

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

TESI DI LAUREA

in:

Sistemi di Produzione Avanzati

**RIPROGETTAZIONE DELLE LINEE DI ASSEMBLAGGIO DEI
BRACCI TELESCOPICI: IL CASO MANITOU ITALIA**

CANDIDATO

Matteo Donnini

RELATORE:

Chiar.ma Prof.ssa Cristina Mora

CORRELATORI:

Chiar.mo Prof. Emilio Ferrari

Ing. Arlind Demaj

Ing Francesco Salvatore

Fabio Galletti

Anno Accademico 2018/2019

Sessione III

INDICE

Introduzione	5
Capitolo 1: Manitou Group	6
1.1 Presentazione dell'azienda	6
1.2 La nascita di Manitou Italia	7
1.3 Il sollevatore telescopico	8
1.4 I modelli prodotti da Manitou Italia	11
Capitolo 2: Il layout dei sistemi produttivi	14
2.1 Analisi P-Q e tipologie di layout	14
2.2 Elementi per lo studio e progettazione del layout	17
2.3 Documenti utilizzati nello studio del layout	17
2.3.1 Foglio di Processo Monoprodotto	19
2.3.2 Foglio di Processo Multiprodotto	20
2.3.3 Matrice di Origine – Destinazione (From-To Chart)	21
Capitolo 3: Situazione AS-IS	22
3.1 Analisi P-Q in Manitou Italia	22
3.2 Layout della situazione AS-IS	23
3.3 Ciclo di Montaggio del braccio telescopico	25
3.3.1 Foglio del Processo Operativo Monoprodotto in Manitou	28
3.4 Analisi dei flussi della situazione AS-IS	33
3.4.1 Analisi dei flussi fra le postazioni della linea	34
3.4.2 Analisi dei flussi a carico degli operatori ausiliari	40
3.5 Obiettivi del progetto	55
Capitolo 4: Definizione della linea ideale	58
4.1 Analisi dei fattori determinanti	58
4.2 Layout della nuova linea di assemblaggio	60
4.2.1 Soluzione A	60
4.2.2 Soluzione B	62
4.2.3 Soluzione C	64

4.3	Scelta del layout migliore	65
Capitolo 5: Cambiamento della sequenza di montaggio		68
5.1	Studio delle precedenze tecnologiche	68
5.2	Diagramma delle precedenze tecnologiche	70
5.3	Nuova sequenza di montaggio	71
5.4	Vantaggi della nuova sequenza di montaggio	74
5.4.1	Riduzione del numero e del tempo delle movimentazioni	74
5.4.2	Miglioramento della qualità del prodotto	75
Capitolo 6: Situazione TO-BE		78
6.1	Linea dei bracci telescopici rotativi	79
6.2	Linea dei bracci telescopici fissi	88
6.3	Analisi dei flussi fra le stazioni della linea	92
6.4	Analisi dei flussi a carico degli operatori ausiliari	95
Capitolo 7: Bilanciamento delle linee di assemblaggio		103
7.1	Definizione del Takt Time	103
7.2	Definizione della sequenza produttiva	104
7.2.1	Linea Bracci MRT e Light	104
7.2.2	Linea Bracci MVT	105
7.2.3	Postazione L601	105
7.3	Dimensionamento degli operatori	105
7.3.1	Dimensionamento operatori linea bracci MRT e Light	106
7.3.2	Dimensionamento operatori linea bracci MVT	107
7.3.3	Dimensionamento operatori postazione L601	108
Capitolo 8: Impatto Economico		109
Capitolo 9: Conclusioni		114
Bibliografia		116
Ringraziamenti		117

Introduzione

Progettista, produttore, distributore e fornitore di servizi di movimentazione, sollevamento e movimento terra; Manitou è azienda leader nella movimentazione fuoristrada.

Lo studio svolto presso Manitou Italia S.R.L. nello stabilimento produttivo di Cavazzona tratta la valutazione di un re-layout: l'obiettivo è analizzare la fattibilità tecnica ed economica della riprogettazione di due linee di montaggio dei bracci telescopici in un'altra area aziendale.

Questo progetto nasce dalla costruzione di un nuovo stabilimento produttivo ubicato proprio accanto a quello già esistente. In tale sito verranno spostate alcune linee produttive lasciando delle aree vuote nello stabile esistente. Proprio lo spazio che si libererà sarà destinato al premontaggio dei bracci.

Il braccio è l'elemento meccanico che caratterizza e contraddistingue i diversi modelli di sollevatori telescopici Manitou in quanto tale componente determina l'allungamento e la portata massima che la macchina può sopportare. I bracci assemblati andranno poi ad asservire le linee delle macchine fisse e rotative.

L'elaborato vuole introdurre l'azienda presentando la linea di prodotti che realizza e il mercato al quale si rivolge. Verrà presentata la situazione AS-IS: l'attuale disposizione delle linee dei bracci analizzando le criticità riscontrate. Successivamente si andranno a proporre alternative di layout portando alla luce miglioramenti adottabili a livello tecnico e in ottica Lean Manufacturing confrontando vantaggi e svantaggi delle varie proposte.

L'analisi del flusso dei materiali aiuterà a comparare le diverse soluzioni. Inoltre, anche se questo fatto viene spesso trascurato, cambiamenti di layout potrebbero portare anche ad una riduzione del Flow Time del pezzo con rispettive riduzioni di costo del prodotto.

Si valuteranno le attrezzature necessarie da acquistare o semplicemente trasferire nella nuova area e si effettuerà un'analisi costi-benefici.

L'obiettivo è quello di presentare una situazione TO-BE completa, quantificare i benefici e risolvere le problematiche che nasceranno inevitabilmente da un cambiamento di questa portata.

Capitolo 1: Manitou Group

1.1 Presentazione dell'azienda

Nel 1958, Marcel Braud sognava l'idea di una macchina nuova. "Perché non invertire il design di un trattore agricolo e aggiungere un montante di sollevamento e sterzo idraulico ad esso?"

Nacque il primo carrello elevatore fuoristrada.



Figura 1: prototipo di un carrello elevatore fuoristrada

Oggi il Gruppo Manitou ha ancora sede ad Ancenis, Francia, ma è composto da 28 filiali, 11 siti di produzione, 8 centri logistici per pezzi di ricambio e 10 centri Manitou situati in tutto il mondo per garantire la vicinanza ai clienti e un servizio su misura per le loro esigenze.

Nel 2018 ha registrato ricavi per 1,9 miliardi di euro, l'80% dei quali è stato generato a livello internazionale. Il gruppo conta attualmente 4.400 dipendenti. Con il 64% del capitale della società di proprietà delle famiglie fondatrici, la società, quotata alla Borsa di Parigi dal 1984, rimane saldamente ancorata ai suoi valori familiari.

Le linee di prodotti del gruppo comprendono:

- sollevatori telescopici fuoristrada fissi, rotanti e per tonnellaggio pesante
- carrelli elevatori fuoristrada, semi-industriali e industriali

- pale skid, cingolate e pale articolate
- piattaforme aeree



Figura 2 Sollevatore telescopico rotativo MRT 3050 Privilege Plus su stabilizzatori

1.2 La nascita di Manitou Italia

Negli anni settanta nasce la ditta FARG produttrice di gru.

Era un'azienda a livello artigianale con circa una decina di dipendenti e in grado di realizzare 3 o 4 macchinari al mese. Per mezzo di un contatto diretto con il titolare della FARG ha origine la collaborazione con Manitou Francia. Il colosso francese diventa azionario di maggioranza e viene stipulato un accordo tecnico commerciale col quale la FARG diventa Manitou Italia, ha piena autonomia di progettazione e realizzazione di sollevatori telescopici e può sfruttare la rete commerciale mondiale di Manitou Francia.

Manitou Italia quindi manterrà una certa autonomia gestionale nonostante sia legata alle scelte politiche, economiche e strategiche al Gruppo Manitou.

In Italia Manitou Group ha conquistato una posizione di leader di mercato, nonostante negli ultimi anni la concorrenza si sia notevolmente sviluppata soprattutto nella produzione delle cosiddette "macchine fisse", cioè sollevatori telescopici che differiscono dalle macchine rotative perché lavorano solo frontalmente e non hanno capacità di rotazione. Così nel 1993 Manitou lancia il primo sollevatore telescopico rotante: MRT 1540 è la prima macchina rotativa del gruppo.

Questa gamma di prodotti, che può ruotare di 360°, arricchisce l'offerta per i professionisti dell'edilizia. Gli MRT sono progettati e prodotti a Castelfranco, nello stabilimento italiano del gruppo.

Oggi, in Italia, sono presenti due stabilimenti produttivi quello di Castelfranco Emilia e quello di Cavazzona in cui è stato svolto lo studio. Manitou Italia nel 2018 ha prodotto un fatturato di 315 Milioni di euro incidendo per un 18% sul totale del fatturato di tutto il gruppo.

1.3 Il sollevatore telescopico

Ancor'oggi la filiale italiana del gruppo è specializzata nella progettazione e produzione dei sollevatori telescopici. Un sollevatore telescopico (in inglese "Telescopic Handler" o "Telehandler") è una macchina in grado di sollevare, trasportare e trainare diversi tipi di carichi pesanti su ampie distanze e altezze. Questa definizione deriva dal fatto che il mezzo può "trasformarsi" ed adempiere funzioni diverse a seconda degli accessori che vengono montate su di esso. Per esempio si può utilizzare come carrello elevatore, piattaforma aerea, trattore, ruspa, minipala compatta o gru, semplicemente cambiando ogni qualvolta l'apposita attrezzatura. Infatti nel braccio del sollevatore telescopico si possono montare i seguenti accessori:

- **Portaforche e posizionatori** che consentono di sollevare e trasportare merci poste su pallet e pedane, questo accessorio facile da agganciare tramite l'aggancio rapido trasforma il sollevatore telescopico in un carrello elevatore.
- **Pinze:** si può dotare il braccio telescopico di diverse tipologie di pinze a seconda del lavoro da svolgere. Esistono pinze o forche ideali per il trasporto di tronchi ed arbusti. Invece la pinza per balle è un accessorio utile in agricoltura per la raccolta e lo spostamento di balle di paglia o fieno. Vi sono pinze in grado di movimentare sia balle di forma quadrata o circolare.



Figure 3 e 4: Morsetto quadrato per balle Manitou.

- **Benne:** questi strumenti vengono realizzati in diverse versioni per soddisfare al meglio le esigenze dell'utilizzatore finale. La benna con grifa per l'agricoltura è specifica per la raccolta e il desilaggio mentre la benna per il settore ambientale o per cereali ha una forma particolarmente concava e può ospitare al suo interno un notevole volume; questa permette il carico di grandi quantità di materiale all'interno di camion o silos.



Figura 5: High Capacity Agricultural Bucket

- **Argano idraulico:** questo tipo di accessorio è simile al verricello ma non possiede il braccio di prolunga, si differenzia perché è più potente e sfruttando una leva più corta può sollevare anche carichi gravosi.
- **Cestelli porta persone** per sollevare operatori in luoghi difficilmente raggiungibili.
- **Spazzatrici:** utile alla pulizia di strade e piazzali da detriti e polveri, grazie alla funzione aspiratrice convoglia i detriti all'interno in modo ermetico.

- **Braccetti:** con questa attrezzatura il sollevatore telescopico diventa una vera e propria gru.



Figura 6: Braccetto di prolunga con argano

- **Idropultrici ad alta pressione**
- **Accessori per lavori minerari:** come ad esempio le pinze Manitou adatte a tutti i tipi di pneumatici.



Figura 7: Pinze per Pneumatici Manitou

I sollevatori telescopici possono essere classificati in due grandi famiglie, quelli **fissi** e quelli **rotativi**. I primi sono quelli di uso più comune possono effettuare il sollevamento solo frontalmente, hanno un prezzo d'acquisto o di noleggio più contenuto e sono particolarmente utilizzati in Edilizia e in Agricoltura per lo svolgimento dei compiti più comuni. Quelli con cabina e braccio rotante sono maggiormente utilizzati per lavori e cantieri particolarmente scomodi.

1.4 I modelli prodotti da Manitou Italia

I 2 siti produttivi italiani producono sia sollevatori telescopici fissi sia quelli rotativi.

Dal nome del modello possiamo ricavarne subito le caratteristiche tecniche principali della macchina, infatti un MRT 2150 è un telehandler di tipo Rotativo con un braccio capace di allungarsi di 21 metri e sollevare un carico di 50 quintali. Mentre un MLT 961 è di tipo Fisso in grado di allungarsi di 9 metri e sollevare fino a 61 quintali.

I telehandler fissi realizzati da Manitou Italia sono:

- MHT 790 e 860: i modelli MHT sono sollevatori telescopici per grossi tonnellaggi specializzato nella movimentazione di carichi pesanti e voluminosi. Eccelle sui terreni accidentati grazie a caratteristiche quali 4 ruote motrici e direttrici, elevata altezza dal suolo, rapporto peso/potenza e forza di trazione. È possibile manipolare carichi fino a 9 tonnellate su terreni fangosi o sabbiosi usufruendo della visibilità a 360°. Trasmissione idrostatica e motore a consumo moderato garantiscono una sapiente combinazione di potenza e precisione durante l'uso di uno dei numerosi accessori compatibili disponibili.
- MLA 533: è la più compatta versione di sollevatore telescopico. L'allungamento massimo è di 5 metri mentre il carico massimo è di 22 quintali. Questa versione è utilizzata prevalentemente in agricoltura, infatti il suo design è pensato per i lavori sui terreni più sconnessi garantendo manovrabilità e prestazioni in tutti i terreni. Infine ha compatibilità con un'ampia gamma di accessori Manitou come tutta la gamma di benne agricole, il morsetto e le pinze per balle e la spazzatrice.
- MLT 845 e 961: la gamma MLT è dedicata alle grandi aziende agricole e al settore ambientale. Progettato per cicli di utilizzo intensivi, la robustezza di questo sollevatore è accentuata da un braccio in 2 elementi e da assali rinforzati. La trasmissione idrostatica e il cambio meccanico a 2 marce offrono agilità e precisione nelle movimentazioni per una maggiore efficienza nelle attività quotidiane

I sollevatori telescopici Manitou con cabina e braccio rotante sono:

- MRT EASY 1440, 1640 e 1840: I modelli "Easy" garantiscono la possibilità di eseguire un maggior numero di movimentazioni in meno tempo rispetto ad un sollevatore telescopico classico abbassando i tempi e migliorando la produttività. Tutto

ciò preservando la sua versatilità in quanto, cambiando facilmente e rapidamente gli accessori, può essere un sollevatore, una gru o una vera piattaforma aerea.

- MRT EASY 2145 E 2545: questa nuova gamma di sollevatori telescopici può essere considerata un giusto compromesso tra i modelli Easy e i Privilege. Infatti mantengono la semplicità di utilizzo e la velocità dei modelli Easy ma riescono a sollevare carichi più importanti quasi a livello dei Privilege.
- MRT PRIVILEGE PLUS 2150, 2550, 2470, 3050, 3255: i modelli MRT Privilege+ sono sollevatori telescopico fuoristrada, a quattro ruote motrici e direttrici, a rotazione continua. L'intera gamma è perfettamente adatta a lavorare in maniera efficace in tutti i cantieri con delle capacità di carico impressionanti.



Figura 8: sollevatore telescopico MRT Privilege Plus

Le caratteristiche tecniche di un sollevatore telescopico si possono riassumere su un diagramma di carico. È un grafico in cui le ordinate rappresentano l'altezza dal suolo e le ascisse la distanza dal sollevatore e quindi l'allungamento del braccio.

All'interno del grafico si trovano delle curve che indicano il massimo carico sollevabile a seconda dell'allungamento del braccio e dell'altezza da terra.

Una rappresentazione del Diagramma di Carico viene riportata in Figura 9.

