

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

Tesi di Laurea Magistrale in Impianti Industriali T-AB

**RAZIONALIZZAZIONE DEI PROCESSI FISICI  
ED INFORMATIVI DI UN SISTEMA  
PRODUTTIVO: IL NUOVO PROCESSO DI  
GESTIONE DELLA PRODUZIONE**

CANDIDATO

Nicola Abbati

RELATORE

Prof. Ing. Alberto Regattieri

TUTOR AZIENDALE

Davide Faggi

---

Anno Accademico 2021-2022

Sessione 3



# Indice

<b>1. Introduzione.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Tipologie di layout.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Analisi a supporto della scelta del layout .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Scelta ed implementazione del layout produttivo.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. Monitoraggio della performance.....</b>	<b>11</b>
<b>2. L'azienda Fiorini Industries.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Analisi As-Is .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Analisi del layout dello stabilimento produttivo AS-IS.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Analisi del mix di prodotto e studio del ciclo produttivo di alcuni prodotti .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3. Analisi aggiuntiva di alcuni cicli di lavorazione .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4. Mappatura del flusso fisico dei materiali .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.1. Officina.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.2. Assemblaggio .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5. Analisi dello stock interoperazionale .....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.1. Aree di stoccaggio in officina.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5.2. Aree di stoccaggio in assemblaggio .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6. Mappatura delle attività di picking .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6.1. Mappatura delle attività di picking in officina .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6.2. Mappatura delle attività di picking in assemblaggio .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7. Programmazione e dichiarazione della produzione .....</b>	<b>41</b>
<b>3.7.1. Creazione dell'ordine di produzione .....</b>	<b>41</b>
<b>3.7.2. Esecuzione dell'ordine di produzione e avanzamenti di fase.....</b>	<b>41</b>
<b>3.8. Studio della capacità produttiva .....</b>	<b>42</b>
<b>4. Criticità .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Handling e layout.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.1. Officina.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2. Assemblaggio .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. Capacità produttiva e relativo bilanciamento .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.1. Laser .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.2. Risorse in linea e stand-alone .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.3. Reparto Ped.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.4. Robot di saldatura fondi .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.5. Schiumatura.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.6. Segatrice e montaggio gruppi.....</b>	<b>56</b>

4.2.7.	<b>Gestione dei materiali a magazzino</b> .....	57
4.2.8.	<b>Programmazione della produzione e controllo dell'avanzamento</b> .....	61
4.2.9.	<b>Gestione del conto lavoro</b> .....	66
4.2.10.	<b>Monitoraggio della performance</b> .....	66
<b>5.</b>	<b>Classificazione delle criticità e azioni correttive</b> .....	<b>67</b>
<b>5.1.</b>	<b>Reparto schiumatura</b> .....	67
5.1.1.	<b>Analisi dei dati previsionali</b> .....	67
5.1.2.	<b>Proposte migliorative della capacità produttiva</b> .....	68
5.1.3.	<b>Proposte migliorative dell'area di lavoro</b> .....	69
5.1.4.	<b>Proposte finali</b> .....	69
5.1.5.	<b>Confronto delle aree</b> .....	74
5.1.6.	<b>La scelta del nuovo layout di schiumatura</b> .....	74
5.1.7.	<b>Determinazione della nuova capacità produttiva</b> .....	75
<b>5.2.</b>	<b>Gestione dei materiali a magazzino</b> .....	77
5.2.1.	<b>Magazzini automatici verticali</b> .....	77
5.2.2.	<b>Analisi del magazzino</b> .....	78
5.2.3.	<b>Scelta finale sul numero di magazzini da acquistare</b> .....	85
<b>5.3.</b>	<b>Reparto officina</b> .....	86
5.3.1.	<b>Dati previsionali</b> .....	87
5.3.2.	<b>Proposte di layout</b> .....	91
5.3.3.	<b>La scelta del nuovo layout dell'officina</b> .....	110
<b>6.</b>	<b>Valutazione degli investimenti</b> .....	<b>112</b>
6.1.	<b>Valutazione degli investimenti: reparti di schiumatura e taglio</b> .....	113
6.2.	<b>Valutazione degli investimenti: reparto officina</b> .....	115
<b>7.</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>117</b>

## **Abstract**

La seguente trattazione ha come obiettivo la descrizione di alcune attività di miglioramento dei processi fisici ed informativi svolte presso lo stabilimento produttivo dell'azienda Fiorini Industries S.r.l. di Forlì.

L'elaborato prevede una prima parte teorica di introduzione alla problematica del layout di stabilimento, in cui viene fornita una panoramica generale delle analisi da svolgere per identificare ed implementare la configurazione migliore.

Dopo aver presentato l'azienda ed il settore in cui opera, verranno esposti i principali studi eseguiti sui cicli di lavorazione di alcuni dei prodotti più rilevanti che hanno permesso di comprendere ed esaminare i vari reparti produttivi, oltre che a far emergere le criticità che saranno alla base delle attività di miglioramento. Queste saranno precedute da alcune analisi aggiuntive, che andranno ad integrare quelle fatte in fase preliminare.

La trattazione prosegue con l'esposizione delle manovre che hanno portato all'elaborazione di alcune proposte migliorative, indicando poi quale sarà la scelta intrapresa dall'azienda e le motivazioni che hanno accompagnato la decisione finale.

Lo studio si conclude con la valutazione economica degli investimenti, sulla base dei cambiamenti apportati.

## 1. Introduzione

All'interno di un'azienda risulta particolarmente importante affrontare la problematica legata al layout produttivo, ovvero la disposizione delle risorse all'interno dello stabilimento. Il motivo risiede nella necessità per le aziende di cercare di ridurre il più possibile le movimentazioni dei materiali tra le varie risorse, diminuire l'inefficienza (e quindi aumentare la produttività), limitare i costi legati all'utilizzo dei mezzi di movimentazione utilizzati e aumentare la sicurezza degli operatori.

Durante la definizione del layout produttivo è necessario tener in considerazione alcuni fattori:

- Vincoli fisici imposti dalla superficie produttiva, che implicano la necessità di modellare il layout in relazione allo sviluppo della pianta dello stabilimento;
- Vincoli imposti dalle risorse impiegate, come per esempio la necessità di posizionare alcuni macchinari in prossimità di impianti esterni ausiliari necessari al loro funzionamento;
- Vincoli legati al tipo di mezzi di movimentazione utilizzati, come può essere la necessità di movimentare i materiali tramite carroponti;
- Ciclo di lavorazione dei prodotti, il cui studio permette di capire in che posizione inserire i reparti produttivi e le relative aree di lavoro per avere un flusso produttivo il più fluido possibile;
- Tipologie di prodotti trattati e la loro quantità, per capire se impostare un layout per prodotto o per reparti.

## 1.1. Tipologie di layout

Come anticipato, tra i molteplici aspetti che influenzano la disposizione delle risorse produttive, vi è quello legato alla tipologia di prodotti da processare ed il loro quantitativo. In *figura 1* viene presentato il grafico prodotto-quantità<sup>[1]</sup>, ovvero un istogramma in cui i prodotti vengono ordinati in maniera decrescente in base alla loro domanda di mercato (Pareschi A., 2007).

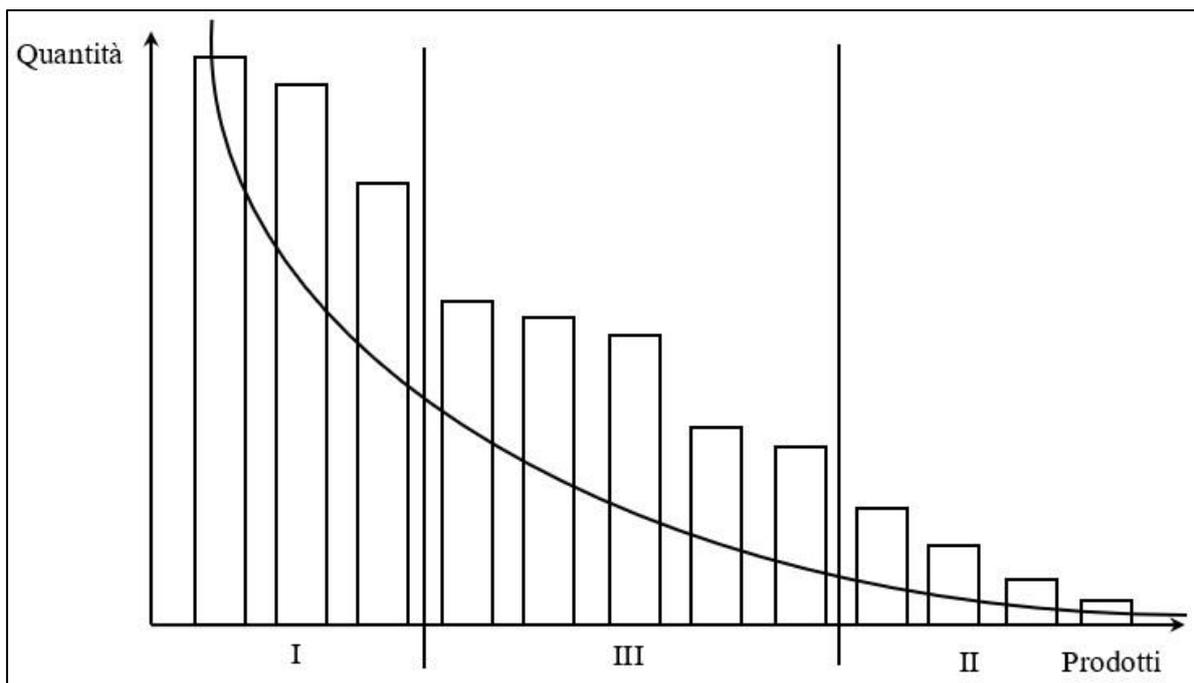


Figura 1 - Grafico P-Q

Così facendo, è possibile suddividere il grafico in tre zone differenti:

- Zona I: i prodotti sono richiesti in grandi quantità, quindi giustificano un layout per prodotto, ovvero una disposizione delle risorse che possa riflettere la reale successione delle lavorazioni che caratterizzano il ciclo produttivo. Il vantaggio principale nell'adozione di un layout di questo tipo risiede nell'elevata produttività che può generare a differenza degli altri tipi di disposizione, vista la minimizzazione degli spostamenti dei semilavorati da una stazione all'altra. Inoltre, proprio quest'ultimo aspetto risulta essere un grosso incentivo nella riduzione dei costi per i mezzi di movimentazione, oltre che ad essere un fattore fondamentale per il miglioramento della sicurezza degli operatori.

Al contrario, tale disposizione risulta essere un sistema altamente rigido, in quanto la sistemazione delle risorse dipende completamente dal/i tipo/i di prodotto/i lavorato/i; per questo motivo, un layout per prodotto richiede un'elevata affidabilità delle risorse che ne fanno parte, in quanto, essendo un sistema poco flessibile, in caso di guasto di una singola risorsa questa porterebbe a bloccare l'intera linea produttiva. Altra problematica riguarda il fatto di avere una produzione completamente vincolata alla produttività della risorsa più lenta e quindi la necessità di duplicare tale risorsa per evitare la formazione di grossi buffer interoperazionali lungo la linea.

- Zona II: la gamma di prodotti realizzati è ampia e caratterizzata da volumi relativamente bassi. In questo caso le risorse non sono disposte seguendo i cicli di lavorazione dei prodotti, ma vengono raggruppate per funzionalità in aree dedicate in cui i prodotti transitano seguendo percorsi differenti (layout per processo o per reparto). In questo modo non si identifica un flusso produttivo unico, ma tante linee che si intrecciano tra loro. Come risultato si ottiene una flessibilità maggiore del sistema produttivo (in caso di interruzione dell'attività di una risorsa, il prodotto potrà essere lavorato da una risorsa limitrofa), eliminando la necessità di avere la duplicazione di macchinari.

Gli svantaggi principali derivano dagli spostamenti (spesso anche lunghi) che i semilavorati devono affrontare per poter passare da una fase a quella successiva, con conseguente innalzamento dei costi dei mezzi di movimentazione e dell'inefficienza, oltre che alla possibile creazione di buffer interoperazionali che richiederebbero grossi spazi all'interno dell'area produttiva; tutto ciò porta ad una difficile gestione delle risorse e alla necessità di pianificare correttamente la produzione.

- Zona III: è la situazione intermedia tra le due appena descritte, in cui i volumi non sono così alti da organizzare un layout per prodotto e la gamma non è così ampia da permettere di impostare gruppi tecnologici di risorse come avviene per i layout per reparto. In questo caso la disposizione avviene per celle produttive: all'interno di ognuna di queste si trovano varie risorse necessarie a lavorare famiglie di prodotto con cicli di lavorazione simili, ma che possono avere flussi produttivi diversi tra di loro. Dal layout per prodotto eredita la creazione di sorte di linee all'interno della singola cella, mentre da layout per processo eredita la formazione di flussi produttivi eterogenei tra le varie celle.

## 1.2. Analisi a supporto della scelta del layout

Lo studio presentato nel *paragrafo 1.1.* deve essere inteso come sola fase iniziale di un processo ben più complesso che necessita di analisi dettagliate su vari aspetti produttivi. Per questo motivo, come sostenuto da Pareschi (2007), è necessario eseguire in fase preliminare uno studio sui cicli di lavorazione di alcuni prodotti campione, che permettano di mappare quali aree produttive interagiscono tra di loro e con quale intensità, oltre che a costruire la from-to chart<sup>[1]</sup>, uno strumento che riassume in tabella le informazioni appena descritte (*figura 2*).

To From	A	B	C	D	E
A		25		32	3
B	45		15		36
C	11	31		12	
D	22	9			54
E		7	23	12	

Figura 2 - Esempio from-to chart

Collegato direttamente a questo, vi è l'analisi della capacità produttiva delle singole risorse, fondamentale per l'individuazione di eventuali colli di bottiglia produttivi, che necessiteranno poi di un'analisi approfondita per poter capire se dipendano da alcuni vincoli strutturali o se risultato di un'applicazione errata delle metodologie di lavoro. Incrociando poi i dati previsionali di vendita con l'analisi eseguita sulle capacità produttive, si ottiene la reale necessità di risorse che servono per rispondere alla domanda di mercato e alla successiva valutazione di inserimento di eventuali nuovi macchinari all'interno dei reparti produttivi.

Lo studio nel suo insieme deve comprendere anche le altre aree aziendali che non hanno una connessione diretta con la fase di produzione, ma che influiscono (a volte anche

decisamente) con essa, come per esempio la fase di pianificazione della produzione, l'analisi delle procedure di magazzino, lo studio delle fasi di conto lavoro, ecc.

Tutto ciò che risulta dall'analisi deve essere utilizzato come base per la stesura di ipotesi di layout; a tal proposito i metodi per la realizzazione di questo possono essere di due tipi<sup>[1]</sup> (Pareschi, 2007):

- costruttivi, in cui sfruttando i dati relativi alle relazioni fra reparti, si individua la posizione migliore per la localizzazione di una risorsa e si storicizza. Bloccando una risorsa all'interno del layout, si cercherà di inserire la successiva in funzione della precedente; iterando quest'operazione tante volte quante il numero di risorse da inserire, si otterrà una possibile soluzione di layout;
- migliorativi, nei quali la soluzione non si costruisce tramite il riempimento dell'area produttiva e vincolando consecutivamente le risorse al suo interno, ma partendo da un layout iniziale si modifica continuamente lo stesso fino ad arrivare ad una soluzione finale ottimale.

A questi due metodi deve esserne aggiunto un terzo, di tipo ibrido: in questo caso le ipotesi possono basarsi su alcune risorse fisse all'interno del layout, mentre le altre aree di lavoro possono essere posizionate seguendo una logica di tipo migliorativa.

### **1.3. Scelta ed implementazione del layout produttivo**

Una volta individuate le proposte di layout, queste devono essere confrontate tra loro per poter poi scegliere il layout da implementare. I drivers di scelta possono essere vari e spesso soggettivi, così come il peso che viene attribuito a ciascuno di essi: infatti, non esistono parametri fissi per la scelta del layout, ma questi si costituiscono in base alla realtà in cui si opera e presentano tutti un'incidenza sulla decisione finale che varia a seconda delle esigenze dell'organizzazione. Volendo comunque provare a identificare qualche driver spesso oggetto delle analisi, questi possono essere:

- Costo totale dell'operazione;
- Tempi di implementazione;
- Necessità o meno di un layout transitorio (e, in caso affermativo, possibilità di realizzarlo);

Una volta scelto il layout, è tempo di realizzarlo sul campo. Questa fase richiede sia lo svolgimento di attività sui macchinari e sulle postazioni di lavoro (come l'instaurazione di nuovi macchinari e attrezzature, la rimozione di ciò che è divenuto obsoleto e la messa a terra delle aree di lavoro), sia la formazione del personale sull'utilizzo di eventuali nuove

attrezzature e sul nuovo sistema produttivo che potrebbe aver avuto conseguenze sulle procedure di lavoro preesistenti.

#### **1.4. Monitoraggio della performance**

L'ultima fase riguarda il monitoraggio della performance, ovvero l'analisi della risposta fornita dal nuovo sistema produttivo. Questa parte risulta essere particolarmente importante per capire quali problematiche emergono con la nuova disposizione delle risorse e quali modifiche sono necessarie per risolverle.

L'analisi deve essere condotta sia analizzando numericamente la risposta al cambiamento (quantità realizzate, numero di difettosità, gestione delle scorte, ecc.), sia tramite interviste agli operatori, i quali essendo gli attori produttivi coinvolti direttamente sul campo, offrono la possibilità di avere importanti informazioni circa le nuove metodologie di lavoro.

## 2. L'azienda Fiorini Industries



Figura 3 - L'azienda Fiorini Industries [2]

Fiorini Industries (*figura 3*) è un'azienda forlivese fondata nel 1979 dall'ingegnere Antonio Fabbri. Inizialmente l'attività era incentrata sulla produzione di impianti solari termici e la loro successiva installazione. Successivamente l'azienda ha ampliato la propria gamma di prodotti, iniziando a produrre sia sistemi per l'accumulo di acqua (refrigerata o calda), sia scambiatori di calore per il riscaldamento degli ambienti.

Fiorini nel corso degli anni, grazie al continuo sviluppo di tecnologie e soluzioni all'avanguardia che hanno portato allo sviluppo di impianti di riscaldamento, climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria tramite fonti di energia sia tradizionali che rinnovabili, ha allargato notevolmente la propria rete commerciale, espandendosi prima sul territorio nazionale e poi al di fuori del suolo italiano, divenendo ad oggi leader europea nel settore idrotermosanitario.

### 3. Analisi As-Is

La prima macro-fase è stata lo studio della situazione as-is. Nel paragrafo verranno descritte tutte le attività svolte per analizzare il processo produttivo, il flusso fisico, il flusso informativo e il mix di prodotto, in modo tale da poter individuare, al termine dell'indagine, eventuali criticità e aree di miglioramento su cui poi andare ad operare.

Nello specifico, inizialmente verrà descritto lo scenario aziendale, per poi analizzare il mix di prodotto, prendendo in considerazione alcuni articoli e studiandone distinte base e cicli di produzione. In seguito, si esaminerà il flusso fisico dei materiali ed il flusso informativo.

#### 3.1. Analisi del layout dello stabilimento produttivo AS-IS

Dal 2012 l'azienda si è trasferita nella nuova area produttiva che sorge nella zona industriale di Forlì nei pressi del casello autostradale, condividendo lo stabile con la già presente Bartoletti Rimorchi S.r.l., precedentemente occupante l'intero stabile e tutt'ora proprietaria di esso.

Lo stabilimento produttivo ha uno sviluppo a ferro di cavallo (*figura 4*), occupando una superficie totale di 24.000 m<sup>2</sup>, di cui circa 16.000 dedicati a Fiorini Industries (in figura, la parte non evidenziata).

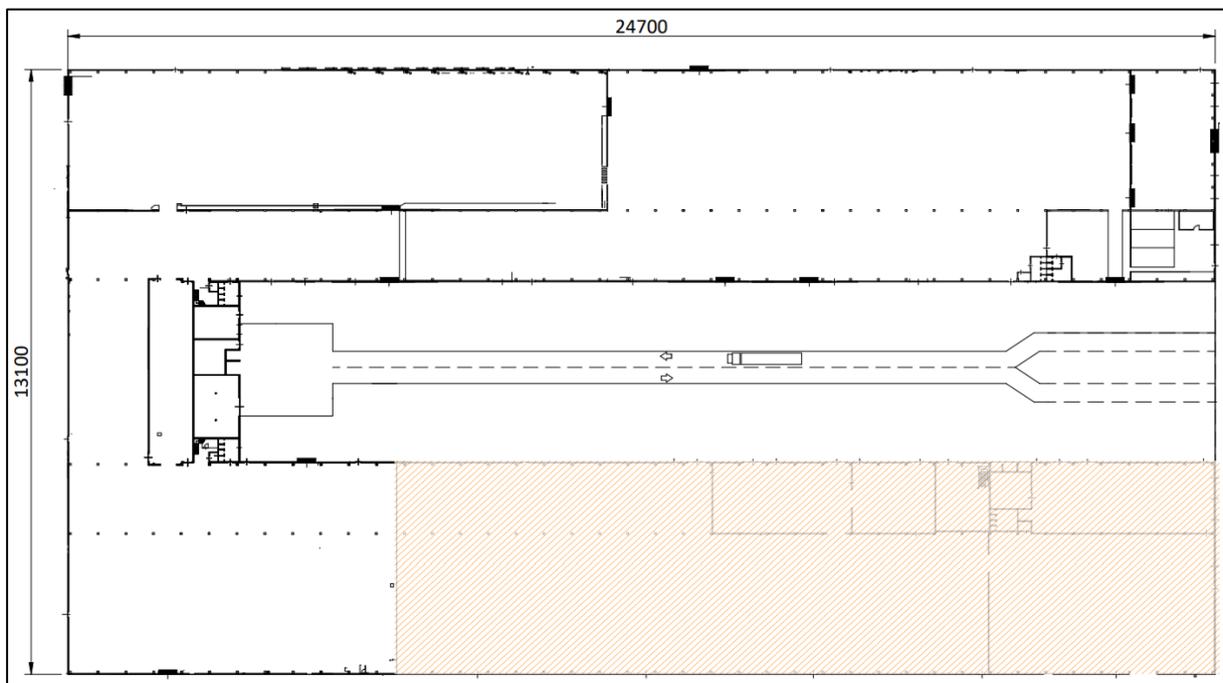


Figura 4 - Layout di stabilimento vuoto

L'azienda può essere suddivisa in tre macroaree produttive: officina, verniciatura e assemblaggio.

All'interno dell'officina sono presenti tutte le risorse per le operazioni di taglio laser e saldatura, in verniciatura si trovano due cabine (una per la sabbiatura e una per la verniciatura a liquido) ed una catena di verniciatura a polvere, in assemblaggio si trovano i reparti di taglio, schiumatura, coibentazione e le linee e isole di montaggio.

### 3.2. Analisi del mix di prodotto e studio del ciclo produttivo di alcuni prodotti

Per poter svolgere un'analisi efficace sul mix di prodotto e allo stesso tempo conoscere in modo più specifico le varie aree produttive, sono stati presi inizialmente in esame 5 prodotti di 5 famiglie diverse, quindi con filiere produttive differenti. In *tabella 1* sono riassunti gli articoli scelti, specificando per ognuno il tipo di prodotto e le macroaree produttive da esso attraversate.

<b>Nome</b>	<b>Tipo</b>	<b>Aree produttive</b>
NRB 300 L	Assemblato (serbatoio + gruppo idraulico)	Officina, verniciatura, assemblaggio
PED 500 L	Serbatoio	Officina, verniciatura
VK 100 L	Serbatoio	Officina, zincatura (C/L), assemblaggio
SET 80	Assemblato (scambiatore di calore + gruppo idraulico)	Officina, verniciatura, assemblaggio
INWALL	Assemblato (serbatoio + gruppo idraulico)	Conto lavoro

Tabella 1 - Principali prodotti analizzati

## 1) NRB 300 L

L'NRB 300 L (*figura 5*) è un assemblato costituito da una filiera produttiva lunga ed articolata; il prodotto finale è costituito da due parti fondamentali che seguono due percorsi diversi: il serbatoio ed il gruppo idraulico.



Figura 5 - assemblato NRB 300 L in linea di assemblaggio

Serbatoio: per realizzare il serbatoio si effettua in prima battuta il taglio laser della lamiera, dalla quale si ricava la virola e le staffe di supporto. Queste ultime vengono trasportate alle presso-piegatrici, dove verranno piegate insieme ai piedi, acquistati grezzi da un fornitore esterno. La virola, invece, subisce le fasi di calandratura e saldatura longitudinale: un operatore dispone le virole da calandrare in un carrello che verrà poi spinto fin sotto la struttura che ospita le ventose utilizzate per il prelievo. Queste, dopo aver prelevato la lamiera, la trasportano fino sopra la rulliera che porta alla calandra, dove sarà pressata in modo tale da darle la forma cilindrica. Lo stesso operatore poi farà scivolare, nuovamente tramite un sistema a rulliera, la virola calandrata fino alla saldatrice automatica, dove le due estremità verranno unite longitudinalmente. In contemporanea, si realizzano i fondi del serbatoio (in un box di saldatura presidiato da un operatore o al robot di saldatura), saldando ai fondi bombati i manicotti e, ad uno dei due, le staffe di sollevamento. Una volta realizzati, un saldatore punta i fondi alla virola ed un altro esegue la saldatura circonferenziale (sfruttando un macchinario dotato di un

mandrino che fa ruotare il serbatoio intorno al proprio asse durante l'azione della saldatrice), ottenendo così lo scheletro del serbatoio. A questo punto, il semilavorato passa per l'ultimo box di saldatura, dove un operatore salda le staffe di supporto, i piedi ed i manicotti rimasti al semilavorato. L'ultima fase all'interno dell'officina riguarda il collaudo: un collaudatore tappa ogni manicotto del serbatoio, lo riempie di acqua fino a farlo arrivare ad una pressione di 4 bar, verifica se ci sia qualche perdita nelle linee di saldatura e nel caso le corregge. Il serbatoio passa ora al reparto verniciatura, dove sarà verniciato a liquido.

Una volta asciugato, entra in assemblaggio: qui un operatore lo coibenta con uno strato di polietilene di spessore 10 mm, precedentemente tagliato dal reparto di taglio, e successivamente portato in linea 1 di assemblaggio, dove viene assemblato insieme a gruppo idraulico, pompa e vaso di espansione.

Gruppo idraulico: il gruppo idraulico è costituito semplicemente da una serie di tubi collegati tra loro e segue un processo produttivo più semplice, ma coinvolge comunque tutte le 3 macroaree produttive. Alcuni tubi sono tagliati in officina, mentre altri in assemblaggio; il motivo risiede nel fatto che alcuni, oltre che alle normali procedure di taglio, filettatura e grovatura, richiedono anche operazioni di saldatura. Questi semilavorati poi passano in verniciatura e poi portati direttamente in assemblaggio dove raggiungono gli altri tubi facenti parte del gruppo, i quali a loro volta sono stati tagliati ed eventualmente filettati e/o grovati. Qui viene applicata la canapa sulle filettature ed infine composto il gruppo.

## **2) PED 500 L**

Il serbatoio PED 500 L presenta un ciclo di lavorazione concentrato quasi interamente nell'area dell'officina, ma molto più complesso di quello di un normale NRB 300 L; questo perché il PED 500 L deve sopportare pressioni di esercizio molto più elevate e quindi i materiali utilizzati e le saldature a cui è sottoposto devono rispettare la direttiva europea PED 2014/68/UE. Da questa ne deriva che:

- Tutti i materiali utilizzati devono avere la rintracciabilità circa il numero di colata;
- Il serbatoio deve subire diversi controlli non distruttivi, quali radiografie, ultrasuoni e controlli visivi da parte dell'ufficio tecnico;
- Il collaudo deve avvenire a pressioni molto più elevate ed il serbatoio deve rimanere in pressione per più tempo rispetto, per esempio, ai più semplici NRB.

Di seguito verrà spiegato il processo produttivo che caratterizza questo prodotto, confrontando alcuni aspetti con l'NRB 300 L presentato precedentemente, in modo tale da evidenziare maggiormente la grossa differenza tra i due processi produttivi.

Il processo parte anche in questo caso con il taglio laser della lamiera (di spessore 4 mm) e la successiva calandratura della virola ricavata. In questo caso però non viene effettuata la saldatura longitudinale in STT tramite la saldatrice collegata alla calandra, ma viene trasportata la virola nell'area PED, dove prima si effettua la puntatura longitudinale in STT e poi la saldatura longitudinale ad arco sommerso: questo tipo di saldatura, rispetto alla saldatura in STT, è caratterizzata dalla presenza di un letto di flusso (materiale solido granulare) che avvolge il bagno di fusione e l'arco di saldatura. Il flusso ha due funzioni: svolgere il ruolo di antiossidante e generare una scoria, tramite la fusione del materiale, che protegge il cordone di saldatura.

Contemporaneamente avviene la preparazione dei fondi: un operatore prepara tutte le flange che dovranno essere utilizzate per la realizzazione del serbatoio, unendole ai relativi manicotti, per poi saldarne una ad uno dei due fondi; l'altro fondo invece è sottoposto alla sola saldatura del manicotto centrale. Quando i fondi sono pronti, vengono portati al reparto verniciatura, dove sono sottoposti a sabbiatura, in modo da eliminare l'eventuale ruggine formatasi sulla lamiera.



Figura 6 - Serbatoio Ped 500 L terminata la saldatura

Ora è possibile unire i fondi alla virola calandrata, non prima di aver saldato internamente a quest'ultima una lamiera in inox calandrata in precedenza, oltre che alle flange rimaste.

La saldatura dei fondi alla virola termina nuovamente sfruttando l'unione tramite arco sommerso: il meccanismo è il medesimo della saldatura longitudinale, ma in questo caso il serbatoio viene posizionato sul macchinario e fatto ruotare sul proprio asse tramite un mandrino, mentre l'operatore salda il fondo sfruttando il letto di flusso granulare che si deposita sul cordone di saldatura.

Il serbatoio, ormai terminato, deve quindi essere sottoposto alla verifica dell'ufficio tecnico e a controlli non distruttivi sulle saldature, mediante radiografie e ultrasuoni, che devono accertare la presenza o meno di difetti di saldatura. Nel caso in cui le verifiche vadano a buon fine, non resta che saldare al serbatoio gli ultimi manicotti e flange, tramite semplice saldatura in STT, per poi dirigersi verso il collaudo (*figura 6*).

Qui, come già detto, la procedura è molto più dispendiosa di un normale serbatoio come l'NRB: l'elevato numero di manicotti e, soprattutto, la presenza di diverse flange, rende molto lunghi i tempi di set up del prodotto; inoltre, dopo essere stato riempito di acqua e portato a 20 bar, il serbatoio deve rimanere in pressione per circa 30 minuti e successivamente essere sottoposto al controllo visivo dell'operatore. Dopo lo scarico e la rimozione di copri flange e tappi dei manicotti, il serbatoio è finalmente pronto per essere verniciato:

anche in questo caso l'operazione è molto più lunga, in quanto si rende necessaria l'applicazione di 2/3 passate di vernice a liquido, visto che il prodotto verrà venduto privo di coibentazione (*figura 7*), come invece avviene per i serbatoi come l'NRB. Terminata la verniciatura e dopo essersi asciugato, il serbatoio ha terminato il suo ciclo produttivo e può essere venduto.



Figura 7 - Serbatoio Ped 500 L finito

### 3) VK 100 L

Il serbatoio VK 100 L è stato scelto per poter analizzare alcuni aspetti finora non esplorati: la linea 2 di saldatura in officina, il robot di saldatura fondi, la gestione di alcune lavorazioni esternalizzate (come la zincatura e la relativa pulizia) e il reparto schiumatura.

In questo caso il laser non taglia la lamiera, ma viene acquistata direttamente da un fornitore la virola già pronta per la calandratura. Da questo punto in avanti, seppur non avvenga sui medesimi macchinari, il ciclo di lavorazione in officina del VK 100 L è lo stesso dell'NRB 300 L. La linea 2 di saldatura comprende 5 fasi del ciclo di lavorazione del serbatoio: calandratura, saldatura longitudinale, puntatura dei fondi, saldatura

circonferenziale dei fondi e saldatura dei manicotti, mentre la preparazione dei fondi avviene in parallelo, sfruttando il robot di saldatura. Quest'ultimo viene programmato e servito da un operatore ed è caratterizzato da due tavole che permettono di lavorare in tempo mascherato: mentre il robot salda un fondo, l'operatore può eseguire le operazioni di scarico del fondo lavorato, eventuale finitura e carico di un nuovo fondo. In questo caso, il robot è programmato per saldare al primo fondo solamente il manicotto centrale, mentre al secondo verranno aggiunti anche i piedi, i quali sono stati in precedenza saldati dall'operatore e posizionati su una estremità della tavola. Il ciclo poi va avanti ripetendosi in questo modo.

A causa dei lunghi tempi di set-up, il robot solitamente viene impiegato per lavorare lotti molto grandi (40-50 pezzi), che poi verranno immagazzinati ed è per questo motivo che nel momento in cui debba essere prodotto un lotto di VK 100 L, è molto probabile che i fondi siano già disponibili per essere puntati tramite saldatura alla virola calandrata. Seguono poi le operazioni di saldatura circonferenziale (con un macchinario del tutto simile a quello in uso per la saldatura circonferenziale dell'NRB 300 L) e saldatura dei manicotti, in cui viene utilizzato un tornio dotato di saldatrice che permette di rendere l'operazione di saldatura più veloce e agevole. Terminata questa fase, si controlla che il serbatoio non abbia difetti di saldatura, che nel caso verranno corretti da un saldatore all'interno di un box.



Figura 8 - Serbatoi VK 100 L zincati

A questo punto il serbatoio è pronto per essere zincato: quando tutti i pezzi del lotto sono pronti, vengono posizionati all'interno di una cesta, la quale verrà caricata su un camion e trasportata presso il terzista. La zincatura a caldo è un processo tramite il quale il serbatoio viene ricoperto da uno strato di zinco, il quale grazie ad una sua eventuale ossidazione in caso di scalfittura, permette al serbatoio di non arrugginire (figura 8).

Una volta tornati allo stabilimento, i serbatoi devono essere ripuliti dallo strato di zinco depositatosi internamente al serbatoio, sfruttando il getto di un'idropulitrice. Tale

operazione viene svolta da due operatori di un'azienda esterna (Pinto Service S.r.l.), i quali utilizzano una piattaforma dotata di gru a bandiera sul lato esterno dello stabilimento.

Il ciclo si conclude con la fase di schiumatura: i serbatoi vengono prima preparati, tappando tutti i manicotti e posizionati all'interno dello stampo. La schiumatrice poi fa il resto: l'operatore utilizza un braccio dotato di un ugello di iniezione per iniettare all'interno dello stampo la miscela formata da poliolo e isocianato; il serbatoio ora deve rimanere all'interno dello stampo per circa 30 minuti per far maturare il poliuretano e renderlo rigido; una volta aperto lo stampo, i tappi inseriti inizialmente vengono rimossi e il serbatoio viene trasportato in zona di finitura, dove verrà rivestito e dotato di coperchio termoformato (*figura 9*). Termina così il suo ciclo di lavorazione con la chiusura dell'intero prodotto finito all'interno dell'imballo.

Il reparto di schiumatura risulta essere un importante snodo all'interno dello stabilimento, in quanto in entrata arrivano serbatoi da officina, zincatura e vetroporcellanatura, che una volta schiumati potranno avere tre diverse destinazioni: diventare direttamente un prodotto finito (come appena visto per il VK 100 L), oppure terminare il proprio ciclo nel cuore del reparto assemblaggio, e cioè in linea 2 (come nel caso del serbatoio EMIX) o in isola di montaggio (come nel caso degli AquaMatic).

