in particolare: delle scorte, dei difetti e dei trasporti.

La sovrapproduzione costituisce lo spreco più pericoloso, in quanto comporta utilizzo di risorse aziendali, impiego di magazzini interni per stoccare i prodotti fermi nell'attesa di essere venduti. Essa si esplica nella produzione di componenti e prodotti, che sovrabbonda la domanda.

Poi vi è l'attesa che è lo spreco più facilmente individuabile. Si manifesta ogni qualvolta che un operatore non svolge alcun lavoro in attesa di materiale (da parte del fornitore o del magazzino) o di mezzi di produzione.

Altro spreco può derivare dal trasporto. Essendo esso una componente che il cliente non è disposto a pagare, è un'attività che non aggiunge valore. Inoltre, può provocare danneggiamento, perdita o altro del prodotto. Tra l'altro il trasporto diviene spreco perché il layout dello stabilimento è obsoleto o è progettato in modo non idoneo.

Gli sprechi identificati sul processo si manifestano quando il processo produttivo non dispone di mezzi (operatori, attrezzature e operazioni) e procedure adeguate. Nel caso specifico delle attrezzature e dei macchinari si palesano degli sprechi quando ad esempio si utilizzano attrezzature o macchinari con capacità produttive superiori alla richiesta. Oppure nel caso degli operatori si rende necessaria la presenza di un operatore per rimuovere i pezzi finiti dalla macchina e accatastarli in appositi contenitori invece, ad esempio, di ricorrere ad un sistema di fuoriuscita dei pezzi che, per gravità, vanno ad accatastarsi automaticamente in un determinato contenitore.

Le scorte che sono rappresentate dai codici prodotti rispetto al reale fabbisogno ovunque essi si trovino (sulle linee di produzione, nei magazzini, in ordine presso i fornitori) sono considerati sprechi sia di spazio che di risorse finanziarie. Con il termine scorte si identifica infatti tutto ciò che giace in attesa di un evento (una lavorazione successiva, la vendita, etc.) sostanzialmente tempo durante il quale non viene aggiunto al prodotto alcun valore. Tra l'altro, la continua movimentazione da un luogo all'altro di materiale di scorta può creare inconvenienti legati al danneggiamento da trasporto. Ancora il materiale in giacenza può peggiorare la sua qualità e diventare obsoleto.

Movimentazioni inutili prefigura un altro tipo di spreco che non produce valore aggiunto. Sono da considerarsi movimenti improduttivi tutti quei tipi di movimenti che comportano spostamenti inutili dovuti: a layout disegnati, o a strutture sovradimensionate, o ad azioni improduttive imputabili a posti di lavoro non studiati ergonomicamente.

Le rilavorazioni è lo spreco generato ogni volta che si esegue un'operazione che produce un pezzo difettoso per cui si è costretti a correggere il difetto. Ne conseguono oneri d'immagine ed economici per l'azienda. Un prodotto non conforme comporta per l'azienda grossi oneri sia finanziari che d'immagine. Costi che crescono ulteriormente se i difetti vengono rilevati dal cliente, per cui bisogna impostare una struttura di gestione reclami. A ciò si aggiungono le spese derivanti dalle riparazioni, dallo smontaggio, dal ri-assemblaggio e dalla consegna.

Le principali cause dei 7 tipi di sprechi sono individuabili in diversi fattori, quali: cattiva organizzazione del layout, nei lead time troppo lunghi, nell'inadeguatezza del processo produttivo, nella manutenzione inadeguata, nelle scarse procedure di lavoro, nella mancanza di formazione del personale, in una scarsa supervisione, in una progettazione del prodotto o del processo produttivo errati, nella mancanza di indicatori di performance, nell'inefficiente pianificazione e programmazione della produzione, in attrezzature non adeguate, nello spazio di lavoro non organizzato e nella mancanza della qualità dei fornitori.

Occorre ricordare che i Muda sono solo uno dei tre elementi negativi che il lean combatte nei processi, ovvero le cosiddette tre MU.

Col termine Muda si indica lo spreco, ovvero perdita; invece con Muri si indica il sovraccarico delle persone o delle risorse. Il sovraccarico per le persone può provocare, a lungo termine, la possibilità di infortuni o malattie professionali, causati da sforzi eccessivi a cui sono sottoposti i lavoratori. A breve termine invece le conseguenze del sovraccarico si possono presentare come strappi muscolari, contusioni o simili. L'effetto è l'assenza dal lavoro per periodi più o meno lunghi da parte dei lavoratori e insoddisfazione generale del personale. Analogamente lo sfruttamento eccessivo dei macchinari può portare, a lungo termine, ad una 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. Ne consegue che a lungo termine il piccolo beneficio ottenuto col sovraccarico del personale e delle risorse porta allo spreco di tempo e di denaro. L'obiettivo è difatti quello di organizzare il lavoro in modo corretto, ma anche quello di applicare tutti quei piccoli accorgimenti che possono ridurre il carico di lavoro senza diminuire la produttività.

Con l'ultima Mu ovvero Mura si indicano le fluttuazioni, variazioni, irregolarità del carico del lavoro dovuto alla domanda. Tali variabili portano a fasi in cui vi è un sovraccarico di lavoro (muri) ed altre fasi in cui la forza lavoro e i macchinari risultano sovradimensionati (si creano delle pause-muda). Il flusso produttivo ne risulta disturbato.

3.3 IL JUST IN TIME: IL PRIMO PILASTRO DEL TPS

Il Just-In-Time è un metodo logistico-produttivo finalizzato all'eliminazione degli stock e delle giacenze di materiale in fabbrica. Si basa sul concetto di produrre solo quando serve, vale a dire quando si manifesta la domanda del cliente che sta immediatamente a valle seguendo il flusso del processo.

Attraverso questo tipo di organizzare il lancio della produzione e all'adozione di lotti sempre più piccoli attraverso le tecniche di set-up rapido (SMED), si evita o minimizza lo stazionamento del materiale, per cui viene a ridursi il tempo di attraversamento totale che passa da giorni a ore.

Il JIT si compone di tre elementi.

3.3.1 SISTEMA PULL

Alla produzione di tipo Push, basata su programmi di produzione già fissati in precedenza e di conseguenza destinati a non rispecchiare l'effettiva domanda, si contrappone quella di tipo Pull. Con esso, invece, l'avanzamento del flusso produttivo è guidato dai clienti: secondo il quale a monte non si producono beni fino al momento in cui il cliente a valle, sia esso interno o esterno, non li richiede.

Lo strumento alla base di questo sistema è il Kanban (che significa cartellino), un sistema visivo, ovvero un cartellino, un segnale, un'area; questo ha il compito di trasmettere una serie di istruzioni comunicando informazioni sui materiali da approvvigionare o i componenti da produrre.

Esempio tipico di Kanban è un cartellino che accompagna un contenitore o un pallet in cui sono riportati:

- un numero di identificazione;
- un numero di componente;
- una descrizione del componente;
- da dove arriva (fornitore);
- dove deve andare (cliente);

OFF.MOLLO S.a.s.		CARTELLINO IDENTIFICAZIONE E SEQUENZA OPERAZIONI		Mod. M212	
SPEZZONE IN →			D04810224		QUANTITA' TOT
DISEGNO:					
S159223					
DESCRIZIONE:					
CODINO					
FASE	DESCRIZIONE FASE	Oper.	CQ	Quantità	
20	RISVOLTATURA SU STAMPO				
30	CALIBRATURA				
40	CS159223 CONTROLLO FINALE				
50	LS159223 LAVAGGIO				
60	DS159223 CONFEZIONAMENTO				

Figura 9-Cartellino identificativo Kanban in uso.

Il Kanban di produzione esplica veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza a monte il processo, a produrre un certo componente per un processo a valle.

Il kanban di movimentazione da via al movimento di un componente tra due specificati centri di produzione. Viene utilizzato per risalire il consumo tra le varie fasi di lavorazione-operazione, per cui indica i tipi e le qualità d componenti che il processo successivo deve ritirare da quello che lo precede.

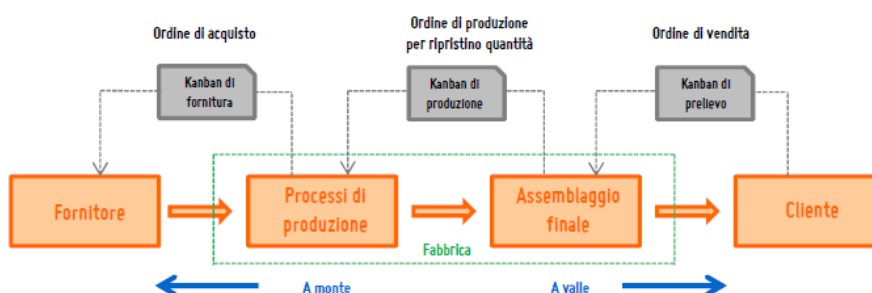


Figura 10-Produzione pull con il metodo kanban.

Il Kanban a seconda del contesto in cui viene usato si distingue in più tipologie:

- Single card Kanban: utilizza il solo cartellino di movimentazione. Esso, generalmente, viene impiegato nei casi di particolare vicinanza tra i reparti operativi. Questa tipologia di cartellino prevede per un determinato prodotto,

un numero di contenitori con una quantità di pezzi predefinita e ad ogni contenitore è associato un Kanban per il ripristino. Quando si svuota un contenitore il Kanban ad esso associato vale come un ordine di ripristino.

- Dual card Kanban – prevede un duplice Kanban di movimentazione e Kanban di produzione. Per lo più viene utilizzato nei casi in cui i reparti operativi sono distanti fra loro.
- Batch Kanban – È implementato nei sistemi produttivi quando il lotto di produzione del fornitore è grande rispetto ai consumi del cliente. Il batch Kanban è strutturato come il kanban normale la differenza sta nel fatto che il fornitore prima di poter produrre rimane nell’attesa dell’accumulo di un certo quantitativo di cartellini per quel prodotto.

Si caratterizza in tabelloni appositi per l’accumulo dei cartellini Kanban, in colonne suddivise per codice. Spesso su questi tabelloni le colonne sono divise in tre aree che si riempiono in successione.

- Zona verde- Finché i cartellini non hanno riempito totalmente la zona verde il fornitore non deve ripristinare il componente.
- Zona gialla-una volta che i kanban iniziano a riempire la zona il fornitore può mettere in produzione quel codice.
- Zona rossa- appena un kanban viene posizionato in zona rossa il fornitore deve immediatamente mettere in produzione quel componente.

3.3.2 SISTEMA ONE-PIECE-FLOW

Questo è un modo di organizzare l’avanzamento dei materiali “uno alla volta”, con la possibilità di cambiare modello di prodotto ad ogni passaggio, in un flusso continuo. In questo modo, i singoli pezzi passano da una fase produttiva all’altra senza accumuli tra le macchine, permettendo la riduzione della Time Line (il materiale attraversa i reparti nel modo più rapido), l’ottenimento della massima flessibilità, l’abbattimento in misura importante delle scorte intermedie. Con ciò si può ottenere il recupero di spazio fisico all’interno della linea grazie all’impiego di macchinari più piccoli, che vengono avvicinati tra loro per la presenza di piccoli lotti.

Purtroppo, non sempre è attuabile il sistema One- Piece -Flow. Questo succede ad esempio quando le lavorazioni a monte del processo adottano macchine con tempi ciclo troppo lenti per i livelli produttivi dell’assemblaggio finale, che solitamente lavora su 1 o 2 turni oppure nel processo esiste una lavorazione che ha tempi di set-up inevitabilmente più lunghi rispetto alle altre fasi (es. i semilavorati vengono realizzati con grosse macchine automatiche e assemblate manualmente nella fase finale).

In questi casi, è necessario ripiegare verso soluzioni che più si avvicinano al sistema One-Piece-Flow e che siano caratterizzate quindi da lotti minimi, set-up e spedizioni frequenti, macchine sincronizzate, affidabili e fisicamente vicine.

3.3.3 TAKT TIME

Il takt time è il ritmo della produzione. Esso è il parametro che lega la produzione al mercato. Si esplica in un numero che esprime un tempo in cui deve essere ottenuta un'unità di prodotto.

In generale è calcolato:

$$TT = \frac{\frac{\text{Tempo tot. disponibile}}{\text{giorno}}}{\frac{\text{Richiesta cliente}}{\text{giorno}}}$$
$$TT = \frac{\frac{\text{secondi lavorativi}}{\text{giorno}}}{\frac{\text{pezzi richiesti}}{\text{giorno}}} = \frac{\text{sec}}{\text{pezzi}}$$

Il Takt Time non va confuso con il tempo ciclo che è il tempo lavorativo necessario al completamento del processo.

Noto il Takt Time ed il tempo ciclo è possibile ottenere il numero degli operatori necessari:

$$N_{operatori} = \frac{\text{Tempo Ciclo}}{\text{Takt Time}}$$

3.4 JIDOKA: IL SECONDO PILASTRO

Il termine Jidoka può essere definito come "automazione con un tocco umano". Il punto fondamentale del Jidoka è che la qualità deve essere costruita nel processo affinché l'output sia con qualità 100%.

Questo obiettivo è il solo accettabile e per essere raggiunto sono necessarie due condizioni, la prima si fonda sul fatto che l'impianto o la macchina devono fermarsi quando la qualità non è più assicurata e la seconda è fondata sul fatto che l'intervento sulla macchina o l'impianto non deve in alcun modo alterare la qualità dell'output.

Queste due condizioni sono garantite introducendo nel sistema produttivo gradi dosi di "intelligenza umana" per ottenere macchine "intelligenti". Con il Jidoka gli impianti e le

macchine vengono dotati di dispositivi idonei di fermata, quando si è in condizione per cui non viene garantita la 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.

L'obiettivo del Jidoka è eliminare il legame rigido tra uomo e macchina. Raggiunto tale obiettivo la macchina non ha più bisogno dell'osservazione continua dell'uomo, quest'ultimo può dedicarsi ad attività a valore aggiunto. Lo sblocco di questo legame è uno dei grandi contributi del nuovo sistema produttivo, che riduce o annulla in gran parte gli sprechi dovuti alle attese degli operatori.

3.5 I PRINCIPI FONDAMENTI DEL TPS

I fondamenti del TPS sono rappresentati dal Heijunka ovvero il livellamento. Per far sì che la produzione eviti gli sprechi, sia efficiente e recepisca velocemente le richieste di mercato, è di fondamentale importanza riuscire non solo a programmare ma a rendere equilibrata la produzione. Il metodo Kanban e l'indicatore OEE sono alcuni degli strumenti che occorrono in aiuto per il livellamento della domanda.

Il lavoro standardizzato, ovvero quell'insieme di procedure operative elaborate da tutto il personale aziendale e che coinvolgono macchine e materiali volte a massimizzare la qualità e l'efficienza dei processi, assicurando al contempo un elevato grado di prevedibilità e sicurezza del lavoro.

Kaizen sta a significare cambiamento verso il meglio, miglioramento continuo. Ogni giorno è una ricerca della perfezione che non deve aver mai fine. Applicare il Kaizen non richiede grandi investimenti, facendo leva sulle tecniche del problem Solving, richiede l'ottimizzazione delle risorse disponibili impiegate per eliminare le inefficienze.

Heijunka è il livellamento di produzione che equilibra il carico di lavoro all'interno della cella produttiva minimizzando, inoltre, le fluttuazioni di fornitura. Per poter dimensionare correttamente l'Heijunka box è necessario conoscere il takt time, che sappiamo essere il tempo necessario entro il quale bisogna produrre un prodotto o effettuare un servizio per poter soddisfare la domanda del cliente.

Nota il takt time per una linea di prodotti bisogna quindi definire un programma di produzione. Fornire al reparto produttivo tutti i kanban produttivi nello stesso momento, non aiuta certamente a programmare la produzione e non ci sarebbe nessuna

immagine di takt time nel reparto o isola. Quindi questo tipo di lottizzazione dovrebbe essere evitato.

Si può procedere al calcolare il pitch, ovvero passo produttivo. Conoscendo la quantità del prodotto che va in un imballo oppure il quantitativo che viene definito su un cartellino kanban e il takt time, il pitch si calcola come prodotto di queste due quantità:

$$PITCH = pezzi \text{ per confezione (o pezzi per kanban)} \times TT$$

In pratica il pitch ci dice che se ogni quindici minuti ci sarà un rilascio di un cartellino kanban e ritirato il materiale prodotto nel periodo precedente. Noto il pitch e il suo significato, è abbastanza immediato e facile costruire l'Heijunka Box. Se il pitch dovesse risultare troppo corto di solito si agisce con il multiplo di pitch. Solitamente si scende raramente sotto i 10-12 minuti per colonna (5-6 caselle per ora produttiva).

Si tratta quindi anche di un magnifico controllo visuale della produzione, in quanto quando un capo reparto va a controllare in tempo reale se tutto è a posto, va a controllare l'ora e la situazione sull'Heijunka Box e se non ci sono problemi, tutte le caselle prima di quell'ora dovrebbero essere vuote, invece se ci sono problemi ci saranno alcune caselle ancora piene a significare che si è in ritardo rispetto alla produzione programmata. Questo dà l'input per andare a vedere che problemi ci sono ed eventualmente dare delle disposizioni per gli straordinari, per aiuto, per risolvere i problemi e recuperare rispetto al programma.

Anziché avere un programma produttivo dato ad ogni reparto che lo gestisce per sé, come succede nella gran parte delle aziende tradizionali, nelle aziende lean, attraverso l'utilizzo dell'Heijunka Box e dei cartellini kanban, si realizza un sistema di trazione dall'ultima postazione lavorativa fino all'inizio del processo.

3.6 STANDARDIZED WORK

Lo standard interessa tutte le funzioni aziendali (produttive, di supporto alla produzione, amministrative, ecc.) e rappresenta la base della stabilità e quindi del miglioramento.

Il lavoro organizzato secondo una sequenza efficiente di produzione è chiamato lavoro standardizzato, da non confondere con l'utilizzo di standard durante l'attività lavorativa.

Il lavoro standardizzato consiste nell'applicazione di tre concetti:

- **Takt Time.** Come già descritto, è il tempo che deve essere utilizzato per produrre un pezzo. Questo meccanismo di scansione del tempo è basato sulla schedulazione mensile della produzione.
- **Working Sequence.** Si riferisce alla definizione di sequenze di operazioni univoche per uno stesso processo, che porta un operaio a produrre beni di qualità in modo efficiente, riducendo le scorte e i rischi di infortunio o malattia
- **Standard In-Process Stock.** È la quantità minima di componenti che deve essere sempre a portata di mano per la produzione. Essa consente al lavoratore di fare il suo lavoro in modo continuo, eseguendo una stessa sequenza di operazioni ogni volta nello stesso ordine.

3.7 KAIZEN

Alla base del TPS c'è la filosofia Kaizen. I termini giapponese è l'unione di due parole: KAI che significa cambiamento, e ZEN che significa meglio: da qua il significato di miglioramento continuo. Si tratta di un concetto fondamentale nella cultura giapponese, e che quindi ritroviamo anche nel TPS. Lavorare secondo la filosofia Kaizen significa ricercare sempre il miglioramento continuo, partendo dal presupposto che ogni cosa che facciamo possa essere migliorata. Anche quando pensiamo di aver raggiunto la perfezione in realtà non è così in quanto tutto può e deve essere migliorato; quella perfezione raggiunta non diventa altro che uno standard, che si può migliorare. Tutti i concetti che troviamo nella filosofia Kaizen, vengono poi ovviamente ripresi nel sistema della Lean Production.

Un altro concetto fondamentale del Kaizen è quello che l'energia viene dal basso: analizzando la Lean Production vediamo che le decisioni o i suggerimenti devono venire dal basso e non devono essere imposti dall'alto, come invece capita in modelli diversi di produzione. Questo è anche il motivo per cui per applicare la Lean Production sia necessario il coinvolgimento di tutti i livelli della gerarchia, anche quelli più bassi. Inoltre, il Kaizen, come la Lean Production, si basa su piccoli cambiamenti, ma continui; questi cambiamenti inoltre dovrebbero anche essere poco costosi. È ovvio come questo miglioramento continuo sia spinto da un'insoddisfazione di fondo, ossia la necessità di cambiare una determinata situazione o comunque di migliorarla.

4 MATERIALI-COSTI DI APPROVVIGIONAMENTO E DI GESTIONE SCORTE

L'efficienza e l'efficacia del flusso di materiali condizionano i costi ed i profitti aziendali. Un'errata gestione dei materiali può generare pesanti implicazioni a livello sia economico-commerciale sia a livello finanziario e produttivo.

Secondo alcuni studi statistici il costo dei materiali incide pesantemente sul costo totale di produzione del prodotto finito, variando, a seconda dei casi, in un range tra il 15% e l'85%.

L'obiettivo che si pone la gestione dei materiali sono essenzialmente due:

- Minimizzare i costi di giacenza (materiale visto come capitale immobilizzato, in parte improduttivo);
- Assicurare un elevato Livello di servizio al Cliente nell'ottica della "customer satisfaction" alimentando la produzione e riducendo i ritardi di consegna.

Il perseguire di questi obiettivi, apparentemente contrastanti, risulta complesso nel caso di sistemi produttivi multi-prodotto caratterizzati da un'elevata variabilità della domanda.

Per cercare di perseguire questi obiettivi bilaterale nella stragrande maggioranza dei casi è necessario definire una scorta.

4.1 CRITERI DI GESTIONE DEI MATERIALI

I criteri di gestione dei materiali sono molteplici ma possono essere ricondotti a due categorie fondamentali:

- criterio "look back" ovvero ricostituzione della scorta;
- criterio "look ahead", che consiste nel calcolo dei fabbisogni.

Questi criteri sono rispettivamente proiettati verso il "passato" e verso il "futuro".

Il rilascio di un ordine avviene in base a regole che a seconda della categoria hanno origini profondamente diverse. La scelta del criterio da adottare ha un impatto diverso sugli obiettivi aziendali dal punto di vista economico.

Il criterio "look ahead" di gestione a fabbisogno favorisce la natura finanziaria, poiché le scorte in magazzino si abbassano e sono generate soltanto nel momento in cui il

materiale è richiesto dalla produzione; infatti questo tipo di criterio rilascia l'ordine di produzione o di acquisto materiali quando vi è un effettivo fabbisogno, manifestato dal centro successivo. Gli ordini effettivi "tirano" la produzione e l'acquisto dei materiali trascinando in "cascata sequenziale" le varie fasi del processo produttivo. Questo tipo di criterio di gestione dei materiali si sposa con la logica di produzione pull, quindi è la domanda del mercato a determinare le richieste di produzione e di approvvigionamento di tutti i componenti ed i semilavorati all'interno del sito produttivo, nei tempi appropriati.

Nella gestione con criterio "look ahead" si utilizza un programma di Material Requirements Planning (MRP). Questo programma utilizza un algoritmo che riceve in ingressi la distinta base, i lead time, la situazione delle scorte e la domanda di mercato e produce in uscita gli ordini di produzione, di conto lavorazione e di acquisto necessari per rispondere alla domanda del mercato. L'MRP si occupa di trasformare il fabbisogno di articoli a domanda indipendente, in fabbisogno di articoli a domanda dipendente.

Il criterio di tipo "look back" segue la filosofia del ripristino delle scorte che sta esaurendosi. Con questo criterio i fabbisogni futuri sono stimati sulla base della conoscenza empirica dei corrispondenti consumi riscontrati nel passato, con queste informazioni è possibile individuare la quantità da ordinare e l'istante in cui emettere l'ordine.

Questo criterio favorisce l'obiettivo economico perché la gestione degli ordini è effettuata solamente con un segnalatore di livello di riordino. Non vi è la necessità di pianificare i fabbisogni futuri, è necessaria la conoscenza dei consumi passati. La filosofia seguita è quella di ricostituire la scorta, che si esaurisce a causa di un consumo quando supera un determinato livello di riordino fisso.

Quando l'orizzonte di pianificazione è inferiore al lead time di acquisto dell'articolo posso utilizzare il criterio "look back" mentre se non si verifica questa condizione devo ricorrere al criterio "look ahead".

I criteri di gestione descritti vanno applicati tenendo conto delle principali caratteristiche dei materiali:

- Tipo di risposta alla domanda;
- Frequenza di consumo e fornitura.
- Valore d'impiego, valutabile con analisi ABC;

4.2 TIPOLOGIA DI RISPOSTA ALLA DOMANDA

Come modalità di risposta alla domanda si utilizza la classificazione di Wortmann, che divide gli impianti secondo il *customer decoupling point*, ovvero secondo il momento in cui la produzione passa da essere su previsione ad essere basata sull'ordine dei clienti.

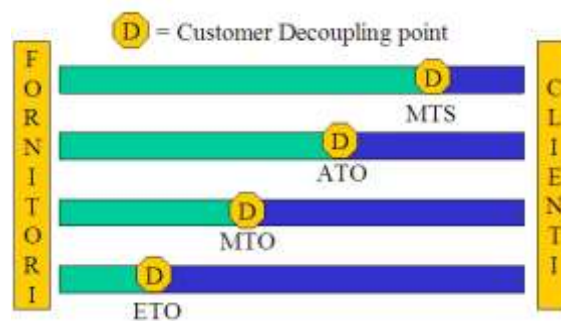


Figura 11- Classificazione di Wortmann

In tal senso si hanno impianti che producono:

- M.T.S. (*Make to stock - Produci per il magazzino*), è una produzione di prodotti standard che corrisponde alle produzioni (per il magazzino) di prodotti a limitata complicità sulla base delle previsioni di vendita. Sono in genere beni di valore unitario non troppo elevato e per i quali lo sbocco di mercato è vasto;
- A.T.O. (*Assembly to order - Assembla sulla base dell'ordine*), secondo cui si assembla quando vi è l'ordine, ma le parti componenti sono già state fabbricate in precedenza. In questa categoria sono presenti le produzioni ad elevata ampiezza di mix di codici prodotto finito, caratterizzati, però dalla comunanza di alcuni sottogruppi standard. Questa categoria è un incrocio tra la produzione su previsione e quella su commessa;
- M.T.O. (*Make to order - Produci sull'ordine*), fabbricano solo dopo che hanno ricevuto l'ordine ma le attività di progettazione/ingegnerizzazione possono essere anticipate rispetto al momento dell'acquisizione dell'ordine. La scelta di quale modalità di produzione implementare dipende dal posizionamento sul mercato dell'impresa, ed è il risultato delle valutazioni che oltre le operations coinvolgono il marketing e numerose altre funzioni dell'impresa.
- E.T.O. (*Engineer to order - Progetta sulla base dell'ordine*), fabbricano solo dopo che hanno ricevuto l'ordine e i prodotti considerati sono tali per cui la loro produzione non può iniziare fino a che l'ordine del committente non sia stato acquisito. Solo al momento dell'ordine sono attivate le operazioni di progettazione/ingegnerizzazione. Qui si riconoscono i tipici elementi delle

commesse singole, generalmente di elevato valore unitario. È da notare che in questo caso la progettazione entra a far parte integralmente del processo produttivo, e quindi i tempi di realizzazione possono essere anche molto lunghi.

Nel caso analizzato, ovvero l'analisi applicata presso le Officine Mollo s.a.s, si riconosce una modalità di risposta alla domanda che sta tra M.T.O. Make to Order e la E.T.O Engineer to order. Come mostra lo schema (fig.11), in prima battuta viene fatta una gara d'appalto da parte dei clienti all'interno dei rispettivi portali di interfaccia cliente fornitore.

Vengono scaricati i documenti preliminari di progetto e viene data fattibilità del fornitore al cliente sulla base delle conoscenze aziendale nell'ambito. Data la fattibilità si passa all'offerta economica. Successivamente i clienti emettono, in favore del fornitore vincente dalla gara d'appalto, "Nomination letter", ordini chiusi per attrezzaggio e ordini aperti detti anche contratti di fornitura dei codici acquisiti.