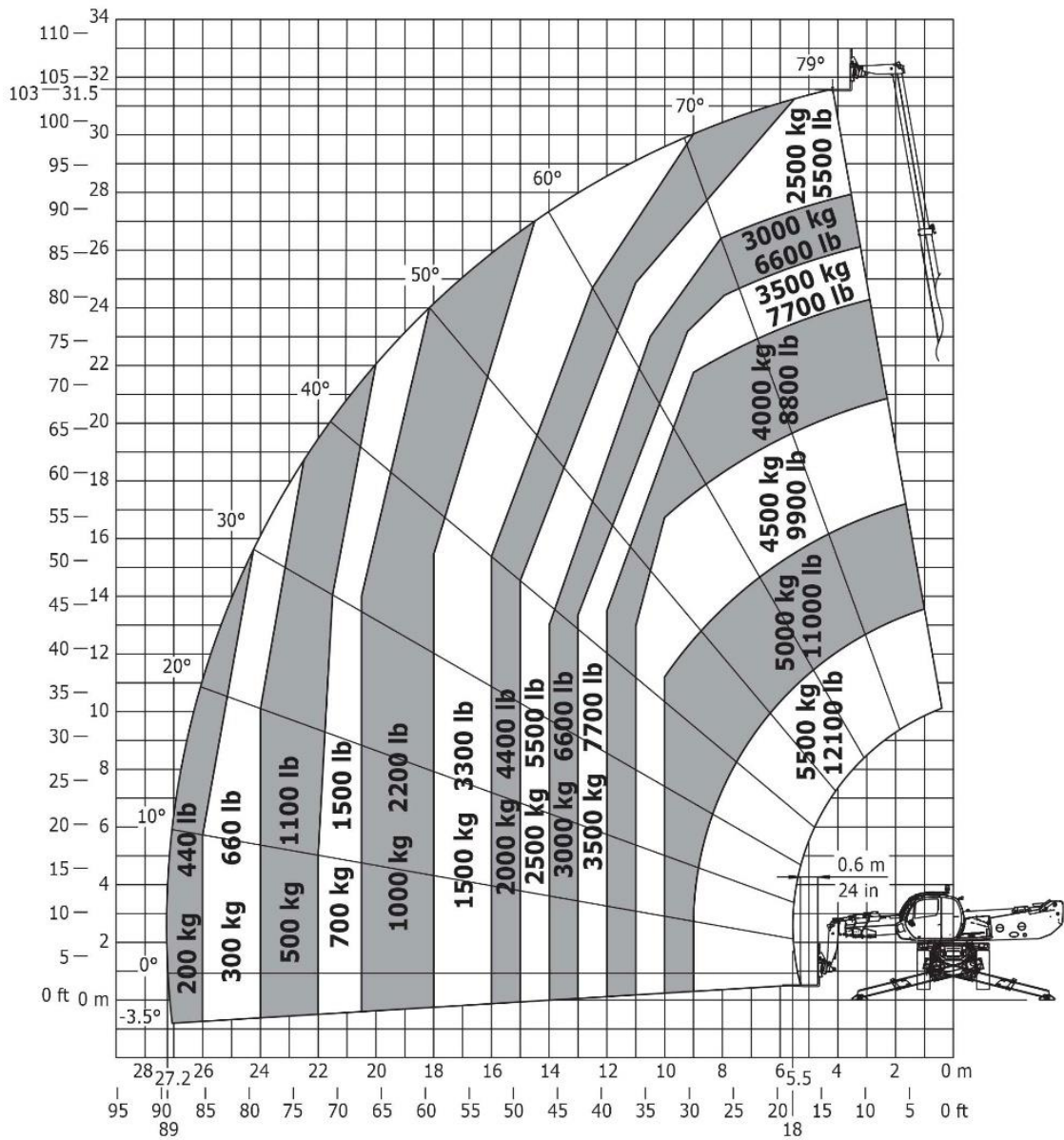


Figura 9: Diagramma di carico con stabilizzatori di un MRT 3255

Capitolo 2: Il layout dei sistemi produttivi

2.1 Analisi P-Q e tipologie di layout

La disposizione planimetrica delle macchine e delle attrezzature che costituiscono l'impianto tecnologico principale e degli impianti di servizio dipende dal tipo e numero di prodotti da realizzare e quindi dal processo da eseguire.

Per cui bisogna prima raccogliere informazioni sulla gamma dei prodotti P e sulle corrispondenti quantità produttive Q. Si definisce "mix produttivo" l'insieme dei tipi di prodotto o modelli diversi fabbricati dall'azienda.

Il risultato di questa raccolta dati è il Diagramma P-Q in cui sulle ascisse vengono riportati le varie tipologie di prodotti mentre nelle ordinate le quantità.

Le quantità annuali per ciascun modello vengono poste in ordine decrescente come si vede nel seguente istogramma.

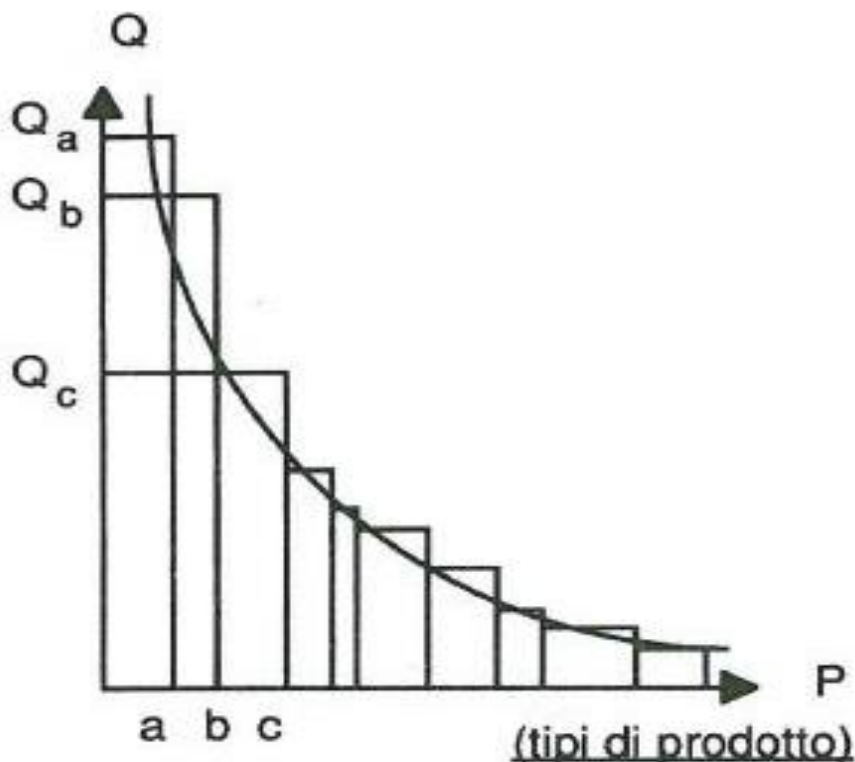


Figura 10: istogramma P-Q

In questa analisi si suddividono i vari prodotti in famiglie, dopodichè si calcola la potenzialità Q per ciascun gruppo. A questo punto nel diagramma si possono individuare almeno 3 zone come mostrato graficamente.

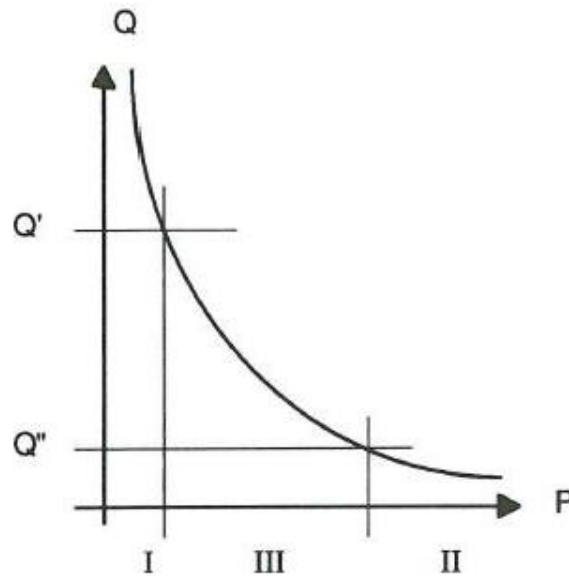


Figura 11: Diagramma P-Q diviso in zone

Zona I: “layout per prodotto” o “produzione in linea”

I prodotti appartenenti alla zona I hanno volumi di produzione elevati quindi si prediligono metodi di produzione di massa attraverso linee di produzione dedicate. La collocazione delle macchine e delle altre risorse tecnologiche e umane rispecchia la successione delle operazioni del ciclo tecnologico del prodotto.

Questi sistemi produttivi sono caratterizzati da poche varietà che si “muovono velocemente” in linee di produzione dedicate. Si tende ad utilizzare un layout per prodotto soprattutto quando la lavorazione è limitata ad uno o pochi prodotti (o famiglie di prodotti) standard e quando si ha un grande volume di produzione di ciascun prodotto.

I vantaggi principali di aver un layout per prodotto sono:

- Minor tempo complessivo di produzione
- Minor scorte di produzione
- Semplificazione del controllo della produzione e possibilità di attuare analisi dei tempi e dei metodi per il controllo della produttività
- Minor superficie di stabilimento richiesta per unità di prodotto
- Minor costo totale dei trasporti di materiale.

Per contro, però, una volta creata una linea di produzione essa è rigida e poco flessibile ai mutamenti. Ogni singolo cambiamento potrebbe essere oneroso in termini di tempo e di costo.

Zona II a: “layout per processo” o “produzione per reparti”

Quest’area è caratterizzata da una piccola quantità per ogni prodotto. I semilavorati si “muovono lentamente” da un reparto all’altro. La manodopera interviene in maniera considerevole e vi è necessità di macchinari “universali”; non sono consigliabili grandi investimenti in automazione rigida e nelle attrezzature di trasporto che, anzi, devono essere molto flessibili. Non è conveniente in questi casi dedicare una linea per ciascun prodotto, piuttosto è preferibile creare reparti specializzati di lavorazioni omogenee.

Applicando la produzione per reparti si può ottenere:

- Minor duplicazione di macchinari e quindi minori investimenti in attrezzature fisse
- Maggior flessibilità di produzione
- Controllo e supervisione più specializzati quindi più efficaci
- Maggiori possibilità di ovviare ad avarie dei macchinari

Zona II b: Layout a punto fisso

Le condizioni per applicare questo tipo di produzione sono le stesse del punto II a con la differenza che il bene da realizzare non si muove ma resta fermo in un unico punto e le attrezzature per le sue lavorazioni vengono disposte intorno al prodotto.

Si tende ad utilizzare questo layout quando il prodotto è difficile da movimentare in quanto ingombrante e/o molto pesante. Un esempio di questo tipo di produzione possono essere i grandi aeroplani di linea: sono macchine di enormi dimensioni difficili da movimentare con dei sistemi di trasporto automatizzati e prodotti in piccole quantità.

Questo genere di produzione porta all’ampliamento delle capacità professionali dei dipendenti, alla maggior responsabilità degli operatori in quanto questi partecipano attivamente all’intera vita del prodotto. Inoltre la flessibilità produttiva consente notevoli variazioni nelle caratteristiche del prodotto e nella varietà dei prodotti a fronte di un minimo investimento di capitale nel layout.

Zona III a: Layout misto

È una situazione se possibile da evitare. Le difficoltà strutturali ed operative conseguenti alla compresenza di linee e di reparti di produzione si ripercuotono sul sistema logistico che richiederà mezzi non omogenei e quindi non potrà essere gestito in maniera unitaria.

Zona III b: Layout per famiglie di prodotto

È la zona intermedia del Diagramma P-Q: le quantità di ogni prodotto preso singolarmente non favoriscono la creazione di linee dedicate che non saranno economicamente giustificate. La risposta innovativa a questa situazione è quella di ricorrere all'aggregazione di più prodotti simili in famiglie; corrispondentemente la numerosità della famiglia diventa tale da giustificare una linea dedicata alla famiglia di prodotti. Necessariamente la linea deve essere flessibile in quanto lavora prodotti simili ma non uguali.

2.2 Elementi per lo studio e la progettazione del layout

Gli elementi guida nello studio e nella progettazione del layout sono essenzialmente:

- 1. Il flusso dei materiali e i rapporti tra le attività di produzione**
2. I rapporti fra le attività di servizio
3. I rapporti bilaterali tra le attività di produzione e di servizio.

Lo studio ha l'obiettivo di riprogettare e disporre due linee di produzione partendo da un layout esistente e, non avendo la possibilità di modificare la disposizione tutte le attività confinanti sia di produzione che di servizio, si è deciso di focalizzarmi soprattutto sul punto uno.

2.3 Documenti utilizzati nello studio del layout

L'analisi del flusso dei materiali viene eseguita ricorrendo a strumenti diversi a seconda della zona interessata del diagramma P-Q.

- **Zona I, Layout per prodotto:** in questo caso si utilizza il Foglio Di Processo Produttivo (monoprodotto o multiprodotto) e si ottiene al termine la stesura del Diagramma Di Lavorazione che rappresenta con simbologia unificata il flusso dei materiali da una fase alla successiva del ciclo tecnologico di ciascun prodotto.
- **Zona II, Layout per processo:** si utilizza il Foglio Di Origine Destinazione che permette di evidenziare i flussi bidirezionali di materiali fra due reparti e di redigere il

Diagramma dei rapporti fra reparti privilegiando la vicinanza dei reparti interessati da forti scambi di materiali.

- **Zona III a, Layout misto:** si possono utilizzare alternativamente i metodi sopradelineati per le prime due zone.
- **Zona III b, Layout per famiglie di prodotti:** solitamente quando si hanno linee di produzione di famiglie di prodotti simili dal punto di vista tecnologico e dimensionale si segue sostanzialmente la metodologia vista per la produzione nella zona 1.

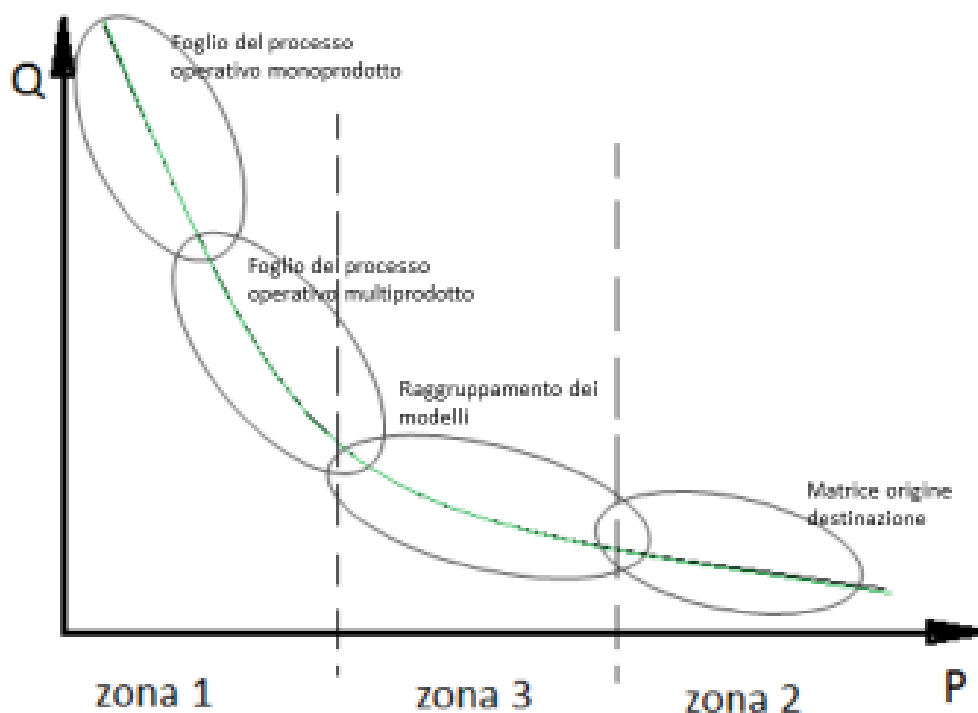


Figura 12: documenti utilizzati nelle diverse zone

2.3.2 Foglio di Processo Multiprodotto

Nel caso in cui ci si trovi in una situazione di Layout per Famiglie di prodotto si utilizza solitamente il Foglio del Processo Operativo Multiprodotto come nell'esempio mostrato in figura.

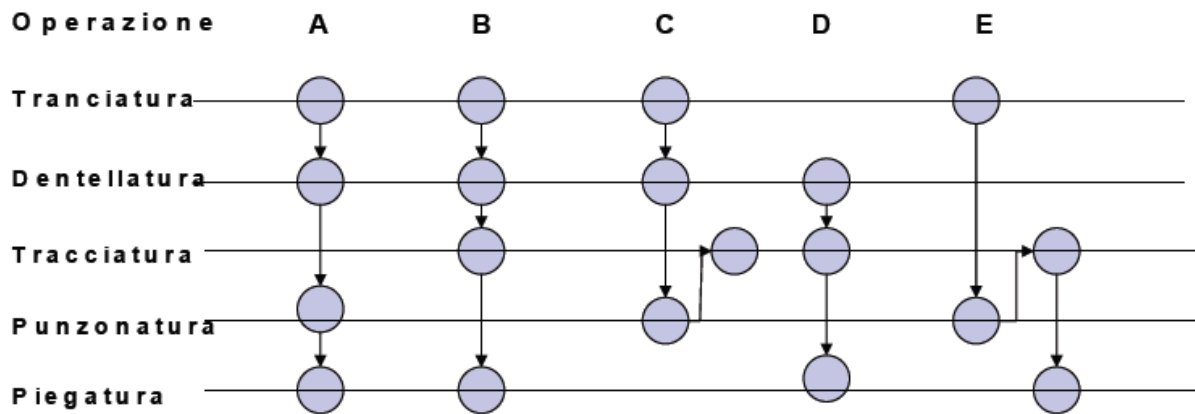


Figura 14: esempio di Foglio di Processo Multiprodotto

Sul lato sinistro vengono elencate le varie operazioni attraverso le quali passano i vari modelli. Sul lato superiore vengono elencati per colonne vari prodotti.

In questa versione il documento non presenta l'intensità dei flussi di materiale però ci dà un'informazione importante su eventuali reflussi. Per esempio se disponessimo nel layout le attrezzature progressivamente come riportato nell'immagine, i prodotti C ed E dovrebbero tornare indietro per eseguire la tracciatura.