#### **4) SET 80**

Il ciclo di lavorazione del prodotto SET 80 (*figura 10*) è concentrato quasi unicamente all'interno del reparto assemblaggio ed il suo studio risulta essere rilevante rispetto agli altri prodotti per due aspetti in particolare: il primo è che alla base del ciclo di produzione non vi è un serbatoio, bensì uno scambiatore di calore a piastre ispezionabili, ovvero un pacco piastre con 4 fori (2 di entrata e 2 di uscita) racchiuse da due fusti, che permettono la formazione di due canali dove scorrono due fluidi separati tra loro (uno caldo ed uno



Figura 9 - Serbatoio VK 100 L rivestito

freddo); le piastre presentano una particolare corrugazione e sono dotate di guarnizioni, le quali concedono una perfetta tenuta idraulica sia verso l'esterno sia attorno ai fori, permettendo la formazione di una camera di passaggio. Alternando tra loro una camera calda ed una camera fredda, facendo scorrere i 2 liquidi in direzioni opposte, si ottimizza lo scambio termico, riscaldando l'acqua fredda e viceversa.

Il secondo aspetto di rilievo, conseguenza del primo appena descritto, è che prodotti come questo debbano avere una linea dedicata (per scambiatori di piccole dimensioni, come nel caso del SET80) o un'isola di montaggio (per scambiatori più grandi).



Figura 10 - SET 80 in fase di assemblaggio

Il ciclo si dirama in 3 macrofasi, le quali terminano con il prodotto finito assemblato in linea 3. L'officina si rende partecipe solo per il taglio laser e successiva piegatura tramite pressopiegatrice delle lamiere che andranno a comporre la struttura del prodotto finale. I fusti che racchiudono il pacco piastre (ovvero due telai in acciaio al carbonio), sono acquistati grezzi e verniciati a polvere in catena di verniciatura e poi portati in assemblaggio, al reparto scambiatori. Qui vengono prima lavate le piastre e montate le guarnizioni, passando poi in linea dove viene assemblato lo scambiatore e collaudato. Buona parte dei prodotti che escono dalla linea scambiatori viene imballato per essere direttamente spedito; in questo caso invece, lo scambiatore costituisce la parte fondamentale di un prodotto più strutturato, per cui verrà portato in linea 3 per essere assemblato. In linea si susseguono le stesse fasi attribuite all'assemblato NRB 300 L (taglio tubi, montaggio del gruppo idraulico e successivo assemblaggio al semilavorato, assemblaggio lamiere e coibentazione) a cui va aggiunta una cospicua fase di montaggio

elettrico, in quanto il prodotto finale dispone di un quadro elettrico posizionato nel cuore dell'assemblato. Il prodotto ora, dopo esser stato ed imballato, è pronto per la spedizione.

## 5) INWALL

Fino ad ora sono stati descritti cicli di lavorazione che riguardano prodotti lavorati

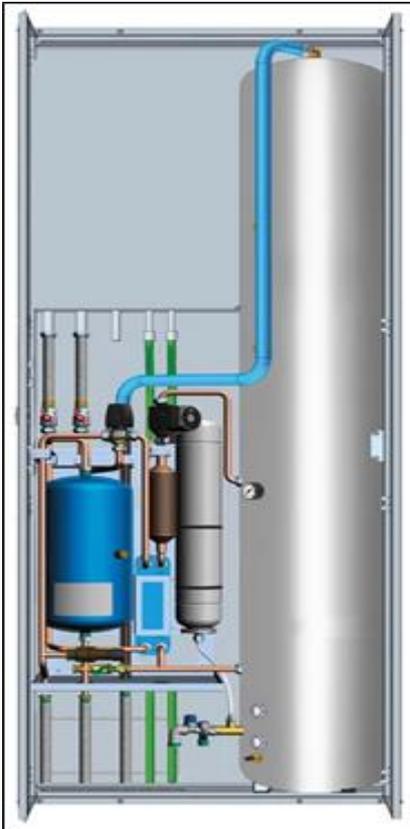


Figura 11 - Vista interna INWALL [3]

esclusivamente, o quasi, internamente. Di fatto, fatta eccezione per il processo di zincatura di serbatoi come il VK 100 L, non è mai stato descritto alcun processo che comprenda una fase consistente di conto lavoro e di come esso venga gestito.

Il kit idraulico INWALL (*figura 11*) è un prodotto realizzato interamente in conto lavoro. Quando viene generato un ordine di vendita, si crea in automatico un ordine di produzione, il quale viene assegnato direttamente all'azienda che dovrà assemblare il prodotto (in questo caso si tratta di Calzoni S.r.l.). Successivamente vengono stampate le etichette che dovranno essere applicate sull'imballo del prodotto finito e i DDT da consegnare al terzista con tutti i dati relativi al trasferimento dei materiali. La gestione passa poi al responsabile del magazzino che dovrà svolgere quattro operazioni: richiedere l'emissione

dell'ordine di conto lavoro all'ufficio acquisti, gestire i DDT da inviare al terzista

(operazione che avverrà poi tramite l'ufficio spedizioni), organizzare la raccolta e la successiva fase di scarico dei materiali. Nello specifico, questi vengono organizzati in base alla disponibilità a magazzino e alla disponibilità presso il terzista e sono raccolti da un picker che li posiziona nella baia di carico; a tal proposito, l'invio dei materiali da parte del responsabile di magazzino al terzista avviene in maniera massiva e non basandosi sul singolo ordine di conto lavoro,



Figura 12 - INWALL in reparto spedizioni

in modo tale da semplificare la procedura e permettere all'azienda esterna di avere sempre i materiali di cui ha bisogno. Chiaramente, questa metodologia risulta essere poco efficiente e scarsamente controllata, perché gestita tramite le conoscenze del responsabile di magazzino e non tramite il software gestionale. Una volta ultimate queste operazioni, i materiali sono pronti per essere spediti al terzista dove verranno assemblati per poi tornare in Fiorini, dove necessitano solo dell'imballaggio per essere poi dichiarati prodotti finiti (*figura 12*).

### 3.3. Analisi aggiuntiva di alcuni cicli di lavorazione

Contemporaneamente all'analisi dei cicli di lavorazione sopra descritti, sono state svolte alcune rilevazioni circa il processo produttivo (spesso solo una parte di esso) di altri prodotti, per poter eseguire un'analisi su determinati aspetti che li caratterizzavano. In *tabella 2* sono elencati i prodotti, indicandone il tipo e le aree produttive interessate; successivamente si descriverà quali parti dei cicli di lavorazione sono state analizzate e lo scopo di tale analisi.

<b>Nome</b>	<b>Tipo</b>	<b>Aree produttive</b>
PED 5000 L	Serbatoio Ped	Officina, verniciatura
TUBI	Tubi saldati	Officina, verniciatura, assemblaggio
EMIX 200 L	Serbatoio	Officina, vetroporcellanatura (C/L), assemblaggio
HPT	Assemblato (serbatoio + gruppo idraulico)	Officina, verniciatura, assemblaggio
HP1	Serbatoio	Officina, vetroporcellanatura (C/L), assemblaggio

Tabella 2 - Prodotti aggiuntivi analizzati

#### 1) PED 5000 L

Il serbatoio PED 5000 L (*figura 13*) sostanzialmente non presenta differenze molto importanti rispetto al ciclo di lavorazione del PED 500 L; di fatto, è un serbatoio di dimensioni molto più grandi che richiede quindi macchinari diversi rispetto a quelli utilizzati per il serbatoio già descritto in precedenza (calandra e saldatrice ad arco sommerso), ma in termini di ciclo produttivo non risulta così particolare. L'analisi è stata condotta principalmente per due motivi: innanzitutto, essendo di una capacità elevata è stato possibile osservare la gestione di un serbatoio di tali dimensioni all'interno dello

stabilimento, oltre che a capire quanto le fasi di lavorazione potessero dilatarsi in termini di tempo; in secondo luogo, il serbatoio ha permesso di entrare maggiormente a contatto con l'area PED, fino a quel momento poco esaminata.



Figura 13 - PED 5000 L terminato

## 2) TUBI SALDATI

I tubi oggetto dell'analisi sono stati trattati perché permettono di mappare un flusso indipendente dal resto (seppur breve) e che segue un percorso che attraversa ognuna delle tre macroaree aziendali; di queste, risultano essere interessanti le lavorazioni fatte in officina ed in assemblaggio, tralasciando la verniciatura in quanto viene applicato lo stesso metodo utilizzato per i serbatoi.



Figura 14 - Tubo saldato in attesa di collaudo

Il punto di partenza è il taglio tramite segatrice delle verghe di tubo e successiva foratura nei punti in cui dovranno essere saldati i manicotti. Questi verranno aggiunti da un saldatore all'interno di un box dedicato, il quale eseguirà anche la saldatura dei vari componenti tra loro, tra cui giunti e flange (figura 14).

Il semilavorato è così già pronto per essere collaudato e poi verniciato.

A questo punto il pezzo si sposta in assemblaggio: si avvitano ai manicotti la valvola di sfiato e la valvola di sicurezza, e poi viene coibentato il tutto tramite un materiale isolante composto da elastomero espanso a celle. Il prodotto finito viene poi posizionato su un pallet insieme ad altri tubi saldati e coibentati ed è pronto per essere spedito.

Come verrà esposto in seguito durante l'analisi delle criticità, dall'analisi del ciclo di lavorazione è risultato oneroso il reperimento del semilavorato verniciato da parte dei pickers, che spesso impiegano diverso tempo a ricercare il pezzo.

### 3) EMIX 200 L

Il ciclo del serbatoio EMIX 200 L (*figura 15*) non risulta essere particolarmente significativo, in quanto tutte le fasi del flusso sono state già visitate per la descrizione di altri prodotti, ad eccezione della fase di vetroporcellanatura che però viene eseguita in conto lavoro e quindi assimilabile all'operazione di zincatura che avviene per il serbatoio VK 100 L già descritto precedentemente.



Figura 15 - Serbatoio EMIX 200 L terminata la fase di saldatura

Il serbatoio in questione, tuttavia, ha assunto un ruolo determinante per la verifica della compatibilità dei tempi reali di saldatura e quelli dichiarati a sistema sul software gestionale eSolver. Di fatto vi era il sospetto che il tempo totale di saldatura a sistema fosse troppo basso e questo, sommato al fatto che tale serbatoio viene

solitamente prodotto in lotti da 24 pezzi, avrebbe portato ad avere un carico di lavoro troppo alto per le reali capacità dell'officina.

Il ciclo (in officina) nella pratica risulta essere simile al ciclo dell'NRB 300 L (anche in relazione a macchinari usati e box di saldatura attraversati), con la sostanziale differenza

che questo tipo di serbatoio presenta un serpentino in ferro saldato internamente e più componenti da saldare su fondi e virola.

#### 4) HPT



Figura 16 - HPT in fase di assemblaggio idraulico

Il gruppo HPT (*figura 16*) è un assemblato composto di serbatoio, gruppo idraulico, vasi di espansione, pompe centrifughe e quadro elettrico, il tutto all'interno di una struttura realizzata da basamento e pannelli di lamiera zincata<sup>[3]</sup>. Lo studio del ciclo di lavorazione di tale prodotto è risultato importante nell'analisi preliminare, vista la sua completezza; infatti, il prodotto per essere realizzato attraversa tutte le aree produttive dello stabilimento, ad eccezione della schiumatura, come nel caso dell'NRB 300 L. A differenza di quest'ultimo però, l'HPT possiede una reale fase di montaggio elettrico (l'NRB 300 L non presenta il quadro elettrico, ma solo la necessità di collegare qualche filo) ed una fase più ampia di montaggio lamiera, in quanto, oltre al basamento, sono presenti anche i pannelli esterni; il tutto rende l'assemblaggio più lungo e complesso.

Lo studio del ciclo di lavorazione rientrava tra le analisi eseguite per individuare le differenze tra le tempistiche di fase dichiarate a sistema e quelle sul campo, oltre che ad evidenziare eventuali colli di bottiglia lungo la filiera produttiva.

## 5) HP1

Il serbatoio HP1 (*figura 17*) è un serbatoio dotato di serpentino interno e coibentato tramite schiumatura e rivestimento. È stato richiesto il rilevamento del ciclo di lavorazione perché

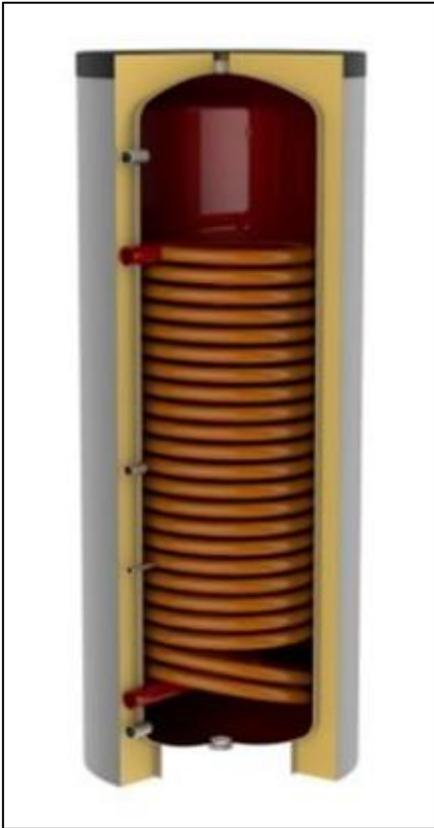


Figura 18 - Vista interna HP1[3]

trattasi di un prodotto relativamente nuovo, ma con una rapida crescita della domanda, per cui necessita di una dichiarazione delle tempistiche di lavoro il più accurate possibili.

Dall'analisi del prodotto, comprendente le fasi di saldatura, vetroporcellanatura e schiumatura del tutto simili a quelle già viste in precedenza, sono emerse alcune problematiche circa il montaggio della flangia alla virola. Infatti, la lavorazione del prodotto in officina avviene in linea 2, la quale, come già descritto in precedenza, allo stato as-is non prevede box di saldatura finale, ma solo un macchinario per la saldatura dei manicotti che non permette di unire alla virola niente che non sia un manicotto radiale; risulta quindi necessario saldare la flangia in un box esterno alla linea. Quest'operazione nello scenario

as-is generava flussi aggiuntivi, in certi casi estremamente onerosi: la linea 2 infatti sfocia direttamente sul collaudo, per cui risulterebbe essere perfetta in un'ottica di linea; tuttavia, il semilavorato che necessita del montaggio della flangia (*figura 18*) spesso veniva trasportato all'interno di un box della linea 3, il quale si trova a monte della linea 2, generando così un contro flusso, che ripetuto per il numero di pezzi per lotto, risulta essere gravemente dannoso per tre aspetti: produttività del reparto, generazione di materiale WIP e congestione del material handling.



Figura 17 - Serbatoio HP1 vetroporcellanato

### 3.4. Mappatura del flusso fisico dei materiali

Contemporaneamente allo studio dei cicli di lavorazione dei prodotti caratteristici, è stata condotta la rilevazione del flusso fisico dei materiali, fondamentale per capire quali risorse dialogano di più tra loro e con che intensità. L'analisi è stata condotta prima nel reparto officina e poi nel reparto assemblaggio. In entrambi i casi sono stati rilevati gli spostamenti a carico relativi a due giorni lavorativi, ritenuti sufficienti per avere un dato significativo sulle risorse che più interagiscono tra di loro. Non è stato esaminato il reparto di verniciatura in quanto poco soggetto a flussi fisici, se non quello proveniente dal collaudo e quello verso lo stock esterno post verniciatura.

#### 3.4.1. Officina

In officina vi è un largo utilizzo del carrello elevatore dovuto alla necessità di trasportare carichi pesanti, ma spesso sfruttato anche per movimentazioni in cui non è necessario il suo intervento (per esempio il trasporto di alcuni serbatoi di piccole dimensioni). In *figura 19* è rappresentata la suddivisione delle aree dell'officina; ogni risorsa/reparto è individuato da una lettera seguita eventualmente da un numero:

- A1-A5 (5 risorse): calandra, saldatrice longitudinale, box di montaggio serpentini, box di puntatura fondi e box di saldatura circonferenziale. Sono tutti box costituenti una linea di saldatura dei serbatoi di grandi dimensioni (diametro compreso tra 500 e 1750 mm) e con fondo bombato;
- A6-A9 (4 risorse): sono 4 box che eseguono le saldature finali (manicotti, flange, boccaporti ecc.) di serbatoi che quasi sempre escono dalla risorsa A5. Si trovano tutti nella stessa zona ed hanno tutti lo stesso compito, per cui il control point scelto per rappresentarli può essere considerato il baricentro tra questi;
- A10 (6 risorse): rappresenta la linea 2 di saldatura, in cui vengono effettuate le stesse lavorazioni di saldatura dei box A1-A5, con l'aggiunta di una stazione finale di saldatura manicotti. Qui vengono trattati serbatoi di diametro compreso tra 400 e 850 mm e con un determinato tipo di manicotti che possano essere saldati dalla saldatrice di fine linea;
- B1-B3 (4 risorse): calandra, saldatrice longitudinale, box di puntatura fondi e box di saldatura circonferenziale dei serbatoi di piccole dimensioni (diametro compreso tra 200 e 500 mm) e/o con fondo piatto;
- B4 (2 risorse): due box di saldatura finale di serbatoi di media o piccola dimensione;

- B6 (2 risorse): anche in questo caso troviamo due box di saldatura che possono eseguire le saldature finali dei serbatoi, ma spesso vengono impiegati anche per la saldatura di collettori o per la realizzazione di parti di prodotto che richiedono operazioni di saldatura;
- C: collaudo;
- R: robot di saldatura fondi;
- L: taglio laser;
- S1, S2, S3, S4: zone di stock interoperazionale;
- F1 (2 risorse): due box di saldatura in cui vengono preparati i fondi bombati;
- F3: box di saldatura utilizzato per varie mansioni;
- F4: box di saldatura dei fondi piatti;
- T1: sega per taglio tubi;
- T2 (2 risorse): si tratta di due box di saldatura per la lavorazione di tubi e collettori;
- P1-P3 (4 risorse): due saldatrici ad arco sommerso (una per la saldatura circonferenziale e una per la saldatura longitudinale), un box per la preparazione dei fondi PED e un box di saldatura per varie lavorazioni PED;
- P4-P7 (4 risorse): calandra per serbatoi di grandi dimensioni e/o lamiere di spessore maggiore a 4 mm, saldatrice ad arco sommerso per serbatoi PED di elevate dimensioni, 2 box di saldatura prodotti PED;
- M1: magazzino officina;
- M3-M4, M5, M7-M9: stock esterno di materiale e prodotti finiti; V: reparto di verniciatura; X: pressopiegatrici.

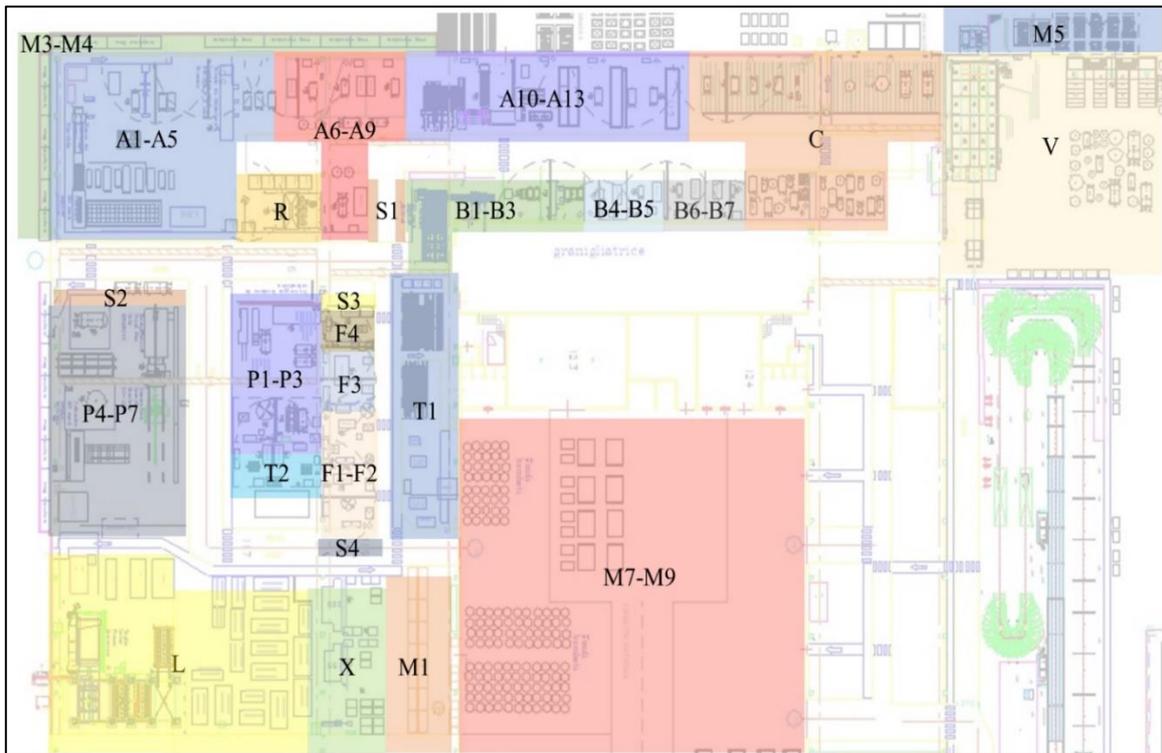


Figura 19 - Suddivisione aree officina per analisi movimentazioni interne

In tabella 3 sono indicati i valori medi relativi agli spostamenti giornalieri all'interno del reparto;

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		19		3	10					4									1								36
A6-9							25			1												11					36
A10			11				16			1									1								28
B1-3				5						1	1								1	1	1			1			22
B4								13	1	1												3					16
B6								6														1					7
C					1	1					1											2		6	24		34
R										2												1					2
L	3		1	1		1		1			2	2	3								1	6	1			5	24
S1	9	1			2	4	1	1			1								1	1			1	2			21
S2	1				1			5	2				3						1	2	1	1	2	3	1		21
S3				1	1					1	1					1	2				1	1	1				8
S4					1				1		1	1		12	1	1				2	1			5	1		24
F1	2				2			1		14							1					1		2			20
F3							1			2		1		1													3
F4					2					2			1	1	1												5
T1					1		1	5		1		1		1				2			2					1	12
T2							2				3	1								1							5
P1-3			2								3						1		1	2					2		9
P4-7								1			3								5	6				1			15
M1					2	3	1	2	1	1	1		8	1	1		4	1				1			1	5	23
M3-4	8	10	5		4	1	1	2	4	3	2	2		1						1	3			3	1		46
M5											1	1													1	1	3
M7-9	1		3					2	3	2	1	2	4			1		4		4	6	1		7	1		34
V									1		2									1		1					4
X								1	1		1		6								3			1			11
TOT	23	47	11	13	32	8	71	7	11	29	20	7	22	19	3	2	8	4	15	13	17	25	2	28	26	13	

Tabella 3 - From-to chart officina

Come si nota, il collaudo è la zona maggiormente visitata, in quanto qui convergono tutti i prodotti dalle tre risorse di saldatura e dai box di saldatura dei tubi, che devono terminare il proprio ciclo produttivo.

In *figura 20* sono rappresentati i dati presenti in *tabella 3*, in modo da poter visualizzare graficamente i principali spostamenti, in particolare la distanza che intercorre tra le risorse coinvolte e la frequenza con cui questo accade. A tal proposito sono stati inseriti solo spostamenti che hanno una particolare rilevanza (non meno di 5 viaggi/giorno), suddividendoli in tre categorie in base alla loro intensità: tra 5 e 9 viaggi/giorno, tra 10 e 14 viaggi/giorno, più di 15 viaggi/giorno. Alle tre categorie è stato dato un colore diverso, rispettivamente azzurro, verde e rosso.

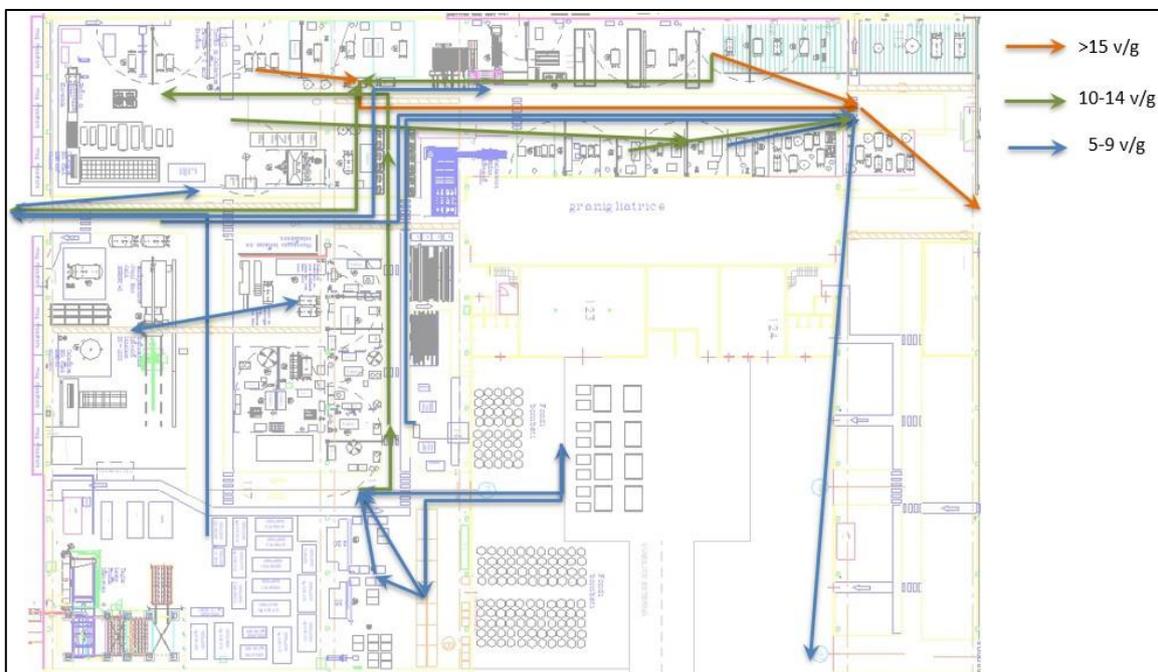


Figura 20 - Rappresentazione degli spostamenti principali in officina allo stato as-is

Dalla figura, oltre ad emergere nuovamente il ruolo centrale svolto dal collaudo, si nota come alcune zone che dialogano con una discreta frequenza tra di loro siano molto distanti (come, ad esempio, la zona di collaudo e la zona M7 di stoccaggio dei serbatoi che dovranno essere zincati o vetroporcellanati, o il reparto di taglio laser con la zona M3 dove vengono stoccate le lamiere da calandrare).

### 3.4.2. Assemblaggio

In assemblaggio risultano esserci meno spostamenti tra le varie aree rispetto all'officina e soprattutto un minor utilizzo del carrello elevatore, a vantaggio di un uso più elevato di transpallet, transpallet elettrici e pickers. In *figura 21* sono rappresentate nuovamente le zone secondo la codifica scelta per l'individuazione dei flussi:

- VE: verniciatura;
- T0: zona di stock tubi post verniciatura;
- S1, S2, S8: zone di stock interoperazionale;
- X: reparto di taglio e cucitura;
- R: zona di finitura serbatoi schiumati;
- N: reparto di schiumatura;
- D: zona di stock materiale coibentante;
- P: zone esterne di stock materiale;
- M: magazzino;
- C: reparto coibentazione serbatoi;
- Q: isola di montaggio;
- V: isola coibentazione tubi e pompe;
- LS: linea assemblaggio scambiatori di calore a piastre ispezionabili;
- L1, L2-L3: linee di assemblaggio;
- LN: zona di stoccaggio materiale a fondo linea 1, 2 e 3;
- E: magazzino componenti elettrici;
- A: reparto spedizioni.

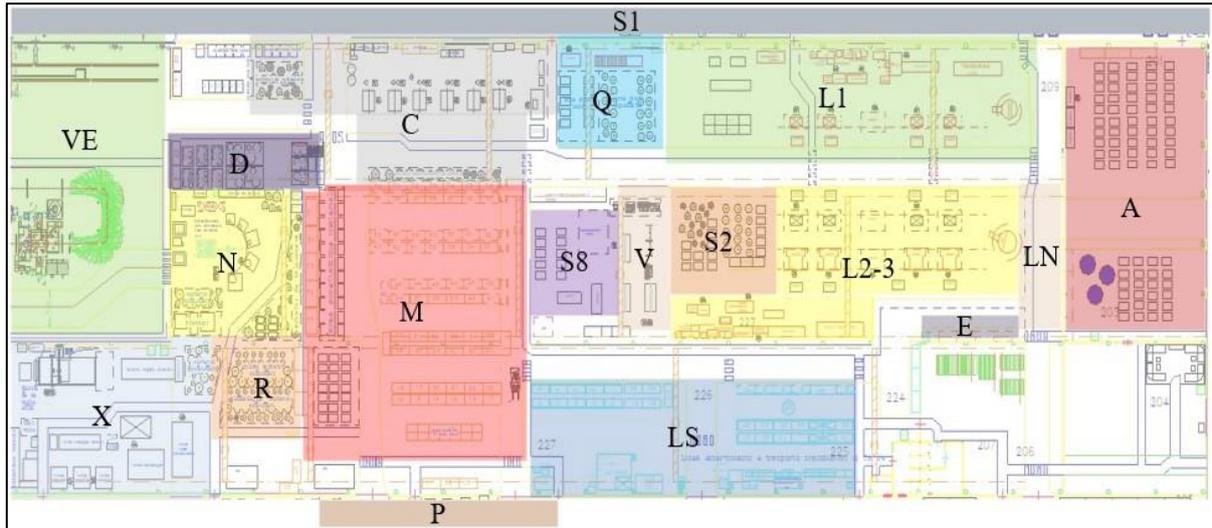


Figura 21 - Suddivisione aree assemblaggio per analisi movimentazioni interne

Anche in questo caso in *tabella 4* vengono riportati i valori medi degli spostamenti relativi a due giorni lavorativi, secondo la codifica utilizzata nell'immagine di cui sopra.

	VE	TO	S1	X	R	N	D	P	M	C	Q	S2	S8	V	LS	L2-3	L1	LN	E	A	TOT
VE									1	3		4		1		1	5	2		1	16
TO												3				3	3				8
S1						1		1		28		3				1				1	34
X							4	1		2						1					6
R								2				6									7
N			1		16			1				1									18
D										33											33
P		3	1		1				7	1	1				1					1	13
M								1		2	9		2	1	8	11			3		36
C			2		1			2		1	33					2			11		49
Q											6								1	1	7
S2	1		2						1	6		5				21	11			13	57
S8											5										5
V											10					2	3				15
LS											1					1					1
L2-3									1			1		2		8	1			10	22
L1										1		5		1			8			8	22
LN	1		1							1											2
E																	1				1
A									1			1	1								2
TOT	1	3	6		17	1	4	6	9	66	9	85	5	5	2	43	44	2	1	47	

Tabella 4 - From-to chart assemblaggio

Le zone maggiormente visitate sono il reparto coibentazione, le linee di assemblaggio e il reparto spedizioni, questo perché la maggior parte dei prodotti segue questo ciclo di lavorazione. A questi va aggiunta la zona S2, ovvero una grande zona di stoccaggio al centro del reparto assemblaggio, in cui vengono depositati i materiali che poi andranno sulle linee, in spedizione o verso altri reparti. Come in precedenza, la *figura 22*

rappresenta graficamente tutti gli spostamenti che possono avere una valenza significativa all'interno del reparto, in questo caso considerando un minimo di 4 viaggi/giorno. Ancora una volta sono stati divisi gli spostamenti in 3 categorie: in azzurro i viaggi compiuti tra 4 e 7 volte/giorno, in verde i viaggi compiuti tra 8 e 14 volte/giorno, in rosso i viaggi compiuti più di 15 volte/giorno.

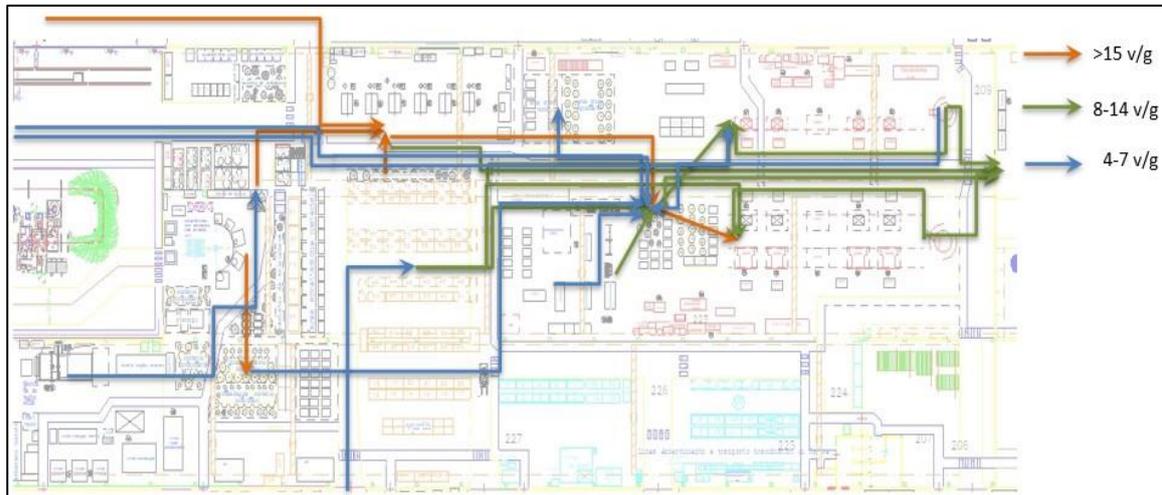


Figura 22 - Rappresentazione degli spostamenti principali in assemblaggio allo stato as-is

Dalla figura si notano facilmente due aspetti: il primo è la centralità della zona S2, sia fisica (in quanto si trova al centro del reparto assemblaggio), sia logica (è la zona in cui convogliano la maggior parte dei flussi). Il secondo punto riguarda la direzione verso la quale convergono le frecce, ovvero tutte o quasi sono orientate verso il reparto spedizioni a valle del reparto.

### 3.5. Analisi dello stock interoperazionale

Fondamentale per lo studio del layout as-is è la rilevazione delle aree dedicate allo stoccaggio e la determinazione della loro grandezza e delle principali interazioni che hanno con le aree produttive. Di fatto si è visto quanto una zona di stoccaggio WIP abbia un ruolo determinante nella gestione dei flussi fisici dei materiali. Infine, oltre a considerare lo stabilimento produttivo, è necessario tener conto dei due magazzini all'interno del capannone industriale ospitante un centro commerciale all'ingrosso "il Gigante", situati a circa 500 metri in linea d'aria dallo stabilimento produttivo.

L'analisi è stata condotta rilevando prima le aree di stoccaggio, rappresentate sul layout tramite il software Solid Edge e misurata la grandezza di ogni area per poter avere

un'indicazione della superficie totale occupata. Questa è stata divisa in tre parti: area interna allo stabilimento produttivo, area esterna lo stabilimento produttivo ed area interna i magazzini presso "il Gigante" (figura 23).

