POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Riorganizzazione del Layout in ottica Lean Manufacturing. Il caso Cecomp S.p.a.

Relatore

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Correlatore
Ambra Peralta

Candidato
Baldassare Massimo
Frenda

Anno accademico 2021-2022

Ringraziamenti

Prima di procedere con la trattazione, vorrei dedicare alcune righe per ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini in questo percorso di crescita personale e professionale.

Un sentito grazie al mio relatore, Prof.ssa Anna Corinna Cagliano, per la sua disponibilità e tempestività nel rispondere ad ogni mio dubbio e richiesta. Per avermi supportato ed aiutato, in ogni singola fase, a realizzare al meglio il lavoro di tesi.

Un ringraziamento speciale al mio correlatore, Ambra Peralta, che sin dal primo giorno del mio arrivo in azienda mi ha aiutato e consigliato su ogni dubbio o difficoltà.

Un particolare ringraziamento va a tutti i colleghi di Cecomp, che hanno contribuito attivamente alla buona riuscita dell'elaborato.

Ringrazio Cecomp S.p.a. per avermi offerto l'opportunità di svolgere la tesi su un caso di studio reale. Svolgere quest'attività, mi ha aiutato ad accrescere le mie conoscenze e competenze apprese durante il percorso di studi.

Infine, ma non per ultimi, ringrazio i miei genitori e la mia famiglia per il supporto, senza il quale non sarei mai potuto arrivare fin qui. Grazie per esserci sempre stati, soprattutto nei momenti di sconforto.

Indice

Introduzione 5
1 Il layout di un impianto industriale e la Lean Production cenni teorici.....7
1.1 Origini e obiettivi del Layout 7
1.2 Le tipologie di layout: una panoramica generale.....9
1.2.1 Descrizione 10
1.3 Criteri per la scelta del layout ottimale: analisi qualitativa e analisi quantitativa 16
1.3.1 I criteri quantitativi.....17
1.3.2 I criteri qualitativi.....19
1.4 La Lean Production.....20
1.4.1 I principi del Lean Thinking 23
1.4.2 Il Just in Time 24
1.4.3 Le 5S 25
1.4.4 La metodologia SMED.....27
2 L'Azienda Caso Studio: Cecomp S.p.a. 29
2.1 Competenze 30
2.2 Tecnologie e reparti 30
2.3 La produzione di Cecomp: il sito di Piobesi Torinese 33
3 Analisi del processo produttivo attuale.....35
3.1 Analisi prodotti-quantità 35
3.2 Analisi dei flussi 38
3.2.1 Spaghetti Chart - Pannelleria 45
3.2.2 Spaghetti Chart - Staffe 48
3.2.3 Spaghetti chart – Particolari telaio 50
3.2.4 Spaghetti Chart – Particolari di sicurezza 52
3.2.5 Spaghetti Chart – Rinforzi.....53
3.2.6 Spaghetti Chart – Leveraggi 56
3.3 I tempi di movimentazione.....57
3.3.1 Attività secondarie dei carrellisti 60
3.3.2 Criticità 61
3.4 Analisi dei lead time aziendali.....62
3.5 Attività Lean per il reparto laser 3D 65
3.5.1 Il processo attuale.....65
3.5.2 Attività di miglioramento 67
3.5.3 Risultati ottenuti.....72
4 Il nuovo Layout 74
4.1 Presentazione delle alternative di layout.....74
4.1.1 L1 – Unica configurazione dell'attuale stabilimento 75
4.1.2 L2 – Revisione e Qualità nel capannone 1 (C1) e stock finiti nel 2 (C2) ...78
4.1.3 L3 – Stock finiti in C1, Qualità e Revisione in C2 80
4.2 Determinazione degli spazi richiesti.....81
4.2.1 Revisione 82

4.2.2 Qualità 84
4.2.3 Stock finiti 86
4.3 Confronto fra le alternative 88
4.3.1 Scelta dell'alternativa migliore 88
4.3.2 Calcolo dei costi di trasporto 99
4.3.3 Analisi dei risultati 100
4.4 Il nuovo Layout del 3D 100
5 Conclusioni 105
5.1 Benefici aziendali 105
5.2 Limiti dell'elaborato di tesi 106
5.3 Possibili passi futuri 106
Bibliografia 107
Sitografia 109

Introduzione

Il progetto di tesi che verrà illustrato in questo elaborato è stato svolto presso Cecomp S.p.a., *Centro Esperienze Costruzione Modelli e Prototipi*. L'azienda ha vissuto una rapida espansione dalla sua nascita ad oggi; ciò ha comportato il doversi adattare celermente ai nuovi volumi di produzione richiesti dal mercato. Da questa esigenza è nata la proposta di eseguire uno studio sul Layout attuale, utilizzando l'approccio *Lean Production*, col fine di rilevarne criticità e/o potenziali punti deboli. Cecomp è un'azienda che da oltre trent'anni opera nel settore automotive. Precisamente supporta tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto: definizione stile, realizzazione prototipi, pre-industrializzazione e industrializzazione, fornitura di parti, sistemi e veicoli completi per bassi volumi. Lo studio trattato nell'elaborato riguarda il Layout dello stabilimento di Piobesi Torinese, dove vengono realizzati componenti, pannelli stampati, telai e parti graffate principalmente per Renault Alpine e Aston Martin.

La tesi è suddivisa in cinque capitoli e, partendo dal primo vengono riportati: origini, definizione e tipologie di layout; principi e strumenti della *Lean Production*. Il secondo capitolo fornisce una presentazione dell'azienda. Il terzo capitolo, invece, è stato dedicato interamente all'analisi della cosiddetta situazione AS-IS: si tratta di uno studio che è stato effettuato prima di prendere delle decisioni sulle modifiche da fare. Sono quindi stati mappati inizialmente i flussi di materiale tra i reparti mediante l'uso di tabelle *From to chart* e dello strumento noto con il nome *Spaghetti Chart*. Nel quarto capitolo vengono presentate e confrontate le alternative di layout elaborate dopo l'analisi iniziale. Successivamente sono stati analizzati i risultati ottenuti che hanno permesso di scegliere la configurazione migliore. In parallelo, su richiesta dell'azienda, è stato condotto uno studio dedicato al reparto di taglio laser 3D: precisamente nel terzo capitolo è stata eseguita un'analisi SMED per cercare di ridurre il più possibile il tempo di fermo macchina con lo scopo di aumentare l'efficienza dell'intero reparto. Nel quarto capitolo, invece, è stato rielaborato il layout delle tre postazioni che lo compongono per ridurre i tempi passivi e migliorare le condizioni di lavoro degli operatori. Infine, nel quinto e ultimo capitolo sono state riassunte le conclusioni con un focus sui benefici aziendali a seguito del lavoro svolto, i limiti dell'elaborato di tesi e i possibili passi futuri. Il principale risultato ottenuto dal lavoro svolto consiste nella riduzione degli sprechi che causano inefficienze e incidono negativamente sulla redditività del Plant. Sia la nuova configurazione del Layout che l'analisi SMED condotta presso il reparto 3D, hanno permesso di recuperare più di 1.000 ore/anno da impiegare nella produzione di beni.

1 Il layout di un impianto industriale e la Lean Production cenni teorici

Il presente capitolo ha l'obiettivo di comprendere le origini del termine layout e di discutere la conseguente definizione e l'importanza che rappresenta per le performance di un'impresa. Successivamente verranno illustrate alcune delle motivazioni che possono spingere un'azienda a dover progettare/ripensare il proprio layout. Inoltre, bisogna ricordare che il layout non è solo la disposizione di macchine, apparecchiature e servizi atti a permettere la trasformazione delle materie prime in prodotti finiti, ma è la disposizione spaziale dei centri di creazione del valore e relativi punti di disaccoppiamento, funzionale alla generazione del valore per il cliente attraverso l'implementazione di flussi privi di sprechi. Per questo motivo, le aziende che intraprendono un percorso di *Lean Transformation* cercano di applicare gli strumenti del *Lean System* per efficientare i propri processi [1].

1.1 Origini e obiettivi del Layout

Le origini del termine layout sono statunitensi e risalgono alla fine del 1800 quando veniva usato per indicare la disposizione dei reparti all'interno di una fabbrica. Il B.I.T (Bureau Internation du Travail) afferma che per layout di una fabbrica o di un'area di lavoro si intende la dislocazione dei reparti o delle officine, delle macchine, dei posti di lavoro e dei depositi nelle aree lavorative, inclusi anche gli uffici e i relativi servizi aziendali.

Quando si parla di layout industriale si indica la formalizzazione dello studio della disposizione dei reparti in un impianto. L'implementazione di uno studio volto al miglioramento del layout aziendale è una scelta fondamentale, specialmente nel settore manifatturiero. Per le aziende manifatturiere il *material handling* può incidere dal 10 all'80% dei costi totali della logistica (Parvini, 2011) e quindi un'appropriata progettazione degli impianti può ridurre questi costi di almeno il 15% - 30% (Ferreira & Gorlach, 2016)

Un miglioramento del layout aziendale è un'attività molto richiesta negli ultimi anni. L'obiettivo principale, che rende conveniente la riorganizzazione, totale o parziale, di un layout è quello di assicurare un risparmio in termini economici ed ottenere una maggiore sicurezza nella zona interessata. Se questi due obiettivi non venissero soddisfatti la riorganizzazione non avrebbe senso. Considerati questi due motivi principali, un progetto di miglioria di un layout aziendale può avere diverse motivazioni, tra le quali:

- Introduzione di un nuovo prodotto
- Variazioni del volume di domanda
- Obsolescenza delle attrezzature esistenti
- Problematiche di sicurezza (numero di infortuni elevati)
- Necessità di ridurre i costi di produzione

La pianificazione di un reparto o di un intero impianto industriale parte ovviamente da lontano e prevede oltre all'analisi iniziale legata alla sostenibilità del progetto anche alla sua formalizzazione che trova attuazione di norma grazie ad un progetto di ingegneria civile e meccanica (Santillo, 2016). Lo studio del layout è fondamentale per soddisfare gli obiettivi di impresa che riguardano l'ottimizzazione dello spazio a disposizione nonché le tempistiche di spostamento in sicurezza, sia delle persone che delle merci, tra un reparto e l'altro o tra una zona e l'altra dello stesso reparto; a tal proposito ovviamente nel layout dell'impianto industriale bisognerà tener conto non solo delle strutture statiche ma anche delle parti in movimentazione (persone, robot, mezzi) coinvolte nel processo produttivo.

Si possono distinguere quattro situazioni nelle quali occorre intraprendere uno studio di plant layout:

- Costruzione di un nuovo stabilimento: la realizzazione di un nuovo stabilimento è la categoria più impegnativa dei problemi di layout. Prima di tutto bisogna stabilire l'ubicazione corretta del nuovo stabilimento valutando attentamente la vicinanza alle principali reti di trasporto. Successivamente stabilire e disporre le unità relative al processo produttivo, infine valutare la disposizione dei servizi ausiliari.
- Trasferimento degli impianti in uno stabilimento esistente: in questo caso il problema rende necessario un riesame dei metodi produttivi tenendo conto però della presenza di vincoli strutturali.
- Trasformazione generale del layout esistente: industrie con produzioni obsolescenti o in rapida evoluzione affrontano periodicamente la trasformazione del layout. L'uso ottimizzato delle risorse conduce in genere a layout sostanzialmente diversi da quelli esistenti e il nuovo layout potrà essere progettato in modo autonomo, ma in genere sullo stesso spazio già esistente.

- Modifiche parziali al layout esistente: piccoli cambiamenti alla disposizione di macchinari e impianti possono verificarsi piuttosto frequentemente a causa del progresso tecnologico o l'introduzione di nuove metodologie.

Nello studio in esame ci si trova nei casi due e quattro in quanto l'azienda caso studio, dopo aver ricevuto due nuove commesse, ha dovuto procurarsi due nuovi macchinari per potere eseguire le lavorazioni richieste. Il primo problema affrontato ha riguardato la mancanza di spazio. A tal proposito la direzione, insieme alla proprietà, hanno deciso di acquistare uno stabilimento adiacente a quello attuale in vista anche di prospettive di crescita future. Da qui è nata l'esigenza di rivedere il layout del plant attuale e di progettare quello nuovo.

Compresi gli obiettivi ed i motivi che spingono ad una riprogettazione di un layout è opportuno esaminare quali sono i tipi di layout aziendale esistenti.

1.2 Le tipologie di layout: una panoramica generale

In generale si possono distinguere 5 principali categorie di layout che vengono scelte in base al tipo di prodotto, al mix e ai volumi di produzione. In figura 1 si mette in evidenza come una determinata tipologia di layout sia legata al mix produttivo e ai volumi di produzione. In particolare, un layout a linea, che spesso richiede investimenti elevati in automazione, è giustificato da alti volumi di produzione per sostenere i costi di installazione. Al contrario, di fronte ad alti mix produttivi e bassi volumi di produzione, non è sostenibile l'installazione di impianti automatizzati per linee di prodotto ma è più conveniente un layout per reparti, o per processo (Galante, 2014). In questo caso esistono reparti specializzati nella tranciatura, piegatura, ecc. e i prodotti viaggiano per lotti all'interno dell'azienda. In una situazione intermedia tra le due appena citate si posiziona il layout a celle.

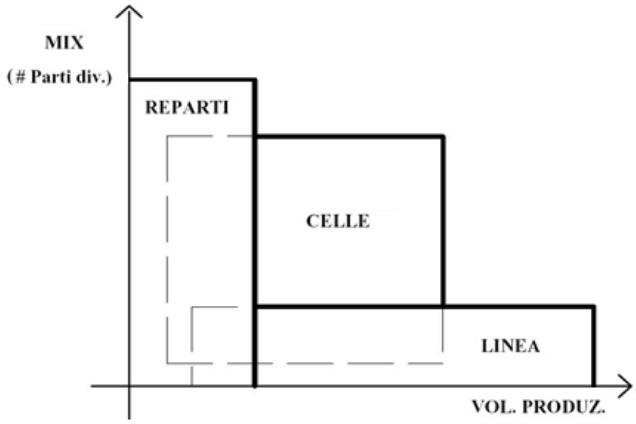


Figura 1: Campi di impiego delle soluzioni di fabbricazione [Immagine tratta da: Galante (2016)]

1.2.1 Descrizione

- *Layout per prodotto:* le aree dello stabilimento sono suddivise in modo che in ognuna di esse venga lavorato un solo prodotto o una ristretta famiglia di prodotti. I macchinari vengono disposti nell'ordine in cui vengono fatte le lavorazioni e ognuno svolge in ogni ciclo lo stesso tipo di operazione. Ogni prodotto segue un percorso prestabilito, in cui la sequenza delle attività da eseguire corrisponde alle sequenze elementari che costituiscono i singoli processi. Le materie prime arrivano a un estremo dell'area e viaggiano verso l'uscita attraverso sistemi di trasporto fissi (nastri trasportatori, linee transfer, ecc.). Questo tipo di layout (figura 2) è anche detto *layout in linea* e ne sono un esempio le linee di imbottigliamento. Il flusso è chiaro, prevedibile e, perciò, relativamente facile da controllare.

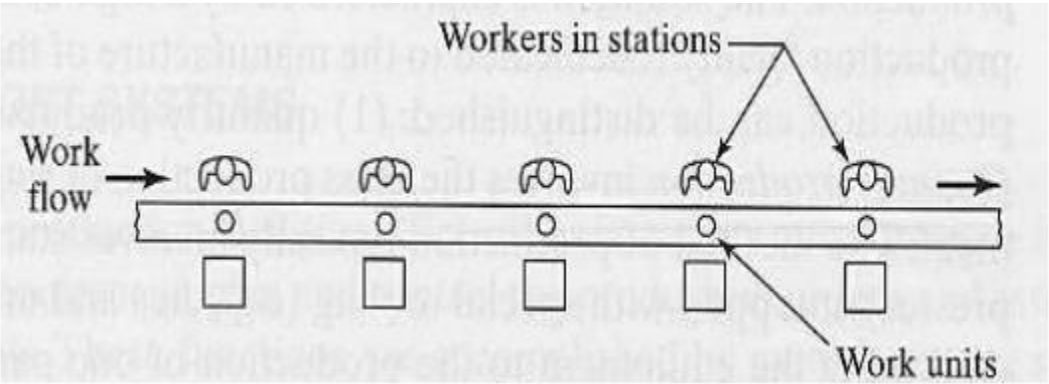


Figura 2: Esempio di layout per prodotto [Immagine tratta da Maraschi (2011)]

In questo tipo di layout le apparecchiature sono altamente automatizzate e dedicate al prodotto specifico, con velocità di produzione elevate che può essere giustificato solo dalla previsione della fabbricazione di un'alta quantità di prodotti. I vantaggi principali sono:

- elevata efficienza dovuta alla semplicità del flusso produttivo;
- riduzione dei costi di trasporto dei materiali (dovuti alla minore movimentazione)
- riduzione del livello di scorte
- semplificazione dei processi di controllo e gestione della produzione
- minore superficie di stabilimento richiesta
- operatori non per forza altamente qualificati

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

- scarsa flessibilità
- produttività legata alla macchina/stazione più lenta (collo di bottiglia)
- guasti e imprevisti possono provocare il blocco dell'intera linea in base alla loro gravità e al dimensionamento dei buffer intermedi tra le stazioni
- investimenti elevati per alta automazione
- scarsa soddisfazione dell'operatore che esegue operazioni ripetitive

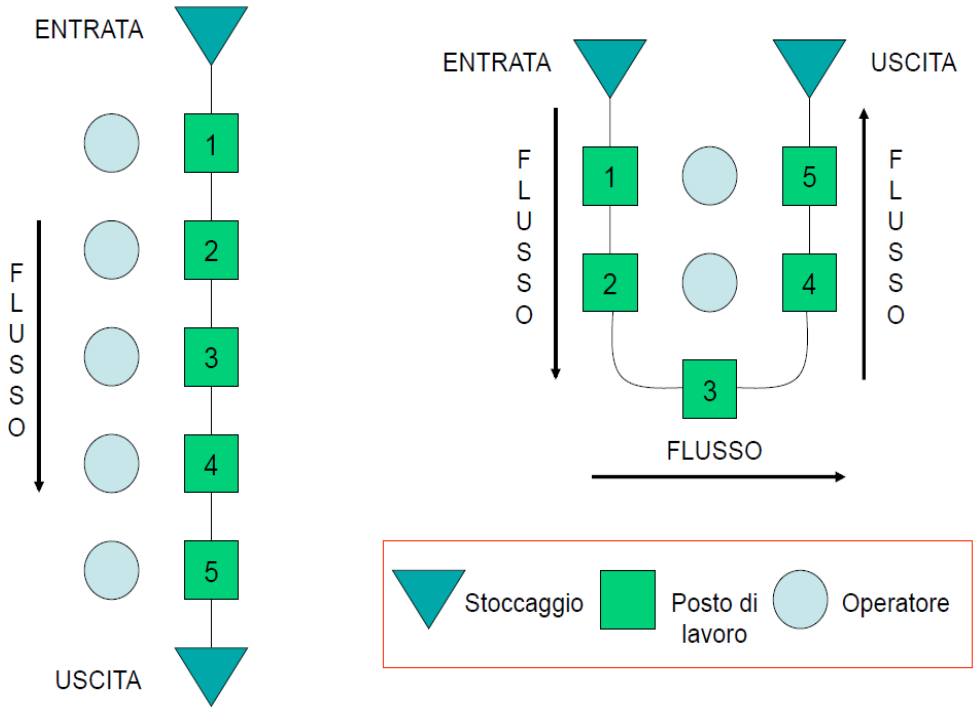


Figura 3: schema esemplificativo di un lay-out per prodotto a linea sulla sinistra e ad U sulla destra [Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

Un caso particolare di layout per prodotto è quello ad U (figura 3 a destra) che può essere applicato anche nel layout a cella. Entrambi sono accomunati dalla vicinanza tra le stazioni di lavoro e quindi l'accelerazione del flusso e la limitazione della coda nel corso delle

lavorazioni. Con questa disposizione si riescono ad ottenere risultati ancora migliori.
Questi sono riconducibili a:

- **Personale flessibile e bilanciato**: La forma ad U permette a un solo operatore di occuparsi di più stazioni adiacenti grazie alle brevi distanze tra esse. Inoltre, in caso di fluttuazioni del carico di lavoro è possibile sottrarre o aggiungere operatori facilmente fino ad averne uno per ogni stazione.
- **Lavoro di gruppo**: la vicinanza degli operatori rende molto più semplice la comunicazione il che porta numerosi vantaggi. Ad esempio, nel momento in cui insorge un problema questo è reso noto a tutti gli operatori della cella che collaborano per una soluzione collettiva.
- **Rilavorazioni**: normalmente quando insorge un problema è necessario attivare un sistema burocratico di comunicazione e compilazione di moduli di non conformità. Con questo sistema si riesce ad intervenire, se possibile, immediatamente alla fonte in cui il problema si è verificato.
- **Movimentazioni**: una linea di montaggio lunga e dritta può richiedere ad addetti, veicoli e forniture spostamenti più lunghi rispetto a un layout a U.
- **Collegamento con altri layout ad U**: questa disposizione offre opportunità di collegamento con altri layout ad U, la zona di stoccaggio in uscita può rappresentare la zona di stoccaggio in entrata della cella subito adiacente.

Tuttavia, questa configurazione non è adatta ad ogni tipo di produzione. Ad esempio, se si tratta di prodotti molto pesanti e difficili da manipolare una disposizione rettilinea può risultare di più facile gestione. Infine, se le stazioni con lavoro manuale sono in numero inferiore a quelle automatizzate viene a mancare il beneficio derivante dal lavoro di squadra.

- *Layout a celle:* questo tipo di layout nasce come conseguenza della grande complessità che può raggiungere l'organizzazione dei flussi di un layout per processo. Nel layout a celle vengono raccolte in un'area delimitata tutte le risorse trasformanti necessarie per lavorare una famiglia più o meno grande di prodotti. All'interno della cella si possono organizzare le postazioni e il flusso dei materiali nel modo più appropriato. Tale disposizione offre un buon compromesso tra costo e flessibilità, le apparecchiature sono versatili e caratterizzate da elevata produttività e i tempi di attraversamento tra una stazione e la successiva sono rapidi rispetto ad una

configurazione per processo. Come si può vedere nella figura seguente (figura 4) la flessibilità è data anche dalla possibilità di far lavorare lo stesso operatore in più stazioni percorrendo pochi passi quando i carichi di lavoro non sono elevati.

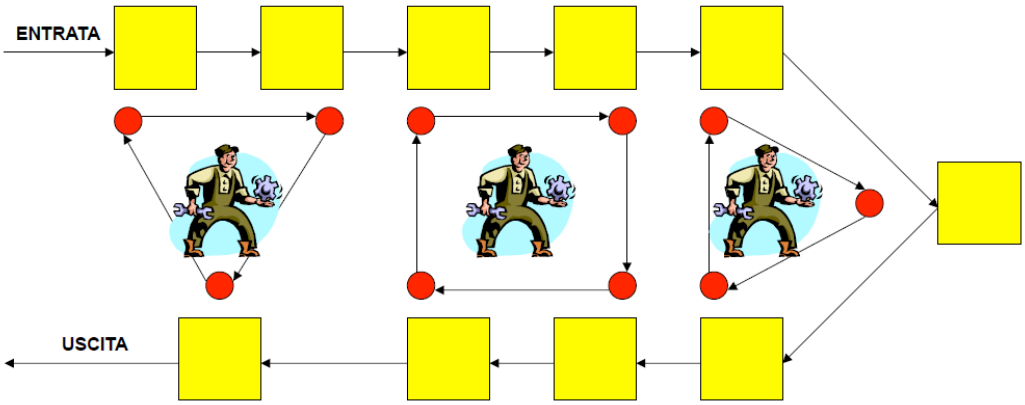


Figura 4: schema di un layout a cella con configurazione ad U [Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

I passi fondamentali per l'introduzione di un layout a celle sono:

- ✓ Identificare i prodotti e i processi
- ✓ Progettazione del processo. Per definire una cella è necessaria un'ottima conoscenza del processo in termini di tempo uomo, impianti, attrezzature, setup, movimentazione, manutenzione, etc. In questa fase di determina:
  - Numero di addetti nella cella;
  - Numero di postazioni di lavoro;
  - Dimensione dei lotti;
  - Takt time;
  - Scheduling;
  - Supervisione e comunicazione
- ✓ Progettazione del layout fisico della cella. Questa fase riguarda la messa a punto del layout interno alla cella, con disposizione delle stazioni di lavoro in base allo spazio, ergonomicità e funzionalità. Questa soluzione viene utilizzata nella produzione di lotti medio-grandi per ammortizzare i notevoli costi di impianto.

- o *Layout per processo:* riunisce in un'unica area tutte le lavorazioni dello stesso tipo o le macchine tecnologicamente omogenee. In questo caso prodotti differenti tra loro si possono trovare negli stessi reparti per essere sottoposti a lavorazioni simili. Si ricorre a questa tipologia di layout quando è necessaria alta flessibilità per far fronte a bassi volumi di produzione eterogenei. Visto che individuare un flusso unico dei

materiali è molto complicato, i prodotti viaggiano da un centro all'altro per lotti (figura 5) e di conseguenza i tempi di produzione e trasporto aumentano rispetto ai casi precedenti. Questo è il caso della produzione di Cecomp s.p.a.

I vantaggi principali consistono in:

- Maggiore flessibilità
- Minori duplicazioni di macchinari e risorse (minori investimenti e attrezzature fisse)
- Controllo e supervisione più specializzati e più efficaci
- Maggior stimolo all'operatore che non esegue operazioni brevi e ripetitive
- Miglior controllo di processi ad alta precisione o particolarmente complessi
- Maggiori possibilità di ovviare alle avarie di una macchina
- Maggior indice di utilizzo delle attrezzature

Gli svantaggi consistono in:

- Maggiori costi di movimentazione
- Necessità di magazzini intermedi a causa di elevati WIP
- Maggior lead time
- Difficoltà nel gestire la produzione che risulta più complessa

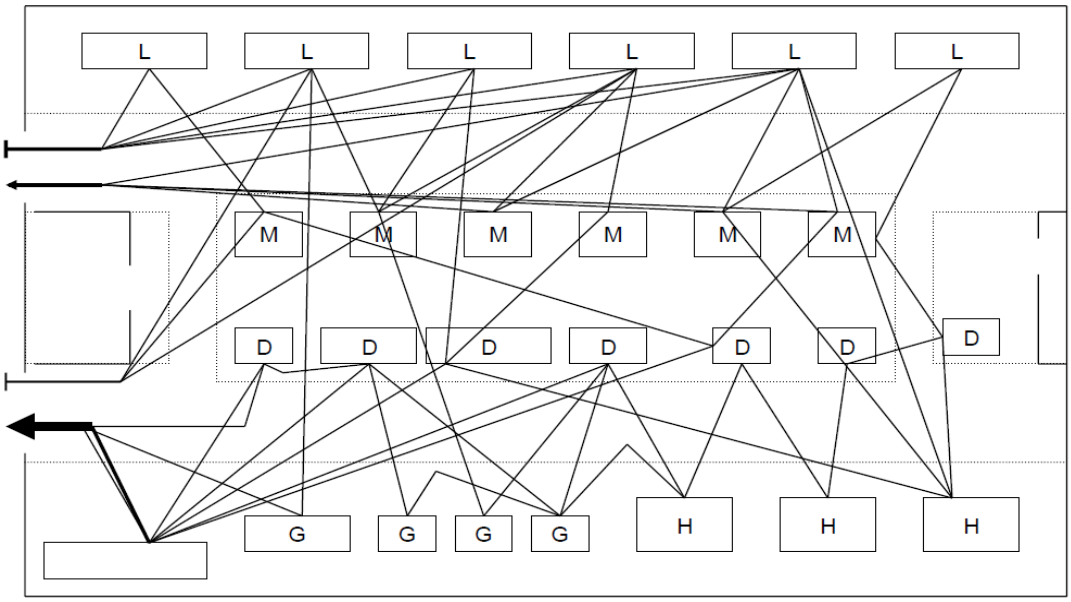


Figura 5: Schema esemplificativo di un layout per reparti [Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

- *Layout a punto fisso:* è, sotto certi aspetti, una contraddizione perché le risorse trasformate non si spostano tra le risorse trasformanti. Invece di esserci materiali o informazioni che fluiscono attraverso le operations, l'oggetto del processo di

trasformazione è statico e sono le attrezzature, le macchine, la struttura produttiva e le persone che eseguono gli spostamenti secondo necessità. Ciò accade perché il prodotto è:

- Troppo voluminoso;
- Troppo delicato da spostare;
- Impossibile da spostare.