2.3.3 Matrice di Origine-Destinazione (From-To Chart)

Sintetizza graficamente in una matrice i viaggi tra vari reparti o varie zone di partenza e arrivo di materiale. Si utilizza quando il numero di prodotti, semilavorati o materiali diventa elevato, per questo motivo è utile utilizzarlo quando si studiano Layout Per Processo.

Nella colonna di sinistra e nella prima riga in alto vengono elencati in ordine tutti i punti di partenza e arrivo dei materiali chiamati Control Points.

impianto _____ progetto _____
 eseguito da _____ con _____
 data _____ pag. _____ di _____

modelli riportati _____ base dei valori _____

attività o operazione a																					totali		
attività o operazione da	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
totali																							

NOTE: _____

Figura 15: modello di una Matrice From-To

Capitolo 3: Situazione AS-IS

3.1 Analisi P-Q in Manitou Italia

Seguendo i modelli prodotti nello stabilimento di Cavazzona da Manitou Italia srl si può giungere ad un Diagramma P-Q paragonabile a quello esposto nel capitolo precedente.

Sulle ordinate dell'istogramma si pone il numero di sollevatori prodotti e venduti nell'ultimo anno (il periodo va dal 1 Ottobre 2018 al 30 Settembre 2019) mentre nelle ascisse le famiglie di prodotto. Infatti sono già stati incorporati i singoli modelli nelle rispettive famiglie di prodotto.

La suddivisione eseguita per ricavare il grafico sottostante prevede il raggruppamento dei prodotti secondo le tecnologie che stanno alla base dei sollevatori e descritte nel primo capitolo, ovvero:

MRT: sollevatori telescopici rotativi

MVT: sollevatori telescopici fissi

Inoltre è stata inserita una terza famiglia che in seguito verrà chiamata MRT Light o ancora più semplicemente Light. È costituita sempre da bracci MRT, ovvero bracci rotativi che possono raggiungere le altezze maggiori in assoluto, fino a 30 metri di allungamento.

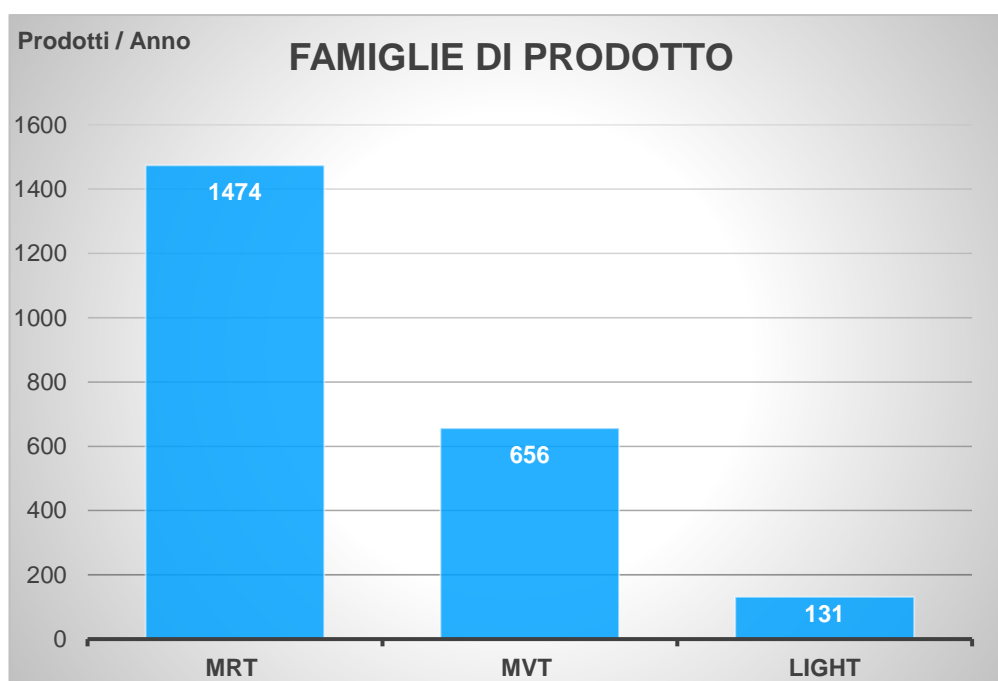


Figura 16: Diagramma P-Q per famiglie di prodotto

Considerando le sole 3 famiglie di prodotto, Manitou decise di dedicare una linea di produzione per ciascuna famiglia adottando quella che in precedenza abbiamo descritto come **Layout per Famiglia di Prodotti (Zona IIIb)**.

È facile capire la scelta di Manitou per le prime due famiglie in quanto i volumi sono elevati mentre per i modelli MRT Light ci si è orientati verso questa strada (nonostante la quantità sia sotto i 200 pz/anno) per i seguenti motivi:

- Evitare la creazione di un Layout Misto che avrebbe creato problemi di coordinamento e gestione non uniforme dei materiali e della logistica.
- Sfruttare alcuni premontaggi (fra cui quello dei bracci di carico) che vengono fatti per la linea MRT e che possono essere sfruttati anche per la linea Light.

3.2 Layout della situazione AS-IS

Nello stabilimento sono presenti 3 grandi linee principali in cui scorrono i sollevatori telescopici (MRT, Light, MVT) e 2 linee per i premontaggi dei bracci telescopici.

Una linea per i modelli dei bracci MVT composta da 4 postazioni, mentre una linea dei bracci rotativi composta da 8 postazioni. In quest'ultima linea vengono assemblati sia i bracci che andranno alla linea principale MRT sia quelli per la linea principale Light.

La linea dei bracci rotativi ha una forte discontinuità come si può osservare nella figura sottostante. Questo crea la suddivisione della linea in due “semilinee” con problemi di gestione e tempi elevati per la movimentazione dei prodotti. Con le frecce si vuole indicare il percorso che seguono i prodotti lungo la linea. Come si può osservare, nonostante sia un premontaggio, il braccio di carico è un elemento molto importante non solo dal punto di vista tecnico ma anche dei tempi di montaggio e degli spazi occupati nell'impianto di assemblaggio.

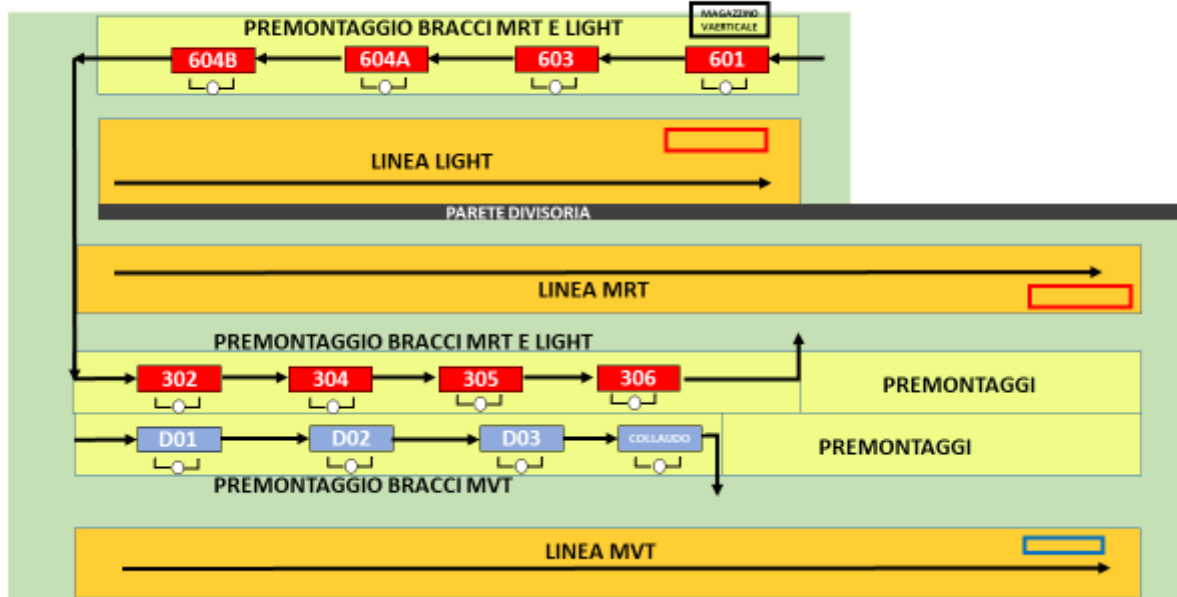


Figura 17: Layout situazione AS-IS

Le linee delle macchine MVT ed MRT sono divise da una zona centrale adibita ai premontaggi (tra cui parte del premontaggio dei bracci). Invece in un'altra area dello stesso stabilimento si trovano parallele la Linea Light e la prima parte del montaggio dei bracci.

Elementi chiave da tenere in considerazione e rappresentati in figura sono:

- **Il magazzino verticale** presente nella prima postazione dei bracci rotativi (601) che consegna all'operatore in tempo mascherato i martinetti di sfilo; componenti di grandi dimensioni che vengono caricati dall'esterno dagli operatori logistici. L'operatore della postazione L601 quando ha bisogno del pezzo lo chiama inserendo il codice a terminale e mentre torna a fare altri assemblaggi, autonomamente il magazzino preleva dalle cassette il componente e lo scarica fino alla postazione dove l'operatore, finita l'operazione di prelievo, ha il pezzo a disposizione per essere montato.

Siccome è utilizzato solo per un 40% dello spazio totale, l'azienda vorrebbe inserire nel magazzino anche i cilindri e altri componenti per i bracci MVT visto che probabilmente si sposteranno in quest'area dello stabilimento. Si rimanda tale valutazione ai prossimi capitoli.

- **La distanza tra il collaudo dei bracci finiti e la zona di asservimento della linea** che è rappresentata in figura da un rettangolo rosso per i bracci MRT e LIGHT e da uno blu per quelli fissi. Viene sottolineato ciò in considerazione del tragitto che i bracci

finiti devono percorrere dall'ultima postazione del premontaggio alla zona di asservimento nella linea delle macchine. L'obiettivo sarà sempre di minimizzare tali distanze cercando di avere il collaudo dei bracci (ultima postazione) prossimo alle linee dei sollevatori.

- **La prova collaudo** costituisce l'ultima postazione per entrambe le famiglie dei bracci (postazioni L306 e COLLAUDO).

L'operazione chiave in queste postazione è il controllo dell'allungamento del braccio che richiede uno spazio diverso per le due famiglie di prodotto. Mentre nei bracci MVT si arriva ad un massimo di 9 metri di allungamento, nella famiglia dei rotativi si deve prevedere fino a 30 metri di spazio per l'allungamento.

3.3 Ciclo di montaggio del braccio di carico

Come già affermato, il criterio principale per l'analisi di questo re-layout è l'analisi dei flussi. Però, per determinare il flusso dei materiali bisogna conoscere il ciclo di lavorazione e/o montaggio.

Il braccio rotativo (MRT e Light) è costituito da 4 sfili; con il termine "sfilo" s'intende il numero di estensioni del braccio. Per esempio se ogni sfilo avesse una lunghezza di 6 metri la totale lunghezza del braccio sarebbe di 24 metri in quanto ogni 6 metri uscirebbe un elemento che in condizioni di riposo rimarrebbe all'interno del braccio.



Figura 18: 3° sfilo di un modello Mrt che viene scaricato su un carrello

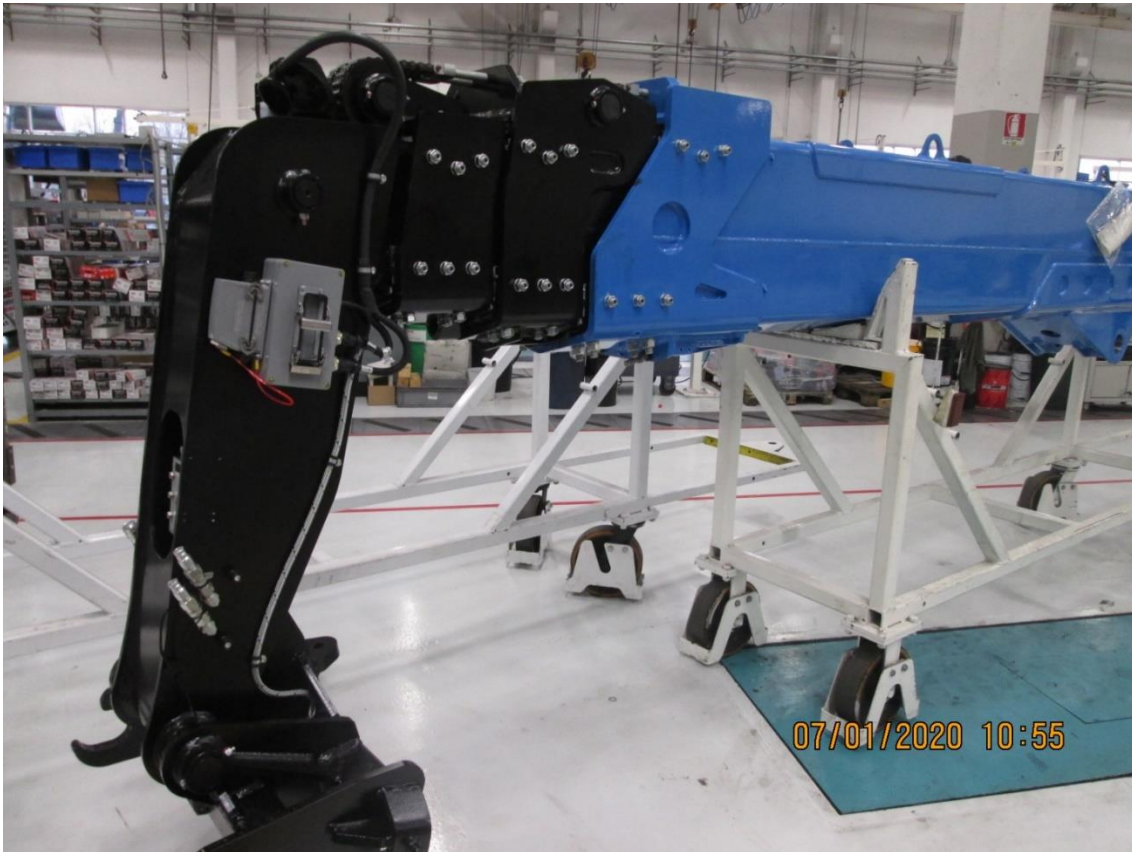


Figura 19: braccio MRT completo e collaudato costituito da 4 sfili

Le operazioni che permettono di avere un braccio telescopico rotativo finito da asservire alle linee MRT e LIGHT possono essere raggruppate in una serie di macro operazioni che elencherò di seguito.

- **Scarico dei bracci dal contenitore ai carrelli mobili:** operazioni eseguite con l'ausilio del carro ponte e del bilanciere a causa dei pesi e delle lunghezze di ciascuno sfilo. Tutti gli sfili che compongono un braccio arrivano in un contenitore adatto a contenerli tutti in modo che il carrellista faccia un viaggio unico per portare la carpenteria necessaria per realizzare un prodotto. L'operatore li movimenterà in un carrello mobile (uno per ciascun sfilo) che permetterà lo scorrimento degli sfili lungo la linea.
- **Ingrassaggio:** gli sfili vengono ingrassati internamente cosicché il movimento dei pattini lungo lo sfilo, durante l'apertura completa di tutto il braccio, sia agevolato da tale materiale.
- **Montaggio dei tubolari laterali:** vi è un tubolare per ogni sfilo che viene movimentato tramite un paranco e viene avvitato alla destra del braccio. All'interno del tubolare

verranno inseriti i tubi idraulici e sopra il tubolare verrà appoggiata la catenaria in plastica

- **Montaggio delle catene in ferro:** esse permettono il movimento degli sfili quando si va ad aprire il braccio. Vengono movimentate tramite un paranco e appoggiate sopra lo sfilo. Poi vengono montate su di esse gli altri elementi che formano il Kit Catene ovvero i pettini con perni e coppiglie, i tiranti e le carrucole.
- **Montaggio delle catenarie in plastica:** in esse scorrono i tubi idraulici; la catenaria viene posta dall'operatore su un banco apposito e viene allungata. Si inseriscono i tubi idraulici e poi si monta il premontaggio sopra al tubolare precedentemente descritto.
- **Inserimento degli sfili sul braccio esterno:** è la fase che ha come output un braccio con gli sfili al suo interno. Da qui in poi scorrerà un unico prodotto lungo la linea e non tutti gli sfili distinti.
- **Montaggio del martinetto di sfilo e di brandeggio:** il martinetto di sfilo è un cilindro con una valvola idraulica che, quando azionato, permette l'apertura del braccio di carico movimentando il primo sfilo. È montato all'interno del braccio. Il martinetto di brandeggio viene assemblato nella parte anteriore del braccio ed è collegato al TS permettendo così il suo movimento tramite un circuito idraulico.
- **Montaggio del TS:** è il componente che completa la parte anteriore del braccio e su cui vengono montati tutti gli accessori. Infatti il TS è collegato alla scatola di derivazione chiamata anche "riconoscimento accessori".
- **Prova al banco collaudo:** il carter viene avvitato al braccio e protegge tutta la zona destra dei tubolari e delle catenarie. La prova al banco collaudo è il controllo che tutto l'impianto idraulico funziona a dovere. Viene eseguito su un banco collaudo apposito e viene aperto completamente il braccio. In termini di spazio è una postazione molto onerosa in quanto il modello MRT 3050 richiede fino a 30 metri di lunghezza per permettere l'apertura.