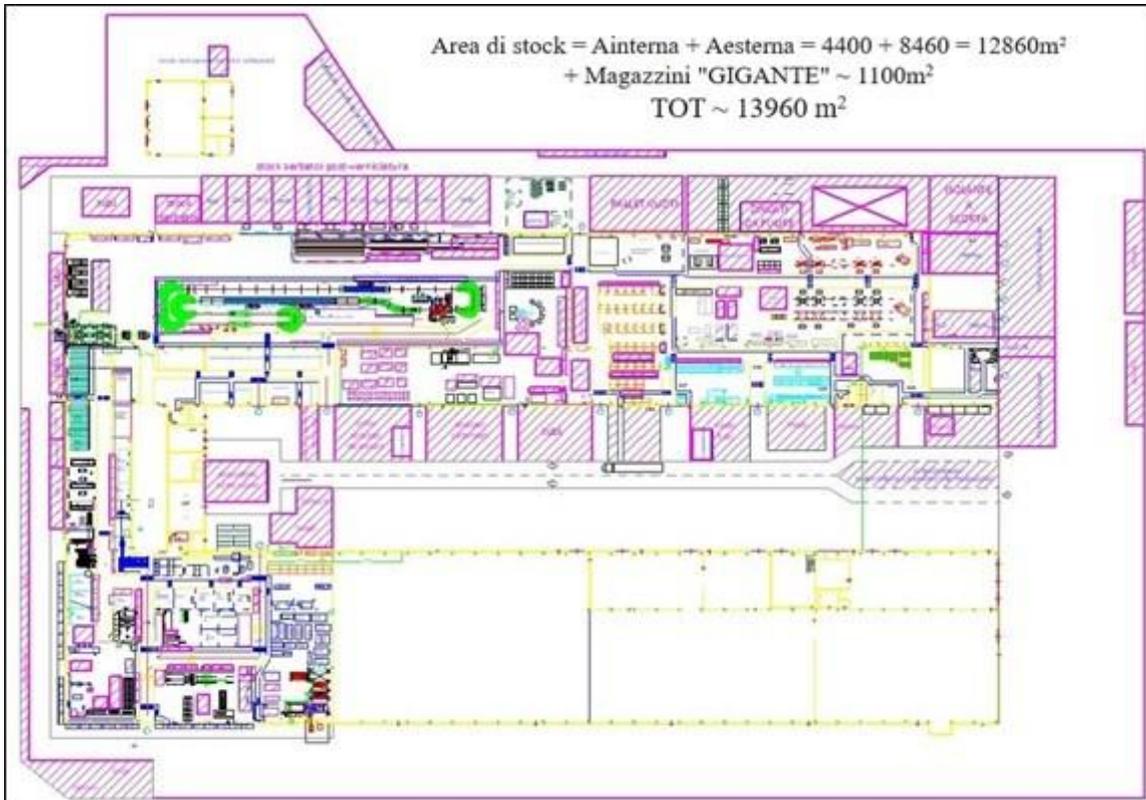


Figura 23 - Rilevamento aree di stoccaggio

Dopo aver determinato le zone di stoccaggio, occorre valutarle qualitativamente, suddividendo le categorie in base alla posizione in cui si trovano, alla grandezza riservatagli e al tipo di materiale immagazzinato al loro interno. A tal proposito sono state individuate 4 categorie differenti: aree corrette (in verde), se la loro posizione e la loro grandezza sono valutate come idonee; aree sottodimensionate (in rosso), se la loro dimensione è ritenuta troppo piccola per le reali necessità di stoccaggio; aree con materiale obsoleto (in giallo), se presentano materiale non più utilizzato per la produzione e quindi divenuto obsoleto; aree mal posizionate (in azzurro), se situate in un punto troppo lontano rispetto ad alcune risorse che frequentemente interagiscono con esse (figura 24).

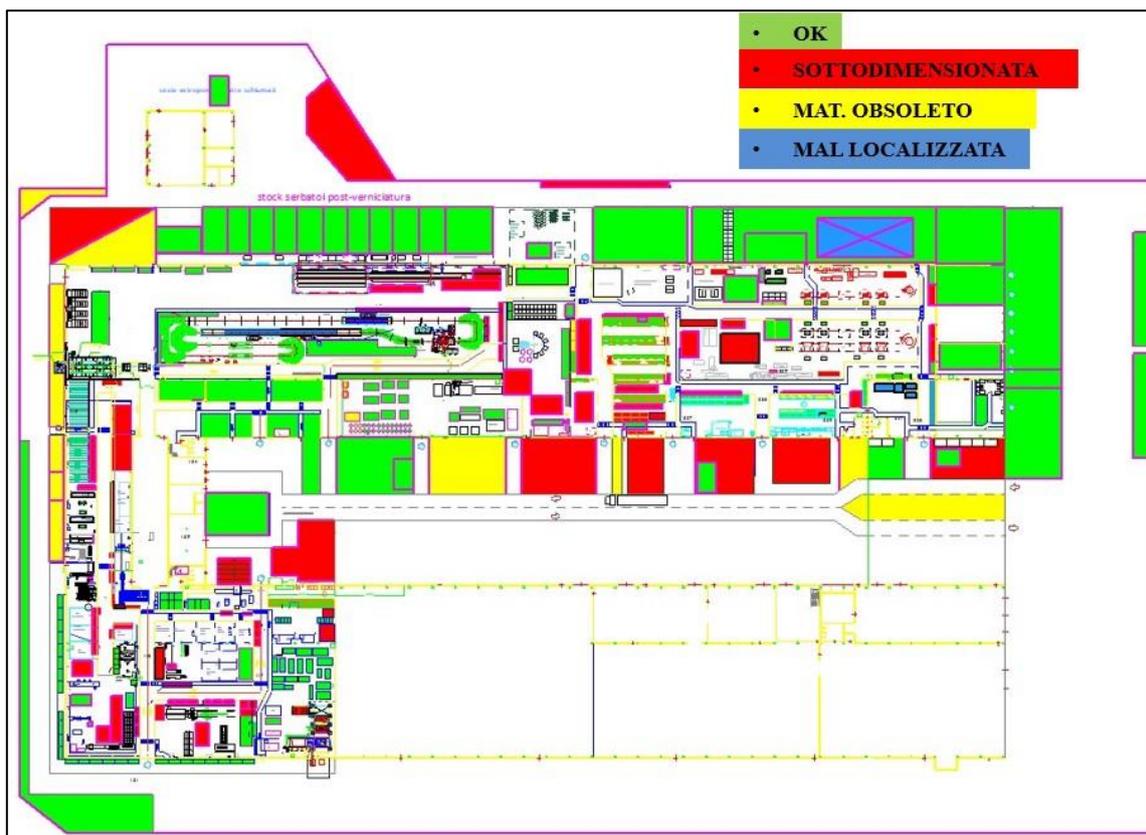


Figura 24 - Valutazione aree di stoccaggio (focus intero stabilimento produttivo)

Dando un primo sguardo alla figura, si ha la percezione di una prevalenza di aree di colore verde, intervallate solo saltuariamente da aree rosse o gialle. Questo potrebbe far pensare ad una quasi totale correttezza del dimensionamento delle aree di stoccaggio, con solo alcune zone che necessiterebbero di una rivalutazione. Ciò è dovuto al fatto che le zone di stoccaggio interne sono molto più piccole di quelle esterne, e quest'ultime essendo in maggioranza zone con un corretto dimensionamento, inducono alla percezione di una buona situazione di stoccaggio materiali.

Facendo però due focus distinti sul reparto officina e sul reparto assemblaggio, si nota come invece ci siano diverse aree (seppur spesso piccole) all'interno dello stabilimento che necessiterebbero di una rivalutazione.

### 3.5.1. Aree di stoccaggio in officina

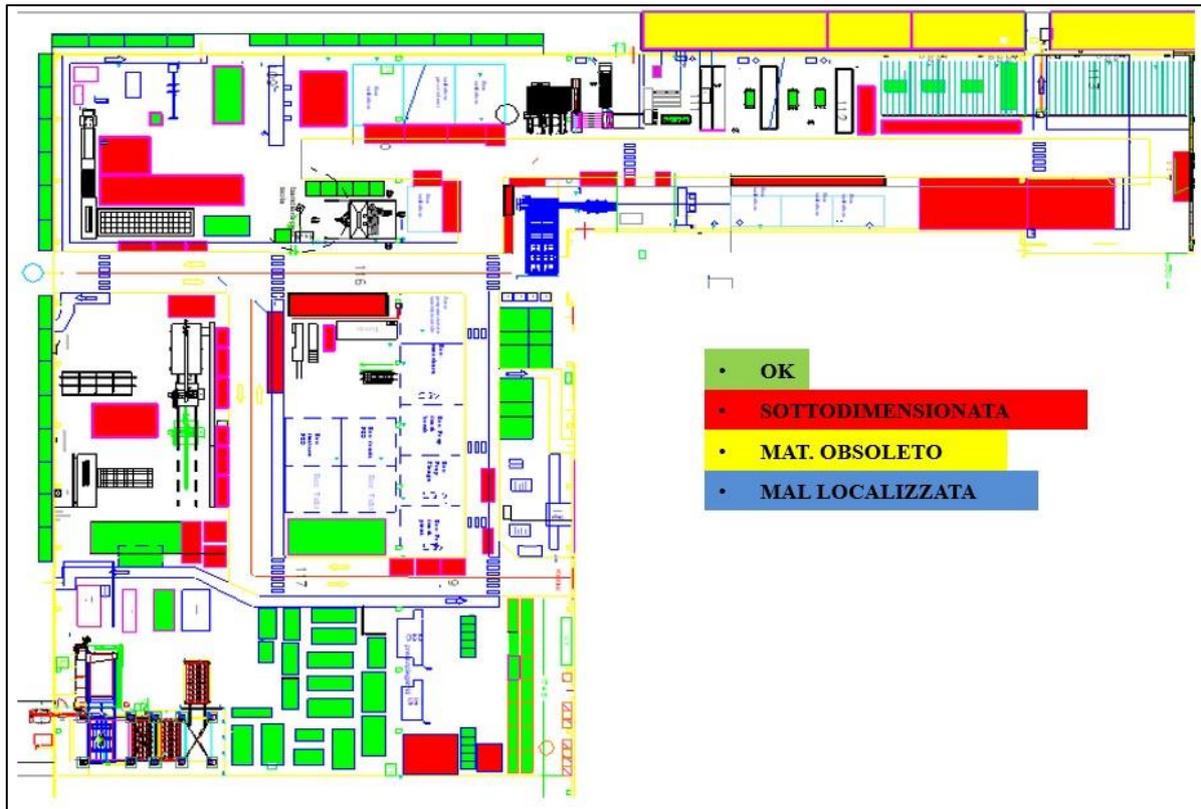


Figura 25 - Valutazione aree di stoccaggio (focus officina)

In *figura 25* si nota come allo stato as-is le zone di stoccaggio dell'officina che più sono soggette all'essere sottodimensionate sono quelle in prossimità dei box di saldatura dei serbatoi e nella zona di collaudo, risultando invece corretta quella relativa allo stoccaggio delle lamiere da tagliare al laser e valutata sufficiente la zona di stock dei tubi da tagliare tramite la segatrice.

### 3.5.2. Aree di stoccaggio in assemblaggio

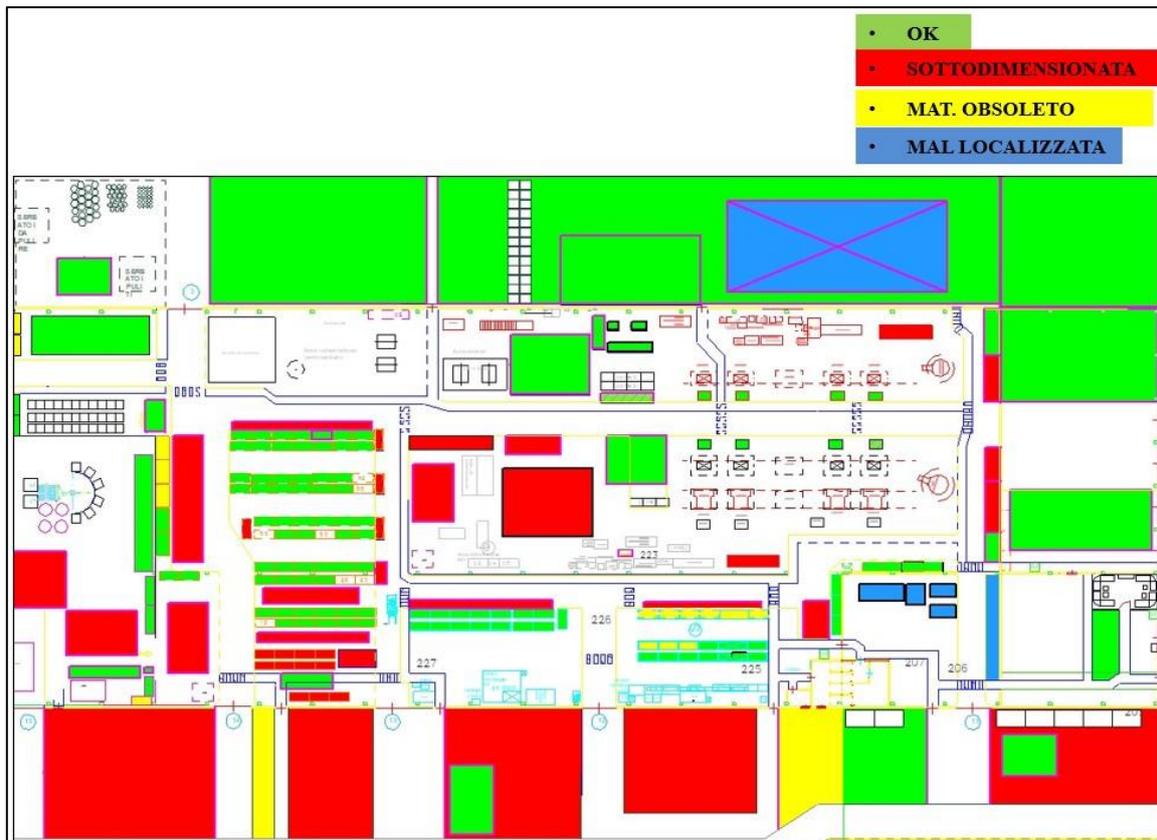


Figura 26 - Valutazione aree di stoccaggio (focus assemblaggio)

In assemblaggio le zone maggiormente soggette ad uno scarso dimensionamento sono quelle relative allo stoccaggio di materiale prima del montaggio in linea (la già citata zona S2 in *figura 21 – par. 3.4.2.*), oltre che alla zona di stock dei serbatoi schiumati e all'area riservata al materiale destinato all'accettazione (*figura 26*).

### 3.6. Mappatura delle attività di picking

Un ruolo fondamentale per poter alimentare la produzione è quello svolto dall'attività di picking del materiale destinato alle risorse produttive. In officina e in assemblaggio questa attività viene svolta in entrambi i casi dai pickers, ma con modalità differenti che verranno esposte nei paragrafi seguenti.

#### 3.6.1. Mappatura delle attività di picking in officina

In officina viene fornita al picker una lista materiali per ogni ordine di produzione, scaricata direttamente da eSolver. Il picker preleva il materiale richiesto dal magazzino

e dalle altre aree di stock, lasciando il tutto in una zona prestabilita, vicino ai box di preparazione fondi, da cui verrà prelevato da un saldatore.

Il picker segna sulla picking list ciò che ha prelevato, ciò che non ha prelevato perché non di sua competenza (come la lamiera da calandrare o, per alcuni serbatoi, i fondi perché di elevate dimensioni) e ciò che manca (non presente a magazzino o non ancora pronto). In entrambi questi ultimi due casi sarà un carrellista o un altro operatore (a seconda del tipo di materiale) a fornire al box di saldatura il materiale mancante quando questo sarà presente.

L'attività di picking ha una durata relativamente veloce, aggirandosi sui 15 minuti per ogni odp. Di seguito viene mostrata una picking list relativa ad un odp, con le relative marcature da parte dell'operatore responsabile del prelievo del materiale (figura 27). La spunta identifica che il materiale è stato prelevato, la barra indica che il materiale non deve essere prelevato dal picker, la lettera "m" che il materiale è mancante.

fiorini		Lista materiali x reparto x avanzamento 3			8/04/2022 09.41	
Distinta / Qta	Materiale / pallinatura disegno / collocazione / giacenza	QT			STAZIONE21 3 di 20 X0	
816011486V	80409356	8,00			2,00	N 4,00
SERB AR GRZ 460L ORIZZ Ø500 SALDATO	BANDELLA PER UNIONE DOPPIA VIROLA					
9,00	804094785X	9,00			0,00	N 4,00
	LAMIERA 1/2 PER CODICE 816011486V					
9,00	804094786X	10,00			0,00	N 4,00
	LAMIERA 2/2 PER CODICE 816011486V					
9,00	804160109X	11,00		m	0,00	N 8,00
	STAFFA ZN SUPP POMPE HIDROS 490x443 mm					
9,00	804162257X	12,00		m	0,00	N 12,00
	PIEDE L SERBATOIO HIDROS Ø500					
9,00	801060375	5,00	B04-2		634,00	N 4,00
	MANICOTTO 1/2" - Ø26,6x100 - FIL20					
9,00	801060084	4,00	B11-3		2.200,00	N 8,00
	MEZZO MANICOTTO 1"1/4 - Ø49,5x25					
9,00	801060003	1,00	B13-1		263,00	N 4,00
	CURVA FE A SILDARE 3/4" 3D					
9,00	801060022	2,00	B13-3		813,00	N 4,00
	MANICOTTO 1/4" - Ø18,7x25					
9,00	801060023	3,00	B13-3		177,00	N 8,00
	MANICOTTO 3/8" - Ø22,7x26					
9,00	803010128	6,00	IT		22,35	M 0,44
	TUBO SS 1/2" NERO SERIE LEGGERA SP.2,3					
9,00	803010134	7,00	IT		1.066,77	M 0,68
	TUBO SS 2"1/2 NERO SERIE LEGGERA SP.3,2					

Figura 27 - Lista di prelievo (officina)

### 3.6.2. Mappatura delle attività di picking in assemblaggio

In assemblaggio l'attività di picking avviene in maniera differente rispetto all'officina: i pickers ricevono una lista fornitagli dal responsabile di reparto in cui vengono raggruppati i materiali relativi a 4-5 ordini di produzione; in questo modo il picker

ottimizza l'attività di raccolta in quanto visita una singola volta ogni punto di prelievo per tutti gli odp della lista.

Il picker solitamente suddivide l'attività di prelievo in quattro fasi: prelievo di materiale dal magazzino (minuteria, giunti, ecc.), prelievo delle lamiere (basamenti, montante, ecc.), prelievo dei tubi tagliati in officina e verniciati, prelievo della pompa/e coibentata nell'isola di coibentazione. Il processo, quindi, risulta essere più articolato rispetto a quello in officina e lo si nota anche dal fatto che per evadere una singola picking list si impiega mediamente 1,5 ore, a conferma dell'importanza di avere una lista di prelievo che permetta di ottimizzare il processo. Anche in questo caso viene contrassegnato sulla lista lo stato del materiale da prelevare e nel caso di mancanza, oltre ad essere segnalato sulla lista, viene stampato un disegno del materiale mancante (se questo presenta un disegno a sistema) per poi essere inserito in una specifica bacheca insieme alla pagina della picking list contenente il codice del pezzo. Durante la giornata, tra un'attività e l'altra, il picker verifica se questo sia presente o meno, e nel caso lo fosse, lo preleva e lo aggiunge ai materiali relativi all'odp.

Di seguito, una picking list relativa a 5 ordini di produzione che dovranno essere svolti nella linea 1 di assemblaggio (figura 28).

Data Inizio		Data Fine		Codice Prodotto finito		Codice Componente / Descrizione / Collocazione / Giacenza		odp	qtà	Risorsa
15/04/2022	20/04/2022	838041527X	NRB 500L 1P CIE 370/3 L:1793 347483	901	AERMEC SPA	803100188W	TUBO MAND. NRB L:1437 FG VERN.	3,00	5613	N. 1,00 10.1.6
19/04/2022	21/04/2022	838041503X	NRB 500L 2P CIE 370/3 L:1755 347524			803100188W	TUBO MAND. NRB L:1437 FG VERN.	3,00	6372	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	2,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	803101042	TUBO NERO 2*1/2 L:202 FF + FORI 1/2"	4,00	5955	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	803101084	TUBO NERO 2*1/2 L:100 FG + FORO 1/2"	6,00	5955	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	803101379	TUBO NERO 2*1/2 L:302 FF + FORO 3/8"	7,00	5955	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
15/04/2022	20/04/2022	838041527X	NRB 500L 1P CIE 370/3 L:1793 347483	901	AERMEC SPA	803101571	TUBO NERO 2*1/2 L:149 FF + FORO 3/8"	4,00	5613	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
15/04/2022	20/04/2022	838041527X	NRB 500L 1P CIE 370/3 L:1793 347483	901	AERMEC SPA	804161839X	PIASTRINO COLLARE PP 2" - 2*1/2 ZN	93,00	5613	N. 2,00 10.1.6
								Tot.	2,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	804162018X	SUPPORTO POMPE NRB SMALL NSCE 50-160 RAL9002	3,00	5955	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	804162646X	SUPPORTO TUBI NRB PER FILTRO MAGNETICO RAL90	2,00	5955	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	1,00	
21/04/2022	26/04/2022	838071536X	GR. 2P CIE 3706/0 SOFF. NRB UL 3454	901	AERMEC SPA	812021354	LOWARA CIE 3706/0 SOFF. 575/3/60 LUL	0,00	4174	N. 2,00 10.1.6
								Tot.	2,00	
19/04/2022	21/04/2022	838081873X	KIT HYDROVAR HVL 4.022 CON ANEL	901	AERMEC SPA	812030202	HYDROVAR HVL 4.022	6,00	6372	N. 2,00 10.1.6
								Tot.	2,00	
15/04/2022	20/04/2022	838041527X	NRB 500L 1P CIE 370/3 L:1793 347483	901	AERMEC SPA	816011454X	SERB. NRB 500L NEW COIB. (SCARICO CENTRALE)	7,00	5613	N. 1,00 10.1.6
19/04/2022	21/04/2022	838041503X	NRB 500L 2P CIE 370/3 L:1755 347524			816011454X	SERB. NRB 500L NEW COIB. (SCARICO CENTRALE)	7,00	6372	N. 1,00 10.1.6
								Tot.	2,00	
15/04/2022	20/04/2022	838071540X	NRB 1P NSCE 50-160/55 L:2681 34758	901	AERMEC SPA	826051224	WARNING MATERIALE A CORREDO	26,00	5955	N. 1,00 10.1.1

Figura 28 - Lista di prelievo (assemblaggio)

### **3.7. Programmazione e dichiarazione della produzione**

Nel paragrafo seguente verrà esposta la procedura che viene seguita per l'evasione di un ordine di produzione. In particolare, saranno descritte tutte le macro-fasi che un ODP attraversa, dalla creazione all'avanzamento alla fase successiva.

#### **3.7.1. Creazione dell'ordine di produzione**

L'ordine di produzione si genera tramite un ordine di vendita, il quale viene generato dall'ufficio commerciale e inviato all'ufficio pianificazione. Le 2 parti devono trovare un accordo per la determinazione di una data di consegna del prodotto finale: l'ufficio commerciale proporrà come data quella proposta dal cliente, l'ufficio pianificazione dovrà interrogare le risorse impiegate per la realizzazione dell'ordine e verificare per quale data potrà essere realmente pronto il prodotto finale. Individuata la data, l'Odp viene inserito a sistema, il quale schedulerà a ritroso rispetto alla data di consegna le attività da svolgere attribuendo ad ogni fase due date: data di inizio e data di fine lavorazione. La pianificazione poi controllerà quali fasi necessitino di una modifica della data di inizio e fine lavorazione in base al carico giornaliero delle varie giornate.

#### **3.7.2. Esecuzione dell'ordine di produzione e avanzamenti di fase**

Ogni giorno ogni reparto riceve dal centralino tutte le schede relative alla produzione dei vari odp: cartellino di lavorazione, distinta base, etichette, lista sommaria degli odp da evadere nella giornata, eventuali schede per la qualità e la sicurezza ed eventuali manuali.

La schedulazione delle attività è affidata ai capi reparto, che assegnano priorità ai vari task basandosi su vari fattori, tra cui data di consegna, ritardo materiale e risorse disponibili. Al termine della giornata, ogni responsabile di reparto e sotto-reparto procede con la dichiarazione degli avanzamenti, controllando ciò che è stato svolto durante l'arco della giornata lavorativa. In questo modo viene aggiornato il piano di produzione e si avrà una visione completa di ciò che ancora non è stato fatto. Solo alcune risorse fungono da gate di avanzamento di fase:

- Laser e piegatrice;
- Collaudo;
- Verniciatura;
- Coibentazione;

- Schiumatura;
- Assemblaggio;
- Reparto scambiatori;
- Spedizione.

### 3.8. Studio della capacità produttiva

Analizzare la capacità produttiva permette di capire quali siano le risorse su cui può essere importante intervenire per poter aumentare la produzione. Nel paragrafo verranno presentate le capacità produttive delle varie risorse, raggruppate per tipo di lavorazione, e il metodo con cui sono state stimate.

#### Laser

	QTA (pz/g)
PEZZI	820

Tabella 5 - Capacità produttiva taglio laser

Il dato in *tabella 5* è stato ricavato facendo una semplice media dei pezzi avanzati da inizio anno al giorno dell'analisi, per il numero di giorni lavorativi. Tale dato è stato poi confrontato con alcune rilevazioni giornaliere, oltre che ad essere discusso con il responsabile del reparto taglio laser.

#### Pressopiegatrici

X1		X2	
TIPO	QTA (pz/g)	TIPO	QTA (pz/g)
GRANDI	400	PICCOLI	700

Tabella 6 - Capacità produttiva pressopiegatrici

Anche in questo caso il dato in *tabella 6* si riferisce ad una media giornaliera tra i pezzi lavorati da inizio anno e il numero di giorni lavorativi fino a quel momento. Oltre a questo, sono stati fatti alcuni rilevamenti sul campo e sono stati consultati gli operatori addetti ai macchinari. La pressopiegatrice denominata X1 in genere lavora pezzi di grandi dimensioni, mentre la X2 viene impiegata per pezzi più piccoli (per esempio, i piedi dei serbatoi).

## Calandre

A1		B1	
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)	DIAM. (mm)	QTA (pz/g)
<= 1000	180	200 -500	200
> 1000	100		
A10		P4	
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)	SPESS. (mm)	min/pz
400 - 550	190	4 - 10	15
650 - 850	160	> 10	30

Tabella 7 - Capacità produttiva calandre

Per le calandre non è stato possibile eseguire un calcolo tramite i dati a sistema, in quanto la risorsa calandra (così come le risorse di saldatura longitudinale, preparazione fondi puntatura, saldatura circonferenziale, saldatura finale, taglio tubi e lavorazione tubi) non possiedono un gate di avanzamento, per cui la loro dichiarazione avviene solo quando viene eseguito il collaudo finale del semilavorato. Per questa ragione non è possibile ricavare un dato sulle reali capacità delle calandre. I dati in *tabella 7*, quindi, sono frutto di stime e di interviste fatte agli operatori e al responsabile di reparto. Con A1 si indica la calandra dedicata ai serbatoi di grandi dimensioni, B1 quella relativa alla linea dei serbatoi con fondo piatto e/o di piccole dimensioni, A10 quella dedicata alla linea 2.

## Saldatura longitudinale

A1		B1	
LUNG. SERB. (mm)	QTA (pz/g)	LUNG. SERB.	QTA (pz/g)
<= 1000	85	<= 800	140
1000 - 1500	70	> 800	100
> 1500	55		
A10			
LUNG. SERB.	QTA (pz/g)		
600 - 1000	120		
1000 - 1500	100		

Tabella 8 - Capacità produttiva saldatura longitudinale

Le risorse che svolgono la saldatura longitudinale sono in tutti e tre i casi collegate alla relativa calandra. Le ipotesi alla base del calcolo delle capacità produttive sono le stesse fatte per le calandre. A differenza della calandratura, il discriminante in questo caso è la lunghezza della virola, che comporta l'averne un cordone di saldatura più lungo (*tabella 8*).

### Preparazione fondi

F1			F2		
N° MANIC	PIEDI	QTA (pz/g)	N° MANIC	PIEDI	QTA (pz/g)
1	NO	200	1	NO	230
1	SI	30	1	SI	37
> 1	NO	70	> 1	NO	75
> 1	SI	25	> 1	SI	25
F4			ROBOT		
N° MANIC	QTA (pz/g)		N° MANIC	PIEDI	QTA (pz/g)
1	200		1	NO	160
> 1	100		1	SI	70
			> 1	NO	100
			> 1	SI	55

Tabella 9 - Capacità produttiva preparazione fondi

I fondi possono essere di due tipi: bombati o piatti. I fondi bombati vengono preparati nelle risorse F1, F2 e R: i primi due sono box di saldatura in cui la lavorazione viene svolta direttamente da un saldatore, mentre R identifica il robot di saldatura fondi. La preparazione dei fondi piatti invece è associata alla sola risorsa F4.

Come si nota in *tabella 9*, i fattori utilizzati per la stima della capacità produttiva in entrambi i casi sono il numero di manicotti da saldare e la presenza o meno dei piedi da attaccare al fondo.

## Montaggio fondi

A3		B2	
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)	DIAM. (mm)	QTA (pz/g)
<= 800	75	<= 300	75
800 - 1200	55	> 300	50
>= 1200	40		
A11			
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)		
400	110		
400 - 800	70		
850	35		

Tabella 10 - Capacità produttiva montaggio fondi

La fase che congiunge la virola calandrata ed i fondi preparati è la puntatura (o montaggio fondi). In *tabella 10* si trovano in successione le risorse di puntatura relative alla lavorazione di serbatoi di grandi dimensioni, linea di saldatura e saldatura di serbatoi piccoli o con fondo piatto. La lavorazione viene eseguita in tutti e tre i casi da un saldatore mediante l'utilizzo di una pedana che permette la rotazione della virola sul proprio asse, in modo da poter visitare agevolmente ogni punto della circonferenza. Anche in questo caso, i dati in tabella si rifanno a stime fatte tramite indagini ed interviste sul campo, individuando nel diametro del serbatoio il discriminante adatto all'analisi.

## Saldatura circonferenziale

A4		B3	
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)	DIAM. (mm)	QTA (pz/g)
<= 800	60	<= 300	60
800 - 1200	45	> 300	40
>= 1250	30		
A12		P2	
DIAM. (mm)	QTA (pz/g)	DIAM. (mm)	min/pz
400 - 650	50	<= 700	40
650 - 850	37	700 - 1000	50

Tabella 11 - Capacità produttiva saldatura circonferenziale

La saldatura circonferenziale dei fondi alla virola avviene in successione alla puntatura; per questo la *tabella 11* segue la successione utilizzata per la stima della capacità produttiva del montaggio fondi, rifacendosi nuovamente a stime fatte tramite lo studio dei cicli di lavorazione di alcuni prodotti, oltre che ad interviste ad operatori e responsabili. Ancora una volta, il diametro del serbatoio risulta essere il fattore che maggiormente veicola la capacità produttiva.

### Saldatura finale

A6			A7			A8		
VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)
300 - 1000	<= 7	15	300 - 1000	<= 7	15	300 - 1000	<= 7	15
300 - 1000	8 - 15	12	300 - 1000	8 - 15	12	300 - 1000	8 - 15	12
300 - 1000	> 15	8	300 - 1000	> 15	8	300 - 1000	> 15	8
> 1000	<=7	8	> 1000	<=7	8	> 1000	<=7	8
> 1000	10 - 15	5	> 1000	10 - 15	5	> 1000	10 - 15	5
> 1000	> 15	3	> 1000	> 15	3	> 1000	> 15	3
A9			B4			B5		
VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)
300 - 1000	<= 7	15	<= 300	<= 7	25	<= 300	<= 7	25
300 - 1000	8 - 15	12	<= 300	> 7	17	<= 300	> 7	17
300 - 1000	> 15	8	> 300	<= 7	17	> 300	<= 7	17
> 1000	<=7	8	> 300	> 7	13	> 300	> 7	13
> 1000	10 - 15	5						
> 1000	> 15	3						
B6			B7			A13		
VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)	VOLUME	N° MANIC	QTA (pz/g)
<= 300	<= 7	16	<= 300	<= 7	16	<= 300	<= 6	60
<= 300	> 7	11	<= 300	> 7	11	<= 300	> 6	45
> 300	<= 7	11	> 300	<= 7	11	> 300	<= 6	45
> 300	> 7	8	> 300	> 7	8	> 300	> 6	35

Tabella 12 - Capacità produttiva saldatura finale

La saldatura finale (*tabella 12*) comprende tutte le lavorazioni da eseguire sul serbatoio per poter saldare a questo i vari componenti che lo caratterizzano (manicotti, flange, tubi, ecc.). In generale risulta essere un'operazione molto lunga in relazione alle precedenti e questo implica un numero elevato di risorse dedicate. Le risorse A6, A7, A8, A9 sono box di saldatura finale che, data la loro superficie, si occupano principalmente di serbatoi di grandi dimensioni; B4, B5, B6, B7 sono box di saldatura che si occupano di serbatoi di piccole-medie dimensioni e/o con fondo piatto. Infine, la risorsa A13 si riferisce alla macchina di saldatura dei manicotti inserita in linea 2. Ciò che caratterizza la capacità produttiva di questi box di saldatura è la dimensione del serbatoio da lavorare ed il numero

di elementi da saldare (per la stima è stato considerato solo il numero di manicotti, vista la loro maggior presenza all'interno dei serbatoi rispetto ad altri elementi come flange o tubi).

### Taglio tubi officina

T1	
DIAMETRO	QTA (pz/g)
2"-2,5"	375
3"	250
4"-6"	150
>8"	80

Tabella 13 - Capacità produttiva taglio tubi

Per la fase di taglio tubi è stato richiesto all'operatore addetto alla segatrice di annotare, durante due giornate lavorative, i codici dei tubi tagliati e le relative quantità. I dati raccolti sono stati poi incrociati con alcuni tempi rilevati sul campo, permettendo quindi di ricavare le quantità in *tabella 13*, suddivisi per spessore del tubo.

### Saldatura tubi e collettori

T2		T3	
TIPO	QTA (pz/g)	TIPO	QTA (pz/g)
TUBO	60	TUBO	60
COLLETTORE	20	COLLETTORE	20

Tabella 14 - Capacità produttiva saldatura tubi e collettori

Le due risorse impiegate per la saldatura di tubi e collettori sono presidiate da due operatori, i quali svolgono entrambi la stessa mansione senza distinzione, per cui in *tabella 14* sono state inserite le stesse capacità produttive, in cui la variabile è il tipo di semilavorato da saldare. I valori si rifanno a stime e analisi condotte sul campo.

## Collaudo

C1-2		C3-4	
VOLUME SERB.	QTA (pz/g)	VOLUME SERB.	QTA (pz/g)
<= 200 L	32	<= 200 L	32
200 - 500 L	22	200 - 500 L	22
		400 - 700 (2000) L	12
C5			
VOLUME SERB.	QTA (pz/g)		
500 - 1000 L	32		
1000 - 2000 L	22		
> 2000 L	12		

Tabella 15 - Capacità produttiva collaudo serbatoi

Il collaudo è la fase finale che caratterizza quasi ogni lavorazione in officina. Qui si trovano quattro pedane, per il collaudo di serbatoi medio-piccoli, servite da due operatori a due a due (C1-2, C3-4), e una pedana grande per il collaudo di serbatoi di grandi dimensioni. La capacità produttiva in questo caso risulta essere altamente variabile, in relazione al numero di operatori presenti (in questo caso, solo per il collaudo in pedana grande C5) e al tipo di serbatoi da collaudare (*tabella 15*).

## Verniciatura

LUNG. SERB.	TIPO	QTA (pz/g)
<= 1000	NORMALE	75
<= 1000	PED	7
> 1000	NORMALE	20
> 1000	PED	4

Tabella 16 - Capacità produttiva verniciatura

Per il reparto di verniciatura è stata considerata solo la cabina di verniciatura a liquido, presidiata da un operatore (*tabella 16*). I tempi ricavati durante l'analisi hanno portato alla suddivisione della capacità produttiva in base a due fattori: la capacità del serbatoio e il fatto che questo sia o meno un prodotto Ped (in quanto durante l'analisi è stato notato come questi tipi di serbatoi richiedano un processo di verniciatura più lungo).

## Coibentazione

COIB 1		COIB 2	
VOLUME SERB.	QTA (pz/g)	VOLUME SERB.	QTA (pz/g)
< = 200	20	< = 200	16
200 - 1000	10	200 - 1000	9
		> 1000	5
COIB 3		COIB 4	
VOLUME SERB.	QTA (pz/g)	VOLUME SERB.	QTA (pz/g)
< = 200	16	< = 200	20
200 - 1000	9	200 - 1000	10
> 1000	5		
COIB 5		COIB 6	
VOLUME SERB.	QTA (pz/g)	VOLUME SERB.	QTA (pz/g)
< = 200	20	< = 200	20

Tabella 17 - Capacità produttiva coibentazione serbatoi

La zona dedicata alla coibentazione dei serbatoi ha un numero di postazioni variabile (tipicamente sei). Qui gli operatori ricoprono con uno strato di polietilene il serbatoio, sfruttando due cavalletti tramite i quali viene posizionato il semilavorato orizzontalmente per permetterne la rotazione sul proprio asse. I dati organizzati in *tabella 17* fanno riferimento ad una giornata media, in cui solo alcune postazioni si occupano di serbatoi di grandi dimensioni.