Esempi di layout a postazione fissa sono:

- La costruzione di generatori elettrici;
- La costruzione di edifici;
- La costruzione di aerei, navi e locomotive.

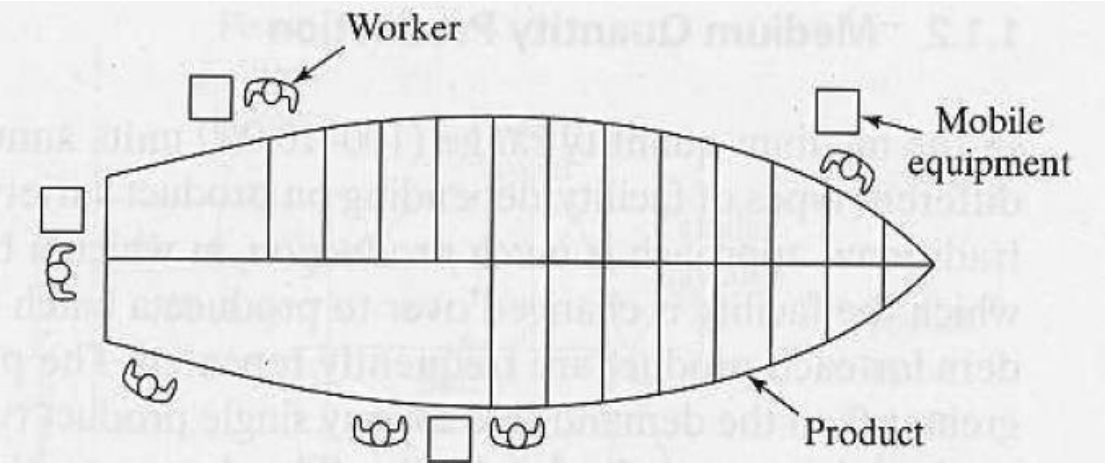


Figura 6: Esempio di layout a punto fisso [Immagine tratta da Maraschi (2011)]

Il layout a posizione fissa (figura 6) permette di lavorare con un mix e una flessibilità di prodotto molto elevati richiedendo e allo stesso tempo sviluppando una manodopera di alto livello vista l'alta varietà di compiti che gli operatori dovranno andare ad eseguire. Ragion per cui questo tipo di layout comporta dei costi unitari elevati e una difficile programmazione dello spazio e delle attività vista l'elevata mobilità richiesta per gli operatori e per le attrezzature.

- *Layout ibrido:* consiste nella presenza all'interno della stessa struttura di due o più tipi dei layout sopra citati. In genere si trovano in aziende con alto mix di prodotti e rispetto alle strutture con un unico layout comporta maggiori difficoltà nella progettazione, costi di allestimento più elevati e maggiori problemi di manutenzione.

1.3 Criteri per la scelta del layout ottimale: analisi qualitativa e analisi quantitativa

In questo paragrafo è possibile vedere alcuni metodi che permettono di scegliere la configurazione ottimale tra le possibili soluzioni trovate nel caso di un layout per reparti (o per processo). Bisogna ricordare che un layout del genere è caratterizzato da un flusso di materiali a salti poiché il processo è intermittente. Ciò è dovuto al fatto che prodotti diversi fluiscono secondo percorsi differenti all'interno dello stabilimento in dipendenza delle operazioni richieste. Il problema del layout del flusso intermittente può essere ricondotto alla considerazione che il flusso tra alcuni work center e reparti può essere molto forte, mentre può essere molto meno intenso tra altri (La Commare, 2016). A causa di tali differenze di volume di flusso, si cerca di arrivare ad un economico compromesso sistemando i reparti che hanno un forte interscambio vicini tra loro. In altre parole, la scelta di un layout a flusso intermittente determina la disposizione relativa dei work-center e dei reparti in modo da rispettare un criterio di scelta predeterminato, entro vincoli fisici definiti (Fedele, 2009). I criteri decisionali da rispettare possono essere diversi e vanno dalla richiesta di minimizzare i costi di trasporto dei materiali, di minimizzare le distanze percorse dai materiali o dagli addetti, di minimizzare i tempi per il raggiungimento del posto di lavoro, di massimizzare la vicinanza di work-center o reparti fortemente correlati, ecc. (I vincoli fisici più comuni sono limitazioni di spazio, la richiesta di mantenere nella loro posizione alcuni reparti (ad esempio i magazzini di carico e scarico), la limitata capacità di carico di certe aree, le regole di sicurezza del personale, la prevenzione degli incendi e degli incidenti rilevanti, le altezze dei locali, ecc. Il problema è di trovare il migliore layout, od un layout accettabile, che possa rispettare i vincoli imposti (Fedele, 2009). È possibile raggruppare le problematiche tipiche di questa tipologia di layout in due categorie:

- Quelli che comportano criteri decisionali quantitativi
- Quelli che comportano solamente criteri decisionali qualitativi.

I primi richiedono l'esame di parametri misurabili quali i costi di movimentazione, il tempo di trasferimento, le distanze ecc. Invece, i secondi comportano scelte difficilmente esprimibili in termini misurabili, come la forte convenienza di piazzare le lavorazioni pericolose o nocive (saldatura, verniciatura, stampaggio) lontano dai reparti più frequentati.

1.3.1 I criteri quantitativi

La maggior parte dei metodi di studio del layout si basa sul principio di avvicinare fra di loro le macchine e i reparti caratterizzati da un maggior numero di collegamenti o trasporti. Si considerano tali collegamenti come dei pesi che danno la misura di quanto sia importante avvicinare tra loro due reparti i e j (Monte, 2009). Il costo totale dei trasporti, che è la funzione obiettivo che si vuole minimizzare, è dato dalla somma dei prodotti del numero di viaggi all'anno n_{ij} per il costo del trasporto unitario c_{ij} per le distanze d_{ij} tra i reparti:

$$C = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} n_{ij} * c_{ij} * d_{ij}$$

Occorre prestare attenzione alla scelta del peso, da intendersi non come unità singola di prodotto, ma come raggruppamento medio trasportato (es. contenitore, cassetta). La funzione obiettivo C che si vuole minimizzare è un costo che può essere espresso sia in termini monetari, sia in termini di tempo, in modo che la suddetta relazione possa essere applicata sia alla distanza di trasferimento dei materiali, sia allo spostamento del personale (Monte, 2009). Così, ogni criterio basato sulle risorse può essere trattato considerando il costo come qualsiasi risorsa scarsa, che deve essere conservata o minimizzata dalle decisioni prese sul layout. Il primo passo consiste nel determinare il numero di trasferimento tra ogni coppia di locazioni nell'unità di tempo, il quale può essere ricavato direttamente dalla documentazione di fabbrica, in particolare dal ciclo di lavorazione o raccogliendo i dati sul campo. L'andamento globale, in entrambe le direzioni, può essere rappresentato in forma di matrice come in figura 7:

locazioni	1	2	3	4	5	6	7	8
1		75	100	30	40	0	30	50
2			100	0	150	0	0	0
3				0	70	0	30	80
4					30	70	0	100
5						20	60	0
6							0	0
7								120
8								

Figura 7: Matrice dei trasferimenti nell'unità di tempo tra locazioni i e j nei due sensi [Immagine tratta da Fedele (2009)]

Il secondo passo è la determinazione del costo del trasporto per unità di distanza coperta con ogni trasporto (figura 8), il quale può variare a seconda del tipo di mezzo che si utilizza. Anche in questo caso è comodo riportare i valori in una matrice dei costi come segue:

locazioni	1	2	3	4	5	6	7	8
1		.05	.08	.04	.06	.10	.05	.04
2			.04	.05	.06	.10	.05	.06
3				.06	.05	.10	.05	.07
4					.06	.10	.05	.06
5						.10	.05	.05
6							.05	.05
7								.05
8								

Figura 8: Matrice dei costi per unità di carico (in € per metro e per trasferimento) tra i e j [Immagine tratta da Fedele (2009)]

Nel terzo passo dell'analisi bisogna determinare le distanze tra le locazioni (figura 9), le quali come è ovvio, dipendono dalla configurazione scelta. Successivamente si esegue il prodotto n x c x d per ogni coppia i,j, la cui somma restituisce il costo complessivo.

locazioni	1	2	3	4	5	6	7	8
1		112.5	400	36	120		120	200
2			160		720			
3					175		105	336
4					54	350		420
5						60	120	
6								
7								180
8								

Figura 9: Matrice dei costi Cij [Immagine tratta da Fedele (2009)]

Trovato il costo totale C per la disposizione di primo tentativo, si può vedere se è possibile apportare miglioramenti alla sistemazione iniziale considerando i possibili cambiamenti della distanza tra coppie di locazioni. Naturalmente, il minimo della funzione di costo potrà essere trovato solamente dopo aver considerato tutte le possibili combinazioni di locazione. Poiché queste sono pari a N! /(N-1) può essere necessario il supporto di un calcolatore per valutarle tutte.

1.3.2 I criteri qualitativi

L'adozione di criteri di scelta qualitativi si verifica quando si devono fare delle valutazioni sul bisogno o meno di vicinanza di due o più reparti. Trattandosi di grandezze non misurabili direttamente, si ricorre all'utilizzo di criteri di scelta qualitativi. Con il loro approccio, la desiderabilità della sistemazione di una locazione vicina ad un'altra è espressa in termini verbali da una delle seguenti espressioni: assolutamente necessaria, importante, vicinanza normale, non importante, non desiderabile (Galante, 2014). Dopo la specifica delle relazioni qualitative, è necessario trovare il modo per risolvere il layout. Per problemi semplici può essere sufficiente un'impostazione visiva tentando di sistemare i reparti che hanno rapporto reciproco di vicinanza assolutamente necessaria il più vicino possibile; poi si passa a quelle che ne hanno una importante, e così via, fino a che si sistemano le locazioni che non sono correlate da alcuna desiderabilità di vicinanza. Dopo aver messo in evidenza gli aspetti analitici nel paragrafo 1.3.1 e qualitativi in questo, è necessario fare delle considerazioni anche sulle implicazioni di tipo comportamentale (es. il contatto umano, il grado di privatezza, la motivazione ecc.) ed ambientale, poiché hanno un grande impatto sulla percezione del senso del lavoro da parte del personale influenzandone le prestazioni.
Altri fattori che rientrano tra i criteri qualitativi e che vengono frequentemente considerati sono:

- Facilità di future espansioni;
- Adattabilità del layout;
- Sicurezza e buon andamento generale;
- Condizioni di lavoro e soddisfazione del personale;
- Facilità di supervisione e controllo;
- Problemi ed esigenze del personale;
- Flessibilità del layout.

In definitiva, la convinzione che la scelta del layout dovrebbe essere basata solo su considerazioni di efficienza è totalmente inesatta, perché trascurare aspetti come la sistemazione relativa del personale che lavora in team o l'adeguato grado di privatezza per il controllo delle relazioni interpersonali può portare l'operatore a situazioni in cui cerca ogni scusa per abbandonare il posto in cui lavora. La soluzione che si ottiene con questi metodi non è necessariamente quella ottimale, ma semplicemente una buona soluzione.

1.4 La Lean Production

Il contesto imprenditoriale globale è cambiato rapidamente e profondamente negli ultimi decenni. Il mercato è diventato sempre più complesso, richiedendo alle aziende di diventare sempre più competitive ed inoltre la crescente tendenza verso una maggiore varietà di prodotti e tempi di risposta brevi sottolinea l'importanza di operazioni logistiche efficienti. La Lean Production, più propriamente *Lean Manufacturing*, in italiano produzione snella, è un metodo che ha come obiettivo la riduzione degli sprechi cercando di soddisfare le variazioni della domanda e minimizzando le scorte di materiale. Il Lean Manufacturing è stato sviluppato da Taiichi Ohno, dirigente di Toyota, negli anni'50 in Giappone, dopo la Seconda Guerra Mondiale, e costituisce un insieme di principi e di metodi che, applicati in modo organico, consentono di portare all'eccellenza i processi operativi dell'azienda (Lomotko, 2021) Un passo fondamentale nell'ottica lean è quello di valutare e mappare i processi per far emergere eventuali criticità e poterle eliminare o al più ridurle apportando dunque dei miglioramenti. Nella filosofia del *Lean management* ci sono diverse tipologie di miglioramento:

- Cliente e flusso di valore (Value Stream Mapping);
- Eliminazione degli sprechi (Muda hunting);
- Miglioramento continuo (Kaizen);
- Miglioramento drastico, innovazione (Kaikaku).

Al centro di tutto vi è il cliente con le sue esigenze che bisogna soddisfare tramite attività che generino valore aggiunto procedendo alla loro corretta organizzazione ed eliminando gli *sprechi*, ovvero tutte quelle operazioni per le quali il cliente non è disposto a pagare. Purtroppo, però non è possibile eliminare tutto ciò che non dà valore aggiunto; infatti, ci sono delle attività che pur non generando (apparentemente) valore per il cliente, sono necessarie per la realizzazione di un dato prodotto e/o servizio (Prasetyawan & Ibrahim, 2020).

In considerazione di ciò si possono elencare le sette tipologie di Muda (Ohno, 1988):

Figura 10: Le sette tipologie di Muda [Immagine tratta da Rafele (2020)]

- *Sovrapproduzione*

Gli sprechi in sovrapproduzione sono spesso trascurati dalle aziende che anzi la considerano come un vantaggio a tutela di eventuali problemi piuttosto che come un'inefficienza economica e produttiva. Non ha senso produrre una quantità maggiore di quella che serve perché si rischia di creare grosse rimanenze di articoli che rimarranno inutilizzate per mesi o anni. Bisogna semplicemente non andare oltre quelle che sono le richieste del cliente.

- *Attese*

L'attesa o perdita di tempo si verifica quando un processo si interrompe in seguito alla mancanza di materiale, informazioni o forza lavoro. I processi produttivi devono essere una catena continua senza interruzioni. In ambienti manifatturieri è importante analizzare il costo dell'attesa e calcolare quanto incida sulle attività di produzione.

- *Trasporto*

Le aziende oltre a ricevere e spedire prodotti finiti e semilavorati ad altre aziende, terzisti, clienti o fornitori, hanno numerosi spostamenti interni di parti in continuo transito tra i vari reparti dello stabilimento. Si deduce che i costi generati dal trasporto possono essere una voce di bilancio molto importante e poiché non si tratta di un processo che aggiunge valore, dev'essere ridotto al minimo indispensabile.

- *Perdite di processo*

Una costante ricerca della perfezione del prodotto può portare ad un eccessivo impiego di risorse. Questo spreco spesso deriva da un'incomprensione tra la qualità percepita dal cliente e quella che si cerca di fornire. Per assicurarsi che non ci siano sprechi di extra lavorazione è meglio perfezionare il prodotto partendo dalle richieste dei clienti invece che dalle idee delle persone interne all'azienda.

- *Scorte*

Tenere troppe scorte può rallentare un'attività e creare problemi di stoccaggio. Le cause di un eccesso di stock possono essere il disallineamento della domanda con la produzione, errata politica di acquisto delle materie prime, scarse performance di distribuzione e vendita. Poiché le scorte costituiscono un capitale immobilizzato, devono essere ridotte al minimo.

- *Movimenti*

Le forme di movimento non necessario coinvolgono aziende mal organizzate in cui i lavoratori devono camminare per reperire materiali o riallestire le proprie postazioni. Il continuo spostamento del personale è uno spreco di risorse e tempo spesso dovuto a layout poco funzionali.

- *Prodotti difettosi*

Il mondo *Lean* è costruito intorno all'idea che la riduzione dei difetti sia il centro dell'efficienza produttiva massimizzando la qualità da offrire ai clienti. Quando si opera su larga scala, anche piccole diminuzioni percentuali dello scarto possono significare un grande accrescimento del livello di soddisfazione del cliente.

Per riuscire a raggiungere l'obiettivo di una Lean Company ci si può basare sul metodo Just in Time ed eseguire azioni in linea con il Lean thinking (paragrafo 1.4.1) come [2]:

- Value stream mapping
- Cellular manufacturing
- Total Quality Management e Total Productive Maintenance
- SMED (Single Minute Exchange of Die)
- Kanban
- 5S e Kaizen

1.4.1 I principi del Lean Thinking

Il Lean Thinking (Pensare Snello) è una strategia operativa nata nel mondo dell'automotive, ma oggi universalmente applicata in settori e ambiti diversi per aumentare l'efficienza ed eliminare gli sprechi. È considerata una *strategia operativa* perché racchiude, insieme all'inquadramento sul pensiero e sulle teorie organizzative, anche l'approccio pratico in seguito al quale tutta l'azienda viene coinvolta in una visione di insieme tramite la messa a punto dei processi principali, dalla progettazione fino alla gestione degli ordini (Fathurrahman & Hakim, 2020). Quindi quando si parla di Lean Production parliamo anche del Lean Thinking, e il punto in comune tra i due risulta essere il successo del prodotto e di conseguenza dell'azienda. La teorizzazione di questo approccio, come è possibile vedere in figura 11, si basa su 5 principi che sono alla base del pensiero snello [3]:

Figura 11: I cinque principi del pensiero snello [4]

- ***Definire il valore***

  Individuare ciò che per il cliente crea valore, ovvero ciò per cui egli è disposto a pagare. Solo una piccola parte delle azioni e del tempo totale che sono impiegate per produrre uno specifico prodotto/servizio aggiungono effettivo valore per il cliente finale.

- ***Identificare il flusso di valore***

  È di fondamentale importanza definire le attività a valore aggiunto così che si possa procedere alla rimozione passo dopo passo dei MUDA (sprechi). Nella pratica è bene considerare che alcune attività senza valore aggiunto sono purtroppo ineliminabili (o eliminabili solo in parte) in quanto necessarie al funzionamento dell'azienda.

- ***FLOW: far scorrere il flusso***

  Dopo aver definito il valore e mappato il flusso, lo step successivo è fare in modo che le attività a valore aggiunto scorrano velocemente creando appunto un processo continuo che non presenti fermi o blocchi delle attività.

- ***Fare in modo che il flusso del valore sia tirato dal cliente***

  Le attività a valore, pur dovendo scorrere senza interruzioni, devono essere "tirate" (cioè innescate) dal cliente stesso perché eseguire delle attività nel modo o nel tempo scorretto può causare l'erosione di una parte del valore generato. Ecco perché è necessario produrre ciò che serve e quando serve.

- ***Ricercare la perfezione***

  Creare una attitudine al miglioramento continuo per alzare costantemente gli standard. Il processo di individuazione e riduzione degli sprechi non deve avere mai fine poiché il riferimento primario (il valore per il cliente) cambia nel tempo e ci costringe ad un adeguamento quasi quotidiano.

1.4.2 Il Just in Time

Il Just in Time (JIT) è una filosofia industriale che ha invertito il "metodo tradizionale" di produrre prodotti finiti per il magazzino in attesa di essere venduti (logica PUSH) passando alla logica PULL secondo cui occorre produrre solo ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere nel breve tempo (Busert & Fay, 2019). L'idea è quella di ridurre al minimo possibile gli sprechi derivanti dall'accumulo di scorte di materiali, semilavorati e prodotti finiti, evitando anche i costi risultanti dalla necessità di immagazzinare grandi quantità di materiali o beni finiti. Da questa prima definizione di JIT possiamo ricavarne i principi cardine che meglio lo rappresentano [5]:

1. Solo il necessario
2. Quando necessario
3. Senza attese o accumuli
4. Con qualità perfetta
5. Senza sprechi

Per raggiungere questi obiettivi è fondamentale ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e semilavorati; in pratica si tratta di coordinare i tempi di effettiva necessità dei materiali sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità nel ciclo produttivo nel momento in cui devono essere utilizzati (Lomotko, 2021) Alla base della filosofia JIT una scorta di qualsiasi entità è uno spreco di risorse economiche e finanziarie rappresentando un vincolo all'innovazione continua. Il tutto viene abbinato ad elementi quali l'affidabilità, riduzione dell'inventario e del lead time per raggiungere un aumento della qualità e del servizio offerto al cliente.

Di seguito verranno approfonditi alcuni degli strumenti della Lean Production che sono stati

usati per il caso studio oggetto della tesi e la cui applicazione verrà trattata nei capitoli successivi dell'elaborato.

1.4.3 Le 5S

Il miglioramento in azienda può realizzarsi attraverso due modalità (Martins, Pereira, Ferreira, 2021):

Discontinua (Kakushin): si ottiene attraverso investimenti finanziari, know how avanzato e con il coinvolgimento di pochi determinando un salto significativo delle prestazioni ottenute tramite innovazione tecnologica, sostituzione di impianti e/o attrezzature, utilizzo una tantum di risorse esterne;

Continua (Kaizen): determina un salto graduale nel tempo delle performance aziendali e si ottiene attraverso l'ottimizzazione dei processi, riduzione della difettosità, responsabilizzazione dell'operatore. A differenza della prima modalità non è richiesto alcun costo per investimenti ma è necessario il coinvolgimento di tutti

Uno strumento del *Lean management* che ben si integra con la filosofia Kaizen è il metodo delle *5S* (Rafele, 2020):

1. **Seiri** *"scegliere e separare"*

   Eliminare tutto ciò che non serve. L'obiettivo è quello di fare un'attenta analisi visiva e osservare cosa c'è nell'area di interesse. Non è un'azione banale, spesso infatti, oggetti e documenti si accumulano occupando spazio e creando disordine. La sfida, dunque, consiste nel distinguere ciò che è essenziale da ciò che non lo è.

2. **Seiton** *"ordinare e organizzare"*

   Una volta definite le cose essenziali, vanno definite relative locazioni e percorsi, chiaramente indicati. Il tutto deve essere a prova di errore, cioè se qualcosa è fuori posto deve essere immediatamente chiaro a tutti. È necessario che ogni persona sappia dove si trova un oggetto, un mezzo o qualsiasi elemento utile allo svolgimento della propria attività.

3. **Seiso** *"pulire"*

   C'è un collegamento molto forte tra l'ordine e la pulizia; ciò permette di mantenere tutto pulito e in ordine. Comporta l'assunzione di responsabilità per la propria postazione.

4. **Seiketsu** *"standardizzare"*

Una volta raggiunti dei risultati applicando le prime tre regole, l'obiettivo principale è quello di mantenerli nel tempo. Infatti, ogni operatore deve sapere qual è il suo compito e come farlo per raggiungere il massimo dell'efficienza. La standardizzazione si raggiunge quando tutti concordano sul fatto che è meglio uno standard comune, piuttosto che ognuno il suo.

5. **Shitsuke** *"disciplina, coinvolgimento"*

L'obiettivo di questa fase è far sì che questa metodologia di lavorare diventi IL modo di lavorare. È compito del management controllare e verificare che tutto ciò che è stato modificato venga rispettato ed eseguito da tutti. Si rivela, dunque, fondamentale una corretta e continua formazione del personale per far sì che questo flusso concatenato di azioni sia il più efficiente possibile.

Figura 12: Le 5S [6]

Risulta ben chiaro che la perfezione è un traguardo molto difficile da raggiungere, se non impossibile, però il porsi sempre nuovi obiettivi e raggiungerli è la chiave del miglioramento continuo "Kaizen", quindi la capacità di continuare a migliorarsi per ottenere risultati sempre più precisi. Si tratta di un cambiamento sottile, ma al tempo stesso profondo da cui si possono trarre molteplici vantaggi: dalle postazioni di lavoro più piacevoli ad una maggiore soddisfazione del cliente e maggiore qualità del prodotto.

1.4.4 La metodologia SMED

L'espressione SMED è una sigla che tradotta in italiano significa "cambio stampo in un solo digit" (Galgano, 2002). Si tratta di una metodologia facente parte della teoria della Lean Production volta alla riduzione dei tempi di set up teorizzata dall'ingegnere giapponese Shingeo Shingo. La grande innovazione della sua teoria risiede nella possibilità di ridurre fortemente questi tempi grazie ad attività standardizzate, precisa suddivisione del lavoro, separazione tra approntamento interno ed esterno, operazioni in parallelo (Shingeo Shingo, 1985). Dalla lettura dell'acronimo è sbagliato 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 vuole significare è piuttosto l'intenzione di ridurre i tempi di fermo effettivo dell'impianto al minimo.

I principi fondamentali alla base della tecnica SMED sono due:

- Essere consapevoli che il tempo di set-up non è un dato non modificabile ma una variabile che si può migliorare come ogni altro risultato aziendale
- Riconoscere che il set-up di qualsiasi impianto è costituito da due fasi: uno interno IED ed uno esterno OED.

Consolidati i due principi cardine, in figura 13 una panoramica degli step da eseguire per una corretta implementazione del metodo SMED.

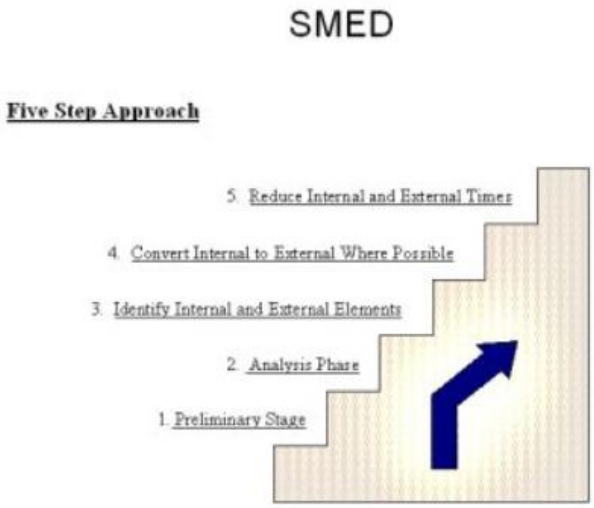


Figura 13: SMED [7]

L'analisi SMED ha permesso di superare due concetti su cui si basavano in passato le attività di attrezzaggio (Shingo, 1985):

1) Effettuare in maniera efficiente ed efficace dei set-up richiede degli operatori con elevate competenze ed abilità, frutto di anni di addestramento sul campo.
2) Incrementare la numerosità dei lotti lenisce l'effetto negativo dei set-up sulla produzione e ne controbilancia i costi.

