



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

**Riprogettazione del layout e del flusso dei materiali in ottica Lean nella zona di preparazione dei prodotti finiti prima della spedizione.
Il caso Weatherford International.**

**Redesign of the layout and flow of materials in Lean perspective in the preparation area of finished products before shipment.
The Weatherford International case.**

Relatore:

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Ylenia Di Ghionno

A.A. 2022 / 2023

*A me stessa,
al mio essere così insicura ma caparbia,
che mi ha sempre
permesso di raggiungere ogni mio obiettivo.*

Indice

Introduzione	1
1. Il layout di un impianto industriale e la Lean Production cenni teorici	3
1.1 Origini e obiettivi del Layout.....	3
1.2 Le tipologie di layout: una panoramica generale.....	5
1.2.1 Descrizione	5
1.3 Criteri per la scelta del layout ottimale: analisi qualitativa e analisi quantitativa.....	12
1.3.1 I criteri quantitativi	13
1.3.2 I criteri qualitativi.....	15
1.4 La Lean Production	16
1.4.1 I principi del Lean Thinking	19
1.4.2 Il Just in Time	21
1.4.3 Le 5S	22
2 L’Azienda Caso Studio: Weatherford International	24
2.1 Competenze	24
2.2 La produzione di Weatherford: il sito di Ortona	24
2.2.1 Compiti della manufactory	28
3 Analisi del processo produttivo attuale	29
3.1 Analisi dei flussi	29
3.1.1 Spaghetti Chart- zona di preparazione dei prodotti finiti	33
3.2 I tempi di movimentazione.....	35
3.3 Criticità	38
4 Il nuovo Layout	39
4.1 Presentazione delle alternative di layout	39
4.1.1 Layout A.....	40
4.1.2 Layout B.....	41
4.1.3 Layout C.....	42
4.1.4 Layout D.....	43
4.1.5 Confronto fra le alternative	44
4.2 Scelta dell’alternativa migliore	44
4.2.1 Calcolo dei tempi	45
4.2.2 Calcolo dei costi	47
4.2.3 Calcolo delle aree	49

4.2.4	Sicurezza	50
4.2.5	Analisi dei risultati	51
5	Conclusioni	52
5.1	Benefici aziendali	52
5.2	Limiti dell'elaborato di tesi	52
	Bibliografia	53
	Sitografia	54
	Ringraziamenti	55

Introduzione

Questo elaborato discuterà il progetto di tesi svolto presso Weatherford International. Weatherford è un'azienda che da più di quarant'anni opera nel settore dell'oli&gas, è una delle aziende leader al mondo in questo settore, che si impegna a produrre soluzioni energetiche innovative che siano sostenibili sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista economico per far progredire il settore oil&gas. L'elaborato riguarda il Layout dello stabilimento di Ortona, unico stabilimento in Europa che dispone di una Manufactory interna che produce Casing Shoe and Float Collar e che fornisce anche svariati servizi ai propri clienti come: Tubular Running Service, Fishing Service, Wireline Service, Liner Hangers e Thru-Tubing Intervention per ENI, Total, ENEL Green Power, SNAM e molti altri. Lo studio condotto è stato focalizzato sul reparto manufactory, precisamente lo scopo era quello di riprogettare il layout ed i flussi dei materiali secondo un'ottica Lean nella zona di preparazione di prodotti finiti prima della spedizione. L'elaborato è suddiviso in cinque capitoli: il primo capitolo fornisce una panoramica sulle origini, la definizione e le tipologie di layout, nonché sui principi e gli strumenti della Lean Production. Nel secondo capitolo viene presentata un'analisi generale dell'azienda caso studio. Nel terzo capitolo, viene condotta un'analisi dettagliata della situazione attuale (AS-IS), in cui vengono esaminati tutti i flussi tra le diverse aree mediante l'utilizzo di tabelle "From to chart" e dello strumento "Spaghetti Chart". Nel quarto capitolo vengono presentate, confrontate ed esaminate varie alternative di layout, e infine viene selezionata la configurazione migliore tra quelle esaminate, tenendo conto dei vincoli aziendali. In questo capitolo vengono anche analizzati i numerosi benefici derivanti dalla scelta della configurazione migliore, come la riduzione dei tempi e dei costi di movimentazione, l'ampliamento delle aree di lavoro e il miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori, nonché i vantaggi in termini di sicurezza. Infine, nel sesto e ultimo capitolo, vengono presentate le conclusioni, focalizzandosi sui benefici ottenuti dall'azienda e sulle limitazioni del presente lavoro. Il principale risultato ottenuto attraverso questo studio è la riduzione delle distanze e dei tempi impiegati dai carrellisti, il che ha avuto un impatto positivo sulla produttività e sulla sicurezza dell'impianto. La nuova configurazione del layout D ha consentito di recuperare 72 ore all'anno da dedicare alla produzione di beni, con un risparmio annuo di 960 euro.

1. Il layout di un impianto industriale e la Lean

Production cenni teorici

Nel presente capitolo, saranno analizzate le origini del concetto di "layout", la sua definizione e l'importanza che riveste nell'ottimizzazione delle performance aziendali. Saranno inoltre esaminate le ragioni che possono spingere un'azienda a revisionare il proprio layout. Va sottolineato che il concetto di layout non si limita semplicemente alla disposizione fisica di macchine, apparecchiature e servizi, ma comprende anche la posizione strategica dei centri di creazione del valore, al fine di generare valore per i clienti. Nel contesto di una trasformazione aziendale improntata al pensiero snello (Lean Transformation), le imprese cercano di impiegare gli strumenti del sistema Lean per ottimizzare i propri processi. Un layout attentamente progettato può contribuire in modo significativo alla riduzione degli sprechi, migliorare la sicurezza, aumentare la produttività e il livello di soddisfazione dei clienti.

1.1 Origini e obiettivi del Layout

Il termine "layout" ha le sue origini negli Stati Uniti alla fine del XIX secolo, quando veniva impiegato per descrivere la disposizione dei reparti all'interno di una fabbrica. Secondo il Bureau International du Travail (B.I.T.), il concetto di layout si riferisce alla posizione strategica dei reparti, delle macchine, dei posti di lavoro, dei depositi e dei servizi aziendali all'interno del luogo di produzione. La progettazione del layout industriale è una questione di grande importanza in particolare per le aziende manifatturiere; Infatti, secondo Parvini (2011), gli investimenti nel material handling possono rappresentare dal 10% all'80% dei costi totali della logistica. Inoltre, una corretta progettazione degli impianti può portare a una riduzione dei costi di almeno il 15-30%, come evidenziato da Ferreira e Gorlach (2016). Per questo motivo, negli ultimi anni la richiesta di servizi che si occupino di migliorare il layout aziendale è aumentata in modo significativo. L'intento principale di una riorganizzazione dello spazio, totale o parziale, è quello di fornire una situazione più conveniente dal punto di vista economico ed assicurare una maggiore sicurezza nell'area interessata. Se non si riuscisse a raggiungere tali obiettivi, la riorganizzazione non avrebbe motivo di essere eseguita, in quanto risulterebbe inutile. Considerando queste motivazioni principali, un progetto di miglioramento del layout aziendale può essere motivato da diverse ragioni, tra cui:

- Introduzione di un nuovo prodotto
- Necessità di ridurre i costi di produzione
- Obsolescenza delle attrezzature già presenti in azienda
- Variazioni del volume di domanda
- Ambiente di lavoro insoddisfacente
- Problematiche di sicurezza (numero di infortuni elevati)

- Variazione nell'ubicazione o nella concentrazione dei mercati

La pianificazione di un reparto o di un intero impianto industriale è un processo complesso che richiede un'analisi accurata per determinare la sua fattibilità. Di solito, l'implementazione della pianificazione avviene attraverso un progetto di ingegneria civile e meccanica (Santillo, 2016). Lo studio del layout è essenziale per ottimizzare lo spazio disponibile e i tempi di movimento in sicurezza tra le diverse zone dell'impianto. Inoltre, nel layout bisogna considerare le strutture statiche e quelle mobili, come persone, robot ed eventuali mezzi di trasporto coinvolti nel processo produttivo. Inoltre, è importante considerare le normative vigenti in materia di sicurezza, sia delle persone che delle merci, per garantire la massima sicurezza durante lo spostamento tra un reparto e l'altro. Occorre eseguire uno studio del layout quando vengono a verificarsi alcune situazioni, come:

1. **Realizzazione di un nuovo stabilimento:** la costruzione di un nuovo stabilimento è un'operazione complessa. La prima cosa da fare è determinare la posizione giusta per lo stabilimento, considerando la vicinanza alle principali vie di trasporto. Una volta definita l'ubicazione bisogna sistemare le unità produttive e decidere la disposizione dei servizi ausiliari, come ad esempio aree di stoccaggio, parcheggio e sala mensa.
2. **Trasferimento degli impianti in uno stabilimento esistente:** in questa situazione, la sfida è quella di trasferire gli impianti in uno stabilimento esistente, tenendo conto di tutti i vincoli strutturali che possono limitare le possibilità di scelta. Per farlo, sarà necessario un riesame dei metodi produttivi che andrà adattato alle caratteristiche dello stabilimento, in modo da ottenere i migliori risultati possibili.
3. **Trasformazione generale del layout esistente:** le industrie con produzioni obsolete o in rapida crescita devono affrontare regolarmente la trasformazione del loro layout. L'ottimizzazione delle risorse porta a un layout diverso dal precedente, anche se la scelta dello spazio in cui il progetto sarà attuato rimarrà invariato.
4. **Modifiche parziali al layout esistente:** quest'ultima situazione è molto comune in ambito industriale, specialmente nel corso di un processo di aggiornamento tecnologico. Anche la semplice introduzione di nuovi metodi di lavoro può portare piccoli cambiamenti nella disposizione dei macchinari e degli impianti.

Nello studio condotto ci si trova negli ultimi due casi in quanto nell'azienda in oggetto si è dovuta studiare una variazione del layout esistente per migliorare il proprio processo interno con una conseguente modifica di tutto il layout.

Dopo aver compreso gli obiettivi e le motivazioni che sono alla base della riprogettazione di un plant, è importante esaminare quali sono i tipi di layout esistenti e i loro rispettivi vantaggi

e svantaggi. Questo aiuterà a decidere quale tipo di layout è più adatto alle esigenze specifiche di un progetto.

1.2 Le tipologie di layout: una panoramica generale

In linea generale, è possibile individuare cinque categorie di layout che vengono selezionate in base alle specificità del prodotto, alla varietà delle produzioni e ai volumi di produzione. La Figura 1 illustra l'interconnessione tra ciascuna tipologia di layout e questi fattori. Ad esempio, un layout a linea, che richiede notevoli investimenti in automazione, risulta più vantaggioso quando si producono volumi elevati di prodotto in modo da compensare i costi di installazione. Al contrario, se il mix produttivo e i volumi sono bassi, l'installazione di macchinari automatici risulterebbe insostenibile. In tali casi, un layout basato su reparti o processi risulterebbe più adatto, come evidenziato da Galante (2014). In questo approccio, ogni reparto è specializzato in un determinato processo (come la tranciatura, la piegatura, ecc.), e i prodotti vengono trasferiti all'interno dell'azienda in lotti. Per situazioni intermedie tra le due opzioni precedentemente menzionate, può essere opportuno adottare un layout a celle.

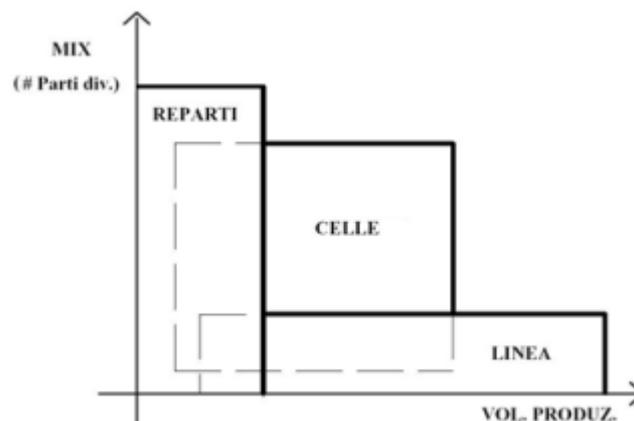


Figura 1: Campi di impiego delle soluzioni di fabbricazione [Immagine tratta da: Galante (2016)]

1.2.1 Descrizione

- Il *layout per prodotto* implica la suddivisione delle aree dello stabilimento in modo che sia possibile lavorare su un singolo prodotto o su una specifica famiglia di prodotti. I macchinari vengono disposti in modo tale che ogni ciclo di lavorazione includa la stessa tipologia di operazioni, seguendo una sequenza predefinita e predeterminata. Le materie prime entrano nell'area di produzione e seguono un percorso stabilito utilizzando sistemi di trasporto fissi come nastri trasportatori, linee di trasferimento e

altri mezzi. Questa tecnica (Figura 2), conosciuta anche come layout in linea, viene comunemente utilizzata nelle linee di imbottigliamento, poiché il flusso di lavoro è chiaro, prevedibile e facilmente controllabile.

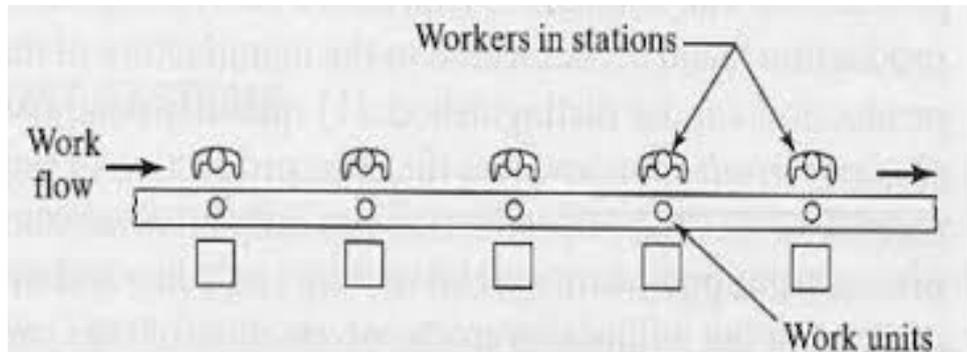


Figura 2: Esempio di layout per prodotto [Immagine tratta da: Maraschi (2011)]

Questo layout industriale è caratterizzato da un alto grado di automazione delle apparecchiature, che sono dedicate alla produzione di un determinato prodotto. Grazie a questa automazione, le velocità di produzione sono elevate, poiché abbiamo l'esigenza di produrre una grande quantità di articoli.