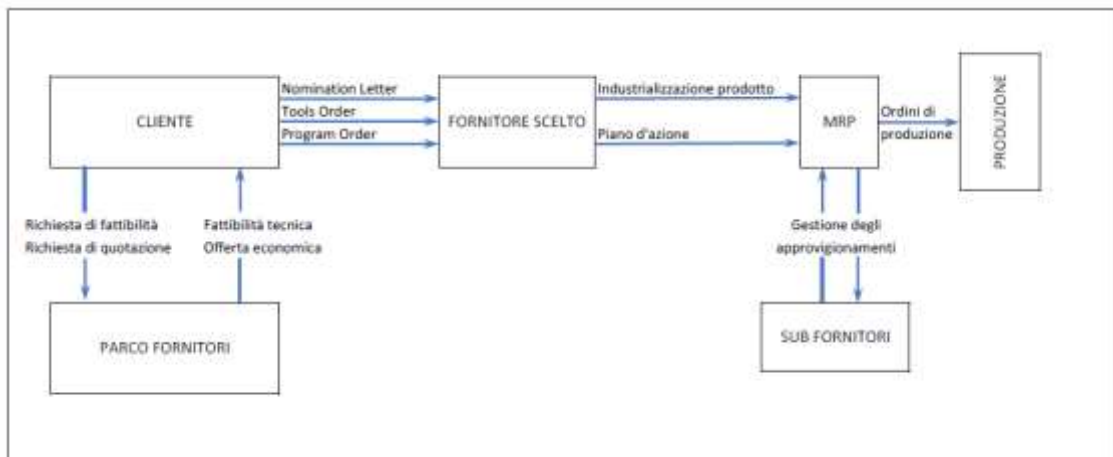


Figura 12-Fasi principali gestione e acquisizioni nuove commesse in Officine Mollo s.a.s.

4.3 FREQUENZA DI CONSUMO E FORNITURA

I materiali vengono definiti a consumo continuo se prelevati da magazzino con elevata frequenza (giornalmente, settimanalmente) o a consumo discontinuo se prelevati in ingenti quantità, ma ad intervalli temporali più distanti.

Analogamente si possono avere forniture continue per grandi produzioni in lotti e forniture discontinue di quantità maggiori a istanti fissati. I casi che si possono verificare sono meglio rappresentati nello schema sottostante:



Figura 13- possibili configurazioni tra consumo e fornitura

I materiali ad alta frequenza di consumo mediamente hanno un lead time più basso rispetto all'orizzonte di pianificazione per questo è consigliabile l'uso di un criterio di gestione di tipo "Look Back" mentre i materiali a bassa frequenza di consumo, essendo molto prevedibili, viene consigliato un criterio di gestione dei materiali di tipo "look ahead".

4.4 CORRETTO LIVELLO DI SCORTE STRATEGICHE

Per assicurare un elevato Livello di servizio al Cliente nell'ottica della "customer satisfaction" alimentando la produzione e riducendo i ritardi di consegna nella stragrande maggioranza dei casi è necessario definire una scorta.

Una scorta è costituita da qualsiasi articolo o risorsa impiegati in un'azienda. Si definisce scorta di produzione l'insieme di quegli articoli che concorrono a produrre o a formare l'output di prodotto dell'azienda.

A prescindere dalla tipologia di materiale immagazzinata o da dove esso si trova all'interno del ciclo produttivo, una scorta esiste come conseguenza di una sfasatura (temporale, di flusso) tra domanda e offerta. Se una qualche attività è finalizzata a "matchare" domanda e offerta, avrà anche effetti in termini di riduzione del livello di scorta.

Gli scopi della creazione delle scorte sono molteplici tra cui:

- per garantire indipendenza tra fasi;
- per far fronte a variazioni nella domanda di prodotto;
- per garantire flessibilità al piano di produzione;
- per cautelarsi contro le variazioni nei tempi di consegna delle materie prime;
- per sfruttare la dimensione ottimale dell'ordine d'acquisto.

Inoltre, le scorte possono essere suddivise per tipologie in:

- scorte di ciclo (cycle stock) - ricordano il processo di riempimento del magazzino (arrivo di lotti grandi con frequenza piuttosto bassa) con il processo di domanda (richieste frequenti per piccole quantità);
- scorte di sicurezza (safety stock) – servono per compensare le incertezze della domanda e dell’offerta, dovute ad esempio a ritardi di consegna, guasti nel sistema produttivo, picchi di domanda;
- scorte stagionali (seasonal stock) – per prodotti con domanda stagionale, può essere necessario costruire una scorta nei periodi di bassa domanda per poter soddisfare le richieste nel periodo di alta domanda;
- scorte di pipeline (pipeline stock): servono per disaccoppiare, almeno parzialmente, gli stadi di un sistema produttivo o distributivo (es: quando essi sono geograficamente separati).

È necessario istituire la gestione a scorta dei materiali, che è una procedura di gestione delle materie prime la cui domanda deriva da stime previsionali e non dall’esplosione di un piano di produzione. Per controllare e mantenere tali scorte occorre istituire un sistema di gestione delle scorte che è definito come un insieme delle politiche e dei controlli che monitorano le quantità a magazzino e stabiliscono quale livello mantenere, quando reintegrarle e quali dimensioni debbano avere gli ordini.

I costi legati al sistema di gestione delle scorte sono classificabili in:

- Costi di giacenza, sono legati ad interessi passivi sul capitale immobilizzato, spese relative al magazzino, eventuali premi di assicurazione sui materiali, costi di manutenzione dei materiali immagazzinati, stipendi per il personale di magazzino, imposte e tasse di scorte, eventuale calo-peso di alcuni materiali, obsolescenza, deterioramento e furti. Il costo di giacenza è variabile per ogni materiale e data la difficoltà di stima viene definito un valore percentuale valido per tutti i materiali presenti in magazzino. I valori che si trovano mediamente variano tra il 10% ed il 50% del costo d’acquisto.
- Costi di set-up, che si sostengono per passare dalla produzione di un prodotto a quella di uno differente e sono riassumibili in costi per ottenere i materiali necessari, costi di riattrezzaggio delle macchine, costi di compilazione della documentazione richiesta, costi legati all’impiego di tempo e materiali, costi per sgomberare le rimanenze delle produzioni precedenti.
- Costi di ordinazione, sostenuti per le attività gestionali e amministrative collegate alla preparazione e amministrazione di un ordine di produzione o di acquisto; costi sostenuti per il conteggio degli articoli e il calcolo delle quantità

da ordinare; costi di ricezione, collaudo e controllo qualità materiali in arrivo; costi legati alle procedure di pagamento dei fornitori; costi di ricerca e selezione dei fornitori; costi relativo agli uffici acquisti, spese di contabilità e statistica degli acquisti, costi di manutenzione del sistema di tracciabilità degli ordini.

- Costo di acquisto, è pari al prodotto del prezzo per la quantità acquistata. Rilevante quando il prezzo d'acquisto varia con la quantità acquistata oppure nel tempo per effetto di svalutazione monetaria o di altre cause.

I passi procedurali da seguire per la corretta determinazione delle scorte saranno i seguenti:

1. rilevazione dei dati base;
2. analisi A-B-C delle scorte;
3. scelta del modello "ad hoc".

4.4.1 RILEVAZIONE DEI DATI BASE

Per la rilevazione dei dati base, si intende trovare le informazioni relative sia agli elementi variabili per ogni materiale quali: consumo mensile del materiale, la variabilità del consumo stesso, il tempo medio di approvvigionamento, il prezzo di acquisto del materiale e l'importanza del materiale riguardo il servizio. A cui si aggiungono gli elementi costanti per tutti i materiali che vengono identificati dal costo di giacenza ed il costo di ordinazione.

Queste informazioni sono rilevate dal sistema gestionale (Essenzia- Apra Group) presente in azienda Officine Mollo s.a.s.

I valori scelti come rappresentativi sono relativi all'anno 2019, e riguardano le uscite del materiale dal magazzino.

Si ipotizza che questi dati siano significativi per i prossimi 4 anni, ad eccezione dei seguenti codici:

- S151913A, S150650; arrivati a fine produzione, quindi non saranno prodotti di produzione costante ma saranno realizzati solo ricambi per altri 4 anni;
- S159176, S159255 e S159176; poiché per politiche interne del nostro cliente sono stati realizzati solo la preserie relativa alla salita per la SOP (start of production).

Per facilitare la lettura questi valori sono stati riportati in vari grafici a dispersione dove sono stati ricavati sottogruppi in funzione dei progetti. Si ipotizza che questi dati siano

rappresentativi e quindi verranno rielaborati e verrà eseguita una valutazione, per ogni prodotto, su quale politica di riordino sia più indicata.

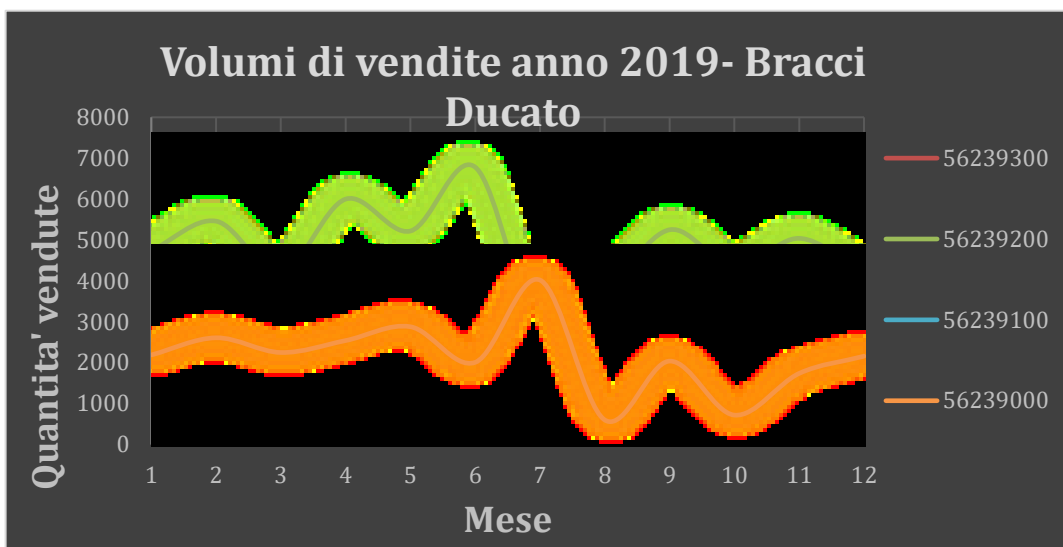


Figura 14 - Volumi di vendita progetto Ducato

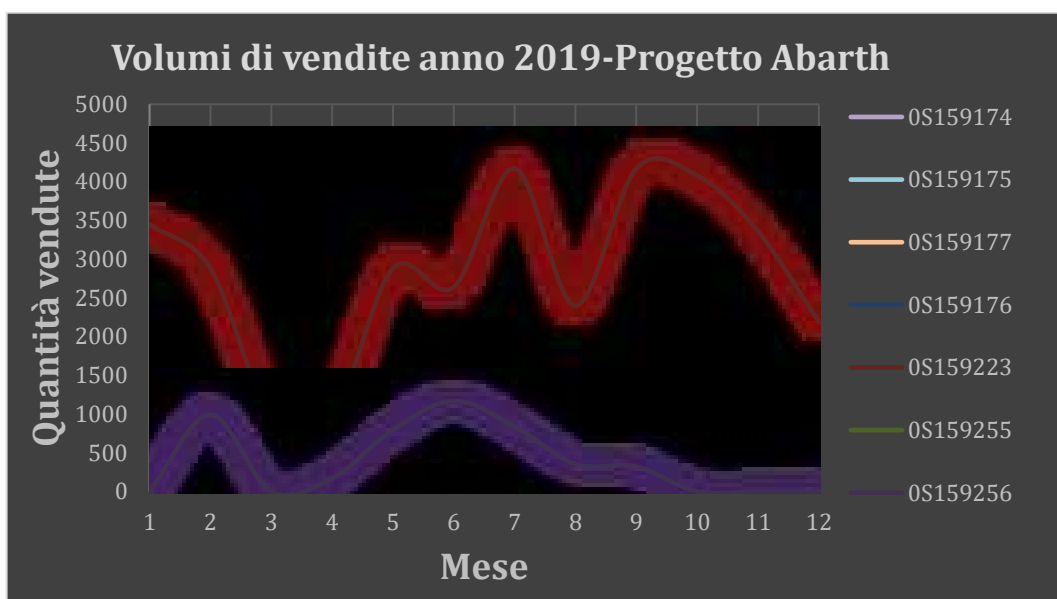


Figura 15-Grafico Volumi di vendita Progetto Abarth

Da questo grafico si evince che il codice 0S159223 ha volumi di quattro volte maggiore rispetto al resto della tubazione prodotta, questo è giustificato poiché chiaramente per questa vettura si hanno quattro tubi in uscita che montano lo stesso terminale. Per questo si ripropone lo stesso grafico epurato dalla curva disegnata sui volumi del terminale, solo ai fini rappresentativi dei dati e non di valutazione. Poiché per la valutazione se ne terrà conto.

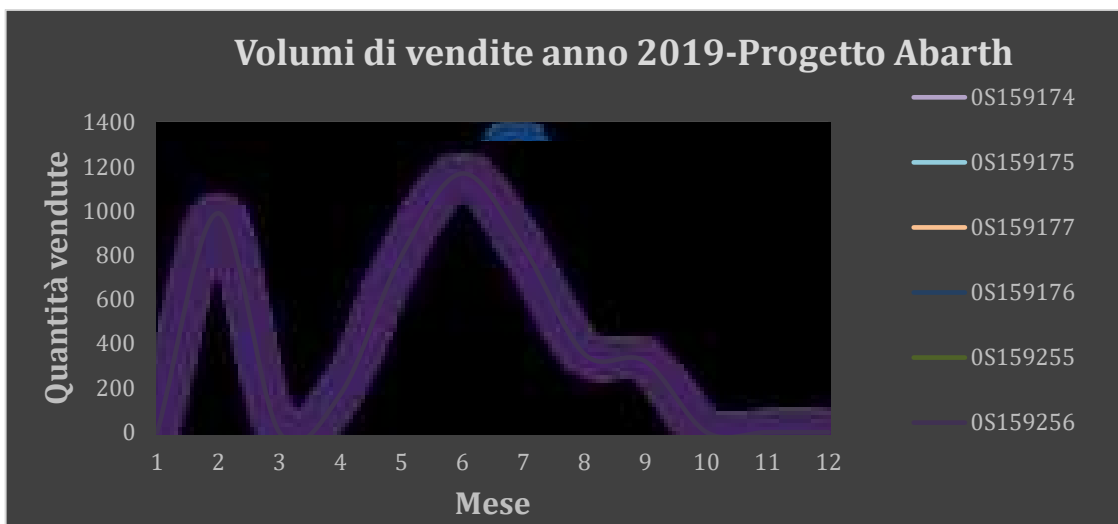


Figura 16-Progetto Abarth epurato dal codice che rappresenta il terminale.

Qui si nota, dopo un primo aumento nel mese di giugno e luglio, l'azzerarsi delle consegne sui codici OS159255, OS159176 e OS159256 come spiegato precedentemente, quindi procediamo a rimuovere le tre curve che rappresentano questi codici.

Oltre ad epurare i dati dai codice oggi non più prodotti, si inserisce sullo stesso grafico, allo scopo di far vedere in modo più chiaro l'aumento graduale della produzione verso il valore di contratto stabilite in sede di nomination, le linee di tendenza con base logaritmica.

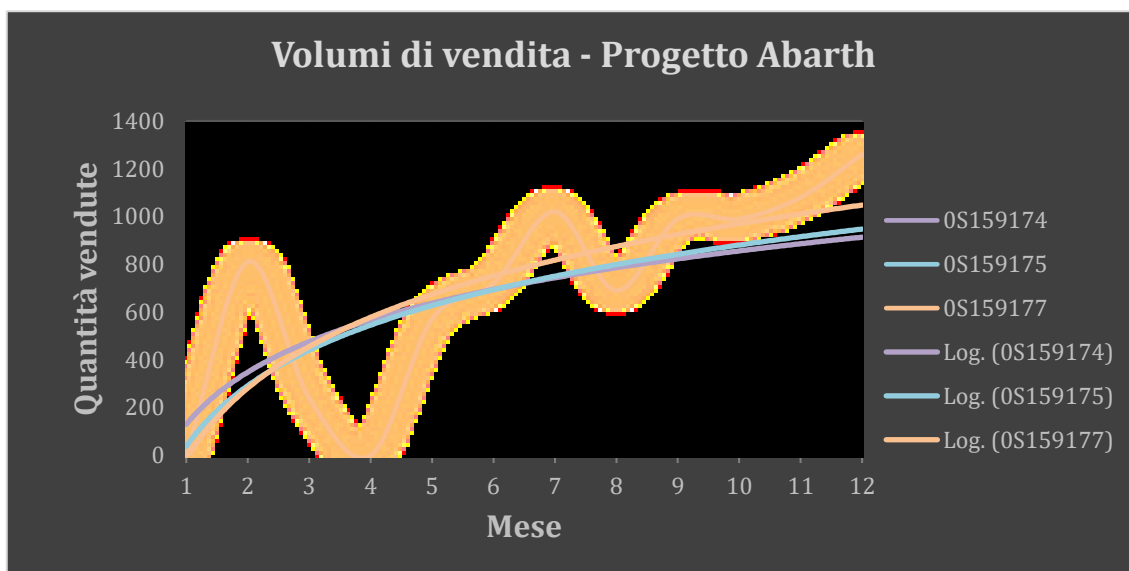


Figura 17-Rappresentazione di entrata a regime del progetto Abarth.

Rappresentiamo adesso gli andamenti delle vendite del progetto Piaggio con relative linee di tendenza, questa volta si è scelta una linea di tendenza di tipo polinomiale di quarto grado, poiché più rappresentativa per questo progetto visto che risulta già in fase costante di produzione.

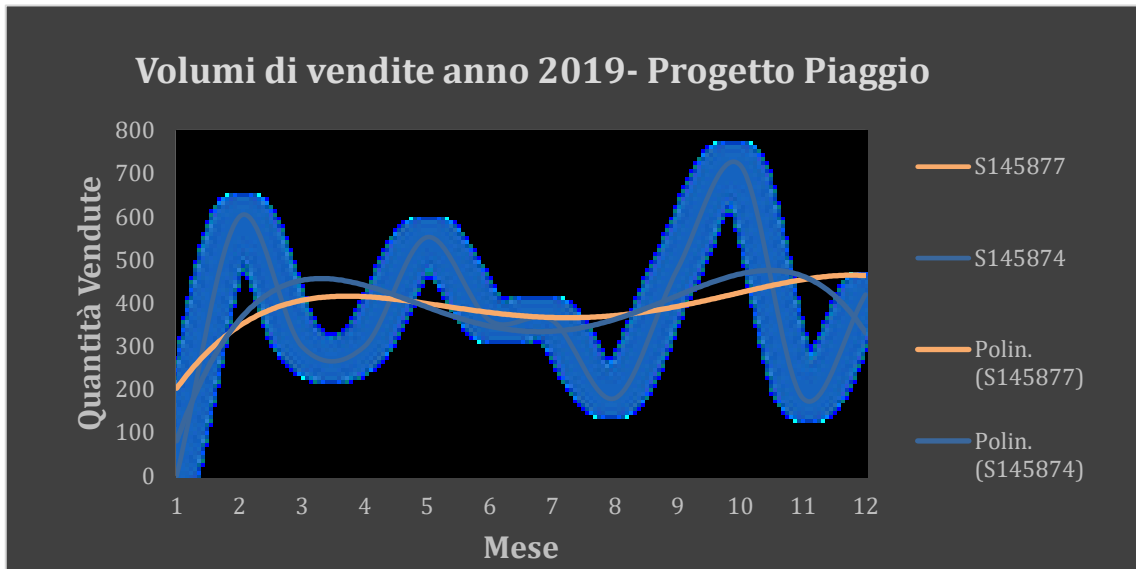


Figura 18-Rappresentazione dell'andamento delle vendite.

Altro progetto da rappresentare sarà quello relativo ad uno scarico chiamato B9 composto da sette componenti differenti che compongono l'intera condotta di trattamento fumi, meno i corpi catalizzanti e i gusci che li contengono.

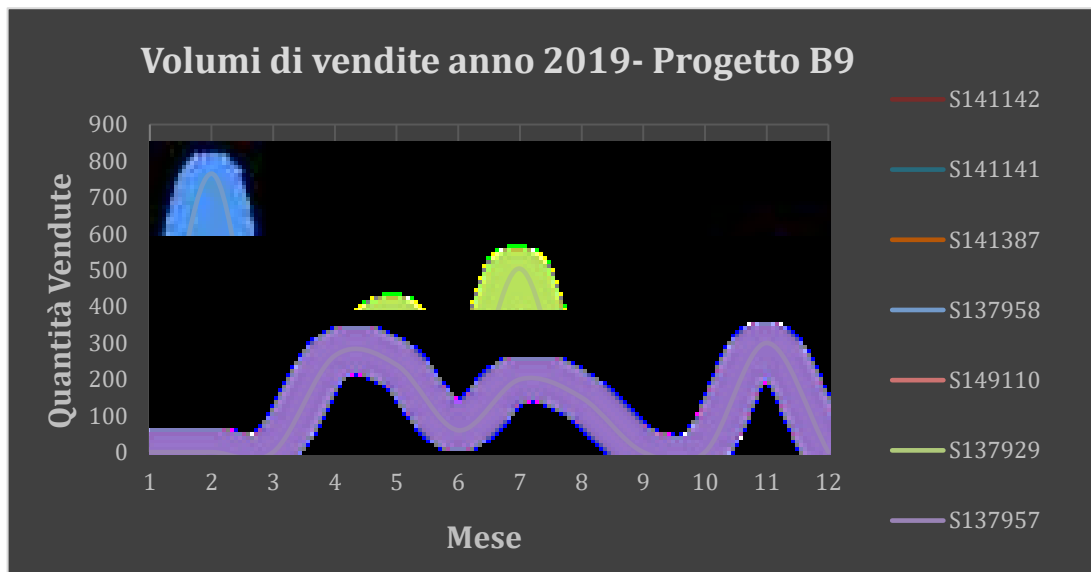


Figura 19Andamento dei volumi di vendita per il Progetto B9

Il successivo progetto, preso in considerazione, tratta quattro bracci differenti composti da tubolari e perno filettato con orientamento spina. Come ogni vettura, oggi anche il movimento terra nello specifico trattoristica, viene equipaggiato con doppi specchietti che vengono sorrette da questi bracci da noi prodotti; questo è il motivo per cui i due modelli di bracci realizzati si sovrappongono quasi alla perfezione.

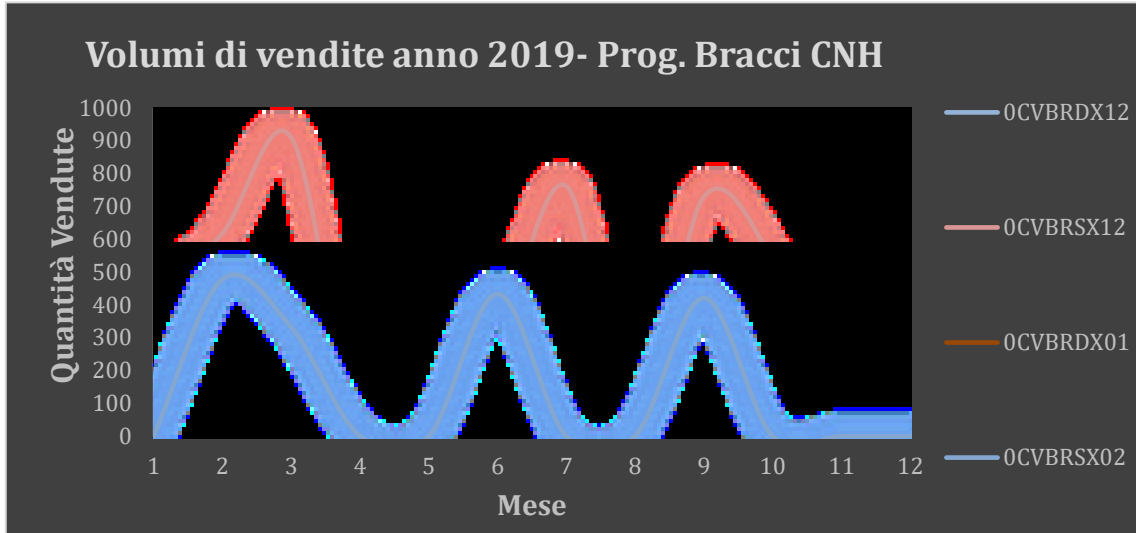


Figura 20-Andamento dei volumi del progetto Bracci CNH.

Infine, si riporta l'andamento del progetto relativo agli assemblati Manifold-Assy, come per il precedente anche qui si ha la sovrapposizione delle due curve che rappresentano le candele che contengono la carica esplosiva per gli airbag. Si ha quasi l'azzeramento tra il mese di settembre ed ottobre per motivi di manutenzione alla linea di assemblamento.

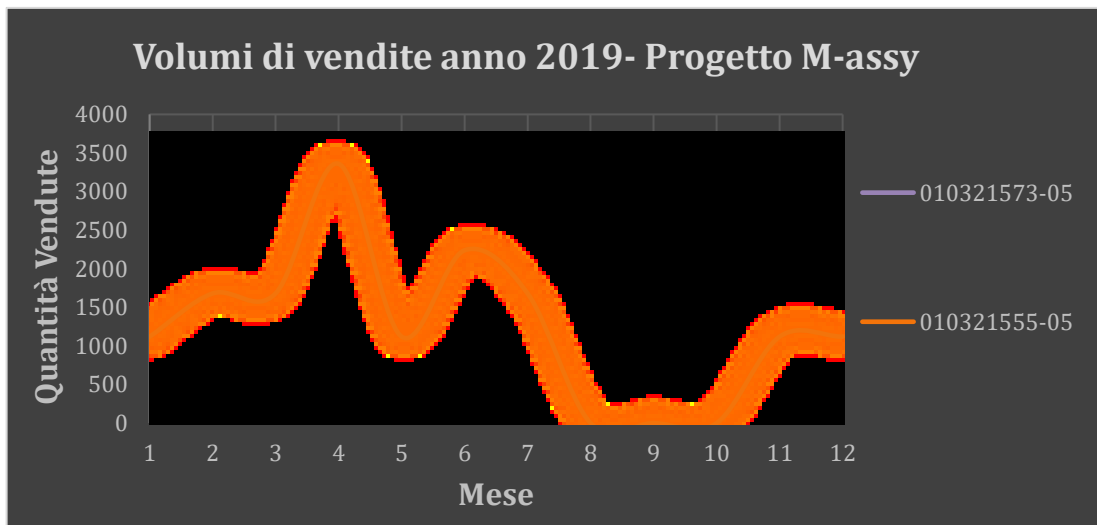


Figura 21Andamento dei volumi di vendita del progetto M-assy.

4.4.2 CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI IN A-B-C

Nella gestione delle scorte ai fini logistici, l'analisi ABC è un metodo di categorizzazione dell'inventario, che consiste nel suddividere gli articoli in tre classi. Denominate A, B e C, dove A contiene gli articoli più importanti e C gli articoli meno importanti. È un metodo utile a focalizzare l'attenzione su pochi prodotti essenziali e non su molti prodotti di scarsa importanza, come quelli della categoria C.

Ottimizzare le scorte è fondamentale per mantenere i costi sotto controllo all'interno della catena logistica. Perché gli sforzi dell'azienda in questo senso abbiano successo, è utile concentrarsi sugli articoli che costano più all'azienda.

Il principio di Pareto afferma che l'80% del valore economico totale di un magazzino corrisponde ad appena il 20% degli articoli. In altre parole, la domanda non è distribuita in modo uniforme tra gli articoli.

Il valore di consumo annuo nel caso specifico trattato è dato dalla quantità venduta per il costo della materia prima applicata. Il calcolo è stato applicato su tre anni 2017-2018-2019.

È stato scelto l'anno 2019 poiché è l'anno più significativo per l'azienda in quanto si ha una certa costanza nei volumi produttivi ed inoltre risulta l'anno che può rappresentare al meglio i prossimi 4 anni per i progetti già avviati.

Per ogni prodotto è stato calcolato il consumo annuo come somma dei consumi mensili.

Si è ottenuto il valore investito per ogni articolo moltiplicando il consumo di materia prima unitario per il prezzo d'acquisto di ogni singolo sub-componente associato al codice.