La filosofia dello SMED è molto semplice: trasformare operazioni di set-up in qualcosa di talmente elementare che chiunque, con un'adeguata conoscenza tecnica del settore, possa eseguirlo correttamente, senza troppe difficoltà e rapidamente. L'attenzione focale, pertanto, è sull'estrema semplificazione delle attività e sull'adozione di metodi poka-yoke ("a prova di stupido") ove necessario (Rafele C., 2020).

2 L'Azienda Caso Studio: Cecomp S.p.a.

Questo capitolo è finalizzato a presentare l'impresa caso di studio dell'elaborato. Nell'introduzione verrà esposta una breve descrizione dell'azienda, dalle origini ai marchi che ne fanno parte. Dal paragrafo 2.1 in poi invece verranno trattate la mission di Cecomp, i reparti presenti nello stabilimento di Piobesi Torinese e le attività che la caratterizzano con un focus sulle tecnologie utilizzate. Da oltre trent'anni ***Cecomp*** *(Centro Esperienze Costruzione Modelli e Prototipi)* dà forma alle idee sviluppate da **designers**, **centri stile**, enti di ricerca e sviluppo per le case automobilistiche di tutto il mondo. Supporta oggi tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto: definizione stile, realizzazione prototipi, pre-industrializzazione e industrializzazione, fornitura di parti, sistemi e veicoli completi per bassi volumi. *Cecomp* è un gruppo industriale italiano di proprietà della famiglia Forneris fondato il 30 aprile del 1978, ad oggi composto da cinque aziende sparse nel mondo con i marchi: *Cecomp, Icona, Cecomp Doo, Model Master, Carrozzeria Italiana*. Tre siti si trovano in Piemonte, nei comuni di La Loggia, Moncalieri e Piobesi Torinese, uno in Slovenia presso la cittadina di Mirna Pec e un altro in Cina, a Shanghai.

L'elaborato sarà concentrato sulle attività dello stabilimento di Piobesi Torinese dove vengono realizzati componenti, pannelli stampati, telai e parti mobili graffate principalmente per Renault Alpine e Aston Martin. Quella di Piobesi è una realtà in continua crescita, infatti in figura 13 è possibile vedere l'incremento delle quantità prodotte dal 2017 al 2020. Tutto questo è stato possibile grazie alla capacità di attirare nuovi clienti e coinvolgere tutto il personale in nuove sfide che permettono di far crescere il gruppo.

CECOMP	anno 2017	anno 2018	anno 2019	anno 2020
Q.tà. Particolari Produzione	150.613	409.037	503.040	4.144.625
Clienti .	Aston Martin	Aston Martin	Aston Martin	Aston Martin
	Renault Alpine	Renault Alpine	Renault Alpine	Renault Alpine
			MAGNA	MAGNA
				Voestalpine
				Plastic Form
				Novares
				CEBI
				TIBERINA
				FONTANA
				PROMA
				CEC. D.o.o.

Figura 13: Crescita dei clienti e dei volumi produttivi del plant di Piobesi Torinese [Immagine tratta da: Portale Cecomp]

2.1 Competenze

La mission di ***Cecomp*** è quella di fornire un'ampia gamma di servizi dedicati per la costruzione dei modelli di stile e la produzione in serie di nuove vetture complete su bassi volumi. L'azienda dispone di ampia capacità per lo sviluppo, l'attrezzamento e la produzione di piccole e grandi serie con diversi tipi di materiale (acciaio, HSS e alluminio). Partendo dalle geometrie 3D della parte in lamiera stampata, si procede allo sviluppo, attrezzamento, messa a punto e validazione dell'intero processo di produzione. La competenza e l'esperienza, impiegate nella formatura tramite battitura manuale, si accompagnano alle più sofisticate attrezzature del reparto CAD, della sala metrologica, delle presse idrauliche e meccaniche, delle macchine per taglio laser (2D e 3D) e del laboratorio di assemblaggio dedicato. L'integrazione di questi fattori consente di raggiungere i migliori livelli di competitività e qualità oggi presenti sul mercato.

2.2 Tecnologie e reparti

Il segreto dell'azienda è l'abilità di coniugare tradizione da una parte e futuro dall'altra. La tradizione è quella di Giovanni Forneris, nato come modellista nel Centro Stile Fiat, fino a quando si mise in proprio nel 1971 con una modelleria che nel 1978 sarebbe diventata la Cecomp. Il futuro invece è rappresentato dall'apertura di un nuovo stabilimento a Piobesi Torinese, che affiancherà quello già operativo dal 2016, focalizzato sulla lavorazione premium dell'alluminio per marchi come Alpine e Aston Martin. In figura 14 le campionature di alcuni articoli attualmente in produzione: da sinistra: campionature, bauletti posteriori, cofano.

Figura 14: Alcuni degli articoli prodotti nel sito di Piobesi

Di seguito viene fornita una descrizione generica dei reparti di lavorazione dei tre stabilimenti piemontesi:

- ***Reparto frese***

Il reparto frese ha un totale di 23 centri di fresatura a controllo numerico (3 e 5 assi) anche ad alta velocità di lavoro, divise in due aree differenti: una per la lavorazione dei metalli (acciaio, alluminio) e l'altra per la lavorazione delle resine polimeriche. Partendo dai dati CAM, attraverso opportune procedure operative ed in coerenza con gli obiettivi specifici di progetto, è possibile generare ogni tipo di volume.

- ***Reparto finizioni***

Il reparto di finizioni interne ed esterne è in grado di produrre, approvvigionare e installare una serie completa di soluzioni per soddisfare ogni esigenza specifica del progetto (modelli di stile, show car, prototipi, modelli storici, modelli unici, produzione di serie). La vasta esperienza degli esperti, le attrezzature e la rete di aziende partner consentono di affrontare qualsiasi necessità con elevata competitività in termini di qualità, tempi e costi.

- ***Metrologia***

Cecomp dispone di un dipartimento interno di metrologia, capace di misurare, approvare e certificare autonomamente dal singolo particolare al veicolo completo, rispondendo alle specifiche tecniche e funzionali richieste. Tale reparto affianca tutte le fasi del progetto, sia con i rilievi dimensionali (in 3D) dei prodotti e delle attrezzature che con la scansione tridimensionale (fotogrammetria) di modelli, parti e sottogruppi. Nel caso di rilievi dimensionali le macchine sono collegate con l'ufficio tecnico e attraverso opportuni software, viene fatto un confronto automatico fra la geometria effettiva del particolare e quella teorica del modello CAD corrispondente.

- ***Presse-Battitura manuale***

Mediante le due officine attrezzate con presse (idrauliche e meccanica fino a 1.200 t), Cecomp è in grado di gestire:

  - Verifica e messa a punto degli stampi
  - Produzione in serie di pezzi stampati in lamiera (acciaio, HSS e alluminio), su bassi e medi volumi.

Inoltre, grazie alla sinergia con i reparti di taglio laser 2D e 3D, è in grado di fornire pezzi completamente manufatti pronti per essere assemblati.

- ***Taglio laser***

Alla tradizionale tranciatura degli sviluppi o delle parti in lamiera viene affiancata la flessibilità del taglio laser. Sia la lavorazione degli sviluppi in piano e sia quello degli imbutiti è fatto con quattro impianti Prima Power ad alta e altissima velocità. Questo consente di gestire tutte le necessità prototipali, di preproduzione e per bassi volumi produttivi, ottimizzando i tempi di attrezzamento ed i relativi investimenti.

- ***Verniciatura***

La preparazione e la spruzzatura delle superfici sono gestite in due postazioni indipendenti. Qui è possibile effettuare ogni tipo di operazione, dalla tinteggiatura del modello completo al trattamento di sottogruppi o di singole parti, impiegando ogni tipo di prodotto e materiale.

- ***Assemblaggio veicoli***

Di recente è stata realizzata una nuova area produttiva completamente dedicata all'assemblaggio di scocche attrezzata con:

  - n.2 robot per la saldatura dei sottogruppi critici dell'autotelaio
  - n.1 linea di assemblaggio telaio
  - n.1 linea di assemblaggio scocca
  - n.1impianto per rilievi fotometrici (dimensioni critiche) della scocca completa

2.3 La produzione di Cecomp: il sito di Piobesi Torinese

Il plant di Piobesi, figura 15, si estende per poco più di 11,000 mq di superficie ed è l'unico stabilimento del gruppo che concentra tutti i processi per la produzione in bassi volumi di componenti in alluminio incorporando un elevato livello di tecnologia ed innovazione.

Figura 15: Stabilimento di Piobesi Torinese

L'azienda è in grado di produrre sottogruppi o, scocche complete in piccole serie, fornite "***Just in time***" ai clienti. Nello specifico:

- Produzione di preserie e lotti di piccole dimensioni
- Produzione di parti in grande serie
- Assemblaggio telaio-scocca

Le attività che vengono svolte in questo plant sono:

- Stampaggio: 12 presse di cui 8 meccaniche e 4 idrauliche, e con tonnellaggi che vanno da 300 t a 1200 t.
- Taglio laser 2D: qui viene eseguita tipicamente la prima operazione del ciclo che consiste nell'estrarre un certo numero di sviluppi per foglio.
- Taglio laser 3D: è costituito da macchine ad alta velocità e alta precisione impegnate in operazioni di rifilatura e foratura.
- Fresatura profili estrusi: è un reparto costituito da 2 frese a controllo numerico che lavora tutti gli estrusi che sono necessari per le fasi di saldatura e lastratura.
- Assemblaggio: all'interno dello stabilimento c'è un reparto robotizzato di graffatura e lastratura in grado di assemblare un kit composto da sei parti in 32 min circa.

- Misurazione: il plant di Piobesi è dotato di una sala metrologica con due *Coordinate Measuring Machine* (CMM) che eseguono il controllo qualità per verificare il rispetto di tutte le specifiche tecniche e funzionali presenti nel control plan del cliente.

3 Analisi del processo produttivo attuale

L'obiettivo del seguente capitolo è quello di illustrare la situazione attuale del processo produttivo dello stabilimento di Piobesi Torinese e rilevarne le criticità.
Nel corso della prima fase, l'attività svolta è stata quella di analisi e mappatura della situazione AS-IS. Con la finalità di capire le attività aziendali e i ruoli, si è ritenuto necessario condurre un'analisi dettagliata di tutto il processo produttivo aziendale. L'osservazione della produzione, del singolo collega e delle relazioni instaurate tra operatori sono stati punti cardine per la comprensione del contesto aziendale. Mediante la mappatura del processo di produzione del plant di Piobesi Torinese, è stata realizzata un'analisi dei flussi che ha condotto a due interessanti risultati: la determinazione della distanza totale percorsa dagli addetti alla movimentazione delle merci all'interno dello stabilimento e l'influenza dei tempi di movimentazione sui lead time aziendali. Il lead time (tempo di attraversamento del prodotto) per il resto dell'elaborato sarà calcolato come la differenza tra la data di spedizione del prodotto finito al cliente e la data della prima lavorazione fatta sullo stesso. Come si vedrà nella tabella 8 del paragrafo 3.4, tale indicatore varia per ogni famiglia di prodotto a causa del numero e della durata delle singole lavorazioni.

3.1 Analisi prodotti-quantità

Per prima cosa è stato ritenuto fondamentale cominciare da un'analisi dei volumi di produzione e delle varietà prodotte. Per farlo sono stati seguiti i seguenti step:

- Suddivisione dei vari prodotti in famiglie o gruppi.
- Calcolo delle quantità da produrre per ciascun prodotto, gruppo o famiglia.

Tale analisi ha lo scopo di evidenziare che la vasta offerta di Cecomp e la specificità dei suoi prodotti non sono adatti alla produzione di massa ma a quella su commessa. Per Cecomp esistono 6 famiglie di prodotti che sono state ricavate osservando la scocca completa di una vettura e associandovi ogni matricola prodotta in base alla sua posizione e funzione. Per fare ciò l'autore si è avvalso della collaborazione di figure esperte come il capo officina e il responsabile della Produzione. Il risultato è il seguente:

- Pannelleria: 13 matricole
- Telaio: 34 matricole
- Rinforzi: 17 matricole

- Leveraggi: 7 matricole
- Staffe: 13 matricole
- Particolari di sicurezza: 12 matricole

Per risalire alle quantità prodotte per ogni singolo codice è stato consultato l'archivio presente sul gestionale dell'azienda e successivamente ogni matricola è stata assegnata alla famiglia di appartenenza.

Figura 14 mostra i risultati dell'analisi prodotti-quantità eseguita per famiglia dal quale si può notare come l'andamento della linea di tendenza approssimi un'iperbole schiacciata tipica delle aziende che lavorano per reparti (Pareschi, 2007).

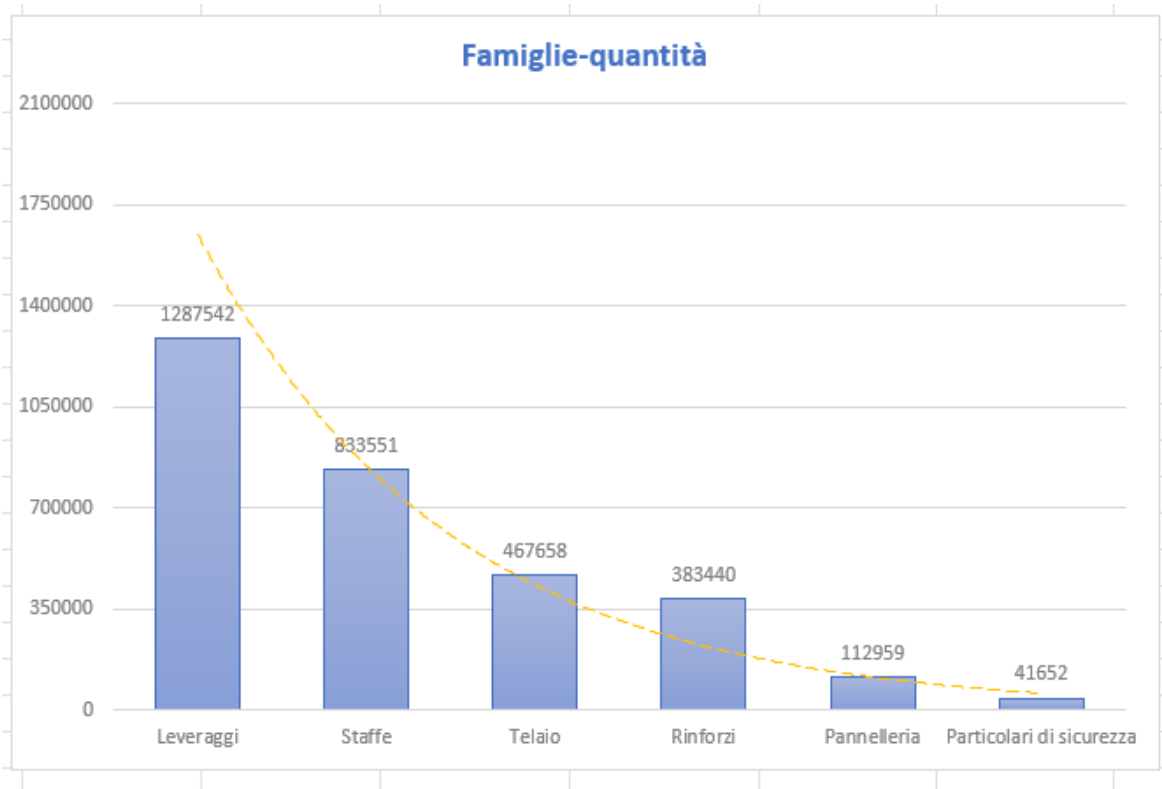


Figura 14: Grafico famiglie-quantità

Come si evince dal grafico di figura 14, la famiglia più voluminosa è quella dei leveraggi per la cui produzione vengono utilizzati degli stampi progressivi da circa 1.000 pz/h. Questi sono degli stampi progettati per realizzare uno o più pezzi simultaneamente ad ogni colpo di pressa. Il nastro di lamiera, che scorre all'interno dello stampo, prende la forma voluta attraverso diversi passaggi di lavorazione all'interno di un unico stampo. Vengono tipicamente usati per la produzione di un gran numero di elementi e per mantenere i costi più bassi possibile. Dopo la famiglia dei leveraggi tutte le altre famiglie di prodotto con le

relative quantità sino ai particolari di sicurezza che rappresentano la famiglia meno voluminosa per quantità prodotta annualmente. Come si avrà modo di capire dal paragrafo 3.2.1 in poi, l'ordine delle famiglie nel grafico di figura 14 è coerente con la complessità dei loro cicli di lavorazione; più questo è articolato, minore è la quantità prodotta.

3.2 Analisi dei flussi

La seguente analisi dei flussi ha lo scopo di fornire il punto di partenza da cui poter risalire ad eventuali criticità cercando di disporre le aree in modo da assecondare il più possibile le sequenze del flusso dei prodotti. Prima di procedere con la descrizione dell'analisi dei flussi, per questioni di chiarezza, nella tabella 1, si ritiene opportuno introdurre alcuni termini che verranno utilizzati nel resto dell'elaborato.

NOME	FOTO	DESCRIZIONE	DIMENSIONI
Cassone		Contenitore metallico grigliato molto diffuso nel settore automobilistico; usato con uno strato di multicell alla base per il trasporto di componenti di medie dimensioni	130x120x80cm
Cassettone o cassonetto		Contenitore in lamiera chiuso con sponda ribaltabile usato con uno strato di multicell alla base per il trasporto di componenti di piccole e medie dimensioni	100x90x50cm
Culla		Costruzione in acciaio su misura per ospitare i semilavorati (generalmente imbutiti); usata solo per movimentazione interna	165x120x90cm
Euro pallet		Pallet europeo standard. Rappresenta l'unità di carico per l'accatastamento delle cassette di plastica	80x120cm
Contenitore specifico		Contenitore metallico costruito su misura per ospitare una determinata tipologia di prodotto. Quello in foto contiene 54 brancardi superiori di una Renault Alpine. Vengono principalmente usati per la spedizione	160x120x150cm

Plas interno		Contenitori in plastica resistente. Viene usato per movimentazione interna tra un reparto e l'altro.	160x120x75cm
Pedana		Pedana in legno le cui dimensioni dipendono da quelle dei fogli di alluminio che contiene. Non ha uno standard come l'euro pallet.	210x140cm
Nastro o bobina		Bobina di lamiera, alluminio o acciaio usata per le lavorazioni dove vengono impiegati gli stampi progressivi	D = 80cm d = 35cm
Cassetta o odette		Cassetta in plastica usate per oggetti di piccole dimensioni come le staffe di collegamento o minuteria	50x25x8cm

Tabella 1: Esempi di contenitori

Per procedere con l'analisi dei flussi dei materiali tra i reparti si è partiti disegnando sulle planimetrie dello stabilimento la rete dei percorsi accessibili ai mezzi di movimentazione. In seguito, sono stati misurati tutti i segmenti percorsi dai carrellisti o dai singoli operatori che effettuano le movimentazioni delle merci. Da qui è stato possibile risalire alle distanze tra i vari reparti e compilare la Tabella 2 origini-destinazioni *(From to Chart)* espressa in metri.

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	A. N.	Carico
Area scarico	Scarico		13,4			70,2													
Area Acettazione	Acett.			40,2	39,8									67,24			48,9		
Magazzino MP	Mag. MP					106,92													
Taglio laser 2D	2D					149,17													
Area presse	Area presse						107,72				108,13	58,88			72,78				
Taglio laser 3D	3D							83,76		32,29		48,84							
Area revisione	Revisione								91,94	93,6									
Muro qualità	Qualità										10,2				33,45				84,67
Area Lastratura	Lastratura							93,6											
Area Saldatura	Saldatura								10,2							15,12			72,5
Buffer semilavorati	Buf.semil.					58,88	48,84												
Area Frese	Area Frese													124,9		44,28			
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												124,9						
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		42,9
Area lavaggio	Lavaggio										15,12								
Deposito coils	Dep. Coils																	38,89	
Alimentazione nastro	A. N.																		
Area carico	Carico																		

Tabella 2: From to Chart con distanze espresse in metri

La presenza preponderante delle celle vuote rispetto a quelle compilate è dovuta al fatto che sono state calcolate le distanze solo dei reparti tra cui c'è interazione, mentre sono state omesse quelle con gli uffici visto che questi comunicano principalmente tramite telefonate ed e-mail. Le distanze presenti al di sotto della diagonale sono state inserite per facilitare il calcolo della distanza totale percorsa mediamente in un anno (Tabella 4). Successivamente occorre scegliere un modo per poter stimare i flussi tra un reparto e l'altro. Per farlo sono state valutate diverse opzioni e si è scelta la più opportuna. La prima era quella di basarsi sul numero di articoli che venivano trasportati da un reparto al successivo, ma vista la diversa natura di questi il risultato non sarebbe stato significativo. Ovvero in un cassonetto si possono mettere 15.000 levette per serrature oppure 200 articoli di ossatura, ma in entrambi i casi per trasportarle viene compiuto un solo viaggio. Per lo stesso motivo non sono stati utilizzati i kg di materiale visto che un contenitore specifico contenente cinque parafanghi anteriori, che richiede un viaggio dedicato, pesa molto meno di un cassettone con le levette anche se più piccolo. Così, per stimare i flussi si è deciso di utilizzare come unità di misura il numero di viaggi tra i reparti, con i dovuti accorgimenti che saranno illustrati nel prosieguo di questa trattazione. La prima attività è stata quella di raccogliere per ogni reparto i codici degli articoli lavorati al suo interno ed estrarne i relativi consumi annui. Dopodiché si è diviso il consumo totale di ogni famiglia di prodotti per la relativa quantità di elementi che possono essere contenuti in una unità di carico (cassonetto, odette o pedana). Ovviamente in base ai reparti e agli articoli considerati bisognava fare delle eccezioni, ad esempio le culle contenenti i semilavorati vengono trasportate a due a due perché possono essere facilmente impilate, mentre le cassette di plastica vengono trasportate 12 alla volta accatastate su un pallet. Procedendo con questo tipo di ragionamenti per ogni reparto si è giunti alla stima del numero di viaggi che vengono effettuati mediamente in un anno e riportati nella Tabella 3 strutturata allo stesso modo del *From-to Chart.*

Descrizione	From\to	Scarico/carico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico
Area scarico	Scarico		2855																
Area Acettazione	Acett.			1006	578												82		
Magazzino MP	Mag. MP					1006													
Taglio laser 2D	2D					2352													
Area presse	Area presse										695	7568			193				
Taglio laser 3D	3D							6681		4345		7340							
Area Revisione	Revisione								11025										
Muro Qualità	Muro Qualità														868				7350
Area Lastratura	Lastratura							4345											
Area Saldatura	Saldatura								868										6428
Buffer semilavorati	Buf.semil.					7340	5111												
Area Frese	Area Frese															207			
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												207						
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		1061
Area lavaggio	lavaggio										207								
Deposito coils	Dep. Coils																	82	
Bocca nastro	Nastro																		
Area carico	Carico																		

Tabella 3: Tabella dei viaggi calcolati sulla media annuale

Una volta sviluppate le tabelle 1 e 2, è stato possibile calcolare il numero di metri percorsi dai carrellisti a pieno carico in un anno eseguendo una semplice moltiplicazione delle due matrici ottenendo i risultati mostrati nella tabella 3. Per poter interpretare questi risultati occorre specificare che sono stati considerati i viaggi con il carrello carico e non sono stati conteggiati i viaggi di ritorno per non sovrastimare il numero di viaggi della tabella 3. Infatti, si verifica spesso che, durante il viaggio di ritorno, il carrellista venga chiamato da un operatore che si trova nelle vicinanze per eseguire dei piccoli spostamenti all'interno della sua area di lavoro. Questo accade perché non tutti i reparti hanno una figura dedicata e preposta per le movimentazioni. Si ritiene opportuno specificare che nel quarto capitolo sarà valutato e discusso l'indice di saturazione del carrellista.

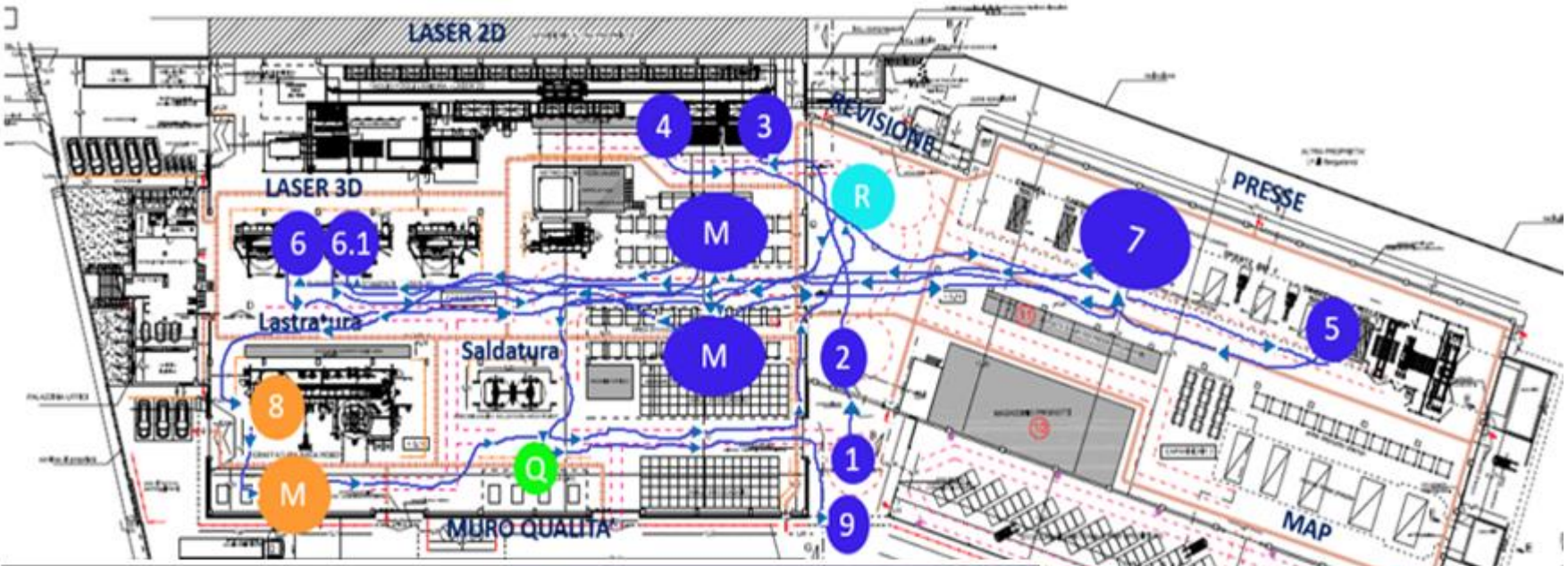
Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		38255																	38255
Area Acettazione	Acett.			40441	23011												4010			67462
Magazzino MP	Mag. MP					107561														107561
Taglio laser 2D	2D					350893														350893
Area presse	Area presse										75110	445584			14034					534728
Taglio laser 3D	3D							559584		140286		358495								1058366
Area revisione	Revisione								1013673											1013673
Muro qualità	Qualità														29044				622346	651390
Area Lastratura	Lastratura							406652												406652
Area Saldatura	Saldatura								8854										466042	474896
Buffer semilavorati	Buf.semil.					432191	249644													681835
Area Frese	Area Frese															9182				9182
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												25899							25899
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		45522	45522
Area lavaggio	lavaggio										3135									3135
Deposito coils	Dep. Coils																	3189		3189
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				5472638

Tabella 4: Ottenuta dal prodotto delle tabelle 1 e 2.