I principali vantaggi 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 (magazzino)
- semplificazione dei processi di controllo e gestione della produzione
- minore superficie di stabilimento richiesta
- operatori non altamente qualificati

Gli svantaggi correlati all'adozione di questo 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

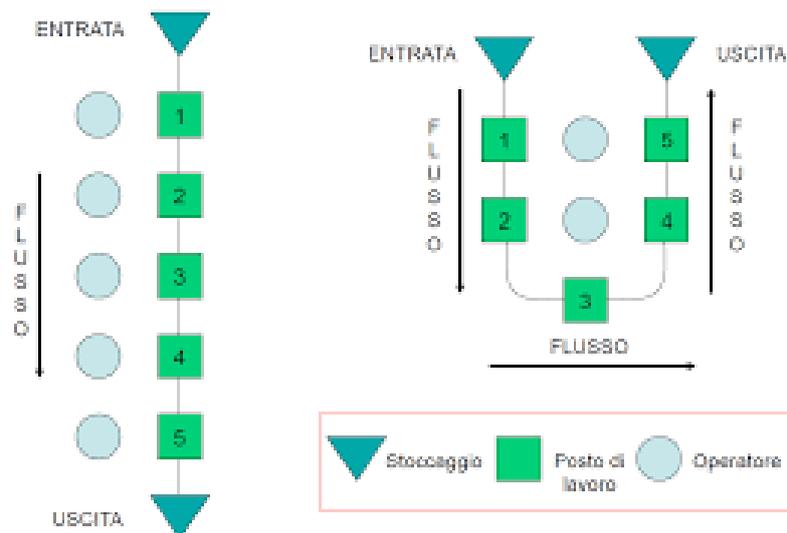


Figura 3: Schema esemplificativo di un lay-out per prodotto a linea sulla sinistra e ad U sulla destra

[Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

Il layout a U (illustrato nella Figura 3 sulla destra) è un caso particolare di layout per prodotto che può essere applicato anche nel layout a cella. In entrambi i casi, le stazioni di lavoro sono collocate vicine tra loro, il che consente di accelerare i flussi di produzione ed evitare la formazione di code durante le varie fasi del processo, ma utilizzando questa disposizione a U si possono ottenere prestazioni ancora più elevate rispetto a quelle ottenibili con altri tipi di layout. Inoltre, il layout a U consente una maggiore flessibilità rispetto al layout a cella in quanto permette di cambiare più facilmente la configurazione della linea senza dover spostare troppi macchinari.

I vantaggi sono riconducibili a:

- **Personale flessibile e bilanciato:** la sua forma consente ad un unico operatore di gestire più stazioni contigue senza dover compiere grandi tragitti, riducendo così i tempi morti. Inoltre, in presenza di picchi o cali nella domanda di lavoro si può adattare facilmente il numero di addetti, fino a raggiungere uno per ogni stazione. Questo sistema permette, inoltre, di modificare rapidamente le mansioni degli operatori in caso di necessità.
- **Lavoro di gruppo:** la prossimità fisica degli operatori è un fattore molto importante nella comunicazione, poiché facilita lo scambio di informazioni. Inoltre, quando si manifestano dei problemi, tutti gli operatori possono rendersi conto immediatamente della situazione e possono collaborare per risolverli in modo più veloce ed efficiente. In questo modo, l'intera squadra può lavorare insieme in un clima di fiducia reciproca, aumentando la produttività e riducendo al minimo gli errori.

- **Rilavorazioni:** normalmente, quando si presenta un problema, è necessario mettere in moto un sistema burocratico di comunicazione per individuare l'origine del problema e compilare i moduli di non conformità. Questo sistema consente di individuare la causa del problema e, se possibile, di intervenire velocemente per risolverlo.
- **Movimentazioni:** un layout a linea di montaggio dritta può essere funzionale ed efficiente, ma richiede agli addetti alla produzione di percorrere distanze più ampie rispetto ad un layout a U.
- **Collegamento con altri layout ad U:** questa configurazione presenta l'opportunità di collegamento con altri piani ad U, in cui la zona di stoccaggio di uscita può essere utilizzata come zona di stoccaggio in entrata della cella successiva.

Tuttavia, non tutti i tipi di produzione sono adatti alla disposizione a linea. Per prodotti pesanti e complicati da manipolare, una disposizione rettilinea può essere più pratica. Inoltre, se il numero di stazioni manuali è inferiore rispetto a quelle automatizzate, i benefici derivanti dal lavoro di gruppo sono ridotti.

- Il *layout a celle* è un'alternativa al layout per processo, creato per gestire la complessità di flussi di produzione più grandi. L'area delimitata del layout a celle contiene tutte le risorse necessarie per realizzare una famiglia di prodotti più o meno ampia. I flussi di materiali e le postazioni possono essere configurati in modo appropriato, offrendo un buon compromesso tra costi e flessibilità. Tali sistemi sono evidenziati da elevata produttività e tempi di attraversamento tra una stazione e la successiva più rapidi rispetto al layout per processo. La flessibilità è data anche dalla possibilità di far lavorare lo stesso operatore in più stazioni, con distanze contenute quando i carichi di lavoro non sono elevati, come è possibile vedere nella (Figura 4).

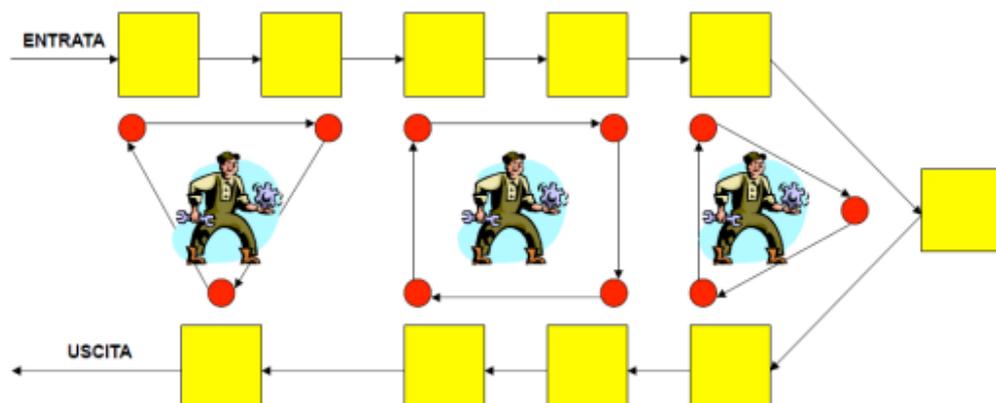


Figura 4: Schema di un layout a celle con configurazione ad U [Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

L'implementazione di un layout a celle è un processo complesso che richiede un certo numero di passi:

- ✓ Identificare i prodotti e i processi
- ✓ Progettazione del processo.
Per definire una cella di produzione in modo efficace, è fondamentale possedere una conoscenza approfondita del processo, inclusi fattori come il tempo necessario per le attività degli operatori, gli impianti utilizzati, le attrezzature coinvolte, i tempi di setup, la movimentazione dei materiali, la manutenzione e altri aspetti correlati. Durante questa fase, si stabiliscono i seguenti elementi:
 - 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.
Durante questa fase, ci si focalizza sulla definizione del layout interno della cella, con particolare attenzione alla disposizione delle stazioni di lavoro in modo da ottimizzare lo spazio disponibile, garantire l'ergonomia e favorire la funzionalità del processo produttivo. Questa soluzione di layout viene spesso adottata nella produzione di lotti medio-grandi, poiché consente di ammortizzare i considerevoli costi di investimento necessari per l'implementazione degli impianti
- Il *layout per processo* si contraddistingue per l'aggregazione in un'unica area di tutte le lavorazioni o delle macchine che sono tecnologicamente simili. In questo tipo di layout, è possibile che prodotti diversi coesistano nello stesso reparto per essere sottoposti a lavorazioni simili. Questo tipo di layout viene adottato quando è necessaria una grande flessibilità per gestire bassi volumi di produzione che sono eterogenei. Poiché l'implementazione di un flusso continuo dei materiali può risultare complesso, i prodotti si spostano tra i vari centri di lavoro in lotti (come illustrato nella Figura 5), il che comporta un aumento dei tempi di produzione e di trasporto rispetto ai casi precedenti.

I vantaggi principali sono:

- 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

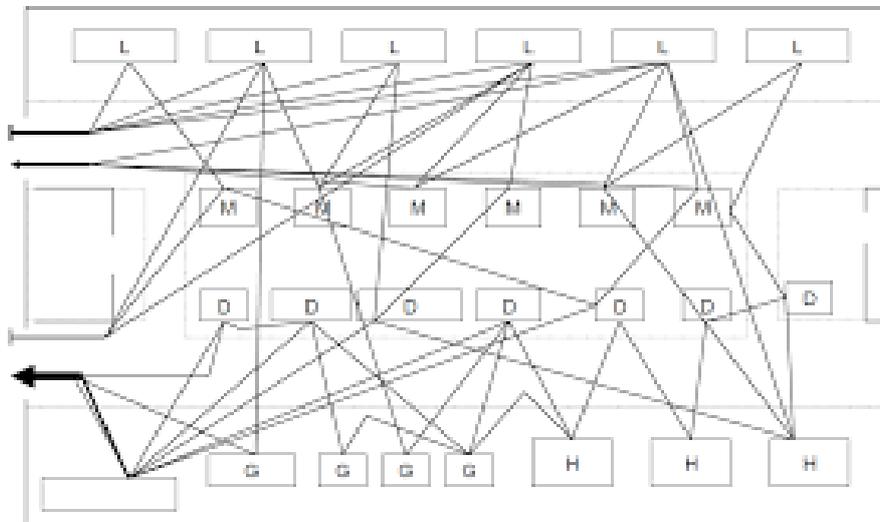


Figura 5: Schema esemplificativo di un layout per reparti [Immagine tratta da: Panizzolo (2018)]

- Il *layout a punto fisso* implica che le risorse trasformate non si muovono tra le risorse trasformanti. In questo tipo di layout, le attrezzature, le macchine, la struttura produttiva e le persone eseguono gli spostamenti necessari per portare avanti il processo. Tuttavia, poiché tutti gli elementi devono essere riposizionati manualmente, un layout a punto fisso può essere più costoso e meno efficiente rispetto a un layout a flusso. Questo succede perché il prodotto è:
 - Troppo voluminoso;
 - Troppo delicato da spostare;
 - Impossibile da spostare.

Alcuni tipi di layout a postazione fissa sono:

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

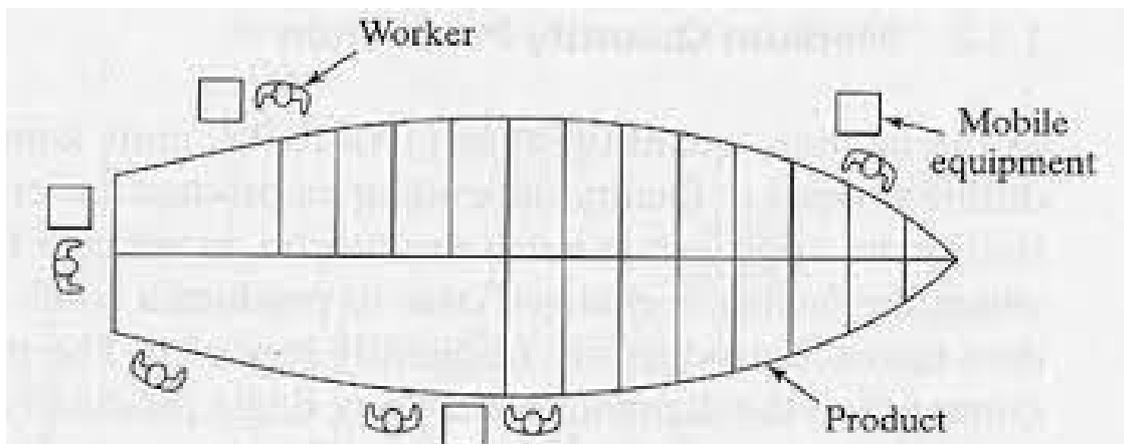


Figura 6: Esempio di layout a punto fisso [Immagine tratta da: Maraschi (2011)]

Il layout a punto fisso (figura 6) è una configurazione che fornisce una grande quantità di flessibilità e versatilità nella produzione, richiede delle competenze elevate da parte degli operatori, poiché devono svolgere una serie di attività diverse. Di conseguenza, questo tipo di layout ha un costo unitario piuttosto alto e richiede una pianificazione complessa, considerando la mobilità necessaria sia per gli operatori che per le apparecchiature. Inoltre, l'alto livello di flessibilità prodotto da questo layout, rende più facile affrontare cambiamenti repentini nella produzione, in modo da adattarsi più velocemente alle richieste del mercato.

- Il *layout ibrido* consiste nell'incorporare più di un tipo di layout in un'unica struttura. È comune nelle aziende che hanno un'ampia varietà di prodotti. La progettazione di questo tipo di layout è più complessa rispetto a quella di una struttura con un solo layout, comporta costi di allestimento più elevati e maggiori problemi di manutenzione. Inoltre, la presenza di più tipi di layout può rendere più difficile ottimizzare l'utilizzo degli spazi disponibili.

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

In questa sezione, vengono presentati alcuni metodi utilizzati per determinare la configurazione ottimale tra le diverse soluzioni disponibili per un layout basato sui reparti o sul processo produttivo. È importante sottolineare che questo tipo di layout è caratterizzato da un flusso di materiali discontinuo a causa della natura intermittente del processo produttivo. Ciò significa che i prodotti seguono percorsi diversi all'interno dello stabilimento in base alle operazioni richieste. Il problema del layout a flusso intermittente può essere affrontato considerando che il flusso di materiali può essere molto forte tra alcuni centri di lavoro e reparti, mentre può essere meno intenso tra altri (La Commare, 2016). Al fine di raggiungere un compromesso economico, si cerca di organizzare i reparti che hanno un forte interscambio in prossimità l'uno dell'altro. In altre parole, la scelta di un layout a flusso intermittente determina la disposizione relativa dei centri di lavoro e dei reparti in modo da rispettare un criterio di selezione predefinito, tenendo conto dei vincoli fisici definiti (Fedele, 2009). I criteri decisionali da considerare possono essere molteplici e comprendono la minimizzazione dei costi di trasporto dei materiali, la riduzione delle distanze percorse dai materiali o dagli operatori, la minimizzazione dei tempi necessari per raggiungere il posto di lavoro, la massimizzazione della vicinanza tra centri di lavoro o reparti fortemente correlati, e così via. I vincoli fisici più comuni includono le limitazioni di spazio, la posizione fissa di alcuni reparti (come i magazzini di carico e scarico), la capacità limitata di determinate aree, le norme di sicurezza del personale, la prevenzione di incendi e incidenti rilevanti, le altezze dei locali, ecc. L'obiettivo è trovare il miglior layout possibile o un layout accettabile che rispetti i vincoli imposti (Fedele, 2009). Le problematiche associate a questo tipo di layout possono essere suddivise in due categorie:

1. Problemi che richiedono **criteri decisionali quantitativi**: Questi problemi implicano l'analisi di parametri misurabili, come i costi di movimentazione, il tempo di trasferimento, le distanze e altri fattori quantitativi. Nella progettazione del layout, è necessario prendere in considerazione questi fattori al fine di ottimizzare l'efficienza operativa e ridurre i costi.
2. Problemi che richiedono solo **criteri decisionali qualitativi**: Questi problemi comportano scelte che sono difficilmente esprimibili in termini misurabili. Un esempio di ciò è la necessità di posizionare le lavorazioni pericolose o nocive, come saldatura, verniciatura o stampaggio, lontano dalle aree più frequentate. In questi casi, la sicurezza e la salute occupazionale sono le principali considerazioni, e le decisioni vengono prese sulla base di fattori qualitativi per garantire un ambiente di lavoro sicuro.