Il braccio MVT, invece, arriva al massimo a 9 metri di allungamento per cui sono sufficienti 2 sfili per tutti i modelli di questa famiglia. Inoltre ci sono delle differenze notevoli rispetto ai bracci dei modelli rotativi in quanto questo componente è più "semplice" e non deve subire allungamenti importanti come i bracci MRT.

Le macro-operazioni per questi prodotti sono:

- Scarico dei bracci dal contenitore ai carrelli:
- Ingrassaggio
- Montaggio della canalina
- Inserimento dei tubi idraulici
- Inserimento degli sfili nel braccio esterno
- Montaggio del martinetto di sfilo e di brandeggio
- Montaggio del TS e prova al banco collaudo dei tubi idraulici e dello sfilo del braccio.

3.3.1 Foglio del Processo Operativo Monoprodotto in Manitou

Dopo aver analizzato le macro-operazioni sono passato ad un livello di dettaglio maggiore per capire quali sono le distinzioni tra i vari modelli. Per fare ciò è utile stilare un Foglio di Processo Operativo Monoprodotto in cui scomporre le varie fasi di lavorazione.

Questo documento ha diversi obiettivi:

- Come già descritto permette di entrare nel dettaglio delle operazioni di montaggio e analizzare le esigenze dei diversi modelli ed eventualmente le attrezzature che l'operatore deve avere per eseguire al meglio il lavoro.
- Se si aggiunge al documento i tempi necessari al completamento di ciascuna operazione si può calcolare il carico di lavoro che ha ogni operatore ed eventualmente ribilanciare la linea di assemblaggio.
- Possiamo suddividere le attività di trasformazione con tutte le altre attività che non aggiungono valore al prodotto ed eventualmente trovare un modo per ridurle o eliminarle.

Nell'estratto di Foglio del Processo Operativo Monoprodotto presentato vi sono solo alcuni (per motivi di privacy aziendale) tempi delle operazioni.

Per determinare i tempi esistono principalmente 3 metodi che esporrò brevemente:

1. Preventivi di stima: sono valutazioni approssimative espresse da esperti e responsabili aziendali che seguono quelle operazioni (oppure operazioni similari) quotidianamente.

2. Rilievi cronometrici: si rilevano con cronometro i tempi impiegati dall'operatore. Per dimostrare la veridicità dei tempi si integra il cronometro con video durante lo svolgimento dell'operazione.
3. Sistemi a tempi predeterminati: si tratta di sistemi che consentono di definire tempi preventivi standardizzati a priori per l'operatore medio che lavora con capacità e sforzi medi in condizioni normali.

Quello utilizzato nella stesura del documento è il secondo: ovvero con cronometro alla mano sono stati presi i tempi direttamente nella postazione di lavoro.

Il tempo presente nel Foglio di Processo è una media di diverse rilevazioni e tiene conto di una maggiorazione dell'11%. Questa maggiorazione è dovuta a due fattori:

- Fattore di affaticamento o di Riposo: tiene conto del tipo e della condizione della mansione lavorativa e varia in base alla postura dell'operatore (seduto, in piedi, in ginocchio) e di altri fattori ergonomici.
- Fattore Fisiologico: tiene conto delle necessità fisiologiche degli operatori ed è generalmente fissato pari al 4,5%



**Estratto di un Foglio di
Processo**

MODELLO

MRT / X 2150-2550 Privilege ST4 S2

REDATTO DA

Matteo Donnini

Post.	Seq.	Tipo di attività	Descrizione attività	Tempo	T.+11%
L601	10	⇨	Posizionare carrelli vuoti	4,05	4,50
L601	20	⇨	Inserire a terminale la commessa, richiedere cilindri al magazzino verticale	4,5	5,00
L601	30	○	Montare raccordi e valvola sul cilindro di brandeggio	2,75	3,05
L601	40	⇨	Movimentare cilindro di brandeggio	2,5	2,78
L601	50	⇨	Movimentare cilindro di sfilo	3,45	3,83
L601	60	⇨	Movimentare braccio esterno	6,1	6,77
L601	70	○	Montare l'ingrassatore sul cilindro di brandeggio	0,52	0,58
L601	80	○	Montare l'ingrassatore su braccio esterno	0,5	0,56
L601	90	○	Attaccare scheda di montaggio	0,95	1,05
L601	100	○	Rimuovere tappi e ripassare filetti	9,52	10,57
L601	110	⇨	Movimentare 3° sfilo (testa braccio)	5,15	5,72
L601	120	○	Montare ingrassatore sul 3° sfilo	0,5	0,56
L601	130	⇨	Movimentare 1° sfilo	5,35	5,94
L601	140	⇨	Movimentare 2° sfilo	5,2	5,77
L601	150	○	Premontare e montare valvola sul cilindro di sfilo	2,4	2,66
L601	160	○	Montare guida anteriore sul cilindro di sfilo	1,95	2,16
L601	170	○	Montare rulli di scorrimento sul cilindro di sfilo	4,55	5,05
L601	180	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L601	190	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	200	⇨	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	210	⇨	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	220	□	Compilare scheda di produzione		
L603	230	□	Controlli a cascata		
L603	240	○	Montare grani sul braccio esterno		
L603	250	○	Ingrassare braccio esterno (ant + post)		
L603	260	○	Montare grani parte anteriore 1° sfilo		
L603	270	○	Montare grani parte posteriore 1° sfilo		
L603	280	○	Ingrassare 1° sfilo (ant + post)		
L603	290	○	Montare grani parte anteriore 2° sfilo		
L603	300	○	Montare grani parte posteriore 2° sfilo		
L603	310	○	Ingrassare 2° sfilo (ant + post)		
L603	320	○	Montare grani parte posteriore 3° sfilo (testa sfilo)		
L603	330	○	Ingrassare 3° sfilo (testa sfilo)		
L603	340	○	Montare tubolare su braccio esterno		
L603	350	○	Montare raccordi parte posteriore braccio esterno		
L603	360	○	Montare tubolare su 1° sfilo		
L603	370	○	Montare tubolare su 2° sfilo		
L603	380	○	Montare tubolare su 3° sfilo (testa braccio)		
L603	390	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L603	400	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	410	⇨	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	420	⇨	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83

L604	430		Compilare scheda di produzione		
L604	440		Controlli in cascata		
L604	450		Montare tendicatena posteriore e posizionare catena nel braccio esterno		
L604	460		Montare tendicatena anteriore		
L604	470		Montare N° 7 tubi e cavo cablaggio		
L604	480		Montare lamierino di protezione su braccio esterno		
L604	490		Montare tendicatena posizionare N°1 catena e montare N° 2 carrucole nel 1°sfilo		
L604	500		Montare tendicatene anteriore e posteriore, posizionamento N°4 catene nel 2° sfilo		
L604	510		Serrare (320 Nm) tendicatene nel 2° sfilo		
L604	520		Contrassegnare serraggi con pennarello e fermare catene con carta gommata		
L604	530		Montare tendicatene anteriore e posteriore, posizionamento N°2 catene nel 3° sfilo		
L604	540		Serrare (320 Nm) tendicatene nel 2° sfilo		
L604	550	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L604	560	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604	570	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604	580	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604	590		Numerare i tubi ed inserirli nella catenaria in plastica del braccio esterno		
L604	600		Montare catenaria in plastica sul braccio esterno		
L604	610		Bloccare le curve con i collari al tubolare del braccio esterno		
L604	620		Numerare i tubi ed inserirli nella catenaria in plastica del 1° sfilo		
L604	630		Montare catenaria in plastica sul 1° sfilo		
L604	640		Bloccare le curve con i collari al tubolare del 1° sfilo		
L604	650	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,5	5,00
L604	660	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,5	5,00
L604	670		Numerare i tubi ed inserirli nella catenaria in plastica del 2° sfilo		
L604	680		Montare catenaria in plastica sul 2° sfilo		
L604	690		Bloccare le curve con i collari al tubolare del 2° sfilo		
L604	700	⇒	Spostare il 2° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,5	5,00
L604	710	⇒	Spostare il 3° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,5	5,00
L302	720		Controlli in cascata		
L302	730		Collegare tubi alle curve		
L302	740		Montare staffe fermatubi		
L302	750		Inserire cavi cestello nella catenaria in plastica del braccio esterno		
L302	760		Preparare pattini tra braccio esterno e 1° sfilo (parte anteriore)		
L302	770		Preparare pattini tra braccio esterno e 1° sfilo (parte posteriore)		
L302	780		Montare N°2 pattini posteriore parte inferiore 1° sfilo		
L302	790		Sistemare grani a filo con la carpenteria		
L302	800		Inserire 1° sfilo nel braccio esterno e rimuovere carrello vuoto del 1° sfilo		
L302	810		Inserire cavo cestello e tubi nella canalina del 1° sfilo		
L302	820		Avvitare catenaria in plastica alla canalina		
L302	830		Collegare tubi alle curve		
L302	840		A sfilo parzialmente inserito montare pattini 1° sfilo anteriori		
L302	850		Chiudere 1° sfilo fino a battuta		
L302	860		Regolare grani per mettere in bolla il 1° sfilo		
L302	870		Serrare controdadi pattini tra braccio esterno e 1° sfilo parte anteriore		
L302	880		Preparare pattini tra 1° e 2° sfilo parte posteriore		
L302	890		Montare pattini posteriori tra 1° e 2° sfilo serrare solo pattini parte inferiore		
L302	900		Sfilare catena dal 1° sfilo dalla parte anteriore		
L302	910		Inserire il 2° sfilo nel 1° e rimuovere carrello vuoto del 2° sfilo		
L302	920		Tirare la catena		
L302	930		Fissare il tirante e serrare (50 Nm) le viti		
L302	940		Montare pattini laterali e parte superiore tra braccio esterno e 1° sfilo parte posteriore e serrare		
L302	950		Compilare scheda di produzione		
L302	960	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,4	1,55
L304	970		Controlli in cascata		
L304	980		Preparare pattini a banco		
L304	990		Preparare piastre pattini con grasso		
L304	1000		Montare pattini anteriori tra 1° e 2° sfilo		
L304	1010		Inserire cavo cestello e tubi nella canalina del 2° sfilo + fascettare parte anteriore		
L304	1020		Avvitare catenaria in plastica alla canalina		
L304	1030		Collegare tubi alle curve		
L304	1040		Inserire cavo cestello nella catenaria in plastica del 2° sfilo		
L304	1050		Chiudere 2° sfilo fino a battuta		
L304	1060		Montare pattini posteriori tra 2° e 3° sfilo serrare solo pattini parte inferiore		
L304	1070		Inserire 3° sfilo nel 2° e rimuovere carrello vuoto del 3° sfilo		
L304	1080		Montare pattini anteriori tra 2° e 3° sfilo		
L304	1090		Chiudere 3° sfilo fino a battuta		
L304	1100		Regolare grani anteriori e serrare		
L304	1110		Regolare grani posteriori tra 1° e 2° sfilo e fra 2° e 3° sfilo		
L304	1120		Serrare controdadi pattini posteriori tra 1° e 2° sfilo e fra 2° e 3° sfilo		
L304	1130		Inserire cavo cestello e tubi nella canalina del 3° sfilo		
L304	1140		Avvitare catenaria in plastica alla canalina		
L304	1150		Compilare scheda di produzione		
L304	1160	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,4	1,55

L305	1160		Controlli in cascata		
L305	1170		Preparare materiale		
L305	1180		Montare tirante catene nella parte posteriore del 3° sfilo (testa braccio)		
L305	1190		Montare carrucola nella parte posteriore del 2° sfilo		
L305	1200		Fissare catene del 1° e 2° sfilo		
L305	1210		Montare tampone		
L305	1220		Maschiare foro per fissaggio fermacavo arrotolatore		
L305	1230		Bloccare cavo dell'arrotolatore		
L305	1240		Inserire boccole nel cilindro di sfilo, ingrassare fori perno		
L305	1250		Movimentare cilindro di sfilo ed inserirlo nel braccio tramite carroponete, inserire perni e viti semiperni		
L305	1260		Collegare N° 2 tubi al cilindro di sfilo		
L305	1270		Montaggio lamiera di supporto e arrotolatore cavo		
L305	1280		Montare N° 2 carrucole e N° 2 tiranti catene nella parte superiore del 2° sfilo		
L305	1290		Montare N° 4 carrucole e N° 4 tiranti catene nella parte superiore del 2° sfilo		
L305	1300		Movimentare cilindro di brandeggio tramite carroponete ed avvicinarlo alla testa del braccio		
L305	1310		Collegare tubi, cavo cesta con collare e inserire calzetta tubi		
L305	1320		Inserire cilindro di brandeggio e inserire perno		
L305	1330		Collegare tubi cilindro di brandeggio		
L305	1340		Montare collare per i tubi e il cavo cestello		
L305	1350		Preparare scatola di derivazione		
L305	1360		Montare scatola di derivazione		
L305	1370		Collegare cavo del cestello alla scatola e fascettare		
L305	1380		Maschiare foro per carter di copertura cavi, fascettare e montaggio carter		
L305	1390		Compilare scheda di produzione		
L305	1400	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,4	1,55
L306	1410		Controlli a cascata		
L306	1420	⇒	Movimentare braccio sul banco di collaudo	4,15	4,61
L306	1430	⇒	Movimentare il TS	1,8	2,00
L306	1440		Montare riconoscimento accessori		
L306	1450		Fascettare cavo scatola di derivazione		
L306	1460		Sollevere il TS e posizionarlo accanto alla testa del braccio		
L306	1470		Montare TS nella testa		
L306	1480		Montare cavo di riconoscimento accessori e fissarlo nella testa braccio		
L306	1490		Montare martinetto brandeggio (perno)		
L306	1500		Montare innesti rapidi brandeggio		
L306	1510		Montare innesti rapidi passaparete e collegamento tubi		
L306	1520		Ingrassare perni TS e pulegge		
L306	1530		Provare optional		
L306	1540		Tarare valvola cilindro		
L306	1550		Montare carter con preparazione e serraggio della bulloneria		
L306	1560		Pre tirare 2 catene		
L306	1570		Aprire braccio di circa 1,5 metri		
L306	1580		Terminare pretiro catene		
L306	1590		Fare controlli dall'alto (grani e tubolari)		
L306	1600		Tirare catene		
L306	1610		Sfilare completamente il braccio		
L306	1620		Pre tirare catene inferiori		
L306	1630		Abbassare il braccio		
L306	1640		Tirare catene		
L306	1650		Ingrassare esternamente tutti gli sfilii		
L306	1660		Chiude lo sfilo parzialmente, controllare pattini anteriori e posteriori, chiudere lo sfilo totalmente		
L306	1670		Togliere grasso in eccesso dai pattini e serrare controdadi catene		
L306	1680		Scaricare pressione, scollegare innesti rapidi, rimontare dadi e pulire olio nel braccio		
L306	1690		Controllare la bolla elettronica		
L306	1700		Apporre adesivi		
L306	1710	⇒	Movimentare braccio nel carrello	4	4,44
L306	1720		Compilare la scheda di produzione		
L306	1730	⇒	Trasportare il braccio in linea	2,6	2,89

Figura 20: Estratto di un foglio di processo operativo per un braccio MRT 2150

Il documento è stato realizzato per ciascun modello ma verrà utilizzato solo per l'Analisi dei flussi. Per questo motivo saranno evidenziate solo le operazioni di trasporto, ovvero quelle col simbolo della freccia.

All'interno di tutte le operazioni di trasporto concentrerò la mia attenzione solo su quelle movimentazioni dei carrelli tra due postazioni distinte. Ad esempio non verranno prese in considerazione i sollevamenti con carroponete in quanto (anche se sono attività di trasporto) non variano con una modifica del layout della linea.

Questa decisione deriva dal fatto che l'obiettivo del re-layout è quello di ridurre al minimo le operazioni di trasporto tra le varie postazioni della linea.

Infatti le attività, secondo i principi “Lean” possono essere divise in 3 grandi categorie:

- **Attività a valore aggiunto:** sono tutte le attività di trasformazione quindi per esempio lavorazioni meccaniche o assemblaggi. Aggiungono valore al prodotto.
- **Attività non a valore aggiunto ma necessarie:** sono quelle operazioni che di per sé non aggiungono valore al prodotto ma l’azienda è obbligata a sostenere. Per esempio sono le attività di Trasporto che anche se non modificano il bene sono necessarie per fare scorrere il prodotto o farlo arrivare al cliente finale.
- **Attività non a valore aggiunto e non necessarie:** sono operazioni da evitare. Non aggiungono valore e possono essere eliminate come ad esempio la ricerca di uno strumento nella cassetta degli attrezzi.

Quindi, classificando le attività di trasporto come attività non a valore aggiunto, l’obiettivo sarà quello di ridurre al più possibile anche se non sarà possibile eliminarle totalmente. Per cui ora, per ogni modello, si quantificano i tempi di trasporto tra le varie postazioni; dopodiché nel prossimo capitolo si presenteranno possibili scenari di miglioramento e si quantificheranno i risparmi di tempo.