Da Tabella 4 si può vedere che all'incirca in un anno i vari articoli trattati nei reparti all'interno dello stabilimento compiono una distanza di 5.472 km (5.472.638 metri).
Dopo aver quantificato le distanze e il numero di viaggi effettuati, ora si procederà con la visualizzazione degli stessi tramite Spaghetti Chart.

3.2.1 Spaghetti Chart - Pannelleria

Conoscendo i cicli di lavorazione e procedendo all'analisi dei singoli reparti si è ritenuto opportuno utilizzare lo strumento grafico dello *Spaghetti Chart* per meglio analizzare i movimenti all'interno degli spazi dell'azienda. In particolare, in accordo con i cicli di lavorazione sono state studiate le tratte che i carrellisti percorrono per effettuare i rifornimenti di materie prime al Laser 2D e all'area stampaggio, le fasi di scarico e carico e infine i flussi dei semilavorati tra i vari reparti. In questa fase dell'elaborato sono state scelte queste tratte perché ritenute di importanza primaria dall'autore. Le altre attività di cui si occupano i carrellisti, verranno approfondite nella tabella 7 del paragrafo 3.3.1. Figura 15 propone lo Spaghetti Chart dei prodotti di pannelleria, i quali sono caratterizzati dal ciclo di lavorazione più articolato tra tutte le famiglie.



LEGENDA			
1	Scarico	7	Presse OP.X
2	Accettazione	M	Buffer interoperazionale
3	Ingresso magazzino automatico	6.1	Laser 3D - ultima operazione di taglio secondo process
4	Uscita magazzino automatico (dopo taglio 2D)	M	Buffer interoperazionale
5	Pressa OP.10	8	Lastratura
M	Buffer interoperazionale	M	Deposito lastrato
6	Laser 3D - prima operazione di taglio	R	Revisione
M	Buffer interoperazionale	Q	Muro qualità
		9	Spedizione

Figura 15: Spaghetti Chart dei prodotti di Pannelleria

Il primo punto indicato nello Spaghetti Chart è l'attività di scarico della materia prima che, trattandosi di pedane con 276 fogli di alluminio ciascuno, viene eseguita da un carrellista che la deposita temporaneamente presso la zona di accettazione. Qui vengono eseguiti sia i controlli di routine della parte documentale che la verifica del rispetto delle caratteristiche tecniche concordate con il fornitore. Solo dopo aver ottenuto il lascia passare dalla funzione Qualità, ogni singola pedana è pronta per essere stoccata nel magazzino di stoccaggio automatico *verticale Night Train FMS (Flexible Manufacturing System)* del laser 2D. Qui ha inizio il ciclo di lavorazione vero e proprio dei pezzi di pannelleria con la prima operazione di taglio degli sviluppi che saranno successivamente sottoposti ad una operazione di stampaggio che è un'imbutitura. Una volta completato un lotto degli imbutiti, il carrellista lo va a depositare nel buffer dei semilavorati in attesa della prima operazione di taglio laser 3D. Il magazzino interoperazionale che vi è tra i reparti di stampaggio e di taglio laser 3D è di fondamentale importanza perché permette di disaccoppiare le due attività che hanno tempi ciclo decisamente diversi. Nello specifico, le operazioni di taglio laser sono dalle due alle tre volte più lente di quelle di stampaggio. Concluse le operazioni al reparto 3D, i semilavorati vengono riportati nel buffer in attesa di essere tranciati o flangiati nell'area presse. Successivamente, lo stesso iter viene ripetuto fino a che non viene eseguita la seconda operazione di taglio 3D, tipicamente una rifilatura. Al termine di questa operazione il lotto è pronto per essere trasportato nel reparto di lastratura. Quest'ultima è una delle operazioni con il più alto tasso di automazione, dove avviene l'assemblaggio del pezzo di pannelleria con tutte le componenti previste dalla sua distinta base. Man mano che si va completando il lotto, i contenitori specifici con i pezzi già lavorati vengono depositati nell'aerea M in Figura 15 in attesa che il carrellista li porti al reparto revisione. Contrariamente a quanto detto per la lastratura, quello di revisione è il reparto dove le lavorazioni che vengono eseguite sono esclusivamente manuali. Qui i revisionatori ispezionano ogni singolo item sottoponendolo ad alcuni trattamenti di rifinitura per eliminare piccole imperfezioni causate durante le operazioni precedenti. L'ultima fase prima della spedizione al cliente è il controllo qualità. Gli addetti posizionano i singoli pezzi sul tavolo da lavoro dove, grazie all'utilizzo di luci UV a LED ad alta intensità (fino a 8.000μW/cm^2 a 40 cm di distanza) si accertano che il pezzo sia conforme alle specifiche e non necessiti di essere rilavorato. Una volta ottenuto il parere positivo dalla qualità, il Magazzino e la Logistica si attivano per preparare il carico da spedire al cliente.

3.2.2 Spaghetti Chart - Staffe

In Figura 16 lo spaghetti chart delle staffe, seconda famiglia di prodotti per quantità annua.

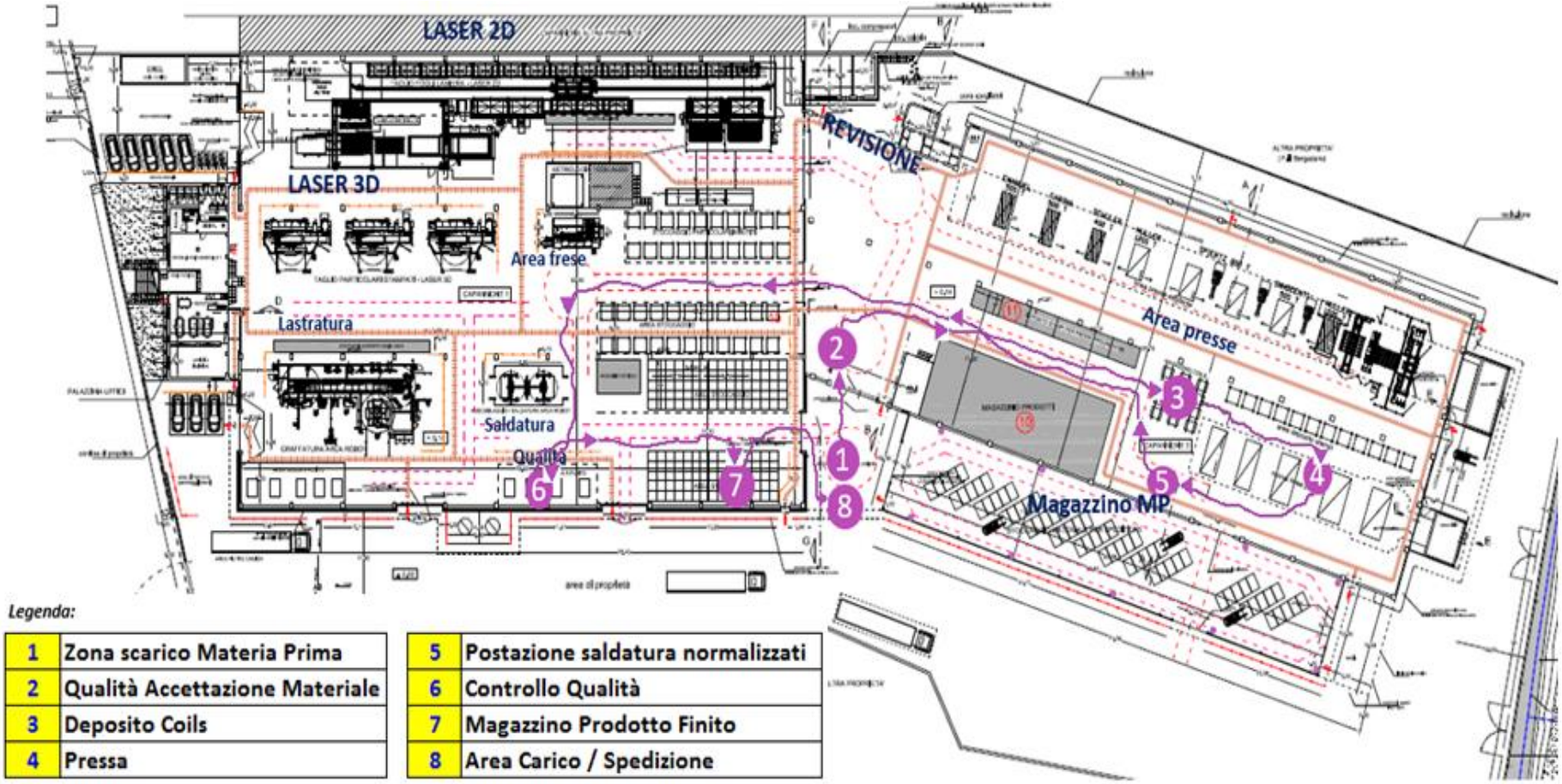


Figura 16: Spaghetti Chart staffe.

A differenza dei prodotti di pannelleria, il ciclo delle staffe è molto più ridotto. Si tratta di articoli che in genere hanno funzione di collegamento all'interno di una scocca o talvolta di supporto per dispositivi come le batterie di un'autovettura. Sono la seconda famiglia di prodotti come quantità visto il loro molteplice uso sul prodotto finale. In figura 17 è possibile vederne un esempio.

Figura 17: Cassette di plastica con staffe

La prima differenza con altri prodotti si trova nell'imballo della materia prima. Questa non arriva in pedane da depositare nel magazzino automatico del laser 2D né in quello tradizionale, ma in bobine di acciaio dal peso di circa 2 t che vengono movimentate mediante l'utilizzo di un carroponte e collocate in apposite culle a ridosso delle presse dell'officina. Per la produzione di oggetti di questo tipo vengono adottati stampi progressivi montati generalmente su presse di tipo meccanico che permettono una produzione oraria di 400 unità. Terminato lo stampaggio, il cassonetto viene trasportato dal carrellista nel punto 5 dello Spaghetti Chart di Figura 16, dove vengono saldati elementi comunemente chiamati "normalizzati", come rondelle sferiche o piane, dadi esagonali o predisposizioni per boccole di posizionamento. É in questa fase che le staffe vengono messe in cassette Odette come in figura 17, accatastate a gruppi di 12 su un euro pallet e portate nel reparto Qualità per essere sottoposte ad un controllo a campione prima di essere stoccate su alcune scaffalature tradizionali dislocate nel punto 7 dello Spaghetti Chart.

3.2.3 Spaghetti chart – Particolari telaio

In Figura 18 è rappresentato lo *Spaghetti Chart* dei particolari del telaio.

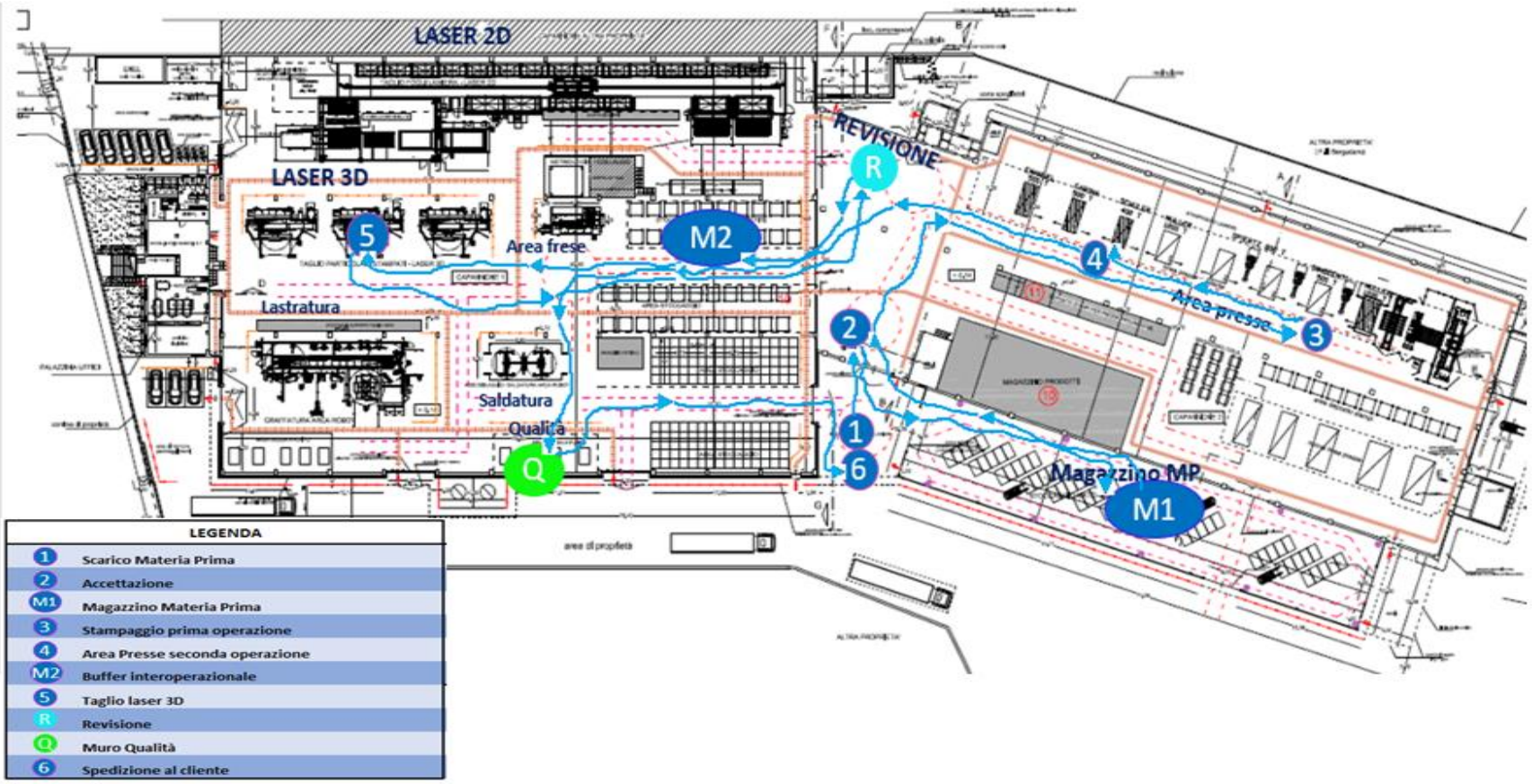


Figura 18: Spaghetti Chart per particolari del telaio

Il telaio di un'auto è essenzialmente la struttura più importante di un veicolo che ha lo scopo di sorreggere e tenere insieme tutta la meccanica e l'abitacolo del mezzo in questione. In figura 19 è possibile osservare una parte del telaio della fiancata di una vettura che Cecomp realizza per conto di Renault Alpine. Le fasi di scarico e accettazione della materia prima sono in comune a tutte le altre famiglie di prodotto. A differenza dei particolari di pannelleria analizzati nel paragrafo 3.2.1, però, le pedane con i fogli di alluminio non vanno nel magazzino automatico del laser 2D, ma vengono stoccate a catasta (figura 19) nel magazzino materia prima che corrisponde al punto M1 della figura 18. La produzione inizia nell'area presse con la prima operazione di tranciatura dove, tramite l'utilizzo di un punzone e di una matrice, è possibile ottenere la separazione di una determinata porzione della geometria piana del foglio di alluminio. La seconda operazione che viene eseguita nello stesso reparto è quella di piegatura che serve per ottenere determinate forme e per conseguire un irrigidimento della struttura. Terminate le lavorazioni in questo reparto, i semilavorati, disposti nelle relative culle, vengono trasferiti nel magazzino intermedio (M2) in attesa di essere lavorate dal laser 3D. In questo reparto vengono realizzati tutti i fori e le rifiniture previste dalla scheda progettuale. Si tratta di operazioni che richiedono un tempo di lavorazione che varia dai 140 ai 230 secondi. Una volta terminato il taglio, il pezzo viene messo nel suo contenitore specifico come in figura 19 e portato nel reparto revisione per eliminare o ridurre il più possibile alcune sbavature che possono presentarsi principalmente in corrispondenza dei bordi. Anche per i particolari del telaio, la spedizione è preceduta dal controllo qualità che, salvo imperfezioni, dà la delibera per la consegna. Può capitare che il reparto Qualità mandi indietro qualche pezzo alla revisione per essere ulteriormente perfezionato prima della spedizione. Questo è un tema che verrà approfondito nel prosieguo dell'elaborato in merito all'importanza della vicinanza dei due reparti interessati.

Figura 19: Stoccaggio pedane di materia prima e telaio fiancata pronto per la spedizione

3.2.4 Spaghetti Chart – Particolari di sicurezza

La Figura 20 illustra lo Spaghetti Chart dei particolari di sicurezza, seguita dalla legenda per facilitarne la comprensione.

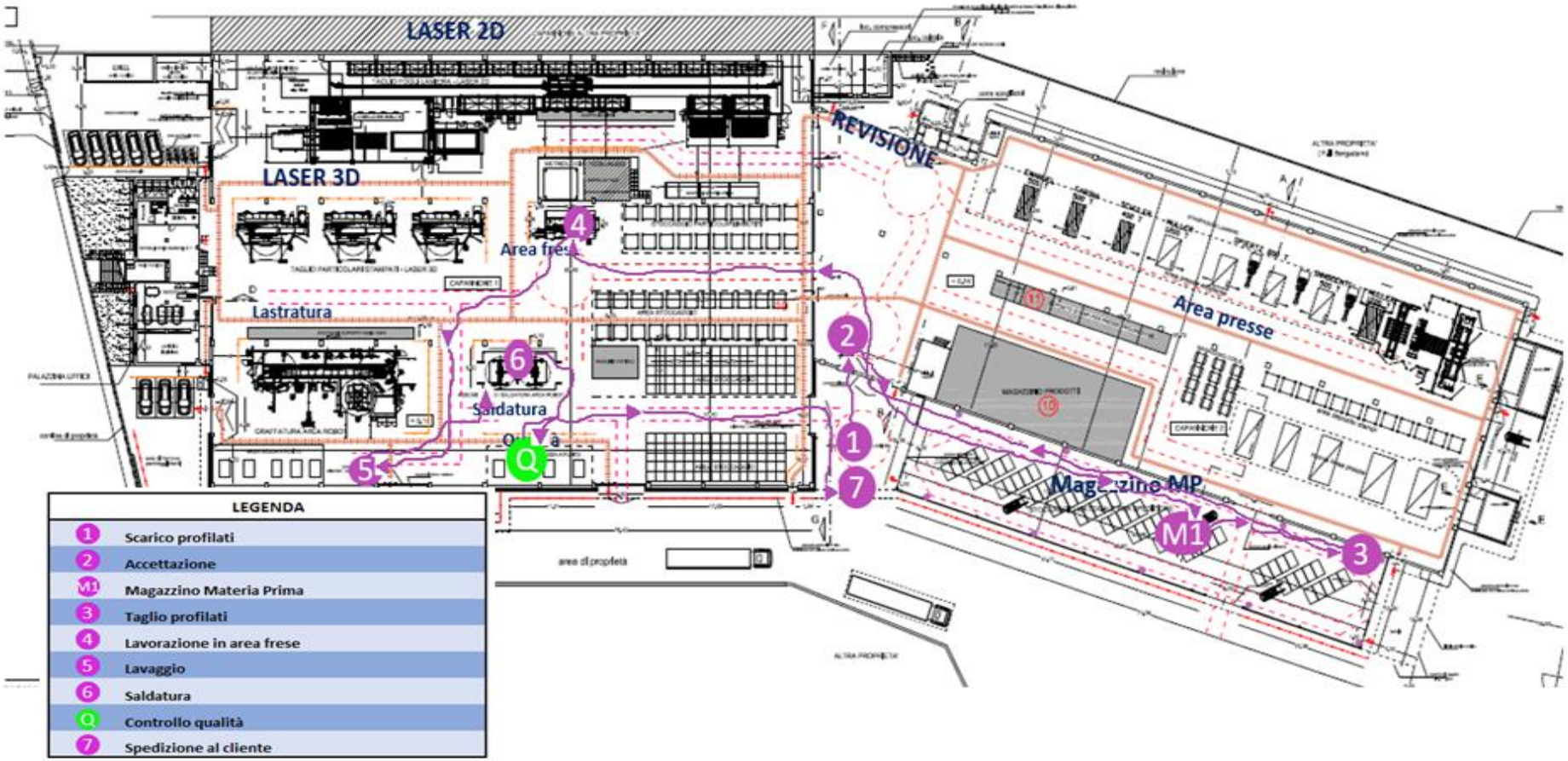


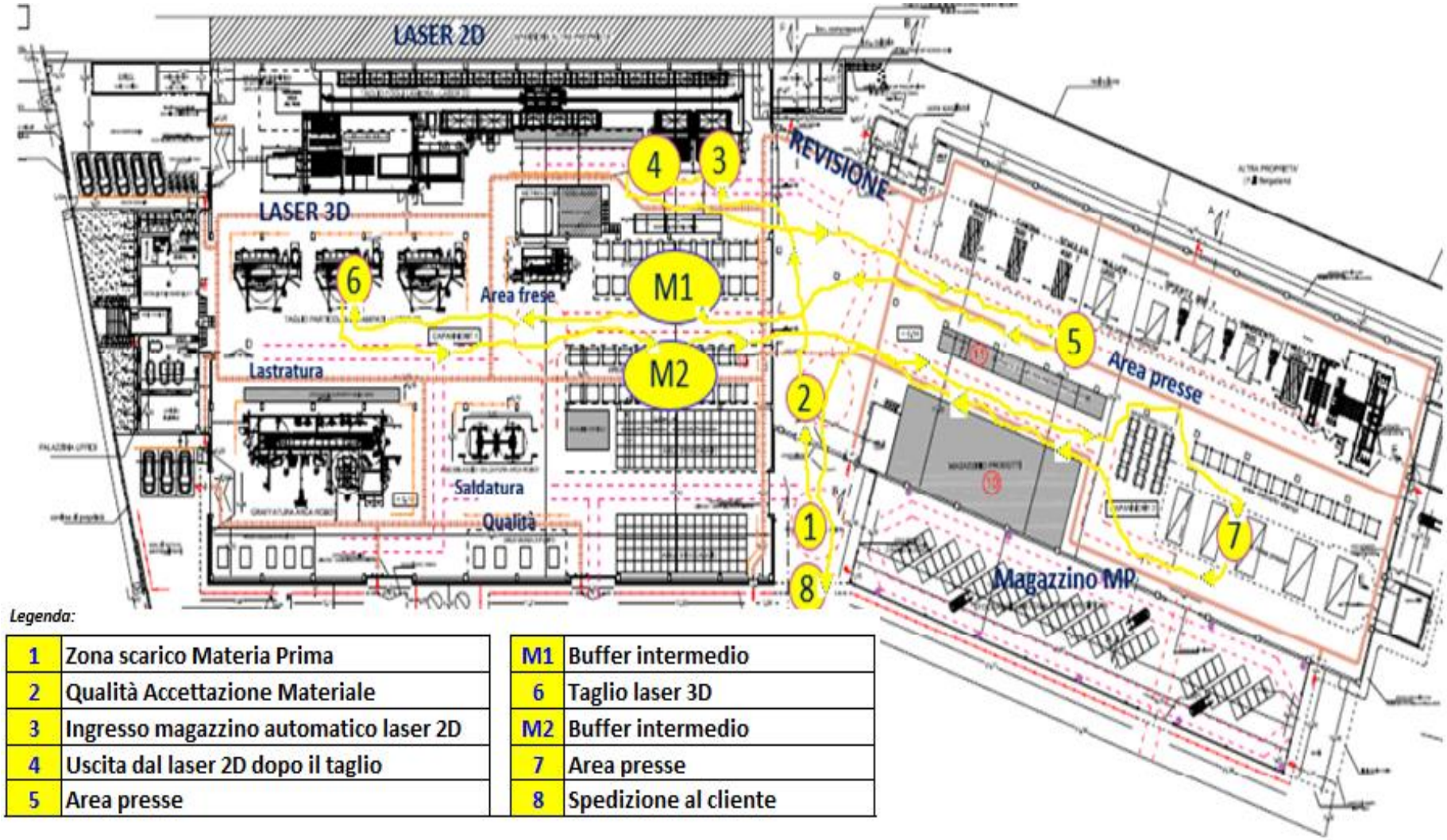
Figura 20: Spaghetti Chart particolari di sicurezza.

L'utilizzo principale dei profilati estrusi (prima immagine a sinistra in Figura 21) consiste nella loro lavorazione per realizzare diverse parti di una vettura come ad esempio il supporto motore. Si tratta di un componente che serve per assicurare saldamente il motore al telaio dell'auto, evitando eccessive e dannose vibrazioni che possono verificarsi durante il funzionamento. L'importanza di questo particolare di sicurezza si traduce in lavorazioni che richiedono un'elevata precisione e un controllo qualità al 100% di ogni lotto.
Le barre di alluminio arrivano in imballi da 28 come la prima immagine a sinistra in Figura 21 e vengono tagliati dalla sega che si trova nel punto 3 dello Spaghetti Chart. Successivamente, passano al reparto di fresatura dove vengono ulteriormente tagliati e forati (foto centrale di figura 21). Prima di essere saldati dal robot ad alta precisione che si trova nel punto 6, vengono lavati per eliminare i residui di truciolo che si sono accumulati durante la fase precedente. Nell'ultima immagine di Figura 21 è possibile osservare il pezzo finito in fase di collaudo. Questa è una delle fasi più delicate per un particolare del genere, sia perché, come detto prima, viene eseguito un controllo a tappeto del lotto prodotto, sia perché i parametri da misurare sono tanti. Superata la fase di controllo, ogni singolo particolare viene depositato nel suo contenitore specifico pronto per essere spedito al cliente.

Figura 21: Da sinistra verso destra, profilati estrusi, semilavorati dopo fresatura e lavaggio, prodotto finale

3.2.5 Spaghetti Chart – Rinforzi

I rinforzi sono elementi strutturali di diversi tipi e dimensioni che fanno parte delle distinte base di quasi tutte le famiglie di prodotti visti finora ad eccezione delle staffe. Cecomp produce internamente gran parte dei rinforzi che servono al cliente per assemblare sull'intera scocca il prodotto finito di pannelleria piuttosto che un particolare di sicurezza o del telaio di una vettura. Tuttavia, si è deciso di dedicare loro un paragrafo a parte perché, avendo un iter produttivo distinto all'interno del plant, contribuiscono all'aumento dei flussi che sono oggetto di studio del presente capitolo. In Figura 22 il relativo *Spaghetti Chart* seguito dalla legenda.