Affrontare queste problematiche richiede una valutazione attenta dei fattori quantitativi e qualitativi coinvolti, al fine di trovare la soluzione migliore o accettabile che soddisfi le esigenze aziendali nel rispetto dei vincoli imposti.

1.3.1 I criteri quantitativi

Durante il processo di studio del layout, molti metodi si basano sull'approccio di avvicinare le macchine e i reparti che richiedono collegamenti o trasporti più frequenti. Questi collegamenti sono considerati pesi che indicano l'importanza di avvicinare due reparti i e j tra loro (Monte, 2009). Il costo totale dei trasporti, che rappresenta la funzione obiettivo da minimizzare, viene determinato dalla somma dei prodotti tra il numero di viaggi all'anno n_{ij} , il costo del trasporto unitario c_{ij} e la distanza di trasferimento dei materiali di ogni coppia di reparti d_{ij} :

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

È importante notare che il peso utilizzato non rappresenta una singola unità di prodotto, ma piuttosto un raggruppamento medio trasportato, come ad esempio un contenitore o una cassetta. La funzione obiettivo C da minimizzare può essere espressa in termini monetari o temporali, al fine di considerare sia la distanza di trasferimento dei materiali che gli spostamenti del personale (Monte, 2009). Pertanto, ogni criterio basato sulle risorse può essere affrontato considerando il costo come una risorsa limitata che deve essere conservata o minimizzata attraverso le decisioni sul layout.

Il primo passo è determinare il numero di trasferimenti tra ciascuna coppia di locazioni nell'unità di tempo, che può essere ottenuto dalla documentazione di fabbrica o raccogliendo dati sul campo. L'andamento globale dei trasferimenti, sia in entrata che in uscita, può essere rappresentato come una matrice come mostrato nella 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 consiste nel determinare il costo del trasporto per unità di distanza per ogni trasferimento, che può variare a seconda del tipo di mezzo utilizzato. Anche in questo caso, è possibile rappresentare i valori in una matrice dei costi come mostrato nella Figura 8.

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: da Fedele (2009)]

Nel terzo passo dell'analisi, vengono determinate le distanze tra le locazioni come mostrato nella Figura 9, che dipendono dalla configurazione scelta. Successivamente, viene eseguito il

prodotto $n \times c \times d$ per ogni coppia di locazioni i e j , e la somma di questi prodotti 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 C_{ij} [Immagine tratta da Fedele (2009)]

Una volta ottenuto il costo totale C per la configurazione iniziale, è possibile valutare se possono essere apportati miglioramenti mediante modifiche delle distanze tra le coppie di locazioni. Naturalmente, la soluzione ottimale che minimizza la funzione di costo può essere trovata solo dopo aver considerato tutte le possibili combinazioni di locazioni. Poiché il numero di queste combinazioni è pari a $N! / (N-1)$, potrebbe essere necessario l'uso di un calcolatore per esaminarle tutte (Fedele, 2009).

1.3.2 I criteri qualitativi

La scelta del layout dei luoghi di lavoro non dovrebbe essere basata esclusivamente su fattori di efficienza, ma dovrebbe considerare anche aspetti qualitativi come il benessere e la salute dei dipendenti, le relazioni tra i reparti e le implicazioni comportamentali e ambientali. L'utilizzo di criteri qualitativi fornisce un modo per valutare la necessità di collocare i reparti in una vicinanza reciproca. Esprimendo la desiderabilità della sistemazione in termini verbali, come "assolutamente necessario", "importante", "vicinanza normale", "non importante" o "non desiderabile", si può definire un ordine di priorità per le relazioni di vicinanza. Nella progettazione del layout, è possibile adottare un approccio visivo per posizionare i reparti con una relazione di vicinanza assolutamente necessaria il più vicino possibile, quindi sistemare quelli con una relazione importante e così via, fino ai reparti che non richiedono una vicinanza specifica. Comprendere le relazioni tra i reparti, sia esistenti che previste, è fondamentale per

creare un layout efficiente ed efficace. Oltre agli aspetti analitici e qualitativi, è importante considerare anche le implicazioni comportamentali e ambientali. Un ambiente di lavoro ben progettato che favorisce il contatto umano, offre privacy e motivazione ai dipendenti può migliorare la produttività e la soddisfazione dei lavoratori. Al contrario, un ambiente inadatto può causare frustrazione e ridurre le prestazioni. Altri fattori qualitativi da considerare includono la facilità di future espansioni, l'adattabilità del layout, la sicurezza, il buon andamento generale, le condizioni di lavoro e la soddisfazione del personale, la facilità di supervisione e controllo, nonché i problemi ed esigenze specifiche del personale e la flessibilità del layout. In conclusione, la scelta del layout non dovrebbe trascurare le considerazioni relative al benessere e alla salute dei dipendenti, come la disposizione del personale che lavora in team o l'adeguato grado di privacy per gestire le interazioni umane. Ignorare questi aspetti potrebbe portare a situazioni in cui i lavoratori cercano scuse per abbandonare il posto di lavoro. Le soluzioni ottenute con l'uso di criteri qualitativi potrebbero non essere necessariamente ottimali, ma rappresentano delle buone soluzioni che tengono conto di una serie di fattori importanti per creare un ambiente di lavoro soddisfacente e produttivo.

1.4 La Lean Production

Negli ultimi decenni, il contesto imprenditoriale globale ha subito rapidi e significativi cambiamenti, caratterizzati da un aumento della concorrenza tra le aziende e dalla necessità di adattarsi a un mercato sempre più complesso, con una varietà crescente di prodotti e tempi di consegna ridotti. Per affrontare tali sfide, Taiichi Ohno, un dirigente della Toyota, ha sviluppato la Lean Production dopo la Seconda Guerra Mondiale in Giappone. Questa metodologia consiste in un insieme di principi e metodi che, quando applicati in modo organico, permettono di migliorare l'efficienza dei processi aziendali e raggiungere l'eccellenza operativa (Lomotko, 2021). Un passo fondamentale in questa direzione è l'analisi e la mappatura dei processi esistenti al fine di individuare eventuali criticità da eliminare o ridurre. Applicando metodi organici come quelli della Lean Production, le aziende possono raggiungere un elevato livello di eccellenza nei loro processi operativi, riducendo i costi e migliorando la qualità dei prodotti. Nell'ambito della filosofia Lean, esistono diverse tipologie di miglioramento, tra cui:

- **Mappatura del flusso di valore (Value Stream Mapping):** si tratta di un metodo per visualizzare e analizzare i flussi di lavoro e le attività coinvolte nella creazione del valore per il cliente. L'obiettivo è identificare le attività che generano sprechi e lavorare per eliminarle o ridurle.
- **Eliminazione degli sprechi (Muda hunting):** si concentra sull'identificazione e l'eliminazione degli sprechi all'interno dei processi aziendali. Gli sprechi sono tutte le attività che non aggiungono valore al cliente e includono movimenti inutili, tempi di attesa, sovrapproduzione, difetti e altri.

- **Miglioramento continuo (Kaizen):** si tratta di un concetto che promuove il miglioramento graduale e continuo dei processi aziendali. Attraverso piccoli miglioramenti incrementali, l'azienda mira a ottenere un progresso costante e a lungo termine.
- **Miglioramento drastico, innovazione (Kaikaku):** a differenza del Kaizen, il Kaikaku si concentra su cambiamenti radicali e innovazioni che portano a miglioramenti significativi e rapidi nei processi aziendali.

Al centro di tutto ciò vi è il cliente e il flusso di valore. L'obiettivo è soddisfare le esigenze del cliente attraverso attività che generano valore aggiunto, organizzando correttamente tali attività ed eliminando gli sprechi, ovvero tutte le operazioni per le quali il cliente non è disposto a pagare. Tuttavia, non è sempre possibile eliminare completamente le attività non a valore aggiunto, poiché alcune di esse sono necessarie per la produzione di determinati prodotti o servizi (Prasetyawan & Ibrahim, 2020). In considerazione di ciò, possiamo identificare sette tipologie di sprechi (Muda) secondo Ohno (1988):



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

- **Sovraproduzione**
Le imprese spesso ignorano gli sprechi derivanti da una produzione eccessiva, vedendoli come un vantaggio anziché come una perdita economica. Non ha senso produrre più di quanto sia necessario, in quanto ci sono alte possibilità che i prodotti rimangano invenduti per lunghi periodi di tempo. Di conseguenza, è importante che le aziende siano ben consapevoli delle richieste dei loro clienti e non ne producano di più. La sovrapproduzione, oltre a comportare sprechi, può anche portare a una

riduzione dei profitti per le imprese, poiché le merci in eccesso devono essere immagazzinate o rese disponibili per la vendita a prezzi scontati.

○ *Attese*

Le attese o le perdite di tempo si verificano quando vengono a mancare materiali, informazioni o forza lavoro che di conseguenza provocano l'interruzione del processo produttivo. Se i processi produttivi non sono in grado di progredire senza interruzioni, questo può influire negativamente sul risultato finale. In particolare, nell'ambito della produzione manifatturiera è importante monitorare i costi dell'attesa e calcolare l'impatto sulla catena di produzione.

○ *Trasporto*

Le aziende devono gestire un flusso costante di movimenti interni delle parti tra i vari reparti dello stabilimento, oltre a ricevere e spedire prodotti finiti e semilavorati ad altre aziende, terzisti, clienti o fornitori. I costi associati al trasporto rappresentano una voce di bilancio significativa e, poiché non aggiunge valore al prodotto, è fondamentale ridurlo al minimo indispensabile.

○ *Perdite di processo*

La costante ricerca della perfezione del prodotto può portare a un uso eccessivo di risorse. Questo spreco spesso deriva dalla mancanza di comprensione tra la qualità percepita dal cliente e quella che l'azienda cerca di fornire. Per evitare sprechi di lavorazione aggiuntiva, è consigliabile perfezionare il prodotto a partire dalle richieste dei clienti anziché dalle idee interne dell'azienda.

○ *Scorte*

Mantenere un'eccessiva quantità di scorte può causare diversi problemi per un'azienda, tra cui il rallentamento delle operazioni e difficoltà di stoccaggio. Le cause di un eccesso di stock possono essere varie, come il disallineamento tra domanda e produzione, una politica di acquisto delle materie prime non ottimale e scarse performance di distribuzione e vendita. L'accumulo di scorte invendute occupa spazio nell'azienda e rappresenta un capitale immobilizzato che potrebbe essere impiegato in modo più efficace altrove.

○ *Movimenti*

I movimenti non necessari all'interno di un'azienda rappresentano uno spreco di risorse e tempo. Queste situazioni si verificano spesso in aziende mal organizzate in cui i lavoratori devono compiere frequenti spostamenti per reperire materiali o riallestire le proprie postazioni di lavoro. Il continuo movimento del personale comporta una perdita di tempo che potrebbe essere utilizzata in attività più produttive. Inoltre,

richiede risorse aggiuntive, come energia fisica e risorse logistiche, che potrebbero essere utilizzate in modo più efficiente.

- *Prodotti difettosi*

Il concetto chiave della filosofia Lean è che la riduzione dei difetti rappresenta il nucleo dell'efficienza produttiva e che massimizzare la qualità sia fondamentale per soddisfare i clienti. Anche piccole riduzioni percentuali negli scarti possono avere un impatto significativo sulla soddisfazione del cliente quando si opera su larga scala.

Per raggiungere l'obiettivo di diventare una Lean Company, ci si può basare sul metodo Just in Time e implementare azioni in linea con il Lean thinking. Alcuni degli strumenti e metodi comunemente utilizzati includono [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, o Pensiero Snello, è una strategia operativa che è emersa nel settore automobilistico ma che viene ora applicata universalmente in diversi settori e ambiti al fine di aumentare l'efficienza e eliminare gli sprechi. Questa strategia non si limita solo alla teoria e alle teorie organizzative, ma coinvolge anche l'approccio pratico in cui l'intera azienda viene coinvolta in una visione globale attraverso l'ottimizzazione dei processi principali, dalla progettazione alla gestione degli ordini (Fathurrahman & Hakim, 2020). Quindi, quando si parla di Lean Production, si fa riferimento anche al Lean Thinking, in quanto entrambi condividono l'obiettivo di garantire il successo del prodotto e, di conseguenza, dell'azienda.