## Schiumatura

VOLUME SERB.	QTA (pz/g)	VOLUME SERB.	QTA (pz/g)
100 L	9	400 - 500 L	5
200 L	8	750 L	5
300 L	8	800 L	5
		1000 L	3

Tabella 18 - Capacità produttiva schiumatura

Il reparto di schiumatura allo stato as-is è composto di un macchinario che, muovendosi a 180°, permette di servire un numero massimo di stampi pari a 6. La capacità produttiva

dipende dal tipo di serbatoio servito, in quanto aumentando il volume, aumentano i tempi di maturazione del poliuretano all'interno dello stampo.

I dati ricavati e inseriti in *tabella 18* sono frutto di vari rilevamenti fatti sul campo, oltre che di interviste agli operatori.

### Linee e isola di assemblaggio

LINEA 1		LINEA 2	
TIPO	QTA (pz/g)	TIPO	QTA (pz/g)
STANDARD	10	EMIX	7
LINEA 3		ISOLA	
TIPO	QTA (pz/g)	TIPO	QTA (pz/g)
STANDARD	10	STANDARD	15
VKB	12		
HP - HPT	6		

Tabella 19 - Capacità produttiva linee e isola di assemblaggio

Le tre linee di assemblaggio (*tabella 19*) si comportano in maniera differente l'una dall'altra: la linea 1 e la linea 2 si occupano quasi esclusivamente dello stesso tipo di prodotto (standard tipo NRB 300 L per la prima, serbatoio EMIX schiumato per la seconda), mentre la linea 3 lavora vari tipi di prodotto, riconducibili alle tre classi individuate in tabella. Il takt time di ogni stazione della linea 1 è di circa 40 minuti, di fatto giornalmente è possibile realizzare circa 10 prodotti. La linea 2 risulta essere meno produttiva, complice un minor impiego di risorse (dovuto ad una domanda minore) e una maggior complessità del prodotto. La capacità della terza linea è stata stimata tramite alcune analisi fatte sul campo, oltre che allo studio di cicli di lavorazione di alcuni prodotti. L'isola, infine, si compone di una pedana servita da un operatore e assembla prodotti relativamente più semplici, che non prevedono una parte idraulica.

## Linea e isola per scambiatori di calore a piastre

TIPO	QTA (pz/g)
PICCOLO	15
GRANDE	5

Tabella 20 - Capacità produttiva reparto scambiatori

Gli scambiatori di calore hanno un'area dedicata, che si compone di una linea per i prodotti di piccola dimensione e di un'isola per quelli più grandi. Le capacità ricavate sono frutto di alcune tempistiche rilevate sul campo, discusse poi con gli operatori addetti a tale reparto.

### 4. Criticità

L'analisi as-is ha evidenziato varie criticità sotto diversi aspetti. L'attività svolta si è allargata andando a toccare vari ambiti aziendali, nonostante inizialmente dovesse essere incentrata sulla ridefinizione del layout e la mappatura dei flussi fisici e gestionali. Gli ambiti aziendali che sono stati interessati possono essere divisi in sei macroaree:

- Handling e layout;
- Capacità produttiva e suo bilanciamento;
- Gestione dei materiali a magazzino;
- Programmazione della produzione e controllo avanzamento;
- Gestione del conto lavoro;
- Monitoraggio performance;

#### 4.1. Handling e layout

Come si nota dalla *figura 23 (par. 3.5.)*, internamente lo stabilimento ci sono diverse aree dedicate allo stock di materiale WIP. Tuttavia, la maggior parte di queste aree è stata progettata per questa funzione, anche perché molto spesso si tratta di zone in prossimità, o addirittura facenti parte, di corridoi per il passaggio dei mezzi di movimentazione.

##### 4.1.1. Officina

Al problema del sottodimensionamento di alcune aree, si aggiunge un diffuso utilizzo del carrello elevatore, il quale risulta sì essere flessibile, ma allo stesso tempo poco efficiente e, soprattutto, pericoloso. La fisionomia del reparto non facilita la risoluzione di tali problemi: lo sviluppo dell'area è ad "L" con due campate di 15 e 30 m nella zona

larga ed una sola di 17 m nella zona più stretta che conduce alla verniciatura. Oltre alle zone di stoccaggio di materiale individuate nella mappatura delle aree di stoccaggio in officina (*figura 25 – par. 3.5.1.*), al di fuori di ogni box di saldatura vi è spesso stoccato del materiale che, specie nel corridoio del segmento più stretto, frequentemente ostacola le manovre del carrello elevatore. Altro punto critico è costituito dalla zona di collaudo e dall'ultima stazione della linea di saldatura: il collaudo riceve in ingresso molti serbatoi e, senza una politica adeguata di programmazione del lavoro, spesso si trova a dover gestire uno stock di prodotti molto grosso; la posizione della linea di saldatura dovrebbe essere ideale per i serbatoi che fuoriescono dall'ultima stazione di saldatura dei manicotti, in quanto quest'ultima confina esattamente con le prime pedane del collaudo. Questo quindi porta a pensare che, una volta terminata la lavorazione sopra citata, i prodotti possano essere collaudati direttamente, avendo quindi una stazione aggiuntiva della linea che ridurrebbe notevolmente le movimentazioni. Nella pratica ciò non accade, rendendo necessari diversi spostamenti tramite transpallet o carrello elevatore dei serbatoi verso la vicina aree di stoccaggio del collaudo.

#### **4.1.2. Assemblaggio**

In assemblaggio la situazione può considerarsi più distesa rispetto la precedente, potendo contare su uno sviluppo longitudinale del reparto e avendo una larghezza di 45 m per tutta l'area. Le zone di stoccaggio sono anche in questo caso molto diffuse, ma come si nota in *figura 22 (par. 3.4.2)* relativa alla mappatura dei flussi, vi è una vasta zona centrale di stock intermedio, la quale risulta essere sufficientemente ampia e logisticamente funzionale. Il problema più importante riguarda l'area di accettazione dei materiali, la quale risulta essere sempre satura e con diversi lotti che stazionano anche per molti giorni nella zona prima di essere collocati a magazzino. Inoltre, l'altra grossa difficoltà sta nel fatto che i pallet con il materiale vengono disposti su più file senza lasciare passaggi tra esse, rendendo impossibile il prelievo di materiale nelle file retrostanti. A tal proposito, facendo alcune analisi sul campo, sono stati rilevati indici di selettività (ovvero il rapporto tra movimenti utili e movimenti necessari) molto bassi per il prelievo di alcuni codici (*tabella 21*).

<b>Materiale prelevato</b>	<b>Mov. necessari</b>	<b>Mov. utili</b>	<b>Indice di selettività</b>	<b>Tempo necessario (min)</b>
Valvola	4	1	25%	3
Pompa	5	1	20%	4

Tabella 21 - Indice di selettività di alcuni componenti

Ripetendo tali operazioni varie volte durante la giornata, il tempo richiesto per le operazioni di picking di materiale si allungherebbe notevolmente.

## **4.2. Capacità produttiva e relativo bilanciamento**

La capacità produttiva risulta essere un tema molto ampio, perché necessita di varie considerazioni in diversi reparti dello stabilimento. Anche in questo caso si è scelto di suddividere l'analisi per reparto, andando poi a considerare i sotto-reparti che richiedono maggiore attenzione.

### **4.2.1. Laser**

Il reparto di taglio laser è soggetto ad un grosso carico di lavoro, rendendo obbligatorio il suo impiego anche durante le ore non lavorative. Tale aspetto risulta essere vantaggioso sotto il punto di vista dell'avanzamento del lavoro, avendo la possibilità di sfruttare il macchinario anche durante le ore notturne, ma espone al rischio di eventuali errori riscontrabili solo il giorno seguente (con la conseguente necessità di dover ripetere le operazioni di taglio del programma notturno durante il giorno o eventualmente di dover ri-schedulare le attività). Ad aggravare quanto appena descritto, vi è il fatto che il reparto di taglio laser è alla base di quasi tutti i prodotti lavorati in officina e in parte di quelli processati in assemblaggio.

### **4.2.2. Risorse in linea e stand-alone**

L'officina è caratterizzata da due organizzazioni differenti delle risorse produttive: alcune sono posizionate seguendo una logica di processo, altre secondo la tipica struttura del layout per prodotto. Del primo tipo fanno parte le risorse di taglio laser, piegatura, taglio tubi, saldatura tubi, preparazione fondi, alcuni box che eseguono la saldatura finale dei serbatoi e l'intero reparto Ped; l'organizzazione per prodotto invece si ritrova pienamente nella linea dei serbatoi di media dimensione (composta dalle stazioni di calandratura, saldatura longitudinale, puntatura dei fondi, saldatura

circonferenziale e saldatura dei manicotti) e nelle altre due macro risorse di saldatura dei serbatoi piccoli e/o con fondo piatto e dei serbatoi grandi, in cui ritroviamo le medesime stazioni della linea organizzate in catena, ad eccezione dei box di saldatura finale che non sempre lavorano seguendo questa logica.

Analizzando le capacità produttive delle varie stazioni, incrociando i dati con la from-to chart e, soprattutto, tramite le molte osservazioni fatte sul campo, si deduce facilmente che all'interno di un'area come quella dell'officina in cui gli spazi spesso risultano essere ristretti e vi è un intenso utilizzo del carrello elevatore per la movimentazione di carichi ingombranti, sia da preferire una disposizione in linea delle risorse di saldatura dei serbatoi, come già avviene parzialmente. Infatti, l'attuale disposizione stand-alone di alcune risorse fa crescere il numero e le dimensioni delle zone di stock al di fuori dei box di saldatura e in alcune aree vuote, rendendo poi necessarie alcune movimentazioni aggiuntive per poter recapitare i semilavorati alla stazione successiva. Al contrario, volendo prendere come riferimento la linea di saldatura dei serbatoi di media grandezza, lo stock che si crea con la configurazione in linea si concentra all'interno delle varie stazioni, risultando invece essere tendente a zero al di fuori (ad eccezione del fine linea, in cui i serbatoi necessitano di essere movimentati in un'area intermedia prima di poter essere collaudati).

#### **4.2.3. Reparto Ped**

Il reparto Ped situato in officina presiede una zona relativamente vasta, complici le grandi dimensioni che spesso caratterizzano le i serbatoi e la grandezza dei macchinari che li lavorano. Studiando i cicli produttivi di due prodotti Ped è stato facile notare come in generale questi serbatoi richiedano in media molto più tempo per la realizzazione e soprattutto l'obbligo di sottoporli ad alcune verifiche tecniche. Nello specifico, i controlli non distruttivi mediante prove volumetriche (ultrasuoni e radiografia) vengono operati da un'azienda esterna, che si reca nello stabilimento solo dopo che ne è stato richiesto l'intervento. Per poter ottimizzare i costi di tale servizio, i serbatoi vengono raccolti in due zone limitrofe all'area Ped (occupando spesso passaggi pedonali) e la verifica viene richiesta solamente quando si è raggiunto un numero discreto di serbatoi da controllare, quindi a discrezione del responsabile dell'officina. Una volta eseguito il/i test, i semilavorati, in caso di radiografia, devono comunque rimanere nella zona di stoccaggio intermedio fino a che non sopraggiungono i risultati delle verifiche svolte che permettono di capire se il semilavorato necessita di alcune

modifiche o può proseguire nel suo processo di saldatura. Tutto ciò si traduce in un allungamento sostanziale dei lead time di produzione, oltre che ad alimentare i problemi di handling discussi precedentemente nel *paragrafo 4.1.1.* Per poter confermare quanto detto, sono stati eseguiti alcuni campionamenti giornalieri, uno la mattina (M) e uno il pomeriggio (P), nell'arco di due settimane, suddividendo l'area di stoccaggio dei serbatoi in due zone (A e B). Il risultato di tale campionamento è stato inserito in tabella

Giorno	19/04		20/04		21/04		22/04		26/04		27/04		28/04		29/04		02/05		03/05	
Momento	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
Serb. in A	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2
Serb. in B	0	2	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0

Tabella 22 - Campionamento aree stoccaggio serbatoi Ped

#### 4.2.4. Robot di saldatura fondi

Come già visto, i fondi bombati possono essere preparati sia da due box di saldatura presidiati entrambi da operatori, sia dal robot di saldatura. Quest'ultimo, già introdotto per lo studio del serbatoio VK 100 L (*par. 3.2.*), risulta avere un'efficienza migliorabile: innanzitutto, come già descritto in precedenza, i tempi di set-up sono molto lunghi, a causa della necessaria riprogrammazione della macchina ogni volta che cambia il tipo di fondo da lavorare. Per questo motivo si cerca di minimizzare tali tempi e sfruttare il robot per la saldatura di lotti molto grandi di fondi.

Un altro problema sorge sulle tempistiche di lavoro, in quanto stando a vari rilevamenti fatti risulta più conveniente far saldare i fondi che presentano solo il manicotto centrale ai box di saldatura, lasciando al robot i fondi che devono saldare sul fondo i tre piedi (come si nota dalle capacità produttive relative alla preparazione fondi in *tabella 9 – par. 3.8.*).

L'ultimo problema riguarda i tempi persi per un eventuale cattiva saldatura da parte del robot, la quale può avvenire per vari motivi (cattivo posizionamento del fondo sulla tavola, ruggine che non permette al braccio robot di posizionare correttamente la lancia di saldatura, ecc.). Nel caso in cui uno di questi si verificasse, l'operatore sarebbe costretto a ricalibrare il programma di saldatura e/o correggere tutti i fondi che presentano difetti di saldatura, generando una grande inefficienza.

#### 4.2.5. Schiumatura

Il reparto di schiumatura, già introdotto durante la descrizione del ciclo di lavorazione del serbatoio VK 100 L (*par. 3.2.*), è stato l'oggetto di varie analisi sulla determinazione della capacità produttiva. L'attuale sistema infatti presenta diversi vincoli che non permettono di ottimizzare l'utilizzo del macchinario:

- Riscaldamento o raffreddamento dello stampo: per poter avere attorno al serbatoio uno strato di poliuretano espanso qualitativamente buono, la miscela di isocianato e poliolo necessita di una temperatura interna lo stampo tra 32 °C e 39°C; per questa ragione spesso è necessario riscaldare lo stampo prima dell'iniezione se questo risulta ad una temperatura inferiore (come spesso avviene in inverno), o lasciarlo raffreddare se questo supera la temperatura massima ammissibile. Sia la prima che la seconda operazione richiede tempi di attesa che possono variare da pochi minuti per gli stampi più piccoli, a 20/30 minuti per lo stampo dei serbatoi da 1000 L;
- Maturazione nello stampo: come già visto, una volta iniettata la schiuma nello stampo, è necessario dover attendere che questa maturi e si stabilizzi attorno al serbatoio. Tale attesa all'interno dello stampo, anche in questo caso, varia tra i 25 minuti per i serbatoi da 100 L, ai 70/80 minuti per i serbatoi da 1000 L.
- Numero di stampi: nello scenario as-is il numero massimo di stampi è 6. Ciò significa che, stando a quanto elencato finora, spesso le stazioni di schiumatura sono tutte occupate, costringendo gli operatori a svolgere altre mansioni, sì utili (preparazione di altri serbatoi per la schiumatura, pulizia dei serbatoi schiumati, ecc.), ma spesso non a valore aggiunto.

#### 4.2.6. Segatrice e montaggio gruppi

In corrispondenza delle linee 1 e 3 di assemblaggio, insistono due aree di taglio tubi e montaggio dei gruppi idraulici. Questi si compongono delle stesse risorse: segatrice, stazione di filettatura, stazione di grovatura, banco per la canapa dei tubi filettati e banco di montaggio finale del gruppo che dovrà poi essere unito all'assemblato in linea. L'attuale sistema di taglio e montaggio gruppi risulta essere faticoso, lungo e con un'alta incidenza di scarto, dovuto all'utilizzo di una tecnologia vecchia e spesso anche a materie prime non conformi, complice la difficile reperibilità sul mercato.

#### **4.2.7. Gestione dei materiali a magazzino**

Durante l'analisi delle procedure di magazzino e delle zone di stoccaggio del materiale, sono state individuate diverse anomalie circa la gestione dei materiali, sia a livello di pianificazione (come il disallineamento tra giacenza fisica ed informativa o la mancanza di materiale durante la fase di picking), sia a livello di aree di stoccaggio disponibili.

- **Disallineamento tra giacenza fisica e informativa**

Spesso accade che i materiali realmente a magazzino non siano allineati con la giacenza dichiarata a sistema. Questa incongruenza deriva da problemi di varia natura:

- Errori in distinta base: può accadere che un prodotto necessiti di un componente che non è presente all'interno della distinta base (o viceversa), causando divergenze tra giacenza fisica e informativa nel momento in cui viene avanzato di fase il prodotto.
- Errori nelle procedure di carico e/o scarico;
- Errori dovuti al materiale dichiarato in produzione: non essendoci un magazzino WIP, il materiale prelevato dal magazzino potrà essere dichiarato solo nel momento in cui questo viene avanzato di fase.
- Errori dovuti a materiale di ricircolo: in alcuni casi avviene che alcuni materiali non in distinta base vengano prelevati a magazzino per la lavorazione di un prodotto, ma poi rimosso e riutilizzato per lavorazioni simili. In questo modo, questo risulta ancora a magazzino, quando in realtà può trovarsi in altri punti dello stabilimento.
- Errori di collocazione del materiale: può accadere che alcuni codici con una determinata collocazione a magazzino, possiedano nella realtà altre collocazioni; per cui spesso a magazzino non si trovano tutti i materiali dichiarati a sistema.

In *tabella 23* vengono presentati alcuni esempi di disallineamento tra giacenza fisica e informativa; il primo è causato da un probabile errore in distinta base o nelle procedure di carico e/o scarico; il secondo deriva da un errore dovuto all'impossibilità di dichiarare "in avanzamento" il materiale prelevato; il terzo esempio riguarda un disallineamento dovuto a materiale di ricircolo non dichiarato come tale e ad un errore di collocazione del materiale: in officina, per la produzione di un collettore, si utilizza un manicotto per proteggere una filettatura; tale manicotto viene poi rimosso in fase di collaudo, per poi rimanere in questa zona o ritornare nel box che svolge la lavorazione precedente. In questo modo, alcune volte il materiale non risulta essere fisicamente a magazzino, quando in realtà si può trovare in alcuni box di saldatura dell'officina.

<b>Materiale</b>	<b>Giacenza fisica</b>	<b>Giacenza informativa</b>
Manicotto	7	-121
Manicotto	0	57
Mezzo manicotto	321	1099

Tabella 23 - Esempi di disallineamento tra giacenza fisica ed informativa

- **Eccesso di stoccaggio di materiale WIP**

Altro problema, in parte conseguenza di quanto sopra citato, è quello relativo all'eccesso di materiali WIP in alcune zone dello stabilimento. Anch'esso deriva da una incompletezza del sistema informativo, che non permette di tracciare questo tipo di semilavorati, facendo sì che questi si accumulino e risultino difficilmente riconoscibili. In *figura 29* è rappresentato lo stoccaggio dei tubi lavorati in officina e successivamente verniciati.



Figura 29 - Zona di stoccaggio tubi saldati

I semilavorati sono stoccati esternamente la verniciatura e verranno poi prelevati da un picker del reparto assemblaggio. In questo punto avviene l'incongruenza: i pickers, infatti, devono affidarsi alla loro esperienza e ad eventuali disegni per riconoscere il pezzo da prelevare, senza la possibilità di poter identificare il semilavorato tramite un'etichetta, la quale è stata ricoperta dallo strato di vernice o non incollata. In questo

modo l'operatore preleverà il primo pezzo che risulta essere sulla distinta base, anche se questo non possiede lo stesso ordine di produzione.

Tale sistema fa sì che il processo di picking di questo tipo di materiali possa essere anche molto lungo e che spesso si accumulino semilavorati che, essendo immagazzinati esternamente e quindi soggetti ad ogni tipo di intemperie, possono diventare obsoleti e non utilizzabili, rendendo necessaria una loro nuova produzione. Inoltre, è possibile che affidandosi quasi interamente all'esperienza del picker, il pezzo prelevato non sia quello indicato in distinta base, ma simile, generando eventuali ulteriori inefficienze per la necessità di reperire il semilavorato idoneo.

- **Materiale mancante durante la fase di picking**

In officina l'attività di picking avviene solitamente con 1/2 giorni di anticipo, mentre in assemblaggio i giorni possono essere anche 4. Come già visto, questo è causato dalle differenti strategie di picking adottate e alla diversa complessità dell'attività nei due reparti. In entrambi i casi però può accadere che durante la fase di picking non tutti i materiali vengano prelevati, per mancanza di questi a magazzino o, nel caso di semilavorati, non ancora prodotti dalla fase precedente. Questo aspetto la maggior parte delle volte non si traduce in una mancanza in fase di produzione, ma porta con sé la problematica di generare re-work, ovvero la necessità di svolgere nuovamente l'attività di prelievo di materiale per quel determinato ordine di produzione. A tal proposito è stata svolta un'analisi affidandosi alle distinte base di officina e assemblaggio, su cui come già descritto in precedenza nel *par. 3.6.*, sono dichiarati i materiali mancanti in fase di picking. Di seguito sono descritti i due casi differenti, con una rappresentazione sia grafica che numerica di quanto i materiali mancanti incidano sulla fase di prelievo e a quale categoria merceologica appartengano:

- **Mancanze al picking (officina)**

Durante la fase di prelievo dei materiali in officina, accade spesso che il picker non riesca a prelevare tutto il materiale necessario alla lavorazione, sia per motivi legati alla mancanza di materie prime, sia a causa dei semilavorati non ancora pronti. In figura è stato inserito il risultato di un'analisi svolta su 100 liste di prelievo in cui, come descritto nel *paragrafo 3.6.1.*, viene dichiarato direttamente sul foglio lo stato del materiale.

In *figura 30*, le tipologie di materiali mancanti sono identificate dalla parte iniziale del codice dell'articolo, la quale indica la categoria merceologica, e colorate in azzurro se codici di tipo make o in rosso se codici di tipo buy.

Dal campionamento risulta che il 43% delle liste presenta almeno un materiale mancante e nella maggior parte dei casi questo è un semilavorato prodotto internamente (quasi sempre tubi e/o materiali che devono essere prima tagliati al laser).

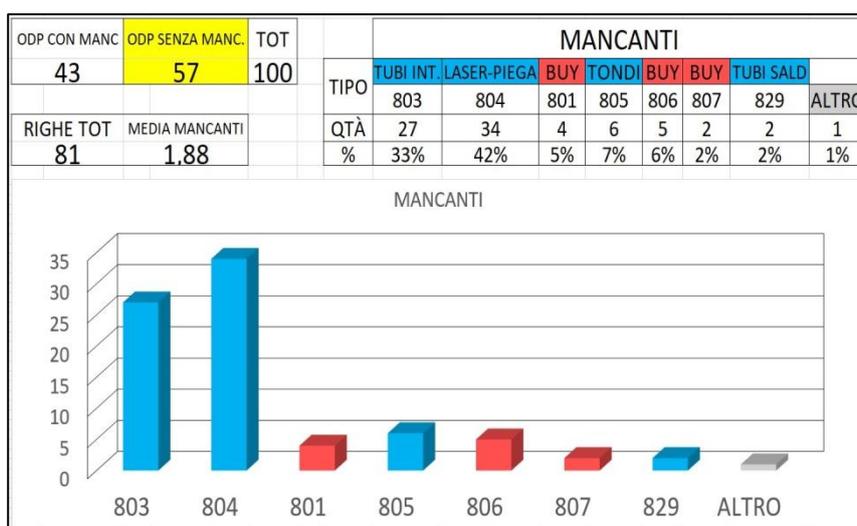


Figura 30 - Analisi codici mancanti in fase di picking (officina)

### • Mancanze al picking (assemblaggio)

L'analisi svolta in assemblaggio per la determinazione dell'incidenza dei mancanti durante la fase di picking è del tutto simile all'analisi presentata poc'anzi per l'officina; in questo caso le liste di prelievo oggetto dell'osservazione sono state 200, complice anche la loro diversa organizzazione (come spiegato nel *paragrafo 3.6.2.*).

Nuovamente, in azzurro sono stati indicati i materiali prodotti internamente, mentre in rosso i materiali d'acquisto e in entrambi i casi sono state inserite anche le tre cifre iniziali del codice dell'articolo (*figura 31*).

Il risultato è che il 15% delle liste di prelievo analizzate presentavano almeno un mancante e, come nel caso precedente, spesso questo risulta essere d'acquisto (nello specifico, in gran parte richiedente una fase di lavorazione in officina).

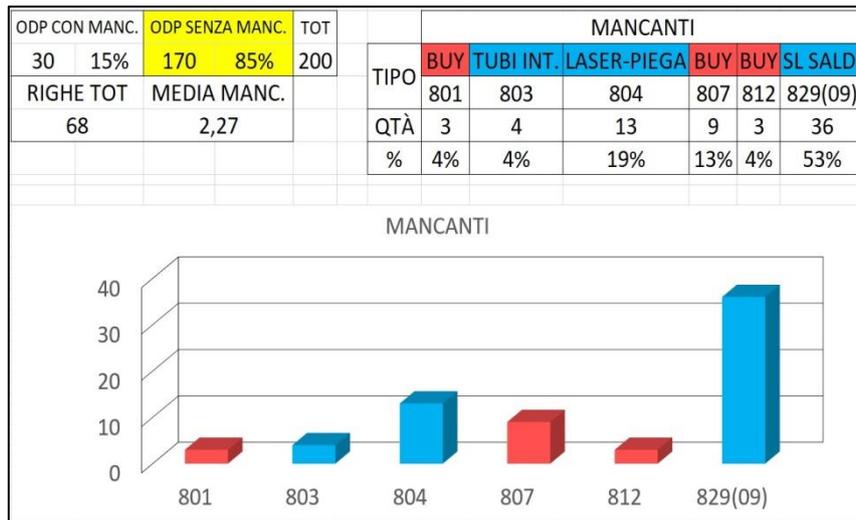


Figura 31 - Analisi codici mancanti in fase di picking (assemblaggio)

#### 4.2.8. Programmazione della produzione e controllo dell'avanzamento

La parte relativa alla programmazione della produzione durante l'analisi ha assunto un ruolo sempre più importante. Riuscire a programmare le risorse produttive e avere un buon controllo degli avanzamenti di fase, risulta essere fondamentale ai fini della produzione.

Le criticità riscontrate in questa fase sono diverse e tutte, o quasi, sono riconducibili al rapido sviluppo che l'azienda ha avuto negli anni che ha portato alcuni meccanismi una volta efficaci, a risultare ora obsoleti e onerosi.

Di seguito verranno espone le principali criticità riscontrate in questa fase dell'analisi:

##### 1) Aggregazione dei task in fase di programmazione della produzione

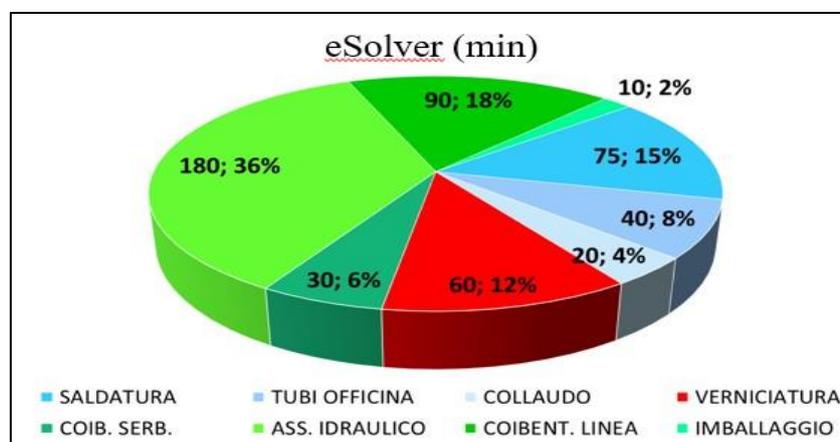


Figura 32 - Suddivisione del tempo di ciclo per un NRB 300 L (dichiarato a sistema)

Durante lo studio dei cicli di lavorazione dei prodotti caratteristici, sono state riscontrate alcune incongruenze circa la differente aggregazione delle fasi di lavoro a sistema e sul campo. Alcuni di queste, infatti, risultano essere aggregate in singole fasi, sommando i tempi relativi ad ogni task, senza quindi fornire un grado di dettaglio a sistema adeguato a una precisa pianificazione.

La *figura 32* mostra i tempi dichiarati all'interno del ciclo di lavorazione del prodotto NRB 300 L, suddiviso per fasi.

Nello specifico, dalla *figura 33* si può apprezzare come la fase di saldatura in realtà comprenda una serie di operazioni non dichiarate, ma presenti sul campo, le quali coinvolgono diversi operatori e macchinari.

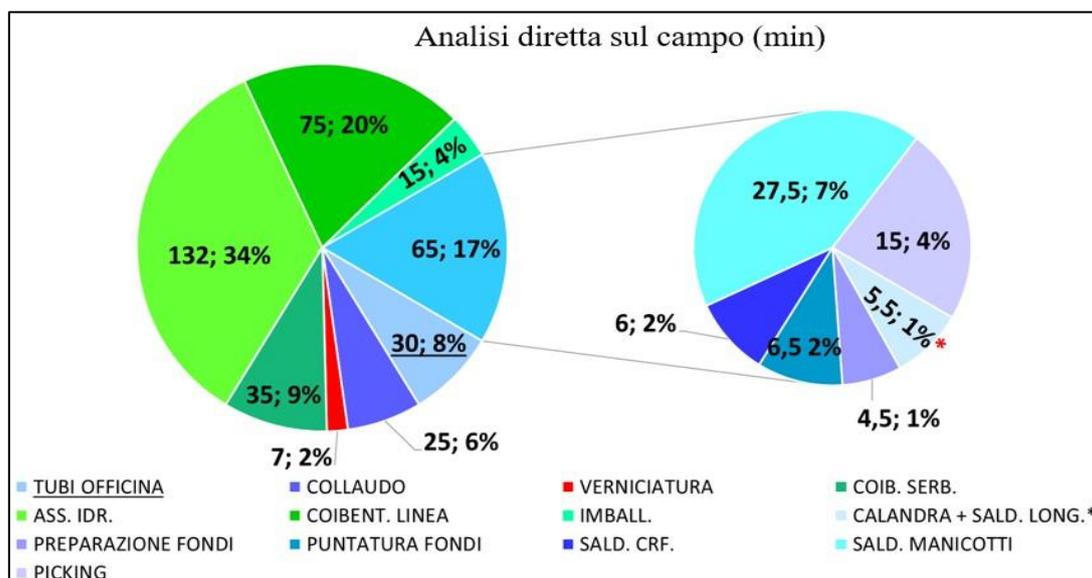


Figura 33 - Suddivisione della fase di saldatura di un NRB 300 L

Allo stesso modo tale aggregazione avviene poi per la fase di assemblaggio idraulico, in cui le varie fasi che si susseguono sono concentrate sotto un'unica voce (*figura 34*).

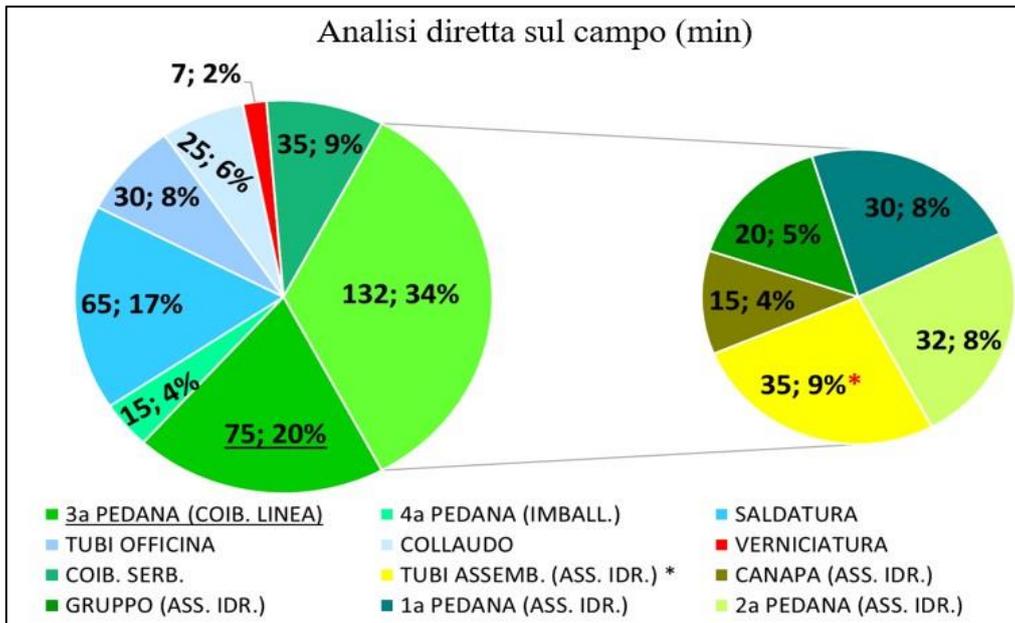


Figura 34 – Suddivisione della fase di assemblaggio idraulico di un NRB 300 L

Il risultato è che il ciclo di lavorazione di questo prodotto si compone di varie fasi e alcune di queste a sistema non risultano. In *figura 35* è possibile notare questa differenza di grado di dettaglio: il grafico rappresenta l'intero ciclo produttivo del prodotto, con i settori fuori sagomale che rappresentano i task non presenti a sistema perché facenti parte di un'unica voce.

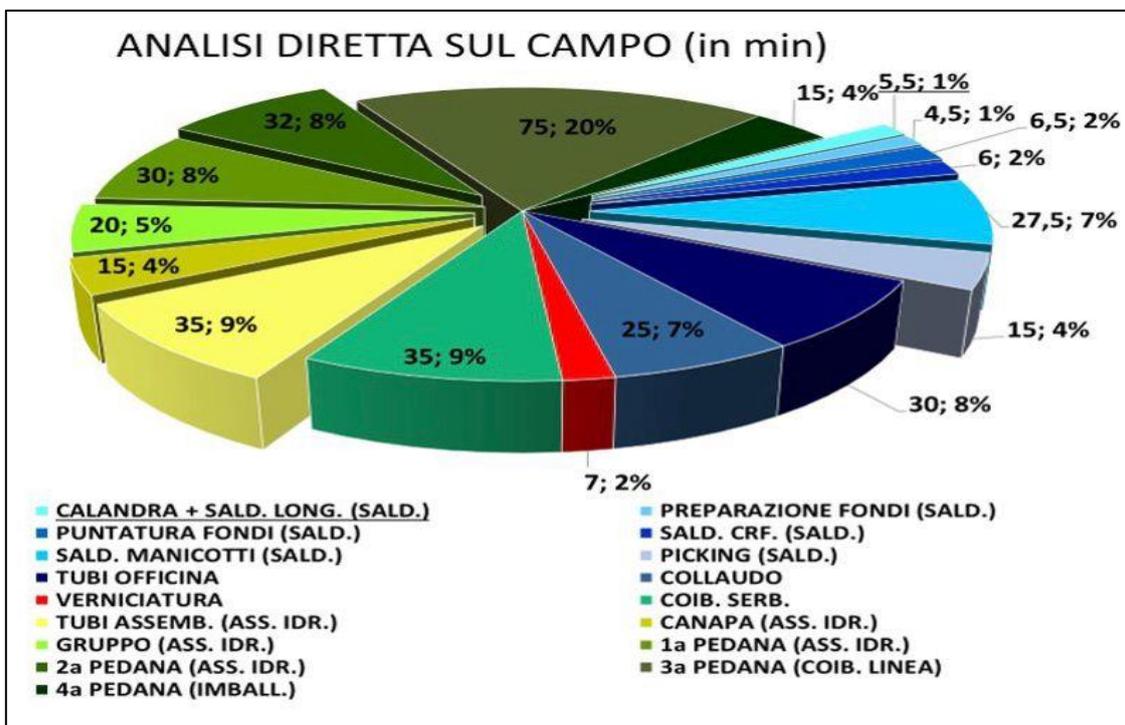


Figura 35 – Ciclo di lavorazione completo NRB 300 L

## 2) Tempi a sistema non rappresentativi

Riguardo l'aggregazione dei task a sistema, risulta necessario analizzare quanto i tempi relativi ai cicli di lavorazione possano essere rappresentativi, nonostante non siano del tutto dettagliati. Di fatto, alcuni cicli di lavorazione risultano essere affidabili sotto questo punto di vista (come nel caso del serbatoio NRB 300 L e del relativo assemblato, i cui i tempi seppur con fasi aggregate, risultano essere paragonabili a quelli riscontrati durante l'analisi), mentre altri presentano alcune incongruenze. La *figura 36* riguarda lo studio dei tempi di ciclo del serbatoio

EMIX 200 L, nello specifico ancora una volta è stato analizzato il processo di saldatura, aggregato a sistema, ma comprendente quattro task.