Legenda:

1	Zona scarico Materia Prima	M1	Buffer intermedio
2	Qualità Accettazione Materiale	6	Taglio laser 3D
3	Ingresso magazzino automatico laser 2D	M2	Buffer intermedio
4	Uscita dal laser 2D dopo il taglio	7	Area presse
5	Area presse	8	Spedizione al cliente

Figura 22: Spaghetti Chart rinforzi

I rinforzi, insieme ai pezzi di pannelleria, sono le uniche due famiglie il cui ciclo di lavorazione inizia dal taglio laser 2D. Quest'ultimo è dotato di un sistema di immagazzinamento automatico dal quale vengono prelevate le pedane con i fogli di materia prima per la specifica matricola da lavorare, tagliati e depositati in corrispondenza del punto 4 di figura 21. Le peculiarità del 2D sono sia l'elevata precisione di taglio che la capacità di ottimizzare al massimo ogni foglio di materia prima riducendo la quantità di sfrido che ne deriva. In media da ogni foglio vengono ricavati 4 sviluppi, come si può vedere dal Nesting Report di Figura 23, che saranno successivamente imbutiti. Quello appena citato è un report che viene compilato grazie all'uso di un algoritmo che permette di ottenere un migliore sfruttamento del materiale. Ciò si evince in termini di flussi dalla Figura 24 confrontando il numero di viaggi che vengono effettuati dall'area accettazione verso il 2D e da questo all'area presse.

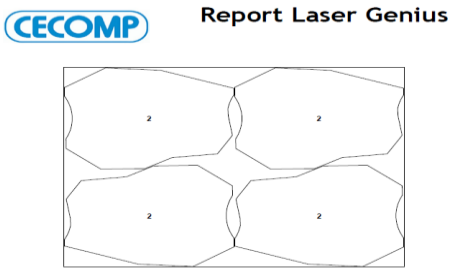


Figura 23: Esempio di Nesting Report

Descrizione	From\to	Mag.aut. 2D	Area presse
Area scarico	Scarico		
Area Acettazione	Acett.	578	
Magazzino MP	Mag. MP		1006
Taglio laser 2D	2D		2352

Figura 24: Particolare di Tabella 3

Terminata la lavorazione al reparto del taglio laser 2D, il flusso è il seguente:

- la pedana con le sagome appena tagliate viene spostata in area presse per essere imbutite.
- Trasporto imbutiti nel buffer dei semilavorati (M1)
- Taglio laser 3D (6)
- Trasporto nel buffer intermedio (M2)
- Coniatura in area presse
- Spedizione al cliente.

3.2.6 Spaghetti Chart – Leveraggi

L'ultima famiglia trattata è quella dei leveraggi, il cui Spaghetti Chart di Figura 25 servirà per meglio comprenderne l'iter produttivo.

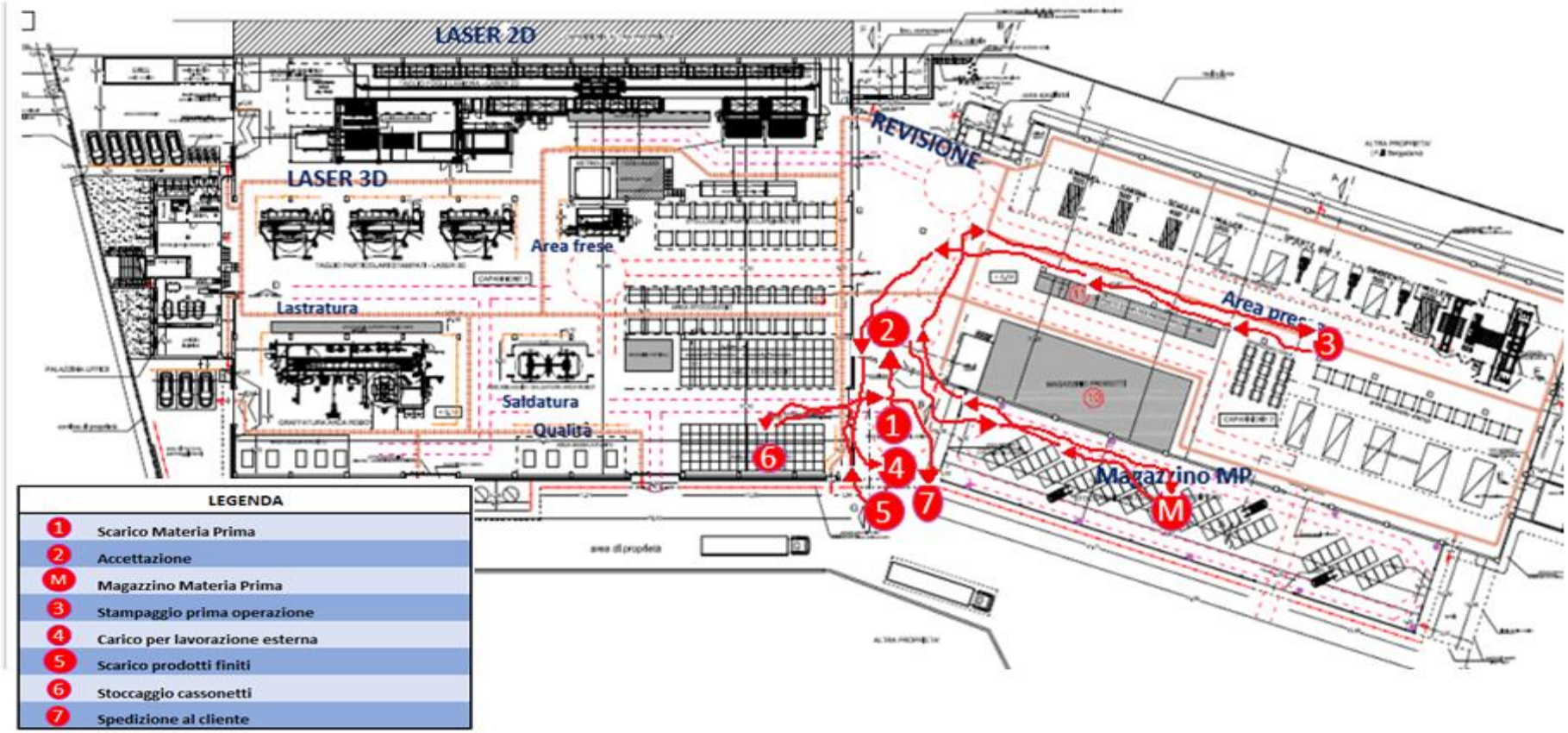


Figura 25: Spaghetti Chart leveraggi

Con il termine “Leveraggi” ci si riferisce ad oggetti in acciaio di piccole dimensioni che vengono installati in tantissime parti di un’automobile; il loro impiego spazia dalle serrature delle portiere a tutti i componenti meccanici del cambio. Il loro vasto impiego giustifica l’elevata quantità prodotta da Cecomp (1,28 Mln di pezzi l’anno) per la cui produzione vengono utilizzati stampi progressivi da circa 1.000 pz/h. Questa tipologia di prodotti, dopo la prima operazione di stampaggio, viene data in conto lavorazione ad un’azienda esterna che li sottopone ad un trattamento di zincatura. Ritornati in Cecomp, vengono stoccati per un breve periodo (48h al massimo) e poi spediti al cliente finale.

3.3 I tempi di movimentazione

Per convertire le distanze di Tabella 3 in tempi, sono stati necessari due step preliminari: l’assegnazione ad ogni flusso di un mezzo di movimentazione e la definizione delle velocità medie di ogni mezzo.
Nel caso in esame sono utilizzate tre tipologie di mezzi:

- Carrello elevatore a forche di tipo tradizionale: utilizzato per quasi tutte le operazioni poiché i carichi, le dimensioni e le distanze tra un reparto e l’altro sono tali da rendere sconveniente l’uso del transpallet.
- Transpallet: usato per le movimentazioni per cui non è necessario l’impiego di un carrello elevatore a forche ma che comunque non possono essere effettuate manualmente.
- Carroponte: il suo impiego è indispensabile per trasportare le bobine di materia prima, del peso di circa due tonnellate, dall’area accettazione al relativo deposito e da qui alla pressa in cui verranno usate.

Per completezza di trattazione, nella Tabella 5 sono stati associati i mezzi di movimentazione ai flussi:

Punto di partenza	Punto di arrivo	Mezzo
Laser 3D	Lastratura	Transpallet
Muro qualità	Stock finiti	
Saldatura	Muro qualità	
Lavaggio	Saldatura	
Area accettazione	Deposito coils	Carroponte
Deposito coils	Bocca nastro	
Area scarico	Area Acettazione	Carrello elevatore a forche di tipo tradizionale
Area Acettazione	Magazzino MP	
Area Acettazione	Taglio laser 2D	
Magazzino MP	Area presse	
Taglio laser 2D	Area presse	
Area presse	Area Saldatura	
Area presse	Buffer semilavorati	
Area presse	Stock finiti	
Taglio laser 3D	Area revisione	
Taglio laser 3D	Buffer semilavorati	
Area revisione	Muro qualità	
Muro qualità	Area carico	
Lastratura	Area revisione	
Area Saldatura	Area carico	
Area Frese	Area lavaggio	
Stock finiti	Area carico	

Tabella 5: Mezzi di movimentazione

Essendoci alcuni flussi che possono essere percorsi da più tipologie di mezzo, come riferimento si è semplicemente considerato il mezzo di trasporto usato la maggior parte delle volte. Il secondo elemento necessario per il calcolo del tempo di movimentazione è costituito dalle caratteristiche tecniche dei mezzi, elencate nella Tabella 6:

Mezzi di trasporto	Carrello elevatore a forche	Transpallet	Carroponte
Velocità [m/s]	4,44	0,17	0,083
Fattore correttivo	0,2	0,2	0,2
Velocità effettiva [m/s]	0,888	0,034	0,0166

Tabella 6: Caratteristiche mezzi di movimentazione

I valori della prima riga sono stati definiti dopo aver consultato le schede tecniche delle relative case costruttrici. Tuttavia, è stato necessario moltiplicare ogni velocità per un fattore correttivo dovuto alle condizioni reali che si hanno nel momento in cui è movimentata la merce. A causa del carico, delle manovre e di qualche eventuale ostacolo, l'autore ha ritenuto corretto ridurre le velocità dell'80%.

Elaborate tutte le informazioni e i dati necessari al calcolo del tempo complessivo di movimentazione, si è passati alla definizione della matrice dei tempi complessivi (Figura 26).

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		43080																	43080
Area Acettazione	Acett.			45542	25914												241554			313010
Magazzino MP	Mag. MP					121127														121127
Taglio laser 2D	2D					395150														395150
Area presse	Area presse										84583	501784			15804					602171
Taglio laser 3D	3D							630162		4126070		403711								5159943
Area revisione	Revisione								1141524											1141524
Muro qualità	Qualità														854237				700840	1555076
Area Lastratura	Lastratura							457942												457942
Area Saldatura	Saldatura								260400										524822	785222
Buffer semilavorati	Buf.semil.					486702	281130													767832
Area Frese	Area Frese															10340				10340
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												29166							29166
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		51263	51263
Area lavaggio	lavaggio										92214									92214
Deposito coils	Dep. Coils																	192107		192107
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				11717168

Figura 26: Matrice dei tempi complessivi

La struttura del calcolo che è stata applicata in questo caso, è la stessa seguita per il calcolo della distanza totale percorsa nel paragrafo 3.2. Il tempo totale dedicato alla movimentazione che ne deriva è pari a 11.717.168 secondi, cioè quasi 3.255 ore all'anno.

3.3.1 Attività secondarie dei carrellisti

Quelle indicate nella matrice di Figura 26 possono essere definite macro-movimentazioni nel senso che riguardano le attività principali in accordo con i cicli di lavorazione di ogni famiglia di prodotti. Oltre a queste però, ci sono altre attività che rientrano nelle mansioni di coloro che si occupano di movimentazioni e che quindi, richiedono una quantità di tempo. Di seguito in Tabella 7 è possibile vederne un elenco con i relativi tempi espressi in [min/turno]. Data la non disponibilità di dati che si riferiscono alla quantificazione del tempo necessario per svolgere le seguenti attività sul gestionale dell'azienda, è stato possibile elaborare questo elenco poiché è frutto di osservazioni empiriche e interviste eseguite dall'autore della tesi ai colleghi.

Attività	Tempo [min/turno]	Tempo [min/anno]
Svuotare contenitori di sfrido	40	26.400
Rifornimento reparti con contenitori vuoti	25	16.500
Operazioni di carico/scarico mezzi alle banchine di ricevimento merci e spedizione	95	62.700

Tabella 7: Tempi attività ausiliarie

Considerando che l'attività produttiva è di 24h per 220 giorni lavorativi all'anno, e sommando le tre voci della terza colonna della tabella 7, si arriva ad un totale annuo di 105.600 minuti che equivalgono a circa 73 giorni lavorativi. Avendo eseguito questi ragionamenti, è opportuno aggiornare il totale della matrice dei tempi complessivi di Figura 26 che diventa 18.053.168 secondi. Ciò che si può notare è che le attività elencate in tabella 7 sono responsabili di più del 50% delle movimentazioni e non sono attività a valore aggiunto.

3.3.2 Criticità

In questo paragrafo verranno descritte le criticità riscontrate nella situazione AS-IS. La loro identificazione è stata possibile prevalentemente tramite osservazioni fatte sul campo e interviste eseguite dall'autore ai colleghi. In questa fase è stata molto utile la mappatura eseguita mediante *Spaghetti Chart* e la compilazione delle tabelle *From to Chart.*

Dopo aver eseguito la mappatura mediante Spaghetti Chart e analizzato sul campo la situazione attuale,

- *Elevata distanza tra aree di lavoro* che, dal punto di vista dei flussi, dovrebbero essere adiacenti. In particolare, la distanza tra il reparto Qualità e quello di Revisione è molto alta considerando l'elevata interazione che vi è fra i due. Infatti, come è possibile vedere dalla Tabella 3, il numero di viaggi che vengono effettuati annualmente si aggira intorno agli 11.000 e il tempo impiegato per effettuarli è pari a 1.141.524 secondi, vale a dire circa 317 ore lavorative. A questi viaggi bisogna aggiungerne una parte relativa al fatto che il pezzo può fare avanti e indietro più volte prima di essere dichiarato conforme dal responsabile della Qualità. Come anticipato nel Paragrafo 3.2.3 si verificano delle situazioni in cui gli addetti al controllo qualità ritengono opportuno un ulteriore passaggio del pezzo presso il reparto revisione. Ciò, ovviamente, ha un impatto sia sulle distanze percorse annualmente che sui tempi. Per quantificarli è stato seguito lo stesso ragionamento eseguito in precedenza per la matrice dei tempi complessivi di Figura 26. Analizzando le schede di controllo dell'Ufficio Qualità si è visto che situazioni del genere, ovvero di rilavorazione, si sono verificate 228 volte nel 2021. Ciò comporta un aumento del numero di viaggi e dei km percorsi. Nel caso specifico si percorrono 20.962,32 metri impiegando complessivamente 23.606 secondi.
- *Stoccaggio casuale*. L'assenza di una zona dedicata alla merce pronta per essere spedita comporta creazione di inefficienze; il tempo speso per individuare un prodotto e/o per il prelievo aumenta di circa 9 minuti. Si è arrivati a tale dato rilevando i tempi di quelle situazioni in cui per intercettare il codice richiesto, il carrellista, deve spostare la merce che ne impedisce il prelievo e posizionarla nell'ubicazione più consona. La stima di questi dati è stata condotta dall'autore dopo aver assistito a 15 operazioni di prelievo. Infatti, per la fase di preparazione del carico, oltre a considerare i tempi necessari per compiere le tratte, bisogna tenere conto di queste ulteriori quote temporali che spesso risultano maggiori di quelle

necessarie per effettuare l'operazione in sé. Tale situazione si verifica spesso anche nel magazzino materia prima, dove vi si trovano prodotti a differenti stati di lavorazione. Anche qui il tempo che servirebbe esclusivamente per le movimentazioni viene aumentato da quello impiegato per la ricerca dell'articolo richiesto.

- *Stesso spazio per operazioni di carico e scarico*. L'assenza di un criterio che divida le zone dedicate alle operazioni di carico e scarico inficia, chiaramente in maniera negativa, sull'efficienza aziendale. Spesso nel piazzale si forma una vera e propria situazione di congestionamento del traffico di mezzi provenienti dall'esterno che provoca un rallentamento delle operazioni di rifornimento dei reparti da parte dei carrellisti con pedane di materia prima o contenitori vuoti. Tale situazione, inoltre, fa aumentare la probabilità che si verifichino incidenti mettendo a rischio la sicurezza delle persone che operano in quest'area.

Questi eventi, che si verificano sistematicamente durante lo svolgimento dell'attività produttiva, si riflettono poi nel basso valore di efficienza ricavato dal rapporto tra le attività a valore aggiunto e le attività a valore e a non valore. Tema che sarà affrontato nel prosieguo dell'elaborato. Se venissero risolte o almeno mitigate queste criticità, si potrebbero ottenere vantaggi come: aumento dell'ordine all'interno dello stabilimento, risparmio economico dovuto al minor tempo impiegato per l'esecuzione di un'attività e maggior tempo degli operatori da dedicare ad altro. Per esempio, il carrellista potrebbe aiutare il magazziniere a preparare la spedizione successiva o smaltire più rapidamente la coda dei camion che si presenta nel piazzale per arginare il problema del congestionamento.

3.4 Analisi dei lead time aziendali

A seguito della mappatura del flusso fisico si è proceduto andando a ricavare alcuni lead time aziendali il cui calcolo è stato preceduto da una fase preparatoria di raccolta dati, osservazioni dirette e interviste agli operatori. I dati di partenza sono costituiti dalle informazioni presenti sul gestionale dell'azienda e dalle schede di produzione a disposizione degli operai. Si tratta di una scheda di autocontrollo che ciascun operatore è tenuto a compilare durante il turno di lavoro con l'orario di inizio e fine produzione, numero di pezzi fatti, rilevamento di eventuali non conformità e/o criticità da segnalare al proprio responsabile. In Figura 27 se ne riporta un esempio.

CECOMP
Qualità Metodi

REGISTRAZIONE AUTOCONTROLLO TAGLIO LASER 3D

Rif. PO.05.0 Attività e documentazione della Produzione

Renault

Commessa	Denominazione	N° Disegno	Esp. Mod.:
3688_200-07	RENFORT SERRURE PORTE AV G	6020015747	J

BENESTARE AVVIO PRODUZIONE Riferimento IL.037 - IL.111

Visto Resp. Reparto	Visto Operatore Formato	Verifica parametri macchina		Data Benestare	Ora	Presenza Esito metrologia	
.....	.....	OK	NO OK	.....	.....	OK	KO

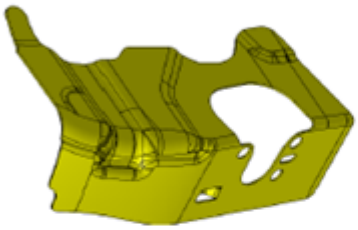
Attenzione: L'avvio produzione da parte del Resp. Reparto avviene in assenza di una formazione completa dell'operatore macchina per l'avvio produttivo.

OP.	FASE	Cadenza controlli	N° campioni	Strumento	Metodo di controllo	Istruzioni di lavoro
15	100	OGNI ORA	1	Campione di riferimento	Visivo	IL.044 - IL.051

CONFORMITA' CONTENITORE		QUANTITA' PEZZI ORA
OK	KO	

1	Assenza righe o danneggiamenti
2	Assenza segni di Rottura lamiera
3	Verifica assenza bruciature- sfiammature
4	Verifica presenza e conformità fori /asole
5	
6	
	FUNZIONALITA' E ASSENZA MACRO DANNEGGIAMENTI DEL CONTENITORE + PRESENZA CARTELLINO IDENTIFICATIVO

Alpine



I PARTICOLARI CONTROLLATI, DEVONO ESSERE EVIDENZIATI E MESSI A DISPOSIZIONE DEL CQ.

REGISTRAZIONE AUTOCONTROLLO PRODUZIONE — *Audit Qualità*

Ora	N° Pezzi controllati	PUNTI DI CONTROLLO 1 OK	1 KO	2 OK	2 KO	3 OK	3 KO	4 OK	4 KO	5 OK	5 KO	6 OK	6 KO	Q.tà pezzi OK	Q.tà pezzi NO OK	Firma Operatore	Firma Operatore Qualità	Esito OK	Esito KO
6,00																			
7,00																			
8,00																			
9,00																			
10,00																			
11,00																			
12,00																			
13,00																			
14,00																			

Totale pezzi prodotti		Totale pezzi Scarto per MAP		Totale pezzi da Recuperare		Totale pezzi di scarto	

N° LOTTO x Rintracciabilità materia prima	N° LOTTO produzione Cecomp:

Descrizione Anomalia	Descrizione attività recupero	Svolta da	Firma/ Rif. N° Deroga

Figura 27: Esempio Scheda di Produzione.

A causa della soggettività della compilazione delle schede di produzione si è scelto di considerare come tempo effettivo di lavorazione il dato più elevato. Questa scelta è stata suggerita dal responsabile di Produzione il quale, avendo un'esperienza decennale in

azienda, ha ritenuto più affidabile il tempo maggiore in quanto esso dipende molto dall'esperienza di chi esegue le lavorazioni. Scelta condivisa dall'autore considerando l'importante cambio generazionale che ha coinvolto la squadra degli operai negli ultimi mesi. L'analisi condotta presso lo stabilimento di Piobesi Torinese è basata su dati che si riferiscono alla produzione di lotti di numerosità diversa per ogni famiglia che hanno una cadenza mensile. Per i calcoli sono stati considerati 3 turni lavorativi al giorno e 220 giorni lavorativi all'anno. Poiché il *lead time* può assumere un significato diverso a seconda del tipo di impresa o del settore in cui si opera, per completezza di informazioni occorre precisare che i lead time presenti nella tabella 8 sono stati calcolati nel seguente modo:

Lead Time = Data spedizione prodotto finito al cliente – Data prima lavorazione di quel prodotto

Avendo a disposizione tutte le informazioni delle attività produttive è stato possibile calcolare il rapporto tra tempo effettivo di lavorazione e il lead time delle singole famiglie di prodotti. Questa quantità rappresenta l'efficienza delle lavorazioni svolte nello stabilimento in esame, ovvero il rapporto che vi è tra il tempo a valore aggiunto e quello totale.

I risultati ottenuti sono stati riportati in Tabella 8:

	PANNELLERIA	TELAIO	RINFORZI	STAFFE	PART. SICUREZZA	LEVERAGGI
Tempo effettivo di lavorazione [gg]	4,32	3,46	1,47	2,9	1,42	2,6
Lead Time [gg]	16	12	5	7	4	5
Efficienza = Tempo di lavorazione/Lead Time	27%	29%	29%	41%	36%	52%

Tabella 8: Risultati lead time aziendali

Dopo aver compreso appieno i processi aziendali si può dire che il basso valore di efficienza è dato dagli elevati tempi di movimentazione e dal consistente numero di operazioni di set up che vengono eseguite quotidianamente. Infatti, in una realtà come quella di Cecomp, dove si producono tante matricole diverse e lotti medio-piccoli, sono necessarie tante operazioni di attrezzaggio delle macchine che portano via una quantità di tempo non indifferente. Per esempio: l'operazione di imbutitura di un lotto di 250 fogli di alluminio che richiede un tempo macchina di 2,2 ore, viene preceduta dalla fase di attrezzaggio del macchinario che ha una durata media di 50 minuti.

3.5 Attività Lean per il reparto laser 3D

L'obiettivo della seguente analisi è quello di fornire un'introduzione alle modifiche fatte alla disposizione di banchi da lavoro e attrezzature presso il reparto del taglio laser 3D che saranno approfondite nel quarto capitolo.

La scelta di iniziare lo studio e l'implementazione delle attività Lean sulle macchine dedicate al taglio laser è dovuta ad una serie di fattori: in primis il fatto che queste sono le macchine più innovative e redditizie per l'azienda. Un'ora di produzione del laser rende circa il triplo rispetto ad una stazione di saldatura, sia essa automatica o manuale. A questo si va ad aggiungere il fatto che la macchina è quasi sempre satura ed effettua un numero elevato di set up; quindi, ogni minuto risparmiato durante la fase di attrezzaggio genera ulteriori ore disponibili per la lavorazione di nuovi prodotti e conseguentemente maggiore fatturato.

3.5.1 Il processo attuale

Il reparto di taglio laser 3D di Cecomp è composto da tre macchine a 5 assi ciascuna controllata da un calcolatore sul quale sono caricati i programmi di esecuzione contenenti le traiettorie e le velocità di movimentazione. Si tratta di macchine che lavorano automaticamente e l'asservimento dell'operatore durante la produzione si concretizza nel controllo dei parametri di lavoro e nel carico e scarico dei pezzi da tagliare. Questi vengono prelevati da un contenitore o culla proveniente dal buffer intermedio e posto a bordo macchina. Successivamente il pezzo viene fissato su un'apposita attrezzatura chiamata maschera dove vengono utilizzati dei morsetti rapidi verticali. Una volta controllato che tutto sia pronto, l'operatore dà il consenso di inizio lavorazione sul pannello di controllo e attende la fine del taglio, nel frattempo controlla lo svolgersi del processo, pronto a intervenire nel caso in cui sorgano problemi. A fine lavorazione rimuove il pezzo dalla maschera, esegue un controllo qualità visivo e lo ripone in un apposito contenitore. Una volta finito di produrre il lotto l'operatore si appresta al cambio attrezzatura che può essere diviso schematicamente in alcune fasi:

- *Smontaggio della maschera:* il banco di lavorazione è formato da 4 traverse orizzontali alle quali viene fissata la maschera con dei morsetti. La prima operazione che viene eseguita consiste nell'allentare i morsetti e tutte le componenti di serraggio. Successivamente, con l'utilizzo di una pistola di soffiaggio ad aria compressa, viene

pulita la superficie della maschera. Dopodiché vengono tolti i morsetti e si procede con lo scarico.

- *Scarico e carico della maschera sul banco*: per queste operazioni si richiede l'utilizzo di un carrello con forche ricoprenti come in Figura 28 per collocare la maschera nell'apposito vano dello scaffale e prendere quella necessaria per la lavorazione successiva.

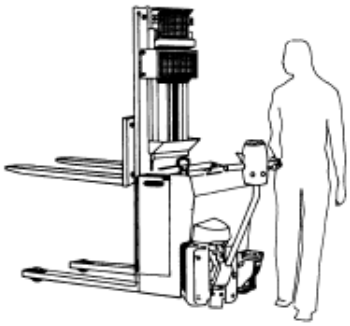


Figura 28: Esempio di carrello con forche ricoprenti [Immagine tratta da: Rafele (2020)]

Dopo il prelievo, l'operatore deposita la maschera sul banco: il posizionamento non avviene in maniera casuale, ma deve seguire le indicazioni relative agli assi riportate con un pennarello indelebile sulla maschera stessa. Infine, l'operatore blocca la maschera sul piano con delle morse.

- *Set up laser:* a questo punto si presenta la fase più complessa poiché la macchina, per poter essere operativa, ha la necessità di effettuare la regolazione che permette di settare lo zero. Deve cioè capire l'orientamento che il pezzo ha all'interno del volume di lavoro individuato dalla superficie del banco di lavoro e dalla corsa dell'asse verticale della macchina. Questa operazione viene effettuata automaticamente dopo che l'operatore, recandosi presso la consolle di comando, richiama il programma di lavorazione memorizzato nell'hardware della macchina.
- *Avvio della lavorazione*: una volta che è stato dato il consenso alla macchina per l'inizio del taglio, l'operatore deve prestare particolare attenzione allo svolgimento della lavorazione sul primo pezzo del lotto in quanto un errore nell'immissione dei dati del programma o nella memorizzazione dei punti potrebbe causare un urto tra ugello e pezzo con conseguenze piuttosto serie come ad esempio la rottura dell'ugello stesso che implicherebbe un costo diretto per la sostituzione e il fermo macchina fino all'avvenuta riparazione.