3.4 Analisi dei flussi della situazione AS-IS

L’obiettivo di questa analisi è calcolare i tempi delle movimentazioni dei prodotti nelle linee di montaggio dei bracci. Siccome ogni famiglia di prodotto ha delle caratteristiche diverse si dovrà analizzare ogni famiglia presa singolarmente.

Inoltre si calcoleranno i tempi di due tipi di movimentazioni distinte:

- **Flussi fra le stazioni della linea:** è una movimentazione eseguita dagli operatori diretti (della linea) che spingono il carrello con il braccio telescopico (spinta che avviene tramite l’utilizzo di un carrello elettrico) alla postazione successiva. Per questa analisi dei flussi verrà utilizzato il **Foglio di Processo Monoprodotto** in quanto ogni modello può avere un diverso numero di movimentazioni.
- **Flussi dal magazzino alla linea:** è una movimentazione a carico degli operatori ausiliari (“carrellisti”) che dovranno asservire la linea con tutti i materiali necessari per eseguire un lotto di produzione.

In questo caso si utilizzerà la **Matrice From-To**. Bisogna precisare che questo documento è appropriato per il layout per reparti ma, visto gli elevati numeri di componenti che bisogna movimentare per realizzare un braccio, è lo strumento più accurato. Lo studio in questione vuole approfondire questo tipo di flussi perché diverse configurazioni di layout possono portare ad un risparmio o ad un aumento del tempo dei carrellisti. Lo studio è riferito alle 2 famiglie di prodotto MRT ed MVT che da sole costituiscono il 94% di tutta la produzione dello stabilimento.

3.4.1 Analisi dei flussi fra le postazioni della linea

Bisogna specificare l'importanza di questa analisi per un'azienda come Manitou in quanto il trasporto dei prodotti lungo la linea è complicato dai pesi e dalle lunghezze in gioco. Per esempio un braccio MRT è costituito da 4 sfilati ciascuno dei quali è lungo 6,7 metri e pesa circa 2 quintali.

Per questo in azienda si utilizzano carrelli mobili su cui appoggiare il braccio o i suoi sfilati che vengono spinti lungo la linea.

Riuscire a ridurre le distanze di trasporto porterebbe quindi ingenti risparmi di tempo e di costi di produzione per l'azienda. Questi tempi sono a carico degli operatori diretti che lavorano in linea per cui una riduzione questi ridurrebbe il Time Flow del prodotto sulla linea, il tempo e quindi il costo di produzione del prodotto finito. Il Foglio del processo si riferisce agli spostamenti per realizzare **un prodotto**.

MOVIMENTAZIONI MRT				
L601	⇨	Posizionare carrelli vuoti	4,05	4,50
L601	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L601	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇨	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇨	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L603	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L604A	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇨	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇨	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604B	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇨	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇨	Spostare il 2° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇨	Spostare il 3° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,70	5,22
L302	⇨	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L304	⇨	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L305	⇨	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L306	⇨	Trasportare il braccio in linea MRT	2,2	2,44
		TOTALE	38,4	42,61

Figura 21: Movimentazioni modelli MRT

Ogni spostamento incide per 0,75 minuti che diventano 0,83 tenendo conto della maggiorazione dell'11%. Questa cifra è data dal tempo che l'operatore impiega a raggiungere il carrello elettrico, spostarsi dietro al braccio, mettere il perno all'interno del carrello mobile, spingere il carrello per 12 metri (spazio medio tra una postazione e l'altra) togliere il perno ed eseguire le stesse operazioni per gli altri 3 sfilo che compongono il braccio.

L'eccezione si ha per il braccio esterno che è appoggiato su un carrello più grande dove alloggiavano anche il martinetto di sfilo e il martinetto di brandeggio. Siccome vi sono in gioco dimensioni e pesi maggiori rispetto agli altri carrelli il tempo cronometrato è di 1 minuto.

La postazione L604B per ogni spostamento ha un tempo più elevato poiché deve trasportare i carrelli per una distanza maggiore in quanto è presente una discontinuità tra tale postazione e quella successiva. Inoltre l'operatore di questa zona di lavoro ha il compito di recuperare i carrelli vuoti e riportarli nella zona iniziale dove vengono stoccati. Quindi l'operatore ogni qualvolta spinge un carrello pieno verso la postazione L302 o L304 deve poi recuperare un carrello vuoto e riportarlo nell'area dei carrelli vuoti.

Questi flussi sono riassunti nella figura sottostante dove vengono raffigurati non solo i viaggi dei carrelli pieni ma anche quelli di recupero dei carrelli vuoti.

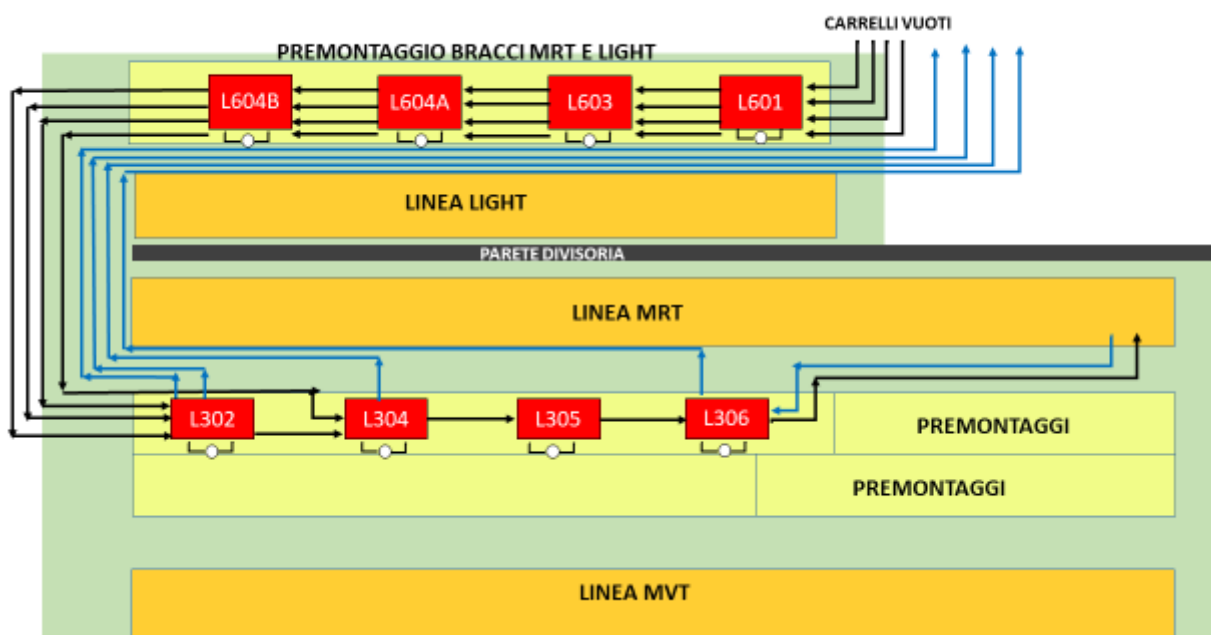


Figura 22: rappresentazione grafica delle movimentazioni MRT

Con ogni freccia nera si vuole rappresentare una movimentazione di uno sfilo del braccio sul carrello. Le frecce blu raffigurano i viaggi di ribilanciamento dei carrelli vuoti.

Importante sottolineare come la postazione L302 ha 3 sfili entranti e solo uno uscente (freccia nera) verso la postazione L304; gli altri due sono carrelli vuoti che dovranno essere riportati nella postazione di partenza. Questo si ha perché da qui iniziano le operazioni di inserimento di uno sfilo all'interno dell'altro in modo da arrivare ad avere un unico pezzo. Si hanno tutti gli sfili inseriti alla fine della postazione L304.

I viaggi dalla postazione L306 alla linea MRT sono effettuati con il braccio posizionato su carrelli apposti che fanno solo quel percorso. Invece i modelli Light devono essere trasportati

fino all'omonima linea dei sollevatori telescopici. Questi sono i tempi per il braccio dei sollevatori Light.

MOVIMENTAZIONI LIGHT				
L601	⇒	Posizionare carrelli vuoti	4,05	4,50
L601	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L601	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L603	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L604A	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604A	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604B	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇒	Spostare il 2° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,50	5,00
L604B	⇒	Spostare il 3° sfilo nella postazione successiva e trasferire il carrello vuoto	4,70	5,22
L302	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L304	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L305	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L306	⇒	Trasportare il braccio in linea Light	4,5	5
		TOTALE	40,7	45,17

Figura 23: Movimentazioni modelli LIGHT

Passando alle movimentazioni MVT, anche se abbiamo 5 modelli distinti, il numero e il tempo delle movimentazioni non variano al variare del prodotto. Inoltre tutti i prodotti che escono dalla linea bracci devono essere movimentati nella linea MVT senza alcuna eccezione.

MOVIMENTAZIONI MVT				
D01	⇨	Recuperare e posizionare carrelli vuoti	2	2,22
D01	⇨	Spostare il braccio esterno alla postazione successiva	1	1,11
D01	⇨	Spostare il 1° sfilo alla postazione successiva	0,75	0,83
D02	⇨	Spostare il braccio alla postazione successiva	1	1,11
D03	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
COLLAUDO	⇨	Spostare il braccio nella linea MVT	2,2	2,44
		TOTALE	7,95	8,82

Figura 24: Movimentazioni modelli MVT

La situazione AS-IS del flusso dei bracci MVT è di seguito rappresentata. Come si può osservare l'inserimento del primo sfilo nel braccio esterno avviene nella postazione D02 dove entrano due carrelli carichi con gli sfili ed esce un carrello carico ed uno vuoto.

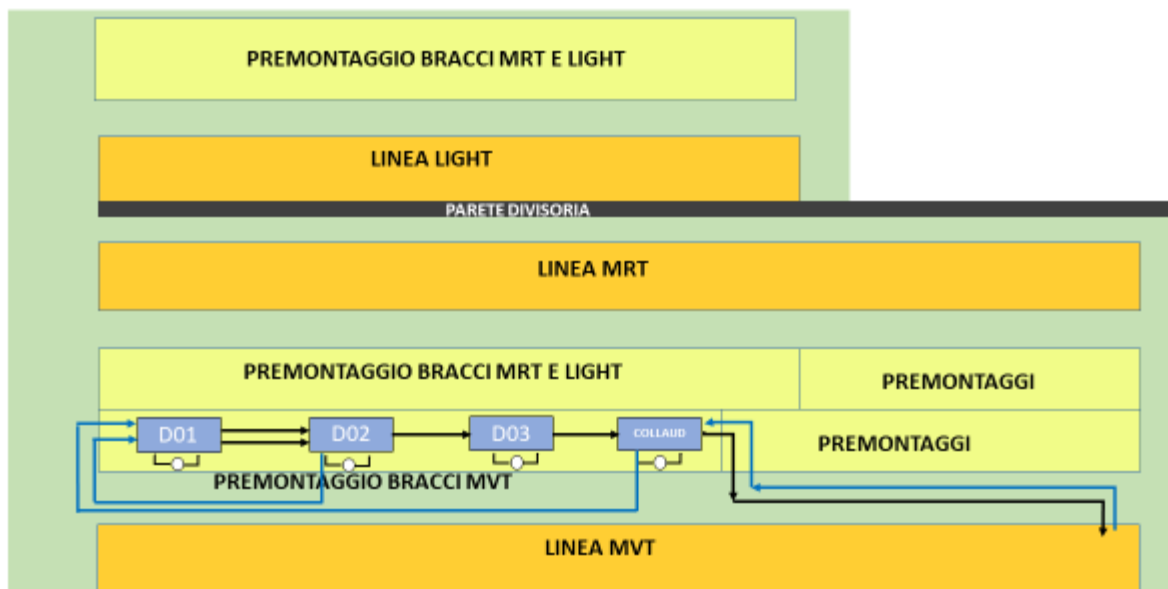


Figura 25: rappresentazione grafica delle movimentazioni MVT

In generale le movimentazioni (e quindi i tempi) dei bracci MVT sono inferiori sia per il numero di sfili in gioco sia per il numero inferiore di postazioni che formano la linea.

Con la figura successiva si riassume l'analisi dei flussi tra le postazioni. Nelle righe sono elencati i prodotti mentre nelle colonne i tempi delle rispettive movimentazioni.

MODELLO	TEMPO UNITARIO (minuti / braccio)	QUANTITA' (pezzi / anno)	TEMPO ANNUO (minuti / anno)	TEMPO ANNUO' (ore / anno)	COSTO ANNUO (€/anno)
MRT	42,61	1474	62807	1046,79	36638
LIGHT	45,17	131	5917	98,62	3452
MVT	8,82	656	5786	96,43	3375
				TOTALE	43465

Figura 26: tabella rappresentante i costi di movimentazione annui

Le quantità sono le stesse prese di riferimento per il diagramma P-Q e sono riferite ai pezzi prodotti in un anno. Dal 1 Ottobre 2018 al 30 Settembre 2019.

Assumendo che un operatore diretto costi a Manitou 35€/h si possono calcolare i costi per le movimentazioni dei carrelli.

Le movimentazioni all'interno delle linee dei bracci costano a Manitou 43465 €/anno. Bisogna ricordare che queste sono tutte attività che non aggiungono valore al prodotto per cui il layout finale dovrà prevedere una loro riduzione.

3.4.2 Analisi dei flussi a carico degli operatori ausiliari

Con questo studio si vuole stimare il tempo impiegato dai carrellisti ad asservire la linea con tutto il materiale necessario per il montaggio; si ricorda che l'analisi è riferita alle 2 famiglie di prodotto MVT ed MRT che corrispondono al 94% sul totale della produzione.

Una premessa molto importante viene dal fatto che **Manitou non lavora a “One Piece Flow” ma utilizza dei lotti** (seppur di piccole dimensioni) con diverse commesse. Questa informazione non è trascurabile in quanto implica che ogni carrellista cercherà di portare in un viaggio tutto il materiale per completare il lotto.

Purtroppo questa situazione, come verificato nella pratica non è sempre possibile, per esempio uno dei materiali da asservire alle linee è il martinetto di brandeggio.



Figura 27: martinetti di brandeggio su pallet

Questo elemento raffigurato nell'immagine è di forma cilindrica, pesa circa 80 kg e viene trasportato su un pallet di legno con degli smussi per far sì che la forma del cilindro si sposi con quella del pallet.

Però il pallet ha una capacità massima ben definita. Per esempio nei modelli MRT il pallet può ospitare 2 livelli da 5 martinetti ognuno per **un massimo di 10 martinetti a viaggio**. Per collegarci al tema precedente dei lotti, si può capire che se avessimo un lotto di produzione di 15 commesse i viaggi necessari per questo componente sarebbero 2; con un trasporto riesco a movimentare 10 martinetti e con il secondo i rimanenti 5.



Figura 28: martinetti di brandeggio su pallet e disposti su 2 livelli

La stessa situazione verrà considerata per tutti i componenti in esame. Si premette ciò perché **si verificheranno più viaggi dello stesso componente in un singolo lotto.**

Inoltre avendo a disposizione tutti i lotti di produzione dell'ultimo anno si è trovato per ogni modello il lotto medio di produzione; ovvero quante commesse (in media) di quel modello vengono prodotte all'interno del lotto.

MODELLO	LOTTO MEDIO (n°commesse / lotto)	N° LOTTI ANNUI (n°lotti / anno)
MRT	11	134
MVT	6	109,33

Per realizzare questa analisi ho utilizzato le seguenti ipotesi:

- Velocità dei carrelli elevatori sia carichi sia vuoti = 6 km/h = 1,67 m/s
- Tempo di Carico pallet e contenitori = 15 secondi
- Tempo di Scarico pallet e contenitori = 20 secondi
- Tempo di Carico carrelli = 20 secondi
- Tempo di Scarico carrelli piccoli = 50 secondi
- Tempo di Scarico carrelli grandi = 80 secondi
- Verranno considerati nell'analisi anche i viaggi di ritorno con pallet, contenitori e carrelli vuoti che devono essere riportati in magazzino.

- Verrà eseguita un'analisi dei flussi dei materiali per ogni modello in quanto ciascuna tipologia di bracci ha componenti diversi da movimentare.

Innanzitutto, per iniziare l'analisi si è sviluppata una Matrice From-To dei Viaggi ovvero del numero di movimentazioni che bisogna fare per portare ogni componente dal magazzino alla linea. La matrice sarà composta per quello che riguarda la linea dai seguenti Control Points (punti di riferimento per la partenza o lo scarico dei materiali):

- C.P. Carpenteria: indica il magazzino esterno (all'aperto) dei materiali più pesanti in assoluto presenti all'interno dello stabilimento. Per esempio da qui partono i contenitori in cui sono presenti gli sfili che costituiscono il braccio. È esclusivamente un punto di partenza.
- C.P. Viteria e Modula: da qui vengono prelevati carrelli con all'interno componenti dalla scaffalatura Bossard in magazzino e dal magazzino verticale "Modula".
- C.P. Cassette e Pallet: questo control point rappresenta il punto di partenza e arrivo di materiali trasportati su pallet ed altri su carrelli.
- C.P. Materiali Pesanti: sono materiali stoccati nel magazzino interno ma comunque ingombranti e pesanti come ad esempio i martinetti di brandeggio. Vengono trasportati su pallet ma hanno un diverso control point.
- C.P. Pallet vuoti: è il punto di riconsegna dei pallet vuoti che provengono dalla linea e ritornano in magazzino. Qui vengono riportati tutti i pallet tranne quelli dei carichi pesanti che vengono riportati da dove sono partiti ovvero nel C.P. descritto precedentemente. È esclusivamente un punto di arrivo
- C.P. Carpenteria vuoti: qui vengono riportati i contenitori dei materiali pesanti, anch'esso rappresenta un punto di approdo e non di partenza.
- C.P. Tuberia: quasi tutti i tubi idraulici provengono dal magazzino situato a Castelfranco che fornisce materiale per lo stabilimento produttivo di Cavazzona quotidianamente. I carrelli provenienti da Castelfranco vengono stoccati provvisoriamente e poi riportati quando sono vuoti in questo control point.