LAVORAZIONE	T MEDIO (min)
CALANDRA + SALD. LONG.	5
PREPARAZIONE FONDI	25
PUNTATURA FONDI	8
MONT. SERPENTINO	15
SALD. CRF.	6
SALD. MANICOTTI + PIEDI + TUBO CON GIUNTO	58
PICKING MATERIALE	15
<b>TOTALE</b>	<b>132</b>
	<b>+55,3%</b>

Figura 36 - Suddivisione tempi di saldatura di un EMIX 200 L

Come si nota, la somma dei tempi riscontrati non restituisce un valore che approssima quello dichiarato, ma bensì un risultato superiore. Tale serbatoio normalmente quando viene realizzato è prodotto in lotti di 24 pezzi, quindi, in fase di pianificazione si allocano risorse per un tempo nettamente inferiore rispetto al necessario.

Altro esempio può essere fatto per la fase di collaudo, che a sistema per alcuni prodotti risulta avere tempi molto diversi rispetto a quelli rilevati sul campo, perché spesso vengono utilizzati tempi indicativi di prodotti simili e considerati i soli tempi relativi di stazione, senza quelli inerenti alle fasi di preparazione e smontaggio. La *figura 37* confronta i tempi a sistema e sul campo del prodotto PED 500 L in fase di collaudo, suddividendo i tempi di stazione e quelli di preparazione e smontaggio.

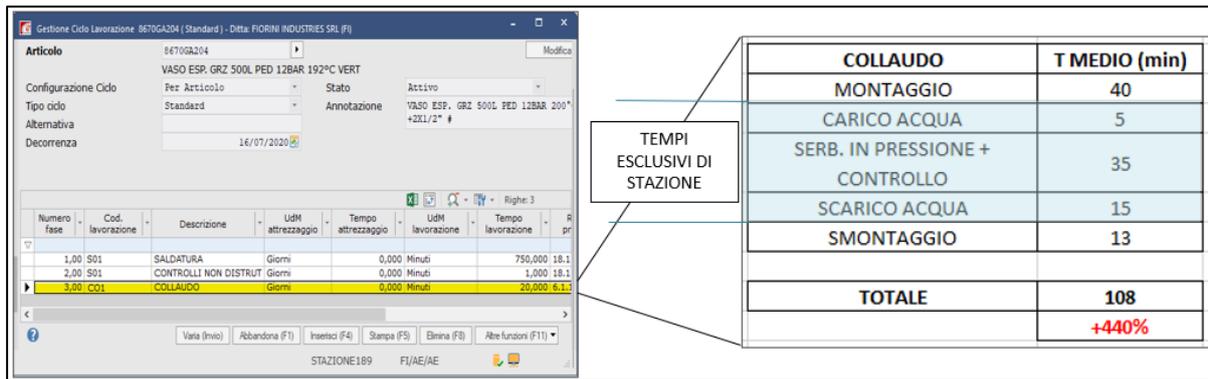


Figura 37 - Suddivisione tempi di collaudo di un PED 500 L

### 3) Ri-programmazione della produzione e aggiornamento di avanzamento di fase

Se le criticità durante la pianificazione della produzione possono essere ricondotte soprattutto a errori a sistema riguardo task aggregati e relativi tempi, operativamente alcuni problemi si riscontrano anche in fase di ri-programmazione e di aggiornamento sugli avanzamenti di fase.

Spesso avviene che alcuni reparti siano costretti a rivedere continuamente la propria organizzazione del lavoro in base ad alcune urgenze non programmate, causando discontinuità oltre che ad un accumulo di materiale stoccato. È il caso, per esempio, del collaudo: seppur senza un sistema preciso, ma solo affidandosi all'esperienza, gli operatori cercano di strutturare il proprio lavoro, fino a che alcuni serbatoi dichiarati urgenti sconvolgono l'organizzazione.

Oltre a questo, a livello informativo non vi è una vera e propria ri-organizzazione della produzione: in caso di eventuali mancanze di materiale, l'ordine di produzione che non può essere lavorato non viene ricollocato nella nuova pianificazione, ma viene considerato come non avanzato.

Infine, come già affrontato nel *paragrafo 3.7.2.*, gli avanzamenti di fase non vengono dichiarati ad ogni step di lavorazione, ma solo quando il prodotto raggiunge il gate di avanzamento successivo. In questo modo se la fase in cui si trova il prodotto comprende vari task (come, per esempio, i processi di saldatura o di assemblaggio idraulico) non si può sapere a livello informativo a che punto si trovi questo. Inoltre, essendo l'avanzamento di fase centralizzato sul responsabile di reparto e non sul singolo operatore che esegue la lavorazione, non risulta essere puntuale, ma aggiornato solo a fine giornata.

#### 4.2.9. Gestione del conto lavoro

Il primo problema riguardante il conto lavoro è che risulta essere alquanto oneroso. Infatti, facendo un'analisi sulla sua gestione è stato possibile stimare il numero di risorse impiegate e il tempo settimanale richiesto a ciascuna di queste (tabella 24).

<u>REPARTO</u>	<u>LAVORAZIONE</u>	<u>TERZISTI</u>	<u>h/sett</u>	<u>PERSONALE OCCUPATO</u>		
OFFICINA	TAGLIO LASER	LAMIERPRESS, CCB,...	6	1 RESP.OFF.		
				1 PICKER IN OFFICINA		
	SALDATURA	B&G, WENKEL,...		1 DIPENDENTE IN ACCETTAZIONE		
ASSEMBLAGGIO/ SPEDIZIONE	ASSEMBLAGGIO/ COIBENTAZIONE/ ....	PINTO	15	1 CARRELLISTA 2 PICKER IN ASSEMBL. 1 RESP. MAG. 1 RESP.SPED.		
	ASSEMBLAGGIO/ SALDATURA/ ...	CALZONI, BRIGIDI, LABORFID	3			
		ALTRI TERZISTI	3			
	PREPARAZIONE MERC E DA SPEDIRE + CONTROLLO RESI		8+3			
	TOT. ORE INCIDENZA C/L				<b>38</b>	
	TOTALE INCIDENZA PERSONALE OCCUPATO					<b>8</b>

Tabella 24 - Impiego di risorse per la gestione del C/L

Oltre a questo, non vi è una tracciabilità dell'avanzamento di produzione e del livello di scorte presso il fornitore: spesso quindi non risulta possibile sapere con certezza quando il lotto potrà tornare presso lo stabilimento e l'organizzazione dei materiali da inviare al terzista avviene solo tramite le stime del responsabile di reparto, senza un supporto informatico.

#### 4.2.10. Monitoraggio della performance

Come deducibile dai precedenti paragrafi, vi è un debole tracciamento della performance, complici un'insufficiente batteria di KPI per il controllo dell'avanzamento e un grado di dettaglio a sistema poco profondo.

Tutto ciò fa sì che in fase produttiva non vi sia una reale concezione di quanto giornalmente debba essere prodotto e gli operatori ricevono istruzioni su ciò che devono fare solo quando il materiale da lavorare gli viene consegnato.

## **5. Classificazione delle criticità e azioni correttive**

Dopo l'analisi dello scenario as-is, sono state prese in esame le singole criticità, assegnando ad ognuna di esse un certo grado di priorità. Confrontando poi tale classificazione con le esigenze attuali dell'azienda, sono stati definiti i passaggi volti al miglioramento dell'aree aziendali che più necessitavano di un cambiamento. Nel paragrafo verranno descritte quali di queste aree saranno oggetto di tali azioni correttive, le eventuali analisi aggiuntive svolte e infine le proposte e i reali cambiamenti attuati.

### **5.1. Reparto schiumatura**

Il primo cambiamento ritenuto necessario riguardava il reparto di schiumatura. Il motivo principale risiedeva nella capacità produttiva, ritenuta insufficiente per i volumi produttivi che l'impianto avrebbe dovuto sostenere nei periodi successivi, complici i diversi vincoli imposti dal macchinario, dalla sua disposizione e dall'area occupata. Infatti, secondo alcune stime previsionali, i volumi dei prodotti schiumati sarebbero aumentati notevolmente a partire dall'anno 2023, a causa di un'elevata richiesta del mercato riguardo alcuni tipi di serbatoi.

#### **5.1.1. Analisi dei dati previsionali**

Per poter avviare un'azione migliorativa dell'area di schiumatura, occorre prima identificare quali possano essere le reali richieste del mercato. Per svolgere l'analisi sono stati ricavati i dati relativi alle vendite dei serbatoi schiumati da inizio anno fino a luglio (mese in cui è stata svolta l'analisi) e approssimati per poter ottenere una stima su base annua di ogni articolo. Ogni serbatoio che subisce il processo di schiumatura viene posizionato all'interno di uno stampo, ognuno di dimensioni differenti in base alla capacità e a volte in base alla tipologia del serbatoio inserito. Per questo, ad ogni articolo è stato attribuito il proprio diametro una volta terminata la fase di schiumatura e la propria capacità, per poter avere poi la possibilità di filtrare i dati secondo questi due fattori. Sulla base dati ottenuta sono stati fatte alcune considerazioni circa la natura del serbatoio e se questo in futuro potrebbe mantenere più o meno costante i propri volumi, o se rientrando nella categoria di quelli che avrebbero avuto un elevato incremento produttivo. In *tabella 25* è riassunto numericamente quanto appena descritto.

Øe SERBATOIO (mm)	Schiumati 2023	Q.tà giorno
Ø380 (INWALL)	1800	8,2
Ø460 (AR, VK, HC 100 L)	1546	7
Ø510 (AR, VK, HC 200L)	1076	4,9
Ø560 (SMART1-2 200L)	700	3,2
Ø590 (EMIX 200/ 300 L)	400	1,8
Ø610 (AR, VK, HC, PFA, PUFFER 300L)	704	3,2
Ø660 (SMART1-2-HP-HP2 300L)	3100	14,1
Ø710 (PUFFER 300L/ AR, VK 500L)	672	3,1
Ø750/760 (SMART 1-2-HP-HP2, HC PUFFER, PFA 500L)	1436	6,5
Ø850/855 (PUFFER 500L/ SMART1-2-HP 750L/ AR 800L)	738	3,4
Ø910 (HC, PUFFER, PFA 750L/ HC 800L/ AR, VK 1000L)	494	2,2
Ø1010 (HC, PUFFER, PFA, SMART 1-2-HP-HP2 1000L)	626	2,8
Tot.	13292	60,4

Tabella 25 - Dati previsionali reparto di schiumatura

### 5.1.2. Proposte migliorative della capacità produttiva

A seguito dell'analisi relativa i futuri volumi produttivi e considerando le criticità rilevate e descritte nel *paragrafo 5.1.1.*, è stata confermata la necessità di un cambiamento del reparto di schiumatura per poterne ampliare gli spazi e i volumi produttivi. L'ostacolo principale deriva dal sistema utilizzato per l'iniezione della miscela all'interno degli stampi: la macchina essendo vincolata al terreno e disponendo di un braccio lungo circa 3 metri, poteva servire contemporaneamente un massimo di sei stampi e, a causa dei lunghi tempi di maturazione, risultava spesso ferma.

La prima soluzione ipotizzata è stata quella di inserire nella futura area di schiumatura un binario sul quale far scorrere una pedana, controllata tramite un telecomando, che sostenesse il macchinario, i serbatoi di poliolo e isocianato, il chiller e il braccio di iniezione. In questo modo la macchina avrebbe avuto la possibilità di servire un numero di stampi maggiore, aumentando la propria efficienza.

La seconda soluzione invece prevedeva di raddoppiare il numero di schiumatrici, raddoppiando quindi anche la capacità produttiva. Questa proposta, seppur discussa e

realizzata graficamente, presentava sin dall'inizio alcuni problemi rispetto alla soluzione precedente: il primo è il costo di acquisto di una nuova schiumatrice, chiaramente più alto rispetto all'instaurazione di un binario su cui far scorrere una pedana; il secondo è relativo alla capacità produttiva, in quanto seppur questa risulti raddoppiata, risultava sufficiente per servire i 12 stampi già presenti, ma non eventuali altri stampi.

### **5.1.3. Proposte migliorative dell'area di lavoro**

A seguito delle due eventuali soluzioni da adottare, risultava necessario individuare l'area dove inserire il reparto. Anche in questo caso le opzioni valutabili sono risultate due: la prima prevedeva di mantenere il reparto di schiumatura nello stesso punto, cercando di applicare poi la prima o la seconda proposta migliorativa relativa al macchinario all'interno della zona; la seconda invece consisteva nell'inversione del reparto di schiumatura con il reparto di taglio, situato a fianco. Questa seconda proposta, certamente più dispendiosa in termini di tempo e risorse per lo spostamento, si presentava come quella più vantaggiosa in termini di spazi utilizzabili per un eventuale allargamento del reparto schiumatura, senza però ridurre gli spazi dedicati al reparto di taglio.

### **5.1.4. Proposte finali**

Incrociando le due proposte relative all'ampliamento della capacità produttiva e le due proposte di layout, si ottengono quattro diverse soluzioni. Di seguito verranno descritti i diversi scenari, indicando con A le proposte che prevedono il mantenimento dell'area attuale di schiumatura, mentre con B le proposte relative all'interscambio tra i reparti di taglio e schiumatura.

## 1) Proposta A1

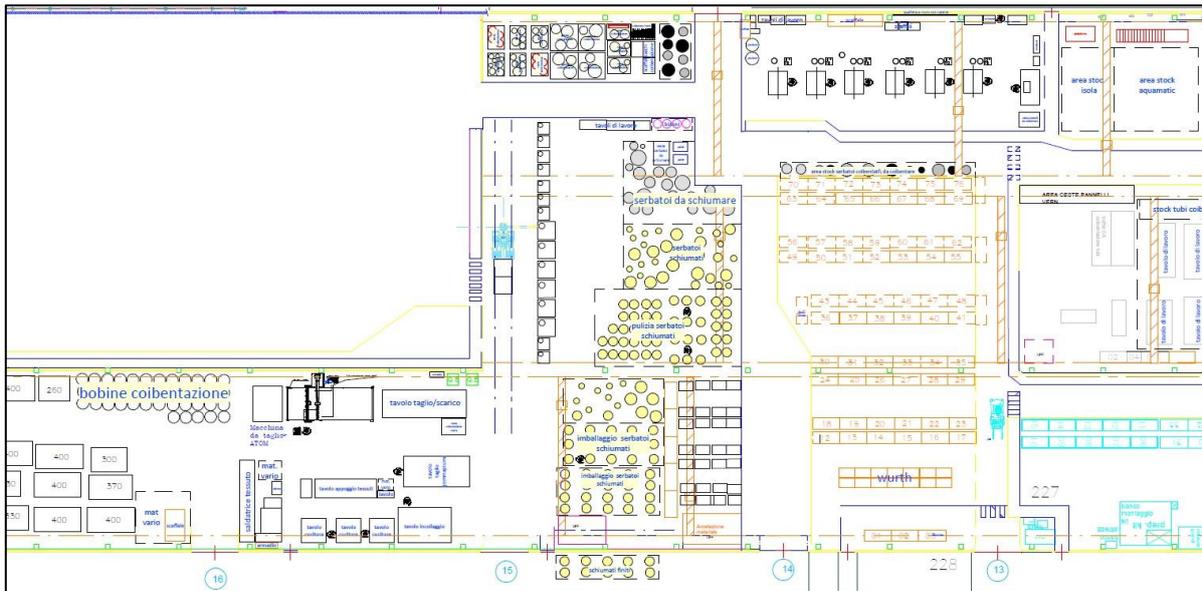


Figura 38 - Proposta A1

La soluzione A1 (figura 38) consiste nel mantenere l'attuale layout relativo al reparto di schiumatura, inserendo il binario e la pedana scorrevole. Il sistema necessita di svilupparsi in lunghezza, per questo, rispetto allo scenario as-is, viene richiesta una lieve modifica del reparto di taglio per permettere l'instaurazione del binario e il passaggio della pedana. Tale modifica, oltre a non mutare l'area totale del reparto di taglio, risulta avere un duplice vantaggio, in quanto renderebbe disponibile l'utilizzo del portone 15 poco utilizzato sino a quel momento, per operazioni di carico e scarico di materiale.

Le zone di preparazione dei serbatoi e le zone di pulizia dei prodotti schiumati si sposterebbero di fronte alla macchina schiumatrice, lasciando lateralmente, in una posizione del tutto simile alla precedente, la zona di finitura e imballaggio.

Nella parte alta del layout, gli scaffali 19 e 20 e i pallet di tubi verniciati verrebbero spostati nell'adiacente reparto di verniciatura, in cui verrebbero posizionati anche gli scaffali 21 e 22 situati poco sotto. La zona liberata verrebbe occupata dallo stoccaggio del materiale coibentante, realizzato dal reparto di taglio, in modo tale da ampliare la superficie totale dedicata al reparto di schiumatura. Infine, la modifica prevedrebbe l'eventuale rimozione (da valutare successivamente) delle cinque scaffalature presenti nell'area, anche in questo caso per dare maggior spazio all'area totale di schiumatura.

Tale scelta però ridurrebbe considerevolmente lo spazio dedicato al materiale dell'area accettazione (già area critica).

## 2) Proposta A2

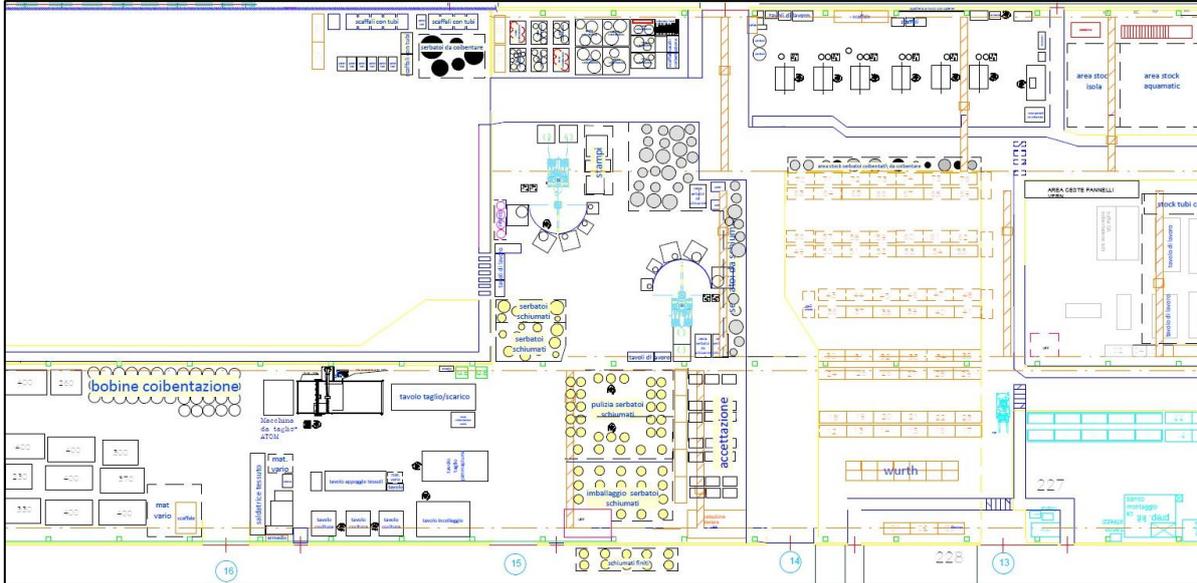


Figura 39 - Proposta A2

La soluzione A2 (figura 39) differisce dalla precedente per l'assenza del sistema binario-pedana a vantaggio della duplicazione del numero di macchine schiumatrici. Le due risorse si disporrebbero l'una di fronte all'altra, con l'adattamento conseguente delle aree dedicate alle attività di preparazione dei serbatoi, pulizia dei prodotti schiumati, finitura e imballaggio. Nello specifico le ultime due zone citate risulterebbero essere nella stessa posizione dedicata loro nella soluzione A1, mentre le prime due verrebbero disposte attorno ai due macchinari.

Le zone di stoccaggio di materiale coibentante, gli scaffali dal 19 al 23 e l'area di stock dei tubi verniciati seguirebbero quanto detto in precedenza per lo scenario A1, mentre in questo caso risulterebbe fondamentale rimuovere i 5 scaffali contenenti materiale con scarso indice di rotazione, per far spazio al secondo macchinario.

### 3) Proposta B1

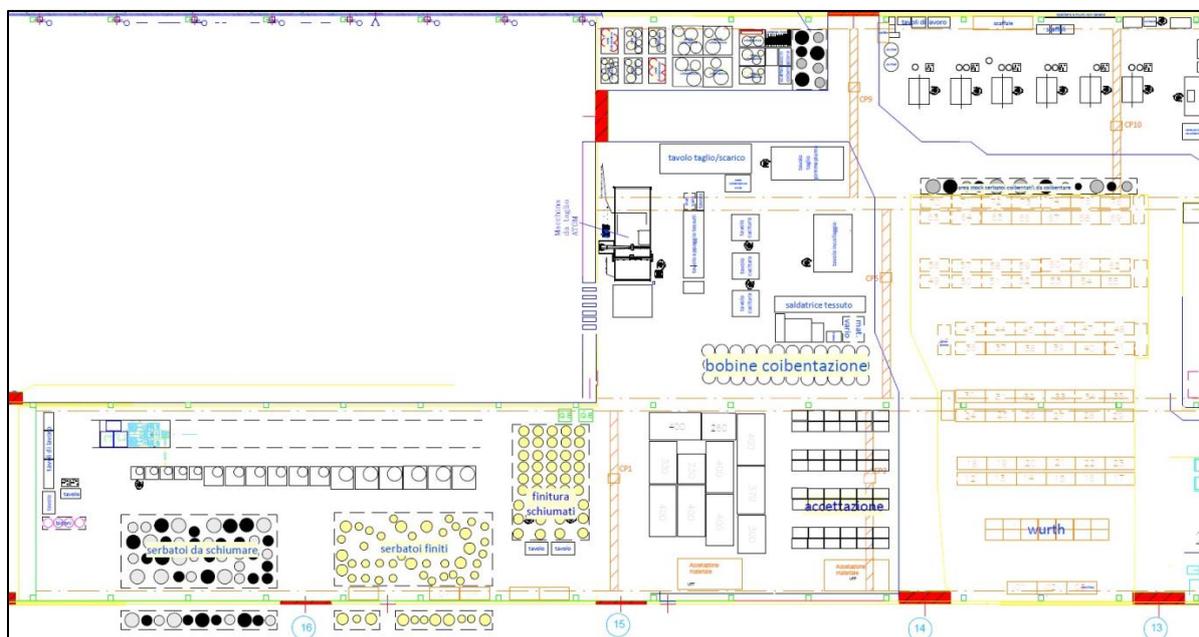


Figura 40 - Proposta B1

La soluzione B1 (*figura 40*) prevede l'interscambio del reparto di schiumatura con quello di taglio e l'instaurazione del binario su cui correrà il carrello portante il macchinario di schiumatura e gli elementi ausiliari.

Come affermato prima per la soluzione A1, il sistema appena citato necessita di uno sviluppo longitudinale per poter sfruttare al massimo la lunghezza del binario e avere la possibilità di inserire nel caso fosse necessario il numero massimo di stampi. Questa idea si sposa perfettamente con l'area as-is di taglio, lunga e stretta, permettendo di inserire le aree di lavorazione frontalmente rispetto al macchinario, potendo sfruttare il portone 16 per l'approvvigionamento dei serbatoi e la successiva uscita dei prodotti finiti. Gli scaffali con i materiali per la finitura e l'imballaggio dei serbatoi schiumati verrebbero spostati lungo la parete della nuova area dedicata a queste due operazioni, in modo da non avere flussi caratterizzati da lunghe distanze. Gli stampi sarebbero disposti l'uno a fianco all'altro con una distanza minima, in quanto la pedana su cui poggia ognuno risulta essere molto larga per svolgere qualsiasi azione. L'unico punto di interruzione sarebbe quello in corrispondenza del portone 16, per eventuali operazioni manutentive e per permettere di sostituire i serbatoi di isocianato e poliolo.

Come annunciato, l'area di taglio andrebbe ad occupare la zona venutasi a liberare. Il reparto si compone di una macchina di taglio, una saldatrice per tessuti e vari tavoli di dimensioni variabili per cucitura, incollaggio e altre operazioni. Essendo gli ultimi elencati di facile movimentazione, risulta fondamentale posizionare prima di tutto la macchina di taglio (molto lunga e composta di vari organi separati, ma con la necessità di essere movimentati assieme) e successivamente le restanti risorse, con la consapevolezza che sul campo poi potranno essere facilmente spostate in base alla conformazione migliore che riduca al minimo i flussi all'interno del reparto. La macchina verrebbe posizionata lungo la parete, alla quale verrebbe avvicinata il più possibile, inserendo alla base il cavalletto per le bobine di tessuto e lasciando in testa un'area per lo scarico del materiale di scarto. La disposizione delle altre risorse poi cercherà di seguire quella dello scenario as-is, con lo stoccaggio di polietilene e poliuretano disposto di fronte al portone 15, in modo da agevolare il loro approvvigionamento.

#### 4) Proposta B2

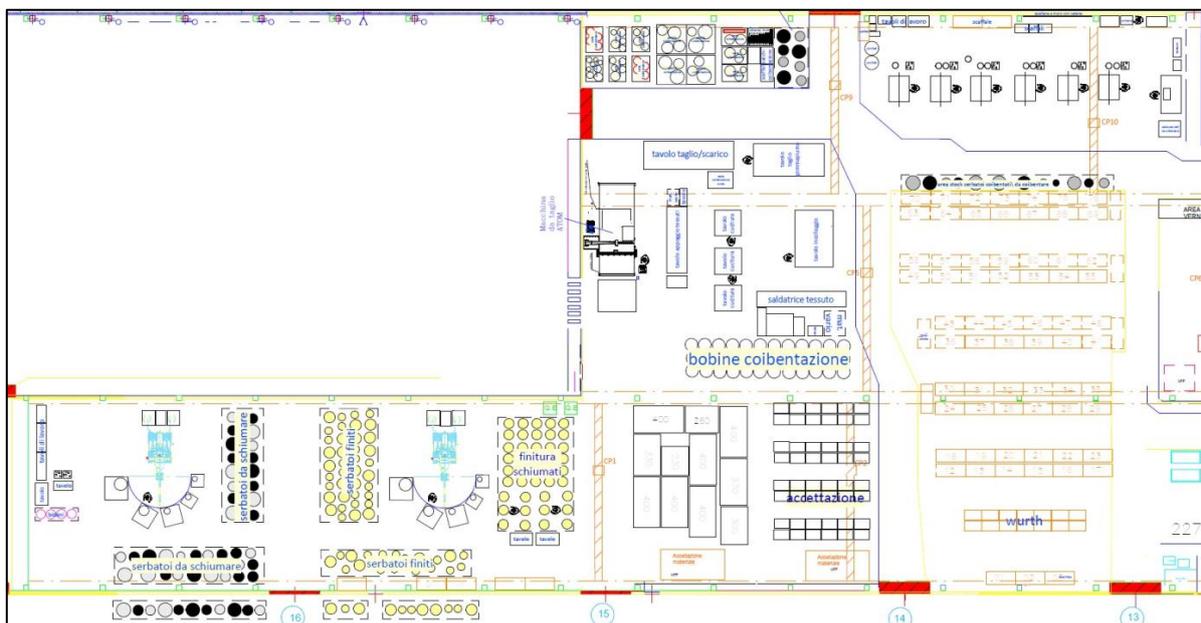


Figura 41 - Proposta B2

Nella soluzione B2 (figura 41), oltre all'interscambio tra i due reparti di taglio e schiumatura, quest'ultima prevede l'instaurazione di due macchinari. Entrambi verrebbero disposti attaccati alla parete adiacente la verniciatura, simmetricamente rispetto al portone 16, ancora una volta utilizzato per l'approvvigionamento di serbatoi e

scarico di prodotti finiti. Le aree dedicate ai serbatoi da preparare e quella per i serbatoi da rifinire sarebbero disposte frontalmente e lateralmente rispetto ai due macchinari.

La disposizione del reparto di taglio è la medesima rispetto la precedente soluzione.

### 5.1.5. Confronto delle aree

Essendo le soluzioni presentate accomunabili a due a due rispetto alle aree occupate dai reparti e delle aree di lavorazione all'interno di ognuno di essi, il confronto in *tabella 26* è avvenuto tra lo scenario as-is, le proposte di tipo A e le proposte di tipo B

<b>TAGLIO</b>	<b>area AS IS (m2)</b>	<b>sol A1/A2 (m2)</b>	<b>sol B1/B2 (m2)</b>	<b>note</b>
Area stock materiale a terra	250	250	250	senza corridoi
Area stock materiale in quota	15	15	0	eliminazione scaffalatura
Area attrezzature di taglio	260	260	300	
<b>Area totale</b>	<b>525</b>	<b>525</b>	<b>550</b>	
<b>SCHIUMATURA SERBATOI</b>				<b>note</b>
Area stock serbatoi da schiumare	55	70	85	
Area impianto di schiumatura (macc+servizi):	100	150	170	20 posizioni stampo
Area pulizia/finitura serbatoi schiumati	35	80	30	2 stazioni
Area stock post schiumatura	16	65	30	
Area stock/imballo serbatoi schiumati finiti	30	60	85	
<b>Area totale</b>	<b>300</b>	<b>425</b>	<b>400</b>	corridoi compresi
<b>COIBENTAZIONE SERBATOI</b>				
Area stock serbatoi da coibentare	15	15	15	
Area stock materiali vari per coibentare	80	80	80	
Area stazioni di coibentazione	270	270	270	7 stazioni + servizi
Area stock/imballo serbatoi coibentati	20	20	20	
<b>Area totale</b>	<b>385</b>	<b>385</b>	<b>385</b>	corridoi esclusi
<b>COIBENTAZIONE TUBI e POMPE</b>				
Area stock materiale	15	15	15	
Area attrezzature di lavoro	60	60	60	
<b>Area totale</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	

Tabella 26 - Confronto delle aree di lavoro fra le proposte

Nel complesso, in entrambi i casi le nuove proposte risultano essere migliorative in termini di ampliamento delle aree di lavoro.

### 5.1.6. La scelta del nuovo layout di schiumatura

A seguito delle varie considerazioni fatte, la scelta del nuovo layout del reparto di schiumatura è ricaduta sulla soluzione presentata come B1. Infatti, le soluzioni A2 e B2, senza dover fare alcuna analisi economica sull'investimento che richiedeva l'acquisto di un nuovo macchinario, risultavano molto costose rispetto alla soluzione adottata e inoltre, nel caso in futuro fosse ritenuto necessario l'acquisto di una nuova macchina

schiumatrice per l'incremento ulteriore della capacità produttiva, questa sarebbe comunque installabile sul binario assieme a quella già esistente.

Essendo il reparto di schiumatura scarsamente comunicante con gli altri reparti, la scelta B1 rispetto alla proposta A1 permette di isolarla in un'area ben delimitata con la possibilità di sfruttare al meglio il portone 16 per l'approvvigionamento di materiale direttamente dall'officina o da terzi, lasciando al reparto di taglio un'area centrale per poter ridurre significativamente la distanza con il vicino reparto di coibentazione dei serbatoi, ricevente il materiale.



Figura 42 - Nuovo impianto di schiumatura

In *figura 42* è rappresentato il nuovo sistema di schiumatura: a terra sono state impostate due guide su cui poggia il carrello, che in questo modo può traslare orizzontalmente e raggiungere tutti gli stampi; questo sostiene tutto l'impianto di schiumatura composto dai due serbatoi di poliolo e isocianato, chiller e macchina schiumatrice.

#### **5.1.7. Determinazione della nuova capacità produttiva**

Una volta deciso il nuovo layout, è stato necessario determinare la nuova capacità produttiva e verificare se questa può rispondere alla futura richiesta del mercato.

L'analisi è stata condotta inizialmente tramite l'osservazione di alcune giornate di lavoro all'interno del reparto, tracciando ogni attività degli operatori addetti alla schiumatura dei serbatoi. I dati raccolti in *tabella 27* hanno permesso di definire il tempo medio di occupazione dei vari stampi e il tempo richiesto all'operatore per la schiumatura dei serbatoi e le relative attività di contorno. Alcuni dati derivano da reali misurazioni eseguite sul campo, altri sono stati stimati a seguito di alcune considerazioni fatte sul sistema futuro, come il tempo di movimentazione del carrello tra uno stampo e l'altro, o a seguito di interviste agli operatori.

Øe serb (mm)	Num. stampi	t maturazione (min)	t carico (min)	t scarico (min)	pulizia stampo legg. (min)	pulizia stampo prof. (min)	schiumatura (min)	mov. macch. (min)	tempo spost. serb. finito (min)	occupazione per stampo (min)	prep. serbatoio (min)	scarico mat. serbatoio (min)	pulizia area (min)	prep. rosette e tappi (min)	T tot operatore x serb. (min)	Max cap. prod. (pz/g)
Ø380	1	30	1,2	1,5	1,5		0,8	1,5	1	35,5	2	1,2	10,0	20,0	9,7	12,7
Ø460	2	30	1,2	1,6	1,5	8	0,8	1,5	1	36,4	2	1,2			10,6	24,7
Ø510	2	35	1,2	2,2	2	8	0,8	1,5	1	42,2	2,3	1,2			11,7	21,3
Ø560	1	35	1,8	2,7	2		0,8	1,5	1	42,5	10	4,0			22,5	10,6
Ø590	1	40	1,8	2,7	2		0,8	1,5	1	47,5	3	2,0			13,5	9,5
Ø610	1	40	2,4	3,6	2	8	0,8	1,5	1	49,8	3	2,0			15,8	9,0
Ø660	2	45	2,8	2,3	2		0,8	1,5	1	53,1	10	2,5			21,6	17,0
Ø710	1	45	4	4	3		0,8	1,5	1	56,3	3	2,5			17,8	8,0
Ø750/760	2	50	3,8	5	3		0,8	1,5	1	62,1	12	5,0			30,1	14,5
Ø850/855	1	50	3,8	5,5	3		0,8	1,5	1	62,6	10	5,0			28,6	7,2
Ø910	1	50	3,8	6	4		0,8	1,5	1	63,4	3,5	2,5			20,4	7,1
Ø1010	1	70	6,8	8,1	4		0,8	1,5	1	88,5	10	4,5			34,0	5,1

Tabella 27 - Determinazione del numero di stampi

Così facendo è stato possibile determinare la capacità produttiva massima (ipotizzando di trovarsi in condizioni di capacità infinita di operatori) ed in seguito la reale necessità di operatori per rispettare la richiesta di mercato (*tabella 28*).