Per ogni investimento è stato calcolato, infine, la sua aliquota percentuale sull'investimento totale così da avere un'indicazione sull'incidenza di un singolo prodotto sull'investimento globale e poter scegliere la miglior strategia sull'emissione dell'ordine.

Prodotto	Valore tot. Inv.	Valore %	Classe di appartenenza		
			A	B	C
90091526	€ 27.696	9,92%	A	0	0
56239300	€ 25.475	9,12%	A	0	0
56239200	€ 25.947	9,29%	A	0	0
S151913A	€ 7.470	2,67%	0	0	C
56239100	€ 13.531	4,84%	0	B	0
56239000	€ 13.139	4,70%	0	B	0
S150650	€ 3.209	1,15%	0	0	C
S141142	€ 4.801	1,72%	0	0	C
010321573-05	€ 8.165	2,92%	0	B	0
010321555-05	€ 8.165	2,92%	0	B	0
S141141	€ 5.408	1,94%	0	0	C
S141387	€ 4.878	1,75%	0	0	C
S137958	€ 4.889	1,75%	0	0	C
S149110	€ 2.110	0,76%	0	0	C
S137929	€ 2.318	0,83%	0	0	C
S137957	€ 1.725	0,62%	0	0	C
OCVBRSA01	€ 272	0,10%	0	0	C
S145877	€ 2.544	0,91%	0	0	C
S145874	€ 2.048	0,73%	0	0	C
504299269	€ 1.400	0,50%	0	0	C
S146263	€ 1.367	0,49%	0	0	C
47459710	€ 1.777	0,64%	0	0	C
S141702	€ 3.056	1,09%	0	0	C
084581481-00	€ 6.119	2,19%	0	0	C
OCVBRDX12	€ 4.685	1,68%	0	0	C
OCVBRX12	€ 4.723	1,69%	0	0	C
ORS045015	€ 425	0,15%	0	0	C
OS159174	€ 5.974	2,14%	0	0	C
OS159175	€ 7.382	2,64%	0	0	C
OS159177	€ 6.863	2,46%	0	0	C
OS159176	€ 8.873	3,20%	0	B	0
OS159223	€ 29.019	10,4%	A	0	0
OS159255	€ 10.351	3,70%	0	B	0
OS159256	€ 18.641	6,70%	A	0	0
7E0253303AA	€ 2.760	0,99%	0	0	C
OCVBRDX01	€ 921	0,30%	0	0	C
OCVBRX02	€ 938	0,30%	0	0	C
OCVESSA01	€ 227	0,08%	0	0	C
TOT INVESTIMENTO MP	€ 279.289	100,00%			

Tabella 1-Divisione nelle classi di appartenenza.

In questo modo è stato possibile dividere i prodotti presenti in magazzino in diverse classi in funzione del loro valore investito. Le classi di riferimento sono tre: A, B e C.

I primi sono i prodotti di classe A e corrispondono a poche voci a cui è associata una grande fetta del valore totale investito. I materiali di C, al contrario, rappresentano la maggior parte dei prodotti come quantità, a cui però è stato associato poco capitale investito. I restanti sono gli articoli di classe B il cui impatto sul capitale investito è moderato. Non esiste un modello ad hoc per questa categoria di articoli, per cui si sceglie di attribuirli alla classe di tipo A. Quindi verranno gestiti con lo stesso modello con cui sono gestiti i prodotti di classe A.

Classe	Prodotto	Costo MP	Valore %	Tot. Attribuito per classe	% Inv	% prodotti
A	0S159223	€ 29.019	11,41%	€ 126.777	49,9%	25%
	90091526	€ 27.696	10,89%			
	56239200	€ 25.947	10,20%			
	56239300	€ 25.475	10,02%			
	0S159256	€ 18.641	7,33%			
B	56239100	€ 13.531,32	5,32%	€ 62.222,99	24,5%	30%
	56239000	€ 13.138,62	5,17%			
	0S159255	€ 10.350,95	4,07%			
	0S159176	€ 8.872,50	3,49%			
	010321573-05	€ 8.164,80	3,21%			
	010321555-05	€ 8.164,80	3,21%			
C	S151913A	€ 7.470,00	2,94%	€ 65.295	25,7%	45%
	0S159175	€ 7.381,50	2,90%			
	0S159177	€ 6.863,40	2,70%			
	084581481-00	€ 6.119,00	2,41%			
	0S159174	€ 5.973,60	2,35%			
	S141141	€ 497,70	0,20%			
	S137958	€ 40,24	0,02%			
	S141387	€ 50,64	0,02%			
	S141142	€ 4.800,95	1,89%			
	OCVBRSX12	€ 4.722,64	1,86%			
	OCVBRDX12	€ 4.685,20	1,84%			
	S150650	€ 3.208,50	1,26%			
	S141702	€ 3.056,13	1,20%			
	7E0253303AA	€ 2.760,00	1,09%			
	S145877	€ 138,75	0,05%			
	S137929	€ 25,20	0,01%			
	S149110	€ 62,05	0,02%			
	S145874	€ 89,06	0,04%			
	47459710	€ 1.776,75	0,70%			
	S137957	€ 97,20	0,04%			
	504299269	€ 1.400,05	0,55%			
	S146263	€ 1.366,50	0,54%			
	OCVBRSX02	€ 938,40	0,37%			
	OCVBRDX01	920,92	0,37%			
	ORS045015	€ 424,56	0,17%			
	OCVBRSA01	€ 199,24	0,08%			
	OCVESSA01	€ 226,78	0,09%			

Tabella 2-Costruzione curva di classificazione.

Nel seguente grafico vengono rappresentati gli intervalli in cui vengono considerati i prodotti:

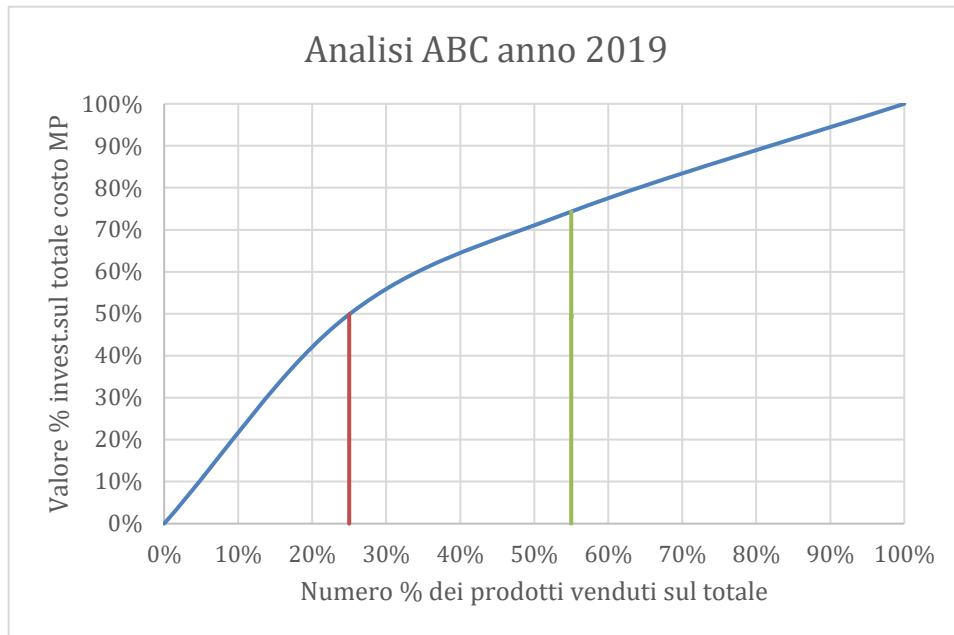


Tabella 3-Grafico di Pareto.

4.4.3 COSTI DI GESTIONE DELLE SCORTE

Facendo riferimento alla tabella 2 del paragrafo 4.4.2, di seguito si determinano i parametri necessari per l'implementazione della gestione delle scorte relative a tutti i prodotti. Per i prodotti di classe A e B, si è proceduto alla valutazione del LEA (lotto economico d'acquisto) conoscendo i costi di immobilizzo percentuale rispetto al costo d'acquisto e il costo d'emissione dell'ordine riportati in tabella 3.

Costo d'immobilizzo percentuale (i)	25%
Costo emissione ordine (a)	€ 240,00

Tabella 4-Costi fissi gestione delle scorte.

Considerando al momento che la confezione di acquisto è unitaria, si passa alla determinazione del LEA per ognuno dei prodotti a cui è stata attribuita la classe A e B, con la formula:

$$LEA = \sqrt{\frac{2 \cdot Q_0 \cdot a}{p \cdot i}}$$

- Q_0 : quantità totale annua;
- p : il prezzo d'acquisto della materia prima;
- a : costo di emissione dell'ordine;
- i : indice di costo d'immobilizzo.

Per la determinazione del costo totale si è utilizzato la seguente formulazione:

$$C_{Tot} = \frac{1}{2} \cdot LEA \cdot C_{imm.} + \frac{Q_0}{LEA} \cdot a + p \cdot Q_0$$

Si è eseguito il calcolo per tutti i prodotti definiti di classe A e B, considerando che il costo di immobilizzo ($C_{imm.}$) è stato calcolato come prodotto del prezzo della materia prima per l'indice percentuale d'immobilizzo.

Codice	Q_0	$C_{imm.}$	LEA	LEA(dif)	LEA(ecc)	C_{TOT} (difetto)	C_{TOT} (eccesso)
05159223	34140	€ 0,21	8781,6	8781	8782	€ 30.885,09	€ 30.885,09
90091526	346200	€ 0,02	91152,6	91152	91153	€ 29.519,05	€ 29.519,05
56239200	57660	€ 0,11	15684,9	15684	15685	€ 27.711,55	€ 27.711,55
56239300	56610	€ 0,11	15541,4	15541	15542	€ 27.222,91	€ 27.222,91
05159256	4637	€ 1,01	1488,2	1488	1489	€ 20.136,36	€ 20.136,36
56239100	26532	€ 0,13	9994,3	9994	9995	€ 14.805,59	€ 14.805,59
56239000	25762	€ 0,13	9848,2	9848	9849	€ 14.394,26	€ 14.394,26
05159255	4295	€ 0,60	1849,8	1849	1850	€ 11.465,45	€ 11.465,45
05159176	4225	€ 0,53	1965,4	1965	1966	€ 9.904,34	€ 9.904,34
010321573-05	15120	€ 0,14	7332,1	7332	7333	€ 9.154,64	€ 9.154,64
010321555-05	15120	€ 0,14	7332,1	7332	7333	€ 9.154,64	€ 9.154,64

Tabella 5-Calcoli del costo di gestione delle scorte per i prodotti gestiti con criterio "look ahead"

L'arrotondamento del LEA è stato effettuato sia per eccesso che per difetto, non essendoci vincoli di confezionamento. La scelta del Lea ottimo è stata valutata cercando di minimizzare i costi totali, quindi in Tabella 5 si sceglieranno i LEA corrispondenti al segnale triangolare in rosso.

Per i prodotti di classe C invece si è proceduto al calcolo delle grandezze per determinare il corretto livello di riordino, considerando il tempo di approvvigionamento riportato in Tabella 6 (vedasi APPENDICE A) che rappresenta la domanda del cliente; nonché i flussi in uscita dello stabilimento. Si è tenuto conto di una deviazione standard del tempo di approvvigionamento del 16% del tempo medio.

L'obiettivo primario è quello di definire il "livello di ripristino" LR, ovvero un opportuno livello di scorta massimo che deve essere ristabilito dopo ogni consegna. Tale Grandezza è calcolata tramite la formula:

$$LR = C_{Max} \cdot (\Delta t + 3 \cdot \sigma_{Ta})$$

Il consumo massimo viene moltiplicato per un tempo delta t opportunamente scelto maggiore del tempo di approvvigionamento, a cui si aggiunge il termine in funzione della deviazione standard. Mentre il consumo massimo viene calcolato come la somma di due fattori, uno è rappresentato dal consumo medio e il secondo è un coefficiente indicato da contratto di fornitura cliente per la deviazione standard calcolata sulle richieste mensili.

$$C_{Max} = C_m + 1,5 \cdot \sigma_m$$

Codici	Q ₀	T _a	T _a (mesi)	C _m	σ _m	C _{max}	σTa	Δ Tip	LR	LR (arr)
S151913A	14940	20	0,67	1245,00	998	2741	0,11	1	3618,78	3619
0S159175	7770	65	2,17	647,50	351,597	1175	0,35	3	4746,58	4747
0S159177	8370	20	0,67	697,50	420,9972	1329	0,11	1	1754,27	1754
084581481-00	21100	20	0,67	1758,33	1145,512	3477	0,11	1	4589,11	4589
0S159174	7860	65	2,17	655,00	350,0519	1180	0,35	3	4767,51	4768
S141141	1659	15	0,50	138,25	142,8178	352	0,08	1	437,07	437
S137958	2012	65	2,17	167,67	249,4574	542	0,35	3	2189,08	2189
S141387	1688	65	2,17	140,67	118,9265	319	0,35	3	1288,99	1289
S141142	1595	20	0,67	132,92	152,3014	361	0,11	1	477,01	477
0CVBRX12	4597	20	0,67	383,08	326,1997	872	0,11	1	1151,55	1152
0CVBRDX12	4471	20	0,67	372,58	263,5583	768	0,11	1	1013,66	1014
S150650	13950	75	2,50	1162,50	1051,001	2739	0,40	3	11503,80	11504
S141702	6237	20	0,67	519,75	301,7441	972	0,11	1	1283,52	1284
7E0253303AA	6000	15	0,50	500,00	645,7694	1469	0,08	1	1821,13	1821
S145877	4625	20	0,67	385,42	162,0384	628	0,11	1	829,59	830
S137929	1260	15	0,50	105,00	165,8778	354	0,08	1	438,73	439
S149110	1241	20	0,67	103,42	120,54	284	0,11	1	375,18	375
S145874	4453	20	0,67	371,08	200,5844	672	0,11	1	886,99	887
47459710	7107	20	0,67	592,25	347,161	1113	0,11	1	1469,15	1469
S137957	1215	20	0,67	101,25	120,9456	283	0,11	1	373,12	373
504299269	28001	20	0,67	2333,42	3048,938	6907	0,11	1	9117,01	9117
S146263	911	15	0,50	75,92	56,93131	161	0,08	1	200,03	200
0CVBRX02	1664	20	0,67	138,67	207,2979	450	0,11	1	593,49	593
0CVBRDX01	1664	20	0,67	138,67	207,2979	450	0,11	1	593,49	593
ORS045015	3538	15	0,50	294,83	722,2341	1378	0,08	1	1708,95	1709
0CVBRSA01	586	15	0,50	48,83	169,1636	303	0,08	1	375,20	375
0CVESSA01	586	15	0,50	48,83	169,1636	303	0,08	1	375,20	375

Tabella 6-Determinazione del Livello di riordino per i prodotti appartenenti alla classe C

5 PROCESSO-LAYOUT- RIDUZIONE SPRECHI IN TERMINI DI TEMPO

Il processo produttivo è un procedimento tecnico per realizzare un determinato prodotto. Consiste in una serie sequenziale di operazioni che permettono la lavorazione e la trasformazione degli input di produzione al fine di ottenere un prodotto finale.

Le operazioni del processo produttivo possono essere compiute dall'uomo (lavoro), da sistemi meccanici-automatici o da combinazioni di entrambi (uomo + macchina).

I processi produttivi sono fortemente legati alla conoscenza tecnica di un'epoca e tendono ad evolvere con il progresso scientifico. Il processo produttivo è, quindi, soltanto un modo tra tanti per produrre un determinato prodotto. La scelta di un processo produttivo piuttosto che un altro è legata sia ai vincoli economici che ai vincoli tecnici dell'impresa.

Il termine layout viene utilizzato generalmente per indicare la disposizione fisica delle attività produttive di un'azienda all'interno del fabbricato o nelle zone immediatamente adiacenti.

Ogni azienda ha affrontato almeno una volta il problema del layout. Sia in fase di progettazione che di sviluppo dell'impianto. Il layout rappresenta il fattore principale al quale concedere maggior attenzione, perché se ben progettato permette di ottenere significativi vantaggi mentre, in caso contrario, può provocare gravi danni.

5.1 CLASSIFICAZIONE DEI LAYOUT

Le principali tipologie di layout e di organizzazione sono:

- Layout per processo; le macchine sono raggruppate per il tipo di processo e lavorazione che eseguono.
- Layout per prodotto; organizzare in modo lineare le postazioni di lavoro al fine di produrre una specifica tipologia di prodotto.
- Layout a posto fisso; impiegato dove il prodotto non può essere mosso per degli impedimenti dovuti agli ingombri, al peso o alla sicurezza.
- Layout per tecnologia di gruppo; quali sono ad esempio le celle che sono costituiti dal raggruppamento di macchine in "celle" di lavorazione che producono lo stesso tipo tecnologico di codici, cercando di ottenere i vantaggi della produzione sia per processo che per prodotto.

L'utilizzo dei suddetti criteri dipende dal mix (numero di prodotti diversi) di produzione. Solo di rado i layout si trovano attuati nelle loro forme pure, in genere gli stabilimenti moderni usano una combinazione di questi tipi. Ogni layout può essere comunque scomposto e analizzato in termini di layout elementari anche se ai fini di una valutazione è importante che esso risponda alle esigenze dell'impresa indipendentemente dalla categoria cui appartiene.

5.1.1 LAYOUT PER PROCESSO

In un layout per processo tutte le operazioni che presentano lavorazioni simili e il macchinario loro destinato sono raggruppate in un unico reparto o centro di lavoro. In tal caso non essendo possibile individuare un flusso univoco dei materiali, questi ultimi devono essere movimentati con apparecchiature mobili (carrelli a forche, trans-pallet, convogliatori a guida automatica, ecc.).

Il layout per processo è più adatto per volumi di produzione ridotti e permette una forte differenziazione.

I vantaggi principali consistono in:

- maggiore flessibilità di produzione;
- minori duplicazione di macchinari e risorse (minori investimenti in attrezzature fisse);
- controllo e supervisione più specializzati e più efficaci;
- soddisfazione dell'operatore che esegue compiti diversi anche se limitati ad una piccola parte del ciclo di lavorazione di un pezzo;
- miglior controllo di processi ad alta precisione o particolarmente complessi;
- maggiori possibilità di ovviare ad avarie di una macchina;
- maggior tasso di utilizzo delle attrezzature.

Gli svantaggi consistono in:

- spostamenti da un reparto all'altro dei prodotti in lavorazione sulla base delle indicazioni fornite dal ciclo di lavoro;
- lunghe linee di flusso e quindi maggiori costi di movimentazione;
- necessità di magazzini intermedi a causa degli elevati WIP;
- tempi di produzione lunghi;
- necessità di maestranze qualificate;
- necessità di molti controlli durante la produzione;
- difficoltà nel gestire la produzione.

Un'organizzazione del layout per processo risulta conveniente nel caso di job shop, in cui ciascuna commessa viene fabbricata in quantità limitate ed in base ad un ciclo di lavoro di volta in volta differente.

5.1.2 LAYOUT PER PRODOTTO

In un layout per prodotto, i macchinari vengono disposti nella sequenza con cui essi sono chiamati in causa dal ciclo di lavoro di uno specifico prodotto. Le materie prime arrivano a un estremo dell'area di fabbricazione e si trasferiscono tra le varie operazioni con tempi di trasporto minimi, fino all'altro estremo, da cui si estrae il prodotto finito.

I prodotti semilavorati vengono movimentati da una stazione di lavoro a quella immediatamente successiva mediante sistemi di trasporto fissi (linee transfer, nastri trasportatori, convogliatori aerei, ecc).

Tale tipo di layout risulta, quindi, scarsamente flessibile in quanto strettamente legato al prodotto che si intende fabbricare, in compenso esso risulta molto più efficiente di quello per processo. Esso è giustificato pertanto nel caso di impianti caratterizzati da una produzione assai specialistica, che prevede la fabbricazione di un numero relativamente ridotto di prodotti diversi in grandi quantità.

I vantaggi principali correlati all'adozione di tale tipologia di layout sono:

- elevata efficienza dovuta alla semplicità del flusso produttivo;
- riduzione dei costi di trasporto dei materiali (dovuta alla minore movimentazione);
- riduzione del livello di scorte: principalmente dei semilavorati (WIP) dato che il flusso del materiale teoricamente è continuo;
- semplificazione dei processi di controllo e gestione della produzione;
- minore superficie di stabilimento richiesta;
- necessità di operatori non molto qualificati.

Invece gli svantaggi correlati all'adozione di tale tipologia di layout sono:

- scarsa flessibilità;
- produttività legata alla macchina più lenta;
- il guasto di una macchina spesso blocca l'intera linea;
- investimento elevato per macchine non utilizzate a pieno;
- scarsa soddisfazione dell'operatore che esegue sempre la stessa operazione.

5.1.3 LAYOUT A POSTO FISSO

In questo tipo di layout, i materiali, o il componente principale del prodotto, rimangono in una posizione prefissata nello stabilimento e tutto il resto, invece, come ad esempio gli attrezzi, i macchinari, il personale o gli altri elementi facenti parte del prodotto, confluiscono verso tale posizione. Alcuni esempi sono costituiti dalla produzione di navi, di aerei, di grandi opere in generale e anche da produzioni artigianali. Una particolare variante del layout a postazione fissa è quella del layout “per progetto”. In questo caso all’inizio dei lavori viene aperto un cantiere dove i macchinari e le attrezzature vengono fatti confluire.

Al termine del lavoro il cantiere viene chiuso, i macchinari vengono smontati e trasferiti ai depositi centrali. Tale criterio di organizzazione del layout viene impiegato per la realizzazione di grandi opere civili o industriali (fabbricati, ponti, dighe, ecc.).

I vantaggi di questo modello sono un investimento di capitale nel layout minimo e la grande flessibilità che consente notevoli variazioni nelle caratteristiche del prodotto, nella varietà dei prodotti e nel volume di produzione. Si ha la possibilità di perfezionare le capacità professionali dei dipendenti (fino ad ottenere “l’ampliamento delle mansioni”) e di far partecipare gli operai alla vita del prodotto (ciò rappresenta il più valido strumento motivazionale).

I vantaggi principali correlati all’adozione di tale tipologia di layout sono:

- ridotta movimentazione dei materiali;
- elevata variabilità dei prodotti;
- elevata elasticità (variabilità dei volumi di produzione);
- riduzione del tempo totale di produzione (indipendenza dei tempi di lavoro);
- ampliamento delle mansioni e lavoro in team;
- continuità di lavoro e maggior responsabilizzazione dei lavoratori.

Invece gli svantaggi correlati all’adozione di tale tipologia di layout sono:

- maggior movimentazione di attrezzature e personale;
- possibile duplicazione di macchine;
- esigenza di persone più qualificate;
- maggior supervisione;
- minor efficienza nella occupazione degli spazi;
- basso tasso di utilizzo delle macchine.

5.1.4 LAYOUT PER TECNOLOGIA DI GRUPPO

Nel layout per tecnologia di gruppo è un insieme di macchine operatrici differenti, che viene riunito in centri di lavoro atti a lavorare famiglie di prodotti che richiedono cicli di lavorazione simili. Ogni sezione con il suo gruppo di macchine prende il nome di cella di lavorazione. Non è detto che all'interno della cella i singoli pezzi della famiglia seguano la stessa sequenza con cui sono posizionate le macchine, tuttavia lo scheduling è facilitato.

Il layout per tecnologia di gruppo è sotto taluni aspetti, simile al layout per processo; la differenza sostanziale consiste nel fatto che ciascuna stazione di lavoro non svolge un'unica operazione bensì un insieme completo ed integrato di operazioni. Per altri aspetti il layout in questione è simile al layout per prodotto, infatti ciascun centro di lavoro ha le caratteristiche di una piccola linea.

Vantaggi di tale configurazione sono:

- riduzione dei tempi e dei costi di attrezzaggio rispetto al layout per processo;
- possibilità di trovare uno scheduling ottimale dei pezzi, cosa spesso impossibile nel layout per processo;
- riduzione dei costi di trasporto;
- maggiore gratificazione della manodopera perché nel reparto si eseguono varie lavorazioni sui pezzi e non, come nel layout per processo, una serie di operazioni parziali su un numero molto elevati di pezzi.

Gli svantaggi sono:

- diminuzione della flessibilità;
- personale più qualificato e duplicazioni di alcune lavorazioni;

5.2 OBIETTIVI DELLO STUDIO DI UN LAYOUT

Si può sostenere che il layout ottimale è quello che consente di soddisfare nel miglior modo possibile le esigenze di tutti gli interessati, cioè la direzione dell'azienda, i suoi dipendenti ed i suoi azionisti. Ciascuno di questi gruppi ha le sue ragioni per desiderare un layout ottimale. Considerando tali ragioni, gli obiettivi principali di un buon layout possono essere così elencati:

1. semplificazione del processo produttivo;
2. riduzione del costo del trasporto dei materiali;
3. riduzione delle scorte di produzione (ed in genere, dei materiali immagazzinati);

4. massima utilizzazione dello spazio disponibile;
5. ambiente di lavoro soddisfacente, (in termini di serenità e sicurezza);
6. evitare investimenti di capitale non necessari;
7. utilizzazione efficace della manodopera.

5.2.1 SEMPLIFICAZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Questo è il principale obiettivo di un buon layout, che deve essere progettato in modo da facilitare la realizzazione dei piani produttivi dell'azienda, affinché gli stessi possano essere portati a termine in modo ottimale. In particolare, la semplificazione dipende essenzialmente dai seguenti fattori:

- la disposizione degli impianti deve volgere ad assicurare il massimo grado di utilizzazione. Gli impianti ed il macchinario più costosi devono essere disposti in maniera tale da permettere l'utilizzazione in più turni. I sistemi di trasporto dei materiali devono essere disponibili per poter servire varie linee di distribuzione;
- un buon layout deve ridurre al minimo i ritardi di produzione e gli eccessi di scorte;
- opportuno bilanciamento delle linee di produzione è essenziale per la riduzione o l'eliminazione dei ritardi. Lo spazio disponibile nei reparti di lavorazione deve tener conto della opportunità di non creare congestioni di materiale.
- un buon layout deve considerare le esigenze di manutenzione del macchinario, che deve essere disposto in modo da rendere le operazioni di manutenzione ordinaria quanto più spedite e semplici.
- un buon layout può essere determinante per un incremento di produttività. Ottenere un maggior volume di produzione in pari o minor tempo di lavorazione si traduce in manifesti vantaggi economici per l'impresa.

5.2.2 RIDUZIONE DEL COSTO DEI TRASPORTI INTERNI

Oggi con l'avvento della tecnologia si è avuto un notevole sviluppo dei trasporti all'interno degli stabilimenti.

La maggior parte degli stabilimenti sono organizzati in modo che i pezzi in lavorazione passino direttamente da una macchina alla successiva. In questo modo i trasporti di materiale sono stati ridotti al minimo.

Basti fare riferimento al settore automobilistico, in particolare alle linee transfer. Con l'impiego delle quali i tempi di trasporto sono ridotti al minimo. In questi casi l'operaio si trova in una postazione fissa che viene alimentata da due ingressi, il primo è

rappresentato dal pezzo da assemblare (es. sportello), ed il secondo è rappresentato dall'unità di prodotto su cui assemblare il pezzo (es. automobile). Ma ciò non avviene in tutte le realtà aziendali: vi sono molte situazioni dove i trasporti manuali sono i più economici, quindi il layout va curato attentamente poiché la riduzione della distanza di trasporto ha un effettivo significato economico.

5.2.3 RIDUZIONE DELLE SCORTE DI PRODUZIONE

L'immagazzinamento delle scorte aggrava il costo della produzione in proporzione al tempo di giacenza, perché rappresenta capitale immobilizzato. Nelle industrie a processo continuo le scorte di produzione possono essere facilmente ridotte, ma non sempre è così. Questo problema appartiene essenzialmente al controllo della produzione. Perciò un buon layout è condizione necessaria perché esso possa essere risolto in modo efficace.