Invece, per quello che riguarda la linea di assemblaggio, vi è un preciso punto per ogni materiale. Quindi nella matrice sarà presente il nome del materiale e la postazione in cui deve essere utilizzato.

Modelli MRT

Iniziamo l'Analisi del flusso dei Materiali per i lotti di produzioni dei modelli MRT. Viene presentata innanzitutto la Matrice From-To dei Viaggi dove sono evidenziati i tragitti che i carrelli eseguono per portare ogni materiale dalla linea al lotto.

Tornando all'esempio di prima del Martinetto di Brandeggio:

Lotto Medio modello MRT = 11 commesse

Capacità massima di trasporto = 10 Martinetti a Viaggio

Quantità necessaria = 1 (Mart./Commessa) x 11 (Commesse/Lotto) = 11(Mart./Lotto)

$$\mathbf{Viaggi\ necessari} = \left\lceil \frac{11 \text{ Mart./Lotto}}{10 \text{ Mart./Viaggio}} \right\rceil = 2 \text{ Viaggi/Lotto}$$

Come riportato nella Matrice seguente saranno infatti 2 i viaggi dal C.P. Materiali Pesanti alla Postazione L601 del Martinetto di Brandeggio.

Dopodiché con il Layout disegnato sul programma CAD aziendale sono state prese le distanze reali in metri da ogni punto di partenza a quello di arrivo riportandole nella Matrice From-To delle Distanze.

Infine partendo dal valore in metri delle distanze si trova il tempo di ogni singolo viaggio e si deve aggiungere ad esso i tempi di carico e scarico seguendo la formula:

$$\mathbf{Tempo\ Trasporto} = \frac{\text{Distanza (metri)}}{\text{Velocità (metri/sec)}} + T_c + T_s$$

Nell'esempio seguito si avrà:

$$\mathbf{Tempo\ Trasporto} = \frac{118 \text{ metri}}{1,67 \text{ metri / sec}} + 35\text{sec} = 105,6 \text{ sec}$$

Per ottenere il tempo di trasporto del materiale per completare il lotto di produzione bisogna applicare la seguente formula:

$$\mathbf{Tempo\ Trasporto\ per\ Lotto} = \text{Tempo\ Trasporto} * \frac{\text{Viaggi}}{\text{Lotto}}$$

$$\mathbf{Tempo\ Trasporto\ per\ Lotto} = 105,6 \text{ sec} * 2 \frac{\text{Viaggi}}{\text{Lotto}} = 211,2 \text{ sec/Lotto}$$

Quando avremo i tempi di trasporto per tutti i componenti bisognerà trovare un'unità di misura temporale di riferimento. Nel mio caso si farà riferimento all'anno in quanto abbiamo i dati di quante macchine vengono prodotte ogni anno e dei lotti medi riportati nella tabella precedente.

$$\text{Tempo Trasporto Annuale} = \text{Tempo Trasporto per Lotto} * \frac{\text{Lotti}}{\text{Anno}}$$

$$\text{Tempo Trasporto Annuale} = 211,2 \frac{\text{sec}}{\text{Lotto}} * 134 \frac{\text{Lotti}}{\text{Anno}} = 28300,8 \frac{\text{sec}}{\text{anno}} = 7,86 \frac{\text{ore}}{\text{anno}}$$

Dopo aver fatto questo breve esempio su come sono stati ricavati i dati ora si mostrano tutti i risultati ottenuti da questa analisi iniziando con la Matrice From-To dei Viaggi.

Come si può osservare, i viaggi presenti nelle colonne di sinistra della tabella sono i viaggi di ritorno dalla linea al magazzino per riportare pallet o contenitori vuoti da riutilizzare. Continuando con l'esempio precedente abbiamo:

2 viaggi / lotto per consegnare il martinetto alla linea

1 viaggio / lotto per riportare il materiale.

Si ha in questo caso tale situazione perché nella pratica il carrellista fa solo un viaggio per riportare entrambi i pallet al magazzino.

Questa situazione si ha esclusivamente con materiale trasportato su pallet perché gli altri contenitori non possono essere sovrapposti l'uno sull'altro.

Dopo aver analizzato il numero di trasporti, per quantificare i tempi bisogna calcolare le distanze percorse da un C.P. di partenza a quello di destinazione. Per fare ciò si è utilizzato il layout in Figura 28 in cui sono evidenziati i percorsi dei carrellisti, i C.P., le stazioni degli operatori e le distanze reali in centimetri.

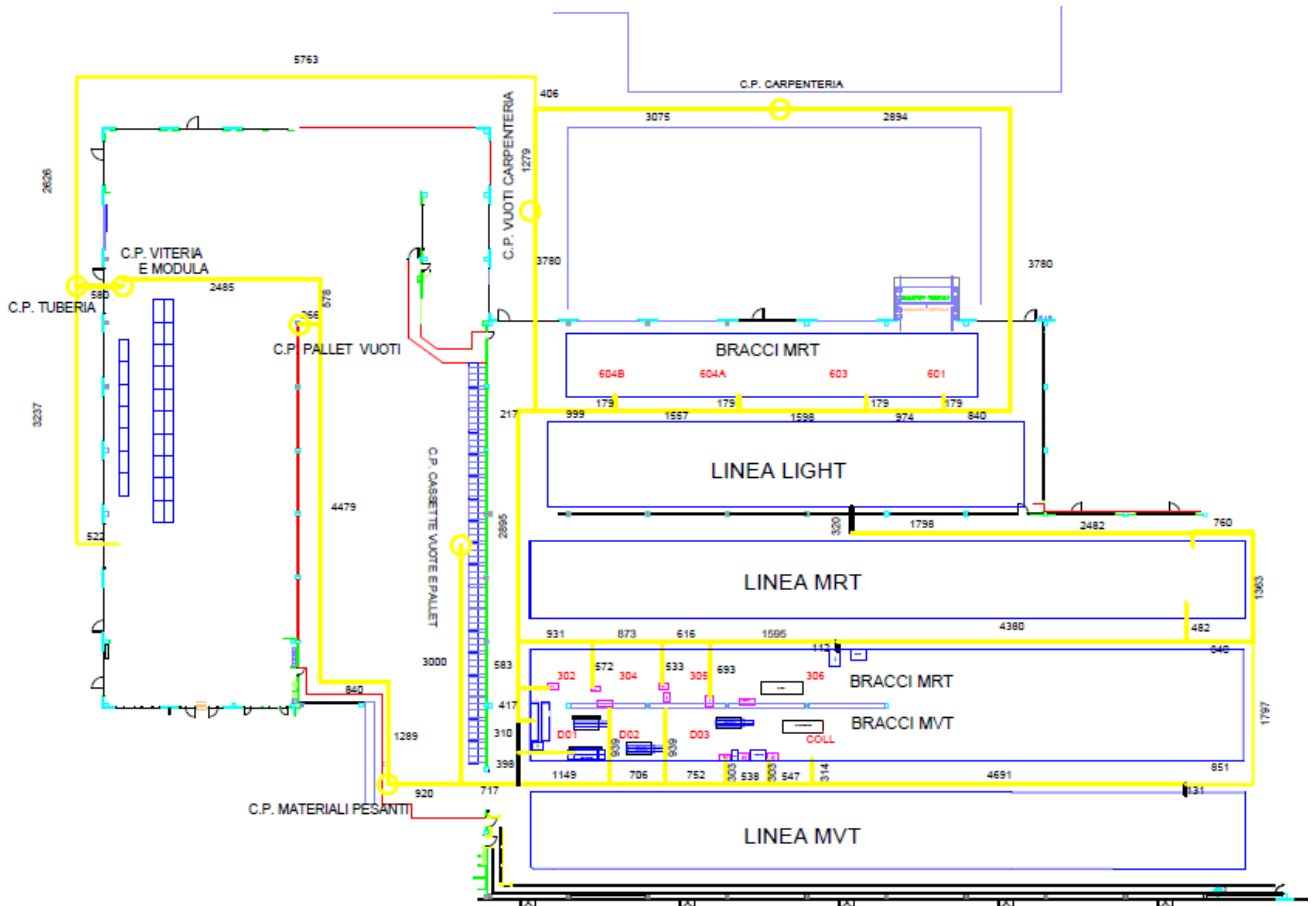


Figura 29: Layout dello stabilimento con distanze reali

I risultati sono riassunti nella seguente Matrice From-To delle Distanze. Saranno evidenziate solo quelle distanze che vengono percorse per completare un viaggio. Successivamente si riporta la Matrice From-To di Tempi comprensivi di Carico e Scarico.

Ora per completare l'analisi di questa famiglia di prodotti si esegue il ribilanciamento manuale dei viaggi. Riportiamo nella successiva tabella i Control Point che devono essere bilanciati.

	C.P. CARPENT.	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	L601 MARTIN. BRAND.	L603 TUBOLARI	L604A PALLET CATENE	L604B CATENE PLASTICA
DA	18	8	0	0	1	1	1	1
A	0	3	2	14	2	3	3	3
	-18	-5	2	14	1	2	2	2

Viaggi di ribilanciamento:

- **2 da C.P. Pallet vuoti a C.P. Mater. Pesante**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (55 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,1 \text{ min / lotto}$
- **14 da C.P. Carpent. Vuoti a C.P. Carpent.**
 $14 \text{ viaggi/lotto} * (42 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 5,87 \text{ min / lotto}$
- **1 da L601 Martin. Brand. a C.P. Carpent.**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (75 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 0,75 \text{ min / lotto}$
- **2 da L603 Tubolari a C.P. Carpent.**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (94 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,87 \text{ min / lotto}$
- **1 da L604A Pallet Catene a C.P. Carpent.**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (90 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 0,9 \text{ min / lotto}$
- **1 da L604A Pallet Catene a C.P. Mater. Pesante**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (92 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 0,92 \text{ min / lotto}$
- **2 da L604B Catene Plastica a C.P. Mater. Pesante**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (76 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,52 \text{ min / lotto}$

Ora che l'analisi dei flussi per i modelli MRT è completa vengono riassunti i risultati ottenuti:

Tempi di trasporto con mezzi carichi: 134,1 min / lotto

Tempi di trasporto considerando i viaggi di ribilanciamento: 147,03 min / lotto

Convertito in ore otteniamo un Tempo Totale di 2,45 ore / lotto

Con lo stesso metodo sono stati calcolati i tempi per le movimentazioni di magazzino per il modello MVT

Modello MVT

L'analisi riguardante i modelli fissi avrà tempi totali inferiori ai modelli rotativi in quanto il numero di carrelli, contenitori e pallet sono inferiori. Le differenze rispetto ai modelli MRT risiedono nelle distanze maggiori che dividono questa linea dalla carpenteria mentre sono minori quelle distanze tra la linea MVT e il magazzino interno dell'azienda. Tali osservazioni saranno dimostrate dalla seguente analisi.

MATRICE FROM-TO DEI VIAGGI [Viaggi/Lotto]																					
TO	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	DE1	DE1	DE1	DE1	DE1	DE1	DE2	DE2	DE2	DE3	DE3	DE3	DE3	DE3
FROM	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	MART. SFILD	MART. BRAND.	CONTENIT. BRACCI	CANALINA	CARRELLI TUBI	KIT PICCOLO (M-V)	PALLET TUBI	KIT MEDIO P	KIT MEDIO M V	KIT MEDIO P	KIT MEDIO M V	TS	ELEMENTI TESTA	
C.P. CARPENT.	1							1		3	2									1	
C.P. VITERIA MODULA		1											1			1			1		
C.P. CASSETTE PALLET			1											1	1			1			
C.P. MATER. PESANTE				1					2												2
C.P. PALLET VUOTI					1																
C.P. CARPENT. VUOTI						1															
C.P. TUBERIA							1					1									
DE1					1			1													
DE1				1					1												
DE1						3				1											
DE1					1						1										
DE1							1					1									
DE1													1								
DE1		1												1							
DE2			1												1						
DE2			1													1					
DE2		1															1				
DE3		1																1			
DE3			1																1		
DE3						1														1	
DE3																					1
DE3				2																	

MATRICE FROM-TO DELLE DISTANZE [Metri/Viaggio]

TO	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	D01 MARE.SFILD	D01 MARE. BRAND.	D01 CONTENIT. BRACCI	D01 CANALINA	D01 CARRELLO TUBI	D01 KIT PICCOLO (M-V)	D02 PALLET TUBI	D02 KIT MEDIO P	D02 KIT MEDIO M V	D03 KIT MEDIO P	D03 KIT MEDIO M V	D03 TS	D03 ELEMENTI TESTA
C.P. CARPENT.								131		120	141								165	
C.P. VITERIA MODULA													134			141		142		
C.P. CASSETTE PALLET														58	66		66			
C.P. MATER. PESANTE									22,8											51
C.P. PALLET VUOTI																				
C.P. CARPENT. VUOTI																				
C.P. TUBERIA												195								
D01 MARE.SFILD					71															
D01 MARE. BRAND.				22,8																
D01 CONTENIT. BRACCI						96														
D01 CANALINA					71															
D01 CARRELLO TUBI							195													
D01 KIT PICCOLO		134																		
D02 PALLET TUBI			58																	
D02 KIT MEDIO P			66																	
D02 KIT MEDIO M-V		141																		
D03 KIT MEDIO P			66																	
D03 KIT MEDIO M V		142																		
D03 TS						140														
D03 ELEMENTI TESTA				51																

MATRICE FROM-TO DEI TEMPI DI VIAGGIO [Sec/Lotto]																					
TO	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	D01 MART.SFILD	D01 MART. BRAND.	D01 CONTENIT. BRACCI	D01 CANALINA	D01 CARRELLO TUBI	D01 KIT POCOLO (M.V)	D02 PALLET TUBI	D02 KIT MEDIO P	D02 KIT MEDIO M V	D03 KIT MEDIO P	D03 KIT MEDIO M V	D03 TS	D03 ELEMENTI TESTA	[Min / Lotto]
C.P. CARPENT.								113		320	239									134	13,4
C.P. VITERIA MODULA												150				155		155			7,7
C.P. CASSETTE PALLET														70	110		110				4,8
C.P. MATER. PESANTE									97											131	3,8
C.P. PALLET VUOTI																					0,0
C.P. CARPENT. VUOTI																					0,0
C.P. TUBERIA												152									2,5
D01 MART.SFILD					78																1,3
D01 MART. BRAND.				49																	0,8
D01 CONTENIT. BRACCI						278															4,6
D01 CANALINA					78																1,3
D01 CARRELLO TUBI							152														2,5
D01 KIT POCOLO		115																			1,9
D02 PALLET TUBI			70																		1,2
D02 KIT MEDIO P			75																		1,2
D02 KIT MEDIO M V		120																			2,0
D03 KIT MEDIO P			75																		1,2
D03 KIT MEDIO M V		120																			2,0
D03 TS						119															2,0
D03 ELEMENTI TESTA				131																	2,2
TOTALE																				56,6	

Come eseguito precedentemente si calcolano i Viaggi di Ribilanciamento del sistema inserendo nella tabella sottostante quei C.P. che hanno un numero di viaggi in ingresso differente dal numero dei viaggi in uscita. Successivamente si bilancia il sistema manualmente e si calcolano i tempi di tali trasporti.

	C.P. CARPENT.	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	D01 MARTIN. BRAND.	D01 CANALINA
DA	7	4	0	0	1	1
A	0	3	2	4	2	2
	-7	-1	2	4	1	1

Viaggi di ribilanciamento:

- **1 da C.P. Pallet vuoti a C.P. Mater. Pesante**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (55 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 0,55 \text{ min / lotto}$
- **4 da C.P. Carpent. Vuoti a C.P. Carpent.**
 $4 \text{ viaggi/lotto} * (42 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,68 \text{ min / lotto}$
- **1 da D01 Martin. Brand. a C.P. Carpent.**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (131 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,31 \text{ min / lotto}$
- **1 da D01 Canalina a C.P. Carpent.**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (131 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,31 \text{ min / lotto}$
- **1 da C.P. Pallet Vuoti a C.P. Carpent.**
 $1 \text{ viaggio/lotto} * (177 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,76 \text{ min / lotto}$

Tempi di trasporto con mezzi carichi: 56,6 min / lotto

Tempi di trasporto considerando i viaggi di ribilanciamento: 63,2 min / lotto

Convertito in ore otteniamo un Tempo Totale di 1,05 ore / lotto

In tabella vengono sintetizzati i dati finali dell'analisi riguardante il flusso dei materiali dal magazzino alle linee.