Questo approccio si basa su cinque principi fondamentali, come illustrato nella figura 11, che sono alla base del pensiero snello:

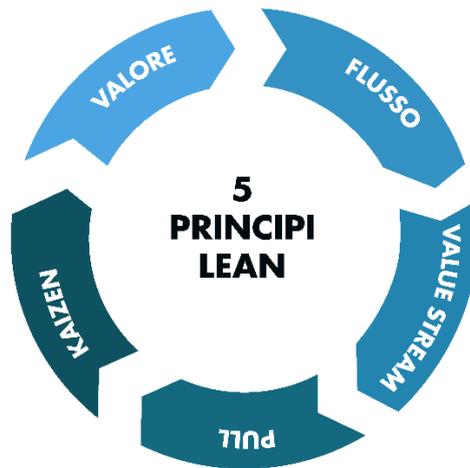


Figura 11: I cinque principi del pensiero snello

- *Definizione del valore*
Il primo passo consiste nel comprendere e definire il valore secondo la prospettiva del cliente. Ciò implica identificare ciò che il cliente considera utile e per cui è disposto a pagare. Solo le attività che aggiungono valore al prodotto o al servizio sono da preservare, mentre quelle non valorizzate devono essere eliminate o ridotte.
- *Identificazione del flusso di valore*
È fondamentale individuare il flusso di valore, cioè tutte le attività coinvolte nella trasformazione dei materiali e delle informazioni necessarie per la creazione del prodotto o del servizio. Questo processo include l'identificazione delle attività a valore aggiunto e la rimozione o riduzione degli sprechi (MUDA). Tuttavia, è importante considerare che alcune attività non a valore aggiunto possono essere necessarie per il funzionamento dell'azienda e devono essere ottimizzate senza eliminarle completamente.
- *Far scorrere il flusso (FLOW)*
Dopo aver identificato il flusso di valore, l'obiettivo è far sì che le attività a valore aggiunto scorrano in modo fluido e senza interruzioni. Ciò significa creare un processo continuo in cui il prodotto o il servizio passa da una fase all'altra senza ritardi o blocchi. L'ottimizzazione del flusso riduce i tempi di produzione e migliora l'efficienza complessiva dell'azienda.
- *Tirare il flusso di valore dal cliente*
Le attività a valore aggiunto devono essere "tirate" dal cliente stesso, in modo che siano eseguite solo quando richieste e nel modo corretto. Questo approccio si basa sulla produzione

su richiesta, evitando la sovrapproduzione e riducendo la creazione di scorte inutili. Il flusso di valore è guidato dalle esigenze del cliente, garantendo che il prodotto o il servizio siano forniti nel momento e nella quantità richiesta.

- *Ricerca della perfezione*

Il Lean Thinking promuove una mentalità di miglioramento continuo e ricerca della perfezione. Ciò implica l'impegno costante nel migliorare le attività a valore aggiunto, eliminare gli sprechi residui e superare gli standard esistenti. La perfezione è un obiettivo in continua evoluzione, poiché le esigenze e le aspettative dei clienti cambiano nel tempo. Il processo di miglioramento continuo è parte integrante del pensiero snello e richiede una valutazione costante delle prestazioni e l'adattamento alle nuove sfide e opportunità.

1.4.2 Il Just in Time

Il Just in Time (JIT) è una filosofia industriale che ha rivoluzionato il modo in cui le aziende producono e distribuiscono i loro prodotti. Al contrario del metodo tradizionale di produzione e stoccaggio di prodotti finiti in attesa di vendita (logica PUSH), il JIT adotta una logica PULL in cui si produce solo ciò che è stato già venduto o è previsto di essere venduto nel breve periodo (Busert & Fay, 2019). Questo approccio mira a ridurre al minimo gli sprechi e i costi associati all'accumulo di scorte di materiali, semilavorati e prodotti finiti. Oltre a ciò, il JIT offre vantaggi come una produzione più efficiente, tempi di consegna più brevi, miglioramento della qualità del prodotto, riduzione dei costi di manodopera e maggiore flessibilità nella gestione della catena di approvvigionamento. I principi chiave del JIT possono essere riassunti come segue [3]:

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

Per raggiungere gli obiettivi della Lean Production, è fondamentale ottimizzare le fasi preliminari alla produzione, riducendo al minimo la quantità di materie prime e semilavorati necessari. Ciò implica la sincronizzazione degli approvvigionamenti con i reali bisogni della linea produttiva (Lomotko, 2021). Il JIT sostiene che qualsiasi forma di stoccaggio rappresenti uno spreco di risorse economiche e un ostacolo all'innovazione continua. Al fine di migliorare la qualità e il servizio offerto al cliente, questa filosofia si basa su elementi come l'affidabilità, la riduzione dell'inventario e dei tempi di produzione. Successivamente, saranno approfonditi alcuni degli strumenti utilizzati nella Lean Production.

1.4.3 Le 5S

Il miglioramento all'interno di un'azienda può essere realizzato attraverso due modalità differenti (Martins, Pereira, Ferreira, 2021):

- **Modalità discontinua (Kakushin):** Questo tipo di miglioramento viene ottenuto tramite investimenti finanziari, know-how avanzato e coinvolgimento di un numero limitato di persone. L'obiettivo è ottenere un salto significativo nelle prestazioni aziendali attraverso l'innovazione tecnologica, la sostituzione di impianti o attrezzature e l'utilizzo temporaneo di risorse esterne.
- **Modalità continua (Kaizen):** In questa modalità, il miglioramento avviene gradualmente nel tempo e si basa sull'ottimizzazione dei processi, la riduzione dei difetti e l'attribuzione di responsabilità agli operatori. A differenza del metodo discontinuo, non richiede investimenti finanziari significativi, ma richiede il coinvolgimento di tutti i membri dell'organizzazione.

Uno strumento di Lean Management che si integra efficacemente con la filosofia Kaizen è il metodo delle 5S (Rafele, 2020):

1. *Seiri "scegliere e separare"*
Questo step consiste nell'eliminare tutto ciò che non è necessario. Attraverso un'attenta analisi visiva, si identificano gli oggetti e i documenti presenti nell'area di interesse. Spesso si accumulano oggetti che occupano spazio e creano disordine, quindi la sfida sta nel distinguere ciò che è essenziale da ciò che non lo è.
2. *Seiton "ordinare e organizzare"*
Una volta identificato ciò che è essenziale, si procede a definire le posizioni e i percorsi relativi in modo chiaro. Ogni elemento deve essere facilmente individuabile e accessibile a tutti, in modo da evitare errori e confusione. È importante che ogni persona sappia dove si trova ogni oggetto, mezzo o elemento necessario per svolgere le proprie attività.
3. *Seiso "pulire"*
Esiste una forte connessione tra ordine e pulizia. Mantenere un ambiente di lavoro pulito e ordinato è fondamentale. Questo richiede che ogni individuo assuma la responsabilità di mantenere pulita la propria area di lavoro.
4. *Standardizzare (Seiketsu)*
Una volta ottenuti risultati positivi attraverso le prime tre regole, diventa fondamentale mantenere costantemente tali risultati nel tempo. L'obiettivo è che ogni operatore conosca il proprio compito e sappia eseguirlo in modo efficiente. La

standardizzazione si raggiunge quando tutti concordano sull'utilizzo di un metodo standard invece di approcci individuali.

5. *Disciplina e coinvolgimento (Shitsuke)*

L'obiettivo di questa fase è fare in modo che questa metodologia di lavoro diventi la norma all'interno dell'organizzazione. Il management ha il compito di controllare e verificare che le modifiche apportate vengano rispettate e seguite da tutti. È fondamentale fornire una formazione adeguata e continua al personale per garantire che il flusso di azioni sia il più efficiente possibile. La disciplina e il coinvolgimento di tutti i membri dell'azienda sono essenziali per mantenere e migliorare continuamente i risultati ottenuti.



Figura 12: Le 5S [4]

La ricerca della perfezione è un obiettivo complesso e talvolta irraggiungibile, tuttavia la filosofia Kaizen ci spinge a fissare costantemente nuovi obiettivi al fine di migliorare e raggiungere un livello di precisione sempre più elevato. Questo processo, seppur sottile, offre numerosi vantaggi, come l'ottimizzazione delle postazioni di lavoro, una maggiore soddisfazione dei clienti e una migliore qualità dei prodotti. Inoltre, tale miglioramento si traduce in un aumento dell'efficienza, risparmi di tempo e denaro, nonché un incremento della produttività.

2 L'Azienda Caso Studio: Weatherford International

Nel presente capitolo verrà fornita una panoramica sull'azienda oggetto di studio. Si inizierà con una breve descrizione dell'azienda, seguita dall'illustrazione dei vari reparti presenti nello stabilimento di Ortona (CH). Successivamente, ci si concentrerà sulla missione aziendale e sulle attività che la contraddistinguono, per poi focalizzarsi sul reparto di particolare interesse. Weatherford è un'azienda quotata in borsa (Nasdaq: WFRD) e rappresenta una delle principali realtà nel settore dei servizi per l'industria petrolifera e del gas. Essa offre servizi energetici innovativi, che combinano tecnologie consolidate con avanzate soluzioni digitali, al fine di creare offerte sostenibili che massimizzino il valore e il ritorno sull'investimento per i propri clienti.

L'azienda è stata fondata nel 1941 da Jesse E. Hall, con la creazione della Weatherford Spring Company nella città di Weatherford, in Texas. Attualmente, conta oltre 50.000 dipendenti in tutto il mondo, con una presenza in oltre 75 paesi. La società opera attraverso 125 stabilimenti produttivi, 900 punti di assistenza, 16 centri di sviluppo tecnologico e strutture di formazione. La sua crescita non si è limitata solo a livello interno, ma ha anche beneficiato di più di 250 acquisizioni strategiche.

La branch italiana del gruppo Weatherford International è la Weatherford Mediterranea S.p.A., fondata nel 1980 ad Ortona. L'azienda opera nel territorio italiano e in tutta la regione del Mediterraneo, inclusi paesi come Cipro, Grecia, Israele e Turchia, sia su siti Onshore che Offshore. Tra i suoi clienti vi sono importanti attori del settore, come ENI, Total, ENEL Green Power, SNAM e molti altri.

Il presente elaborato si concentrerà sulle operazioni svolte nello stabilimento di Ortona, in particolare l'analisi sarà incentrata sulla zona di preparazione dei prodotti finiti prima della spedizione all'interno del reparto manufactory.

2.1 Competenze

La mission di Weatherford è produrre energia per oggi e per domani. In qualità di leader globale nei servizi energetici, gli operatori si affidano a Weatherford per ottenere il massimo valore, semplificare le operazioni e migliorare la sicurezza. In collaborazione con i loro clienti, si impegnano a produrre soluzioni energetiche innovative che siano sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico per far progredire il settore oil&gas ed affini.

2.2 La produzione di Weatherford: il sito di Ortona

La sede di Ortona, Figura 13, è formata da due stabilimenti che si estendono per 26.150 mq di superficie ed è l'unico stabilimento in Europa che dispone anche di una manufactory interna (che produce Casing Shoe and Float collar su commessa che poi vengono distribuiti in tutto il Mondo) oltre ai reparti che forniscono svariati servizi ai propri clienti.



Figura 13: Stabilimento di Ortona

Le attività che vengono svolte in questi due plants sono:

- **Manufactory:** si occupa della realizzazione di casing shoe e float collar che sono dei sistemi di sicurezza da utilizzare obbligatoriamente durante la realizzazione di un pozzo (gas, petrolio, geotermia, stoccaggio di gas e CO₂)



Figura 14: Casing shoe e Float collar

- **TRS /tubular running service:** si occupano di provvedere al corretto avvimento dei casing, rispettando le specifiche di torsione richieste dal costruttore



Figura 15: TRS

- **Fishing Service:** servizio che si occupa dell'eventuale recupero di parti di batteria di perforazione rimasti in pozzo a seguito di qualche problema o rottura della stessa.



Figura 16: Milling tools

- **Wireline Service:** si occupa dell'acquisizione di dati in pozzo tramite apposite sonde e sensori studiate ad hoc per poter analizzare le caratteristiche del terreno (Formazione) con i cui dati si crea il modello geomeccanico e litologico. Si ricavano informazioni come: resistività, densità, porosità, permeabilità etc.



Figura 17: Wireline unit

- **Liner Hangers:** si occupa della fornitura ed installazione di sistemi di ancoraggio di casing all'interno del pozzo.



Figura 18: Liner Hangers

- **Thru-Tubing Intervention:** si occupano di fornire attrezzature speciali per la pulizia e altre operazioni da effettuare all'interno dei tubini di produzione mediante l'utilizzo di Coiled Tubing.



Figura 19: Thru-Tubing

2.2.1 Compiti della manufactory

Come abbiamo detto in precedenza, in questo reparto, vengono prodotti scarpe, collari e centralizzatori per poi essere spediti. Arrivati a destinazione questi pezzi, che al loro interno contengono delle valvole, vengono opportunamente avvitati sul casing. Queste parti fanno in modo che il cemento pompato all'interno del casing non possa tornare indietro a causa della pressione della formazione stessa e quindi garantire una corretta cementazione.

In questo reparto ci sono varie attività che vengono svolte giornalmente, tra cui:

1. Taglio
2. Controllo qualità
3. Piazzamento e colata cementizia con relativa solidificazione
4. Verniciatura
5. Imballo

3 Analisi del processo produttivo attuale

Questo capitolo offre una panoramica della situazione attuale del processo produttivo nell'area di preparazione dei prodotti finiti nel reparto manifatturiero dello stabilimento di Ortona, focalizzandosi sull'individuazione delle criticità. Un'analisi e mappatura della situazione attuale (AS-IS) è stata condotta come prima fase per comprendere le attività aziendali e i ruoli coinvolti. L'osservazione delle attività svolte dagli operatori e delle interazioni tra di essi ha giocato un ruolo chiave nella comprensione del contesto aziendale. Attraverso la mappatura del processo produttivo nello stabilimento di Ortona, è emerso un risultato significativo: i dipendenti responsabili della movimentazione delle merci all'interno dello stabilimento impiegano tempi e percorsi estremamente lunghi per lo stoccaggio dei prodotti finiti prima della spedizione.

3.1 Analisi dei flussi

Nell'analisi dei flussi, l'obiettivo è individuare eventuali problemi e organizzare le aree in modo da seguire le sequenze ottimali per il flusso dei prodotti. Per una migliore comprensione, prima di descrivere l'analisi dei flussi, è utile introdurre alcuni termini che verranno utilizzati nell'elaborato. La Tabella 1 riporta questi termini.

NOME	FOTO	DESCRIZIONE	DIMENSIONI
Euro pallet		Pallet europeo standard. Rappresenta l'unità di carico per il trasporto dei pezzi	80*120cm
Cassonetto		Contenitore in metallo in rete nel quale sono contenuti dischi di legno per completare l'operazione di packaging	126*107*102cm
Big-Bag con vasca raccolta		Vasca con grandi sacconi realizzati in tessuti resistenti quali polietilene e polipropilene a tenuta stagna con	100*100*184cm

		trattamento anticorrosione nelle quali vengono inseriti materiali CER 150202 e CER 150110 (materiali contaminati da sostanze pericolose) che subiscono smaltimento di rifiuti particolari	
Fasciapallet		Strumento necessario per l'imballo dei pezzi	268*150*275cm
Liste di legno		Liste di legno che vengono opportunamente tagliate per completare l'operazione di packaging	250*121*90cm
Sega		Strumento utilizzato per il taglio delle liste di legno	245*120cm
Pesa		Strumento utilizzato per individuare il peso dei singoli pezzi per la packing list necessaria per la spedizione	125*125cm

Cassone		Contenitore in lamiera utilizzato per depositare gli scarti di lavorazione del legno e del ferro	130*83*90cm
Reggia bluata		Prodotto metallico con alta resistenza alla tensione e allo strappo, usato per legare i casing shoe e i float collar al pallet in modo sicuro	
Gru a bandiera		Strumento utilizzato per sollevare i pezzi di grandi dimensioni e di pesi consistenti	Raggio 7,5m

Tabella 1: Elementi presenti nella zona di analisi

Per avviare l'analisi dei flussi dei materiali tra le diverse aree, è stato necessario creare una rappresentazione grafica dello stabilimento e individuare i percorsi accessibili ai mezzi di movimentazione. Successivamente, sono state effettuate misurazioni accurate dei percorsi seguiti dai carrellisti e dagli operatori responsabili delle movimentazioni delle merci. Queste misurazioni ci hanno consentito di calcolare le distanze tra le diverse aree di lavoro e di

stoccaggio. I risultati sono stati riportati nella Tabella 2 delle origini-destinazioni (From to Chart), in cui le distanze sono espresse in metri.