3.5.2 Attività di miglioramento

Dopo aver fornito una descrizione qualitativa di come avviene la lavorazione e l'attrezzaggio della macchina, si ritiene opportuno esaminare nello specifico le varie azioni che sono compiute per permettere il regolare funzionamento delle macchine. Per fare ciò ci si è avvalsi delle riprese effettuate con una telecamera per registrare le operazioni svolte ed analizzarle nel dettaglio in seguito. Sono state eseguite 3 registrazioni per ogni matricola per poter determinare successivamente dei tempi medi. I primi risultati di tale analisi sono presenti nella Tabella 9 dove vi sono i tempi espressi in minuti/mese. Grazie alla disponibilità delle registrazioni e al confronto con il capo reparto, è stato possibile attribuire un tempo ad ogni attività presente nella tabella 9.

Genere Causale	Descrizione	Min/mese	%
Avvio	Zero assi	2.750	20,9%
	Riavvio macchina dopo intervento		
Macchina	Perdita zero assi	860	6,5%
	Errore Laser		
	Problema aspiratore		
	Modifiche percorso		
	Blocco schermo laser		
Manutenzione	Intervento ditta esterna	465	3,5%
	Sostituzione ventose		
	Aggiunta calce		
Movimentazione	Spostamento cassoni	1.165	8,9%
	Spostamento sfrido		
	Spostamento attrezzature		
Pulizia	Pulizia attrezzatura	5.105	38,8%
	Pulizia connettori		
	Pulizia convogliatore		
Qualità	Prove per collaudo	325	2,5%
	Sgrossatura particolari		
Servizio tecnico	Modifiche percorso laser	30	0,2%
Set up	Cambio maschera	2.460	18,7%
	Cambio programma		
	Cambio contenitori per nuovo lotto		
Totale		13.160	

Tabella 9: Tempi delle attività per il reparto laser 3D

Dopo aver osservato i tempi medi, è stato fatto un piano di azione per poter cercare di ottenere delle riduzioni dei relativi tempi partendo dalle attività che sono state ritenute critiche dall'autore e dal Capo Reparto sia per l'esecuzione che per il tempo richiesto come la pulizia e il set up:

- Rilievo attività
- Valutazione dei rilievi eseguiti

- Elaborazione di un nuovo ciclo con rilevazioni dei tempi
- Formazione del personale sul nuovo ciclo
- Elaborazione dei nuovi dati per verificare l'effettiva riduzione dei tempi dopo le modifiche apportate.

Entrando più nel dettaglio delle operazioni di pulizia, si è notato che ogni macchina veniva pulita ogni inizio turno e ciò richiedeva 30 minuti per l'esecuzione. A seguito dell'indagine svolta dall'autore con l'ausilio del capo reparto, la direzione aziendale ha convocato una riunione per discutere delle problematiche emerse e di eventuali proposte di miglioramento. Trattandosi di un'attività che dev'essere necessariamente svolta per non compromettere la qualità del pezzo lavorato, il capo reparto, su proposta dell'autore, ha stabilito che bisognava agire sulla frequenza di questa attività e fare in modo che solo l'operatore del primo turno dovesse effettuare una pulizia completa dalla durata di 30 minuti, mentre gli altri due dovevano eseguire una pulizia parziale, e quindi più superficiale, dalla durata di 13 minuti. Per quantificare la durata della pulizia parziale sono stati coinvolti tre operatori del reparto (uno per macchina) che hanno collaborato all'esecuzione delle prove tecniche utili per la determinazione della nuova modalità di pulizia. Una volta raggiunto uno standard ritenuto accettabile dal capo reparto, l'autore ha cronometrato gli interventi nei successivi tre giorni chiedendo periodicamente un feedback ai laseristi per accertarsi della non presenza di eventuali complicazioni sorte successivamente. Un vincolo non di poco conto consiste nel fatto che le macchine devono essere necessariamente ferme per permettere all'operatore di entrarvi dentro ed eseguire la pulizia necessaria, come mostrato in Figura 29.

Fase	Foto	Descrizione
1		Fermare macchina e indossare DPI come guanti e occhiali protettivi
2		Aprire porta ed entrare con pistola dell'aria per soffiare nelle zone di scorrimento della testa del laser
3		Continuare a pulire la zona di scorrimento andando dall'alto verso il basso
4		Pulire zona pannello posteriore
5		Pulire zone di rotazione della tavola porta - maschere
6		Pulire banco da lavoro in corrispondenza della maschera

Figura 29: Elenco attività di pulizia

In tal modo è stato possibile recuperare tempo da poter dedicare alle operazioni di taglio contribuendo ad un aumento dell'efficienza dell'intero reparto. Figura 30 riporta uno specchietto riassuntivo dimostrante il recupero di 35,7 ore di taglio sull'intero reparto, in un mese di 21 giorni lavorativi calcolato nel seguente modo:

Riduzione Tempo Pulizia per Macchina al giorno = Tempo Pulizia (Prima) – Tempo Pulizia (Dopo) = 90 – 56 = 34 min

Riduzione Tempo Pulizia per Reparto al giorno = 34 x 3 = 102 min

Riduzione Tempo Pulizia per Reparto al mese = 102 x 21 = 2.142 min = 35,7 ore

	Prima Intervento Tempi Pulizia min	Dopo Intervento Tempi Pulizia min	
1 Turno	30	30	
2 Turno	30	13	
3 Turno	30	13	Riduzione Tempo Pulizie per Macchina Laser al Giorno Min
	90	56	34

Riduzione Tempo Pulizie per intero Reparto al Giorno Min
102
Riduzione Tempo Pulizie per intero Reparto al Mese H
35,7

Figura 30: Specchietto riassuntivo tempi di pulizia

La seconda attività ritenuta critica è il set up delle macchine. Il primo step è stato quello di identificare quali delle operazioni si debbano eseguire a macchina ferma IED *(Inside Exchange of Die)* e quali invece possano essere effettuate durante la lavorazione OED *(Outside Exchange of Die)*. Si prenda come riferimento la successione di operazioni presente in Figura 31.

N°	Descrizione attività	Attore	IED	OED	NOTE
1	Portare il contenitore o la culla dei semilavorati da tagliare vicimo la macchina	Carrellista			Da fare prima del cambio
2	Affiancare al precedente il contenitore vuoto dove mettere i pezzi tagliati	Carrellista			Da fare prima del cambio
3	Prelevare la maschera da montare e posizionarla vicino il banco da lavoro	Operatore macchina			Da fare prima del cambio
4	Staccare cavi della maschera che si sta utilizzando	Operatore macchina			
5	Svitare perni per il bloccaggio della maschera	Operatore macchina			
6	Smontare maschera	Operatore macchina			
7	Posizionare nuova maschera su banco da lavoro	Operatore macchina			
8	Avvitare perni per il bloccaggio della maschera	Operatore macchina			
9	Collegare cavi della maschera con connettori della macchina	Operatore macchina			
10	Posizionare vecchia maschera nell'apposito scaffale	Operatore macchina			
11	Richiamare programma dal pannello di controllo	Operatore macchina			
12	Spostamento contenitore pieno della lavorazione precedente	Carrellista			Dopo il cambio maschera
13	Spostamento del contenitore con lo sfrido	Carrellista			Dopo il cambio maschera

Figura 31: Elenco attività IED e OED

Come anticipato nel Paragrafo 1.4.5, le operazioni interne devono essere solamente quelle

strettamente necessarie al cambio attrezzatura (montaggio e smontaggio). Allo stato attuale tutte le operazioni colorate in arancione in figura 30 sono interne in quanto avvengono a macchina ferma. Dopo diverse rilevazioni e prove fatte sul campo è stato possibile capire che le fasi sulle quali vale la pena soffermarsi sono la 5 e la 8. Infatti, escluse la 4, la 9 e la 11 che devono avvenire a macchina ferma, come previsto dal manuale sulla manutenzione e sicurezza del macchinario, sono state fatte delle prove sulle operazioni: 5-6-7-8. La sfida per trasformare la 6 e la 7 da IED a OED si è svolta confrontando i tempi necessari per eseguirle, circa 7 minuti, con i minuti a disposizione. Questi dipendono dalla durata dell'operazione di taglio della generica matricola che si sta lavorando in quel momento. Considerando che la durata media di una lavorazione è di cento secondi si è arrivati alla conclusione che per smontare la maschera attuale e montare quella nuova la macchina deve essere ferma. A questo punto, procedendo per esclusione, si è riusciti ad intervenire sulle operazioni di svitamento e avvitamento dei perni nel seguente modo:

- Svitare e avvitare i perni di fissaggio 3 alla volta: mentre una maschera è dentro il convogliatore per il taglio, si hanno all'incirca dai 70 ai 120 secondi per svitare i perni della maschera da sostituire. Considerando che una maschera, a seconda delle dimensioni, può avere anche 10 perni, tale operazione richiede quasi 3 minuti.
- Dopo l'intervento si è provato ad avvitare i perni 3 alla volta: 2 in diagonale e 1 nella parte inferiore. In questo modo si guadagnano circa 70 secondi a giro tavola.

Per arrivare alla soluzione appena descritta, gli addetti macchina con la supervisione del capo reparto hanno fatto sei tentativi cambiando di volta in volta il numero e la posizione dei perni da svitare verificando la stabilità della maschera all'interno del convogliatore. Questo è stato possibile perché ogni macchina laser ha una telecamera ad alta definizione all'interno che permette all'operatore di osservare continuamente ciò che accade all'interno. Così facendo si è riusciti a recuperare 5 minuti a turno sui tempi di cambio maschera. In Figura 32 è possibile vedere i benefici di tale intervento in termini di tempo utile recuperato.

	Tempi cambio maschera (Prima) [min]	Tempi cambio maschera (Dopo) [min]	Riduzione Tempo per macchina al giorno [min]
1° Turno	15	10	
2° Turno	15	10	
3° Turno	15	10	
	45	30	15

Riduzione Tempo cambio maschera per intero reparto al giorno [min]
45
Riduzione Tempo cambio maschera per intero reparto al mese [ore]
15, 75

Figura 32: Specchietto riassuntivo tempi cambio maschera

Per completezza di informazioni è opportuno sottolineare che i tempi della prima colonna di Figura 31 sono stati ricavati osservando le registrazioni effettuate. Di seguito i calcoli svolti per arrivare alla riduzione del tempo per il cambio maschera per l'intero reparto al mese:

Riduzione Tempo per Macchina al giorno = Tempo cambio maschera (Prima) – Tempo cambio maschera (dopo) = 45 – 30 = 15 min

Riduzione Tempo cambio maschera per Reparto al giorno = 15 x 3 = 45 min

Riduzione Tempo cambio maschera per Reparto al mese = 45 x 21 = 945 min = 15,75 ore

3.5.3 Risultati ottenuti

Rispetto alle rilevazioni effettuate prima degli interventi sulle attività di pulizia e di set up delle macchine, sono stati fatti dei passi in avanti poiché si è riusciti a ridurre le ore di fermo macchina durante il mese. Di seguito in figura 33, il confronto fra la situazione pre e post-intervento.

	Fermo impianto [min/mese]	Disponibilità reparto [min/mese]	Efficienza [%]
Prima	13.160	90.720	**85%**
Dopo	10.073	90.720	**88,9%**

Figura 33: Confronto valori efficienza.

Il dato di partenza dei calcoli mostrati in figura 33 è il tempo di fermo macchina mensile dell'intero reparto ottenuto sommando i tempi di tutte le attività IED per tutte e tre le macchine. La disponibilità è stata calcolata come segue:

Disponibilità reparto = ore/gg x n° macchine x giorni lavorativi al mese = 24x3x21=1.512 ore = 90.720 min/mese

Il tempo di fermo impianto dopo l'intervento è stato calcolato:

Tempo fermo impianto (Prima) - *Riduzione Tempo Pulizia per Reparto al mese - Riduzione Tempo cambio maschera per Reparto al mese = 13.160 – 2.142 – 945 = 10.073 min/mese*

Invece, l'efficienza, sia prima che dopo è calcolata come il rapporto dei minuti di fermo impianto e la disponibilità.

Considerando che il reparto è costituito da 3 macchine che operano su 3 turni per un mese

di 21 giorni lavorativi, si arriva alle conclusioni sopra elencate; ovvero un risparmio di 3.087 min/anno (51,45 ore) che permettono di mitigare i tempi delle attività di pulizia e set up, contribuendo all'aumento di più del 3% dell'efficienza dell'intero reparto.

Il risultato ottenuto è da considerarsi soddisfacente per questa fase dello studio in quanto cercare di ottenere un maggiore livello di dettaglio comporterebbe molto più tempo e impegno di risorse andando a valutare tutte le possibili combinazioni tra maschere da cambiare e operatori disponibili. É, inoltre, da considerare il fatto che i dati collezionati sottostimano l'effettivo tempo speso mediamente sia per la pulizia che per l'attrezzaggio in quanto l'operatore, sapendo di essere ripreso, molto probabilmente avrà cercato di effettuare le operazioni nel miglior modo possibile nonostante fosse a conoscenza dello scopo delle riprese.

4 Il nuovo Layout

La fase finale del progetto si è svolta elaborando due differenti proposte. La riprogettazione del plant produttivo di Piobesi nasce dal fatto che, essendosi aggiudicata nuove commesse, Cecomp ha avuto l'esigenza di comprare nuovi macchinari e modificare la predisposizione del layout esistente spostando alcuni reparti. A tal fine la proprietà ha deciso di comprare un capannone dismesso, adiacente a quello attuale, collegare i due con una rampa di accesso e fare i dovuti spostamenti di macchinari e attrezzature. La prima parte, riguardante l'analisi delle informazioni sulla situazione attuale, è sufficientemente ricca per sostenere le decisioni che si andranno a prendere, ragion per cui può ritenersi conclusa. È bene sottolineare che minori sono gli impatti in termini di modifiche sulla situazione attuale, minori saranno i risultati attesi da un nuovo layout. Viceversa, un maggiore impatto sulle condizioni AS-IS ottenute con maggiori traslocamenti dei reparti e/o maggiori investimenti in infrastrutture permette di ottenere risultati migliori. Si procederà quindi formulando più alternative di layout in funzione del tempo a disposizione e delle linee guida dettate dell'azienda.

4.1 Presentazione delle alternative di layout

Il punto di partenza per sviluppare le nuove alternative di layout consiste nel riprendere in mano tutto il materiale elaborato nell'analisi AS-IS e nel cercare di sintetizzare dove e come apportare cambiamenti all'organizzazione del layout. Considerando i risultati emersi dalla mappatura mediante Spaghetti Chart nel capitolo 3 e avendo osservato i flussi sul campo, se la re-disposizione dei punti più critici viene effettuata perseguendo logiche di efficienza, presumibilmente la soluzione ottenuta porterà dei vantaggi soprattutto in termini di costi dovuti alle movimentazioni. Uno degli obiettivi del nuovo layout sarà quello di ottenere un minor numero di criticità rispetto all'attuale. Per far questo è necessario porre rimedio ai punti di svantaggio descritti nel paragrafo 3.3.2, come, ad esempio, l'elevata distanza tra i reparti di revisione e qualità, lo stoccaggio casuale e la non distinzione delle aree di carico e scarico. In Figura 33 uno specchietto che illustra la presentazione delle alternative di layout che saranno trattate nel prosieguo dell'elaborato e i criteri di valutazione e analisi utilizzati.

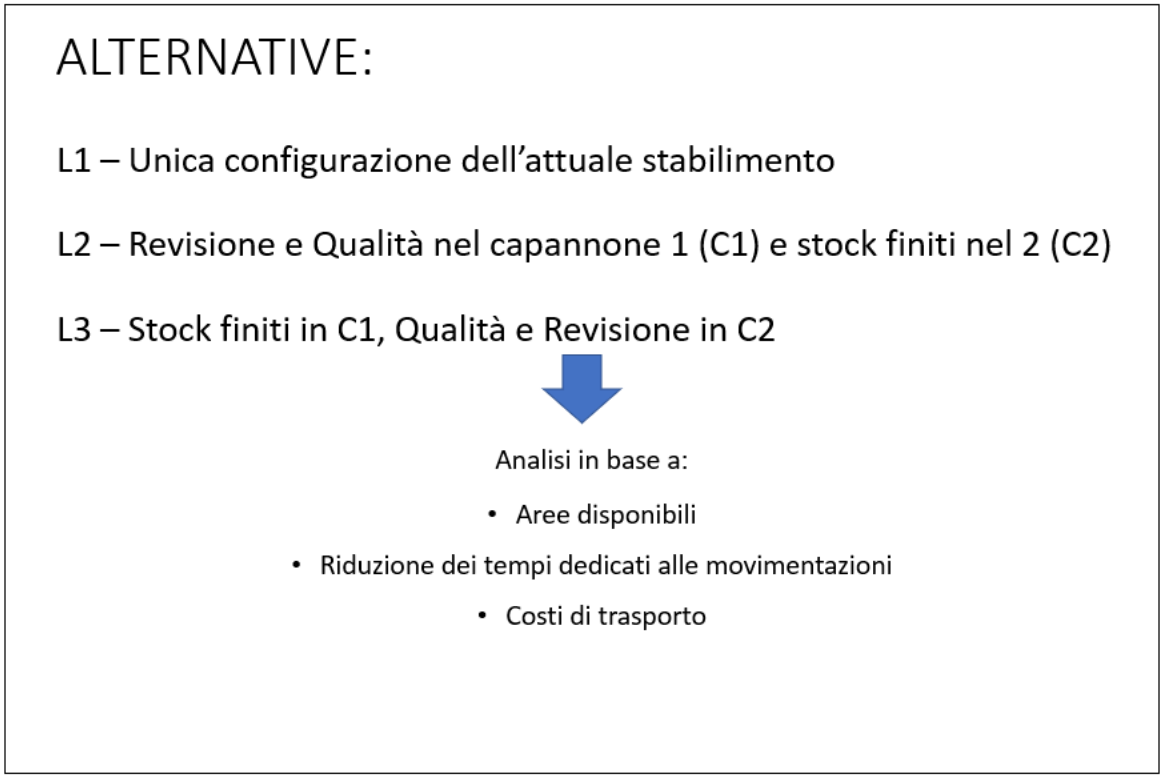


Figura 33: Specchietto introduttivo

4.1.1 L1 – Unica configurazione dell'attuale stabilimento

Con l'arrivo di nuove commesse, Cecomp ha dovuto fare delle scelte in merito al Layout dello stabilimento di Piobesi Torinese. Una volta definite le lavorazioni da fare sui nuovi articoli e analizzata la saturazione dell'attuale capacità produttiva, l'azienda ha deciso di comprare due nuovi macchinari. Nello specifico si tratta di una sega per il taglio di profilati estrusi e una fresa a controllo numerico per le successive lavorazioni degli stessi. In Figura 34 è possibile vedere il layout a seguito delle modifiche apportate.

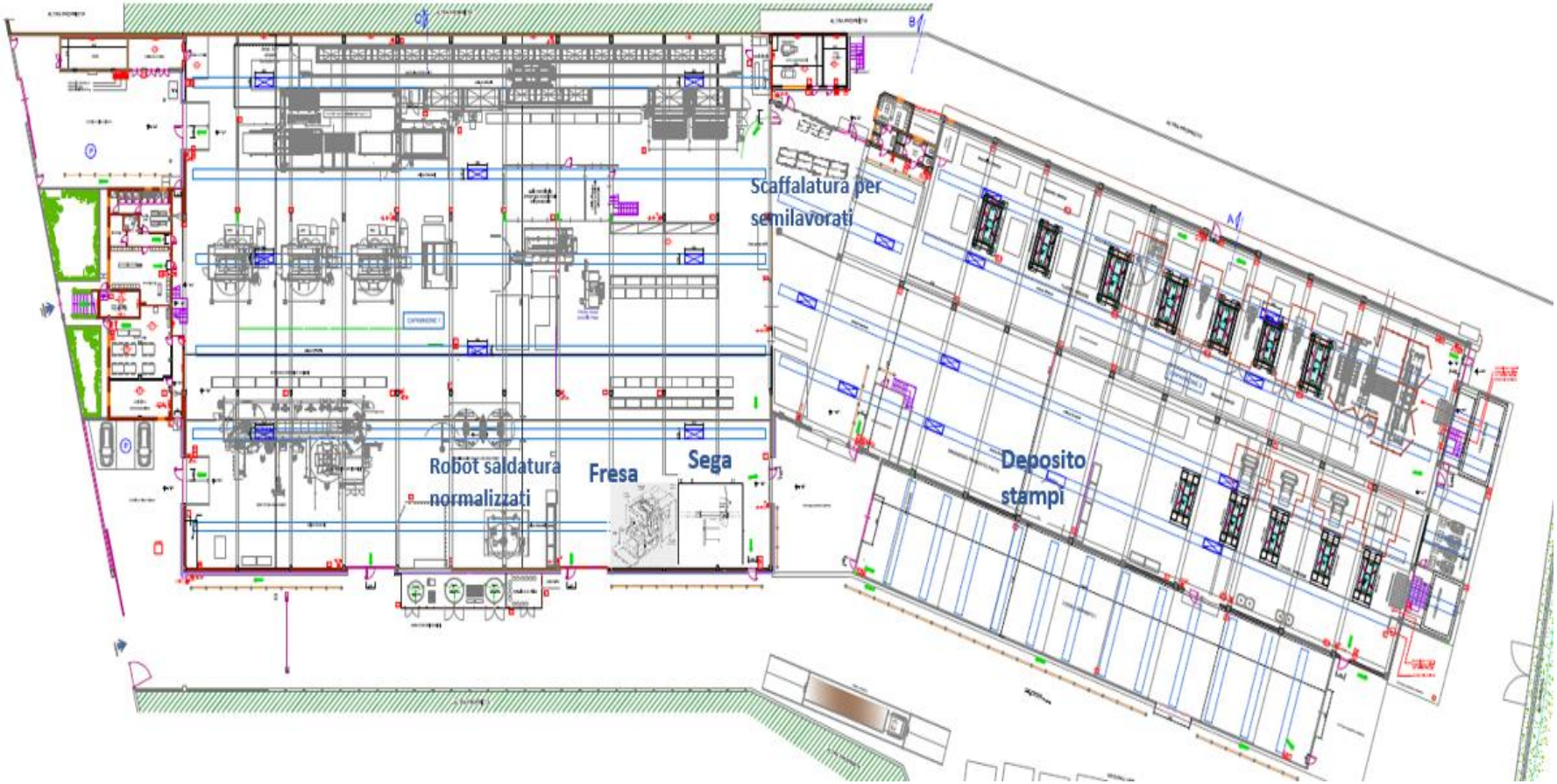


Figura 34: Layout nuovo dell'attuale stabilimento

Le modifiche rispetto alla situazione iniziale sono:

- Spostamento della scaffalatura per lo stoccaggio di alcuni prodotti finiti, che prima si trovava nel punto 7 di Figura 16, nel nuovo fabbricato.
- Installazione, nel medesimo punto, dei due nuovi macchinari.
- Spostamento robot di saldatura dei normalizzati dal punto 5 di Figura 16 al posto del reparto Qualità.
- Spostamento del reparto Qualità nel nuovo capannone.
- Spostamento del reparto Revisione nel nuovo capannone.
- Installazione scaffalatura da 24 vani per contenitori di semilavorati (1,5mx1,2m) al posto del reparto Revisione.
- Spostamento area di carico e ufficio spedizione nel nuovo fabbricato.

Lo studio della nuova disposizione del layout dell'attuale stabilimento è stato condizionato dalla presenza di un "vincolo". Ovvero, la direzione, in accordo con la proprietà, ha stabilito che i due nuovi macchinari andavano posizionati come in Figura 34 poiché vi erano già le predisposizioni per l'aggancio alla rete elettrica, alle apposite condotte di areazione, e al contempo erano rispettate tutte le regole sulla sicurezza e le norme antincendio. In caso contrario l'azienda avrebbe dovuto sostenere dei costi per rendere idonee altre zone dello stabilimento.

Da questa nuova configurazione derivano alcuni vantaggi:

- Concentrazione del reparto di saldatura dopo lo spostamento del robot di saldatura dei normalizzati.
- Diminuzione delle movimentazioni dei materiali soprattutto per quel che riguarda la lavorazione dei particolari di sicurezza. Infatti, la sega, che prima si trovava a 125 m dalle frese, adesso è adiacente.
- Riduzione dei costi di trasporto imputabili alla modifica descritta nel punto precedente.
- Espandibilità delle scaffalature per i semilavorati. Con l'aumento dei volumi produttivi, è stato necessario aumentare la superficie del buffer intermedio.

4.1.2 L2 – Revisione e Qualità nel capannone 1 (C1) e stock finiti nel 2 (C2)

In Figura 35 è possibile vedere la prima configurazione pensata per il nuovo fabbricato acquistato nell'estate del 2021 da Cecomp.

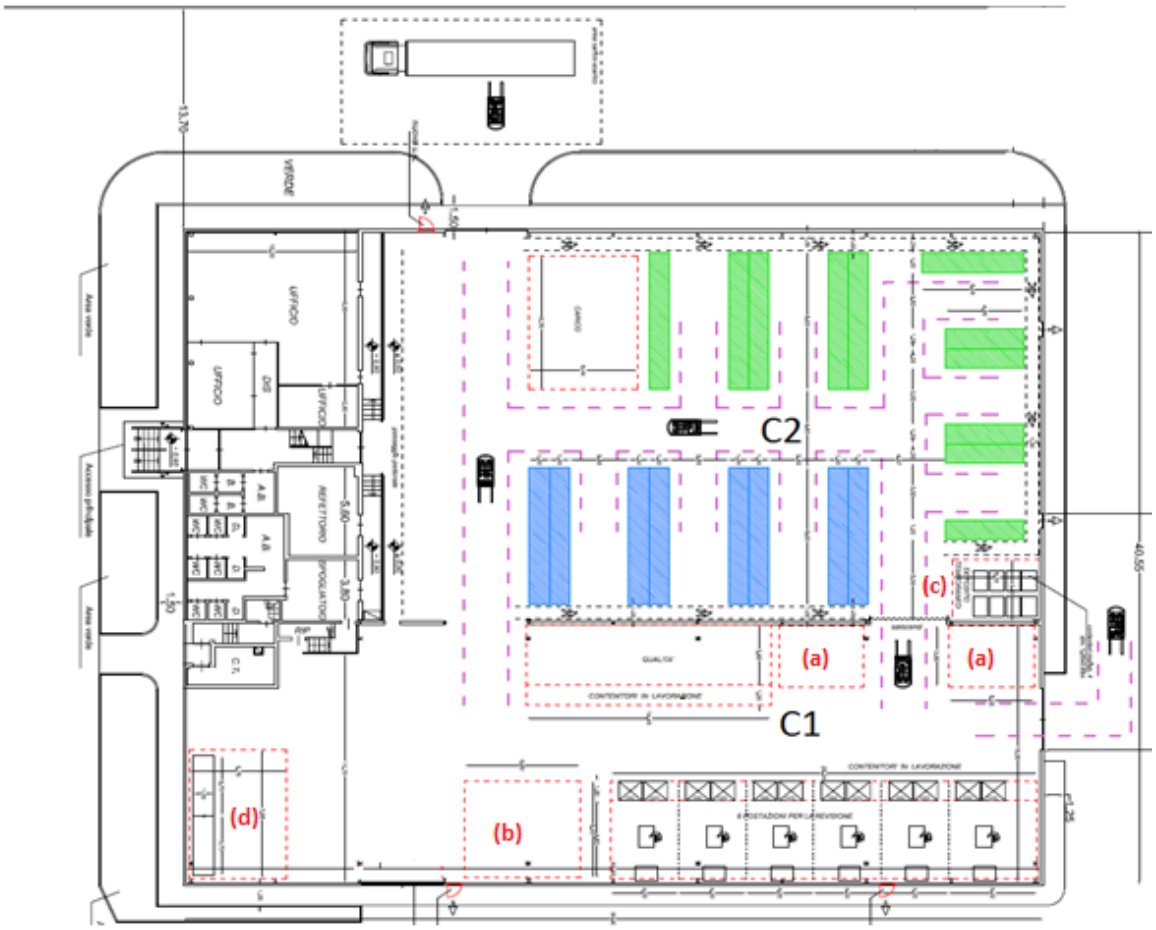


Figura 35: Prima alternativa di Layout del nuovo fabbricato.