5.2.4 MASSIMA UTILIZZAZIONE DELLO SPAZIO DISPONIBILE

Per un corretto uso dello spazio è necessario considerare non solo le esigenze delle aree di produzione e di immagazzinamento, ma anche quelle destinate ai servizi e ai reparti ausiliari. La disorganizzazione dei magazzini, l'eccessiva ristrettezza delle aree produttive (come nel caso studio), l'esistenza di zone sottoutilizzate o addirittura inutilizzate, sono tutti indicatori di errata utilizzazione dello spazio. Il costo dello spazio, in questo senso, varia sensibilmente da stabilimento a stabilimento e può essere calcolato accuratamente, in termini di euro per metro quadrato.

5.2.5 AMBIENTE DI LAVORO SODDISFACENTE

Numerosi fattori devono essere considerati a tal proposito in sede di progettazione del layout. La comoda disponibilità degli utensili ed il facile accesso ai materiali sono tra questi. Altri fattori importanti sono l'eliminazione dei rumori fastidiosi tramite opportuni isolamenti acustici, il riscaldamento, la ventilazione, l'illuminazione, l'eliminazione dell'umidità e della polvere. Il responsabile del layout deve considerare attentamente i criteri di sicurezza sul lavoro avvalendosi anche della consulenza di specialisti in antinfortunistica. Tali criteri devono essere sempre osservati e rigorosamente applicati in ogni buon layout.

5.2.6 EVITARE INVESTIMENTI DI CAPITALE NON NECESSARI

Gli investimenti di capitale in macchinari ed impianti rappresentano una voce di costo abbastanza consistente e talvolta con l'utilizzo di un buon layout possono essere contenuti. Nella stesura di un nuovo processo di produzione si deve tener conto dei tempi di inutilizzo di determinate macchine, laddove queste possano essere utilizzate per più processi produttivi, in modo tale da sfruttare al massimo la macchina. In queste situazioni realizzare un buon layout può facilitare il ciclo di lavorazione.

5.2.7 UTILIZZAZIONE EFFICACE DELLA MANODOPERA

Una progettazione errata di layout può generare una perdita effettiva di ore lavorative, su base annua, molto elevata. Un buon layout non ne garantisce l'eliminazione, ma sicuramente riduce le perdite perché genera dei condizionamenti sia diretti che indiretti sul comportamento della manodopera.

- **Condizionamenti diretti.** Un layout inadeguato può causare gravi sperperi nel processo di produzione. Molte ore di lavoro possono andare perdute a causa di eccessive distanze tra il luogo di lavoro ed i punti di rifornimento di attrezzi e materiali. Ovviamente, un approfondito studio dei metodi ed un opportuno bilanciamento delle linee di produzione possono contribuire in maniera sostanziale alla riduzione dei tempi improduttivi.
- **Condizionamenti indiretti.** Un'opportuna progettazione dello stabilimento può sensibilmente ridurre i costi di manutenzione. Molte operazioni possono essere rese più facili e spedite grazie ad un buon layout. Anche il lavoro d'ufficio può essere snellito sia per l'amministrazione che per la supervisione e il controllo. Teoricamente un supervisore deve essere sempre in stretto contatto con il suo reparto, quindi il suo ufficio si troverà nel reparto o nelle immediate vicinanze.

5.3 CONFIGURAZIONE PER PROCESSO

La configurazione per processo, detta anche configurazione Job-shop o per reparti, è la più applicata nelle piccole realtà manifatturiere artigianali. L'area produttiva è divisa in tanti reparti, ciascuno dei quali è caratterizzato dalla capacità di applicare una ben precisa tecnologia (processo) di fabbricazione. Le unità produttive di ciascun reparto sono quindi raggruppate per affinità tecnologiche. All'interno di ciascun reparto sono disponibili un certo numero di macchine in grado di svolgere lavorazioni con differenti livelli di qualità e produttività.

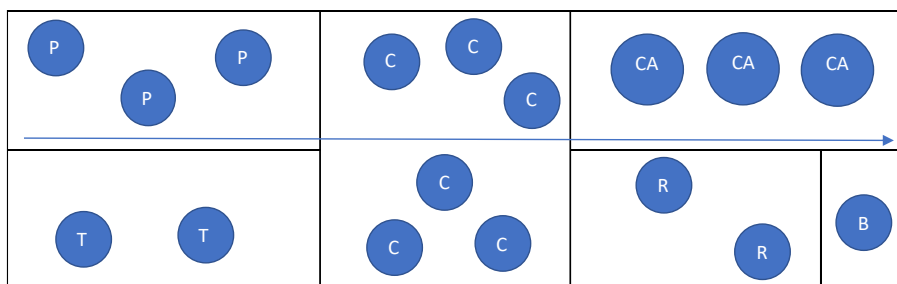


Figura 22-Configurazione per reparti

Il personale del reparto è in genere molto preparato ed è in grado di svolgere moltissime tipologie di applicazioni della propria tecnologia. Un limite della configurazione a reparti consiste però, proprio nella mancanza di flessibilità del personale, dal momento che è esperto di una specifica tecnologia. Un altro svantaggio consiste nella difficoltà di gestire gli ordini: ogni ordine di lavorazione richiede l'esecuzione di una ben precisa serie di operazioni da parte di un gruppo di centri di lavoro e si muove in modo non ripetitivo tra i reparti produttivi. Quando il numero di ordini di lavoro aumenta, la mancanza di una sequenza tipica di lavorazioni, comporta una notevole complessità nella movimentazione logistica dei semilavorati all'interno dello stabilimento ed un elevato WIP, materiali in attesa di essere ultimati.

I vantaggi principali di questa configurazione produttiva sono legati: al minor investimento complessivo richiesto nella realizzazione dell'impianto; all'elevata flessibilità di produzione; al fatto di poter ovviare facilmente alle interruzioni che un macchinario può subire a causa di problemi di affidabilità o di manutenzione, poiché la saturazione dei macchinari all'interno dei singoli reparti non è molto elevata, per cui è possibile trovare spesso un macchinario libero che possa sostituire uno non disponibile.

La letteratura propone numerosi metodi da applicare per lo studio di un layout per reparti, in modo da poter definire la migliore configurazione produttiva possibile. Tutti questi metodi, per quanto diversi, hanno come obiettivo comune il tentativo di avvicinare i reparti caratterizzati da una maggiore intensità i trasporti reciproci. In altre parole, si può dire che l'obiettivo della ricerca del miglior layout, consista nella minimizzazione del costo totale dei trasporti interni CTT. Questo è il dato della relazione:

$$CTT = \sum_{i=1}^{nr} \sum_{j=1}^{nr} q_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij}$$

dove:

- q_{ij} rappresentano le quanti che vengono trasportate dal i-esimo centro verso il j-esimo centro;

- c_{ij} rappresenta il costo di trasporto per unità di carico di lunghezza tra il centro i ed il centro j ;
- d_{ij} è la distanza tra il centro i -esimo ed il centro j -esimo.
- nr è il numero di centri.

5.4 CONFIGURAZIONE PER PRODOTTO

La configurazione per prodotto è anche detta configurazione in linea o flow shop. Essa è caratterizzata da un'organizzazione delle macchine all'interno degli spazi produttivi, che permette di assecondare nel modo migliore possibile gli spostamenti dei semilavorati da una macchina all'altra.

Per analizzare al meglio questa tipologia di configurazione, distinguiamo innanzitutto le produzioni a ciclo tecnologicamente obbligato da quelle a ciclo tecnologicamente non obbligato. Le prime sono caratteristiche degli impianti di processo e la configurazione in linea è sostanzialmente obbligatoria in quanto le fasi del processo produttivo devono avvenire secondo una sequenza prefissata altrimenti non si riesce a realizzare il prodotto desiderato. Invece nelle produzioni a ciclo tecnologico non obbligato, le macchine sono posizionate in linea se le caratteristiche dei prodotti da realizzare permettono una sequenza analoga di lavorazione.

Ciascuna fase del processo produttivo viene realizzato da una macchina, all'uscita della quale il prodotto in corso di lavorazione trova prossima la macchina che deve realizzare la successiva fase di produzione.

Naturalmente affinché sia possibile configurare la produzione secondo un modello in linea, è necessario che la sequenza delle lavorazioni previste per i diversi lotti sia quanto più possibile standardizzata o addirittura, unica. Questa configurazione è la più indicata per ottenere elevati livelli di produttività.

La configurazione con un layout in linea, teoricamente, permette di ridurre al minimo i costi di trasporto interno, dal momento che la posizione delle macchine è studiata per facilitare gli spostamenti dei semilavorati durante il processo produttivo. Quindi il tempo di produzione complessivo risulta più basso rispetto al caso di produzione per reparti. Inoltre, si osserva la maggiore semplicità del controllo della produzione rispetto alla caotica organizzazione per reparti, in quanto il prodotto procede lungo una linea produttiva. È possibile che, per svolgere un'operazione, non sia sufficiente una sola macchina operatrice. A seconda di come le macchine vengono disposte, si può realizzare un layout in linea di tipo serie, parallelo oppure misto. Nella configurazione in linea in

parallelo alcune fasi vengono svolte da un insieme di macchine analoghe, in modo da permettere una produzione ben bilanciata tra le successive fasi di lavorazione.

La parallelizzazione delle macchine avviene spesso nella stazione collo di bottiglia che risulta più lenta rispetto alle altre e che quindi può influenzare il ritmo della produzione.

Disponendo le macchine in parallelo si riesce ad ovviare a questo problema, aumentando la velocità complessiva della stazione.

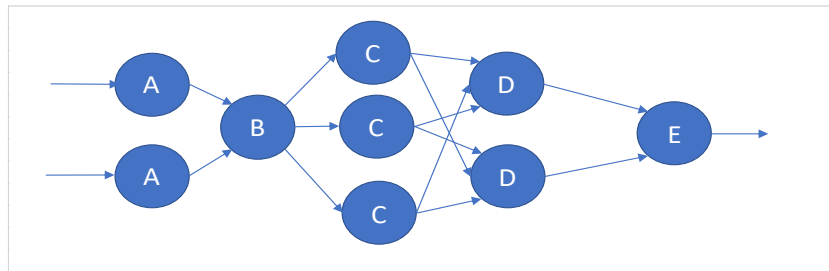


Figura 23-linea parallelizzata

Nella configurazione in linea in serie l'impianto è suddiviso in linee indipendenti poste in parallelo. Al termine di una fase di lavorazione, il prodotto accede alla fase successiva sempre rimanendo sulla propria linea, non potendo passare ad una linea parallela. Le operazioni troppo lunghe possono essere suddivise, facendole svolgere a macchine analoghe poste consecutivamente realizzando la parcellizzazione ovvero la divisione di un'attività tra più macchine poste in sequenze.

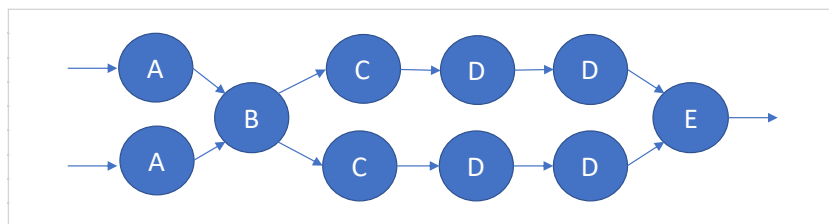


Figura 24-linea parcellizzata

La configurazione in linea misto è un ibrido tra la configurazione in linea in serie e quella in parallelo.

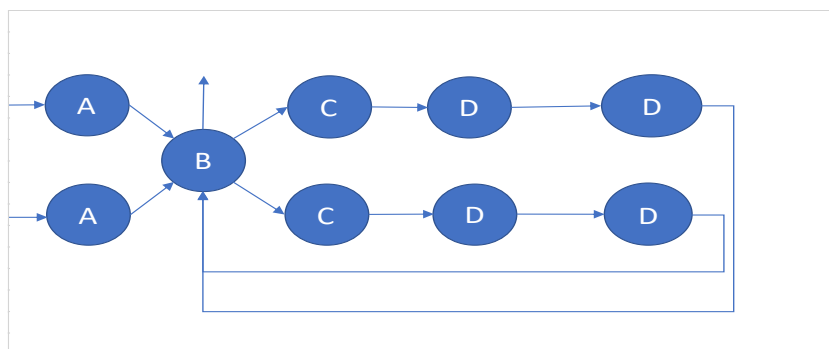


Figura 25-Configurazione linea mista

In base alla forma geometrica della linea, si possono distinguere i seguenti tipi di layout:

- Configurazione in linea di tipo rettilineo;
- Configurazione ad U, il quale riduce la distanza tra le diverse fasi della linea, permettendo una maggiore vicinanza degli operatori;
- Layout a zig-zag.

Questa tipologia di layout permette di ridurre la movimentazione dei semilavorati poiché il prodotto si muove all'interno di un percorso in cui le macchine sono disposte rispetto la sequenza delle lavorazioni che trasformano il prodotto da semilavorato a prodotto finito. Talvolta, però, può accadere di dover inserire, all'interno di un medesimo layout in linea, differenti produzioni con sequenze non coincidenti. La scelta di una sequenza ottimale può essere fatta ricorrendo a diversi approcci presenti in letteratura come ad esempio il metodo dei baricentri e il metodo di Hollier.

5.4.1 METODO DEI BARICENTRI

Il metodo dei baricentri detto anche dei momenti ha l'obiettivo di ottimizzare la movimentazione all'interno della linea stessa in modo da definire la disposizione migliore dei macchinari. Si tratta di un metodo euristico, ovvero di un approccio alla soluzione del problema che non segue un chiaro percorso analitico ma piuttosto, si affida all'intuito e al buon senso.

Il metodo prevede di elencare le sequenze di lavorazione di tutti i prodotti che devono essere realizzati dalla linea. Per ciascun di essi si calcola, quindi, il numero di unità di carico che devono essere movimentate all'interno del periodo di produzione prescelto. Per ogni macchina si effettua un'analisi posizionale, calcolandone il baricentro ottimale.

La procedura da seguire è la seguente:

1. si inizia numerando in modo progressivo, da 1 a n, tutte le posizioni disponibili nella linea;
2. si attribuisce, ad ogni posizione della sequenza, un peso pari alla somma delle unità di carico di ciascun prodotto, che prevede che la macchina sia in quella posizione.
3. viene eseguita la media pesata, che rappresenta la posizione baricentrica di ogni singola macchina.
4. infine, viene determinata la posizione corretta, ordinando in modo crescente i baricentri quindi i macchinari.

5.4.2 METODO HOLLIER

Il metodo di Hollier è un metodo alternativo e si basa sull'analisi della matrice delle intensità di traffico. È un metodo diverso da quello dei baricentri, più complesso e lungo, ma dai risultati migliori. Il metodo è composto da tre fasi:

1. La prima consiste nel costruire la matrice delle intensità di traffico;
2. il secondo passo consiste nello scegliere la macchina con la somma dei flussi più bassi. Se la somma appartiene al gruppo degli ingressi "Totale a", (ultima riga della matrice) la macchina va all'inizio della linea. Se il valore è un "Totale da", (colonna all'estrema destra della matrice) allora la macchina è posizionata al termine della sequenza.

Nei casi particolari sono definite le seguenti regole:

- Se due macchine hanno somme uguali di ingressi oppure due somme uguali di uscita, si sceglie quella con minimo valore del rapporto Totale a/Totale da
 - Se una macchina ha uguali somme in ingresso ed in uscita, si tralascia e si sceglie la macchina seguente con minore valore di somma totale.
 - Se un minimo di ingressi è uguale ad un minimo di uscite, si piazza la macchina con minimi ingressi all'inizio e quella con minime uscite alla fine.
3. Il terzo passo del metodo prevede di eliminare la riga e la colonna della stazione selezionata e di ricalcolare la matrice delle intensità di traffico. Quindi si ripete la procedura iterativamente fino ad aver piazzato tutte le macchine.

5.5 CONFIGURAZIONE A CELLE

La configurazione a celle è anche detta configurazione per famiglie o group technology. Le unità produttive sono aggregate in gruppi, secondo determinate sequenze di operazioni elementari. La condizione preliminare per adottare tale configurazione è costituita dalla possibilità di individuare delle famiglie di ordini di lavorazione, che abbiano cicli di lavorazioni, o parti di essi, molto simili o uguali.

Se questa condizione è verificata, la configurazione a celle permette di trasformare un layout di tipo job-shop in una configurazione ibrida, con delle aree produttive che svolgono cicli di lavorazione in linea su una porzione della produzione complessiva che rimane organizzata in reparti. Nelle celle di produzione sono realizzate solo alcune porzioni dei cicli tecnologici di un determinato sottoinsieme dei prodotti aziendali.

In base ai volumi produttivi e al mix produttivo, si può definire il campo di impiego delle diverse configurazioni produttive di fabbricazione con una rappresentazione grafica in cui sull'asse delle ascisse è riportato il volume di produzione, mentre su quello delle ordinate troviamo il mix produttivo, ovvero il numero di parti differenti da fabbricare.

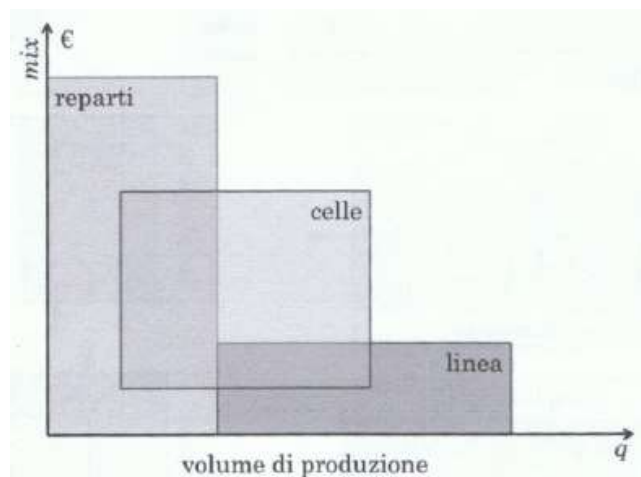


Figura 26-Diagramma delle configurazioni.

È preferibile la disposizione in linea se la varietà dei prodotti è bassa e il volume di produzione è abbastanza alto. Il layout per reparti, invece, è indicato come soluzione intermedia tra le due precedenti.

5.6 PROCESSO DI TRASFORMAZIONE PRESSO LE OFFICINE MOLLO

Prima di procedere con l'analisi del layout si vuole fare chiarezza sulla tipologia di processo di cui si occupa l'azienda Officine Mollo s.a.s. sede dell'analisi svolte.

Nel caso specifico, l'azienda in cui è stata incentrato lo studio si occupa della curvatura e deformazione del tubo. Per avere una più completa visione del processo si porta l'esempio di un articolo prodotto presso lo stabilimento con numero di Part Number S141141.

Il flusso di questo particolare è costituito dalla ricezione del materiale in barre da 6 m identificato con il codice in distinta base T44106512, questo viene recapitato direttamente al fornitore di taglio. Questo fornitore ha il compito di spezzonare le barre in lunghezza apposita e restituirlo con il codice D06512800.

Con questo ultimo codice, che costituisce l'input del processo, entra nell'isola di lavoro presso le Officine Mollo trasformandolo nel codice TS1411410 tubo che ha subito ben sette operazioni visibili nel flow-chart riportato sotto. Le sette operazioni sono effettuate su sette macchinari differenti.



OFFICINE MOLLO DI MOLLO ANTONIO & C. S.A.S.				
Articolo padre	0S1411410 TUBO (PIPE)			
Codice	Descrizione	Dep.	UM	Quantità
LS1411410	TUBO LAVATO COMPLETO		NR	1,0000
TS1411410	TUBO CURVATO COMPLETO		NR	1,0000
D06512800	SPEZZIONE TUBO AISI 441 D65x1.2 L=800 mm		NR	1,0000
T44106512	TUBO AISI 441 D65x12 IN BARRE		MT	0,8600

Figura 27-Distinta base codice esempio

Successivamente verrà lavato e versato in produzione con il codice successivo LS1411410, ed ultima operazione che lo rende disponibile per la spedizione assumendo il codice padre della distinta base 0S1411410.

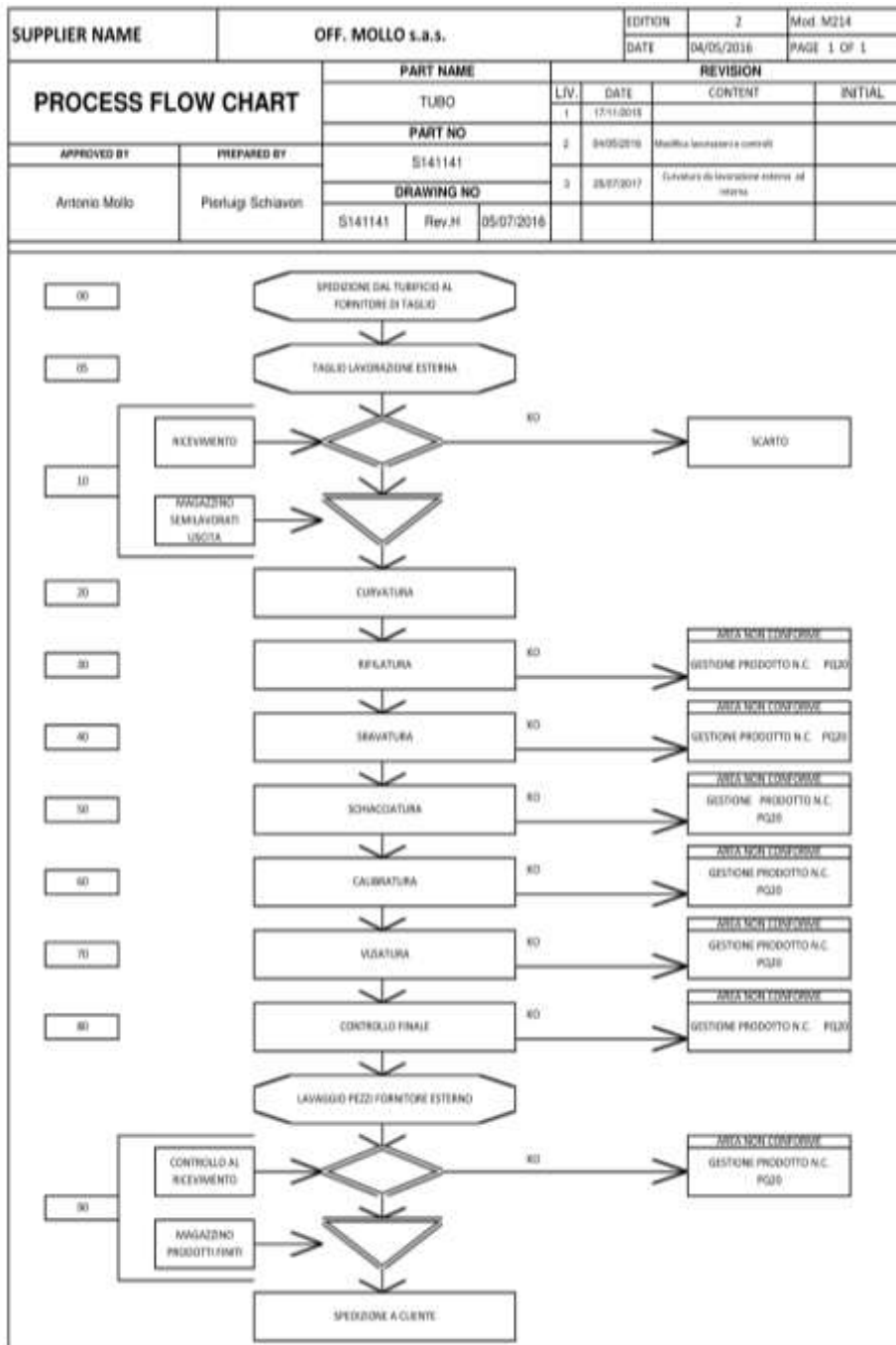


Figura 28-Flow chart del prodotto S141141

Dopo aver chiarito la tipologia e lo sviluppo delle lavorazioni di cui si occupano le Officine Mollo s.a.s. si affronta il problema di rielaborare il layout. Questo viene fatto in modo da snellire e livellare il flusso produttivo, in modo tale da ridurre e controllare il lead time di evasione dell'ordine di produzione. Il tutto nell'ottica di ottimizzare velocità e affidabilità di consegna, minimizzare i lotti di produzione, produrre in logica "pull" e Just in Time evitando attese ed extra produzione.

Questo spesso richiede che la struttura tradizionale di fabbrica si modifichi sia in termini di layout e flussi sia in termini di organizzazione.

Il tradizionale layout per processo, si adatta male a produrre solo ciò che serve, solo quando serve, con un battente produttivo dettato dalla domanda. Tutte le stazioni produttive a monte devono essere sincronizzate allo stesso battente che coincide con il battente della postazione finale, “tarata” sul battente della domanda.

I componenti devono fluire regolarmente, senza generazione di scorte intermedie tra operazioni. Risulta infatti molto complesso il bilanciamento dei flussi produttivi tra reparti e quindi la produzione snella. In quanto ogni reparto deve processare tutta la gamma di prodotti, il che rende impossibile il livellamento della capacità produttive, a meno di produrre un solo codice o più codici identici dal punto di vista tecnologico, cosa altrettanto impossibile.

Si riporta un confronto tra il layout per processo e quello per prodotto:

	LAYOUT PER PRODOTTO	LAYOUT PER PROCESSO
Descrizione	Distribuzione sequenziale delle macchine	Raggruppamento funzionale delle macchine
Tipo di produzione	Make to stock	Make to Order
Tipo di prodotto	Standardizzato	Vario
Tipo di processo	Continuo, produzione di massa, soprattutto assemblaggio.	Intermittente, produzione a lotti in job shop, soprattutto fabbricazione.
Tipo di domanda	Stabile	Fluttuante
Volume	Elevato	Basso
Macchine	Specifiche	Standard
Scorte intermedie	Basse	Alte
Movimentazione materiali	Percorso fisso	Percorso variabile
Corridoi	Stretti	Ampi
Programmazione	Integrato nel bilanciamento	Dinamico
Operatore per layout	Bilanciare le postazioni di lavoro	Ridurre il costo di movimentazione materiale
Vantaggio	Efficienza	Flessibilità

Tabella 7-Confronto tra layout di processo e di prodotto

Anche il layout per prodotto risulta difficilmente applicabile, specialmente quando la gamma di prodotti è vasta. Infatti, si tradurrebbe in un proliferare di linee di prodotto. Occorre dunque orientarsi verso una soluzione intermedia, che integri i benefici di entrambi i layout sopra confrontati, ovvero i modelli ibridi di produzione. Questa analisi viene condotta in modo da minimizzare il costo del trasporto interno.

I passi principali del ristudio del layout sono i seguenti:

1. Mappatura dei flussi produttivi “spaghetti chart”;
2. Costruzione della matrice delle intensità di traffico;
3. Individuazione e sviluppo delle cellule potenziali;
4. Definizione dei baricentri di movimentazione.

5.6.1 MAPPATURA DEI FLUSSI PRODUTTIVI

Il primo passo nella revisione del layout è la mappatura dei flussi produttivi. A partire da un set di prodotti di riferimento per volumi realizzati, fatturato o caratteristiche rappresentative del ciclo d’evasione dell’ordine, si procede operativamente con la tracciatura del flusso produttivo globale all’interno dello stabilimento (si prende in mano il prodotto e lo si segue lungo il processo produttivo descritto nel flow chart).