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area post-imballo	area stoccaggio
area pre-verniciatura		13						
verniciatura			18					
area lavoro				14				
pesa					15			
area pre-imballo						10		
imballo							12	
area post-imballo								142
area stoccaggio								

Tabella 2: From to Chart con distanze espresse in metri

La predominanza delle celle vuote nella Tabella può essere attribuita al fatto che le distanze sono state calcolate solo tra le aree che interagiscono direttamente, mentre le aree degli uffici sono state escluse in quanto la comunicazione avviene principalmente attraverso telefono ed e-mail. Per stimare i flussi tra le aree, sono state valutate una serie di opzioni e ne è stata selezionata la più adeguata. Inizialmente si era considerata la possibilità di basarsi sul numero di articoli trasportati da un'area all'altra, ma a causa della diversità dei prodotti, questo approccio non avrebbe fornito risultati significativi. Ad esempio, un pallet può contenere da 1 a 24 pezzi a seconda delle dimensioni, ma il trasporto avviene comunque in un solo viaggio. Allo stesso modo, il peso dei materiali varia in base al tipo di pezzo e alla quantità presente nel pallet. Pertanto, è stata scelta come unità di misura il numero di viaggi tra le aree. Utilizzando i dati aziendali contenuti nei file Excel, è stato possibile stimare il numero medio di viaggi effettuati in un mese, come evidenziato nella Tabella 3.

Mese	Numero di pallet acquistati
Gennaio	180
Febbraio	187
Marzo	283
Aprile	198
Maggio	190
Giugno	223
luglio	180
Agosto	196
Settembre	180
Ottobre	182
MEDIA MENSILE	200

Tabella 3: Tabella dei viaggi calcolati sulla media mensile

Una volta completate le Tabelle 2 e 3, è stato possibile determinare la distanza totale percorsa dai carrellisti con carico completo in un mese, moltiplicando semplicemente i valori delle due tabelle e riportando i risultati nella Tabella 4. È importante sottolineare che sono stati considerati solo i viaggi effettuati con il carrello pieno, mentre i viaggi di ritorno non sono stati conteggiati al fine di evitare una sovrastima del numero di viaggi nella Tabella 4.

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area post-imballo	area stoccaggio	TOTALE
area pre-verniciatura		2600							2600
verniciatura			3600						3600
area lavoro				2800					2800
pesa					3000				3000
area pre-imballo						2000			2000
imballo							2400		2400
area post-imballo								28400	28400
area stoccaggio									44800

Tabella 4: Ottenuta dal prodotto delle tabelle 2 e 3.

Dalla Tabella 4 emerge che, approssimativamente, gli articoli all'interno dello stabilimento percorrono una distanza di 44,8 km (corrispondenti a 44.800 metri) in un mese. Dopo aver calcolato le distanze e il numero di viaggi effettuati, il prossimo passo sarà visualizzare tali informazioni attraverso un grafico a Spaghetti Chart.

3.1.1 Spaghetti Chart- zona di preparazione dei prodotti finiti

Considerando i cicli di lavorazione e l'analisi dell'area, è stato ritenuto opportuno utilizzare lo Spaghetti Chart come strumento grafico per analizzare in modo approfondito i movimenti all'interno dell'area di preparazione dei prodotti finiti. In particolare, sono state esaminate le tratte seguite dai carrellisti e dai mulettisti durante le fasi di stoccaggio, lavorazione dei semilavorati e stoccaggio finale, in conformità con i cicli di lavorazione. La Figura 15 presenta lo Spaghetti Chart relativo alla zona di preparazione dei prodotti finiti prima della spedizione.

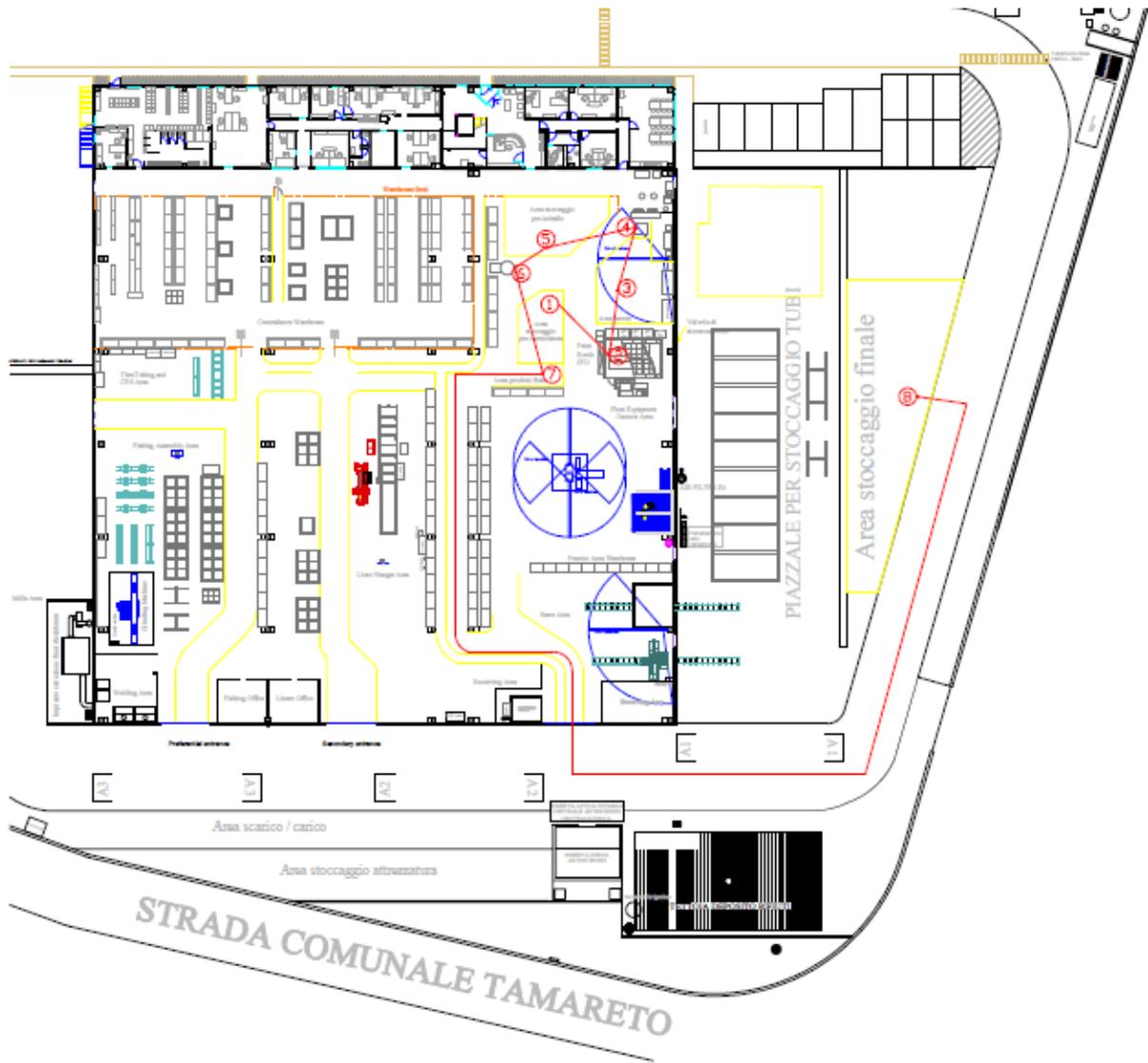


Figura 20: Spaghetti Chart dei prodotti del reparto Manufactory

①	Area stoccaggio pre-verniciatura
②	Verniciatura
③	Area lavoro
④	Pesa
⑤	Area stoccaggio pre-imballo

⑥	Imballo
⑦	Area prodotti finiti
⑧	Area stoccaggio prodotti finiti

Nella visualizzazione dello Spaghetti Chart, il primo punto rappresentato è l'area di stoccaggio pre-verniciatura, nella quale scarpe e collari vengono depositati dal reparto precedente a seguito della cementazione delle valvole al loro interno. In questa prima area i pezzi attendono l'ingresso nella cabina di verniciatura, dove un addetto si occuperà di prelevarli e posizionarli all'interno della verniciatrice, a seguito di questa operazione i pezzi rimarranno al suo interno per circa 30min, in modo da asciugarsi correttamente in quanto la cabina è dotata di un opportuno sistema di ventilazione che porta l'aria al suo interno a 40 gradi. A seguito dell'asciugatura i manufatti vengono portati nell'area di lavorazione dove si procede all'ingrassaggio dei filetti, alla stampa dei versi di posizionamento dei tubi ed all'incollaggio delle etichette contenenti la descrizione, il codice del work order ed il part number. Dopo aver effettuato queste operazioni i pezzi vengono posizionati su pallet puliti mediante gru a parete, successivamente ognuno di esso viene contornato da liste di legno e opportunamente legato al pallet attraverso la reggia bluata, al fine di proteggerli ed evitare danni durante il trasporto. Nell'ultima fase, i pallet finiti vengono posizionati in un'area di stoccaggio pre-imballo, dove attendono un ulteriore operatore che si occupa di ricoprire i pallet con del cellophane e di depositarli nell'area dei prodotti finiti, i quali attenderanno il carrello elevatore che li collocherà nell'area finale di stoccaggio, fuori dal capannone, in attesa della spedizione.

3.2 I tempi di movimentazione

Per calcolare i tempi corrispondenti alle distanze della Tabella 3, sono state eseguite due fasi preliminari: l'attribuzione di un tipo di mezzo di movimentazione a ciascun flusso e la definizione delle relative velocità medie che ogni mezzo riesce a sostenere. Nel caso specifico preso in considerazione, sono impiegati due tipi di mezzi:

- *Transpallet elevatore*: utilizzato per le movimentazioni in cui non è necessario l'impiego di un carrello elevatore a forche, ma che richiedono comunque una sollevazione del pallet a livelli intermedi. Questi mezzi sono dotati di un manovratore a terra e sono motorizzati, consentendo un sollevamento controllato e sicuro dei carichi. Sono ideali quando il numero di trasporti è limitato e si desidera ottimizzare lo spazio di manovra riducendo la larghezza dei corridoi. La capacità di sollevamento dei transpallet elettrici può raggiungere fino a 5 metri di altezza.



Figura 21: Esempio transpallet elevatore

- *Carrello elevatore a forche di tipo tradizionale*: utilizzato esclusivamente per l'operazione di stoccaggio finale, poiché la distanza tra le diverse aree rende poco pratico l'uso del transpallet. Questo tipo di carrello è ampiamente impiegato negli impianti industriali, in quanto è in grado di circolare anche all'esterno su terreni irregolari. È dotato di un manovratore a bordo che consente un controllo preciso delle operazioni. L'altezza di sollevamento può arrivare fino a 5 metri, la velocità di traslazione raggiunge i 20 km/h, mentre la velocità di sollevamento è di 0,45 m/s a pieno carico e 0,56 m/s a vuoto. Per la sua movimentazione, sono necessari corridoi di transito ampi, con una larghezza compresa tra 2 e 2,5 metri.



Figura 22: Esempio carrello elevatore

Per garantire un'analisi completa, nella Tabella 5 sono state associate le diverse tipologie di mezzi di movimentazione ai rispettivi flussi considerati:

Punto di partenza	Punto di arrivo	Mezzo
Area pre-verniciatura	Verniciatura	Transpallet (Toyota)
Verniciatura	Area lavoro	
Area lavoro	Pesa	
Pesa	Area pre-imballo	
Area pre-imballo	Area prodotto finito	Muletto (Linde)
Area prodotto finito	Area stoccaggio prodotti finiti	

Tabella 5: Mezzi di movimentazione

Per poter calcolare il tempo di movimentazione, è indispensabile conoscere le caratteristiche tecniche dei mezzi di movimentazione utilizzati. Di seguito sono elencate le specifiche dei mezzi considerati, riportate nella Tabella 6:

Mezzi di trasporto	Velocità Teorica (km/h)	Velocità Reale (km/h)	Fattore Correttivo	Velocità Effettiva (km/h)
Transpallet elevatore	6	6	0.2	4.8
Carrello elevatore a forche di tipo tradizionale	20	10	0.2	8

Tabella 6: Caratteristiche mezzi di movimentazione

Dopo aver consultato le schede tecniche dei mezzi di movimentazione fornite dai rispettivi produttori, sono stati definiti i valori presenti nella prima colonna della Tabella 7. Tuttavia, al fine di tener conto delle condizioni reali in cui avviene la movimentazione dei materiali, è stato applicato un fattore correttivo del 20% per ridurre le velocità nominali. Questo fattore tiene conto del carico dei mezzi, delle manovre necessarie e di eventuali ostacoli presenti durante la movimentazione. Successivamente, utilizzando i dati di velocità corretti e le distanze calcolate nella fase precedente, è stata compilata la matrice dei tempi complessivi di movimentazione, riportata nella Tabella 7. Questa tabella fornisce una stima dei tempi necessari per spostare i materiali da un'area all'altra utilizzando i mezzi di movimentazione specificati.

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area post-imballo	area stoccaggio	TOTALE
area pre-verniciatura		5200							5200
verniciatura			7000						7000
area lavoro				5400					5400
pesa					6000				6000
area pre-imballo						4000			4000
imballo							4800		4800
area post-imballo								12800	12800
area stoccaggio									45200

Tabella 7: Matrice dei tempi complessivi

Il tempo totale dedicato alla movimentazione è stato calcolato utilizzando la stessa metodologia descritta nel paragrafo per il calcolo della distanza totale percorsa. Le distanze tra le aree di provenienza e destinazione, presenti nella Tabella 5, sono state moltiplicate per

i tempi complessivi di movimentazione dei mezzi corrispondenti, riportati nella Tabella 7. Il risultato ottenuto è un tempo totale di 45.200 secondi, equivalente a circa 13 ore al mese. È importante tenere presente che questa stima del tempo di movimentazione si basa sulle informazioni e i dati disponibili, ma possono verificarsi variazioni effettive a causa di diversi fattori, come la disponibilità dei mezzi, le condizioni operative e altre eventualità.