ANALISI DEI FLUSSI DEGLI OPERATORI AUSILIARI				
Modello	[Ore / Lotto]	[Lotti / Anno]	[Ore / Anno]	[€ / Anno]
MRT	2,45	134	328,3	11491
MVT	1.05	109,33	114,8	4018

È interessante notare come per la famiglia MRT incida di più il tempo di spostamento dei carrelli all'interno della linea, 1046,79 ore/anno, piuttosto che i trasferimenti di materiale eseguiti dagli operatori logistici, 328,3 ore/anno. La situazione opposta è rappresentata dai modelli MVT dove i movimenti interni alla linea incidono per 96,43 ore mentre i carrellisti trasportano materiale per 114,8 ore.

3.5 Obiettivi del progetto

Considerando il fatto che la Linea Light verrà trasferita è necessario valutare la fattibilità di movimentare l'intero premontaggio dei bracci (sia rotativi che MVT) nell'area lasciata vuota.

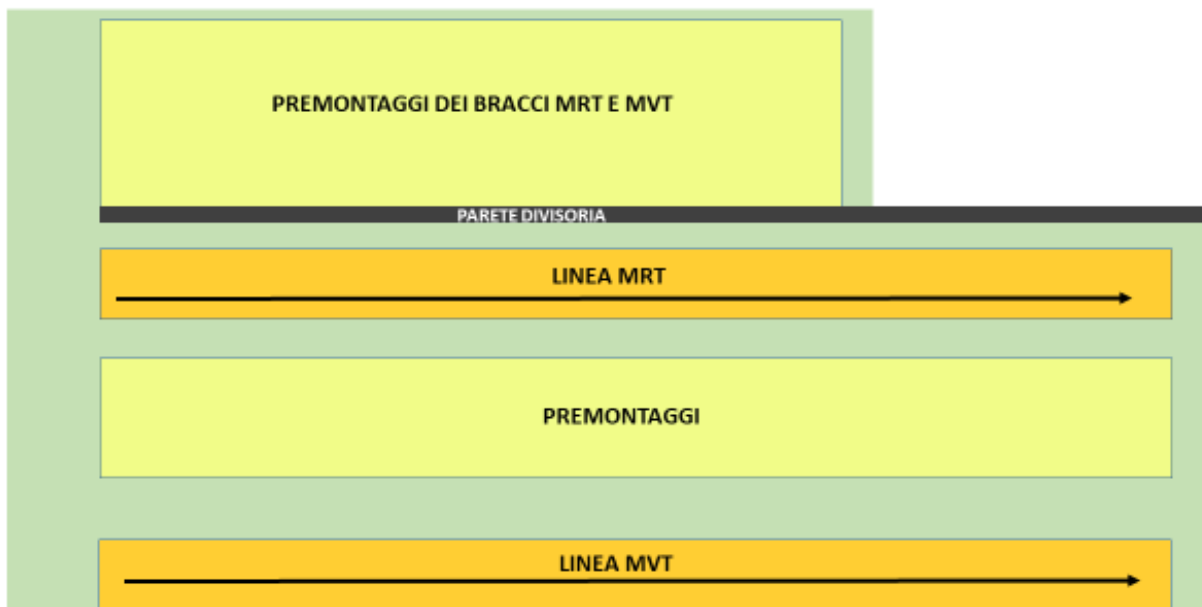


Figura 30: Layout semplificato dello stabilimento con la nuova area assegnata al premontaggio dei bracci

I motivi che spingono l'azienda a volere trasferire entrambe le 2 linee di premontaggio bracci nella zona descritta sono:

- Miglioramento della gestione e del coordinamento grazie all'accorpamento in un'unica area di linee ora distaccate. Infatti le linee dei bracci telescopici sono sotto la supervisione di un unico responsabile che potrebbe intervenire più rapidamente nella risoluzione delle eventuali problematiche e che potrebbe gestirle con più facilità.
- Accorpare la Linea dei bracci MRT e Light ora distaccata in due semilinee.
- Liberare spazio produttivo dove ora sono i bracci in modo da scorporare diversi premontaggi dalla linea delle macchine. Ciò comporta un alleggerimento del carico di lavoro in linea e la diminuzione del Flow Time svolgendo in parallelo i premontaggi.
- Utilizzare maggiormente il magazzino verticale contenente parti di carpenteria: ora utilizzato solo per i rotativi ma non per i modelli MVT.

Si vuol far presente che la soluzione immediata a cui si poteva pensare fosse quella di movimentare semplicemente le postazioni e le aree assegnate al premontaggio dei bracci dalla posizione in cui si trovano ora nella nuova area senza alcuna modifica. Questo purtroppo non

può neanche essere preso in considerazione in quanto l'area libera a disposizione è inferiore all'area occupata oggi dai premontaggi dei bracci di carico.

La seguente figura corrisponde al layout in pianta dello stabilimento eseguita con un programma CAD rispettando l'attuale situazione.

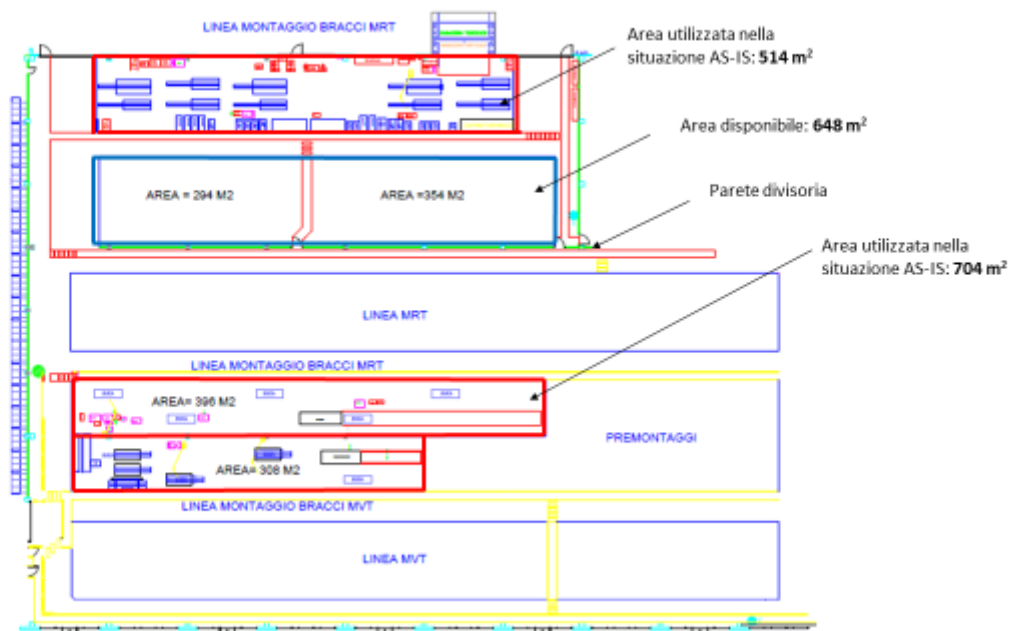


Figura 31: Layout AS-IS in cui vengono evidenziati i premontaggi dei bracci e le aree (in m²) in gioco

In rosso vengono rappresentate i perimetri delle postazioni della situazione AS-IS:

$$514 \text{ m}^2 + 704 \text{ m}^2 = \mathbf{1218 \text{ m}^2}$$

Per quello che riguarda la situazione TO-BE lo spazio a disposizione sarà, di:

$$514 \text{ m}^2 + 648 \text{ m}^2 = \mathbf{1162 \text{ m}^2}$$

Provando banalmente a traslare le due linee di montaggio si ottiene la situazione rappresentata in Figura 30 che evidenzia le problematiche di spazio del nuovo layout.

Osservando il layout sottostante si può notare come le linee di montaggio finirebbero per superare la parete divisoria, invaderebbero il percorso pedonale che costeggia la parete e finirebbero a pochi centimetri dalla LINEA MRT senza possibilità di far circolare i carrellisti creando una zona di asservimento per le linee. Per tutte queste ragioni questa strada è stata subito scartata.

Il problema dello spazio assume una notevole importanza in quanto l'area futura a disposizione per il premontaggio dei bracci di carico sarà inferiore di 56 m² rispetto alla situazione AS-IS.

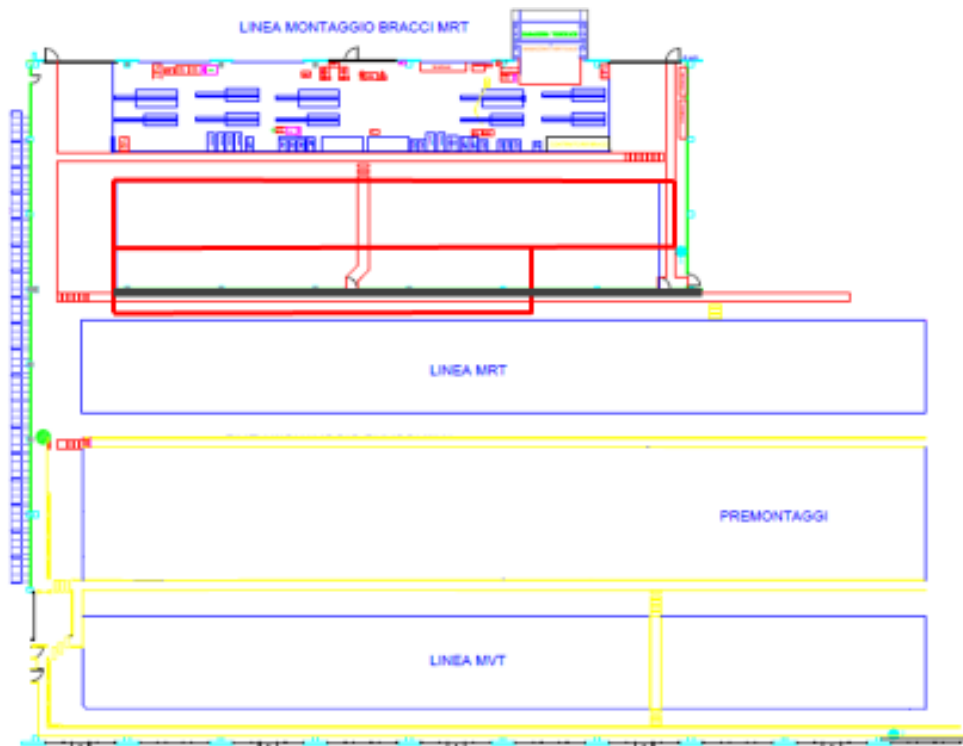


Figura 32: Layout che si otterrebbe traslando il premontaggio dei bracci nella nuova zona assegnata

Ciò dimostra che per risolvere questo problema bisognerà modificare la disposizione delle attrezzature o cambiare totalmente il percorso delle linee di montaggio. Tutte analisi che approfondirò nel prossimo capitolo.

Capitolo 4: Definizione della linea ideale

In base agli obiettivi che l'azienda vuole raggiungere attraverso la riprogettazione delle linee di montaggio dei bracci, verranno proposte degli scenari alternativi di layout.

Prima di addentrarsi nell'analisi qualitativa bisogna premettere che è stato deciso dai responsabili di produzione di non unire le attuali 2 linee dei bracci (MVT e MRT) in un'unica linea che gestisce tutti i prodotti.

La motivazione che sta alla base di tale decisione risiede nelle possibili problematiche che potrebbero verificarsi all'interno della linea dei premontaggi e che bloccherebbero tutta la produzione.

Infatti se si unissero tutte le linee, al verificarsi di un problema tecnico alla linea bracci tutte le linee di montaggio delle macchine rimarrebbero bloccate in attesa del componente da assemblare. Invece mantenendole distaccate è possibile isolare il problema ad una sola famiglia di macchine mentre le altre non avrebbero interruzioni.

Inoltre i prodotti sarebbero troppo diversi da inglobare in un'unica linea e il Takt Time delle famiglie sarebbe stato molto diverso creando problemi di bilanciamento della linea; per questi motivi si presenteranno layout con le due linee autonome.

La scelta si baserà su specifici fattori rilevanti, in parte già elencati nella situazione AS-IS.

4.1 Analisi dei fattori determinanti

Quindi, oltre ad una valutazione quantitativa dei tempi del flusso del materiale, verrà proposta un'analisi qualitativa basata sui fattori significativi per il layout.

Quelli considerati sono i seguenti:

- 1. Facilità di gestione e coordinamento delle linee:** è il fattore principale per cui l'azienda vuole accorpare le linee dei bracci in un'unica area in modo da consentire all'unico responsabile di essere più vicino alle linee rispetto alla situazione attuale. Ora la linea dei bracci telescopici rotativi è divisa in due zone diverse e separate da una parete rendendo più complicato il controllo e la gestione al caporeparto.
- 2. Spazio occupato dalle linee:** lo spazio è una risorsa finita, a maggior ragione in questo caso studio dove si ragiona su un cambiamento di layout esistente e non è possibile ampliare l'area considerata. Il fattore è oggettivo ed è legato ai m² occupati dalle linee.

Si cercherà di ottenere una linea che garantisca produttività e uno spazio adeguato al flusso dei materiali ed al movimento degli operatori. Inoltre bisogna ricordare che l'azienda ha come obiettivo quello di scorporare dalle linee delle macchine alcuni premontaggi in modo da ridurre il Flow Time dei prodotti; quindi, minore è lo spazio occupato dalle linee dei bracci, maggiore sarà lo spazio disponibile per i nuovi premontaggi.

- 3. Flessibilità ed adattabilità del layout ai futuri modelli di bracci telescopici:** considerando il fatto che nel mercato dei sollevatori telescopici la competizione è serrata e si cerca sempre di raggiungere altezze di sollevamento e carichi maggiori, diventa importante pensare ad una linea in cui possano muoversi bracci anche di dimensioni maggiori a quelli attualmente assemblati. Ricordiamo l'importanza che assume lo spazio dedicato alla postazione collaudo dove avviene l'allungamento del braccio. Nel caso degli MRT arriva a 30 metri ma un domani potrebbero essere lunghezze maggiori.
- 4. Facilità nella movimentazione dei materiali:** è indispensabile considerare aree di stock adeguate per i materiali che vengono dal magazzino. Inoltre è importante facilitare la movimentazione dei carrelli e quindi ridurre il tempo dedicato al loro trasporto.
- 5. Efficienza nell'utilizzo del magazzino verticale che asserva direttamente in linea:** il magazzino verticale è il principale vincolo per il nuovo layout in quanto è un elemento non trasferibile ed è di fronte alla prima postazione (L601) fornendo all'operatore (in tempo mascherato) i cilindri di sfilo per i bracci MRT e Light. Si valuta di inserire in tale magazzino anche i cilindri per i bracci MVT aumentando la sua efficienza.
- 6. Vicinanza alla linea di produzione delle macchine:** l'ideale per tutti i premontaggi è che siano vicino alle linee di montaggio accorciando i tempi di trasferimento dei pezzi e aumentando il coordinamento tra premontaggi e linea.

Ad ogni fattore ($i= 1, 2, \dots, m$) viene assegnato un peso (p_i) su una scala da 1 a 5 in base all'impatto che ha ogni fattore sul layout finale.

Dopodichè viene giudicata ciascuna alternativa ($j= 1, 2, \dots, n$) di layout assegnando, per ogni fattore (i), un valore numerico g_{ij} su una scala che va sempre da 1 a 5 punti.

In questo modo ogni layout (j) otterrà un certo punteggio finale (P_j).

Esso sarà il risultato della seguente formula:

$$P_j = \sum_{i=1}^m p_i * g_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, m$ fattori con $m=6$

$j = 1, 2, \dots, n$ alternative

L'alternativa scelta sarà quella con P_j maggiore.

4.2 Layout della nuova linea di assemblaggio

Mantenendo per il momento lo stesso numero di postazioni e di operatori, verranno proposti diverse disposizioni della linea di assemblaggio. Bisogna tener presente che ci sono vincoli da rispettare come:

- 1- **Lo spazio massimo occupabile**
- 2- **Il magazzino verticale**
- 3- **Presenza di attrezzature indispensabili** come carroporti e paranchi che, quando entreremo nel merito delle attrezzature necessarie per ogni postazione, dovremo considerare e valutare anche sotto l'aspetto economico.

Vengono ipotizzate varie alternative rappresentandole in figura ed elencandone i pro e i contro di ciascuna.

4.2.1 Soluzione A

La linea MRT e Light (rossa) è costituita da due linee parallele e il flusso dei bracci ha una forma ad "U". La linea MVT è rettilinea e parallela alle due linee MRT.