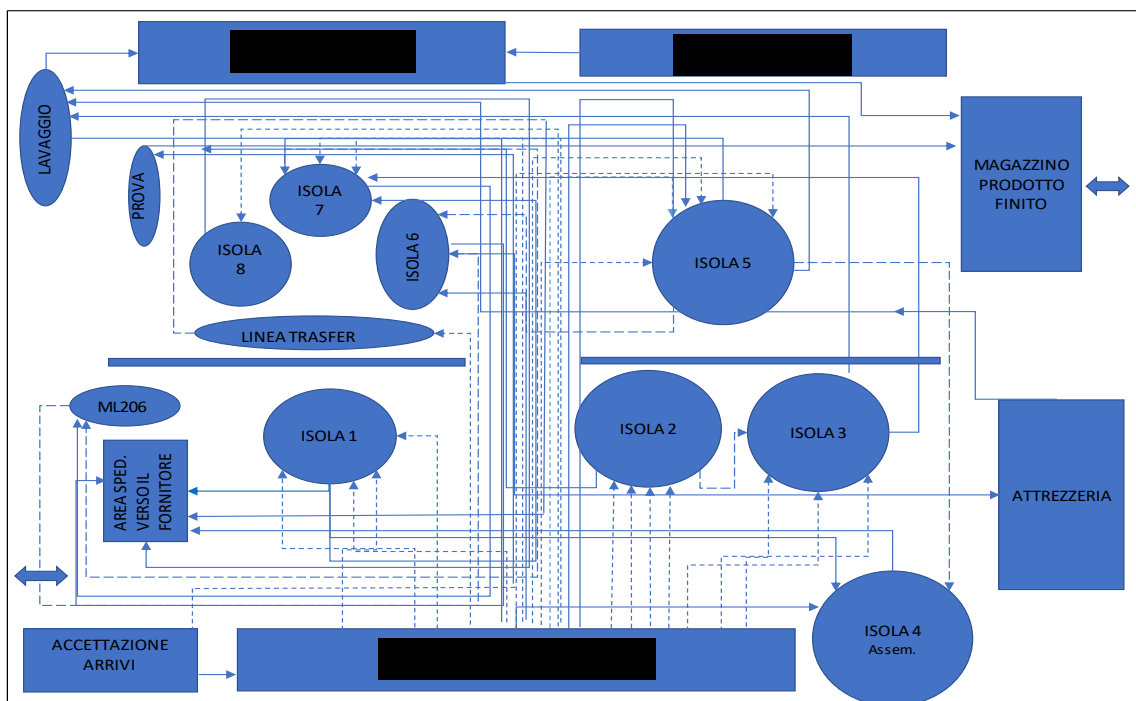


Figura 29-spaghetti chart Officine Mollo sas

Si identificano tutti gli spostamenti tra centri di lavoro, postazioni di assemblaggio o di controllo, le attese in polmoni intermedi e magazzini, cui è soggetto il prodotto lungo il ciclo. Ciò si traduce spesso nella così detta “spaghetti chart”, ovvero un complesso intreccio di flussi in cui si evidenzia tutta l’inefficienza del layout dovuta a movimentazioni continue e back flow (ovvero flussi di ritorno in senso opposte e ridondanti rispetto a precedenti movimentazioni) dispersivi e incrociati, che rappresentano senza dubbio un costo senza valore e un rallentamento nel processo di evasione dell’ordine.

Con la linea tratteggiata a tratto fine si è voluto indicare il prelievo della materia prima, con quella a tratto continuo i trasferimenti.

5.6.2 COSTRUZIONE DELLA PART ROUNTING MATRIX

Il secondo passo è la costruzione della Part Rounting Matrix. Una matrice “prodotti-fasi di processo/macchine” che consente di definire eventuali raggruppamenti dei prodotti per analogie tecnologiche e di flusso. Più la matrice è dispersiva, inoltre, più è dispersivo potenzialmente il layout e i flussi in essa rappresentati.

Codice	Macchine/Isole												
	ISOLA 1	ISOLA 2	ISOLA 3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	ISOLA 8	LAV.	TRANSFER	PROVA	Fresatura CNC	ML206
90091526								X					
56239300	X												
56239200	X												
56239100	X												
56239000	X												
5141142					X				X				
010321573-05										X	X		
010321555-05										X	X		
5141141					X				X				
5141387			X						X				
5137958		X							X				
5149110		X							X				
5137929					X				X				
5137957		X							X				
0CVBRSA01				X	X		X						
5145877						X	X		X				X
5145874							X	X	X			X	X
504299269						X							
5146263							X		X				
47459710						X							
5141702		X	X						X				X
084581481-00						X							
0CVBRDX12	X			X		X							
0CVBRX12	X			X		X							
05159174		X	X						X				
05159175		X	X			X			X			X	
05159177		X	X						X				
05159223							X						
7E0253303AA					X				X				
0CVBRDX01				X		X							
0CVBRX02				X		X							
0CVSSA01	X						X						

Figura 30-Part Rounting Matrix

Nella prima colonna si riportano tutti i codici prodotti e nella prima riga le Isole che costituiscono i centri istauri presso le Officine Mollo. Le “X” indicano il fatto che il prodotto deve subire una trasformazione presso l’isola indicata sulla prima riga.

5.6.3 INDIVIDUAZIONE E SVILUPPO DELLE CELLULE POTENZIALI

In questa fase si diagonalizza la Part Rounting Matrix, così facendo il risultato atteso è l'individuazione di famiglie di prodotti tecnologicamente simili e il loro raggruppamento in celle produttive per analogia di flusso.

Codice	ISOLA 1	ISOLA 2	ISOLA 3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	ISOLA 8	LAV.	TRANSFER	PROVA	Fresatura CNC	ML206	
56239300	X													CELLA 1 ISOLA 1
56239200	X													
56239100	X													
56239000	X													
05159174		X	X						X					CELLA 2
05159177		X	X						X					
5141387			X						X					CELLA 3
05159175		X	X			X			X			X		
5141702		X	X						X				X	
5137958		X							X					
5137957		X							X					CELLA 4
5149110		X							X					
OCVBRDX12	X			X		X								CELLA 5 ISOLA 5
OCVBRXS12	X			X		X								
OCVBRDX01				X		X								
OCVBRXS02				X		X								
5141142					X				X					CELLA 5 ISOLA 6
5141141					X				X					
5137929					X				X					
7E0253303AA					X				X					
OCVBRSA01				X	X		X							CELLA 5 ISOLA 6
5145874							X		X			X	X	
504299269						X								CELLA 5 ISOLA 6
084581481-00						X								
47459710						X								
5145877						X	X		X				X	
5146263							X		X					CELLA 5 ISOLA 6
05159223							X							
OCVESSA01	X						X							
90091526								X						
010321573-05										X	X			
010321555-05										X	X			

Figura 31-Cell Highlighting

All'interno della singola cella, il beneficio tangibile è il seguente:

- tempi di set up ridotti, in quanto si producono codici tecnologicamente simili, dunque maggiore flessibilità e ridotti lead time grazie a lotti più piccoli e code inferiori;
- trasferimenti ridotti in quanto i flussi prima incrociati e dispersivi sono ora canalizzati e lineari;
- minori attese in magazzino e polmoni intermedi ridotti, grazie al bilanciamento della capacità produttiva ora facilitato, prima impossibile;
- non più solo sulla fase di processo del reparto di appartenenza, dunque polivalenza e polifunzionalità agevolate.

In realtà non si riscontrano vere e proprie celle produttive ma si riaffermano le isole già individuate. Occorre sicuramente intervenire già in fase di progettazione per garantire da subito un requisito non richiesto dal cliente ma, indispensabile per la producibilità del codice in una delle celle disponibili.

5.6.4 DEFINIZIONE DEI BARICENTRI DI MOVIMENTAZIONE

Indipendentemente dalla possibilità o meno di identificare delle celle di produzione e ridurre i polmoni inter-operazionali, occorre ridefinire il layout di produzione, assumendo che la sua efficacia sia strettamente collegata alla distanza coperta dai materiali e dai prodotti e dalla durata dei loro spostamenti.

Il passo principale da compiere è l'analisi dei movimenti composti, ovvero la creazione della così detta matrice di trasferimento o anche detta Load Summary chart o matrice di intensità di traffico.

Per definire una buona configurazione per processo, è necessario ridurre le distanze tra i reparti. Sulle righe sono riportati i flussi in uscita dalla macchina indicata nell'intestazione della riga stessa. Sulle colonne, invece, si trovano i flussi in ingresso alle stazioni indicate nell'intestazione di colonna. I valori della matrice tengono conto solo del traffico q_{ij} .

Si assume che uno spostamento inverso del materiale, il back flow, essendo contro la logica ambita di flussi canalizzati tesi, comporti una doppia penalizzazione rispetto a uno spostamento in direzione del flusso.

Si parte come già esposto dallo schema del layout d'impianto semplificato e dalle sequenze per ogni singolo prodotto. I prodotti da realizzare sono trentadue. Per semplicità la matrice e le successive elaborazioni considerano il numero di trasferimento tra un'area/isola e l'altra. Si ipotizza di produrre un unico lotto in modo da soddisfare l'intero fabbisogno annuo ed inoltre che i mezzi di trasferimento siano uguali tra i reparti.

CODICI	SEQUENZE CICLO PER ISOLE
56239300	M-1
56239200	M-1
56239100	M-1
56239000	M-1
05159174	M-2-3-LAV
05159177	M-2-3-LAV
05159175	M-2-3-6-fresatura CNC-LAV
S141387	M-3-LAV
S141702	M-2-ML206-3-LAV
S137958	M-2-LAV
S137957	M-2-LAV
S149110	M-2-LAV
OCVBRDX12	M-1-6-4
OCVBRX12	M-1-6-4
OCVBRDX01	M-6-4
OCVBRX02	M-6-4
S141142	M-5-LAV
S141141	M-5-LAV
S137929	M-5-LAV
7E0253303AA	M-5-LAV
OCVBSA01	M-5-4
S145874	M-6-ML206-FRES.cnc-LAV
504299269	M-7
084581481-00	M-7
47459710	M-7
S145877	M-6-7-ML206-LAV
S146263	M-6-LAV
05159223	M-7
OCVESSA01	M-1-7
90091526	M-8
010321573-05	M-TRANSFER-PROVA
010321555-05	M-TRANSFER-PROVA

Figura 32-Sequenze di produzione dei prodotti

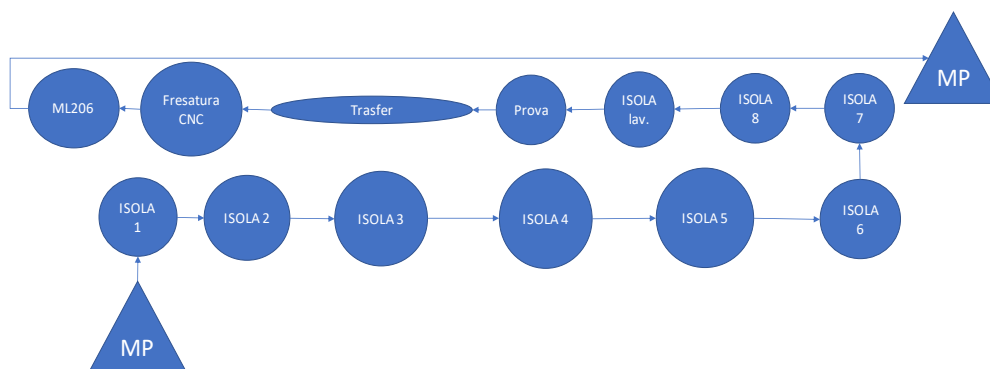


Figura 33-Layout di partenza

Con queste informazioni viene costruita la matrice delle intensità di traffico:

Matrice delle intensità di traffico															
	M	ISOLA 1	ISOLA2	ISOLA3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	ISOLA 8	LAV.	TRANSFER	PROVA	Fresatura CNC	ML206	Totale da
M	0	7	7	1	2	4	3	4	1	0	1	2	0	0	32
ISOLA 1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
ISOLA2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6
ISOLA3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4
ISOLA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5
ISOLA 6	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	1	1	10
ISOLA 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAV.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANSFER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fresatura CNC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
ML206	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Totale a	0	7	8	3	7	8	5	5	1	13	1	2	2	2	

Figura 34-Matrice delle intensità di traffico

Dalla matrice dell'intensità di traffico si ricava il calcolo del "Momento" ossia il prodotto tra il numero di righe di distanza dalla diagonale della matrice e il numero di spostamenti. Nel caso di back flow il momento è il doppio.

SPOSTAMENTI DIRETTI			SPOSTAMENTI A RITROSO		
n° di righe della diagonale	n° di spostamenti	Momento	n° di righe della diagonale	n° di spostamenti	Momento
1	9	9	1	8	16
2	7	14	2	6	12
3	1	3	3	4	8
4	6	24	4	1	2
5	6	30	5	13	26
6	8	48	6	1	2
7	9	63	7	5	10
8	1	8	8	5	10
9	0	0	9	8	16
10	2	20	10	7	14
11	2	22	11	4	8
12	0	0	12	8	16
Totale momento flow:	241		Totale momento back flow:	140	
Totale Momento			381		

Figura 35-Calcolo del momento globale dal layout iniziale

Quindi l'ottimizzazione del layout avviene per minimizzazione del Momento totale. Per riuscire ad ottimizzare il layout in termini di movimento si applica il metodo di Hollier citato nel paragrafo 5.4.2.

Si mantiene l'ipotesi che l'intero impianto sia costituita da un'unica linea composta dalle postazioni e dalle isole di lavoro. In questo modo si trova la collocazione più adatta in modo da ridurre i trasporti all'interno dello stabilimento, andando a minimizzare il Momento totale.

5.7 APPLICAZIONE DEL METODO DI HOLLIER SUL CASO IN ESAME

Si parte dalla matrice di intensità di traffico, si sceglie la prima isola/postazione che ha flussi minori. La prima scelta ricade sulle postazioni Trasfer e isola 8, le quali hanno identici flussi in ingresso ed in uscita quindi l'algoritmo ci suggerisce di lasciare la loro posizione invariata.

La seconda scelta ricade sulle postazioni ML206 e Fresatura CNC le quali hanno flussi uguali sia in ingresso che in uscita, anche queste due postazioni manterranno la loro postazione.

La successiva scelta ricade sulla postazione Prova la quale verrà spostata all'inizio della linea.

	M	ISOLA 1	ISOLA2	ISOLA3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	ISOLA 8	LAV.	TRANSFER	PROVA	Fresatura CNC	ML206	Totale da
M	0	7	7	1	2	4	3	4	1	0	1	2	0	0	32
ISOLA 1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
ISOLA2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6
ISOLA3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4
ISOLA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5
ISOLA 6	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	1	1	10
ISOLA 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAV.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANSFER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fresatura CNC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
ML206	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Totale a	0	7	8	3	7	8	5	5	1	13	1	2	2	2	

Figura 36-Matrice delle intensità di traffico con la scelta delle prime postazioni per l'applicazione.

Successivamente si ricalcola la matrice eliminando le postazioni per cui è stato riconsiderato il posizionamento. Così facendo si procede con le varie iterazioni di ricalcolo delle matrici delle intensità di traffico.

	M	ISOLA 1	ISOLA2	ISOLA3	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	LAV.	Totale da
M	0	7	7	1	2	4	3	4	0	28
ISOLA 1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
ISOLA2	0	0	0	2	0	0	0	0	4	6
ISOLA3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
ISOLA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 5	0	0	0	0	1	0	0	0	4	5
ISOLA 6	0	0	0	0	4	4	0	0	0	8
ISOLA 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAV.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale a	0	7	7	3	7	8	5	5	11	

Figura 37-Primo ricalcolo della Matrice delle intensità di traffico

In questo caso si considerano le isole 1 e 3; dove la 3 è stata lasciata nella stessa posizione, poiché i flussi in ingresso ed in uscita sono i medesimi. Mentre per l'isola 1 viene spostata alla fine della linea poiché il flusso minore si trova in uscita.

Si procede al ricalcolo della matrice eliminando le due colonne considerati nella condizione precedente.

	M	ISOLA2	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	LAV.	Totale da
M	0	7	2	4	3	4	0	20
ISOLA2	0	0	0	0	2	1	0	3
ISOLA 4	0	0	0	0	0	0	4	4
ISOLA 5	0	0	1	0	0	0	3	4
ISOLA 6	0	0	4	4	0	0	0	8
ISOLA 7	0	0	0	0	0	0	4	4
LAV.	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale a	0	7	7	8	5	5	11	

Figura 38-Secondo ricalcolo della matrice delle intensità di calcolo

Per questa matrice si è svolto il ragionamento sull'isola 7, la quale verrà spostata in coda alla linea. Si procede in questo modo sino a ridurre la matrice al minimo. Si riportano tutti i ricalcoli della matrice delle intensità.

	M	ISOLA 4	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	LAV.	Totale da:
M		2	4	3	4	0	13
ISOLA 4	0		0	2	1	0	3
ISOLA 5	0	1		0	0	4	5
ISOLA 6	0	4	4		0	3	11
ISOLA 7	0	0	0	0		0	0
LAV.	0	0	0	0	0		0
Totale a:	0	7	8	5	5	7	

Figura 39- Terzo ricalcolo della matrice delle intensità di calcolo

	M	ISOLA 5	ISOLA 6	ISOLA 7	LAV.	Totale da:
M		4	3	4	0	11
ISOLA 5	0		2	1	0	3
ISOLA 6	0	4		0	4	8
ISOLA 7	0	0	0		3	3
LAV.	0	0	0	0		0
Totale a:	0	8	5	5	7	

Figura 40-Quarto ricalcolo della matrice delle intensità di calcolo

Nel quarto ricalcolo si potrebbe considerare anche l'isola 5 ma ha un rapporto di "totale a/ totale da" maggiore rispetto a quello calcolato per l'isola 7.

	M	ISOLA 5	ISOLA 6	LAV.	Totale da:
M		4	3	0	7
ISOLA 5	0		2	0	2
ISOLA 6	0	4		4	8
LAV.	0	0	0		0
Totale a:	0	5	3	4	

Figura 41-Quinto ricalcolo della matrice delle intensità di traffico

	M	ISOLA 6	LAV.	Totale da:
M		3	0	3
ISOLA 6	0		4	4
LAV.	0	0		0
Totale a:	0	3	4	

Figura 42-Sesto ricalcolo della matrice delle intensità di traffico

Quindi si procede alla ricollocazione delle postazioni con l'ordine stabilito attraverso questo procedimento riordinando il layout nel seguente modo:

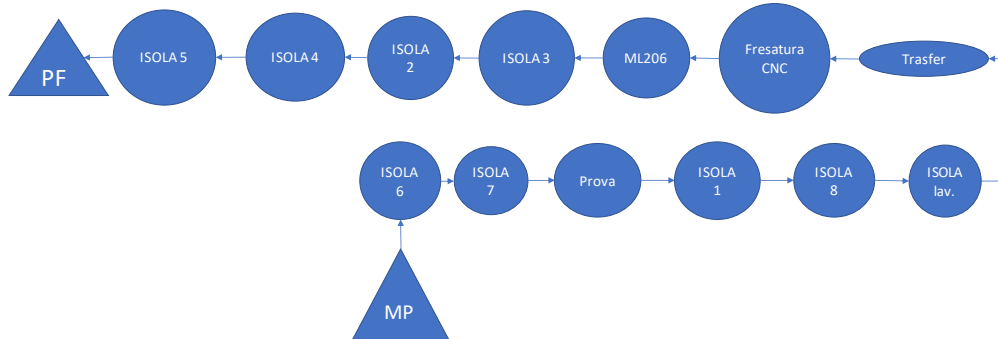


Figura 43-Layout modificato dopo l'applicazione del metodo Hollier

Infine si procede al calcolo della nuova matrice delle intensità di traffico che appare modificata secondo la nuova disposizione del layout, ridisegnato in modo da minimizzare i trasporti interni.

	MP	ISOLA 6	ISOLA7	PROVA	ISOLA 1	ISOLA 8	LAV	TRASFER	FRES.CNC	ML206	ISOLA 3	ISOLA 2	ISOLA 4	ISOLA 5	Totale da:
MP		3	4	2	7	1	0	1	0	0	1	7	2	4	32
ISOLA 6	0		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	4	11
ISOLA7	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROVA	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOLA 8	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAV	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
TRASFER	0	0	0	2	0	0	0		0	0	0	0	0	0	2
FRES.CNC	0	0	0	0	0	0	2	0		0	0	0	0	0	2
ML206	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	1	0	0	2
ISOLA 3	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1		0	0	0	5
ISOLA 2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2		0	0	6
ISOLA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
ISOLA 5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1		5
Totale a:	0	4	5	4	7	1	13	1	2	2	3	8	7	8	

Figura 44-Matrice di traffico completa ricalcolata

Quindi, si ricalcola la matrice degli spostamenti e quindi il "Momento totale".

SPOSTAMENTI DIRETTI			SPOSTAMENTI A RITROSO		
n° di righe della diagonale	n° di spostamenti	Momento	n° di righe della diagonale	n° di spostamenti	Momento
1	4	4	1	5	10
2	5	10	2	2	4
3	2	6	3	0	0
4	7	28	4	5	10
5	1	5	5	5	10
6	0	0	6	0	0
7	2	14	7	4	8
8	1	8	8	0	0
9	0	0	9	1	2
10	1	10	10	0	0
11	11	121	11	0	0
12	6	72	12	0	0
Totale momento flow:	278		Totale momento back flow:	44	
Totale Momento			322		

Figura 45-Calcolo del momento totale dopo aver cambiato la disposizione delle postazioni.

Da questo calcolo si deduce che il “momento totale” è stato diminuito grazie ad una migliore disposizione delle postazioni. In particolar modo si sono aumentati i momenti diretti poiché sono passati da 241 a 278. Mentre sono stati diminuiti i momenti di percorrenza all’indietro passando da 140 a 44, il che fa diminuire sensibilmente il momento totale che passa da 381 a 322.

Quindi il metodo di Hollier ci permette di valutare delle ipotesi di layout, promuovendo la vicinanza fisica tra postazioni ad alto trasferimento e dunque l’efficacia di movimentazione e asservimento.

6 OEE Overall Equipment Effectiveness

L'OEE, o anche detto indicatore di performance, è l'indicatore per eccellenza riferito ai volumi o meglio indica la produttività di manodopera e d'impianti. Esso si impone soprattutto nel settore manifatturiero qual indicatore principale per misurare oggettivamente la produttività di fabbrica in metodologie avanzate.

Questo indicatore consente di identificare ogni possibile spreco produttivo, "smascherando" ogni causa di inefficienza di linee, macchine, impianti:

- Guasti e rotture;
- Micro-fermate e inceppamenti;
- Rallentamenti;
- Scarti e rilavorazioni;
- Cambi produzione
- Avvii e messe a punto.

Per ogni tipologia di perdita, l'ingegneria industriale prevede tecniche e strumenti specifici di miglioramento; dunque è di prima importanza identificare con chiarezza tramite l'OEE le aree di recupero e i margini di saving per definire al meglio dei percorsi mirati di azione, calibrare la formazione del team di lavoro, focalizzare gli strumenti più idonei e indicati.

L'OEE è il prodotto percentuale di tre sotto indicatori:

- D che rappresenta la percentuale di disponibilità;
- P che rappresenta la percentuale relativa alla Prestazione;
- Q che rappresenta la percentuale relativa alla Qualità.

Per definire in modo esaustivo tali sotto indicatori è possibile fare riferimento ad alcune definizioni dei tempi di un impianto. Il modello dei tempi alla base dell'OEE è rappresentato in figura 45.

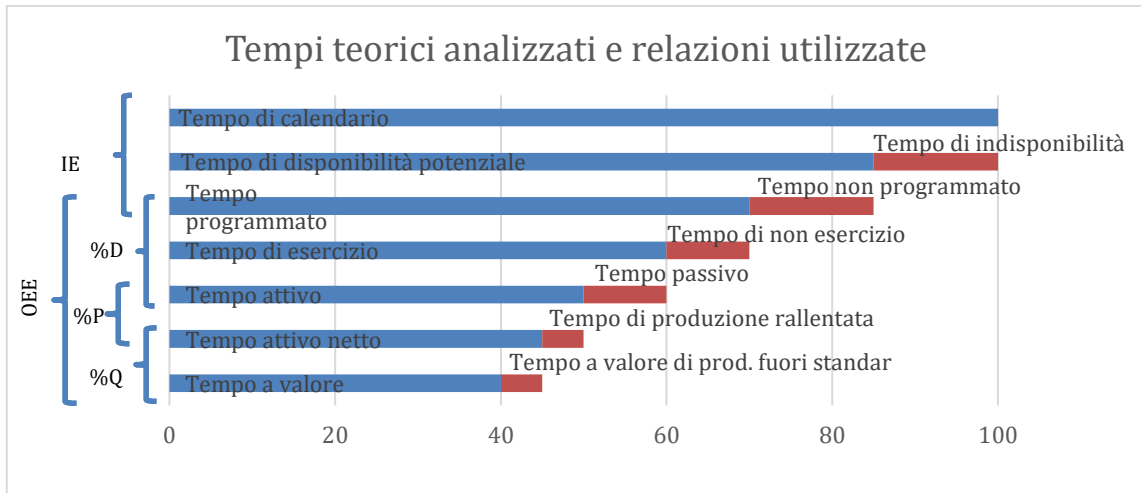


Figura 46-Modello dei tempi teorici di riferimento

Si definiscono i seguenti tempi:

- Tempo di calendario (tempo solare del periodo preso in considerazione);
- Tempo di indisponibilità (impianto fermo per grandi lavori, fermata annuale, ferie collettive);
- Tempo di disponibilità potenziale (impianto potenzialmente disponibile per la produzione);
- Tempo non programmabile (impianto fermo per festività non lavorate e manutenzione programmata);
- Tempo programmato (impianto disponibile e personale presente);
- Tempo di non esercizio (impianto fermo per CIG, sciopero, mancanza energia o materiali o MDO, inattività programmata, pause pasti);
- Tempo di esercizio (tempo in cui il personale effettua operazioni produttive o di ripristino);
- Tempo passivo o Down Time (tempo di non funzionamento per cause accidentali quali incidenti, attese, set up, regolazioni, attrezzaggi, pulizie);
- Tempo attivo o Up Time (tempo di funzionamento produttivo dell'impianto);
- Tempo di produzione rallentata (tempo di funzionamento a battente ridotto rispetto allo standard);
- Tempo attivo netto (tempo teorico di funzionamento per produrre i volumi totali buoni e non, ossia tempo ciclo teorico unitario per quantità totale prodotta);
- Tempo di produzione fuori standard qualità (tempo teorico di funzionamento per produrre i volumi non buoni, comprese rilavorazione);
- Tempo a valore (tempo teorico di funzionamento per produrre i volumi buoni, ossia tempo ciclo teorico unitario per quantità buona prodotta).

Come si intuisce dalla figura 45, con l'OEE si misura la capacità da parte della risorsa produttiva (macchina, linea, impianto) di generare prodotti buoni "a valore", al battente standard (previsto a ciclo), nel tempo programmato di produzione, infatti:

$$OEE = \text{Overall Equipment Effectiveness} = \frac{t \text{ a valore}}{t \text{ programmato}} = \%D \cdot \%P \cdot \%Q$$

6.1 DISPONIBILITÀ PERCENTUALE

La disponibilità rappresenta la capacità dell'impianto di non fermarsi nel tempo programmato ossia nel tempo in cui l'impianto è disponibile per il processo e la manodopera è presente. Le cause di fermo eventuali, dunque, sono indesiderate, non programmate e non produttive, definite precedentemente tempo di non esercizio e tempo passivo, quali ad esempio: mancanza materiali, mancanza attrezzature, guasto meccanico, guasto elettrico, regolazione, set up, manutenzione preventiva, inceppamento materiale. Se dunque l'impianto si arresta, la durata del fermo è da considerare nell'indisponibilità e andrà a decurtare l'efficienza globale attraverso una riduzione della disponibilità d'impianto.

La disponibilità è rappresentata dal rapporto:

$$D = \text{percentuale disponibilità} = \frac{t \text{ attivo}}{t \text{ programmato}}$$

Quindi la disponibilità è data dal rapporto percentuale tra il tempo di funzionamento e il tempo programmato attraverso un'opportuna consuntivazione delle fermate "indesiderate" del sistema. Dato che il tempo di funzionamento è funzione dell'affidabilità del sistema e che il tempo di guasto è funzione della sua manutenibilità, ne consegue che la disponibilità è funzione combinata di affidabilità e manutenibilità.

La disponibilità di un sistema può essere definita e calcolata anche tramite due parametri affidabilistici fondamentali MTBF (Mean Time Between Failures), ovvero tempo medio tra guasti, funzione dell'affidabilità del sistema; mentre MTTR (Mean Time To Repair), ovvero tempo medio di riparazione, funzione della manutenibilità del sistema. Quindi la disponibilità può essere calcolata come segue:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Il miglioramento della disponibilità si persegue dunque attraverso il miglioramento della manutenibilità, come precedentemente illustrato. La sistematica riduzione dei guasti potenziali del sistema può essere esaminata tramite l'analisi FTA e tecniche quali FMEA/FMECA (Failure Mode Effect Criticality Analysis).