Øe serb. (mm)	rich. (pz/g)	t op1 (min)	t op2 (min)	t op3 (min)	pz/g max op1	pz/g max op2	pz/g max op3	op1 nec	op2 nec	op3 nec
Ø380	8,2	4,2	3,2	2,3	97,6	140,6	195,7	0,08	0,06	0,04
Ø460	7,0	4,2	4,1	2,3	97,6	109,8	195,7	0,07	0,06	0,04
Ø510	4,9	4,5	4,9	2,3	91,1	92,5	195,7	0,05	0,05	0,02
Ø560	3,2	15,0	5,2	2,3	27,3	87,1	195,7	0,12	0,04	0,02
Ø590	1,8	6,0	5,2	2,3	68,3	87,1	195,7	0,03	0,02	0,01
Ø610	3,2	6,0	7,5	2,3	68,3	60,3	195,7	0,05	0,05	0,02
Ø660	14,1	13,5	5,8	2,3	30,4	78,0	195,7	0,46	0,18	0,07
Ø710	3,1	6,5	9,0	2,3	63,1	50,0	195,7	0,05	0,06	0,02
Ø750/760	6,5	18,0	9,8	2,3	22,8	45,9	195,7	0,29	0,14	0,03
Ø850/855	3,4	16,0	10,3	2,3	25,6	43,7	195,7	0,13	0,08	0,02
Ø910	2,2	7,0	11,1	2,3	58,6	40,4	195,7	0,04	0,06	0,01
Ø1010	2,8	15,5	16,2	2,3	26,5	27,7	195,7	0,11	0,10	0,01
								1,48	0,90	0,31

Tabella 28 - Analisi del numero di risorse necessarie

Il dimensionamento della capacità produttiva è stato realizzato suddividendo i tempi relativi ad ogni operazione tra tre ipotetici operatori:

- Op1: preparazione dei serbatoi, scarico dei materiali dal serbatoio schiumato, movimentazione del serbatoio schiumato in area di finitura;
- Op2: carico e scarico del serbatoio nello stampo, pulizia dello stampo (sia leggera che profonda);
- Op3: movimentazione del macchinario, schiumatura.

Chiaramente, come si può dedurre anche dal risultato finale, gli operatori non hanno postazioni fisse, ma possono variare la loro mansione a seconda delle necessità (es. l'Op1 risulta spesso carico di lavoro, quindi per evitare di dover raddoppiare il numero di operatori adibiti a quelle particolari attività l'Op3, decisamente più scarico, aiuterà l'Op1 ad evadere i suoi task).

## 5.2. Gestione dei materiali a magazzino

Il problema relativo alla gestione dei materiali a magazzino, come già visto, si dirama su vari punti. Nello specifico, nel paragrafo seguente è stata esaminata la situazione relativa allo scenario as-is dei magazzini fisici di assemblaggio e officina, per cercare di risolvere il problema relativo ai disallineamenti tra giacenza fisica e informativa tramite l'acquisto di magazzini automatici verticali.

### 5.2.1. Magazzini automatici verticali



Un magazzino automatico verticale (*figura 43*) è un impianto automatizzato adibito allo stoccaggio di materiale che presenta numerosi vantaggi<sup>[4][5]</sup> (Pareschi et al., 2011):

- Elevata riduzione dell'occupazione in pianta dell'area dedicata allo stoccaggio di materiali rispetto al magazzino tradizionale;
- Presenza di un software WMS che può integrarsi al software gestionale aziendale, per poter avere un'interfaccia che possa

Figura 43 - Magazzino automatico verticale [4]

comunicare in tempo reale sul livello di giacenza del magazzino. È possibile quindi eliminare o ridurre drasticamente i tempi e le risorse impiegate per svolgere l'inventario;

- Eliminazione degli errori causati da inadeguate operazioni di carico e di scarico;
- Riduzione dei tempi di picking;
- Maggior sicurezza per gli operatori coinvolti nelle procedure di magazzino.

L'azienda ha intrapreso la decisione di acquistare magazzini automatici verticali a cassette dall'azienda Modula S.p.A.; il magazzino è costituito da una struttura chiusa in cui all'interno si trovano vari cassette contenenti i materiali che, se presentano un codice richiesto per il prelievo, traslano verso il basso sino a raggiungere la baia di picking dove si trova l'operatore.

### **5.2.2. Analisi del magazzino**

L'implementazione di magazzini automatici verticali non può avvenire senza un'analisi preliminare di ciò che deve essere inserito al loro interno, in modo tale da capire il numero ideale di magazzini da acquistare. Essendo prodotti altamente flessibili, offrono la possibilità di immagazzinare materiali di ogni tipo e dimensione, ma comunque seguendo una logica che non porti ad occupare inutilmente cassette per lo stoccaggio di materiali ingombranti e scarsamente visitati. L'azienda ha deciso di inserire all'interno dello stabilimento magazzini automatici per i materiali presenti in assemblaggio e officina, per cui di seguito verranno descritte le analisi distinte fatte per i due reparti.

#### **1) Magazzino in assemblaggio**

Nella prima fase è stato deciso quali materiali dovessero essere riposti all'interno del magazzino verticale. A seguito di alcune considerazioni fatte, si è scelto di non inserire due tipi di materiali: i materiali isolanti flessibili a forma di tubo e i vasi di espansione. In entrambi i casi la scelta è dovuta allo spazio occupato per il loro stoccaggio e che, essendo utilizzati nelle linee di assemblaggio, hanno già una collocazione vicino a quest'ultime e richiederebbero solo un approvvigionamento saltuario da magazzino.

Nella seconda fase è stato calcolato il totale del fabbisogno di spazio per lo stoccaggio di tutti i materiali selezionati. Per poter svolgere quest'attività si è deciso di

individuare il numero totale di imballaggi in cui i materiali erano contenuti, dividendoli poi in cinque categorie:

- Piccoli: scatole di 12 x 17 x 9 (cm)
- Medio-piccole: scatole di 20 x 23 x 11 (cm)
- Medio-grandi: scatole di 28 x 38 x 12 (cm)
- Grandi: scatole di 28 x 38 x 24 (cm)
- Pallet: pallet di 80 x 120 x 45 (cm)

Tale scelta è stata fatta per poter rendere l'analisi non troppo onerosa in termini di tempo, in modo tale da essere svolta nell'arco di poche ore e quindi senza avere grossi cambiamenti sui livelli di scorte. La decisione di dividere le scatole in quattro tipi diversi è avvenuta per poter avere un grado di dettaglio sufficientemente elevato e, a seguito dell'osservazione del materiale a magazzino, è stato notato che le dimensioni indicate poc'anzi erano quelle che approssimavano meglio le grandezze degli imballaggi a magazzino.

Il risultato è presentato in *tabella 29*.

Scaff.	Tipo scatola				Pallet	Altri pallet
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande		
12	38	39	15	4	6	0
13	4	8	35	11	3	1
14	31	20	8	17	5	1
15	18	64	0	11	0	4
16	41	27	7	26	0	3
17	24	7	14	20	1	2
18	0	0	0	0	8	0
19	57	12	5	7	1	6
20	0	103	5	0	0	8
21	0	1	4	32	2	5
24	0	87	75	22	2	1
25	0	3	17	6	1	3
26	0	0	0	56	0	8
27	0	6	11	26	0	2
28	0	1	6	26	0	4
29	0	3	14	27	0	2
43	0	0	0	64	0	2
44	1	2	49	6	0	4
45	0	0	47	15	0	2
46	0	0	23	32	0	2
47	0	0	60	36	0	2
48	0	0	35	34	0	2
49	0	0	36	12	0	3
50	0	3	34	4	0	3
51	0	0	30	12	0	3
52	1	0	35	20	0	3
53	0	0	20	26	0	4
54	1	0	34	48	0	1
55	0	0	75	41	0	2
56	0	0	0	90	1	1
57	0	0	14	6	10	1
58	55	6	11	20	0	3
59	0	30	14	16	0	3
60	0	57	32	18	1	2
61	0	0	33	32	0	3
62	0	0	42	24	1	2
63	2	9	8	20	2	1
64	42	10	25	18	1	2
65	4	115	19	3	2	1
66	36	27	8	20	0	2
67	51	9	0	59	3	2
68	0	0	0	21	0	5
69	0	0	0	0	5	4
70	0	0	0	14	0	4
76	6	2	3	15	0	3
<b>Totale</b>	<b>412</b>	<b>651</b>	<b>903</b>	<b>1017</b>	<b>55</b>	<b>122</b>

Tabella 29 - Numero di imballi a magazzino A

Moltiplicando il numero di imballaggi per le proprie dimensioni, si ottiene il volume occupato dai materiali a magazzino che dovranno essere inseriti all'interno del/dei magazzino/i verticale/i (tabella 30).

Dimensioni (cm)	Tipo scatola				Pallet	Altri pallet
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande		
Larghezza	12	20	28	28	80	80
Profondità	17	23	38	38	120	120
Altezza	9	11	12	24	45	-
Volume occupato	<b>1836</b>	<b>5060</b>	<b>12768</b>	<b>25536</b>	<b>432000</b>	-
<b>Volume totale occupato dalle scatole (cm<sup>3</sup>)</b>						
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande	Pallet	Tot
	756432	3294060	11529504	25970112	23760000	65310108
<b>Volume totale occupato dalle scatole (m<sup>3</sup>)</b>						
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande	Pallet	Tot
	<b>0,76</b>	<b>3,29</b>	<b>11,53</b>	<b>25,97</b>	<b>23,76</b>	<b>65,31</b>

Tabella 30 - Calcolo del volume occupato dai materiali in assemblaggio inseribili all'interno dei m.a.v.

La voce “Altri pallet” non rientra nel volume totale dei materiali a magazzino perché, a seguito di alcune considerazioni fatte, ritenuta non inseribile.

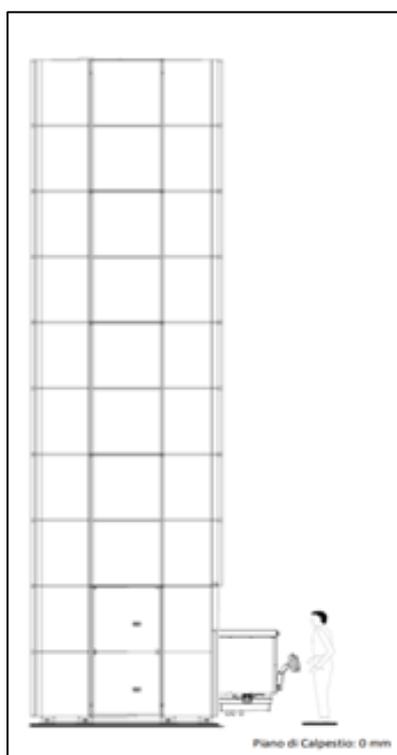


Figura 44 – Vista laterale m.a.v. [4]

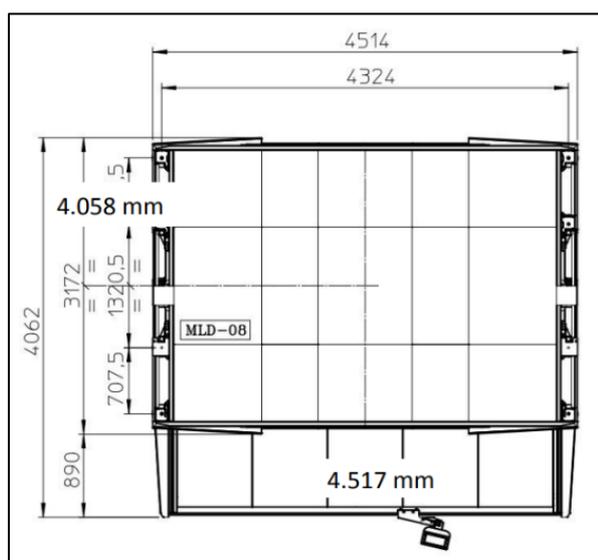


Figura 45 - Vista dall'alto m.a.v. [4]

L'azienda aveva già manifestato l'idea di acquistare una tipologia di magazzino verticale con le seguenti caratteristiche (*figura 44 e figura 45*):

- 53 cassette
- Larghezza cassetto: 4,1 m
- Profondità cassetto: 0,857 m
- Altezza cassetto: 0,195 m

La capacità totale di stoccaggio risulta quindi essere pari a 36,28 m<sup>3</sup>. Considerando i dati ottenuti, si stima che la necessità per l'azienda sia di almeno due magazzini verticali automatici per il reparto assemblaggio, occupati per il 90%.

## 2) Magazzino in officina

L'approccio utilizzato per la rilevazione del volume del magazzino occupato in officina è stato il medesimo utilizzato per il rilevamento fatto dello stoccaggio nel magazzino dell'assemblaggio.

In questo caso si è scelto di selezionare come oggetto dell'analisi tutti i codici a magazzino, in quanto ritenuti tutti con caratteristiche valide per essere inseriti all'interno del magazzino automatico (potranno seguire poi eventuali considerazioni). (*tabella 31*).

Scaff.	Tipo scatola				Pallet	Altri pallet
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande		
1	0	0	0	0	9	9
2	0	3	6	18	5	0
3	0	8	0	12	5	0
4	0	18	1	17	8	0
5	0	1	0	26	8	0
6	1	2	0	20	6	0
7	5	1	7	37	4	0
8	0	0	6	20	5	0
9	0	1	15	5	5	0
10	0	2	3	27	9	0
11	0	0	4	14	6	1
12	0	0	4	26	5	0
13	0	2	5	11	7	1
14	5	11	6	5	7	0
Totale	11	49	57	238	89	11

Tabella 31 - Numero di imballi a magazzino B

Moltiplicando nuovamente il numero di imballaggi per le relative dimensioni scelte si ottiene lo spazio totale richiesto per lo stoccaggio del materiale dell'officina (tabella 32).

Dimensioni (cm)	Tipo scatola					
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande	Pallet	Altri pallet
Larghezza	12	20	28	28	80	80
Profondità	17	23	38	38	120	120
Altezza	9	11	12	24	45	-
Volume occupato (cm <sup>3</sup> )	<b>1836</b>	<b>5060</b>	<b>12768</b>	<b>25536</b>	<b>432000</b>	-
<b>Volume totale occupato dalle scatole (cm<sup>3</sup>)</b>						
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande	Pallet	Tot
	<b>20196</b>	<b>247940</b>	<b>727776</b>	<b>6077568</b>	<b>38448000</b>	<b>45521480</b>
<b>Volume totale occupato dalle scatole (m<sup>3</sup>)</b>						
	Piccola	Medio-piccola	Medio-grande	Grande	Pallet	Tot
	<b>0,02</b>	<b>0,25</b>	<b>0,73</b>	<b>6,08</b>	<b>38,45</b>	<b>45,52</b>

Tabella 32 - Calcolo del volume occupato dai materiali in officina inseribili all'interno dei m.a.v.

Ancora una volta, la voce "Altri pallet" non è stata considerata all'interno del calcolo finale. In questo modo, riprendendo lo spazio reso disponibile da un singolo magazzino automatico verticale, risultano essere necessari almeno 2 magazzini per poter contenere il materiale del reparto officina, i quali verrebbero occupati per il 63%.

### 3) Proposte di acquisto dei magazzini automatici

Analizzando i dati ottenuti, è possibile pensare a tre tipi di soluzioni differenti:

- Acquistare 4 magazzini automatici, inserendone 2 in assemblaggio e 2 in officina (come da analisi), in modo da avere in entrambi i reparti un recupero notevole di spazio e allo stesso tempo (saturandoli rispettivamente al 90% e al 63%) avere la possibilità di possedere un margine di tutela (seppure non troppo elevato in assemblaggio) da eventuali picchi di approvvigionamento.

In questo modo si avrebbe un recupero sostanziale di superficie a terra in assemblaggio, ma quasi nullo in officina (circa 1%).

- Acquistare 3 magazzini automatici, posizionandoli tutti in assemblaggio. I vantaggi rispetto alla soluzione precedente sarebbero:
  - Minor costo per l'investimento;
  - Guadagno di spazio dell'area occupata dal magazzino pari al 100%;

- Centralizzazione del magazzino e quindi minori problemi legati all'accettazione.

Al contrario gli svantaggi sarebbero:

- Saturazione massima dei magazzini, addirittura con materiale eccedente (108,84 m<sup>3</sup> disponibili contro 110,83 m<sup>3</sup> richiesti);
- Attività di picking in officina più onerosa rispetto allo scenario precedente;
- Recupero di spazio minore rispetto alla prima proposta (comunque molto elevato).
- Acquistare 3 magazzini automatici, posizionandone 2 in assemblaggio e 1 in officina. Tale opzione si presenta come soluzione ibrida tra le due precedentemente presentate. In questo caso, la situazione in assemblaggio sarebbe la medesima presentata nella prima proposta, mentre in officina si risolverebbe il problema legato all'attività di picking affrontata nella proposta precedente. Oltre a questo, la spesa da sostenere sarebbe la stessa presentata nella seconda proposta, quindi minore rispetto alla prima opzione.

Gli svantaggi derivano dall'occupazione degli spazi dei magazzini: non essendo tutti e tre in un unico punto, è necessario dividere i materiali a seconda del reparto in cui questi servono, avendo quindi il magazzino del reparto officina completamente saturo e con circa il 20% di materiale eccedente (36,28 m<sup>3</sup> disponibili contro 45,52 m<sup>3</sup> richiesti), il quale verrebbe collocato sulle scaffalature. Il recupero di superficie a terra in questo caso, quindi, sarebbe minore rispetto alla prima proposta (e ovviamente anche alla seconda).

In *tabella 33* viene riassunto quanto detto.

	<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>	<b>Proposta 3</b>
<b>N° magazzini automatici</b>	4	3	3
<b>Posizione</b>	2 in assemblaggio	3 in assemblaggio	2 in assemblaggio
	2 in officina		1 in officina
<b>Spazio guadagnato magazzino</b>	60% assemblaggio	55% assemblaggio	60% assemblaggio
	1% officina	100% officina	31% officina
<b>Occupazione materiali nei magazzini</b>	90% assemblaggio	100% assemblaggio	90% assemblaggio
	63% officina		100% officina
<b>Distanza dei magazzini dal reparto di riferimento</b>	Invariata	Più lontano	Invariata
<b>Centralizzazione del magazzino</b>	No	Sì	No

Tabella 33 - Drivers proposte di acquisto m.a.v.

### 5.2.3. Scelta finale sul numero di magazzini da acquistare

L'azienda, a seguito di varie valutazioni, ha optato per una soluzione ibrida tra quelle indicate: infatti, la scelta è ricaduta sull'acquisto di 3 magazzini automatici entro marzo 2023, a cui si aggiungerà un quarto il cui arrivo è previsto per giugno 2023.

L'idea alla base della scelta intrapresa è quella di installare i primi magazzini in assemblaggio e analizzare come la nuova tecnologia verrà assimilata dal reparto produttivo: quanto materiale effettivamente può contenere, quali materiali si deciderà di inserire (o togliere) oltre a quelli selezionati, come varia la velocità di prelievo dei pickers.

Oltre a questo, chiaramente l'acquisto di quattro magazzini (3+1) anziché di soli tre, permette di tutelarsi maggiormente in caso di un eventuale aumento eccessivo della materia prima di acquisto.

### 5.3. Reparto officina

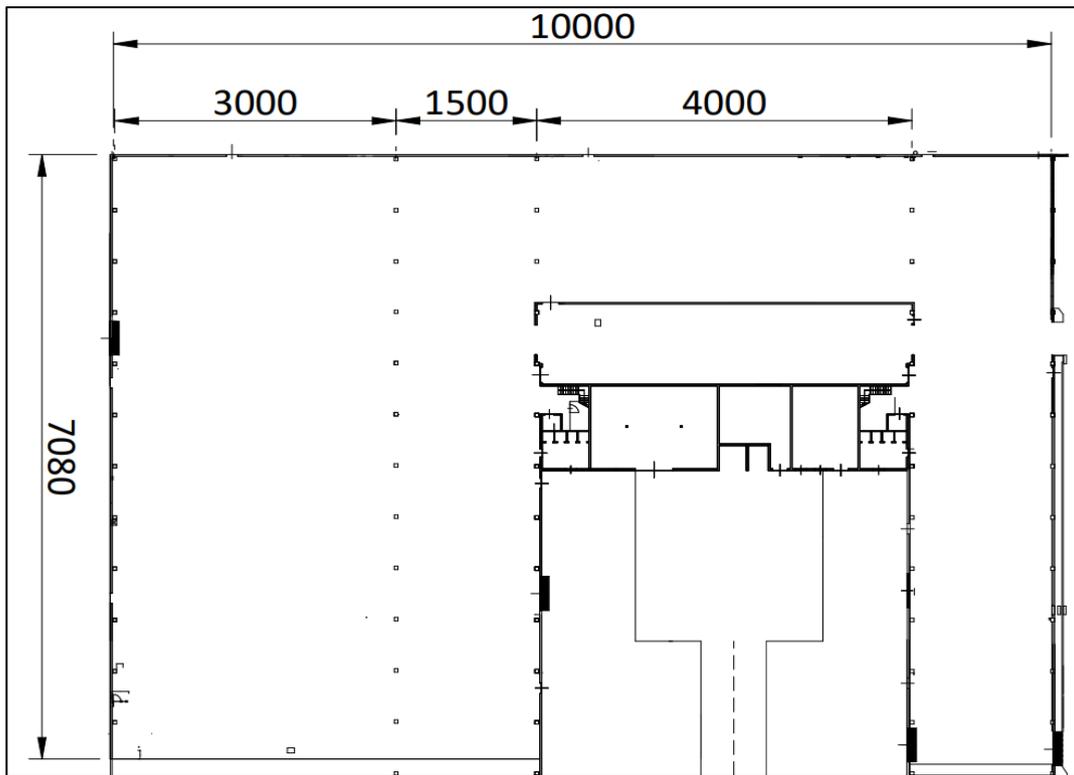


Figura 46 - Superficie reparto officina

A seguito della disamina delle criticità, il reparto che manifesta maggiormente la necessità di cambiamenti è sicuramente l'officina. I problemi principali derivano dalle attività di handling dei materiali e dal layout che presenta il reparto. Infatti, come già precedentemente descritto, lo sviluppo dell'area su cui insiste l'officina è ad "L" (figura 46) e può essere suddiviso in tre parti: la prima è l'ala grande, in cui sono presenti due campate rispettivamente di 30 e 15 metri (per 70 metri di lunghezza) su cui scorrono quattro carroporti (due per parte); la seconda è l'ala piccola, caratterizzata da un'unica campata di 17 metri di larghezza e 40 metri di lunghezza in cui non sono presenti carroporti; infine, la terza zona è una piccola area di 15x18 metri, su cui insistono due carroporti (uno dei quali dotato di doppio verricello), che allo stato as-is viene sfruttato per il collaudo dei serbatoi. Ruolo nevralgico, in termini di flusso dei materiali, viene assunto dalla zona 2, in quanto posta in una zona centrale e con due limiti principali:

1. Spazi stretti: allo stato as-is, l'area è caratterizzata da un corridoio centrale di 4 metri di larghezza per il passaggio dei mezzi di movimentazione, mentre sul lato sinistro si trova la linea di saldatura dei serbatoi standard e sul lato destro la linea di saldatura dei

serbatoi piccoli e/o con fondo piatto e altri box di saldatura. Il passaggio dei mezzi di movimentazione (in particolare il carrello elevatore) spesso risulta essere ostacolato dal materiale presente all'esterno delle risorse di saldatura, a causa dello spazio ridotto che queste hanno. La zona in realtà potrebbe usufruire di una larghezza più elevata, ma attualmente parte della superficie (circa 10 metri di larghezza che si protraggono per tutta la lunghezza dell'ala) sono occupati da una grande macchina granigliatrice utilizzata in passato dall'azienda Bartoletti quando questa presidiava l'intero stabilimento.

2. Assenza di carroporti: essendo l'area priva di carroporti, non è possibile instaurarvi linee di saldatura dedicate alla realizzazione di serbatoi di grandi dimensioni. Questo risulta essere un vincolo piuttosto importante vista la centralità della zona e considerando la collocazione allo stato as-is del reparto di collaudo cui convergono tutti i prodotti.

Per poter risolvere le problematiche di handling e aumentare l'efficienza che allo stato as-is risulta altamente influenzata da quest'ultima, occorre analizzare in prima battuta i dati relativi alla quantità prodotta per ciascun serbatoio nell'anno corrente, stimare il volume dell'anno 2023 (provando a ricavare anche un dato previsionale per l'anno 2025) e confrontarlo con le capacità produttive delle risorse attualmente a disposizione per poter individuare il numero di risorse necessarie per ciascuna tipologia. Il passo successivo sarà la determinazione di alcune ipotesi di layout che possano migliorare le principali criticità del layout as-is ed infine scegliere quale soluzione adottare.

### **5.3.1. Dati previsionali**

Come appena descritto, risulta essere fondamentale comprendere i volumi produttivi futuri per individuare quali soluzioni adottare in termini di numero di risorse, disposizione e spazio da dedicargli. L'analisi sui dati previsionali si basa sull'esportazione dal gestionale delle quantità prodotte da inizio anno fino al 17 ottobre (giorno di inizio dell'analisi), ricavando poi una stima della quantità prodotta a fine 2022 per ogni articolo. La tabella formata si viene poi completata aggiungendo per ogni codice l'indicazione sulla capacità del serbatoio, il diametro e il tipo di fondo montato. In questo modo, a seguito di indicazioni commerciali, sarà possibile avere dati indicativi circa la produzione 2023 e filtrarli a seconda dei tre driver differenti.

L'azienda, vista la grande varietà di prodotti realizzati, ha deciso di seguire due logiche differenti: per una grossa fetta di prodotti su cui non vi è un'indicazione del mercato tale da poter pensare ad un significativo aumento dei volumi per l'anno 2023, è stato stabilito un incremento della produzione del 15%; al contrario, per una ristretta cerchia di prodotti (attualmente in produzione e non), sono stati forniti dati dettagliati sul quantitativo richiesto per l'anno 2023. Inoltre, a puro scopo indicativo, è stata inserita la stima di serbatoi da realizzare per l'anno 2025, applicando arbitrariamente un aumento del 15% annuo dei volumi produttivi per ciascun codice. In *tabella 34* viene presentato il confronto tra volumi produttivi nei 3 anni di riferimento divisi per diametro dei serbatoi, grazie al quale è possibile apprezzare il grosso incremento soprattutto per alcune fasce di prodotto.

Ø serb. (mm)	Quantità parz. 2022	Quantità stimata 2022	Quantità stimata 2023	Quantità stimata 2025
200-299	1857	2316	2664	3523
300-399	929	1159	3951	5225
400-499	3310	4129	6253	8270
500-599	2747	3427	6629	8766
600-699	2225	2776	4324	5718
700-799	1149	1433	1720	2275
800-899	729	909	1173	1552
900-999	36	45	52	68
1000-1099	400	499	574	759
1100-1199	297	370	426	563
1200-1299	246	307	353	467
1400-1499	56	70	80	106
1600-1699	86	107	123	163
1700-1800	2	2	3	4
<b>Totale</b>	<b>14069</b>	<b>17550</b>	<b>28324</b>	<b>37459</b>

Tabella 34 - Dati previsionali produzione serbatoi in officina

Terminata la fase di acquisizione dati, è necessario individuare a quale driver affidarsi per la suddivisione dei prodotti. Allo stato as-is, in officina sono presenti, oltre alle risorse stand-alone, tre linee di saldatura, le quali sono predisposte a lavorare serbatoi che presentano determinate caratteristiche: la linea 1 lavora serbatoi di piccole dimensioni ( $\text{Ø} \leq 500 \text{ mm}$ ) e con fondo piatto; la linea 2 lavora serbatoi di media dimensione ( $400 \leq \text{Ø} \leq 850 \text{ mm}$ ) e solo con determinati manicotti (in quanto a fondo linea 2 è presente una macchina di saldatura dei manicotti che non permette la finitura

di serbatoi che presentano flange, boccaporti o manicotti non radiali); la linea 3 lavora serbatoi di grandi dimensioni ( $\varnothing > 500$  mm). A seguito delle nuove quantità previsionali 2023, notevolmente superiori rispetto al 2022, è necessario verificare se la suddivisione allo stato as-is risulta essere valida o se necessita di una modifica. Per fare questo, sono state raccolte le capacità produttive delle tre linee, sia in forma teorica (*tabella 35*) che reale (*tabella 36*), assieme alle nuove quantità previste (*tabella 37*), mantenendo la stessa suddivisione di diametri dello stato as-is, ma eliminando la divisione tra serbatoi con fondo bombato e fondo piatto

<b>Capacità produttiva teorica (pz/g)</b>						
	calandra	sald. long.	puntatura	sald. circonf.	sald. manicotti	collaudo
Linea 1	250	140	100	80	25	25
Linea 2	200	120	80	80	50	18
Linea 3	180	90	60	60	10	12

Tabella 35 - Capacità produttiva teorica linee di saldatura

<b>Capacità produttiva reale (pz/g)</b>						
	calandra	sald. long.	puntatura	sald. circonf.	sald. manicotti	collaudo
Linea 1	120	120	70	55	18	18
Linea 2	100	100	40	40	35	12
Linea 3	60	50	45	45	7	8

Tabella 36 - Capacità produttiva reale linee di saldatura

<b>Stima richiesta annua</b>				
	qta richiesta 2022	qta richiesta 2023	qta richiesta 2024	qta richiesta 2025
Linea 1	6051	9597	11036	12691
Linea 2	5744	12129	13949	16041
Linea 3	5754	6637	7633	8778

Tabella 37 - Stima richiesta annua divisa per linee

Il risultato è presentato in *tabella 38*: si nota come all'interno di ognuna delle 3 linee la risorsa di calandratura e saldatura longitudinale siano abbondantemente sufficienti per la risposta alla domanda di mercato dell'anno 2023, così come risultano essere sufficienti le risorse di montaggio (puntatura) fondi e saldatura circonferenziale disponibili sia per la linea 1, sia per la linea 3. La linea 2 invece, essendo la più colpita

dalla nuova richiesta produttiva, necessita di una duplicazione di tutte le risorse che non siano le prime due già citate.

linea 1		calandra	sald. long.	puntatura	circonf.	sald. manicotti	collaudo
	Attuale	1	1	1	1	2	2
Ottimo 2022	0,21	0,21	0,36	0,45	1,39	1,39	
	1	1	1	1	2	2	
2023	0,33	0,33	0,57	0,72	2,20	2,20	
	1	1	1	1	3	3	
2025	0,44	0,44	0,75	0,95	2,91	2,91	
	1	1	1	1	3	3	

linea 2		calandra	sald. long.	puntatura	circonf.	sald. manicotti	collaudo
	Attuale	1	1	1	1	1	2
Ottimo 2022	0,24	0,24	0,59	0,59	0,68	1,98	
	1	1	1	1	1	2	
2023	0,54	0,54	1,35	1,35	1,54	4,49	
	1	1	2	2	2	5	
2025	0,71	0,71	1,78	1,78	2,04	5,94	
	1	1	2	2	3	6	

linea 3		calandra	sald. long.	puntatura	circonf.	sald. manicotti	collaudo
	Attuale	1	1	1	1	4	4
Ottimo 2022	0,40	0,48	0,53	0,53	3,40	2,97	
	1	1	1	1	4	3	
2023	0,46	0,55	0,61	0,61	3,92	3,43	
	1	1	1	1	4	4	
2025	0,60	0,73	0,81	0,81	5,18	4,53	
	1	1	1	1	6	5	

Tabella 38 - Necessità di risorse di saldatura divisa per linee (efficienza reale)

La medesima analisi è stata eseguita per le risorse di preparazione fondi. Nello scenario as-is sono quattro le risorse disponibili: 3 box di saldatura (di cui due per i fondi bombati e uno per i fondi piatti) e un robot (che lavora solamente i fondi bombati). In *tabella 39* sono riassunte le capacità produttive delle risorse di preparazione fondi a efficienza massima, mentre in *tabella 40* si trovano i dati relativi alla capacità produttiva reale.

<b>Capacità produttiva teorica prep. fondi (pz/g)</b>			
<b>Bombati</b>			<b>Piatti</b>
Box		Robot	
Semplici	Complessi	Semplici	Semplici
50	25	55	40

Tabella 39 - Capacità produttiva teorica risorse di preparazione fondi

<b>Capacità produttiva teorica prep. fondi (pz/g)</b>			
<b>Bombati</b>			<b>Piatti</b>
Box		Robot	Box
Semplici	Complessi	Semplici	Semplici
40	15	35	30

Tabella 40 - Capacità produttiva reale risorse di preparazione fondi

Rapportando i dati previsionali sulle quantità per l'anno 2023 (*tabella 34*) e le capacità produttive ad efficienza attuale in *tabella 40*, si ottiene la richiesta di risorse di preparazione fondi (*tabella 41*). Come si nota, l'azienda necessiterebbe di un nuovo robot di saldatura fondi o del doppio turno di lavoro per rispondere ad un esponenziale aumento di produzione, mentre risultano essere sufficienti i box di saldatura attualmente presenti, che potrebbero anche alleggerire parte del carico di lavoro del robot.

	<b>Bombati</b>		<b>Piatti</b>
	<b>Semplici</b>	<b>Complessi</b>	<b>Semplici</b>
<b>Attuale</b>	2 Box		1 Box
	1 Robot		
<b>Ottimo 2022</b>	0,4 box	0,46 box	0,49 box
	0,99 robot		
<b>2023</b>	0,7 box	0,8 box	0,57 box
	1,71 robot		
<b>2025</b>	0,92 box	1,06 box	0,75 box
	2,26 robot		

Tabella 41 - Necessità di risorse di preparazione fondi (efficienza reale)

### 5.3.2. Proposte di layout

Successivamente all'analisi appena presentata e ai dati già in possesso, sono state avanzate alcune proposte di layout che potessero migliorare l'attuale configurazione e avere sostanziali vantaggi soprattutto nella gestione delle movimentazioni tra risorse. Le proposte presentate sono state molteplici, per cui di seguito verranno elencate solo quelle che sono state considerate maggiormente e analizzate più approfonditamente. Ogni proposta di layout presentava la necessità di essere accompagnata da opportune analisi circa alcuni aspetti:

- Numero di risorse necessarie rispetto alle risorse già presenti, in modo tale da identificare dove occorre maggiormente intervenire circa la capacità produttiva;

- Material handling, ovvero la necessità di una valutazione dal punto di vista delle nuove distanze che si verrebbero a formare tra le risorse; di fatto, la scelta del nuovo layout deve essere condizionata dall'eventuale semplificazione delle movimentazioni dei materiali soprattutto tra le aree che comunicano tra loro maggiormente; il confronto verrà fatto tramite le matrici delle distanze delle varie proposte e quella dello scenario as-is (tabella 42), generate tramite la combinazione della from-to chart in tabella 3 (par. 3.4.1.) e la distanza tra i control points nelle varie proposte.

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		185		83	440					105									28								841
A6-9							1299			5												788					2091
A10		407					208			4									50								669
B1-3		135			84	42				17	28								30		67	45		53			501
B4							250	23		15																	288
B6		46					50															56					151
C		27			10	9					44											185		780	400		1454
R										32												27					59
L	132		41	64		54		20			66	60	54								25	424	108			126	1172
S1	255	9		34	120	44	53				17									19			86	75			712
S2	6			28			396		50				120					17	20	7	50	75		133	52	953	
S3			20	37					8	7						8	66				31	27	193			396	
S4				30					9	40	27			132	21	26					47	5		86	8	429	
F1	90			72				19		406											5			24		620	
F3							35			27		12		5												78	
F4				64						20			13		9												105
T1				25		36	360			14		33		4				72			22					8	573
T2							143				43		5								5						195
P1-3			75									25						22			34				173	329	
P4-7							44				21										85			27		176	
M1				101	216	41		90	25	21	25		75	10	23	44	31					49			59	40	849
M3-4	400	750	395		343	111	62	81	308	168	100	80		42						25	245			330	50	3488	
M5											88	193												138	240	659	
M7-9	75		189					102	103		75	34	29	64			11		200		66	66			83	1096	
V									67		158									110		72				407	
X								34	34		33		83								13			12		207	
TOT	958	1559	720	536	1213	337	2898	368	595	839	768	438	378	256	53	34	147	120	413	247	529	1812	387	1656	714	524	18492

Tabella 42 - From-to chart delle distanze percorse (as-is)

- Impianti mancanti: nello specifico verranno presi in considerazione gli impianti di aspirazione non presenti nelle zone che li necessitano; infatti, essendo l'officina in gran parte formata da risorse di saldatura, oltre che alle alimentazioni di gas, aria e luce, risultano indispensabili i condotti di aspirazione per espellere i fumi tossici, risultato della saldatura. In rosso sono state cerchiare le aree che richiederebbero una modifica importante dell'impianto di aspirazione, in arancione se invece la modifica richiesta è lieve.