3.3 Criticità

L'identificazione dei problemi è stata effettuata principalmente attraverso osservazioni sul campo e interviste condotte dall'autrice con il personale operante nel reparto. Durante questa fase, la mappatura tramite lo Spaghetti Chart e la compilazione delle tabelle From to Chart sono state strumenti molto utili. Analizzando la situazione attuale attraverso lo Spaghetti Chart e l'osservazione sul campo, l'autrice ha identificato criticità nella fase finale del processo di preparazione e spedizione. I primi due problemi riguardano la notevole distanza tra l'area di imballo e l'area di stoccaggio finale, che non segue un approccio Lean, poiché, dal punto di vista dei flussi, dovrebbero essere adiacenti a causa dell'alto grado di interazione tra le due. Come evidenziato nelle tabelle precedenti, il numero mensile di viaggi si avvicina a 200, con una distanza media di circa 28.400 metri e un tempo medio di circa 12.800 secondi, corrispondente a circa 3 ore e mezza di lavoro al mese. Il terzo problema, altrettanto importante, riguarda la sicurezza, poiché il passaggio del carrello elevatore attraverso zone pedonali e stazioni di lavoro con operai in movimento aumenta il rischio di incidenti.

4 Il nuovo Layout

Nella fase finale del progetto, sono state elaborate quattro diverse proposte per la riprogettazione del plant produttivo di Ortona. Questa iniziativa è nata dalla necessità di rendere la produzione di Weatherford conforme ai principi Lean, con particolare attenzione al miglioramento della sicurezza aziendale. A tal fine, è stata presa la decisione di realizzare una porta che consenta una diretta uscita dei prodotti verso l'esterno, implicando così una modifica dell'intero layout della zona di preparazione dei prodotti finiti. La prima parte del progetto, che comprende l'analisi delle informazioni sulla situazione attuale, fornisce una base sufficientemente solida per le decisioni che saranno prese e può quindi essere considerata conclusa. A questo punto, si procederà formulando diverse alternative di layout interno, seguendo le linee guida stabilite dall'azienda.

4.1 Presentazione delle alternative di layout

Per sviluppare nuove alternative di layout, è fondamentale esaminare attentamente tutti i dati raccolti durante l'analisi dell'attuale situazione (AS-IS) e determinare in modo conciso dove e come apportare modifiche all'organizzazione del layout. Basandoci sui risultati ottenuti dalla mappatura tramite Spaghetti Chart nel capitolo 3 e sui flussi identificati sul campo, l'applicazione di un nuovo layout, basato su principi efficienti e Lean, offrirà notevoli vantaggi, in particolare in termini di sicurezza grazie alla riduzione delle movimentazioni. Uno degli obiettivi principali del nuovo layout è minimizzare le criticità rispetto alla configurazione attuale, affrontando le problematiche individuate nel paragrafo 3.3.2, come ad esempio la lunga distanza tra l'area dei prodotti finiti e l'area di stoccaggio finale. Nella Figura 23 viene presentata una panoramica delle alternative di layout che verranno esaminate nel prosieguo dell'elaborato, insieme ai criteri utilizzati per la valutazione e l'analisi.

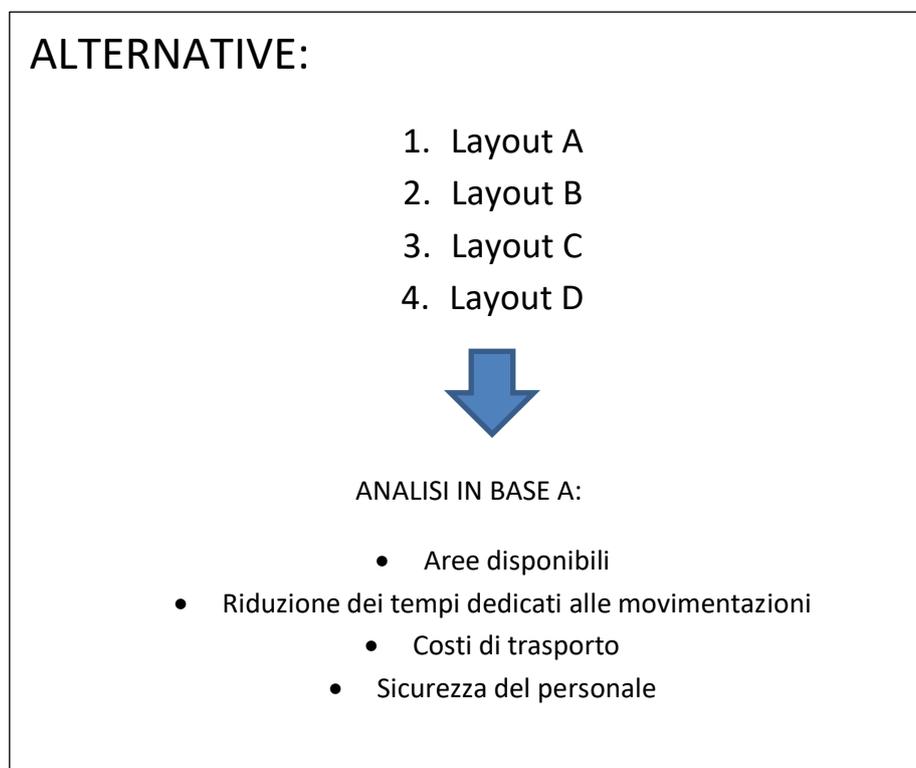


Figura 23: Specchietto introduttivo

4.1.1 Layout A

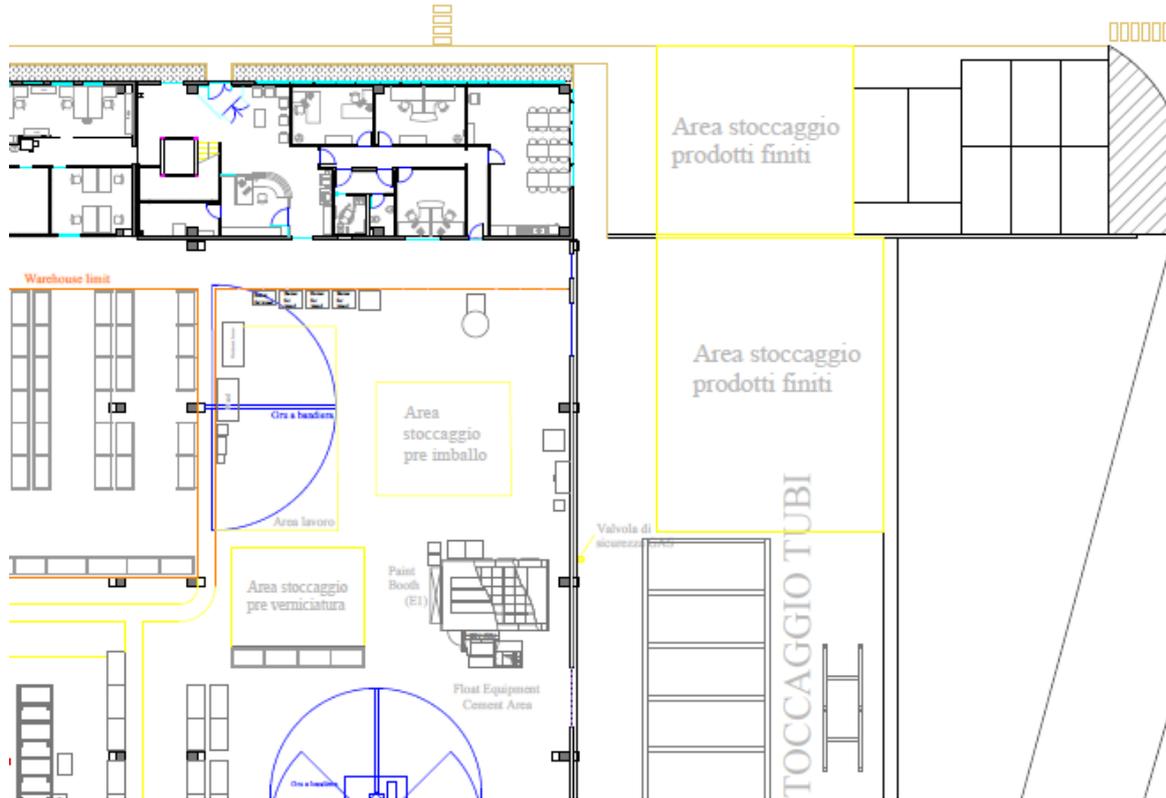


Figura 24: Layout A

Nella Figura 24 è rappresentata la prima configurazione proposta per la zona di preparazione dei prodotti prima della spedizione. In questo primo layout possiamo vedere un grande cambiamento di tutta la zona: la prima modifica sostanziale è la porta, parte cardine di tutto lo studio del nuovo progetto che permette la ridefinizione del processo secondo un'ottica Lean, di conseguenza sono state disposte tutte le aree di stoccaggio e di lavoro secondo logiche di efficienza. La gru a parete è stata posizionata sul palo portante opposto, tutte le aree sono state ampliate ed avvicinate, riducendo di conseguenza i tempi dedicati alle movimentazioni, questo è stato possibile sia grazie all'eliminazione dell'area stoccaggio post-imballo, non più necessaria per il processo, sia grazie allo scambio tra le aree di stoccaggio dei prodotti finiti della manufactory con l'area deposito della warehouse. In particolare, è stata sottratta l'area di deposito antistante la porta, andando a cedere l'area di stoccaggio dei prodotti finiti utilizzata attualmente dal reparto manufactory. Ulteriore vantaggio dato dalla realizzazione della porta è il non far transitare il carrello elevatore all'interno del reparto, ciò ha permesso la rimozione dell'intera area dedicata al suo passaggio consentendo il posizionamento di tutta la scaffalatura di 1m più indietro andando così a cedere più spazio alle zone di lavoro delle stazioni precedenti. Infine, la movimentazione degli scaffali e l'eliminazione dell'area dedicata al passaggio del carrello ha consentito il recupero di parte

della scaffalatura (4 scaffali a tutt'altezza) presenti nella configurazione iniziale che altrimenti sarebbero andati persi.

Le caratteristiche di questo layout sono:

- Mantenimento del layout a L della zona di lavoro
- Il fasciapallet viene ubicato verso l'uscita, in particolare viene posizionata davanti alla griglia di protezione
- Viene eliminata l'area caffè a favore della creazione della porta
- Il passaggio pedonale viene chiuso

4.1.2 Layout B

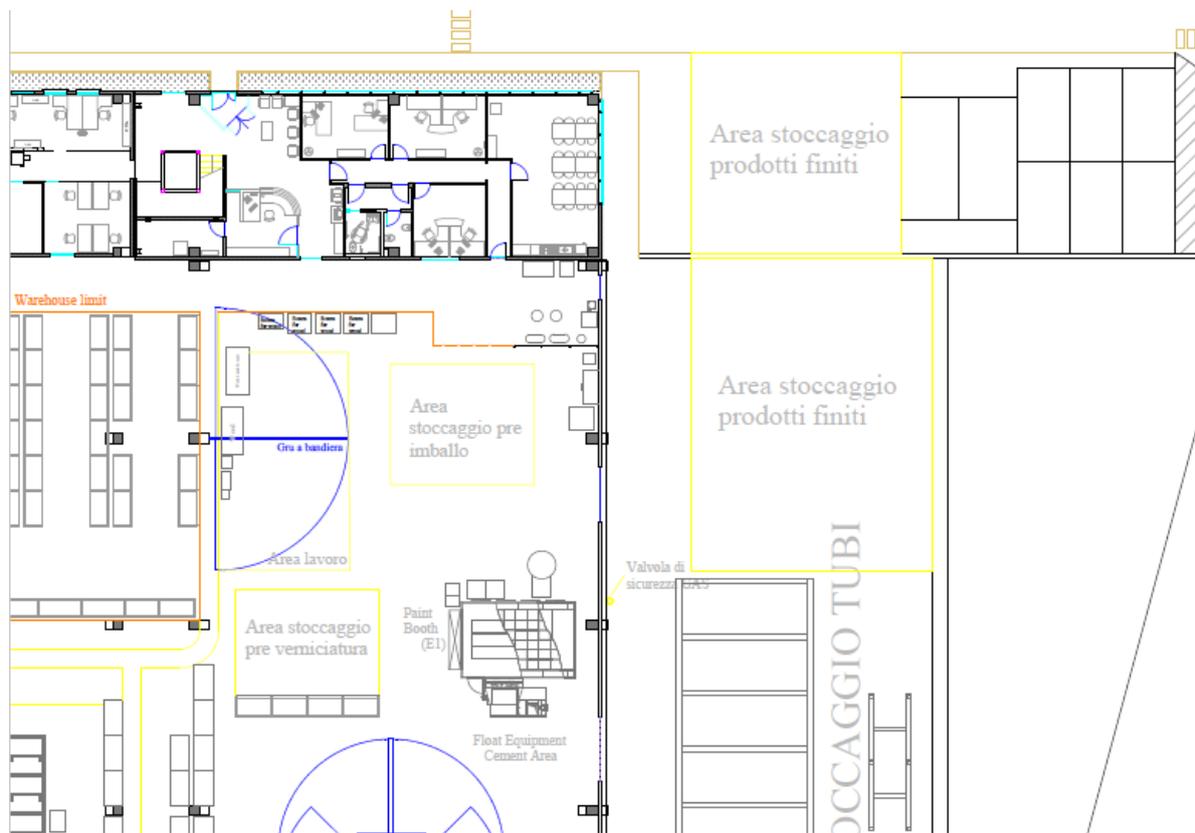


Figura 25: Layout B

Nella Figura 25 è rappresentata la seconda configurazione proposta per la zona di preparazione dei prodotti prima della spedizione. Questo layout presenta tutte le caratteristiche generali spiegate nel Layout A, ma si differenzia dal precedente per:

- La porta viene creata sulla parete dove attualmente è presente il materiale di lavoro (sega, liste di legno) poiché lo spazio precedentemente assegnatogli con il layout A sarebbe stato insufficiente a causa della cessione di parte di esso a favore dell'area caffè
- Viene ricreata l'area caffè
- Il fasciapallet viene spostato verso la nuova uscita, in particolare viene posizionata a fianco della verniciatrice
- Mantenimento del layout a L della zona di lavoro
- Il passaggio pedonale viene chiuso