Obiettivo finale di queste tecniche è il raggiungimento di un grado ottimale di affidabilità, sulla base di una metodologia semplice, coinvolgente, sistematica ed efficace, basata sul lavoro in team inter-funzionale.

6.2 PRESTAZIONE PERCENTUALE

La prestazione percentuale o efficienza produttiva, rappresenta la capacità dell'impianto, quando non è fermo di produrre alla velocità prevista dal tempo ciclo standard. La mancanza prestazione è costituita da rallentamenti (per esempio nello stampaggio industriale e nelle deformazioni e curvatura dei tubi possono risultare cali di velocità impostati consapevolmente dall'operatore per evitare difetti causati da particolari condizioni indesiderate e sfavorevoli di umidità, temperatura, densità della materia prima), sbilanciamenti, micro-fermate.

La mancata prestazione legata esclusivamente alle micro-fermate può raggiungere valori consistenti, fino al 15-20% del tempo programmato. Dal punto di vista affidabilistico, le micro-fermate hanno un tempo medio di riparazione MTTR assolutamente trascurabile rispetto all'indisponibilità nel parametro "%D".

Tuttavia, la frequenza di accadimento è estremamente elevata nel packaging ad esempio o quando la segnalazione dei fermi è affidata all'operatore di linea in un'ottica di responsabilizzazione e coinvolgimento. Nel caso in cui non siano consuntivate, la prestazione sarà calcolata come differenza tra pezzi attesi nel tempo attivo e i pezzi totali realmente prodotti.

6.3 QUALITÀ PERCENTUALE

La percentuale di qualità o efficienza qualitativa rappresenta la capacità dell'impianto di produrre senza difetti o deterioramento qualitativo. Ogni pezzo respinto o rilevato andrà ad inficiare l'efficienza qualitativa del prodotto riconducibile al processo e all'impianto.

In formula viene considerata nel seguente modo:

$$Q = \text{percentuale qualità} = \frac{n^{\circ} \text{ pezzi buoni prodotti}}{n^{\circ} \text{ pezzi totale prodotti}}$$

Tenendo conto dei tre fattori è possibile scrivere la formula dell'OEE nel seguente modo:

$$OEE = \frac{t \text{ attivo}}{t \text{ programmato}} \cdot \frac{t \text{ ciclo teorico} \cdot n^{\circ} \text{ pezzi totali prod.}}{t \text{ attivo}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ pezzi buoni}}{n^{\circ} \text{ pezzi totali prod.}}$$

Quindi la formula diventa:

$$OEE = \frac{t \text{ ciclo teorico} \cdot n^{\circ} \text{ pezzi buoni}}{t \text{ programmato}}$$

L'OEE fornisce agli operatori il focus preciso e quantificato sulle perdite del sistema produttivo, mostra agli operatori come e dove le macchine generano perdite, permette di fissare target e monitorare il raggiungimento. Dunque, l'OEE non deve essere patrimonio e disponibilità della sola direzione, ma al contrario deve essere diffuso capillarmente fino a livello di singolo operatore di produzione.

Occorre adoperarsi per rendere disponibile l'OEE in linea con opportuno supporto grafico-visivo. Scrivere una procedura per la redazione di grafici ed elaborazione utili all'analisi e diagnosi delle fermate e perdite. Formare capillarmente alla sua interpretazione operativa sia i capi intermedi che gli operatori macchina, in quanto interpretare l'OEE significa comprendere dove focalizzare le energie e gli sforzi di miglioramento; addestrare gli stessi al suo monitoraggio periodico.

6.4 ANALISI DELL'OEE PER UNA DELLE ISOLE DI LAVORO PRESSO LO STABILIMENTO

Utilizzando quanto descritto nei paragrafi precedenti si procede allo studio dell'isola, designata con il numero uno nel layout d'impianto, presente nello stabilimento di Officine Mollo s.a.s.

L'isola di lavoro, si compone in ordine, di:

- un caricatore per caduta automatico;
- una macchina curva-tubi CA532 indicata per curvare tubi di diametro che oscillano da 8 a 32 mm;
- un nastro trasportatore, atto a movimentare i particolari dall'area di lavoro della curva-tubi all'area di lavoro dell'operatore;

- un banco (ML191), che si occupa di foratura, schiaccio e calibratura collegato ad un ulteriore banco di foratura nelle due estremità;
- Infine, un'ultima stazione, con cilindri di piegatura, dedicata alle curve finali.

Si riporta il layout semplificato dell'isola analizzata:

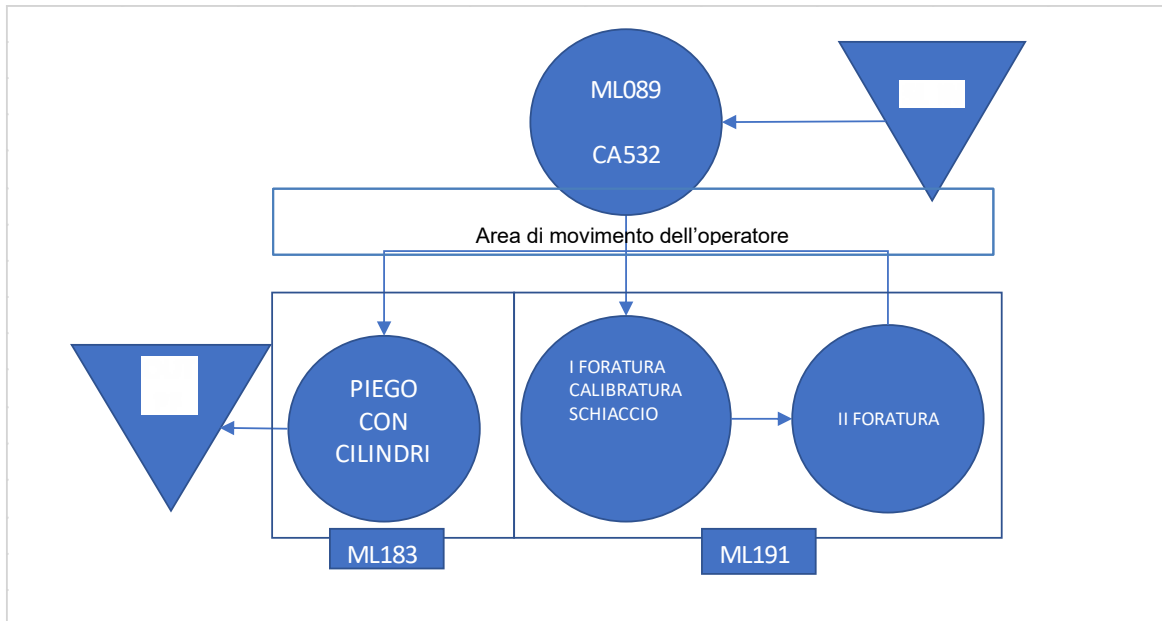


Figura 47-layout isola n°1

Si riporta inoltre la distinta base per uno dei quattro codici realizzati in questa isola.



OFFICINE MOLLO DI MOLLO ANTONIO & C. S.A.S.							
Articolo padre	056239000	U.M.	NR	20	0 mod. M146a		
BRACCIO MEDIO SX							
Codice	Descrizione	Fantasma 1-S	Cat.U.M.	Glac. Int.	Glac. Est.	Quantità	
V56239000	BRACCIO DA VERNICIARE CATAFORESI C1 CAP. FIAT 9.55842	SL	NR	0	1000	1,0000	
A01820664	100 Ø SPEZZONE TUBO FE P01 D18X2 L=684 mm	SL	NR	4556	0	1,0000	
TP0101820	TUBO FEP01 IN BARRE 18X2 L=5536 mm Ø+10mm	MP	KG	0	3750,13	0,5500	

Figura 48-Distinta base per uno dei 4 particolari lavorati nell'isola1

Come viene mostrato in figura 47, il tubo viene acquistato in barre di lunghezza pari a 5536 mm; nello specifico per questo prodotto si tratta di tubo ricavato da nastro saldato e trafilato. Questo viene acquistato e fatto recapitare al fornitore di taglio, il quale ha il compito di spezzonarlo.

Il taglio dello spezzone viene ordinato tramite programmazione aggiornata settimanalmente. Questo rappresenta l'alimentazione dell'isola 1, per realizzare questo

prodotto. Si può notare che è uno spezzone di tubo di diametro 18 mm, spesso 2 mm e lunghezza pari a 664 mm codificato come A01820664. Questo viene raccolto dal cassone dall'operatore che lo inserirà all'interno del caricatore per caduta di asservimento della macchina ML089. Il caricatore ha anche il compito di leggere la saldatura del tubo, in modo da posizionarla sempre nello stesso punto e quindi avere una ripetibilità della deformazione del materiale sotto la lavorazione di piegatura.

La macchina ML089 ha il compito di eseguire le prime quattro curve in piano. Successivamente la macchina, lascia cadere il pezzo lavorato su un nastro trasportatore che ha il compito di portare il pezzo curvato nella zona di movimento dell'operatore; questo ne raccoglie due per volte, poiché le successive operazioni modificheranno la natura dei semilavorati trasformandoli in bracci destro e sinistro contemporaneamente.

Successivamente l'operatore inserisce i due semilavorati nella prima stazione che ha il compito di forare, calibrare e schiacciare contemporaneamente braccio destro e sinistro, mediante due stampi movimentati da dei cilindri idraulici. Ultimata questa operazione, l'operatore ha il compito di traslare i semilavorati nella seconda stazione di foratura effettuata nelle quattro estremità dei due semilavorati. Le due stazioni appartengono allo stesso banco di lavoro codificato con ML191.

A questo punto l'operatore estrai i semilavorati e li inserisce nella stazione di piegatura a rulli ML183, che ha il compito di effettuare due curve per il braccio destro e due curve per il sinistro, ultimando i due sostegni specchio. Da questo punto in poi viene estratto dall'operatore, inserito a calibro di controllo e deposto nel MDR designato a bordo isola. Una volta riempito il mezzo di raccolta con la quantità scritta sul Kanban verrà eseguito il versamento di produzione ed assumerà il codice V56239000- V56239100. Prodotti finiti per l'isola 1, ma in realtà semilavorati da inviare al fornitore di verniciatura.

Il fornitore di verniciatura restituirà il prodotto verniciato e pronto per essere imballato ed inviato al cliente finale per l'assemblaggio in vettura.

Partendo dal ciclo descritto tramite layout dell'isola uno, come schematizzato in figura 46, si vuole monitorare l'efficienza globale di linea (OEE), ossia calcolare quanti pezzi buoni sono stati prodotti (output) rispetto ai pezzi attesi nel tempo programmato (input) e soprattutto capire dove focalizzarsi e agire per migliorarne le performance.

Il rischio è di concentrare gli sforzi e le risorse su aree di perdita e macchine della linea il cui miglioramento locale non è redditivo a livello globale di linea.

Si ipotizza che le tre macchine che compongono l'isola uno, siano tutte regolate allo stesso battente di produzione, quindi bilanciate a progetto; inoltre che si lavori a flusso teso, ossia prive di polmoni intermedi di compensazione di fermi o rallentamenti.

Non essendoci polmoni intermedi di bilanciamento, ogni singola fermata di ogni singola macchina si ripercuote su tutte le macchine e sul risultato dell'intera linea.

Ogni macchina della linea dunque non può essere ferma per guasto o per insaturazione, per l'impossibilità di smaltire i pezzi sulle macchine a valle, o per mancanza di pezzi proveniente dalle macchine a monte.

Al fine quindi di avviare un'analisi redditiva delle fermate è indispensabile identificare su quale macchina concentrare l'attenzione e per quale tipo di fermata caratteristica: solo migliorando la disponibilità della macchina collo di bottiglia la linea produrrà più pezzi e aumenterà l'OEE.

Il miglioramento locale di ogni altra macchina della linea ne aumenterà solo l'insaturazione rispetto al collo di bottiglia, senza generare un effettivo aumento di efficienza di linea.

Adesso si riportano il calcolo dell'OEE per l'isola sopra descritta per i quattro trimestri in cui è stata fatta l'analisi.

L'analisi è stata eseguita nel periodo nell'intero anno 2019. Nel foglio di calcolo visibile nelle tabelle da 8 a 12, riportate alla fine del capitolo, sono state prese in considerazione innanzitutto le macchine fondamentali che costituiscono l'isola di lavoro.

Il primo dato inserito riguarda le ore teoriche disponibili nel trimestre esaminato, considerando che su tutto lo stabilimento si effettua un unico turno centrale di otto ore per venti giorni mensili. A queste ore vengono sottratte quelle per: le pause programmate, la pausa pranzo, le eventuali ferie ed infine le ore dedicate alla manutenzione programmata; così facendo si ottiene il tempo totale programmato.

Si passa poi, al calcolo dell'indice di esercizio che è rappresentato dal quoziente tra il tempo totale programmato e le ore teoriche disponibili.

Successivamente si procede con il calcolo dei tre indici fondamentali che compongono l'OEE. Il primo indice preso in considerazione è la disponibilità percentuale calcolata come rapporto tra il totale tempo attivo ed il totale tempo programmato. Il tempo attivo è dato dalla differenza tra il tempo programmato e tutti i tempi di fermo delle singole macchine che ne comporta il fermo dell'isola. I tempi persi sono stati raccolti mediante un modulo presente in azienda che viene compilato manualmente. La disponibilità percentuale globale dell'isola risulta pari al 91% il che risulta ottima in quanto rappresenta la capacità dell'impianto di non fermarsi nel tempo programmato.

Il secondo indice calcolato è rappresentato dall'efficienza qualitativa considerata come quoziente tra totale tempo produzione buona e totale tempo produzione teorica.

Il tempo della produzione teorica è dato dalla moltiplicazione del tempo ciclo per la quantità dei pezzi totali prodotti, mentre il tempo totale di buona produzione è data dalla moltiplicazione del tempo ciclo per i pezzi che sono stati portati a fine lavorazione, ovvero quei pezzi che non hanno riportato alcun difetto per cui giudicarli di scarto o meglio non conformi. Questo indice si attesta al valore di 99,6 %, questo dato indica che il processo è stabile e non sono presenti problemi a livello qualitativo.

Il terzo indice fondamentale è quello che riguarda la prestazione percentuale dell'isola. La percentuale di prestazione nell'applicazione è stata calcolata come rapporto tra il tempo di produzione totale ed il tempo totale attivo. Questo indice assume un valore pari a 61,5 %, questo dato indica che l'impianto, quando non è fermo ha delle problematiche legate alla velocità di produzione. Infine, si ottiene come moltiplicazione dei tre indici fondamentali, il coefficiente OEE cercato.

Nel primo trimestre del 2019 risulta essere non accettabile, poiché l'indice OEE calcolato sull'isola risulta 56%. Questo dato dimostra il fatto che nell'isola uno si hanno delle inefficienze notevoli legate soprattutto al contributo della prestazione percentuale.

Proprio per questo risultato, sono stati portati avanti una serie di interventi sulle macchine che costituiscono l'isola di lavoro.



Figura 49-Indici fondamentali per il calcolo dell'OEE nel primo trimestre

Nel secondo trimestre si registrano i seguenti dati dove si nota un miglioramento sia della prestazione percentuale, che passa dal 61,54% al 73,14%, che della disponibilità percentuale con un incremento del +0,7%; questo incremento nel secondo trimestre della disponibilità è dovuto al fatto che si ha il picco di vendite e quindi risulta il periodo in cui si raggiunge il picco massimo di produzione.



Figura 50-Indici fondamentali per il calcolo dell'OEE nel secondo trimestre-Indice

Nel terzo trimestre si nota la leggera diminuzione della disponibilità percentuale, che passa dal 92,10% al 90,37%, questo è dovuto al fatto che in questo trimestre è presente la chiusura estiva dello stabilimento quindi si ha una minore disponibilità dell'intera isola di lavoro. Inoltre, come si può notare dai grafici ricavati, si ha l'aumento ulteriore delle prestazioni, con incremento di +12,43%. Questo aumento notevole è dovuto alla serie di interventi di manutenzioni sulle macchine che compongono l'isola.



Figura 51-Indici fondamentali per il calcolo dell'OEE nel terzo trimestre

Infine, si riporta il grafico del quarto trimestre dove la prestazione percentuale passa al 91,26%, avendo un aumento pari a 14,72%. Mentre la disponibilità diminuisce poiché si ha la chiusura natalizia, ed inoltre si decide di attrezzare altri codice sulla sola macchina ML089.



Figura 52-Indici fondamentali per il calcolo dell'OEE ne quarto trimestre

L'andamento complessivo dell'OEE calcolato per l'isola 1 viene riportato sul grafico che segue, dove si può notare l'incremento dell'indice nel periodo in esame, ovvero nell'interno 2019.

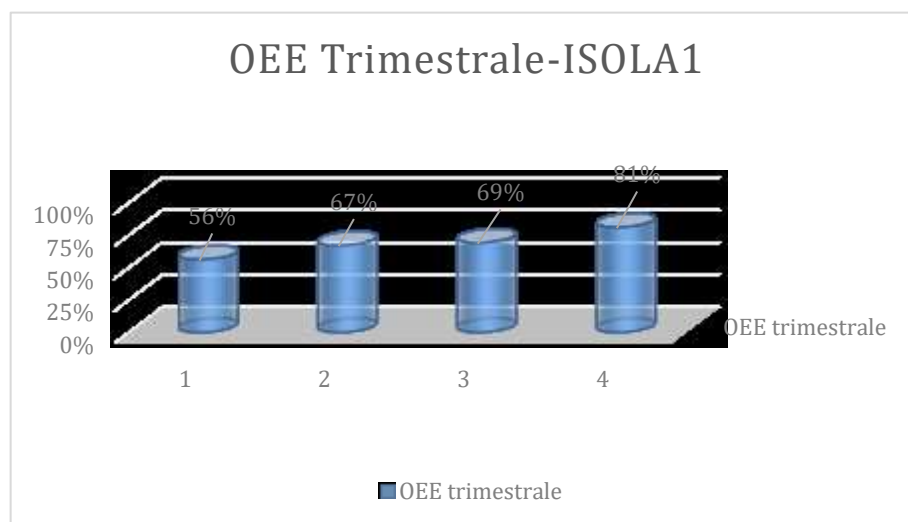


Figura 53-Andamento dell'OEE nei quattro trimestri dell'anno 2019

Nello specifico sulla macchina ML089 sono stati programmati, compatibilmente con il carico di lavoro, gli interventi che hanno permesso di portare la prestazione percentuale della macchina specifica, dal 69,19% fino al 83,89%; il massimo si ha in corrispondenza della chiusura estiva, poiché nonostante ci sia una chiusura pari a 14 giorni, vengono realizzati circa 38185 pezzi, aumentando di solo due ore in più la produzione. Questo abbassamento è influenzato anche dalla chiusura natalizia che accorcia il mese di dicembre di ben una settimana e dal fatto che in chiusura si tende ad avere un magazzino più basso possibile, per scelte direzionali.

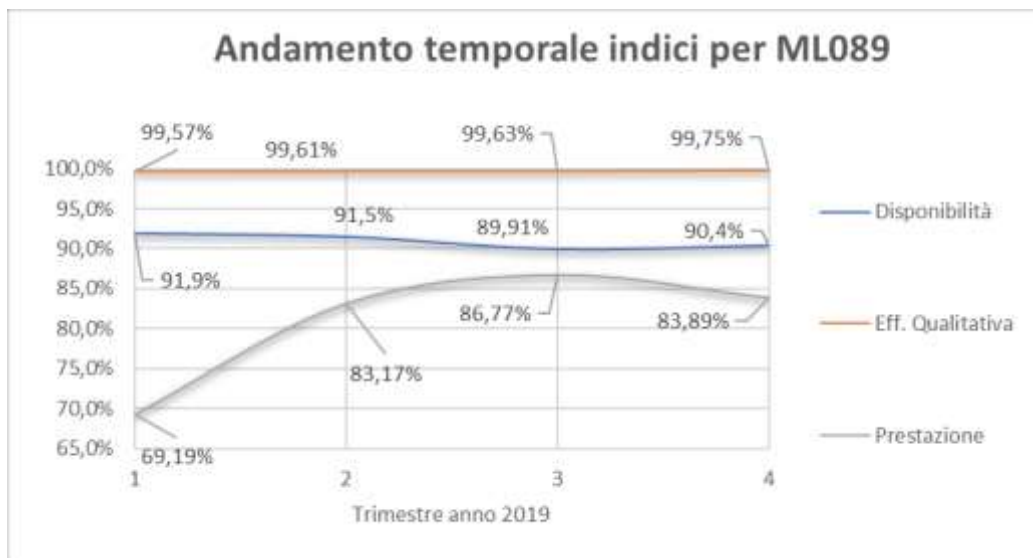


Figura 54-Andamento temporale degli indici della macchina curva-tubi ML089

Sulla macchina ML089 è stato possibile un aumento delle prestazioni grazie al cambio delle catene che hanno il compito di ruotare il braccio di curvatura. Il braccio è movimentato tramite due catene, le quali hanno il compito di fare eseguire la rotazione opportuna dei gradi impostati da programma. Quando queste con il continuo lavoro tendono a prendere dei giochi tra le maglie causano un posizionamento poco preciso che ne conseguono dei continui aggiustaggi al programma in modo da far curvare il singolo pezzo sempre allo stesso modo.

Per le due stazioni della macchina ML191 adibite a calibratura, schiaccio centrale e foratura, sono stati effettuati sulle morse sagomate operazioni di manutenzione con il cambio delle molle di apertura stampo.

Invece sugli azionamenti oleodinamici sono state cambiate le guarnizioni dei cilindri in modo tale da renderli più performanti durante la loro corsa ed eliminare le perdite d'olio ingiustificate.

Si riporta sul grafico l'andamento degli indici calcolati sulla macchina ML191. Si nota che la prestazione percentuale della macchina è passata dal 57% a circa il 97%, è anche plausibile l'incremento tra il terzo ed il quarto trimestre dovuto al fatto che gli interventi maggiori sono avvenuti durante la chiusura estiva dell'impianto. Mentre è possibile notare l'abbassamento della disponibilità percentuale della macchina sempre negli ultimi due trimestri dovuti al fatto che sono presenti le chiusure estive e natalizie.

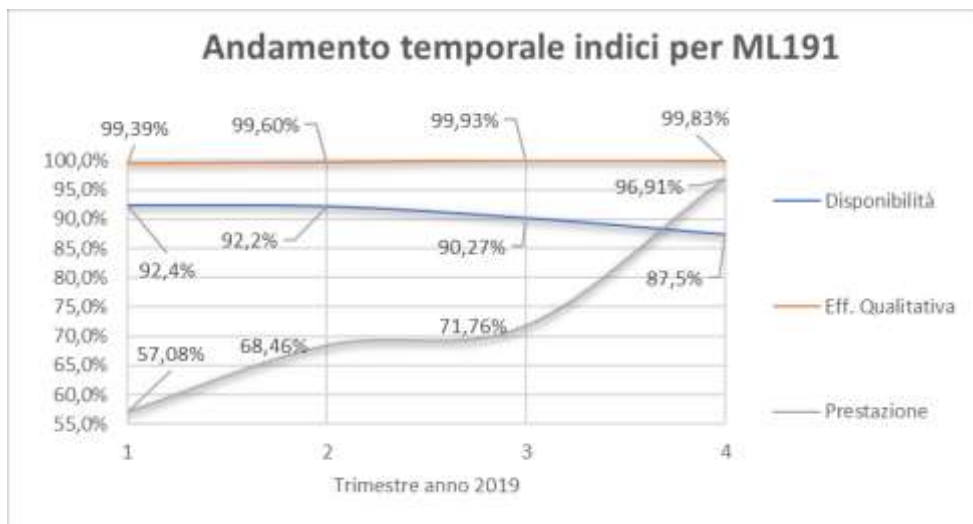


Figura 55-Andamento temporale indici per ML191

Infine, per l'ultima macchina ML183 che compone l'isola di lavoro sono stati effettuati interventi di manutenzione sulle molle di ritorno delle ganasce in sagoma; è stato effettuato il cambio di alcuni tubi idraulici che con il tempo si erano logorati e quindi comportavano una perdita d'olio nonché una perdita di prestazione notevole; sono state cambiate le guarnizioni interne dei cilindri idraulici che si occupano dell'ultima piegatura dei prodotti realizzati.

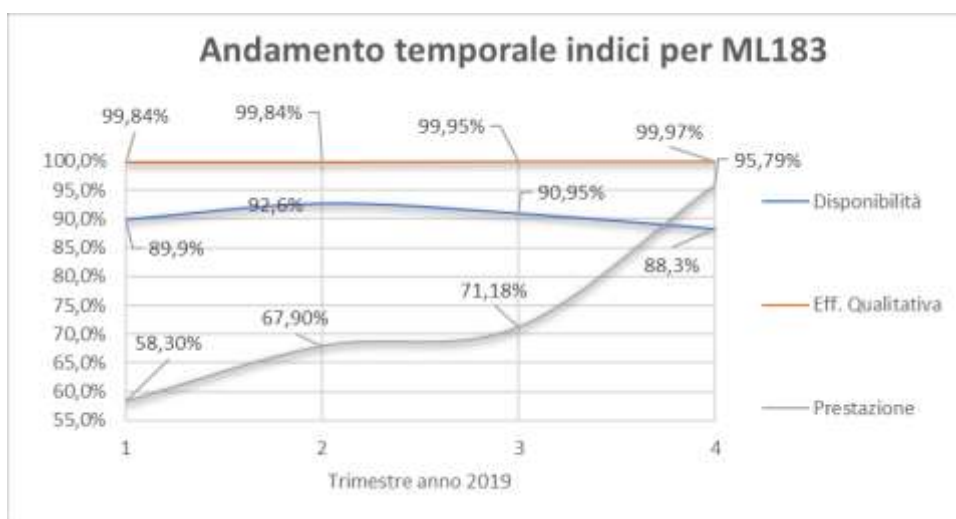


Figura 56-Andamento temporale degli indici per ML183

In questo grafico è possibile notare come la prestazione della macchina ha avuto un aumento notevole che ha portato alla decisione di inserire una fermata nell'intera isola e processare ulteriori prodotti sulla macchina più versatile rappresentata dalla ML089.

Si riporta il format utilizzato per la rielaborazione dei dati presi durante la ricerca svolta sul campo di lavoro per i quattro trimestri analizzati.