Il primo capannone, che da ora in poi sarà chiamato C1, presenta una superficie di 627,5 m^2ed è alto 4 m. Per risolvere il problema sorto nel terzo capitolo riguardante la congestione del piazzale a causa della coincidenza delle aree di carico e scarico, l'azienda ha deciso di collegare le due costruzioni mediante una rampa di accesso lunga 10m, larga 5 e con una pendenza del 6%. Da qui scaturisce la prima decisione in merito al nuovo layout: la fase di carico dei prodotti finiti per la spedizione al cliente si trasferisce nel nuovo stabilimento. In questo modo, sin da subito, è stato possibile notare l'impatto positivo di questo cambiamento in termini di ordine sia di merce all'interno dello stabilimento che di mezzi fuori nel piazzale. Tali benefici saranno quantificati nelle Tabelle 15 e 16. Coerentemente con l'idea di spostare la parte finale del processo produttivo di Cecomp, nel nuovo fabbricato sono stati trasferiti anche i reparti di Revisione e Qualità. Scelta giustificata anche dal fatto che la loro distanza,

diminuisce rispetto a quella illustrata in Tabella 1. Ciò permette di ridurre i tempi di movimentazione e agevolare l'interazione tra gli operatori di entrambi i reparti. Aspetto non irrilevante, considerando la forte dipendenza che c'è tra le mansioni di un reparto e quelle dell'altro. L'alternativa L2 mostrata in Figura 35 implica dei cambiamenti dei flussi di materiale:

- I contenitori con i semilavorati arrivano dal plant attuale e in base alla fase successiva prevista dal ciclo di lavorazione vengono destinati in maniera diversa.
- Gli articoli che devono essere revisionati vengono depositati nel punto (a).
- Successivamente l'intero imballo viene portato nel punto (b) in attesa di essere ispezionato dalla Qualità.
- Ottenuto il parere positivo dalla suddetta funzione, il contenitore viene portato in area finiti (C2) oppure nel caso dei leveraggi o delle staffe di collegamento nel punto (d) in attesa di essere spedito al cliente.
- Come descritto con gli Spaghetti Chart nel terzo capitolo, le famiglie di prodotti non seguono tutte lo stesso iter. A tal proposito, gli articoli che non necessitano di ulteriori lavorazioni, vengono depositati temporaneamente nel punto (c) di Figura 35 in attesa che il carrellista lo porti in area finiti.
- Successivamente il magazziniere preleva i codici da spedire e li deposita nell'area carico di Figura 35.

Questa soluzione rende tutto il processo meno confuso e disorganizzato rispetto alla situazione AS-IS descritta nel terzo capitolo. Le criticità analizzate nel paragrafo 3.3.2 vengono mitigate dalla presenza di spazi dedicati e processi ben definiti contribuendo al raggiungimento di una migliore organizzazione.

4.1.3 L3 – Stock finiti in C1, Qualità e Revisione in C2

La differenza tra la proposta di Layout di Figura 35 e quella di Figura 36 consiste nell'invertire la destinazione d'uso di C1 e C2.

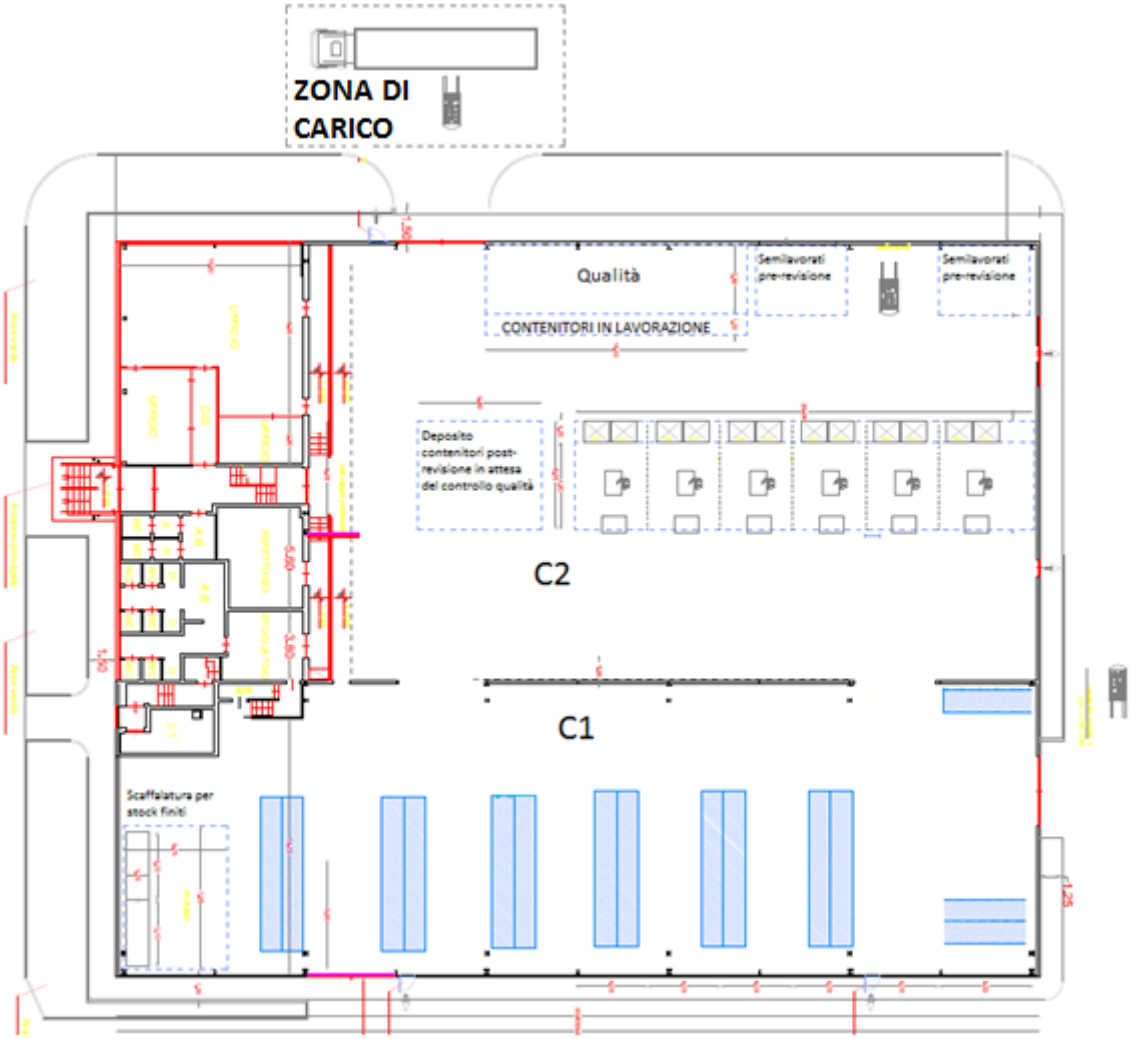


Figura 36: Seconda alternativa di Layout del nuovo fabbricato.

L'alternativa di Figura 36 è stata pensata per destinare C1 all'area dei prodotti finiti e C2 per ospitare i reparti di Revisione e Qualità. L'unico aspetto rimasto invariato rispetto a L2 è la zona di carico dei mezzi. Quest'ultima non può essere cambiata in quanto altri lati del fabbricato non sono sufficientemente grandi da consentire le manovre ad un bilico lungo 16 m.

Procedendo con un confronto qualitativo si può notare che:

- La distanza tra l'area stock finiti e la zona di carico è superiore rispetto a quella di L2. Di conseguenza si avrebbero anche tempi più lunghi per effettuare le operazioni di carico dei prodotti finiti da spedire al cliente.
- L'attraversamento della zona in cui lavorano gli operatori dei reparti di Revisione e Qualità con i carrelli a pieno carico, metterebbe a rischio la sicurezza degli stessi.
- La configurazione L3 permette di avere un maggior volume da destinare allo stock di prodotti finiti. Questo dev'essere un fattore da considerare in prospettiva di un aumento dei volumi produttivi nel futuro.

4.2 Determinazione degli spazi richiesti

In questo paragrafo si procederà con la definizione dello spazio da assegnare ad ogni attività di produzione o di servizio all'interno del nuovo stabilimento. Trattandosi di un trasferimento di due reparti già esistenti, era nota a priori la superficie necessaria per ciascuno di essi, il numero e le dimensioni di macchine e attrezzature. Tuttavia, con l'intento di migliorare le condizioni di lavoro degli operatori, l'autore ha avuto la possibilità di intervistarli e ascoltare le loro richieste. I bisogni emersi da questa indagine saranno approfonditi nei paragrafi 4.2.1 e 4.2.2.

4.2.1 Revisione

Il reparto Revisione è costituito da sei postazioni ciascuna delle quali è dotata di:

- Banco da lavoro con luce LED incorporata
- Aspiratore
- Levigatrice rotorbitale ad aria compressa con dischi abrasivi
- Armadietto porta utensili

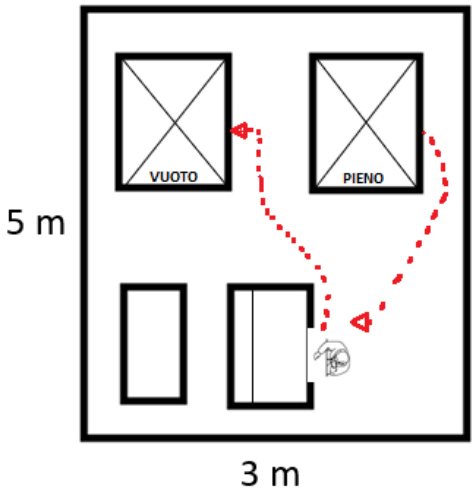


Figura 37: Layout attuale della postazione di un revisionatore

Nella situazione attuale ciascuna postazione occupa una superficie di 15 m^2 suddivisi come in Figura 37. Osservando i movimenti che ciascun operatore compie durante il suo turno di lavoro è stato possibile compilare il seguente elenco:

- Prelevamento del pezzo da lavorare dal contenitore pieno
- Posizionamento dello stesso sul tavolo da lavoro
- Prelevamento degli utensili necessari dall'armadietto
- Esecuzione della lavorazione
- Deposito del pezzo lavorato nell'altro contenitore

Dal lavoro di indagine anticipato nel paragrafo 4.2 e dalle osservazioni fatte sul campo sono emerse delle richieste derivanti da bisogni ben precisi. Nello specifico:

- Maggiore distanza tra la postazione di un operatore e il successivo per non ostacolarsi a vicenda durante l'attività operativa;
- Spazi con strisce disegnate a terra per delimitare l'area in cui devono essere depositati i contenitori con i semilavorati;
- Diverso orientamento dei contenitori per facilitare il prelievo e il deposito dei pezzi

- Banco di lavoro più grande in modo tale da poterlo adattare alle dimensioni di tutti gli articoli che necessitano di essere revisionati.

Tutti questi aspetti appena descritti e le richieste degli operatori emerse durante le interviste sono state considerate durante lo studio del nuovo Layout. A fronte di queste considerazioni il nuovo reparto Revisione assume la disposizione di Figura 38.

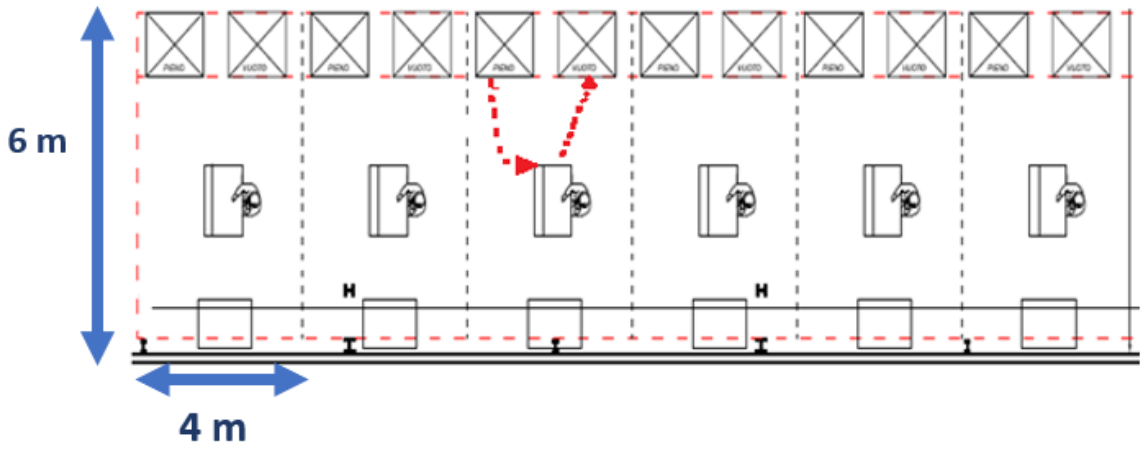


Figura 38: Particolare Figura 35.

Si può subito notare una maggiore superficie a disposizione del singolo operatore e un diverso posizionamento dei contenitori, dell'armadietto porta utensili e del tavolo da lavoro. Le modifiche che sono state fatte sono le seguenti:

- Banco da lavoro al centro per poter permettere al revisionatore di ruotarvi intorno;
- Armadio porta utensili a muro;
- Contenitori posizionati con il lato d'accesso rivolto verso gli operatori;

La scelta della disposizione di macchine e attrezzature ha chiaramente un impatto sulle condizioni di lavoro e la performance del singolo operatore. Per analizzarlo l'autore ha deciso di ripetere il processo di interviste e recarsi presso il reparto per fare delle osservazioni e rilevare dei tempi. In accordo con il metodista dell'azienda, è stato possibile confrontare i vecchi dati con i nuovi. In particolare, è emerso che il tempo per le fasi di prelievo e deposito dei semilavorati nei contenitori è stato ridotto del 27%. Infatti, come si può notare dalla figura 39 si recuperano 4 secondi per ogni pezzo lavorato.

Attività	Tempo Prelievo/ Deposito (Prima)	Tempo Prelievo/ Deposito (Dopo)	Riduzione Tempo per intero reparto al giorno	Riduzione Tempo per intero reparto al mese
Prelievo/deposito	15 s	11 s	528 s	11.088 s

Figura 39: Specchietto riassuntivo tempi di prelievo/deposito

Considerando che, mediamente, un operatore revisiona 22 pezzi/giorno e un mese di 21 giorni lavorativi, si ottiene una riduzione di circa 3 ore al mese per l'intero reparto. Tempo che, per esempio, ogni operatore potrebbe dedicare alla pulizia del proprio posto di lavoro.

4.2.2 Qualità

L'attuale reparto Qualità ha una superficie di 55 m^2 e come si può vedere dalla Figura 40 ospita:

- Un unico tavolo da lavoro lungo 7 m con tre lampade LED;
- Tre postazioni;
- Un armadietto porta utensili;
- Uno spazio dedicato per i contenitori dei semilavorati.

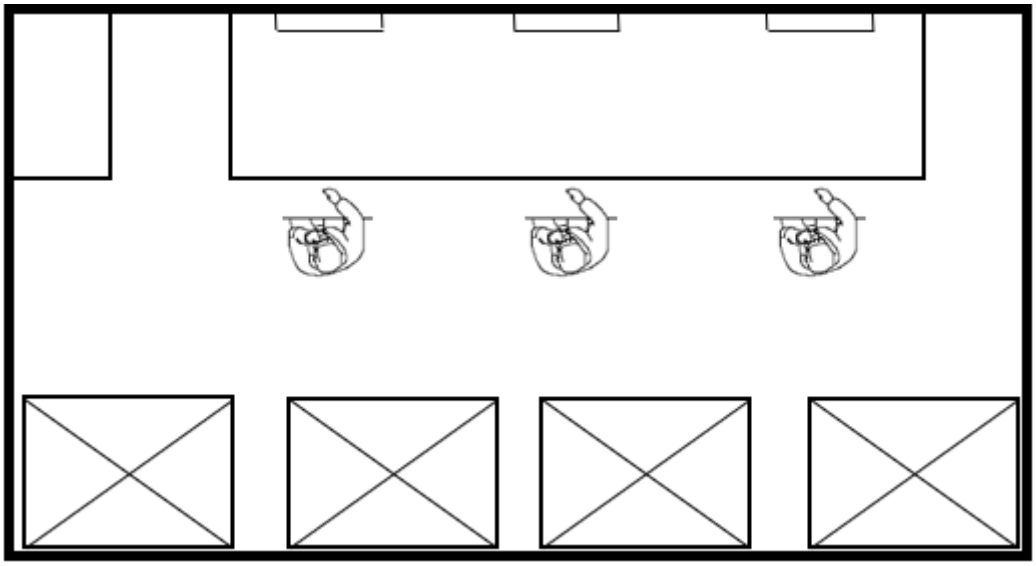


Figura 40: Layout attuale del reparto Qualità

A differenza del reparto Revisione, le interviste fatte agli addetti al controllo qualità, hanno riscontrato problematiche differenti. In particolar modo sono stati messi in discussione i

seguenti aspetti:

- La condivisione dello stesso piano di lavoro;
- L'attuale sistema di illuminazione, ovvero un'unica lampada a LED a postazione in posizione fissa.

Queste due problematiche, congiuntamente, contribuivano a non garantire un'illuminazione adeguata e alla creazione di zone d'ombra tali da pregiudicare il controllo visivo. Tenendo conto di tutto ciò durante lo studio del nuovo Layout, è stata elaborata la nuova disposizione di Figura 41.

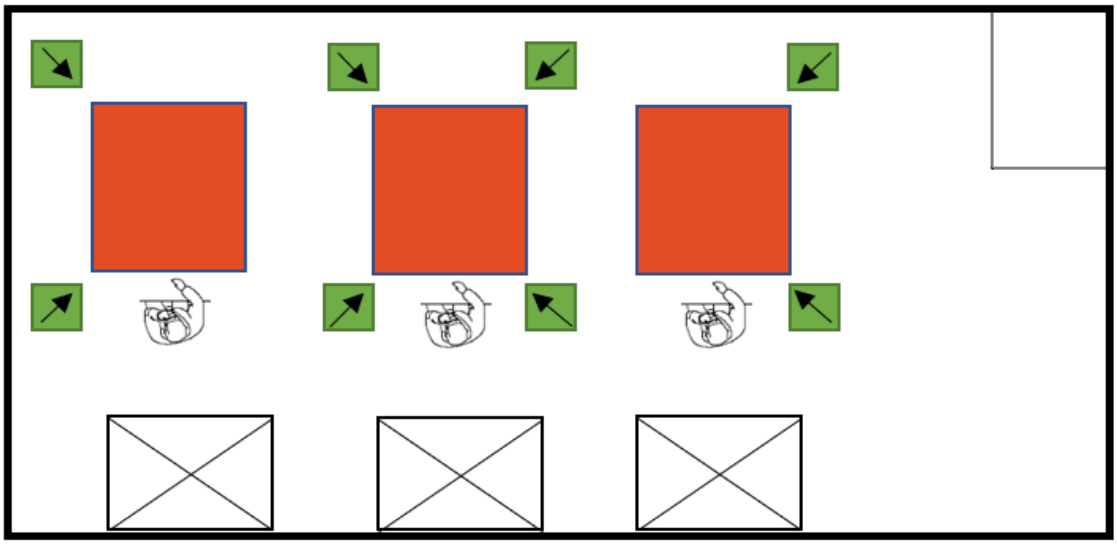


Figura 41: Nuovo Layout reparto Qualità

Grazie alla maggiore disponibilità di spazio nel nuovo fabbricato, è stato possibile ampliare la superficie del reparto Qualità a 70 m^2 ed apportare le seguenti modifiche:

- Creazione di postazioni singole e indipendenti;
- Modifica totale dell'illuminazione dell'intero reparto: Cecomp si è avvalsa della consulenza di una società specializzata nell'illuminotecnica per l'acquisto di 8 lampade a terra che garantissero un valore di abbagliamento UGR almeno pari a 22. Tale modifica ha permesso di ridurre le zone d'ombra e ricreare un ambiente con la percentuale di luce indiretta desiderata in base alla tipologia di controllo che si sta eseguendo.

È opportuno sottolineare che la scelta dell'illuminazione per il reparto Qualità ha delle ripercussioni sulla produttività degli operatori. Infatti, lavorando quotidianamente con superfici aventi forti brillanze, un'illuminazione non adeguata può causare un calo di concentrazione e un aumento del margine di errore.

4.2.3 Stock finiti

Nello studio del nuovo layout è stato ritenuto opportuno fare delle stime per quanto riguarda l'ingombro giornaliero dei prodotti finiti. Per risalire a tale dato è stato necessario entrare in possesso di tutte le specifiche tecniche dei vari imballi. Nello specifico l'autore ha dovuto reperire:

- Le tre dimensioni: Lunghezza, Larghezza, altezza
- Il materiale di cui sono fatti, utile al fine della verifica del rispetto delle norme antincendio in vigore da parte dell'ufficio tecnico di Cecomp
- Il livello di impilabiltà consentito per poter determinare la disposizione delle file di contenitori come mostrato in Figura 35.

Di seguito, in Figura 42, un estratto della tabella Excel che contiene i dati appena elencati per tutti i contenitori.

Tipologia	Nome contenitore	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Impilabilità
METALLICO	4720	1,6	1,2	0,8	4
METALLICO	4740	1,6	1,2	1,1	3
METALLICO	4770	1,2	0,8	0,8	4
METALLICO	4790	2	1,2	0,8	4
METALLICO	4700	0,8	0,6	0,5	5
METALLICO	4060	1,44	1,1	0,8	4
METALLICO	4070	1,1	0,75	0,8	4
METALLICO	4340	1	0,9	0,8	4
METALLICO	4350	1	0,9	0,5	4
METALLICO	4480	1,55	0,9	0,8	3
METALLICO	4092	2	1,2	0,5	4
METALLICO	4093	2	1,2	0,7	4
METALLICO	00081	1,15	0,8	0,75	4
METALLICO	6712	2	1,2	1,35	2

Figura 42: Caratteristiche contenitori

Facendo questo lavoro per tutti gli imballi usati da Cecomp, lo step successivo è stato quello di calcolare il numero medio di contenitori di prodotti finiti giornaliero. Questo passaggio è stato preliminare al calcolo del volume medio necessario. Per fare ciò l'autore ha consultato i dati presenti nel gestionale dell'azienda come ad esempio:

- Numero di pezzi spediti giornalmente per ogni singola matricola;
- Associazione di ogni matricola al rispettivo imballo

- Calcolo del numero di contenitori

Avendo a disposizione i dati mostrati in Figura 43 per tutti i contenitori si è proceduto con il calcolo del volume medio giornaliero necessario che risulta essere pari a 641 m^3.

Tipologia	Nome contenitore	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Impilabilità	Numero di contenitori
METALLICO	4720	1,6	1,2	0,8	4	72
METALLICO	4740	1,6	1,2	1,1	3	16
METALLICO	4770	1,2	0,8	0,8	4	30
METALLICO	4790	2	1,2	0,8	4	2
METALLICO	4700	0,8	0,6	0,5	7	28
METALLICO	4060	1,44	1,1	0,8	4	16
METALLICO	4070	1,11	0,75	0,8	4	14
METALLICO	4340	1	0,9	0,8	4	6
METALLICO	4350	1	0,9	0,5	4	0
METALLICO	4480	1,55	0,9	0,8	3	0
METALLICO	4092	2	1,2	0,5	4	12
METALLICO	4093	2	1,2	0,7	4	0
METALLICO	00081	1,15	0,8	0,75	4	14
METALLICO	6712	2	1,2	1,35	2	6

Figura 43: Dati necessari per il calcolo del volume medio giornaliero richiesto.

Il volume precedentemente calcolato include solo i contenitori con i prodotti finiti. Tuttavia, per la loro disposizione è necessario tener conto dello spazio da lasciare libero tra le file per permetterne l'accesso ai carrellisti. Questa valutazione è stata propedeutica alla scelta del mezzo da utilizzare per effettuare le movimentazioni all'interno dell'area stock finiti. Per cercare di sfruttare al meglio lo spazio a disposizione, Cecomp ha deciso di acquistare un carrello con montanti retrattili lasciando uno spazio tra le file di 3,5 m. L'utilizzo di un carrello elevatore a forche di tipo tradizionale, anche compatto, avrebbe richiesto una distanza di almeno 4 m.

4.3 Confronto fra le alternative

Dopo aver presentato le proposte di Layout nei paragrafi precedenti, si è scelto di confrontarle per poter decidere la soluzione migliore per Cecomp. Mentre per l'attuale stabilimento è stata presentata una sola proposta, per quello nuovo la scelta dev'essere fatta tra L2 ed L3. Per completezza di informazioni, inoltre, è necessario precisare che i trasferimenti di prodotti tra il plant attuale e quello nuovo vengono eseguiti mediante Tugger Train a guida manuale. Si tratta di un sistema di movimentazione composto da una motrice e uno o più carrelli agganciati con una barra di traino. In Figura 44 è possibile vederne un esempio.

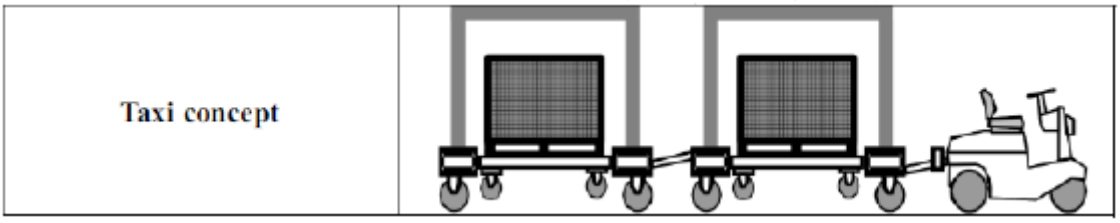


Figura 44: Esempio di Tugger Train [Immagine tratta da Enright & Wurman (2011)]

Prima di procedere col confronto tra le alternative è opportuno introdurre una tabella con i costi dei mezzi di trasporto utilizzati in Cecomp, espressi in €/metro.

MEZZI DI TRASPORTO	Cij [€/metro]
Transpallet	0,0117
Carrello elevatore a forche di tipo tradizionale	0,00367
Tugger Train	0,0042
Carroponte	0,0022

Figura 45: Costi di trasporto c_{ij}.