4.1.3 Layout C

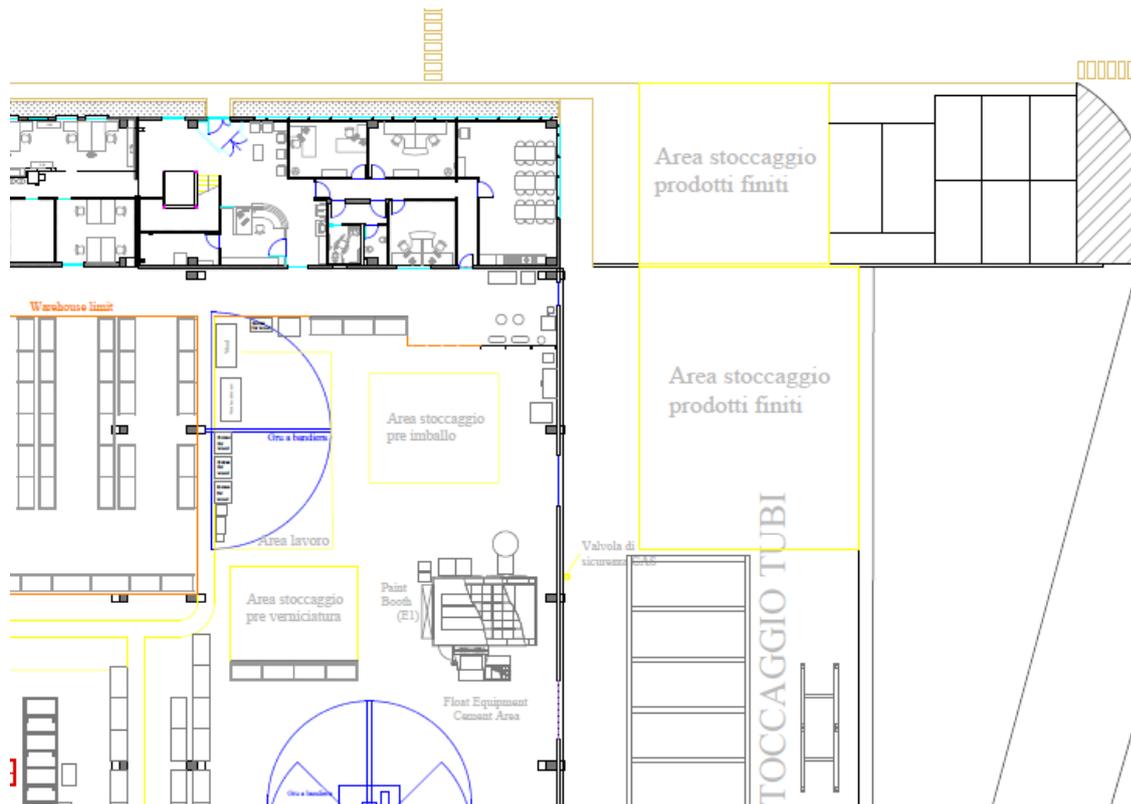


Figura 26: Layout C

Nella Figura 26 è rappresentata la terza configurazione proposta per la zona di preparazione dei prodotti prima della spedizione. Questo layout presenta tutte le caratteristiche generali spiegate nel Layout A, ma si differenzia dalle due proposte elencate precedentemente per:

- La variazione dell'area di lavoro con un layout lineare

- La porta viene creata sulla parete dove attualmente è presente il materiale di lavoro (sega, liste di legno) poiché lo spazio precedentemente assegnatogli con il layout A sarebbe stato insufficiente a causa della cessione di parte di esso a favore dell'area caffè
- Il fasciapallet viene spostato verso l'uscita, in particolare viene posizionata a fianco della verniciatrice
- Il passaggio pedonale viene chiuso
- Viene ricreata l'area caffè
- Gli scaffali vengono recuperati quasi tutti, poiché oltre ai quattro già collocati nei layout precedenti si è riuscito ad ottenere ulteriore spazio a disposizione grazie al layout lineare che va a lasciar libera la zona compresa tra i cassoni e la griglia di protezione, nella quale vengono posizionati altri tre scaffali con tre ripiani ognuno.

4.1.4 Layout D

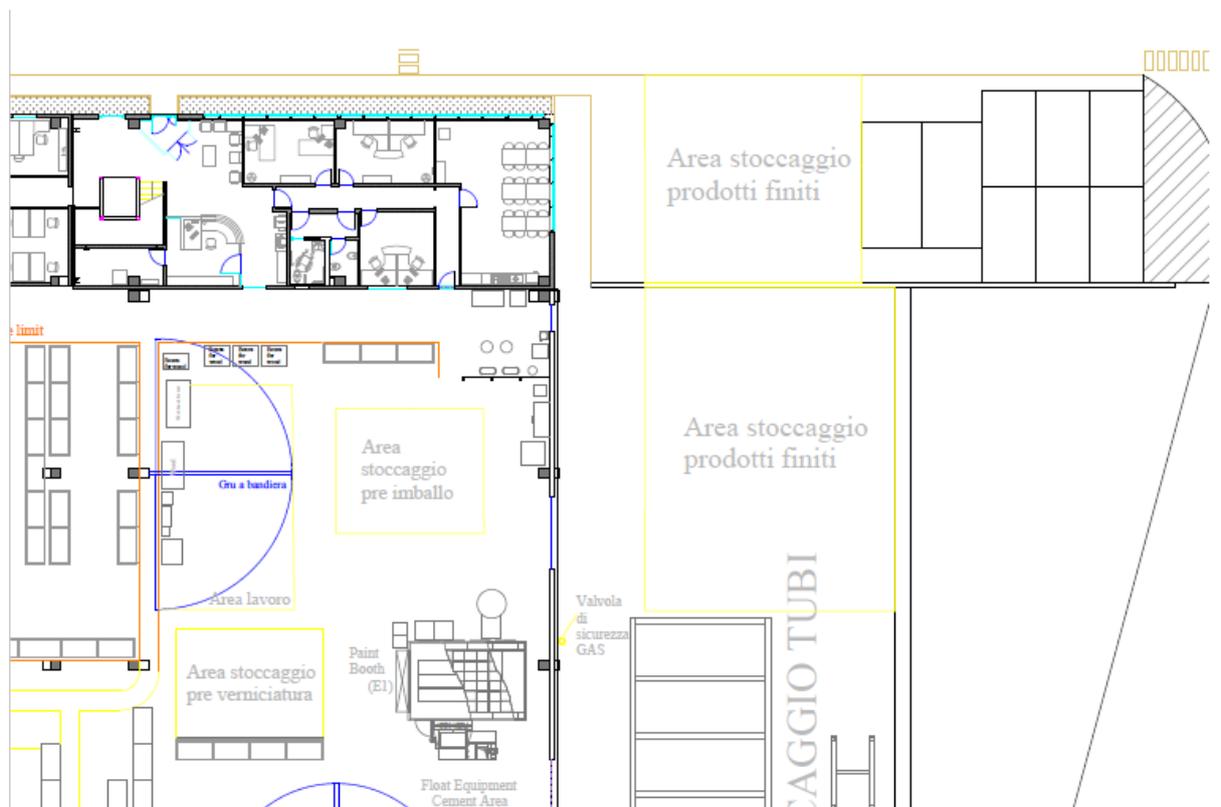


Figura 27: Layout D

Nella Figura 27 è rappresentata la quarta configurazione proposta per la zona di preparazione dei prodotti prima della spedizione. Questo layout presenta tutte le caratteristiche generali spiegate nel Layout A, ma si differenzia dalle due proposte elencate precedentemente per:

- La porta viene creata sulla parete dove attualmente è presente il materiale di lavoro (sega, liste di legno) poiché lo spazio precedentemente assegnatogli con il layout A sarebbe stato insufficiente a causa della cessione di parte di esso a favore dell'area caffè
- Mantenimento del layout a L della zona di lavoro
- Il fasciapallet viene spostato verso l'uscita, in particolare viene posizionata a fianco della verniciatrice
- Viene ricreata l'area caffè
- Viene ricreata l'apertura per consentire il passaggio pedonale
- Gli scaffali vengono recuperati quasi tutti, poiché oltre ai quattro già collocati nei layout precedenti si è riuscito ad ottenere ulteriore spazio a disposizione grazie al layout lineare che va a lasciar libera la zona compresa tra i cassoni e la griglia di protezione, nella quale vengono posizionati altri tre scaffali con tre ripiani ognuno.

4.1.5 Confronto fra le alternative

Dopo aver presentato le diverse proposte di Layout nei paragrafi precedenti, queste sono state analizzate per poter scegliere la soluzione migliore. Confrontando tutte le proposte, possiamo notare come tutte hanno in comune un guadagno in termini di ampliamento di superficie, riduzione di movimentazioni delle merci e sicurezza, ma andando nel dettaglio dei vari progetti possiamo vedere come il layout C è sconveniente a causa della disposizione lineare delle attrezzature nell'area di lavoro nella quale gli operatori devono effettuare tragitti maggiori per completare tutte le lavorazioni sui prodotti. I layout C e D rispetto ai layout A e B permettono di recuperare quasi tutti gli scaffali esistenti, nel dettaglio si riescono a recuperare 7 scaffali totali di cui 4 a tutta altezza e 3 con tre scaffali ognuno, cioè 21 ripiani a differenza della situazione iniziale dove si avevano 7 scaffali a tutt'altezza quindi 28 ripiani. Considerando che rispetto alla situazione attuale si possono ottimizzare gli spazi e che alcuni prodotti possono essere venduti o messi in magazzino possiamo constatare che abbiamo un ottimo risultato.

4.2 Scelta dell'alternativa migliore

Per determinare l'alternativa migliore tra le proposte di layout presentate, è stato necessario condurre un'analisi approfondita per trovare il miglior compromesso tra le esigenze dell'azienda e quelle lavorative.

I vincoli imposti dall'azienda sono stati:

- Aumentare la sicurezza
- Mantenimento degli scaffali, per consentire un corretto stock dei prodotti presenti e futuri in modo da non intralciare le aree lavoro
- Il mantenimento dell'area caffè per consentire pause confortevoli per i dipendenti

A fronte di ciò si è deciso di realizzare l'opzione D, un perfetto compromesso, nella quale:

- vengono ampliate tutte le aree in modo da agevolare tutte le operazioni rendendole più sicure
- viene mantenuto il layout a L della zona di lavoro più efficiente per gli spostamenti dell'operatore
- Il fasciapallet viene collocato verso l'uscita, in modo tale che i prodotti vengono movimentati direttamente verso l'esterno, garantendo così un'ottica Lean
- viene eliminata la zona intermedia dei prodotti finiti
- viene ricollocata la porta sulla parete dove attualmente è presente il materiale di lavoro (sega, liste di legno)
- vengono conservati gli scaffali
- vengono ampliate tutte le aree di lavoro delle stazioni precedenti

Nei paragrafi successivi andremo da analizzare in dettaglio tutti i benefici che derivano dalla scelta del layout D.

4.2.1 Calcolo dei tempi

Il primo vantaggio che viene preso in considerazione è il risparmio di tempo nell'implementazione di questo nuovo layout. Per condurre questa analisi, è stato necessario aggiornare la Tabella 2 "From to Chart" con le nuove distanze espresse in metri, poiché la disposizione è stata completamente modificata e i valori delle distanze sono diversi rispetto alla situazione precedente (AS-IS).

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area stoccaggio
area pre-verniciatura		11,6					
verniciatura			18				
area lavoro				15,7			
pesa					6		
area pre-imballo						7,6	
imballo							20
area stoccaggio							

Tabella 8: Nuove distanze espresse in metri

Nella nuova configurazione presentata nella tabella, si può osservare una significativa riduzione delle distanze. In particolare, la distanza tra l'area di imballo e l'area di stoccaggio è diminuita da 142 metri a 20 metri, consentendo un risparmio di 122 metri per ogni viaggio. Inoltre, grazie a queste modifiche, è stato possibile eliminare l'area post-imballo. Per valutare l'impatto delle nuove modifiche, è stato necessario calcolare il numero di viaggi mensili tra le diverse aree e determinare la distanza totale percorsa dagli articoli nel corso di un mese. Successivamente, è stata compilata una matrice dei tempi complessivi, come già fatto nel paragrafo 3.2, utilizzando il numero di pallet spediti mensilmente come stima dei flussi tra le aree. Questo numero rimane invariato rispetto alla stima precedente, poiché la produzione può aumentare solo se vengono incrementate le ore lavorate. Conoscendo le nuove distanze tra le aree e il relativo numero di viaggi mensili, è stato possibile calcolare la distanza totale percorsa mensilmente per le movimentazioni delle merci, utilizzando la matrice presente nella Tabella 8. I risultati di queste operazioni sono riportati nella Tabella 9 per la configurazione D.

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area stoccaggio	TOTALE
area pre-verniciatura		2320						2320
verniciatura			3600					3600
area lavoro				3140				3140
pesa					1200			1200
area pre-imballo						1520		1520
imballo							4000	4000
area stoccaggio								15780

Tabella 9: Distanza percorsa mensilmente

Rispetto alla situazione descritta nel terzo capitolo, si nota una significativa riduzione di circa il 35% nella distanza mensile percorsa, equivalente a circa 29 km in meno. Questa riduzione è stata ottenuta grazie alle modifiche apportate al layout e ai flussi di movimentazione dei materiali. Per calcolare i tempi associati a queste nuove distanze, è stato seguito lo stesso approccio descritto nel paragrafo 3.3, che prevede l'assegnazione dei mezzi di movimentazione ai flussi specifici. I risultati di questa analisi sono riportati nella Tabella 10, che presenta la nuova matrice dei tempi complessivi.

FROM TO CHART	area pre-verniciatura	verniciatura	area lavoro	pesa	area pre-imballo	imballo	area stoccaggio	TOTALE
area pre-verniciatura		1728						1728
verniciatura			2736					2736
area lavoro				2376				2376
pesa					900			900
area pre-imballo						1152		1152
imballo							1800	1800
area stoccaggio								10692

Tabella 10: Matrice dei tempi complessivi

Rispetto alla matrice dei tempi complessivi della situazione AS-IS il cui totale era di 45.200 secondi mensili, cioè 13h di Tabella 7, grazie alle modifiche apportate è stato possibile ridurre il totale dei tempi mensili a 10.692 secondi, cioè 3h nell'alternativa D, una riduzione di 10h mensili. È evidente il vantaggio ottenuto da questo studio soprattutto, nel tragitto imballatrice-stock finale, dove il tempo impiegato dal carrello elevatore per percorrere il tragitto da dentro a fuori e viceversa è di 18 sec rispetto alla situazione iniziale che impiegava 127sec, di conseguenza scegliendo l'alternativa D, si va a risparmiare 109sec quindi 1.8min per ogni viaggio. Considerando che ogni mese vengono spediti in media 200 pallet, andremo a risparmiare 6h al mese che possiamo dedicare alla produzione, cioè 72h annue.