Coef	Descrizione	Macchina	Macchina	Macchina	TOT.ISOL
ANALISI EFFICIENZA ISOLA 1		ML 089	ML191	ML183	TOT. ISOLA
a	ORE TEORICHE DISPONIBILI 3-MESI	480	480	480	1440
	GRANDI LAVORI, FERIE COLLETTIVE, FERMO ANN.	32	32	32	96
	PAUSE, MENSA, ECC.	45	45	45	135
	SCIOPERO	0	0	0	0
	MANUTENZIONE PROGRAMMATA	11	11	11	34
	MANCANZA PROGRAMMA	0	0	0	0
b	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO	392	392	392	1175
	INDICE DI ESERCIZIO (b/a)	82%	82%	82%	82%
c	TOTALE TEMPO ATTIVO b-g	360	362	352	1074
d	DISPONIBILITA'	91,9%	92,4%	89,9%	91,40%
	Pezzi totali prodotti	41495	41315	41065	123875
	pezzi di scarto/rilavorati	180	250	65	495
	tempo ciclo pezzo	0,006	0,005	0,005	0,016
e	TOT. TEMPO PROD. BUONA	248	205	205	658
f	TOT. TEMPO PROD. (Pz totali x t-ciclo)	248,97	206,575	205,325	660,87
q	EFFICIENZA QUALITATIVA	99,57%	99,39%	99,84%	99,60%
p	PRESTAZIONE	69%	57%	58%	61,54%
OEE	EFFICIENZA GLOBALE e/b=d·p·q	63,291%	52,423%	52,340%	56%
1	Cambio pastiglie allargature	0	6	0	6
2	Cambio programma	2	0	0	2
3	Guasto macchina	3,5	2,5	0	6
4	Mancaza MP a bordo macchina	1	1	1	3
5	Attesa cambio operatore	0,5	0,5	0,5	1,5
6	Cambio matrice di foratura	0	0	3,5	3,5
7	Regolazione lettore saldatura	1	0	0	1
8	Avviamento macchina	2	2	2	6
9	Set point	7	3	3	13
10	Cambio lotto di MP	15	15	15	44
11	Regolazione cilindri di piegatura	0	0	15	15
12		0	0	0	0
13		0	0	0	0
14		0	0	0	0
g	TEMPO PASSIVO (TOTALE PERDITE)	31,8196429	29,7553571	39,4857143	101,060714
h	ORE FERMO MACCH. NON GIUSTIFICATE c-f	110,9	155,3	146,9	972,9
i	FERMO MACCH. % NON GIUSTIFICATO	30,81%	42,92%	41,70%	38%

Tabella 8-Foglio di calcolo utilizzato per l'elaborazione dell'OEE nel primo trimestre

Coef	Descrizione	Macchina	Macchina	Macchina	TOT.ISOL
ANALISI EFFICIENZA ISOLA 1		ML 089	ML191	ML183	TOT. ISOLA
a	ORE TEORICHE DISPONIBILI 3-MESI	480	480	480	1440
	GRANDI LAVORI, FERIE COLLETTIVE, FERMO ANN.	24	24	24	72
	PAUSE, MENSA, ECC.	46,5	46,5	46,5	139,5
	SCIOPERO	0	0	0	0
	MANUTENZIONE PROGRAMMATA	11	11	11	34
	MANCANZA PROGRAMMA	0	0	0	0
b	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO	398	398	398	1194,5
	INDICE DI ESERCIZIO (b/a)	83%	83%	83%	83%
c	TOTALE TEMPO ATTIVO b-g	364	367	369	1100
d	DISPONIBILITA'	91,5%	92,2%	92,6%	92,10%
	Pezzi totali prodotti	50473	50278	50078	150829
	pezzi di scarto/rilavorati	195	200	78	473
	tempo ciclo pezzo	0,006	0,005	0,005	0,016
e	TOT. TEMPO PROD. BUONA	301,668	250,39	250	802,058
	TOT. TEMPO PROD. (Pz totali x t-ciclo)	302,838	251,39	250,39	804,618
q	EFFICIENZA QUALITATIVA	99,61%	99,60%	99,84%	99,68%
p	PRESTAZIONE	83%	68%	68%	73,14%
OEE	EFFICIENZA GLOBALE e/b=d·p·q	75,764%	62,886%	62,788%	67%
1	Cambio pastiglie allargature	0	6	0	6
2	Cambio programma	3	0	0	3
3	Guasto macchina	1,5	1	0	2,5
4	Mancaza MP a bordo isola	0	0	0	0
5	Attesa cambio operatore	1,5	1,5	1,5	4,5
6	Cambio matrice	0	0	3,5	3,5
7	Regolazione lettore saldatura	0	0	0	0
8	Avviamento macchina	2	2	2	6
9	Set point	8	2,5	2,5	13
10	Cambio lotto di MP	18	18	18	54
11	Regolazione cilindri di piegatura	0	0	2	2
12		0	0	0	0
13		0	0	0	0
14		0	0	0	0
g	TEMPO PASSIVO (TOTALE PERDITE)	34,0260714	30,9564286	29,385	94,3675
h	ORE FERMO MACCH. NON GIUSTIFICATE c-f	61,3	115,8	118,4	1005,8
i	FERMO MACCH. % NON GIUSTIFICATO	16,835%	31,541%	32,103%	27%

Tabella 9-Foglio di calcolo utilizzato per l'elaborazione dell'OEE nel secondo trimestre

Coef	Descrizione	Macchina	Macchina	Macchina	TOT.ISOL
ANALISI EFFICIENZA ISOLA 1		ML 089	ML191	ML183	TOT. ISOLA
a	ORE TEORICHE DISPONIBILI 3-MESI	434	434	434	1302
	GRANDI LAVORI, FERIE COLLETTIVE, FERMO ANN.	84	84	84	252
	PAUSE, MENSA, ECC.	45	45	45	135
	SCIOPERO	0	0	0	0
	MANUTENZIONE PROGRAMMATA	11	11	11	34
	MANCANZA PROGRAMMA	0	0	0	0
b	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO	294	294	294	881
	INDICE DI ESERCIZIO (b/a)	68%	68%	68%	68%
c	TOTALE TEMPO ATTIVO b-g	264	265	267	796
d	DISPONIBILITA'	89,91%	90,27%	90,95%	90,37%
	Pezzi totali prodotti	38185	38045	38020	114250
	pezzi di scarto/rilavorati	140	25	20	185
	tempo ciclo pezzo	0,006	0,005	0,005	0,016
e	TOT. TEMPO PROD. BUONA	228,27	190,1	190	608,37
f	TOT. TEMPO PROD. (Pz totali x t-ciclo)	229,11	190,225	190,1	609,435
q	EFFICIENZA QUALITATIVA	99,63%	99,93%	99,95%	99,83%
p	PRESTAZIONE	87%	72%	71%	76,54%
OEE	EFFICIENZA GLOBALE e/b=d·p·q	77,7310%	64,7333%	64,6992%	69%
1	Cambio pastiglie allargature	0	6	0	6
2	Cambio programma	2	0	0	2
3	Guasto macchina	2,5	2,5	0	5
4	Mancaza MP a bordo isola	0,5	0,5	0,5	1,5
5	Attesa cambio operatore	1	1	1	3
6	Cambio matrice	0	0	3,5	3,5
7	Regolazione lettore saldatura	1	0	0	1
8	Avviamento macchina	2	2	2	6
9	Set point	7	3	3	13
10	Cambio lotto di MP	14	14	14	41
11	Regolazione cilindri di piegatura	0	0	3	3
12		0	0	0	0
13		0	0	0	0
14		0	0	0	0
g	TEMPO PASSIVO (TOTALE PERDITE)	30	29	27	85
h	ORE FERMO MACCH. NON GIUSTIFICATE c-f	34,9	74,9	77,0	711,4
i	FERMO MACCH. % NON GIUSTIFICATO	13,225%	28,238%	28,825%	23%

Tabella 10-Foglio di calcolo utilizzato per l'elaborazione dell'OEE nel terzo trimestre

Coef	Descrizione	Macchina	Macchina	Macchina	TOT.ISOL
ANALISI EFFICIENZA ISOLA 1		ML 089	ML191	ML183	TOT. ISOLA
a	ORE TEORICHE DISPONIBILI 3-MESI	560	560	560	1680
	GRANDI LAVORI, FERIE COLLETTIVE, FERMO ANN.	32	32	32	96
	PAUSE, MENSA, ECC.	45	45	45	135
	SCIOPERO	0	0	0	0
	MANUTENZIONE PROGRAMMATA	11	11	11	34
	MANCANZA PROGRAMMA	160	240	240	640
b	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO	312	232	232	775
	INDICE DI ESERCIZIO (b/a)	56%	41%	41%	46%
c	TOTALE TEMPO ATTIVO b-g	282	203	205	689
d	DISPONIBILITA' c/b	90,4%	87,5%	88,3%	91,4%
	Pezzi totali prodotti	39374	39276	39210	117860
	pezzi di scarto/rilavorati	98	66	10	174
	tempo ciclo pezzo	0,006	0,005	0,005	0,016
e	TOT. TEMPO PROD. BUONA	235,656	196,05	196	627,706
	TOT. TEMPO PROD. (Pz totali x t-ciclo)	236,244	196,38	196,05	628,674
q	EFFICIENZA QUALITATIVA e/f	99,75%	99,83%	99,97%	99,85%
p	PRESTAZIONE f/c	84%	97%	96%	91,26%
OEE	EFFICIENZA GLOBALE e/b=d·p·q	76%	85%	85%	81%
1	Cambio pastiglie allargature	0	6	0	6
2	Cambio programma	2	0	0	2
3	Guasto macchina	2,5	1,5	0	4
4	Mancaza MP	1	1	1	3
5	Attesa cambio operatore	0,5	0,5	0,5	1,5
6	Cambio matrice	0	0	3,5	3,5
7	Regolazione lettore saldatura	1	0	0	1
8	Avviamento macchina	3	3	3	9
9	Set point	6	3	3	12
10	Cambio lotto di MP	14	14	14	42
11	Regolazione cilindri di piegatura	0	0	2	2
12		0	0	0	0
13		0	0	0	0
14		0	0	0	0
g	TEMPO PASSIVO (TOTALE PERDITE)	30,0621429	29,0271429	27,0035714	86,0928571
h	ORE FERMO MACCH. NON GIUSTIFICATE c-f	45,4	6,3	8,6	602,8
i	FERMO MACCH. % NON GIUSTIFICATO	16%	3%	4%	9%

Tabella 11-Foglio di calcolo utilizzato per l'elaborazione dell'OEE nel quarto trimestre

7 FLESSIBILITA' PRODUTTIVA TRAMITE RIDUZIONE DEI LOTTI

Alla base delle logiche e degli obiettivi del Just in Time e della produzione snella, sta la riduzione dei costi globali e contemporaneamente la compressione del lead time di consegna al cliente. La tecnica SMED Single Minute Exchange of Die, o RTS, Rapid Tool Setting, nasce ufficialmente negli anni '70 in Toyota Motors Corporation a opera di Shigeo Shingo, per rispondere efficacemente alle seguenti esigenze:

- produrre lotti più piccoli per garantire flessibilità;
- ridurre i costi di produzione;
- ridurre le scorte;
- ridurre l'indisponibilità degli impianti;
- ridurre il lead time di consegna.

La determinazione dei punti elencati ricade sull'abbassamento dei tempi di set up. Tale soluzione deriva dall'analisi dei costi che portano alla dimensione ottimale del lotto di produzione (EMQ, Economic Manufacturing Quantity).

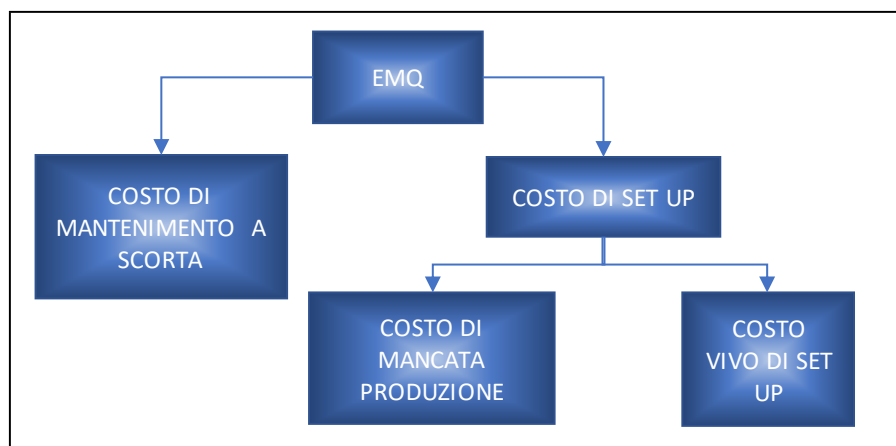


Figura 57-Costi in gioco nella riduzione dei lotti

I costi da considerare nell'analisi della riduzione, come è possibile notare in figura 57, dei lotti sono:

- **Costo di set up**; decrescente iperbolicamente rispetto alla dimensione del lotto, in quanto all'aumentare del volume prodotto può essere "spalmato" su un numero maggiore di pezzi, incidendo meno sulla singola unità prodotta;
- **Costo di mantenimento a scorta**; direttamente proporzionale alla dimensione del lotto in quanto all'aumentare del volume prodotto nel singolo lotto aumenta

la quantità versata in magazzino, quindi, a pari profilo di consumo, anche la giacenza media.

7.1 COSTO DI SET-UP

Il costo unitario di set up è dato dalla somma di due fattori: il costo vivo di set up ed i costi di mancata produzione.

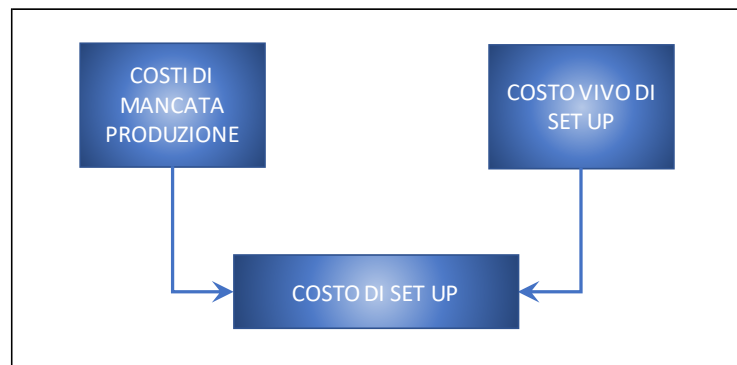


Figura 58-Costi che influenzano i costi di set-up

Il costo di mancata produzione, a sua volta può assumere le svariate forme:

- un costo nullo, se l'impianto è insaturo e la manodopera che segue il set up è rigidamente collegata a esso (quando vi è equipaggio fisso di linea);
- il costo della manodopera diretta, che esegue il set-up in condizioni in cui l'impianto insaturo ma tale manodopera è direttamente utilizzata;
- il costo dell'esecuzione del set up in orario straordinario, quando l'impianto è saturo ed è possibile ricorrere allo straordinario in tal modo si recupera il tempo perso durante il set up;
- il costo di sub fornitura di un volume di prodotti finiti pari a quando si sarebbe potuto produrre durante la fermata dell'impianto, nel caso in cui il sistema sia saturo. Da ricorrere a tale alternativa in modo tale da evitare lo stock out;
- il costo di stock out nel caso in cui l'impianto è saturo e non è possibile ricorrere ne a straordinario ne a sub fornitura nelle due alternative;
- costo connesso al ritardo (pedali, trasporto frazionato, duplice elaborazione dei documenti) nell'eventualità che lo stock out sia recuperabile;
- margine perso (cioè prodotto tra il volume non prodotto e il margine di contribuzione unitario) se lo stock out non è recuperabile.

Il costo vivo di set up invece è costituito dai seguenti fattori:

- costo della manodopera specializzata che opera il cambio;
- costo del materiale di consumi ad esempio per la pulizia e l'ingrassaggio dell'impianto o per eseguire determinate regolazioni;
- gli scarti di prodotti finiti al riavvio della produzione.

7.2 COSTO MANTENIMENTO A SCORTA

Il Costo di mantenimento a scorta è dato dalla somma dei seguenti fattori:

- costo opportunità del capitale investito, funzione del tasso di debito e del ritorno medio mancato rispetto a un investimento alternativo;
- spese di assicurazione;
- spese di manutenzione e ammortamento delle attrezzature di magazzino;
- costo del personale di magazzino;
- ammortamento o affitto del magazzino.

Considerando per completezza anche dei costi fissi indipendenti dalla numerosità del lotto e i costi variabili di produzione del lotto, è possibile calcolare il costo totale in funzione della quantità (Q) prodotta come:

$$\begin{aligned} C_{Tot} &= c_f + c_v + c_{set\ up} + c_{di\ man.scorta} = \\ &= k + P \cdot D + (D/Q) \cdot a + (Q/2) \cdot P \cdot Q \end{aligned}$$

In cui:

- k , sono i costi fissi;
- $P \cdot D$, costi variabili dove P rappresenta il costo variabile unitario di produzione e D la domanda;
- $(D/Q) \cdot a$, costi di set up dove a costo unitario di set up;
- $(Q/2) \cdot P \cdot C_m$, tasso % di mantenimento a scorta espresso rispetto a P.

7.3 ECONOMIC MANUFACTURING QUANTITY

La dimensione economica ottimale q del lotto di produzione, denominata EMQ (Economic Manufacturing Quantity) è dunque quella quantità in corrispondenza della quale è minimo il costo totale. Derivando rispetto a q e annullando l'equazione di costo totale si ha il valore ricercato:

$$EMQ = \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot D}{P \cdot C_m}}$$

Per ottenere sempre maggiore flessibilità occorre ridurre la dimensione del lotto di produzione. Tuttavia per rimanere in condizioni di ottimizzazione dei costi e non erodere il margine di prodotto incrementando l'incidenza del costo di set up sul pezzo, occorre traslare l'intera curva di costo totale e quindi l'EMQ.

7.4 TECNICA SMED

L'acronimo S.M.E.D. significa Single Minute Exchange of Die (attrezzaggio in un tempo inferiore a 10 minuti, cioè in un numero di minuti espresso da una sola cifra) è un metodo per la riduzione dei tempi di setup, tipicamente riferito ad applicazioni nell'industria metalmeccanica e della trasformazione di materie plastiche, ma applicabile anche ad altri settori, laddove vi sono frequenti cambi di lavorazione che richiedono ogni volta un'adeguata predisposizione e taratura dell'impianto dedicato.

Dalla letteratura della sigla non occorre dedurre, che applicando correttamente tale metodologia, gli impegni di tempo per l'attrezzaggio passino automaticamente da qualche ora ad un solo minuto. Ciò che il nome vuol significare è una propensione a ridurre i tempi di fermo effettivo dell'impianto al minimo, per quanto possibile prossimi allo zero.

La tecnica SMED definisce tempo di set up il tempo che intercorre tra l'ultimo pezzo buono del vecchio lotto e il primo pezzo buono del nuovo lotto. Comprendendo quindi tutti i tempi di regolazione, rallentamento o di produzione non conforme, relativi al rallentamento e riavvio dell'impianto.

La metodologia ha permesso di superare due concetti su cui si basavano in passato le attività di riattrezzaggio:

1. Effettuare in termini di efficacia ed efficienza dei set-up richiede tecnici con elevate competenze ed abilità, frutto di anni di addestramento e tirocinio;

2. Produrre a grossi lotti lenisce l'effetto negativo dei set-up sulla produzione e ne controbilancia i relativi costi.

La metodologia S.M.E.D. è molto semplice, ha il compito di trasformare operazioni di set-up in qualcosa di talmente elementare che "chiunque", purché abbia un minimo di conoscenza tecnica del settore (come un operatore macchina od un assistente di linea), possa eseguirlo correttamente, facilmente e rapidamente. L'attenzione focale, pertanto, è sulla semplificazione delle attività di set-up e sull'adozione di metodi poka-yoke ("approva di stupido") ove necessario.

Per quanto riguarda il secondo concetto, nell'industria manifatturiera, il lotto economico, sempre di mole ragguardevole, è stato inventato proprio per compensare l'impatto tempi-costi di operazioni di set-up di lunga durata.

L'approccio dello S.M.E.D. è ridurre all'osso la durata di ogni set-up, così da sbarazzarsi del concetto di grosso lotto e lotto economico una volta per tutte. L'attenzione si focalizza sull'eliminazione di tutte quelle attività di set-up "tradizionale" superflue o non necessarie, e nella riorganizzazione razionale di tutte quelle restanti e necessarie, in maniera tale che il tempo totale di set-up si conduca ai minimi termini.

La tecnica SMED distingue tra le seguenti due tipologie di operazione all'interno del set up.

1. IED (Inside Exchange of Die), tempo di set-up interno: operazione ciclo che deve per ragioni tecniche, non necessariamente organizzative, essere effettuata a macchina ferma. Questo è definito come quell'intervallo di tempo durante il quale la linea deve essere fermata, altrimenti il set-up non può essere effettuato. È il vero e proprio tempo di set-up, che inizia alla fine del lotto precedente e termina all'inizio del lotto successivo (primo pezzo conforme).
2. OED (Outside Exchange of Die), tempo di set-up esterno: operazione che può essere effettuata a macchina in funzione (alimentazioni, preparazioni, pulizie, controlli attrezzature ecc.). Questo è definito come quell'intervallo di tempo, che trascorre durante le operazioni produttive sia del lotto precedente che di quello successivo, durante il quale si effettuano alcune attività necessarie per il set-up. Questo tempo può trascorrere prima e dopo le attività di set-up interne.

In aziende "tradizionali" la differenza tra le due entità temporali non è conosciuta né evidenziata: molte attività che potrebbero essere effettuate "esternamente" vengono effettuate "internamente" (a macchina ferma), allungando e penalizzando la durata del tempo di set-up interno. In casi limite, il tempo di set-up interno è l'intero tempo di set-up. La strategia iniziale dello S.M.E.D. è di creare una distinzione netta tra le due entità

temporali, ed assicurare che tutte quelle attività che potrebbero essere effettuate “esternamente” vengono rimosse dalla zona “interna”.

Parallelamente, lo S.M.E.D., si focalizza su attività di puro spreco (attività superflue durante un set-up, non necessarie, che non dovrebbero neanche sussistere: come cercare attrezzi o consultarsi con il capo reparto) e le elimina radicalmente.

Si premette che l’analisi deve essere svolta sempre con il massimo coinvolgimento e valorizzazione degli attrezzisti e operatori, in qualità di specialisti del metodo e successivi esecutori del ciclo rivisto. Il suggerimento è quello di partire con un team pilota e poi estendere l’approccio all’intero sistema produttivo.

I passi successivi sono:

- La riduzione drastica delle durate di attività interne;
- La realizzazione e riorganizzazione di tutte le attività esterne.

Per quanto riguarda la riduzione dei tempi necessari per eseguire attività interne (l’obiettivo primario dello S.M.E.D), si analizzano due classi principali di attività interne:

- Attività di rimpiazzo o sostituzione;
- Attività di regolazione e messa a punto.

7.4.1 ATTIVITÀ DI RIMPIAZZO O SOSTITUZIONE

Queste attività comprendono lo smontaggio di attrezzature necessarie per le operazioni precedenti ed il montaggio di quelle relative alle operazioni successive.

Per quanto detto ci sono da realizzare parecchie attività e sequenze per la rimozione dell’attrezzatura, prima di passare all’installazione della attrezzatura idonea per il prodotto successivo e diverse attività di movimentazione. Tutte attività che richiedono tempo.

La strategia S.M.E.D. ha lo scopo di minimizzare la durata delle attività, applicando un certo numero di tecniche e trucchi del mestiere, con lo scopo di: eliminare dapprima il bisogno di imbullonare per “tenere assieme” e “serrare” componenti ed attrezzature, o perlomeno eliminare il bisogno di utilizzare metodi di serraggio relativamente rapido (a morsa, magnetici, idraulici) e comunque di razionalizzare al massimo tutte le attività di serraggio per ridurre all’osso l’impiego di tempo.

Nello S.M.E.D. bulloni, viti e dadi sono il primo ostacolo. Un approccio molto simile viene utilizzato per ridurre al minimo ogni attività di movimentazione.

7.4.2 ATTIVITÀ INTERNE DI REGOLAZIONE E MESSA A PUNTO

Le attività interne di regolazione comprendono misurazioni, centrature del processo, regolazioni, posizionare con precisione, registrare, calibrare, mettere a punto, tarare e simili, che sono necessarie per assicurare la corretta qualità del prodotto. Associate a tali attività, ce ne sono altrettante di prova, per definire che tutte le messe a punto precedenti siano state effettuate correttamente. Tutto ciò divora tempo prezioso: è causa di possibili interazioni e ripetizioni in sequenza di messe a punto e prove che richiedono competenze, abilità ed esperienza.

7.5 LE OTTO FASI DELLA TECNICA SMED

Lo sviluppatore della stessa tecnica Shigeo Shingo, sosteneva che il miglior metodo per cambiare è non cambiare nulla. Infatti, l'approccio non si basa su ingenti investimenti in mezzi e tecnologie bensì sulla semplificazione delle operazioni con accorgimenti semplici, ma di grande effetto. Shingo ebbe modo di formulare le sue teorie a partire dagli anni '50 in Giappone osservando la produzione.

Dapprima negli stabilimenti Toyota relativamente a problemi di cambio stampo in una pressa da 800 tonnellate. Successivamente nei cantieri navali Mitsubishi, si adoperò nello studio sulla capacità produttiva di una piallatrice, che risultava essere il collo di bottiglia dell'intero processo, poiché si assisteva a dei lunghi tempi di set up.

Infine, nel 1970 affrontò il caso della sostituzione degli stampi di una formatrice nello stabilimento Toyota che si effettuava in tempistiche dell'ordine di ore, dopo pochi anni, il tempo necessario si ridusse a pochi minuti. Proprio durante quest'ultima esperienza Shingo, davanti a direttore generale dello stabilimento, tracciò con il gesso su una lavagna gli 8 punti da considerare per l'abbattimento dei tempi di set up. Quella fu la prima formalizzazione del metodo S.M.E.D.

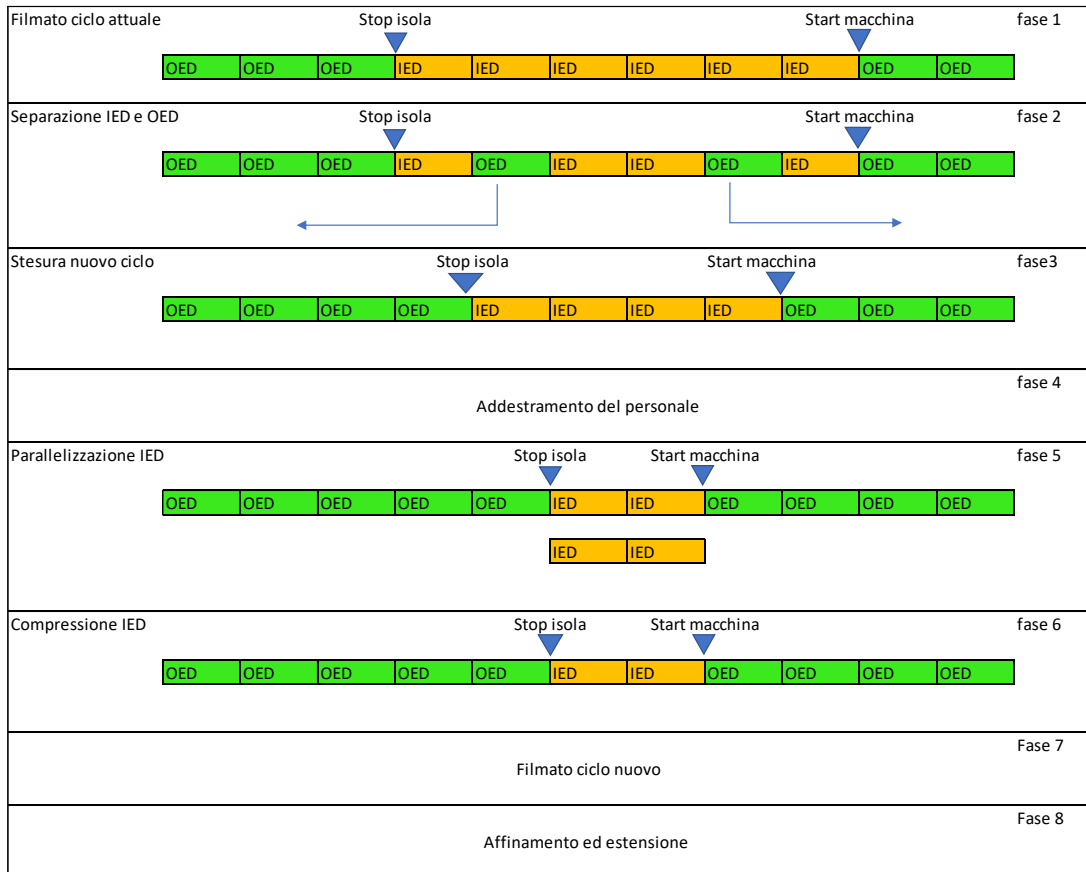


Figura 59-Fasi della tecnica S.M.E.D.

7.5.1 MAPPATURA DEL CICLO DI SET-UP ATTUALE (SITUAZIONE INIZIALE)

Le operazioni compiute per il cambio di attrezzatura si possono dividere in operazioni interne (IED) e operazioni esterne (OED). Le prime devono essere effettuate necessariamente a macchina ferma mentre le seconde possono essere effettuate in ombra cioè mentre la macchina sta lavorando prima o dopo del cambio vero e proprio.

Le operazioni esterne consistono nel preparare il cambio di attrezzatura: le dime, gli attrezzi per fissare e tutto il materiale necessario e posizionarli accuratamente vicino alla macchina controllando che sia tutto in ordine, pulito e in buono stato di manutenzione. Va ricordato che l'ordine e la pulizia degli utensili e dei macchinari contribuisce in modo fondamentale alla prevenzione dei guasti e alla loro immediata identificazione. Le operazioni interne devono consistere solamente nella rimozione dell'attrezzatura precedente e nel montaggio di quella nuova.