4.3.1 Scelta dell'alternativa migliore

Per scegliere l'alternativa migliore tra quelle presentate è stato necessario aggiornare la Tabella 2 *From to Chart* con le nuove distanze espresse in metri. Questo passaggio è stato ripetuto sia per la combinazione delle alternative L1-L2 (Tabella 10) che per L1-L3 (Tabella 11). I valori in rosso sono i nuovi valori delle distanze rispetto alla situazione AS-IS.

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	A. N.	Carico
Area scarico	Scarico		13,4			70,2													
Area Acettazione	Acett.			40,2	39,8									18,42			48,9		
Magazzino MP	Mag. MP					106,92													
Taglio laser 2D	2D					149,17													
Area presse	Area presse						107,7				120,8	58,88			235,45				
Taglio laser 3D	3D							135,72		32,29		48,84							
Area revisione	Revisione								10	172									
Muro qualità	Qualità										90,4				23,12				28
Area Lastratura	Lastratura							147											
Area Saldatura	Saldatura								90,4							15,12			185,55
Buffer semilavorati	Buf.semil.					58,88	48,84												
Area Frese	Area Frese													46,21		44,28			
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												46,21						
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		45
Area lavaggio	Lavaggio										15,12								
Deposito coils	Dep. Coils																	38,89	
Alimentazione nastro	A. N.																		
Area carico	Carico																		

Tabella 10: From to Chart per la combinazione L1-L2.

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	A. N.	Carico
Area scarico	Scarico		13,4			70,2													
Area Acettazione	Acett.			40,2	39,8									18,42			48,9		
Magazzino MP	Mag. MP					106,92													
Taglio laser 2D	2D					149,17													
Area presse	Area presse						107,72				120,8	58,88			205,45				
Taglio laser 3D	3D							160,72		32,29		48,84							
Area revisione	Revisione								10	172									
Muro qualità	Qualità										120,4				23,12				28
Area Lastratura	Lastratura							172											
Area Saldatura	Saldatura								120,4							15,12			185,55
Buffer semilavorati	Buf.semil.					58,88	48,84												
Area Frese	Area Frese													46,21		44,28			
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												46,21						
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		25
Area lavaggio	Lavaggio										15,12								
Deposito coils	Dep. Coils																	38,89	
Alimentazione nastro	A. N.																		
Area carico	Carico																		

Tabella 11: From to Chart per la combinazione L1-L3

In entrambe le configurazioni mostrate nelle Tabelle 10 e 11 si può notare come si siano notevolmente ridotte alcune distanze a discapito di altre. Per esempio, la distanza tra i reparti Revisione e Qualità è passata da 91,94 m a 10 m; quella tra il reparto del taglio laser 3D con la Revisione è quasi raddoppiata. Per valutare l'impatto delle nuove modifiche è stato necessario calcolare il numero di viaggi annuo tra i vari reparti, risalire alla distanza totale percorsa dai vari articoli in un anno, e infine, compilare la matrice dei tempi complessivi come quella di Figura 26. Come fatto già nel paragrafo 3.2, per stimare i flussi da un reparto all'altro si è deciso di utilizzare il numero di viaggi, valutando caso per caso la tipologia di unità di carico usata con i dovuti accorgimenti. In tabella 12 il nuovo numero di viaggi, valido sia per la combinazione L1-L2 che per L1-L3.

Descrizione	From\to	Scarico/carico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		2855																	2855
Area Acettazione	Acett.			1006	578												82			1666
Magazzino MP	Mag. MP					1006														1006
Taglio laser 2D	2D					2352														2352
Area presse	Area presse										695	7568			64					8327
Taglio laser 3D	3D							2227		4345		7340								13912
Area Revisione	Revisione								11025											11025
Muro Qualità	Muro Qualità														868				7350	8219
Area Lastratura	Lastratura							1448												1448
Area Saldatura	Saldatura								145										1071	1216
Buffer semilavorati	Buf.semil.					7340	5111													12452
Area Frese	Area Frese															207				207
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												207							207
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		933	933
Area lavaggio	lavaggio										207									207
Deposito coils	Dep. Coils																	82		82
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				66114

Tabella 12: Nuova tabella dei viaggi calcolata sulla media annuale.

Rispetto alla situazione AS-IS i viaggi sono passati da 79.802 a 66.114. Conoscendo le nuove distanze tra i reparti e il relativo numero di viaggi, moltiplicando le due matrici di Tabella 11 e 12, si ottiene la distanza totale percorsa all'anno per eseguire le movimentazioni di merci mostrata in Tabella 13 per la configurazione L2 e in Tabella 14 per L3.

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		38255																	38255
Area Acettazione	Acett.			40441	23011												4010			67462
Magazzino MP	Mag. MP					107561														107561
Taglio laser 2D	2D					350893														350893
Area presse	Area presse										75110	445584			4678					525372
Taglio laser 3D	3D							186528		140286		358495								685310
Area revisione	Revisione								1013673											100367
Muro qualità	Qualità														29044				622346	641390
Area Lastratura	Lastratura							135551												134551
Area Saldatura	Saldatura								1476										77674	79149
Buffer semilavorati	Buf.semil.					432191	249644													681835
Area Frese	Area Frese															9182				9182
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												25899							25899
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		40007	40007
Area lavaggio	lavaggio										3135									3135
Deposito coils	Dep. Coils																	3189		3189
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				4001237

Tabella 13: Distanza totale percorsa all'anno per alternativa L2.

Descrizione	From\to	Scarico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		38255																	38255
Area Acettazione	Acett.			40441	23011												4010			67462
Magazzino MP	Mag. MP					107561														107561
Taglio laser 2D	2D					350893														350893
Area presse	Area presse										75110	445584			4678					525372
Taglio laser 3D	3D							186528		140286		358495								685310
Area revisione	Revisione								1013673											1013673
Muro qualità	Qualità														29044				622346	651390
Area Lastratura	Lastratura							135551												135551
Area Saldatura	Saldatura								1476										77674	79149
Buffer semilavorati	Buf.semil.					432191	249644													681835
Area Frese	Area Frese															9182				9182
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												25899							25899
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		40007	40007
Area lavaggio	lavaggio										3135									3135
Deposito coils	Dep. Coils																	3189		3189
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				4417863

Tabella 14: Distanza totale percorsa all'anno per alternativa L3.

Rispetto alla situazione AS-IS descritta nel terzo capitolo, si può notare una riduzione di circa 1,48 km (1.471.401 metri) nel caso di L2 e di 1.054.775 metri nel caso di L3. Per esprimere questi dati in termini di tempi, è stato necessario seguire la stessa logica applicata nel paragrafo 3.3. Dopo aver associato i mezzi di movimentazione ai flussi, è stato possibile ottenere la nuova matrice dei tempi complessivi di Tabella 15 per L2 e di Tabella 16 per L3.

Descrizione	From\to	Scarico/carico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		43080																	43080
Area Acettazione	Acett.			45542	25914												241554			313010
Magazzino MP	Mag. MP					121127														121127
Taglio laser 2D	2D					395150														395150
Area presse	Area presse										94494	501784			17043					613321
Taglio laser 3D	3D							340360		4126070		403711								4870141
Area Revisione	Revisione								124160											124160
Muro Qualità	Muro Qualità														590432				231765	822197
Area Lastratura	Lastratura							239735												239735
Area Saldatura	Saldatura								14727										223864	238591
Buffer semilavorati	Buf.semil.					7340	5111													12452
Area Frese	Area Frese															207				207
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												207							207
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		47258	47258
Area lavaggio	lavaggio										207									207
Deposito coils	Dep. Coils																	192107		192107
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				8032949

Tabella 15: Matrice dei tempi complessivi per L2.

Descrizione	From\to	Scarico/carico	Acett.	Mag. MP	Mag.aut. 2D	Area presse	3D	Revisione	Muro qualità	Lastratura	Saldatura	Buf.semil.	Area Frese	Tagl.estr.	Stock finiti	Lavaggio	Dep. Coils	Nastro	Carico	Totale
Area scarico	Scarico		43080																	43079,74
Area Acettazione	Acett.			45542	25914												241554			313009,6
Magazzino MP	Mag. MP					121127														121127,4
Taglio laser 2D	2D					395150														395149,9
Area presse	Area presse										94494	501784			14871					611149,3
Taglio laser 3D	3D							403055		4126070		403711								4932836
Area Revisione	Revisione								124160											124159,7
Muro Qualità	Muro Qualità														590432				231765	822196,6
Area Lastratura	Lastratura							280506												280505,7
Area Saldatura	Saldatura								19615										223864	243478,5
Buffer semilavorati	Buf.semil.					7340	5111													12451,66
Area Frese	Area Frese															207				207,3602
Area Taglio estrusi	Tagl.estr.												207							207,3602
Stoccaggio finiti	Stock finiti																		26254	26254,47
Area lavaggio	lavaggio										207									207,3602
Deposito coils	Dep. Coils																	192107		192107,2
Bocca nastro	Nastro																			0
Area carico	Carico																			0
																				8.382.651

Tabella 16: Matrice dei tempi complessivi per L3.

Partendo dagli 11.717.168 secondi di Figura 26, si passa agli 8.032.949 dell'alternativa L2 o 8.382.651 secondi di L3. È evidente che in entrambi i casi si ottiene una notevole riduzione dei tempi per le movimentazioni, rispettivamente: del 45,86% e del 39,77%.

4.3.2 Calcolo dei costi di trasporto

Le Tabelle From to Chart, quelle del numero di viaggi e dei tempi complessivi, sono matrici che sintetizzano tutte le informazioni quantitative rilevate durante lo studio del layout e del mix produttivo. Servono a calcolare il costo di trasporto totale e suggerire all'autore degli spunti per elaborare nuove alternative. Le tabelle presenti nei paragrafi 4.3 e 4.3.1 riportano le seguenti tipologie di dati:

- n_{ij} [viaggi/anno]: numero di viaggi effettuati tra i reparti *i* e *j* in un anno.
- d_{ij} [metri/viaggio]: distanze tra i vari reparti.
- c_{ij} [€/metro]: costi unitari dei sistemi di trasporto.

Dopo aver raccolto tutti i dati necessari, è stato possibile procedere al costo totale di trasporto per ogni alternativa.

CONFIGURAZIONE: L1-L2	CONFIGURAZIONE: L1-L3
DISTANZE PERCORSE:	DISTANZE PERCORSE:
$D_{ij} = \sum n_{ij} \times d_{ij}$	$D_{ij} = \sum n_{ij} \times d_{ij}$
D_{ij} = 4.001.237 m/anno	D_{ij} = 4.417.863 m/anno
COSTI SOSTENUTI:	COSTI SOSTENUTI:
$C_{ij} = \sum n_{ij} \times d_{ij} \times c_{ij}$	$C_{ij} = \sum n_{ij} \times d_{ij} \times c_{ij}$
C_{ij} = 16.249,63 €/anno	C_{ij} = 18.410,32 €/anno

Figura 46: Costi di trasporto espressi in €/anno.

In Figura 46 il confronto tra le alternative eseguito in base alle distanze percorse e ai costi di trasporto. Questi ultimi sono stati calcolati considerando il mezzo con cui viene effettuata una movimentazione tra il reparto *i* e il reparto *j* associandovi il costo di Figura 45. Ne deriva che è da preferire la combinazione L1-L2 perché prevede una distanza e un costo di trasporto inferiore.

4.3.3 Analisi dei risultati

Il presente paragrafo ha l'obiettivo di riassumere i risultati raggiunti con la scelta dell'alternativa L2. Coerentemente con il lavoro svolto finora, l'autore ha voluto racchiudere in un'unica tabella le riduzioni ottenute in termini di: distanza, tempo e costi.

	Distanza totale annua [m]		Tempi complessivi [s]		*Cij* [€/anno]	
	AS - IS	L1 - L2	AS - IS	L1 - L2	AS - IS	L1 - L2
	5.472.638	4.001.237	18.053.168	14.368.949	21.361,75	16.249,63
RIDUZIONE	1.471.401		3.684.219		5.112,12	
			1.023,4 ORE			

Tabella 17: Schema riassuntivo

In Tabella 17 è possibile constatare i benefici del nuovo Layout. Esso comporta una riduzione in termini di tempi e costi impiegati per effettuare la movimentazione delle merci. L'aver avvicinato i reparti di Qualità e Revisione ha dato un importante contributo, considerando soprattutto i viaggi che annualmente vengono fatti tra i due (circa 11.000). L'aver separato le fasi di accettazione e spedizione, e quindi le relative aree di carico e scarico, ha permesso di evitare situazioni di congestionamento che rallentavano le attività descritte nel paragrafo 3.3.2 e contribuito alla messa in ordine delle zone di prelievo e deposito dei materiali. In definitiva, l'alternativa di Layout L2 permette di ridurre il tempo dedicato alla movimentazione dei materiali di 1.023,4 ore e i relativi costi di trasporto di 5.112 €.

4.4 Il nuovo Layout del 3D

Il seguente paragrafo 4 ha l'obiettivo di analizzare le attività che svolgono gli operatori del 3D e cercare di migliorare la disposizione attuale di tutte e tre le postazioni che compongono l'intero reparto. Per fare ciò è stato necessario trascorrere parecchio tempo ad osservare le attività operative giornaliere, fare delle interviste agli operatori e infine proporre una soluzione. In questo paragrafo verrà trattata una singola postazione del 3D ma i ragionamenti che saranno fatti da ora in poi sono da estendere a tutto il reparto che come anticipato in 3.5.1 è costituito da tre postazioni. Per prima cosa, l'autore ha ritenuto opportuno descrivere

le attività che tipicamente vengono svolte per l'esecuzione della lavorazione di un semilavorato associando a ciascuna di esse una durata media espressa in secondi:

- Prelievo del pezzo lavorato: 15 s
- Deposito sfrido sfrido: 10 s
- Esecuzione controllo qualità visivo: 30 s
- Deposito nel contenitore dei pezzi lavorati: 10 s
- Posizionamento sulla maschera del particolare da tagliare e avvio della lavorazione; 30 s

Il primo step da fare è verificare se il tempo in cui la macchina sta ferma è maggiore o minore della durata media della lavorazione. Allo stato attuale, mediamente, la macchina sta ferma per 95 s a lavorazione che è maggiore della sua durata media (85 s). Ciò vuol dire che 10 s dei 95 non sono mascherati. Partendo da qui, la prima azione messa in atto è stata quella di cercare di modificare la posizione dei vari contenitori per ridurre i tempi di prelievo e deposito, e cambiare la sequenza delle attività sopraelencate. Di seguito in Figura 47 il layout attuale di una postazione del taglio laser 3D.

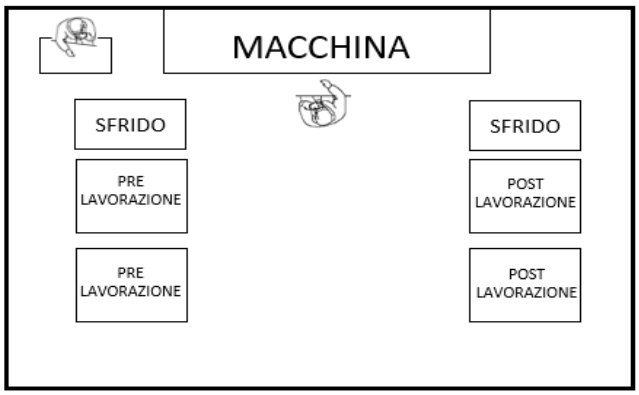


Figura 47: Layout attuale postazione laser 3D.

Ciascuna delle tre postazioni del reparto del taglio laser 3D, per poter iniziare la lavorazione di un lotto, dev'essere allestita con:

- Due contenitori per lo sfrido, posti a ridosso della macchina;
- Due contenitori con gli articoli da tagliare;
- Due contenitori in cui mettere i prodotti lavorati.
- Una postazione con un PC per il responsabile del reparto.

Una loro disposizione piuttosto che un'altra, ha un impatto diverso sulla performance dell'intero reparto. Il primo step di questo studio si è basato sull'osservazione delle attività eseguite quotidianamente dagli operatori e sulla rilevazione dei tempi che essi impiegano

per eseguirle. Chiaramente questi variano in base alla specifica matricola che è in lavorazione e in base all'esperienza della persona che la esegue. Lo scopo dello studio del Layout del 3D è stato quello di trovare una disposizione e una sequenza di attività ben precisa che permettesse di recuperare più tempo possibile da utilizzare proficuamente nella produzione di beni.

L'obiettivo di ogni azienda è quello di ridurre il più possibile il tempo in cui una macchina sta ferma poiché non rende. Allo stato attuale si verifica un fermo macchina di 95 s così calcolati:

T_{fm} = 30 + 15 + 10 + 30 + 10 = 95 s

Poiché il tempo in cui la macchina sta ferma è maggiore della durata media di una lavorazione (95 > 85) è evidente che 10 secondi non sono mascherati da altre attività eseguite in parallelo. Lo step successivo è stato quello di provare a modificare la posizione dei vari contenitori, cambiare l'ordine di esecuzione delle attività svolte dai laseristi e verificare se T_{fm} < 85 s. Il primo cambio che è stato proposto in merito alla disposizione dei contenitori all'interno dell'area di lavoro è stato quello di avvicinare entrambi gli imballi con i pezzi da lavorare alla macchina in modo tale da ridurre, la distanza, e quindi il tempo per il cambio pezzo lavorato/pezzo da lavorare. La seconda proposta, avanzata dai laseristi è stata quella di dotare le tre postazioni un banco da lavoro dove poter appoggiare il pezzo per eseguire il controllo qualità visivo più comodamente. L'introduzione di un nuovo elemento nel layout del laser 3D ha permesso di fare dei ragionamenti anche in merito alla sequenza delle attività elencate ad inizio paragrafo.

Il nuovo ordine con le relative durate elaborate dall'autore in collaborazione al responsabile del reparto è il seguente:

- Prelevamento del pezzo lavorato comprensivo di sfrido e collocazione dello stesso sul banco da lavoro posizionato centralmente: 15 s
- Posizionamento del nuovo pezzo da lavorare sulla maschera e avvio della lavorazione: 25 s
- Esecuzione del controllo qualità sul pezzo precedentemente estratto: 30 s
- Deposito dello stesso nel contenitore dei finiti: 10 s
- Deposito dello sfrido: 10 s

Così facendo si ottiene:

T_{fm} = 15 + 25 = 40 s < 85.

Il raggiungimento di tale risultato è stato possibile riducendo di 5 secondi la durata del

posizionamento del pezzo da lavorare ottenuta avvicinando il contenitore dei semilavorati a ridosso della macchina e introducendo il banchetto su cui appoggiare i pezzi lavorati, come si può notare in Figura 49. Infatti, eseguendo il controllo qualità, lo scarto dello sfrido, e il deposito del pezzo nel contenitore dei finiti mentre la macchina sta tagliando un altro particolare, si riesce a fare tutto in tempo mascherato.

Figura 49: Nuovo Layout postazione laser 3D.

In tabella 18 uno schema che riassume i risultati ottenuti.

	Tempo fermo macchina ad ogni lavorazione [s]	< 85 ?	Tempo utile recuperato al mese per intero reparto [ore]
PRIMA	95	NO	/
DOPO	40	SI	52,5

Tabella 18: Schema riassuntivo

Dopo l'implementazione delle modifiche fin qui descritte al reparto del taglio laser 3D, è stato possibile arrivare al risultato mostrato in Tabella 18. Ovvero, un recupero di 52,5 ore al mese da dedicare alla produzione di beni. Infatti:

- Recuperando 10 s a lavorazione
- Considerando una media di cento pezzi prodotti a turno
- 3 turni da 8 ore

- 21 giorni lavorativi al mese
- 3 macchine per tutto il reparto

si ottiene:

$$Tempo\ utile\ recuperato = \frac{(10\ x\ 100\ x\ 3\ x\ 21\ x\ 3)}{3600} = 52{,}5\ ore/mese$$

Come si può notare dal risultato ottenuto, l'analisi svolta presso il reparto del taglio laser 3D ha evidenziato come l'organizzazione del Layout delle singole postazioni e la modifica di procedimenti e abitudini ormai consolidate possono portare ad un miglioramento sia delle condizioni di lavoro degli operatori che ad un aumento delle performance dell'intero reparto.

5 Conclusioni

Nel presente capitolo vengono riportate le conclusioni a cui è possibile giungere avendo sviluppato il caso studio trattato nell'elaborato. Nei paragrafi successivi si vogliono evidenziare i benefici per l'azienda portati dalla nuova configurazione di Layout e le limitazioni che caratterizzano questo lavoro di tesi. Infine, il capitolo termina suggerendo quali possano essere gli eventuali passi futuri che l'azienda può intraprendere sulla base dei risultati ottenuti nel presente lavoro di tesi.

5.1 Benefici aziendali

Nella valutazione dei benefici, si può partire innanzitutto valutando i metri percorsi dagli articoli all'interno dello stabilimento che sono stati ridotti del 26,88%. Infatti, dalla situazione AS-IS affrontata nel terzo capitolo dove i metri erano 5.472.638 si è passati a quella finale (alternativa L1 – L2) dove la distanza totale annua è pari a 4.001.237 m. Ciò ha causato anche la riduzione dei tempi complessivi dedicati alle movimentazioni, permettendo quindi una riduzione di 1.023,4 ore come mostrato in Tabella 17. Un discorso simile riguarda anche lo studio condotto presso il reparto del taglio laser 3D, dove la riduzione del tempo in cui la macchina è ferma, ottenuta grazie ai dovuti accorgimenti descritti nei paragrafi 3.5 e 4.4, può consentire all'azienda di aumentare il numero di commesse da evadere e quindi espandere ulteriormente il proprio business. A tal proposito, l'acquisizione del nuovo capannone, che ha permesso l'elaborazione dell'alternativa di Layout L1-L2, può essere considerata un primo passo verso questo obiettivo. L'aver incrementato la superficie a disposizione, inoltre, ha permesso di superare le criticità descritte nel paragrafo 3.3.2, come l'elevata distanza tra i reparti di Revisione e Qualità, lo stoccaggio casuale e il congestionamento del piazzale. Tutte problematiche che rallentano le attività produttive generando degli sprechi e che quindi, un'azienda che mira a diventare una *Lean company* non può permettersi.

5.2 Limiti dell'elaborato di tesi

Uno dei principali limiti di questo elaborato risiede nell'analisi dei flussi trattata nel terzo capitolo. Come anticipato nel paragrafo 3.2, per compilare la Tabella 3 non sono stati conteggiati i viaggi di ritorno dei carrellisti. Per questo motivo non è possibile, purtroppo, eseguire un calcolo esatto di quello che è effettivamente il risparmio totale in termini di ore o Euro, poiché non sono determinabili gli spostamenti con cui i carrellisti si muovono una volta depositati i carichi. Infatti, mentre è certo che seguano il percorso più breve per portare un carico da un punto a un altro, una volta depositato, la destinazione successiva può variare di caso in caso. Un'ulteriore limitazione risiede nell'esiguità del numero di registrazioni effettuate per monitorare le attività del reparto del taglio laser 3D, dalle quali sono stati ricavati i tempi presenti in Tabella 9. Infatti, per comprendere a pieno l'effetto complessivo dei cambiamenti proposti nel paragrafo 3.5.2, sarebbe stato necessario condurre un'attività di raccolta dati più lunga e articolata, con un conseguente incremento della complessità e delle tempistiche di elaborazione. Un altro limite che presenta questo elaborato riguarda lo studio del nuovo Layout del 3D presentato nel paragrafo 4.4. Sarebbe stato opportuno, infatti, studiare tutte le combinazioni possibili delle matricole da lavorare per ottenere un valore più preciso di riduzione del tempo in cui la macchina è ferma, andando a migliorare quindi l'efficienza dell'intero reparto.

5.3 Possibili passi futuri

Le opportunità e le scelte che sono a disposizione dell'azienda per migliorare ancora sono numerose. Facendo riferimento a ciò che è stato oggetto dello studio di tesi, è possibile stilare alcuni passi futuri:

- Estendere l'analisi SMED, condotta solo presso il reparto del 3D, a tutti gli altri. Un'indagine del genere può, ad esempio, essere svolta nell'area dello stampaggio dove per l'attrezzaggio delle presse vengono eseguiti cambi stampo lunghi e impegnativi.
- Analizzare il layout di tutti gli altri reparti.
- Approfondire il lavoro svolto presso il reparto del 3D andando a studiare le combinazioni ottimali in base ai tempi ciclo differenti delle matricole che vengono lavorate presso questo reparto.
- Studio del layout degli altri stabilimenti di Cecomp.

Bibliografia

Busert, T. and Fay, A. (2019), "Extended Value Stream Mapping Method for Information Based Improvement of Production Logistics Processes", *Engineering Management Review*, Vol. 47 No. 4, pp. 120-125.

Fathurrahman, K. and Hakim, I. M. (2020), "Improving the loading and unloading process efficiency with lean manufacturing approach using value stream mapping in Jakarta container yard", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering,* **1003**, 012042.

Fedele, L. (2008-2009), Materiale didattico Corso di Impianti Industriali Sapienza Università di Roma.

Ferreira, T., & Gorlach, I. (2016). "Development of an Automated Guided Controller using a model-based system engineering approach". *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 27 No. 2, pp.206-217.

Galante, G. (2015-2016), Materiale didattico Corso di Impianti Industriali Università degli studi di Palermo.

La Commare, U. (2015-2016), Materiale didattico Corso di Gestione della Produzione Industriale Università degli studi di Palermo.

Lomotko, D. V., Prymachenko, H. O., Kovalova, O. V., Shkurenko, O. V. and Hryhorova, Y. I. (2021), "Use of modern logistics technologies in terms of savings resources", *International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020),* **1021** 012041.

Maraschi, E. (2011), *Manuale didattico "Studio del layout"*, E-Formazione byConsulmanSpA, Torino.

Martins, R., Pereira, M., Ferreira, L. (2021), "Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory", *Procedia* Manufacturing, **51**, pp. 1723-1729.

Monte, A. (1997), *Elementi di Impianti Industriali*, Edizioni Libreria Cortina. Torino.

Ohno, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Taylor & Francis Inc, Milton Park, Oxfordshire.

Panizzolo, R. (2018), Materiale didattico Corso di Organizzazione della produzione e dei sistemi logistici, Scuola di Ingegneria, Università degli studi di Padova.

Pareschi, A. (2007), *Impianti Industriali: Criteri di scelta, progettazione e realizzazione*, Società Editrice Esculapio, Bologna

Parvini, M. (2011), *Logistics Operations and Management,* Elsiever, London, pp. 155-180.

Prasetyawan, Y. and Ibrahim, N. G. (2020), "Warehouse improvement Evaluation using Lean Warehousing Approach and Linear Programming", *IOP Conf. Series: Material Sciences and Engineering,* **847** 012033.

Rafele, C. (2019-2020), Materiale didattico Corso di Supply Chain Management Politecnico di Torino.

Santillo, L.C. (2016-2017), Materiale didattico Corso di Logistica Industriale Università degli studi di Napoli – *Federico II.*

Shingo, S. (1985), *A revolution in manufacturing: the SMED system*, Routledge, Boca Raton.

Sitografia

[1] https://www.cuoaspace.it/2017/05/lean-layout.html

[2] https://www.headvisor.it/lean-production

[3] https://www.organizzazioneaziendale.net/lean-production

[4] https://www.organizzazioneaziendale.net/lean-production

[5] https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/just-in-time.html

[6] www.manuitenzione-online-com

[7] www.beyondlean.com/kaizen.html