4.2.2 Calcolo dei costi

Le tabelle presenti nei paragrafi precedenti contengono dati di diverse tipologie che sono stati rilevati durante lo studio del layout. Le informazioni sintetizzate nelle tabelle includono:

- n_{ij} [viaggi/mensili]: numero di viaggi effettuati tra i reparti i e j in un mese.
- d_{ij} [metri/viaggio]: distanze tra le varie aree.
- c_{ij} [€/metro]: costi unitari dei sistemi di trasporto carrello elevatore.
- t_{ij} [secondo]: tempo impiegato per percorrere il tragitto i e j
- c_o [€/ora] i costi di un singolo operaio al giorno.

Tutte queste informazioni sono fondamentali per calcolare il costo di trasporto totale e per fornire spunti e indicazioni all'autrice per sviluppare nuove alternative di layout.

Costi	
Costo operaio	12€/h
Costo dell'energia per caricare il carrello elevatore	0,24 €/kWh

Tabella 11: Costi

Una volta raccolti tutti i dati pertinenti, è stato possibile effettuare il calcolo del costo totale di trasporto per il tragitto tra l'area di fasciapallet e l'area di stoccaggio dei prodotti finiti.

CONFIGURAZIONE INIZIALE

DISTANZE PERCORSE

$$D_{ij} = n_{ij} * d_{ij}$$

$$D_{ij} = 200 * 124 * 2 = 49.600m$$

TEMPO IMPIEGATO

$$T_{ij} = n_{ij} * t_{ij}$$

$$T_{ij} = 200 * 64 * 2 = 25.600s = 7,11h$$

COSTO TRASPORTO

$$C_{ij} = T_{ij} * c_{ij}$$

$$C_{ij} = 7,11 * 5,1 * 0,24 = 8.7€/mese$$

COSTO OPERAIO

$$C_o = T_{ij} * c_o$$

$$C_o = 7,11 * 12 = 85.3 €/mese$$

Figura 28: Calcoli situazione iniziale

CONFIGURAZIONE D

DISTANZE PERCORSE

$$D_{ij} = n_{ij} * d_{ij}$$

$$D_{ij} = 200 * 22 * 2 = 8.800m$$

TEMPO IMPIEGATO

$$T_{ij} = n_{ij} * t_{ij}$$

$$T_{ij} = 200 * 9 * 2 = 3.600s = 1h$$

COSTO TRASPORTO

$$C_{ij} = T_{ij} * c_{ij}$$

$$C_{ij} = 1 * 5,1 * 0,24 = 1,22€/mensili$$

COSTO OPERAIO

$$C_o = T_{ij} * c_o$$

$$C_o = 1 * 12 = 12€/mese$$

Figura 29: Calcoli situazione futura

In Figura 28 e 29 il confronto tra la situazione iniziale e quella futura eseguito in base alle distanze percorse, ai relativi tempi impiegati a percorrerli, ai costi degli operai e ai costi di trasporto. Quest'ultimo costo è stato calcolato considerando il costo dell'energia per caricare il carrello elevatore (Tabella 11), il suo consumo per effettuare la movimentazione tra il reparto i e il reparto j e il relativo tempo di impiego. Ne deriva che realizzare il layout D ha i suoi benefici vista la riduzione della distanza e dei costi.

4.2.3 Calcolo delle aree

Il terzo vantaggio che si va a considerare sono le aree di lavoro e di stoccaggio. Il vantaggio di questa parte è stato reso possibile grazie alla creazione della porta che consente il diretto collegamento verso l'esterno, di conseguenza si è potuto eliminare l'area post-imballo, non più necessaria grazie al fatto che i prodotti dopo essere imballati fuoriescono direttamente

verso l'esterno, questa modifica ha reso possibile l'ampiamiento di tutte le aree rendendo più agevoli tutte le lavorazioni.

I vantaggi dati dalla creazione della porta sono stati innumerevoli, di seguito andremo ad elencarli e ad analizzarli tutti nello specifico:

1. Ha reso possibile l'eliminazione dell'area destinata al transito del carrello elevatore consentendo la movimentazione degli scaffali a favore dell'ampiamiento di tutte le aree di lavoro dei reparti precedenti
2. La creazione della porta ha consentito il recupero di gran parte degli scaffali utili per lo stoccaggio
3. Ha portato alla ricollocazione della gru a parete permettendo di sfruttare quasi tutto il suo raggio d'azione. Per ragioni di sicurezza nell'ultimo tratto lo si è dotato di finecorsa in modo da garantire la sicurezza del personale
4. Ha consentito la realizzazione di un'area esclusiva dedicata al transito del carrello elevatore con meno possibilità di incidenti
5. Ha permesso lo scambio delle aree a disposizione in modo agevolare anche li warehouse, consentendo il riavvicinamento di queste in un'unica area poiché prima non era in possesso di una sufficientemente grande.

Un ulteriore vantaggio è stato ottenuto dal nuovo dimensionamento delle aree, di seguito possiamo vedere come queste sono variate:

- L'area pre-verniciatura varia da una dimensione iniziale di 35.53m ad una attuale di 42.56m, ottenendo un aumento di 7 pallet
- L'area lavoro varia da una dimensione iniziale di 55.61m ad una attuale di 81.9m, ottenendo un aumento di 14 pallet
- L'area pre-imballo varia da una dimensione iniziale di 63.9m ad una attuale di 49.4m, ottenendo una diminuzione di 15 pallet
- L'area stoccaggio finale varia da una dimensione iniziale di 273.02m ad una attuale di 337.2m, ottenendo un aumento di 67 pallet

4.2.4 Sicurezza

Il quarto vantaggio che si va a considerare è la sicurezza. Certamente I carrelli elevatori costituiscono una solida soluzione per lo spostamento dei carichi, in quanto rendono più facile, veloce e sicuro il trasporto delle merci. Inoltre, riducono l'intervento dei dipendenti, proteggendoli da incidenti e malattie professionali, aumentando la produttività aziendale. Tuttavia, secondo EUROSTAT, l'1% degli incidenti nelle fabbriche dell'UE è causato da attrezzature di movimentazione mobili e di questo 1% ha provocato il 10% di tutte le lesioni fisiche dove I lavoratori più a rischio di infortunio sono quelli a piedi [5].

Di conseguenza grazie al nostro layout, che va ad evitare il passaggio del carrello elevatore nella zona di transito pedonale e di lavoro, andremo a ridurre quasi completamente la possibilità di incidenti nel reparto manufactory.

4.2.5 Analisi dei risultati

Nel paragrafo precedente sono stati presentati i risultati ottenuti con l'adozione dell'alternativa D. Al fine di fornire un riassunto accurato del lavoro svolto, l'autrice ha ritenuto opportuno compilare una tabella che riporta le riduzioni raggiunte in termini di distanza, tempo e costi, e un'altra tabella che evidenzia l'aumento delle superfici di lavoro e di stoccaggio in termini di pallet. Questo riassunto consente di valutare in modo conciso gli effetti positivi dell'implementazione del layout D.

Distanza totale mensile		Tempi complessivi mensili		Costo trasporto mensile		Costo operaio mensile	
AS-IS	D	AS-IS	D	AS-IS	D	AS-IS	D
49.600m	8.800m	7,11h	1h	8,7€	1.2€	85,3€	12€
40.800m		6h		7,5€		73€	

Tabella 12:Schema riassuntivo

Area pre-verniciatura		Area lavoro		Area per imballo		Area stoccaggio finale	
AS-IS	D	AS-IS	D	AS-IS	D	AS-IS	D
35.53m	42.56m	55.61m	81.9m	63.9m	49.4m	273.02m	337.2m
+6 pallet		+15 pallet		-15 pallet		+67 pellet	

Tabella 13:Schema riassuntivo aree

Nella Tabella 12 e nella Tabella 13 sono evidenziati i benefici derivanti dall'implementazione del nuovo layout. È possibile notare una significativa riduzione dei tempi e dei costi necessari per la movimentazione delle merci, oltre a un aumento delle superfici disponibili per lo stoccaggio di un numero maggiore di pallet. Questi miglioramenti consentono di ottimizzare le condizioni di lavoro e di fornire più spazio per le operazioni di movimentazione del carrello elevatore. L'aver avvicinato le aree ha dato un importante contributo, sia nella riduzione della distanza totale percorsa in un mese, ma soprattutto per gli innumerevoli vantaggi sulla sicurezza. In sintesi, l'alternativa di Layout D consente una riduzione significativa del tempo dedicato alla movimentazione dei materiali, pari a 6 ore mensili. Ciò si traduce in un risparmio di costi dell'operatore di 73 euro mensili e dei costi del carrello elevatore di 7,5 euro mensili. Effettuando un'analisi complessiva, si ottiene un risparmio totale di 80 euro al mese, corrispondenti a 960 euro annui.

5 Conclusioni

Nel corrente capitolo si presentano le conclusioni derivate dall'analisi del caso studiato. Nei paragrafi seguenti, si intende mettere in risalto i vantaggi apportati dalla nuova configurazione di Layout per l'azienda e le limitazioni che caratterizzano questo elaborato.

5.1 Benefici aziendali

Nella valutazione dei benefici, è importante notare innanzitutto l'implementazione della porta che ha contribuito a superare le criticità legate alle lunghe distanze percorse dal carrello elevatore. Questa modifica ha ridotto gli sprechi e ha migliorato significativamente la sicurezza all'interno dell'ambiente di lavoro, poiché avendo ora un diretto collegamento verso l'esterno, si evita il passaggio del carrello elevatore nella zona di transito pedonale e di lavoro, riducendo drasticamente la possibilità di incidenti in tutto il reparto. Inoltre, la distanza percorsa dagli articoli all'interno della zona di preparazione dei prodotti finiti è stata ridotta del 35%, infatti nella situazione iniziale AS-IS descritta nel terzo capitolo, la distanza mensile percorsa ammontava a 44.800 metri, mentre con l'implementazione del nuovo layout si è ridotta a 15.780 metri mensili, riducendo conseguentemente anche i tempi complessivi dedicati alle movimentazioni, permettendo un recupero annuo di 72 ore da poter impiegare nella produzione di beni, oltre che ad un conseguente risparmio dei costi di circa 960 euro l'anno. In conclusione, si può affermare che nonostante i vantaggi economici non siano così elevati, la realizzazione di questo progetto sarebbe un passo in avanti verso l'efficienza e la sicurezza che un'azienda come Weatherford non può non permettersi.

5.2 Limiti dell'elaborato di tesi

Uno dei principali limiti di questo studio riguarda l'analisi dei tempi di movimentazione nella nuova configurazione della zona di preparazione dei prodotti finiti prima della spedizione. Il problema sorge dal fatto che il progetto non è ancora stato implementato, quindi non è possibile effettuare un calcolo preciso del risparmio totale in termini di tempi e costi. Ciò è dovuto alla mancanza di dati specifici per determinare con precisione il tempo richiesto per la presa e il rilascio del pallet tramite il carrello elevatore.

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 by ConsulmanSpA, 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, Elsevier, 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.

Sitografia

[1] <https://www.cuoospace.it/2017/05/lean-layout.html>

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

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

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

[5] <https://www.triomobil.com/it/blog/misure-prevenzione-incidenti-carrelli-elevatori#:~:text=EUROSTAT%20afferma%20che%20l%271,di%20tutte%20le%20lesioni%20fisiche.>

Ringraziamenti

Come prima cosa vorrei ringraziare *Weatherford* senza la quale questa tesi non sarebbe stata scritta, grazie per avermi offerto l'opportunità di svolgere la tesi su un caso studio reale. Ma soprattutto grazie per la fantastica esperienza che mi ha aiutato ad accrescere le mie conoscenze e competenze apprese durante il percorso di studi. Un particolare ringraziamento va anche a *tutti i colleghi*, che fin da subito mi hanno accolta a braccia aperte, facendomi sentire parte del loro team.

Ringrazio i miei *genitori* e la mia *famiglia* per il supporto, senza il quale non sarei arrivata fin qui. Grazie per esserci sempre stati anche se a distanza, soprattutto nei momenti di sconforto e grazie per aver gioito in questi anni insieme a me per i miei successi.

Un grazie speciale va a te *papà* per essere il mio primo sostenitore. Grazie per aver trovato in questi anni sempre la parola giusta al momento giusto o un modo per farmi ridere anche nei momenti più difficili. Grazie per avermi spronata con le tue frasi motivazionali, che ormai so a memoria, per farmi credere di più in me stessa e andare avanti con i miei sogni. A te *mamma*, grazie per essere stata il mio braccio destro e grazie per ogni Buongiorno prima di ogni esame e scusa per tutte le ansie che ti ho messo.

Grazie a te *nonna* che in questi anni mi ha sostenuta con le tue scorte di cibo, senza le quali non sarei riuscita a sopravvivere durante la sessione; mentre a te *nonno*, spero che tu sia orgoglioso di me.

Un grazie speciale a te "*aGiù*", la miglior coinquilina che io potessi trovare, grazie per tutti i momenti trascorsi insieme, per tutte le risate, i gossip e film stupidi sul divano, ma anche grazie per le discussioni e i discorsi seri sulla vita che ci hanno portato a crescere insieme. Grazie per aver migliorato la mia cucina e la percentuale della mia attività fisica.

Grazie a te *Fede*, per questi anni passati insieme tra giornate di studio, aperitivi e i fazzoletti usati per asciugare le nostre lacrime. Grazie per le nostre cene romantiche che hanno accompagnato i nostri finesettimana, ma soprattutto grazie per avermi ascoltata nelle mie infinite lamentele. Insomma, grazie per essere state delle perfette amiche e compagne di viaggio.

Grazie agli "*Esauriti anonimi*" per aver reso ogni giornata di studio più piacevole.

Grazie alle mie amiche di sempre, *Serena* e *Benedetta*, per essere sempre al mio fianco.

Mentre a te *Erasmus*, grazie per bellissima esperienza che mi hai permesso di vivere e grazie per le magnifiche persone che mi hai fatto incontrare. Vi porterò sempre nel cuore.

Ed infine grazie a te *Fermo* e a tutte le persone che mi sono state vicine in questi tre anni, grazie per aver contribuito a far diventare questi anni indimenticabili.