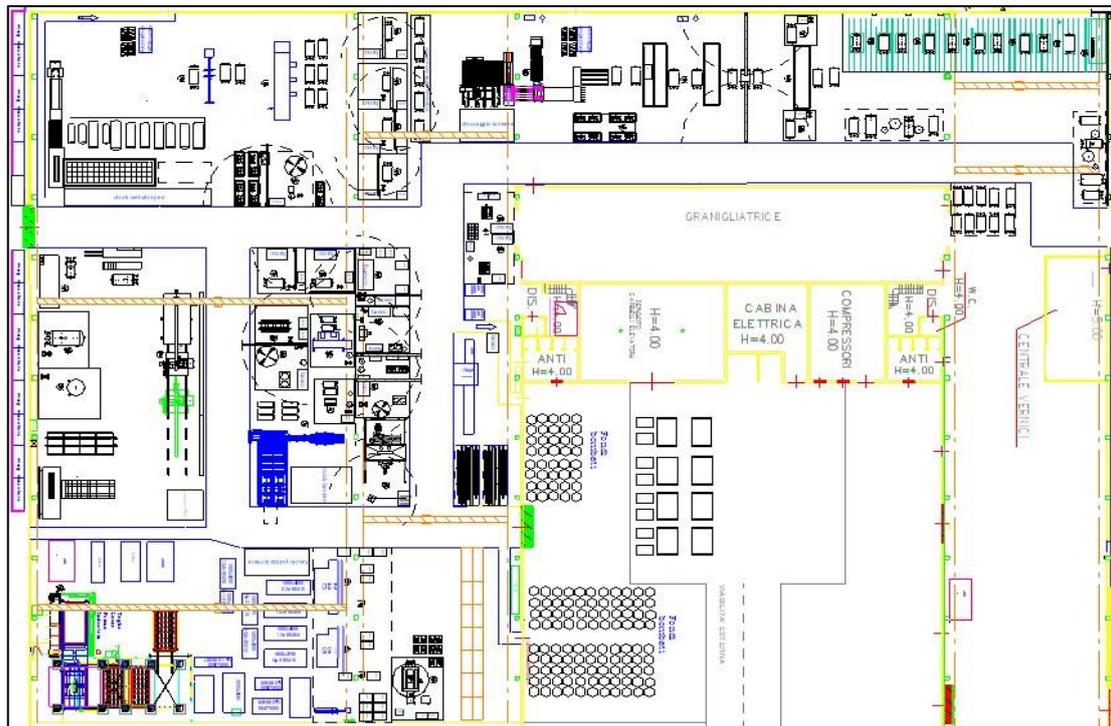


Figura 47 - Proposta 1

### 1) Proposta 1

Questa nuova configurazione (*figura 47*) prevede il mantenimento come allo stato as-is della zona di taglio laser, del magazzino e della zona dedicata ai serbatoi Ped.

Il reparto di taglio tubi verrebbe ruotato per agevolare l'approvvigionamento dei fasci tubieri sulla rastrelliera e per creare un flusso nella stessa direzione in cui si muovono i serbatoi, oltre che ad inserire le due risorse di saldatura dei tubi a valle della segatrice.

La linea dei serbatoi piccoli verrebbe spostata nella zona centrale, impostando tutte le risorse in fila per limitare gli spostamenti tra un box e l'altro; a fine linea insistono due box di saldatura dei manicotti, uno in meno rispetto a quanto ricavato dai dati previsionali.

La linea dei serbatoi grandi rimarrebbe nella stessa posizione, eccezion fatta per i box di saldatura finale che, sfruttando lo spostamento del robot di saldatura dei fondi di fronte al reparto tubi, verrebbero posizionati uno a fianco all'altro per eliminare le movimentazioni con il carrello elevatore tra il box di saldatura circonferenziale e

questi; a lato di questa linea verrebbe inserito un box di preparazione fondi che possa alimentare la stessa.

### Risorse necessarie: Proposta 1

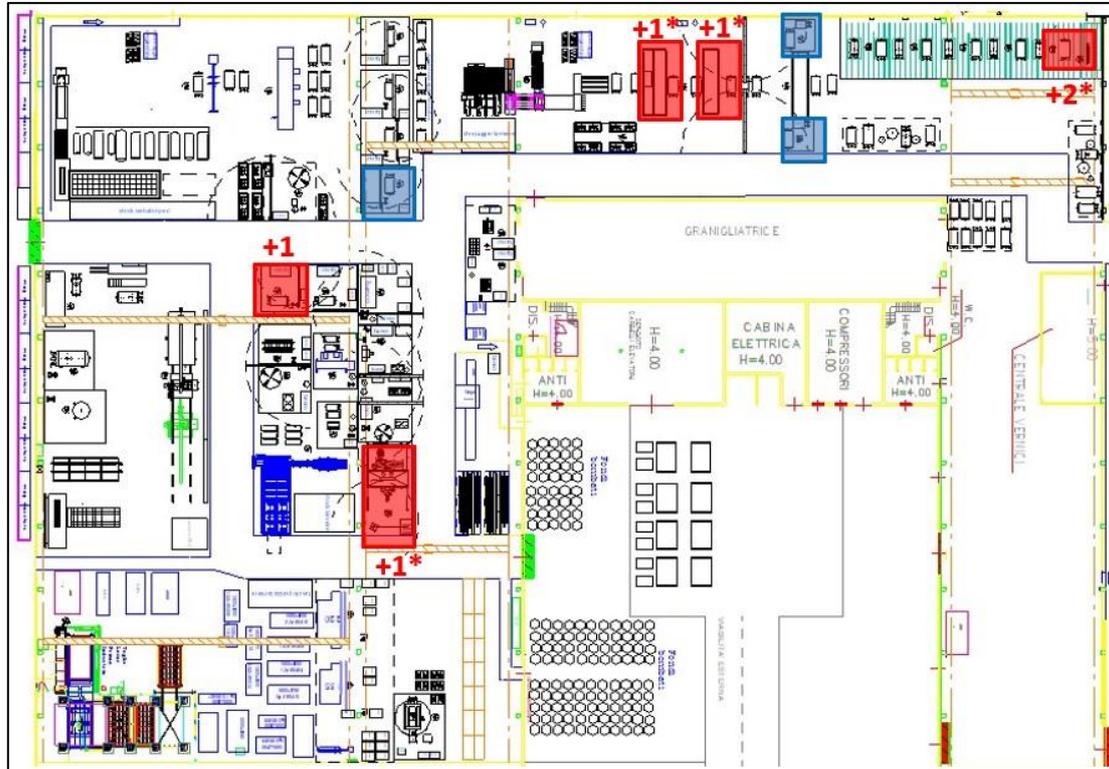


Figura 48 - Risorse necessarie (proposta 1)

Nel primo layout si nota la necessità di avere un nuovo robot di saldatura dei fondi (caratteristica comune in ogni proposta), un sottodimensionamento di alcune stazioni delle linee di saldatura 1 e 2 (nello specifico, la mancanza di un box di finitura nella linea 1 e l'assenza di una stazione di montaggio fondi e una di saldatura circonferenziale nella linea 2) e l'assenza di due stazioni di collaudo; al contrario, risultano essere in esubero di risorse le stazioni di saldatura manicotti della linea 1 e della linea 3 (figura 48).

## From- to chart: Proposta 1

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		185		78	100					7									28								398
A6-9							1299			5											788						2091
A10		22					208			4									50								284
B1-3		180			21	15				45	14								2		24	30		35			365
B4							813	22		7																	842
B6		8					369															27					403
C		27			33	67					44											185		780	400		1534
R										60												49					109
L	132		41	25		20		11			66	60	54								25	424	108			90	1055
S1	17	9		90	56	15	53				17									21			86	75			438
S2	6			17			396		50				120						30	20	7	50	75		133	48	951
S3			20	37						8	7										31	27	193				394
S4				7					9		40	27		132	26	21					47	5			86	7	405
F1	3			35				5		280											5				24		356
F3							29			20		14		10													71
F4				110						27			11		3												151
T1				15		17	360			14		33		4				14				50				8	514
T2							80				60		17								18						174
P1-3			75								25								22						173		329
P4-7							44				21									85				27			176
M1				36	135	24		5	25	21	25		75	10	20		100	33				49			59	80	696
M3-4	400	750	395		186	51	62	143	308	168	100	80		42							25	245			330	48	3330
M5											88	193												138		236	655
M7-9	75		189					24	103	75	34	29	160			11		200			66	66			83		1114
V									67		158										110		72				407
X								34	34		33		72									20			12		203
TOT	633	1181	720	448	530	208	3710	243	595	663	771	440	377	357	49	28	203	77	385	261	521	1789	387	1638	714	517	17439

Tabella 43 - From-to chart (proposta 1)

Si stima che con l'adozione del layout 1, si otterrebbe una diminuzione media della distanza percorsa per i viaggi a carico del 5,7%, corrispondente a circa 1053 m (tabella 43). I miglioramenti sarebbero dovuti in gran parte all'aggiunta dei due box di saldatura a fine linea 2 che permetterebbero di eliminare gli spostamenti dei serbatoi tra il fine linea e i box di saldatura della linea 1, oltre che allo spostamento del tavolo di collaudo dei tubi che permetterebbe la creazione di una cella dedicata in cui il semilavorato subisce tutte le lavorazioni di cui necessita senza dover attraversare gran parte dell'officina. Inoltre, l'avvicinamento dei box di preparazione fondi alle linee oltre a ridurre le distanze tra questi e le linee, permetterebbe l'eliminazione di alcune zone di stock intermedio, responsabili di spostamenti aggiuntivi onerosi. Tuttavia, non vi sarebbero miglioramenti circa le movimentazioni tra i box di saldatura della linea 3 e il collaudo, mentre verrebbe peggiorato il medesimo spostamento per la linea 2.

## Impianti di aspirazione mancanti: Proposta 1

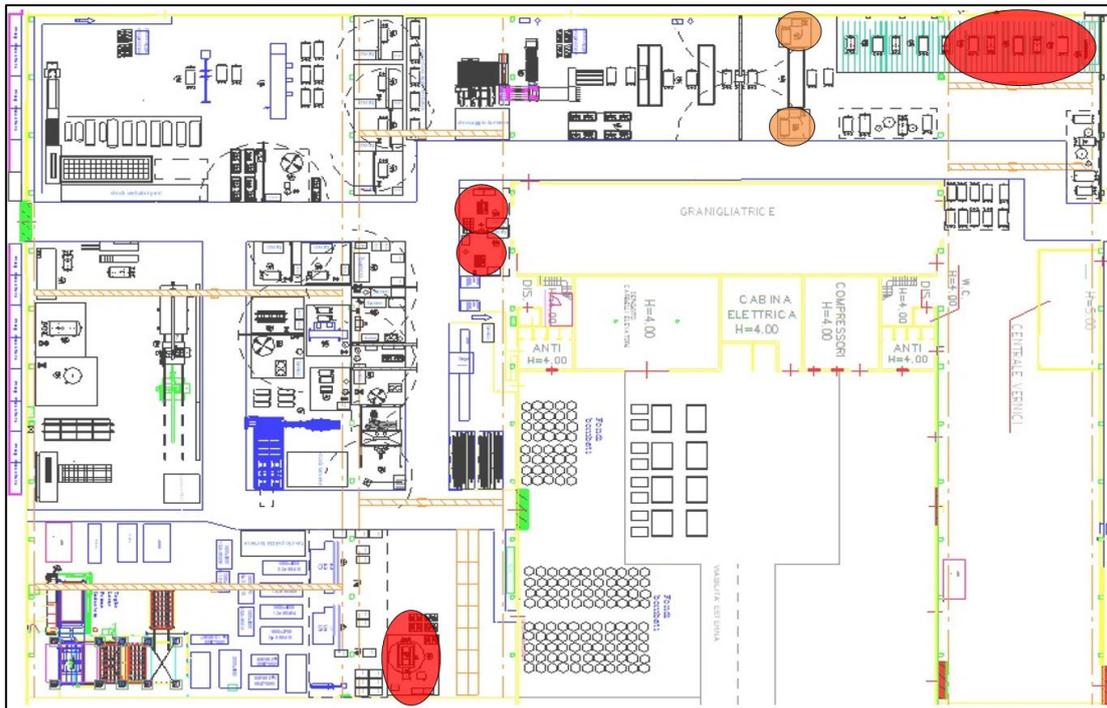


Figura 49 - Impianti di aspirazione mancanti (proposta 1)

In *figura 49* si nota come ci sia la necessità di modificare l'impianto di aspirazione su due direzioni diverse: in direzione della linea 2 è richiesta una lieve modifica dell'impianto per poter portare l'aspirazione anche ai due box di saldatura aggiuntivi, mentre è richiesto un allungamento del ramo di aspirazione per poterlo rendere usufruibile anche ai collaudatori della pedana dei serbatoi di grandi dimensioni. Sull'altro lato, non essendo presente allo stato as-is l'impianto di aspirazione, è necessaria una grossa modifica dello stesso per poter raggiungere i due box di saldatura dei tubi e il robot di saldatura a fianco del magazzino.

## 2) Proposta 2

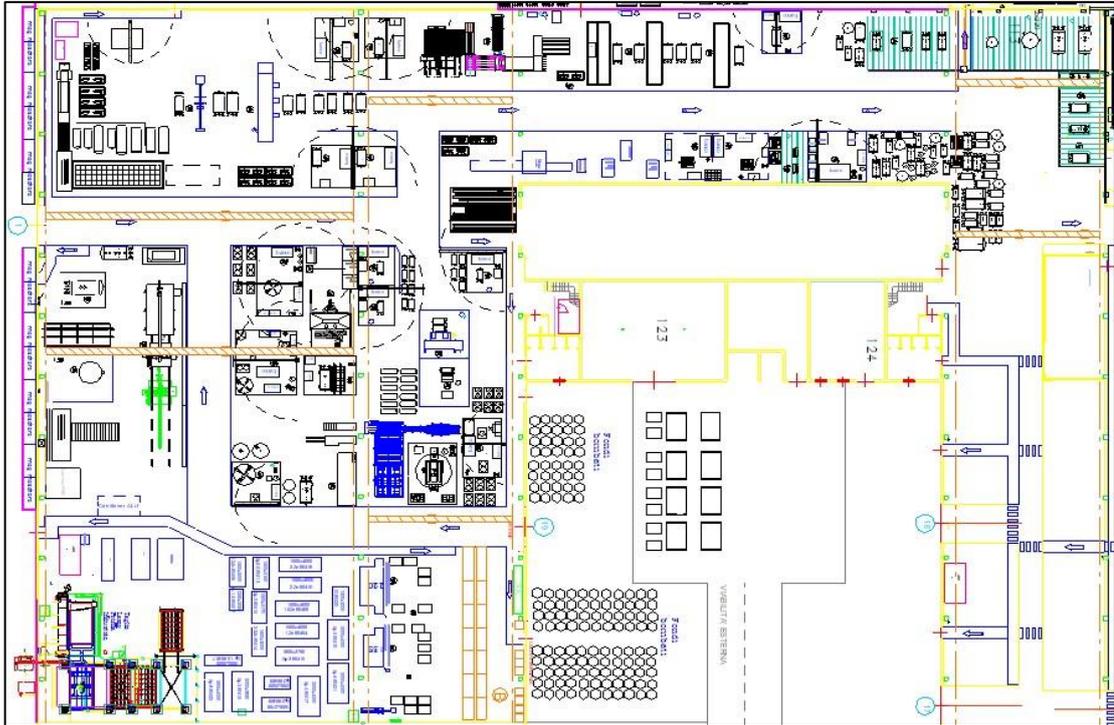


Figura 50 - Proposta 2

Anche in questo caso rimarrebbero come allo stato as-is le aree di taglio laser, magazzino e serbatoi Ped.

Il robot di preparazione fondi verrebbe spostato nell'area centrale dell'officina, insieme alle altre risorse di saldatura dei fondi e alcune risorse dedicate alla preparazione di materiali per serbatoi Ped.

Il reparto di taglio tubi e la linea dei serbatoi di piccola taglia si invertirebbero: il primo acquisirebbe una logica di linea di produzione con i materiali che, una volta arrivati a fine lavorazione, troverebbero il tavolo di collaudo; oltre a questo, l'approvvigionamento dei fasci di tubi sarebbe notevolmente agevolato, così come la fase di carico dei tubi sulla sega. Il secondo invece renderebbe necessaria l'eliminazione di un corridoio per poter installare tutte le risorse facenti parte della linea; in questo modo, la calandra sarebbe facilmente approvvigionabile e gli operatori all'interno dei box di finitura, utilizzando le gru a bandiera, riuscirebbero autonomamente a recuperare i serbatoi in uscita dalla stazione di saldatura circonferenziale. A valle di questa linea verrebbe posto il box di preparazione dei

fondi piatti (in gran parte saldati sui serbatoi di piccole dimensioni) e il nuovo robot di saldatura dei serbatoi (attualmente non in funzione).

La linea dei serbatoi grandi anche in questo caso guadagnerebbe lo spazio derivante dallo spostamento del robot di saldatura dei fondi, così da poter posizionare le risorse di saldatura a coppie una di fronte all'altra, lasciando un largo corridoio tra queste per il passaggio dei serbatoi. I box sarebbero quindi autonomi nel prelievo dei semilavorati e nel successivo scarico, tramite l'utilizzo di una gru a bandiera per coppia (o, in casi rari, del carroponete).

La linea dei medi verrebbe retrocessa di qualche metro, occupando lo spazio lasciato dal box di saldatura dei manicotti della linea dei grandi. Così facendo, tra la macchina di saldatura dei manicotti e l'area di collaudo, si creerebbe lo spazio necessario all'instaurazione di un box aggiuntivo che possa processare parte del carico di lavoro della linea, oltre che, per i serbatoi che fuoriescono dall'ultima stazione, eseguire eventuali riparazioni o saldare componenti che la macchina non può eseguire.

Infine, vista l'elevata richiesta di stazioni di collaudo, sul lato della parete confinante con il reparto di verniciatura verrebbe posizionata una nuova area di collaudo (*figura 50*).

## Risorse necessarie: Proposta 2

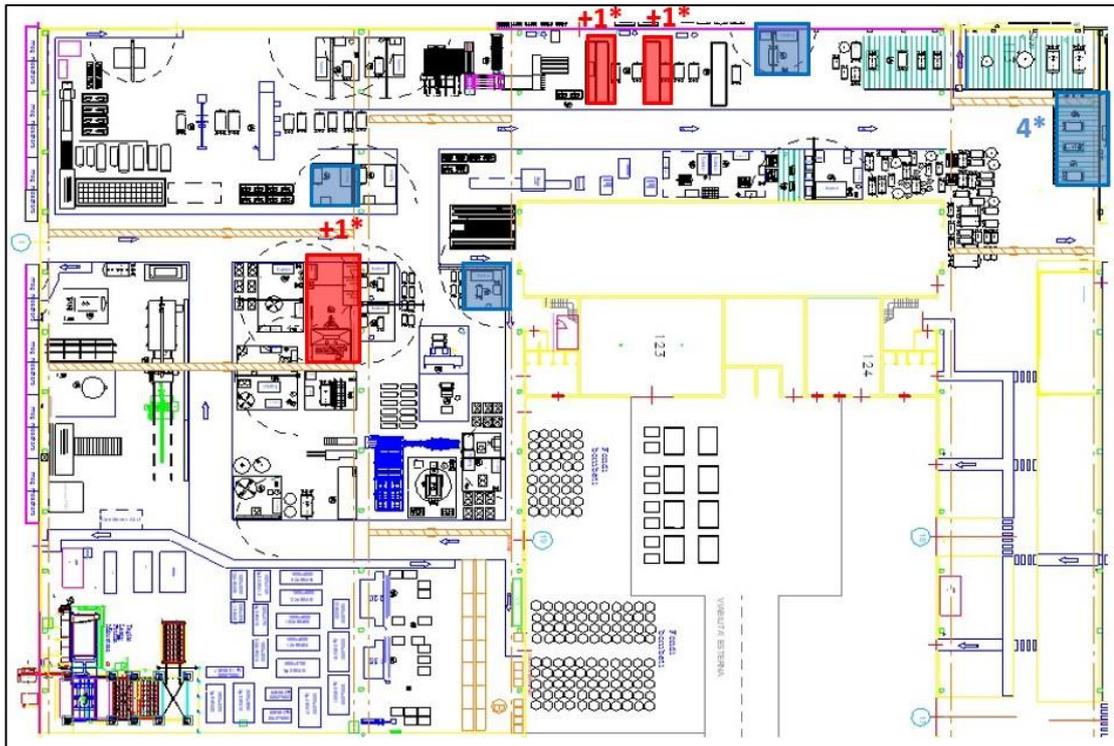


Figura 51 - Risorse necessarie (proposta 2)

Nella proposta 2, si ripresentano le mancanze del robot di saldatura fondi e delle stazioni di saldatura in linea 2 che caratterizzano il layout 1; dal lato opposto, vi è un esubero di box di saldatura manicotti a valle delle linee 1,2 e 3 rispetto alla capacità produttiva al 100%, oltre che ad un grosso incremento delle stazioni di collaudo, che vedrebbero l'aggiunta di 4 stazioni, le quali coprirebbero il fabbisogno produttivo richiesto (figura 51).

## From- to chart: Proposta 2

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		111		88	250					14									28								491
A6-9							1299			5											704						2007
A10		44					240			4									50								338
B1-3		63			32	9				13	17								24		22	36		55			270
B4							813	8		6																	826
B6		21					358														33						412
C		27			33	65					44										185		780	400			1532
R										17											27						43
L	132		41	17		54		22			66	18	87								25	424	108			90	1082
S1	34	9		26	44	15	64			14										10		94	96				405
S2	6			17			396		50			21						60	36	7	50	75		125	52	894	
S3			40	24						14	15					16	112				17	37	209				484
S4				2					15	7	14			24	2	2				12	14			104	15	210	
F1	23			50				3		140							18				22			84		338	
F3							5			99	49			38													191
F4				6						3			1		36												46
T1				8		7	162			4		56		18				16			172					42	484
T2							8				150		26								32						215
P1-3			75							45							23				34				177		354
P4-7							44			21									85				27				176
M1				33	87	15		93	25	18	25		210	44	115		316	105				49			59	25	1219
M3-4	400	750	350		231	66	62	80	308	105	100	110		25						25	245			330	50	3236	
M5											88	209												138	240	675	
M7-9	75		189					74	103	75	22	35	224			46		200			66	66			83	1256	
V									67		158									110		72				407	
X								34	28		26		165								13			12		277	
TOT	670	1025	695	269	676	230	3448	312	595	441	850	478	545	372	153	18	515	181	423	229	646	1705	411	1750	718	514	17863

Tabella 44 - From-to chart (proposta 2)

La seconda proposta si presenta con un miglioramento medio delle movimentazioni a carico minore rispetto alla proposta 1 (3,5%), ma con simili caratteristiche: anche in questo caso il box aggiuntivo permetterebbe di eliminare i fastidiosi contro flussi di serbatoi verso i box di linea 3; l'instaurazione di una cella di lavorazione dei tubi dotata di tavolo di collaudo finale, in questo caso posizionata lungo la parete che allo stato as-is confina con la linea dei serbatoi piccoli, renderebbe tale flusso più corto e meno articolato; l'avvicinamento delle risorse di preparazione fondi ridurrebbe spazi intermedi di stock e distanze per l'approvvigionamento delle linee. D'altra parte, con l'arretramento della linea 1, si avrebbe un aumento sostanziale della distanza tra questa è il collaudo, oltre che a non avere nuovamente grossi miglioramenti circa le movimentazioni che riguardano la linea 3 (tabella 44).

## Impianti di aspirazione mancanti: Proposta 2

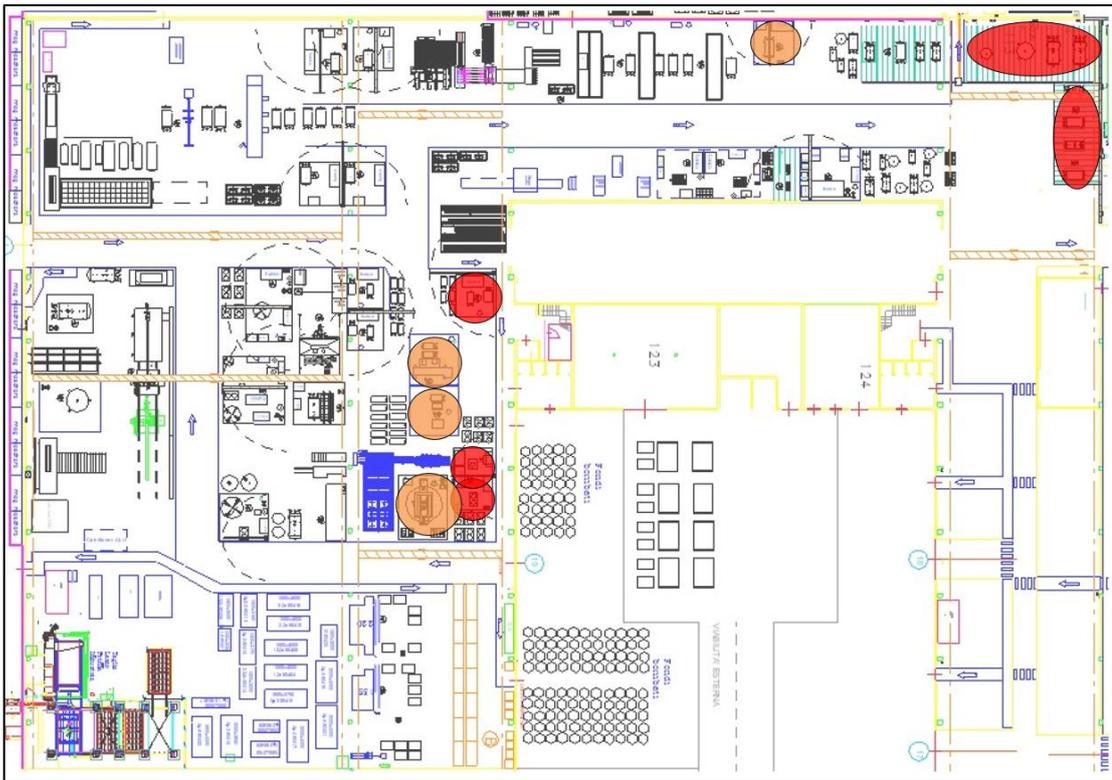


Figura 52 - Impianti di aspirazione mancanti (proposta 2)

Le modifiche all'impianto di aspirazione richieste per la proposta 2 sono assimilabili a quelle della proposta 1 (*figura 52*): in entrambi i casi vi è la necessità di poter coprire tutta la zona di collaudo (in questo caso ampliata rispetto al layout as-is), aggiungere un'uscita per il box di saldatura a fondo linea 2 e nuovamente vi è la necessità di modificare l'impianto di aspirazione per poter raggiungere alcune nuove risorse presenti nella campata più stretta dell'ala grande dell'officina (in questo caso alcuni box della linea dei serbatoi piccoli, robot nuovo di saldatura e box di preparazione fondi).

### 3) Proposta 3

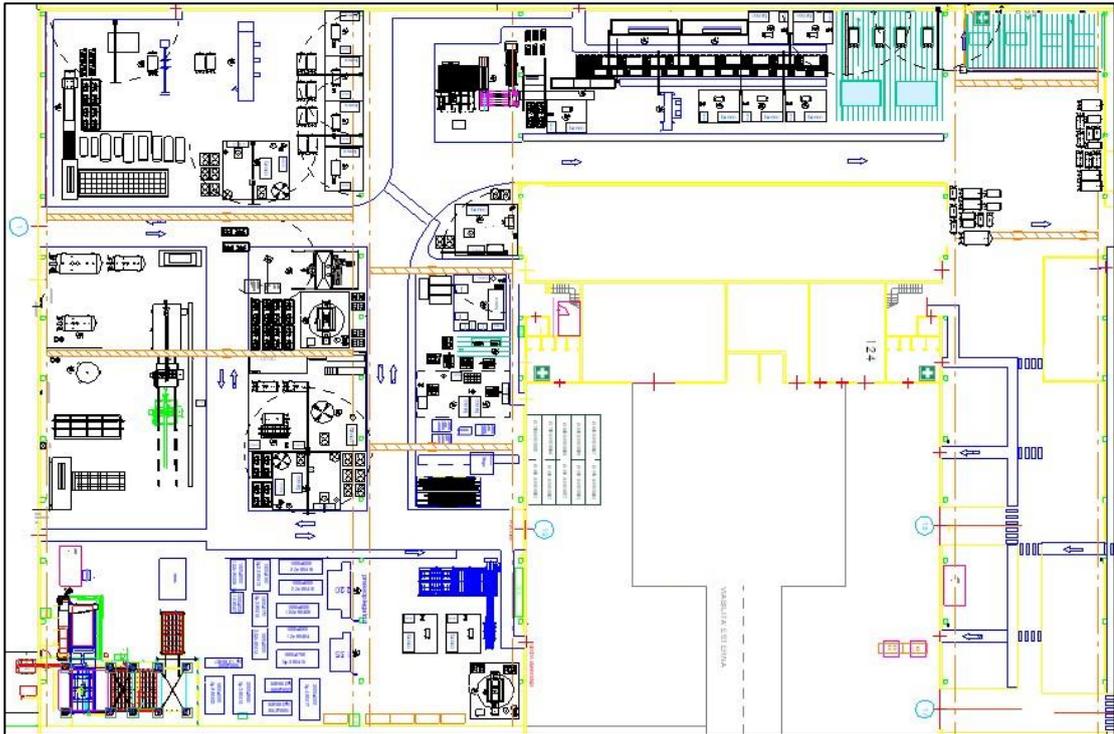


Figura 53 - Proposta 3

La terza proposta (*figura 53*) risulta essere quella maggiormente dispendiosa in termini di costi di spostamento, ma con notevoli innovazioni e progetti di espandibilità futura.

Come di consueto, il reparto di taglio laser non verrebbe riposizionato, mentre le pressopiegatrici avanzerebbero di qualche metro. In questo modo, anche a seguito dello spostamento di parte del magazzino in assemblaggio e di un'altra parte contro la parete, si instaurerebbe una nuova isola produttiva composta dalla stazione di calandratura della linea dei serbatoi piccoli, una stazione di puntatura, una di saldatura circonferenziale e a lato il nuovo robot di saldatura. Questa nuova macro-risorsa servirebbe a lavorare grossi lotti di serbatoi di piccole dimensioni, come i serbatoi da 20 L di capacità da inserire nei kit idraulici.

L'area Ped rimarrebbe pressoché la stessa, riadattando solo alcuni box di saldatura nella zona centrale dell'officina che allo stato as-is ricoprono l'area dove andrebbe ad instaurarsi il robot di saldatura dei fondi e il secondo nuovo robot di saldatura. La zona as-is di saldatura dei tubi verrebbe rimpiazzata da un box di saldatura fondi (bombati).

Il reparto di taglio tubi verrebbe rimodellato in modo da contenere al suo interno tutte le risorse che fanno parte del ciclo di lavorazione degli stessi: la rastrelliera e la sega si sposterebbero verso il portone 19 e ruotate di 180° in modo da favorire l'approvvigionamento di entrambe; a seguire verrebbero inseriti le risorse affiliate alla sega (trapani, grovatrice, ecc.), i due box di saldatura di tubi e collettori ed il tavolo di collaudo; a valle di questa isola si posizionerebbero un box di saldatura misto e il box dei fondi piatti.

La linea dei serbatoi grandi assumerebbe le stesse caratteristiche descritte nella prima proposta di layout, con il secondo box di preparazioni fondi a bordo linea e i box di saldatura dei manicotti in riga, i quali scaricherebbero i semilavorati finiti direttamente sul corridoio in modo tale da essere già in direzione del collaudo.

La grande modifica proposta in questa soluzione riguarderebbe però le linee 1 e 2: infatti, come riscontrato in fase di analisi delle capacità produttive, le calandre delle due linee risultano essere molto scariche; questo potrebbe rendere possibile la condivisione di una calandra unica da parte delle due linee, le quali si svilupperebbero poi in parallelo l'una affianco all'altra (motivo per cui la calandra che allo stato as-is serve la linea 1 verrebbe impiegata nell'isola a destra del portone 19). L'affiancamento delle due linee sarebbe possibile anche grazie allo spazio liberatosi grazie allo spostamento delle risorse della linea 1 e la successiva traslazione del corridoio a muro. Oltre a questo, muterebbe anche il sistema di movimentazione dei materiali: tra le due linee verrebbe instaurato un sistema a rulliera (o simili) per il trasporto dei serbatoi lungo la filiera produttiva, i quali verrebbero prelevati dagli operatori all'interno dei box tramite alcuni manipolatori per l'azzeramento del peso; in questo modo verrebbe meno l'utilizzo del carrello elevatore tra le stazioni delle due linee e i carichi (mediante i manipolatori) verrebbe facilmente prelevati e spostati all'interno e all'esterno dei box senza recare problemi all'operatore.

A valle delle due linee verrebbero lasciati le stazioni di collaudo come allo stato as-is, con l'aggiunta di due vasche per il collaudo ad aria dei serbatoi di piccola dimensione (da valutare poi in seguito se fosse necessario un impiego minore o maggiore): il principio è quello di riempire il serbatoio d'aria (chiaramente dopo aver tappato ogni manicotto, flangia e/o boccaporto) e immergerlo all'interno della vasca piena d'acqua; in caso di perdita, da questo fuoriuscirebbero delle bolle, con conseguente immediata individuazione della perdita.

### Risorse necessarie: Proposta 3

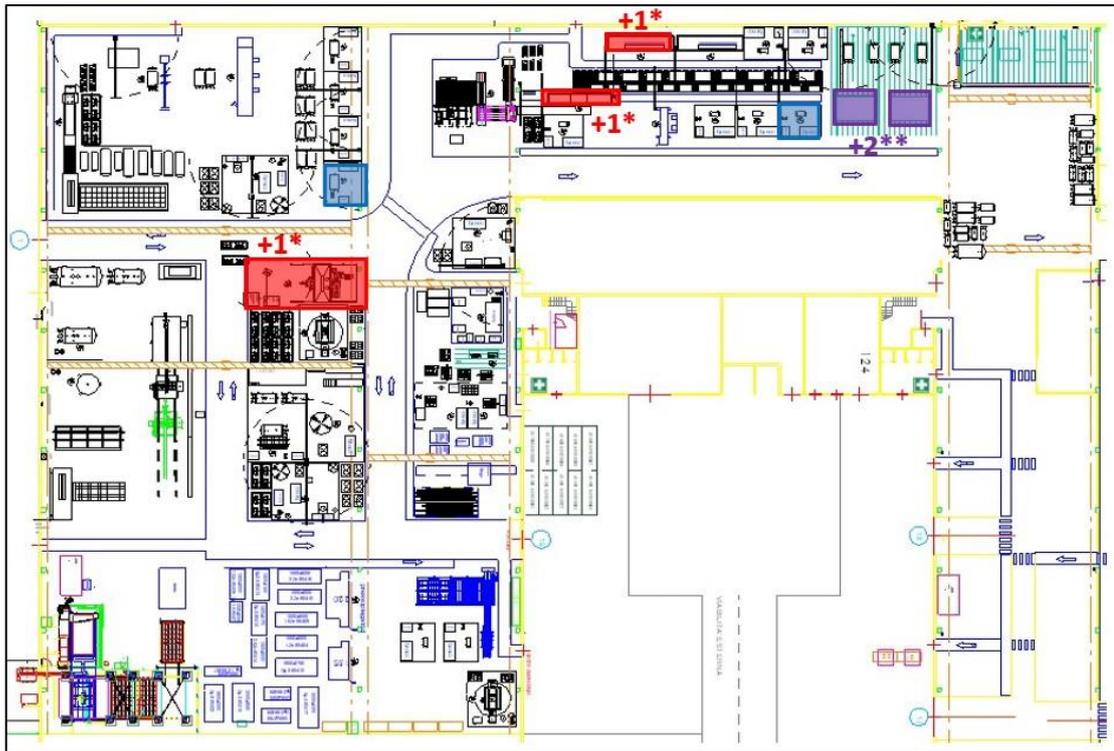


Figura 54 - Risorse necessarie (proposta 3)

Come nei casi precedenti, anche nel layout 3 vi è un sottodimensionamento del robot di saldatura fondi e delle due stazioni di montaggio dei fondi e di saldatura circonferenziale della linea 2, mentre le linee 1 e 3 presentano un esubero di box di saldatura manicotti.