Da ciò si evince che bisogna massimizzare le operazioni esterne e se le operazioni interne sono inevitabili individuarne il momento giusto per metterle in atto. Già questo primo accorgimento consisterebbe una riduzione del 30-50% del tempo di sostituzione rispetto

a quello richiesto con le tecniche tradizionali, dove non c'è distinzione tra fasi interne e esterne e in alcuni casi limite l'intero tempo di set up è costituito da operazioni interne.

7.5.2 ANALISI CRITICA DEL CICLO MAPPATO IN FASE "1" E SEPARAZIONE IED E OED POTENZIALI

In questa fase, assolutamente chiave del miglioramento, il team di lavoro analizza la singola fase, definendo se dal punto di vista tecnico e non organizzativo la macchina debba essere ferma. Spesso, infatti, una problematica organizzativa causa l'esecuzione ingiustificata di OED durante il fermo macchina.

7.5.3 STESURA DEL NUOVO CICLO DI SET UP

Si definiscono le OED da eseguire prima di fermare la macchina e le OED da eseguire solo dopo il riavvio della macchina. Successivamente si passa al miglioramento delle OED tramite preparazione di check list e check funzionali delle attrezzature e delle attività OED, a supporto dell'operatore, disponibili in linea a ogni cambio. Miglioramento delle attrezzature di trasporto componenti e parti. Revisione delle strutture di assistenza (utensileria, attrezzatura, magazzino, stampi, ecc.)

7.5.4 ESECUZIONE DEL NUOVO FILMATO, CONDIVISIONE E ADDESTRAMENTO DEL TEAM PILOTA

In questa fase, la sequenza di IED non è ancora modificata, in quanto è prioritario far passare una logica e cultura di preparazione e dismissione del set up prima o dopo il fermo linea. Durante questa fase bisogna impartire le seguenti regole all'operatore:

- Se possibile effettuare sempre l'OED.
- Evitare assolutamente sprechi quali: trasporti di materie prime e/o prodotti finiti a macchina ferma; riparazione, approvvigionamento utensili, parti a macchina ferma; trasporto utensili o parti smontate a macchina ferma, riparazioni di utensili, parti macchina effettuate a macchina ferma.
- Solamente nel caso in cui non se ne può fare a meno effettuare l'IED. Ma gli stampi, gli utensili e altri materiali devono essere preparati a fianco della macchina durante l'attrezzamento esterno (OED). Quando la macchina è ferma l'operaio non deve mai allontanarsi da essa per compiere operazioni di attrezzamento esterno (OED). Durante l'attrezzamento interno (IED) le uniche operazioni possibili da compiere sono il montaggio e lo smontaggio, il centraggio e le regolazioni.

7.5.5 SCHEDULAZIONE E PARALLELIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ IED

- Stesura della sequenza ottimale delle attività in ipotesi di addetti infiniti, in modo da identificare il predecessore di ciascuna fase IED, ossia quella fase subito dopo la quale, la fase analizzata potrebbe essere effettuata al più presto. In questo modo è possibile redigere un ciclo con massima parallelizzazione delle IED e massima riduzione del fermo macchina.
- Definizione del ciclo IED ottimale a risorse effettivamente disponibili. Si suggerisce una valutazione economica di convenienza tra l'extra costo dovuto all'aumento delle risorse coinvolte nel set up e il beneficio derivante dalla riduzione ottenibile del fermo macchina.
- Definizione del percorso critico delle attività IED ossia la catena di attività a elasticità nulla, nelle quali cioè il recupero o il ritardo di esecuzione si traduce in un equivalente recupero o ritardo sul tempo totale di fermo linea.
- Calcolo del tempo di fermo linea per set up come somma delle attività IED sul percorso critico.

7.5.6 RIDUZIONE DURATA OPERAZIONI IED SUL PERCORSO CRITICO

Analisi tempi e metodi e definizione di dime, serraggi, morsetti funzionali, standardizzazione, fine corsa, battute, metodi di esecuzione, nuovo layout ecc. che consentano di ridurre la durata delle attività IED critiche.

Calcolo del tempo di fermo linea per set up come somma delle attività IED sul percorso critico ridotto.

7.5.7 ESECUZIONE DEL NUOVO FILMATO, CONDIVISIONE E ADDESTRAMENTO DEL TEAM PILOTA

In questa fase, la sequenza di IED è modificata; è passata in fase quattro la logica e cultura delle OED, dunque ora è possibile addestrare il personale alla nuova sequenza ottimizzata di IED eseguita con le nuove attrezzature, metodi, soluzioni sviluppate in fase sei.

7.5.8 AFFINAMENTO DEL CICLO, CONSOLIDAMENTO ED ESTENSIONE

In questa fase, dopo un normale affinamento del ciclo evoluto di set up, si procede con la "vendita interna" del nuovo approccio generando una competizione costruttiva tra gli

operatori e utilizzando direttamente i membri del team pilota quali divulgatori del nuovo approccio.

7.6 APPLICAZIONE DELLA TECNICA SMED SULL'ISOLA DI LAVORO UNO

La tecnica SMED è stata applicata sull'isola uno, oggetto di studio nel capitolo precedente. Quest'isola permette di realizzare quattro particolari con codici, a due a due accoppiati 056239000 con 056239100 (sostegni corti) e 056239200 con 056239300 (sostegni lunghi). Mediamente in un mese sono previsti almeno due cambi attrezzaggi per passare da un modello di coppia di codici all'altro, per soddisfare le richieste del cliente.

Il layout dell'isola dove è stata applicata la tecnica di ottimizzazione dei tempi di set-up è visibile in figura 46 del capitolo precedente ma per comodità viene riportata nuovamente.

Sono state affrontate le otto fasi che identificano l'applicazione sopra descritta. In prima battuta sono state identificate le operazioni che vengono eseguite per il passaggio dal primo settaggio isola al secondo.

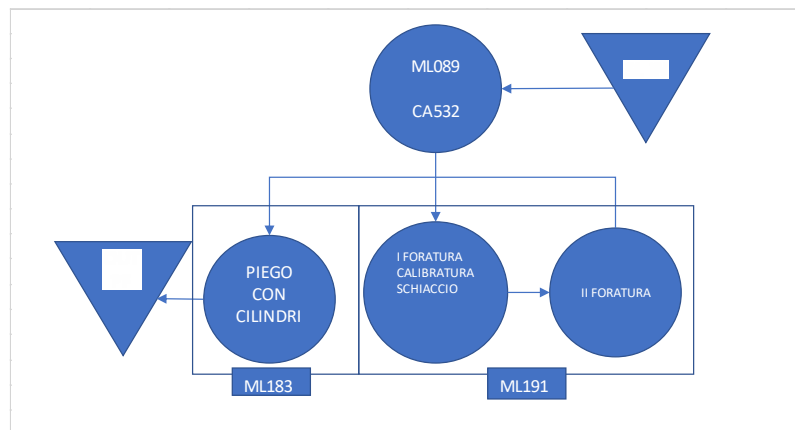


Figura 60-Layout dell'isola 1

Il totale delle operazioni identificate sono state sedici. Inizialmente questa tecnica non era applicata in nessuna isola di lavoro. Da ciò ne consegue il fatto che non si conosceva la differenza, esposta nel paragrafo 7.4, di fase "interna" IED dalla fase "esterna" OED. Da ciò si evince che le sedici operazioni che portano il cambio attrezzaggio dell'isola venivano effettuate ad isola ferma, quindi inizialmente si avevano sedici operazioni considerate fasi IED.

È stata effettuata un'analisi critica del ciclo e relativa separazione delle due tipologie di operazioni. La lista di operazione effettuate sono:

1. eliminazione di tutti i cassoni di prodotto finito e semilavorato in ingresso;
2. preparazione documentazione relativa alla nuova produzione a bordo macchina;
3. portare il carrello porta utensili in prossimità dell'isola;
4. preparazione MDR prodotto finito e cassone di semilavorato nuovo da lavorare;
5. variare la misura del caricatore della macchina ML089;
6. richiamare programma di curvatura del nuovo particolare;
7. curvare un primo pezzo e controllarlo sul calibro di controllo – (controllo delle 4 curve in piano);
8. correzione del programma di curvatura nel CN della macchina ML089;
9. sostituzione spessori nello stampo di piega a cilindri ML183;
10. sostituzione punzoni di ricalibratura interna delle estremità dei tubi nella macchina ML191;
11. sostituzione o aggiunta di una parte del calibro di controllo finale;
12. esecuzione intero ciclo ed analisi visiva di buon funzionamento;
13. controllo dei particolari finiti nel calibro di controllo finale;
14. registro della corsa dei cilindri di piegatura e posizionamento assiale dei rulli;
15. ricontrollo sul calibro di controllo finale dei fori nelle estremità del particolare realizzato;
16. Benestare avvio produzione.

Di seguito si riporta la tabella di cui ci si è serviti per lo studio e per la scrittura del nuovo ciclo di set up, dove sono state definite la differenza tra operazione interna ed esterna.

MODULO SMED				pag.1-2	
REPARTO:	Isola 1	DATA:	03/06/2019		
DESCRIZIONE SET-UP:	Da codici 9000-9100 a codici 9200-9300	Team:	Salvatore Renno, Marco Colanardi, Giuseppe Giordana		
SOMMA IED (ore):	1,091667	IED	Operazione eseguibile esclusivamente a macchina ferma		
DURATA ATTUALE (ore)		OED	Operazione eseguibile a macchina avviata		

ID	Descrizione Operazione	Durata Media (min)	IED	OED	Attrezzista	Capo officina	Carrellista	Attrezzatura	Note e suggerimenti
1	Rimuovere il cassone del prodotto finito ed il cassone del semilavorato (Spezzone di tubo)	5	5				X	Carrello elevatore	
2	Sostituzione documentazione a bordo macchina	1	1		X				
3	Portare il carrello porta utensili in prossimità dell'isola	1	1		X				
4	Preparazione MDR Prodotto finito e cassone SL nuovo da lavorare	5	5				X	Carrello elevatore	
5	Variare la misura del caricatore della macchina ML089	3	3		X			Brugola da 5 mm	
6	Richiamo programma di curvatura particolare nel CN della macchina ML089	1	1		X				
7	Curvare un primo pezzo e controllarlo sul calibro di controllo-controllo 4 curve in piano	1	1		X				
8	Correzione del programma di curvatura nel CN della macchina ML089	5	5		X				Inserito tempo massimo di esecuzione dell'operazione
9	Sostituzione spessori nello stampo di piega	5	5		X			Brugola da 5 mm	
10	Sostituzione punzoni di ricalibratura interna delle estremità dei tubi	15	15		X			Brugola da 5 mm e brugola da 8 mm - Avvitatore elettrico con brugola da 5 mm	
11	Sostituzione o aggiunta di una parte del calibro di controllo	5	5		X			Brugola da 8 mm e brugola da 10 mm	

Tabella 12-Prima parte del modulo SMED

12	Esecuzione intero ciclo ed analisi visiva di buon funzionamento	1	1		X				Sono state considerate IED anche se vengo effettuate a macchina
13	Controllo i particolari finiti nel calibro di controllo finale	0,5	0,5		X				
14	Registro corsa dei cilindri di piegatura e posizionamento assiale dei rulli	15	15		X				Inserito tempo massimo di esecuzione dell'operazione
15	Ricentro sul calibro di controllo finale dei fori nelle estremità del particolare realizzato	1	1		X				
16	Benestare avvio produzione	1	1			X			

Tabella 13-Seconda parte del modulo SMED utilizzato

Sono state definite le operazioni OED da eseguire prima della fermata della macchina che, nella applicazione oggetto d'esame, risultano essere quattro:

1. rimuovere il cassone del prodotto finito ed il cassone del semilavorato;
2. sostituzione della documentazione a bordo macchina;
3. portare il carrello porta utensili in prossimità dell'isola;
4. messa a disposizione del mezzo di raccolta prodotto finito e quello del semilavorato da lavorare;
5. sostituzione o aggiunta di una parte sul calibro di controllo.

Successivamente sono state definite le operazioni OED da eseguire dopo l'attrezzaggio, che consistono in due passaggi:

1. riesame del particolare sul calibro di controllo finale;
2. benessere avvio produzione.

Si riporta la modifica della tabella 12, con la suddivisione delle operazioni.

MODULO SMED									
REPARTO:		Isola 1			DATA: 03/06/2019				
DESCRIZIONE SET-UP:		Da codici 9000-9100 a codici 9200-9300			Team: Salvatore Renno, Marco Colanardi, Giuseppe Giordana				
SOMMA IED (ore):		0,775			IED Operazione eseguibile esclusivamente a macchina ferma				
DURATA ATTUALE (ore)					OED Operazione eseguibile a macchina avviata				
ID	Descrizione Operazione	Durata Media (min)	IED	OED	Attrezzista	Capo officina	Carrellista	Attrezzatura	Note e suggerimenti
1	Rimuovere il cassone del prodotto finito ed il cassone del semilavorato (Spezone di tubo)	5		5			x	Carrello elevatore	
2	Sostituzione documentazione a bordo macchina	1		1	x				
3	Portare il carrello porta utensili in prossimità dell'isola	1		1	x				
4	Preparazione MDR Prodotto finito e cassone SL nuovo da lavorare	5		5			x	Carrello elevatore	
5	Sostituzione o aggiunta di una parte del calibro di controllo	5		5	x			Brugola da 8 mm e brugola da 10 mm	
6	Variare la misura del caricatore della macchina ML089	3	3		x			Brugola da 5 mm	
7	Richiamo programma di curvatura particolare nel CN della macchina ML089	1	1		x				
8	Curvare un primo pezzo e controllarlo sul calibro di controllo-controllo 4 curve in piano	1	1		x				
9	Correzione del programma di curvatura nel CN della macchina ML089	5	5		x				Inserito tempo massimo di esecuzione dell'operazione
10	Sostituzione spessori nello stampo di piega	5	5		x			Brugola da 5 mm	
11	Sostituzione punzoni di ricalibratura interna delle estremità dei tubi	15	15		x			Brugola da 5 mm e brugola da 8 mm - Avvitatore elettrico con brugola da 5 mm	
12	Esecuzione intero ciclo ed analisi visiva di buon funzionamento	1	1		x				Sono state considerate IED anche se vengo effettuate a macchina avviata
13	Controllo i particolari finiti nel calibro di controllo finale	0,5	0,5		x				
14	Registro corsa dei cilindri di piegatura e posizionamento assiale dei rulli	15	15		x				Inserito tempo massimo di esecuzione dell'operazione
15	Ricontrollo sul calibro di controllo finale dei fori nelle estremità del particolare realizzato	1		1	x				
16	Benessere avvio produzione	1		1		x			

Tabella 14-Modifica del modulo SMED

Nell'ottica di miglioramento delle fasi sono state implementate le checklist delle operazioni OED da svolgere prima dell'arresto e dopo. Inoltre, anziché portare nei pressi dell'isola l'intero carrello porta utensile, si è cercato di portare solo le chiavi necessarie per ogni fase.

Dopo un primo periodo di formazione dell'operatore e stesura del nuovo modo di procedere, si è cercato di monitorare il cambio attrezzaggio che passa da 1 h e 6 minuti a 46 minuti.

In fase cinque si è cercato di eseguire alcune parallelizzazioni delle attività IED. In questa ottica l'isola in questione è possibile dividerla in due aree:

- una relativa alla curvatura in piano del sostegno specchio, macchina ML089;
- la seconda che si occupa di farlo diventare braccio destro e sinistro, banchi ML183 ed ML191.

È possibile arrivare all'operazione nove di attrezzaggio e far partire la prima parte del ciclo che si occupa delle prime quattro curve in piano. Ovviamente la prima parte d'isola deve essere dotata di un mezzo di raccolta idoneo, dove il nastro trasportatore potrà scaricare in automatico i particolari che avranno subito la prima parte di lavorazione. Così facendo si rende prima disponibile la macchina ML089 per i successivi attrezzaggi previsti oltre a quelli dei particolari 056239000, 056239100, 056239200 e 056239300. In questo modo la macchina ML089 avrebbe un tempo di fermo pari a 10 minuti, mentre la seconda parte d'isola, ovvero quella costituita dai banchi ML183 ed ML191, avrebbe un tempo di fermo linea pari a 46 minuti.

Per migliorare l'attrezzaggio della seconda parte d'isola si è ipotizzato di realizzare una copia di porta punzoni, inserendo una fase OED che consiste nella preparazione di tali attrezzature prima del fermo macchina. Ciò comporta un dimezzamento del tempo medio dell'operazione undici, che passerà da 15 minuti a 6 minuti. Inoltre, utilizzando delle chiavi da ghiera ed una ghiera graduata sulla parte posteriore dei cilindri del banco ML183, sarebbe possibile dimezzare il tempo medio dell'operazione quattordici passando da 15 minuti a circa 7. Adottando queste due soluzioni il tempo di set up della seconda parte d'isola sarebbe pari a 29 minuti. Questi dati sono solo sperimentali poiché al momento non sono stati implementati per un singolo punzone e per una singola ghiera. I due banchi sono dotati di quattro punzoni e di quattro ghiera, quindi è stato fatto un calcolo sul singolo passaggio e moltiplicato per le quattro ghiera o punzoni.

Successivamente si definisce il percorso critico ovvero l'insieme delle operazioni IED ad elasticità nulla, ovvero quella sequenza di operazioni per cui un ritardo o un recupero su di esse equivale ad un recupero o ritardo di fermo isola.

Sarebbe opportuno realizzare le implementazioni di questa ottimizzazione per tutti i quattro cilindri presenti nel banco ML183 e per tutti i quattro porta punzoni presenti nel banco ML191, così da misurare realmente le stime prima fatte.

8 CONCLUSIONI

In conclusione, in questo lavoro di tesi, si è posto l'obiettivo di ottimizzare la produzione delle piccole e medie imprese che operano nel settore dell'auto. Le problematiche osservate ed analizzate, anche se apparentemente semplici, permettono all'azienda di essere più competitiva sul mercato. Il mercato di oggi è caratterizzato sempre più da sfide che si contrastano tra loro. Si opta per delle scelte, altresì dei compromessi, tra una somma di eventi antitetici. Con l'avvento della produzione snella si è obbligati a muoversi su requisiti di massima efficienza, reattività e flessibilità del servizio verso il cliente. In più l'evoluzione del mercato crea nuovi vincoli, come la concorrenza a trend economici negativi sempre più lunghi, a maggior ragione nell'ambito automotive. Le condizioni a contorno in cui l'azienda si trova ad operare rivelano una serie di spinte che vertono alla riorganizzazione del sistema produttivo. Questi sono stati i motivi che hanno caratterizzato il lavoro di tesi, portando all'analisi di alcune tematiche che hanno permesso di raggiungere, in parte sul presente e in futuro si auspica completamente, gli obiettivi prefissati di competitività.

Le macro-tematiche trattate riguardano: la creazione di un corretto livello di scorta e la relativa gestione; la corretta creazione del layout d'impianto sulla base della diminuzione dei trasporti interni; il monitoraggio di una delle isole produttive che impatta maggiormente sul fatturato aziendale e la riduzione del tempo di set-up dell'isola. Quest'ultimo oggetto di studio, tramite tecniche avanzate di riduzione dei costi come la SMED.

Per quanto riguarda le scorte si è riuscito ad abbassare il livello di giacenze nonché tutti i costi del ciclo logistico, alzando al contempo il livello di servizio offerto ai clienti. Mediante l'ausilio del principio di Pareto; per cui in ogni evento della vita aziendale vi è un numero ridotto di fattori o elementi che hanno grande rilevanza, mentre gli altri hanno un peso molto minore fino a diventare trascurabile; si è riuscito a stabilire il corretto livello di scorta per ogni singolo prodotto in termini di quantità minima da tenere in stock ed il monitoraggio della stessa sulla base dell'incidenza del capitale investito sulle materie prime.

Successivamente si è eseguita un'analisi del layout, il quale ha subito molte variazioni. Infatti, si è passati da un layout organizzato per reparti che offre un grande mix di prodotti, ma bassi volumi di produzione, al layout per linea che offre un basso mix di prodotti ma volumi di produzione elevatissimo. Fino ad arrivare alla creazione di celle di lavoro dove si ha un buon compromesso tra mix e quantità prodotta con un'ottima flessibilità. Dopo aver individuato la corretta tipologia di layout si è passati all'analisi dei

trasporti interni tra le varie isole di lavoro, che costituiscono il parco macchine di oggi. Questa analisi ha portato alla ridefinizione del posizionamento delle isole in modo da minimizzare i trasporti interni allo stabilimento. La movimentazione in netta riduzione è passata di fatto da 381 momenti a 322, con obiettivo futuro della sua riduzione del 25%.

Infine, si affronta l'analisi dell'isola più redditiva e produttiva dello stabilimento. Sull'isola uno è stata implementata l'analisi del coefficiente OEE (Overall Equipment Effectiveness) che si attestava all'inizio del primo trimestre dell'anno 2019 ad un valore pari a 56%. Tramite l'utilizzo di un piano straordinario di intervento di manutenzione, a basso impatto economico ed alto indice di prestazione, contestualmente implementando la tecnica SMED per ottimizzare i tempi di attrezzaggio e set-up, si è raggiunto alla fine del quarto trimestre del 2019 un valore di OEE pari all' 81%.

L'obiettivo raggiunto è significativo a livello aziendale e costituisce la base da cui partire per estendere il modello di massima efficienza e flessibilità produttiva, implementato sull'isola uno, nell'arco del prossimo biennio, quindi entro la fine del 2022, alla totalità delle isole costituenti l'intero stabilimento produttivo delle Officine Mollo.

9 APPENDICE A

In questa sezione vengono riportate alcune tabelle ed immagini che si sono state utilizzate nell'analisi dei volumi di vendita per l'anno 2019 ed estrapolare i dati base necessari ad eseguire l'analisi ABC.

Codice	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	Q tot	T. Appr. Gg
90091526	28800	43200	28800	58000	57600	57600	57600	14400	0	200	0	0	346200	20
56233300	4740	5250	2640	6210	5880	3750	4170	3120	5520	5970	5040	4320	56610	10
56233300	4740	5460	4200	6000	5220	6780	2730	3720	5250	4320	5040	4320	57660	10
S151913A	2560	2320	2560	1970	1680	1680	840	0	0	840	210	280	14340	10
56233100	2190	2610	1630	2550	3240	2510	4042	0	2040	1620	1740	2160	26532	10
56233000	2190	2610	2250	2542	2880	2010	4020	600	2040	720	1740	2160	25762	10
S150650	1400	2750	2650	1750	1750	2200	850	300	0	150	150	0	13350	75
S141142	5	187	0	421	355	0	303	85	0	145	34	0	1535	20
01032193-05	1120	1680	1680	3360	1120	2240	1680	0	0	0	1120	1120	15120	70
01032195-05	1120	1680	1680	3360	1120	2240	1680	0	0	0	1120	1120	15120	70
S141141	0	142	100	78	145	423	411	0	30	160	0	30	1659	15
S141387	224	128	32	128	320	176	236	0	64	288	32	0	1688	65
S137958	0	765	0	0	0	35	110	160	0	0	467	335	2012	65
S143110	5	0	0	312	240	168	288	0	0	132	48	48	1241	20
S137929	0	72	0	171	369	72	504	0	0	72	0	0	1260	15
S137957	0	0	0	265	240	60	200	150	0	0	300	0	1215	20
OCVBRSA01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	586	0	0	586	15
S145877	180	420	360	330	523	360	420	180	412	720	180	540	4625	20
S145874	0	600	300	300	553	360	360	180	480	720	180	420	4453	20
504339263	5530	600	3240	0	400	0	475	0	4814	0	3242	0	28001	20
S146263	37	96	144	72	76	0	96	0	126	168	96	0	911	15
47453710	1200	600	0	600	500	1000	500	0	707	500	750	750	7107	20
S141702	473	950	400	350	1050	350	800	0	500	614	550	200	6237	20
084531481-00	1500	3000	1750	2000	1250	2000	1000	0	1500	1500	4600	1000	21100	20
OCVBRDX12	424	618	401	359	155	311	763	0	732	534	0	154	4471	20
OCVBRDX12	424	618	910	0	155	311	762	0	729	534	0	154	4597	20
ORS045015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1258	0	3538	15
OS15174	0	780	240	210	720	660	960	840	360	1020	1020	450	7860	65
OS153175	0	510	240	210	720	810	810	600	1140	840	1110	660	7770	65
OS153177	0	810	240	0	570	720	1020	630	930	930	1080	1260	8370	20
OS153176	0	840	120	30	660	900	1305	370	0	0	0	0	4225	15
OS15223	3450	2880	960	960	2880	2640	4170	2400	4170	4080	3360	2130	34140	20
OS15255	0	780	180	210	780	1145	720	480	0	0	0	0	4235	15
OS15256	0	990	0	170	797	1170	837	353	320	0	0	0	4637	15
TE0253303AA	0	1200	0	1200	0	0	760	1640	0	0	0	0	6000	15
OCVBRDX01	0	478	332	0	0	433	0	0	421	0	0	0	1664	20
OCVBRDX02	0	478	332	0	0	433	0	0	421	0	0	0	1664	20
OCVBSA01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	586	0	0	586	15

Tabella 15-Volumi di vendita 2019

10 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Appunti del Prof. Maurizio Schenone “La gestione dei materiali”.
- Studio di Ingegneria Giovanni Salvago – Consulenza manageriale per il settore manifatturiero.
- Alessandro Amadio - *“Word Class Manufacturing” I pilastri, la dinamica e l’evoluzione di un modello eccellente orientato dalla Lean Manufacturing e dai costi* – Milano, Franco Angeli, 2017.
- Appunti del Prof.ssa L.C Santillo – corso di logistica industriale.
- Giovanni Graziadei - *Gestione della produzione industriale. Strumenti e applicazioni per il miglioramento della performance* – Firenze-Milano – Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2004.
- Urgeletti Tinarelli – *La gestione delle scorte delle imprese commerciali e di produzione*, Etas Libri, 2001.
- Vagliasindi F., *Come organizzare e gestire la manutenzione*, Franco Angeli, 1999.
- *Flessibilità ed efficienza nelle scelte di prodotto, processo e programmazione*- Caputo M., De Toni A., 1991, ETAS Libri, Milano.
- Sito aziendale - www.officinemollo.com
- Sito Chiarini & Associati - www.leanmanufacturing.it
- Sito qualità aziendale www.Qualitiamo.com
- Sito Azienda Fomir - [fomir.it/approfondimenti sulla lean production](http://fomir.it/approfondimenti_sulla_lean_production)
- Sito - www.okpedia.it/processo_produttivo
- Sito - www.oee.com
- Sito - www.organizzazioneaziendale.net/lean-production

Ringraziamenti

Innanzitutto, vorrei ringraziare sentitamente il mio relatore Prof. Ing. Maurizio Schenone, per la sua cordiale disponibilità e per l'immenso contenuto didattico che mi ha trasmesso durante lo studio della propria materia così d'avvicinarmi agli argomenti trattati.

Un ringraziamento di cuore va alla mia famiglia in particolare i miei genitori: Antonio e Rosaria, sostenendomi anche nei momenti più duri; da non dimenticare le mie due sorelline Mary e Sara (anche se più grandi di me). Detta con tutta sincerità, è stato come avere tre "mamme" sin dal primo anno di università. Un affettuoso ringraziamento ai mie quattro nipotini Martina, Davide, Gioia e Marcantonio che sono riusciti a regalarmi un sorriso anche nei momenti più duri.

Un caloroso ringraziamento ad Ele, anche se distante ha cercato di darmi il suo supporto, a volte ascoltando ripetizioni di materie di cui forse non aveva idea di cosa parlassero.

Al mio coinquilino, ma soprattutto amico fraterno Raffo, il fratello maggiore che non ho avuto, ma la vita mi ha fatto conoscere nel mio cammino. Senza dimenticare Tuta e Saro i due confidenti delle 7 del mattino. Ogni mattino andando al lavoro sono stati numerosi i dibattiti di vita e di confronti tecnici.

Un grazie va al Cav. Antonio Mollo e alla Sig.ra Caterina Bottino che mi hanno permesso di crescere nella propria azienda sia come dipendente che come parte integrante della loro organico più fidato.

Un grazie va sempre ai miei amici d'infanzia Carlo e Lele, nonostante abbiamo intrapreso strade diverse, so di poter sempre contare sulla loro vicinanza.