In area collaudo, le due vasche di collaudo dei serbatoi di piccole dimensioni andrebbero ad ampliare certamente la capacità produttiva del reparto, ma al momento dell'analisi non vi erano informazioni attendibili circa le loro prestazioni e i vincoli (figura 54).

### From- to chart: Proposta 3

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		74		85	500					7									28								694
A6-9							1299			3												704					2005
A10		22					80			4									40								146
B1-3		54			53	24				12	24								29		72	43		53			363
B4							125	23		14																	161
B6		5					44															49					98
C		27			5	8						44										185		780	400		1448
R										3												27					30
L	132		31	44		43		18			66	63	114									34	424	108		90	1165
S1	17	6		24	108	31	70				9										7		86	54			411
S2	6			24			396		50				84					29	26	7	56	75		133	48	933	
S3			16	16					10	14						1	4					20	32	198			310
S4				13				19		28	11		24	2	8						42	25		176	17	363	
F1	26			75				11		112							23				25			53		324	
F3						19				41	5		17														81
F4				18						3		17		7													45
T1				17		44	9			27		2		23				4				80				16	221
T2							8					105	14									17					144
P1-3			60									33							19		34				177	323	
P4-7						44						39									85			27		194	
M1				108	240	42		90	34	28	28		368	50	31	160	24					52			60	40	1354
M3-4	400	670	350		329	97	62	81	308	125	100	95		33							25	258		330	48	3309	
M5											88	198												138	236	660	
M7-9	75		174					59	103		80	45	59	140			11		200		121	66			83	1214	
V									67	158										110		72				407	
X							25	24		24		187										20		12			292
TOT	656	858	631	423	1235	288	2154	306	604	388	837	418	842	286	40	9	217	57	408	242	710	1726	392	1754	719	495	16688

Tabella 45 - From-to chart (proposta 3)

La soluzione 3 è quella che presenta il vantaggio maggiore in termini di recupero di viaggi a carico (9,8% - 1804 m), dovuto principalmente all'unione delle linee 1 e 2 sotto un'unica risorsa di calandratura e saldatura longitudinale, con sfogo diretto sull'area di collaudo. Oltre a questo, altri vantaggi proverrebbero dai soliti cambiamenti descritti per i layout 1 e 2: creazione di una cella produttiva per la lavorazione dei tubi e avvicinamento dei box di preparazione fondi alle linee di saldatura (tabella 45).

### Impianti di aspirazione mancanti: Proposta 3

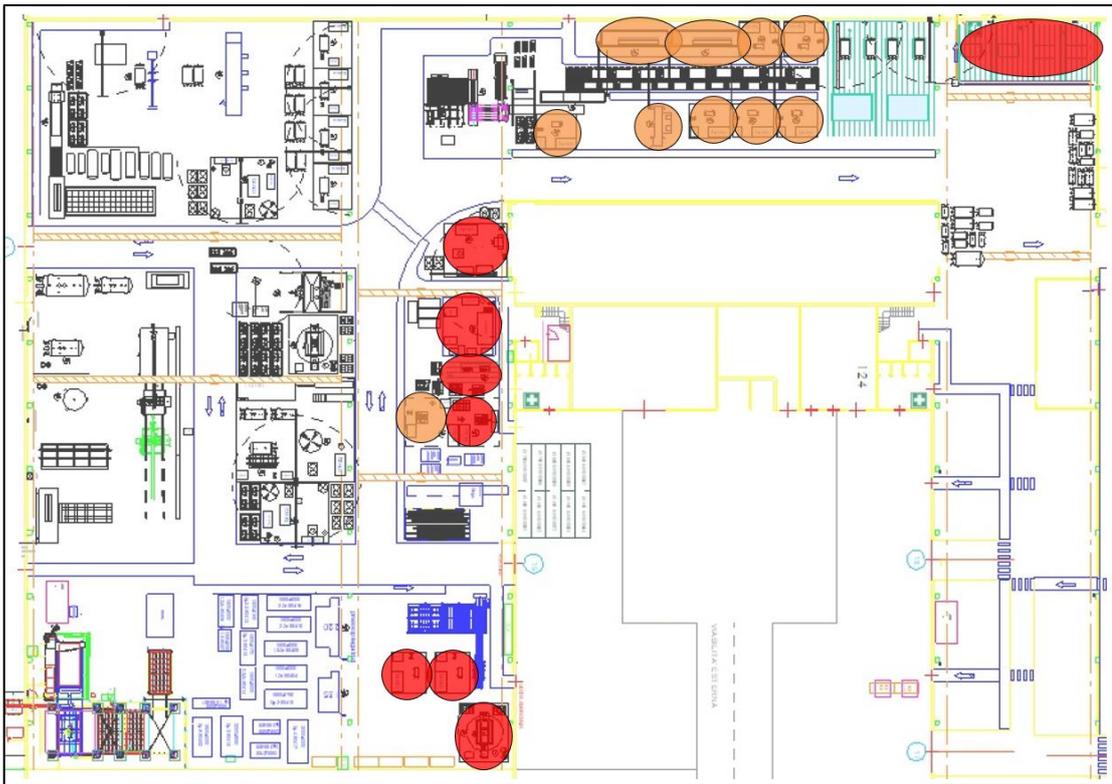


Figura 55 - Impianti di aspirazione mancanti (proposta 3)

La proposta 3 nasce con l'idea di fondere in un'unica zona due linee di saldatura (linea 1 e linea 2), quindi è naturale avere in quel segmento di officina una richiesta di modifiche dell'impianto di aspirazione molto importante (oltre al solito ampliamento dell'impianto sino a fine collaudo). Allo stesso modo, la creazione di un'isola di saldatura in zona magazzino e del raggruppamento di tutte le risorse riguardanti la lavorazione dei tubi (oltre a sega e risorse per foratura, grovatura e filettatura, anche i box di saldatura dei tubi e il tavolo di collaudo) rende necessarie varie modifiche ai rami dell'impianto di aspirazione. Nel complesso, comunque, le zone interessate alle modifiche sono le medesime delle altre due proposte, solamente con una richiesta maggiore di diramazioni per poter raggiungere tutte le risorse che ne necessitano (figura 55).

#### 4) Proposta 4

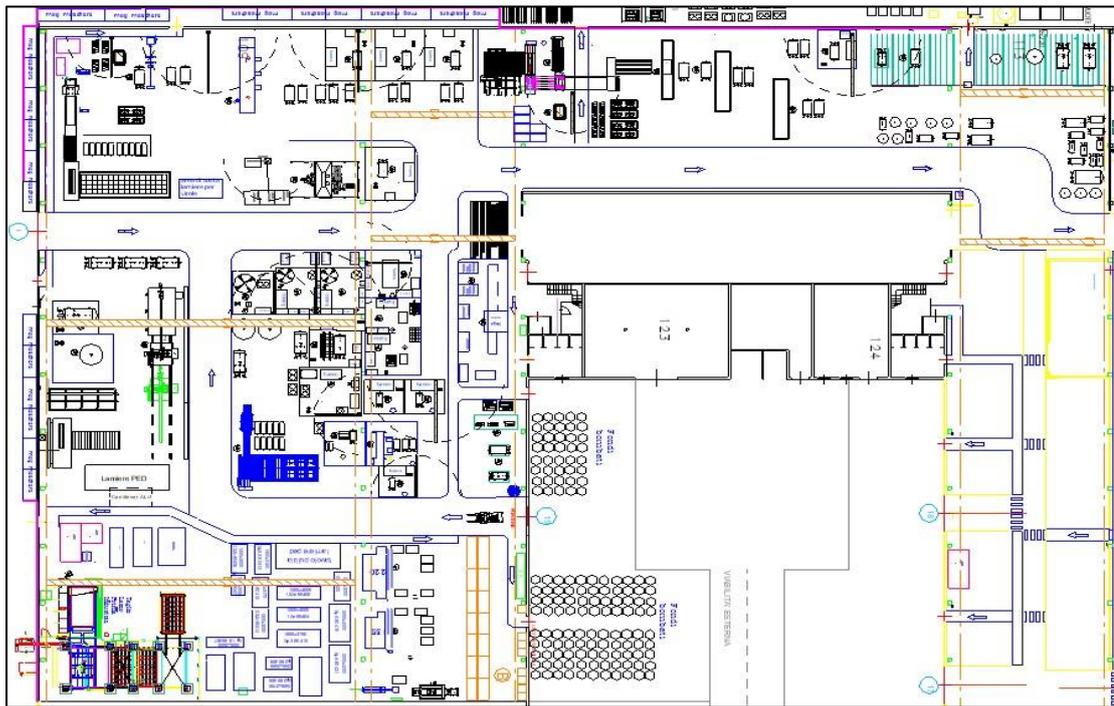


Figura 56 - Proposta 4

L'ultima proposta (*figura 56*) nasce dalla necessità di unire il più possibile i vantaggi delle configurazioni presentate fino ad ora, cercando di limitare il numero di modifiche, considerando il ristretto numero di giorni disponibili per il cambiamento; per questo, il reparto di taglio laser, le pressopiegatrici, il magazzino, la linea 3 e il robot di saldatura fondi non muterebbero rispetto alla soluzione as-is.

La linea 1 si svilupperebbe partendo dalla zona centrale dell'officina sino ad arrivare alla parete confinante con il portone numero 19, presso il quale verrebbero posizionate due pedane per avere il collaudo dedicato alla linea in questione, rendendo quindi necessario l'arretramento della sega per il taglio dei tubi; quest'ultima, a seguito dello spostamento, verrebbe affiancata dai box di saldatura e dal tavolo di collaudo, il quale sarebbe adiacente alle pedane di collaudo della linea 1. Lo scopo è quello di raggruppare in un'unica zona i collaudi delle due risorse, in quanto in futuro l'idea è quella di passare al collaudo ad aria, più veloce e che eliminerebbe il problema di avere eventuali pozze d'acqua a terra, a seguito dello scarico del serbatoio collaudato.

Nella restante zona centrale verrebbero posizionate le risorse di preparazione fondi bombati, piatti e per serbatoi Ped, a scapito del nuovo robot di saldatura (affiancato al magazzino, in attesa di sviluppi riguardo il suo funzionamento e di un eventuale suo

sviluppo) e di due macchine di saldatura ad arco sommerso (longitudinale e circonferenziale) che, a seguito di una decisione aziendale che le ha dichiarate rimovibili per il loro coefficiente di utilizzo molto basso in confronto soprattutto all'area occupata, sono stati eliminate per essere portate nello stabilimento produttivo di Treviso.

Tutto ciò rende possibile l'allargamento della linea 2 come nei layout 1 e 3, con conseguente aggiunta di uno/due box di saldatura a fine linea per la finitura dei serbatoi e/o riparazioni; la pedana di montaggio dei serpentini e la rispettiva gru a bandiera verrebbero spostate a bordo corridoio, rendendo più facile l'asservimento delle ceste di materiale e agevolando gli spostamenti dei serbatoi che richiedono questo tipo di aggiunta; il collaudo perderebbe due stazioni e il tavolo di collaudo dei tubi (riposizionati rispettivamente a valle della linea 1 e della sega).

#### Risorse necessarie: Proposta 4

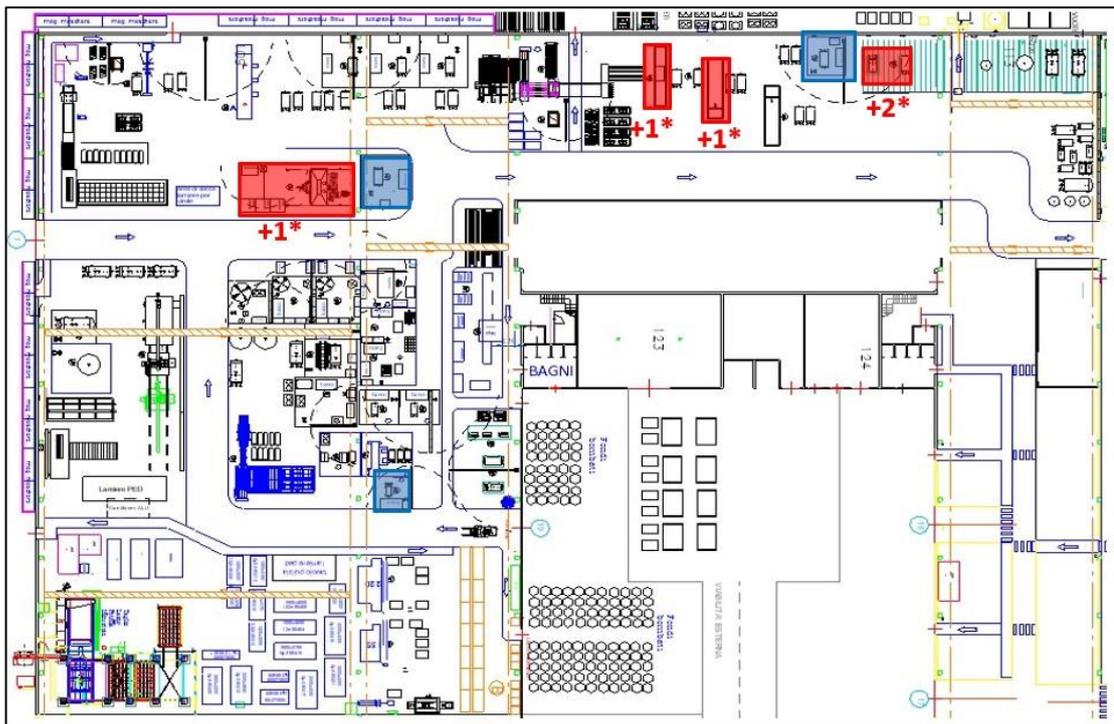


Figura 57 - Risorse mancanti (proposta 4)

L'ultima proposta presenta gli stessi sottodimensionamenti e sovradimensionamenti della proposta 1, eccezion fatta per la saldatura dei manicotti della linea 1 in cui si avrebbe un esubero delle risorse anziché un deficit (figura 57).

## From- to chart: Proposta 4

	A1-5	A6-9	A10	B1-3	B4	B6	C	R	L	S1	S2	S3	S4	F1	F3	F4	T1	T2	P1-3	P4-7	M1	M3-4	M5	M7-9	V	X	TOT
A1-5		148		88	480					53									26								794
A6-9							1299			5												788					2091
A10		22					208			4									50								284
B1-3		180			21	42				3	7								6		18	29		24			329
B4							50	19		4																	73
B6		31					22															29					82
C		27			2	4						44										170		510	1763		2519
R									56													23					78
L	126		1	10		15		20			66		51								25	424	108			153	998
S1	255	9		10	120	30	53				17									12			86	75			666
S2	6						396		50				120					30	20	7	50	75		133	52	938	
S3			2	10							7					8											27
S4				4					9	40				600	31	26					47	5		86		8	854
F1	26			45				4		210								9			24			101		418	
F3							19			15				7													41
F4				4						26			15		21												66
T1				15		6	27			8				9				6				46				12	129
T2							5				75		10								19						109
P1-3			57								35							20			34				173		319
P4-7							44				21								85					27			176
M1				27	30	22		90	25	21	25		75	41	26		80	21				49			59	40	631
M3-4	400	750	395		340	58	57	68	308	168	100			26						25	245			330	50	3318	
M5											88													138	240	466	
M7-9	75		189					102	103		75	25	29	272			15		200		66	66			83	1299	
V									67	158										110		72				407	
X								34	34		33		83								13			12		207	
TOT	888	1167	644	212	993	177	2178	336	595	570	789	25	382	954	78	34	124	57	387	253	491	1723	194	1433	2077	555	17311

Tabella 46 - From-to chart (proposta 4)

L'ultima proposta si presenta con un miglioramento medio della movimentazione a carico dei materiali del 6,4%, corrispondente ad un recupero di 1181 m. Essendo una configurazione ibrida alle altre, i vantaggi che presenta in termini di miglioramento degli spostamenti sono simili a quelli già visti (box aggiuntivo a fine linea 2, cella di produzione dei tubi e avvicinamento dei box di preparazione dei fondi), ma con la sostanziale differenza che in questo caso è stata migliorata la situazione riguardante la linea 1: il collaudo posto a fine linea permetterebbe di abbattere i lunghi spostamenti che dovrebbero subire i serbatoi se questi dovessero arrivare al solo collaudo presente allo stato as-is (tabella 46).

## Impianti di aspirazione mancanti: Proposta 4

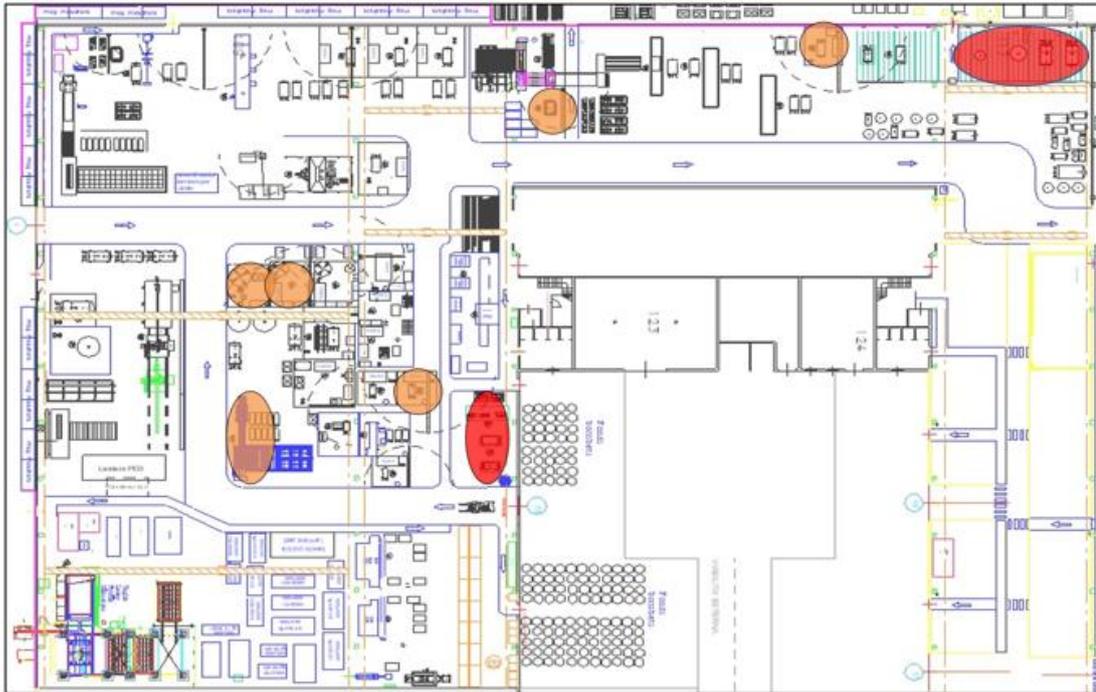


Figura 58 - Impianti di aspirazione mancanti (proposta 4)

La proposta 4 si presenta nuovamente con la richiesta di alcune modifiche nelle due direzioni viste sempre fino ad ora: in questo caso, sull'ala più stretta è necessario allungare l'impianto sino a coprire tutta la zona di collaudo ed aggiungere due collegamenti in linea 2 a causa dello spostamento della piattaforma di saldatura dei serpentini e per il nuovo box di saldatura dei manicotti a fondo linea, mentre nella campata stretta dell'ala grande vi è la solita richiesta di raggiungere alcune risorse quali il collaudo dei tubi e dei serbatoi piccoli, oltre che all'aggiunta di un ramo per un box di saldatura dei manicotti. oltre a ciò, bisogna modificare l'impianto in modo tale da raggiungere i box di saldatura fondi e la calandra della linea 1 (figura 58).

### 5.3.3. La scelta del nuovo layout dell'officina

Come nel caso del reparto di schiumatura, anche in questo la scelta sul tipo di layout da adottare è la risultante di varie considerazioni fatte assieme al team di lavoro, in quanto tutti i layout presentati sono stati considerati come soluzioni migliorative rispetto allo scenario as-is. In *tabella 47* sono elencati alcuni driver che hanno permesso di confrontare tra loro i layout in modo tale da comprendere meglio quale opzione scegliere: per ciascun driver, nel caso in cui il layout proposto risulti essere migliorativo

rispetto al layout as-is e rispetto agli altri viene assegnato un “+”; viceversa un “-” (peggiorativo) o un “=” (isocondizione).

<b>Driver di scelta</b>	<b>Prop. 1</b>	<b>Prop. 2</b>	<b>Prop. 3</b>	<b>Prop. 4</b>
<b>Num. Risorse presenti vs stima fabbis. futuro</b>	-	=	-	=
<b>Costo / congestione handling e stock interoperazionale</b>	=	=	+	=
<b>Costo spostamento</b>	=	=	-	+
<b>Espandibilità futura</b>	=	=	+	+

Tabella 47 - Drivers di scelta nuovo layout officina

Incrociando tra loro tutti i dati a disposizione e tutte le considerazioni fatte, la scelta è stata quella di adottare la proposta 4. Infatti, dalla tabella mostrata sopra, si vede come sia la proposta migliore soprattutto in termini di realizzazione, in particolare nei confronti della proposta 3, altamente innovativa ma richiedente una forte pianificazione ed organizzazione del lavoro tra le due linee di saldatura 1 e 2 e con nuovi metodi di movimentazione del materiale certamente migliori dell’attuale sistema, ma difficilmente implementabili nel breve, e soprattutto in relazione ad un’eventuale espandibilità futura. Di fatto, le considerazioni principali fatte durante le riunioni con il team di lavoro, riguardavano soprattutto l’allargamento della linea 2 senza dover eseguire necessariamente grossi spostamenti. Questo implicava necessariamente una ricollocazione della linea 1, per poter traslare a muro la corsia del carrello elevatore (come avviene nei layout 1, 3 e 4). Inoltre, la disposizione della linea 1 nelle proposte 1 e 2 implicava un utilizzo improprio della risorsa di calandratura e saldatura longitudinale, ovvero senza lo sfruttamento del sistema di espulsione della virola saldata, ma obbligando l’operatore a dover sollevare il semilavorato e scaricarlo manualmente (come da scenario as-is).

Infine, come si può notare dalle from-to chart che accompagnano l’analisi delle proposte, ogni layout, confrontato con lo scenario iniziale, porterebbe ad un miglioramento delle movimentazioni interne, il quale può variare da un minimo di 3,5% per la proposta 2, ad un massimo di 10% per la proposta 3, mentre le proposte 1 e 4 si assestano rispettivamente a 5,7% e 6,4%. I risultati ottenuti dall’analisi delle from-to chart, quindi, indicano che ogni proposta può essere considerata valida dal punto di vista del miglioramento logistico, ma nessuna comporta un vantaggio tale da valutare

quella come la scelta ottimale indipendentemente da altri fattori (come concordato con il team di lavoro).

Tutto ciò ha portato alla scelta della disposizione delle risorse secondo il layout 4, il quale oltretutto non richiedeva necessariamente la costituzione di un layout transitorio, ma già completamente attuabile in tutte le sue parti.

## 6. Valutazione degli investimenti

L'ultima analisi da eseguire riguarda la valutazione degli investimenti, per poter comprendere se le attività svolte hanno portato realmente ad un miglioramento della produzione rispetto allo scenario as-is.

Nel paragrafo che segue, la valutazione degli investimenti verrà suddivisa in due parti: prima verrà discussa la parte riguardante il layout di schiumatura, in seguito si analizzerà l'investimento fatto per la ridefinizione del layout dell'officina; nella trattazione non è stato incluso l'inserimento dei magazzini automatici verticali, in quanto non sono ancora presenti all'interno dello stabilimento e quindi non si hanno né dati concreti circa il miglioramento dell'efficienza, né dati sui relativi costi di installazione.

In entrambi i casi, per il calcolo del payback period è stata utilizzata come metro di giudizio la differenza di incidenza del costo della manodopera tra lo stato as-is e to-be, calcolata tramite la formula che segue:

$$\text{Incidenza Mdo } (\text{€}/\text{serb}) = \frac{\text{Costo Mdo } (\text{€}/g)}{\bar{N} \text{ serbatoi } (pz/g)}$$

Equazione 1

In cui:

- $\bar{N} \text{ serbatoi } (pz/g) = \text{numero medio di serbatoi realizzati al giorno}$

- $\text{Costo Mdo } (\text{€}/g) = \text{Costo Mdo unitario } (\text{€}/g) * \bar{N} \text{ operatori}$

Equazione 2

Dopodiché, individuata la differenza tra incidenza della manodopera per serbatoio prodotto allo stato as-is e to-be, si calcola il numero di prodotti da realizzare per poter rientrare dall'investimento

$$Prodotti da realizzare = \frac{Costo tot investimento (\text{€})}{(Differenza incidenza Mdo (\text{€}/serb))}$$

Equazione 3

e successivamente il numero di giorni necessari per realizzarli

$$N^{\circ} \text{giorni}_{\text{payback period}} = \frac{Prodotti da realizzare}{\bar{N} \text{ serbatoi}_{\text{to-be}} (pz/g)}$$

Equazione 4

a cui può aggiungersi l'equivalente in numero di settimane lavorative semplicemente dividendo per 5 il numero di giorni ottenuto.

### 6.1. Valutazione degli investimenti: reparti di schiumatura e taglio

Per la ridefinizione dei layout di schiumatura e taglio sono stati necessari quattro giorni per invertire le due aree tra loro (durante i quali la produzione era ferma per la pausa estiva), a cui si deve aggiungere un giorno per l'instaurazione del sistema costituito dal binario su cui si muove la schiumatrice appoggiata sul carrello.

Le spese sostenute per poter eseguire tale spostamento sono state di vario tipo, in quanto l'intervento richiedeva una modifica sia degli impianti elettrici, sia dei macchinari, oltre che alla loro movimentazione da una zona all'altra (tabella 48).

Voce di costo	Costo (€)
Sistema binario-carrello	14000
Impianto elettrico	10300
Torretta macchina schiumatrice	5000
Altre spese	1500
<b>Totale</b>	<b>30800</b>

Tabella 48 - Spese per ridefinizione reparto schiumatura

In *tabella 49* sono invece stati inseriti i dati relativi ai costi della manodopera, al numero medio di operai impiegati allo stato as-is e to-be e al numero medio di prodotti realizzati nei due diversi scenari. Con i dati presenti in tabella è stato calcolato il costo totale della manodopera (*equazione 2 – par. 6.*) e successivamente l'incidenza del costo della manodopera per serbatoio prodotto nei due scenari (*equazione 1 – par. 6.*).

	<b>As-is</b>	<b>To-be</b>
Costo Mdo (€)	168	168
Numero medio op. impiegati	4	6
Prodotti realizzati	26	50
Costo Mdo per serbatoio prodotto (€)	25,85	20,16

Tabella 49 - Calcolo dell'incidenza del costo della mdo per serbatoio (schiumatura)

La differenza tra il costo della manodopera per serbatoio prodotto allo stato as-is e to-be dà un'indicazione su quale sia il risparmio per ogni pezzo realizzato (5,69 €/serbatoio) e sfruttando l'*equazione 3 (par. 6.)* si ottiene il numero di serbatoi da realizzare per il rientro dall'investimento. Applicando infine l'*equazione 4 (par. 6.)*, si trova il numero di giorni che identifica il payback period. Tutti i risultati ottenuti sono stati riassunti in *tabella 50*.

<b>Differenza costo Mdo (€/serbatoio)</b>	<b>5,69</b>
<b>Prodotti da realizzare</b>	<b>5417</b>
<b>Giorni necessari</b>	<b>109</b>
<b>Settimane lavorative necessarie</b>	<b>21,8</b>

Tabella 50 - Calcolo del payback period (schiumatura)

Dall'analisi si evince quindi che per poter rientrare pienamente dall'investimento, sono necessarie 21,8 settimane di lavoro.

Il reparto di taglio, oggetto della modifica del layout insieme al reparto di schiumatura, è stato incluso nel calcolo dell'investimento solo come voce di costo, in quanto l'obiettivo della ridefinizione dell'area era quello di aumentare la produzione del reparto di schiumatura, mentre il reparto di taglio non era al centro dell'analisi.

## 6.2. Valutazione degli investimenti: reparto officina

L'approccio utilizzato per il calcolo del payback period relativo alla ridefinizione del layout del reparto officina è il medesimo utilizzato per la valutazione economica dell'investimento fatta per il reparto di schiumatura.

La sostanziale differenza tra le due trattazioni è che in questo caso l'investimento ha riguardato solo la modifica del layout a parità di tecnologia produttiva, quando in precedenza vi era stata una modifica sia dell'area di lavoro, sia del sistema produttivo impiegato. In questo caso, quindi, è possibile apprezzare maggiormente quanto la sola modifica del layout abbia migliorato l'efficienza produttiva, impiegando lo stesso tipo di approccio di lavoro utilizzato precedentemente e con la sola maggiorazione di tre operai rispetto allo stato as-is.

I costi sostenuti per l'investimento sono dovuti all'impiego di aziende esterne per la modifica degli impianti di aspirazione, gas, aria e luce, oltre che alla movimentazione di macchinari e di attrezzature quali ad esempio le gru a bandiera. In *tabella 51* sono state riassunte tutte le voci di costo.

<b>Voce di costo</b>	<b>Costo (€)</b>
Impianti di aspirazione	7100
Impianto elettrico	5000
Spostamenti e modifiche altri impianti	17000
<b>Totale</b>	<b>29100</b>

Tabella 51 - Spese per ridefinizione reparto officina

Come per il caso precedente, anche in questo il calcolo è stato fatto fornendo in entrata l'incidenza della manodopera per ogni pezzo realizzato nei due scenari as-is e to-be, tramite l'utilizzo dell'*equazione 1* (*par. 6.*), in cui si rapporta il costo totale della manodopera (*equazione 2 – par. 6.*) con il numero medio di serbatoi prodotti al giorno.

	<b>As-is</b>	<b>To-be</b>
Costo Mdo (€)	168	168
Numero medio op. impiegati	43	46
Prodotti realizzati	77	88
Costo Mdo per serbatoio prodotto (€)	93,82	87,82

Tabella 52 - Calcolo dell'incidenza del costo della mdo per serbatoio (officina)

In seguito, i passaggi seguiti per l'individuazione del payback period sono stati i medesimi eseguiti per il reparto di schiumatura: è stata calcolata la differenza tra l'incidenza della manodopera negli scenari as-is e to-be (6,00 €/serbatoio) e poi tramite l'*equazione 3* (par. 6.) sono stati individuati i serbatoi necessari per ottenere il rientro dall'investimento. Successivamente, applicando l'*equazione 4* (par. 6.) è stato ottenuto il numero di giorni necessari per poter realizzare tale numero di serbatoi, a cui poi è stato aggiunto il calcolo del numero di settimane lavorative dividendo il valore trovato per 5.

I risultati ottenuti sono stati inseriti in *tabella 53*.

<b>Differenza costo Mdo (€/serbatoio)</b>	6,00
<b>Prodotti da realizzare</b>	4850
<b>Giorni necessari</b>	56
<b>Settimane necessarie</b>	11,2

Tabella 53 - Calcolo del payback period (officina)

Il risultato è che per poter rientrare dall'investimento sono necessarie 11,2 settimane di lavoro.

## 7. Conclusioni

La trattazione ha avuto come obiettivo la descrizione di tutte le attività di miglioramento svolte durante il periodo di tirocinio presso l'azienda Fiorini Industries S.r.l. tramite la partecipazione ad un progetto di collaborazione università-azienda assieme all'Università di Bologna.

Il progetto ha avuto come focus principale la ridefinizione del layout produttivo, ma sin da subito gli argomenti trattati si sono allargati anche verso altre aree aziendali che potevano risultare inerenti o meno con l'obiettivo iniziale; in questo modo è stato possibile esaminare l'azienda in tutte le sue parti, avendo quindi una visione orizzontale della realtà in cui ci si è immersi, senza limitarsi a conoscere un solo segmento della stessa.

Le attività di miglioramento sono state svolte grazie al lavoro congiunto del team (formato da varie figure aziendali e con un organico dinamico durante tutte le fasi del progetto), con il quale si ha avuto un continuo confronto sia durante le fasi di analisi, sia durante le fasi di elaborazione delle proposte migliorative.

Seppur gli obiettivi del progetto di miglioramento del layout e del processo produttivo siano stati portati a termine, attualmente ci sono diverse attività in corso d'opera che sono state iniziate e risultano essere in stato di avanzamento: innanzitutto, i magazzini automatici verticali, citati nella trattazione nel *par. 5.2.* e di cui è stata descritta un'analisi preliminare. Con il loro arrivo si avrà un nuovo sistema di stoccaggio del materiale integrato direttamente con il sistema informativo, che renderà possibile un controllo più accurato e puntuale della situazione delle scorte a magazzino, oltre che ad una nuova ridefinizione del layout, che porterà ad avere nuove aree libere impiegabili per la produzione.

In secondo luogo, seppur il layout dell'officina sia da considerarsi definitivo, al termine della ridefinizione del reparto sono state fatte alcune simulazioni per poter modificare nuovamente l'area, in modo tale da migliorare maggiormente le movimentazioni dei materiali: infatti sono state avanzate alcune ipotesi di rotazione della calandra della linea 3 che permetterebbe un accentramento delle risorse di montaggio fondi e saldatura circonferenziale, con l'obiettivo di rendere i serbatoi in uscita da quest'ultima facilmente prelevabili dai box di finitura, senza l'utilizzo della carrello elevatore.

Infine, l'azienda ha deciso di acquistare un software MES (Manufacturing Execution System) per supportare, controllare e gestire la produzione, a seguito della necessità di risolvere le criticità in fase di pianificazione<sup>[6]</sup>. L'integrazione del software nel sistema informativo sarà una delle attività che maggiormente coinvolgeranno l'azienda nei prossimi mesi, sia in fase di

implementazione, sia nella successiva fase di apprendimento all'utilizzo del software e delle risorse che questo offre.

Per concludere, è doveroso precisare che Fiorini Industries è un'azienda in forte espansione e le analisi eseguite che hanno fatto emergere le criticità trattate nell'elaborato hanno avuto come unico scopo quello di stimolare le attività di miglioramento del processo produttivo, vero tema principale del progetto. Tali problematiche risultano essere comuni per aziende come questa che stanno intraprendendo la transizione da media a grande dimensione e quindi devono cercare di rinnovare alcune metodologie che negli anni sono divenute obsolete.

Per queste ragioni, all'interno dell'elaborato non ci si è soffermati sui numerosi aspetti positivi di sviluppo e crescita presentati dall'azienda, ma che comunque sono stati evidenziati durante l'intero periodo di tirocinio.



## **Bibliografia**

- [1] PARESCHI A., *Impianti industriali*, Società Editrice Esculapio, Bologna, 2007
- [3] Catalogo Fiorini Industries 2022
- [5] PARESCHI A., PERSONA A., FERRARI E., REGATTIERI A., *Logistica integrata e flessibile*, Società Editrice Esculapio, Bologna, 2011

## **Sitografia**

- [2] *Fiorini Industries*, <https://www.fiorini-industries.com/>
- [4] *Modula*, <https://www.modula.eu/>
- [6] *Qualitas Informatica*, <https://www.qualitas.it/>