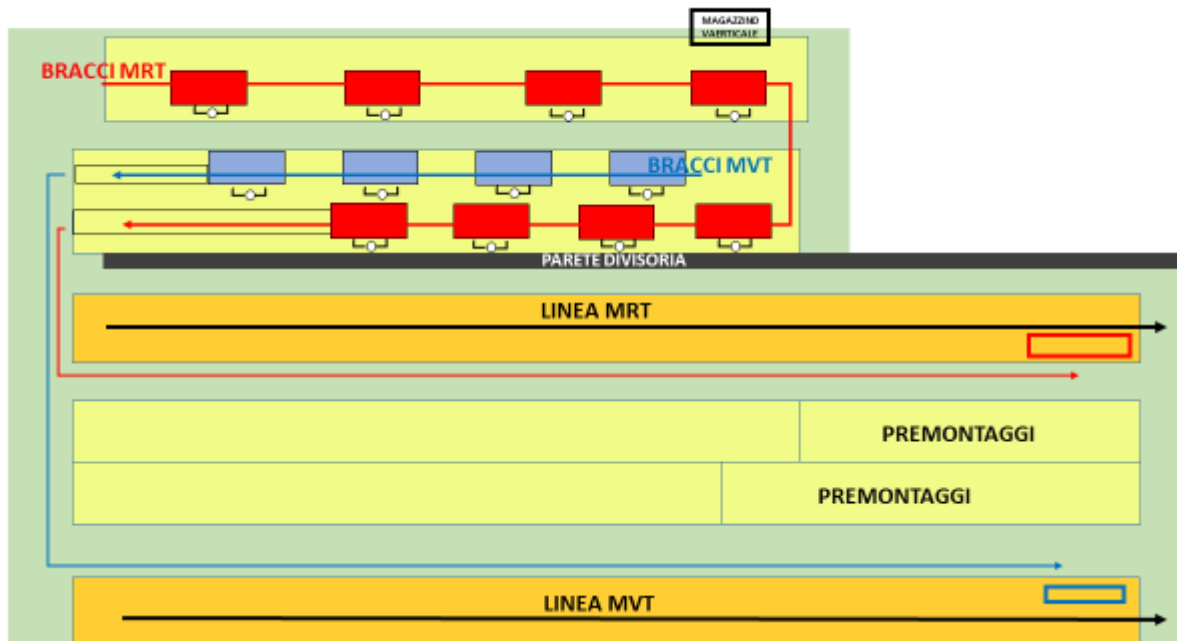


Figura 33: Layout Soluzione A

Questa soluzione prevede che venga eliminata la discontinuità della linea dei rotativi che causava problemi nella situazione AS-IS. La direzione del flusso dei bracci rotativi è opposta a quella attuale.

È presente un unico passaggio per i carrellisti in quanto non è possibile, con questa disposizione, ricavare un altro percorso con larghezza idonea.

Vantaggi:

- Lo spazio totale occupato dalle linee sarà di 1162 m² e quindi inferiore a quello occupato dalla situazione AS-IS.
- I tempi di movimentazione dei bracci MRT e Light tra le postazioni interne alla linea bracci saranno nettamente inferiori in quanto si va ad eliminare la discontinuità presente nell'attuale disposizione.
- Possibilità di utilizzare il magazzino verticale ma solo per la linea dei rotativi. Il materiale verrà scaricato nella quarta postazione di tale linea e non più nella prima ma ciò non creerà problemi. Infatti i cilindri di sfilo scaricati dal magazzino verticale sono montati nella penultima postazione.
- Questo layout non necessita di modifiche strutturali dello stabilimento.

Svantaggi:

- Le distanze dal collaudo dei bracci (ultima postazione delle linee bracci) alle linee delle macchine aumentano facendo aumentare di conseguenza i tempi di asservimento. Si è scelto di cambiare la direzione del flusso facendo uscire i bracci finiti laddove la parete non è presente e non ostacolava il passaggio dei bracci anche se le distanze per raggiungere la linea delle macchine è ancora considerevole. Nonostante abbia altri vantaggi importanti, da questo punto di vista, la soluzione A è peggiorativa rispetto alla situazione AS-IS.
- È presente solo un passaggio per i carrellisti che diventerà molto trafficato quando bisognerà fare il cambio di lotto ed ogni postazione chiederà materiale al magazzino.

4.2.2 Soluzione B

Questa disposizione preserva i vantaggi della precedente proposta cercando di migliorare le situazioni critiche riportate.

Per poter utilizzare il magazzino verticale in maniera più efficiente si è scelto di far scaricare in questa postazione sia la carpenteria per i bracci rotativi sia per quelli fissi affrontando il tema del bilanciamento dei tempi di questa postazione che dovrà gestire 3 famiglie di prodotto.

Entrambe le linee dei bracci hanno un flusso dei materiali ad “U”. La “U” viene distorta nell’ultima postazione dove è presente il banco collaudo. Per motivi tecnici si è scelto di mettere questa postazione quasi affiancata a quella precedente in modo che l’allungamento del braccio (riportato in figura), eseguito durante la prova collaudo, non ostacolasse le altre postazioni e fosse di lunghezza idonea anche per sviluppi futuri.

La direzione del flusso dei prodotti rimane lo stesso della situazione AS-IS e per fare ciò si è pensato di togliere la parete divisoria che ostacolava l’asservimento dei bracci alle macchine.

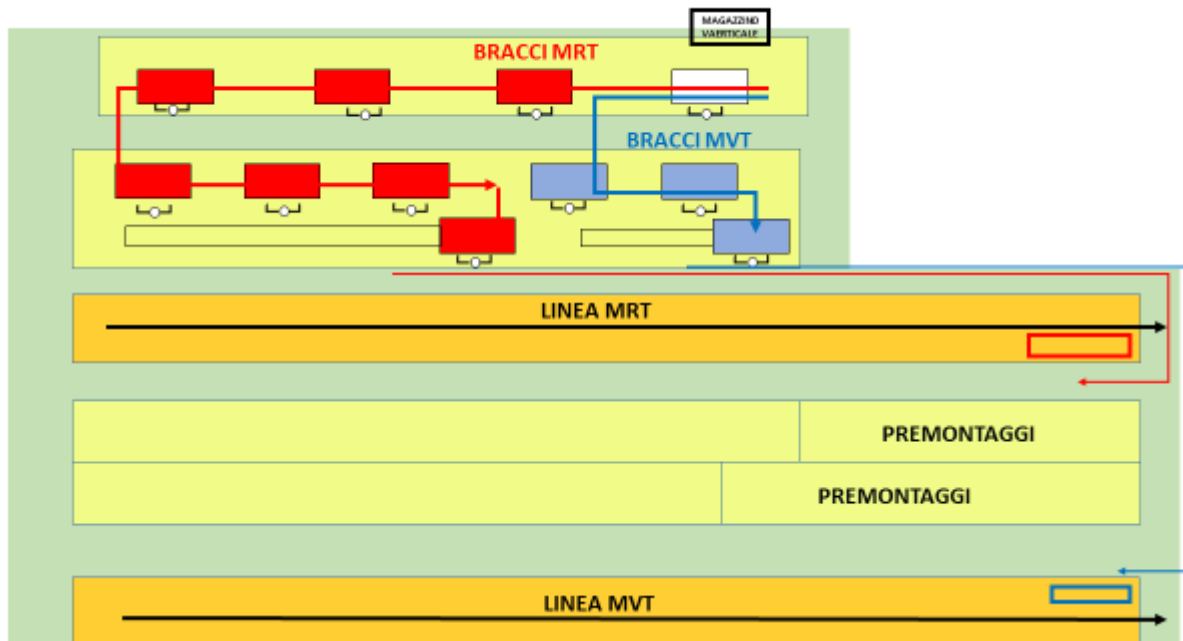


Figura 34: Layout Soluzione B

Per risolvere il problema della distanza dall'asservimento delle linee si crea un percorso eliminando la parete divisoria presente. Essa era stata posta perché in passato divideva la parte produttiva dell'azienda dal magazzino ma oggi entrambe le zone sono produttive.

Per cui oltre ai **vantaggi** della situazione precedente si aggiungono:

- Applicazione del Visual Management e miglioramento del coordinamento tra le varie aree aziendali attraverso l'eliminazione della parete.
- Come nella proposta precedente, lo spazio totale occupato sarà di 1162 m² e quindi inferiore a quello occupato dalla situazione AS-IS.
- Riduzione del tempo di asservimento dei bracci alle linee grazie al nuovo percorso percorribile nella situazione TO-BE.
- Possibile creazione di un'area di stock dei materiali a fianco delle postazioni nella zona in cui è attualmente presente la parete. Questo permette ai carrellisti di poter asservire le linee dei bracci da due lati anziché uno facilitando le operazioni di carico e scarico e riducendo il traffico nelle corsie.

Gli svantaggi di questa soluzione sono:

- L'abbattimento del muro divisorio non sarà a costo zero e dovrà prevedere quindi anche un'analisi di fattibilità economica.

- La prima postazione dove è presente il magazzino verticale che scarica i materiali direttamente in linea sarà condivisa sia per i bracci MVT sia per quelli rotativi. Ciò comporta ad un bilanciamento dei tempi di tale postazione visto che le due linee dei bracci lavorano con Takt Time diversi.

4.2.3 Soluzione C

Questa soluzione è nata alla luce dell'elevata distanza tra la nuova linea di bracci MVT (delle soluzioni precedenti) e la linea delle macchine MVT. Il peggioramento rispetto alla situazione attuale per quello che riguarda i tempi di asservimento dei bracci fissi può essere evitato.

Il layout proposto prevede di mantenere nell'attuale posizione i bracci MVT in quanto sono vicini alla linea delle macchine MVT e spostare nella nuova area solo la linea dei bracci rotativi che avrà un flusso a forma di "U". Inoltre sarà lasciata libera un'area da dedicare eventualmente ad altri premontaggi.

Anche in questo caso la demolizione della parete diminuirebbe il tempo di asservimento dei bracci MRT e Light; verrà quindi prevista.

La proposta in esame porterebbe queste **conseguenze positive**:

- Evita l'aumento delle distanze tra il premontaggio bracci fissi e linea dei sollevatori fissi. Allo stesso tempo mantiene la distanza tra i bracci rotativi e la linea MRT.
- Elimina (come nei precedenti casi) la discontinuità.
- Viene eliminato il muro divisorio con tutti i vantaggi precedentemente descritti.

Per contro si avrà:

- Maggior spazio utilizzato rispetto alle proposte precedenti, in quanto nella nuova area ci saranno solo i bracci rotativi mentre nelle proposte precedente vi erano anche i bracci fissi.

Totale spazio occupato Soluzione C = $514 \text{ m}^2 + 436 \text{ m}^2 + 309 \text{ m}^2 = 1259 \text{ m}^2$

- Aumento dei costi dovuto all'eliminazione della parete
- Difficile gestione da parte dell'unico responsabile di due linee che si trovano in zone distanti dello stabilimento produttivo.
- Minor utilizzo del magazzino verticale dedicato solo alla famiglia dei rotativi.

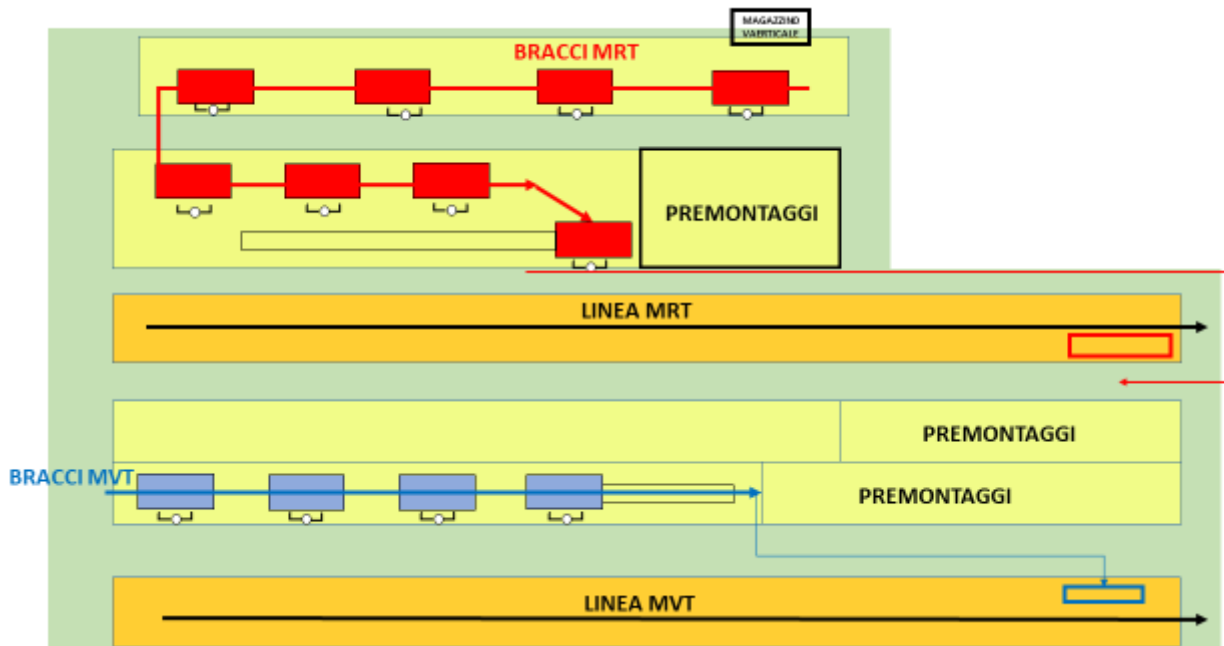


Figura 35: Layout Soluzione C

4.3 Scelta del layout migliore

Le alternative elencate sono state sottoposte alla valutazione dei responsabili aziendali per valutare sia il peso che ogni fattore avrà nella decisione del layout sia il giudizio da dare ad ogni proposta presentate.

Tale valore è una media dei giudizi dei membri coinvolti nel progetto.

Nella valutazione è importante procedere prendendo di riferimento un fattore e dando il giudizio alle varie alternative riferito allo stesso criterio (riempiendo la tabella per righe).

Fattori	Peso	SOLUZIONE A		SOLUZIONE B		SOLUZIONE C	
		Valutazione	Risultato	Valutazione	Risultato	Valutazione	Risultato
Facilità di gestione e coordinamento delle linee	5	4	20	4	20	2	10
Spazio occupato dalle linee	4	5	20	5	20	2	8
Flessibilità ed adattabilità del layout ai futuri modelli	3	2	6	2	6	5	15
Facilità nella movimentazione dei materiali	3	1	3	3	9	5	15
Efficienza nell'utilizzo del magazzino verticale	2	3	6	5	10	2	4
Vicinanza dei premontaggi alle linee di produzione	3	2	6	3	9	5	15
Valore Finale	100		61		74		67
Valore Percentuale	100%		61%		74%		67%

Dalle valutazioni qualitative dei responsabili di produzione emerge come la soluzione B sia quella che più soddisfa le esigenze produttive dell'impresa con un totale di 74 punti pari al 74% del punteggio massimo disponibile.

La soluzione che più si avvicina è la C con 67 punti ma, l'esigenza di avere in un'unica area aziendale l'intera produzione dei bracci ha impattato notevolmente sulla scelta così come lo spazio occupato dalle linee dei bracci.

Per verificare che questa soluzione scelta sia migliorativa economicamente rispetto alla situazione AS-IS procederemo nei prossimi capitoli con un confronto e con un'analisi Costi-Benefici.

Capitolo 5: Cambiamento della sequenza di montaggio

Prima di approfondire la disposizione della soluzione B, si presenta il capitolo in cui viene proposta una modifica all'ordine di montaggio dei bracci rotativi. Con l'obiettivo di ridurre al minimo le attività non a valore aggiunto si è pensato a possibili soluzioni per risparmiare sul tempo di trasporto dei bracci MRT-Light che, a causa del numero di postazioni maggiore e delle distanze più lunghe, sono quelli più impattanti. L'idea è stata quella di ridurre il numero delle movimentazioni dei carrelli inserendo il prima possibile gli sfili l'uno sull'altro. Si ottiene così un unico carrello da movimentare al posto di 4 carrelli con relativi risparmi sul tempo ciclo degli operatori diretti. La fattibilità tecnica si può ottenere studiando le precedenze tecnologiche delle operazioni di cui erano costituiti i bracci e verificare se fosse stato possibile anticipare tutti quei montaggi essenziali per ottenere un pezzo unico e posticipare invece operazioni che potevano essere eseguite nelle postazioni successive. Infatti se da un lato l'obiettivo è anticipare la creazione di un pezzo unico, dall'altro lato bisogna trovare delle operazioni che nella situazione attuale sono eseguite prima ma che possono essere posticipate dopo l'inserimento di tutti gli sfili.

5.1 Studio delle precedenze tecnologiche

Nonostante la sequenza attuale di montaggio sia già stata presentata nel Capitolo 3, bisogna tener conto delle reali precedenze che hanno le operazioni di montaggio alla luce di possibili cambiamenti. Si rappresenta nella seguente tabella le attività e le relative precedenze per le due famiglie di prodotti. I modelli fissi MVT hanno le seguenti macro-operazioni:

ATTIVITA'	DESCRIZIONE	PRECEDENTI
SBE	Scarico braccio esterno	-
S1	Scarico 1°sfilo	-
SCM	Scarico canalina e martinetti	-
INGBE	Ingrassaggio interno braccio esterno	SBE
P1	Montaggio pattini 1°sfilo	S1
TUBI	Inserimento dei tubi idraulici all'interno del 1° sfilo	S1
INS1	Inserimento 1°sfilo nel braccio est.	S1, SBE, INGBE, P1
MART	Montaggio martinetti	S1, SBE, SCM, INGBE, P1, INS1, TUBI
TS	Montaggio TS	S1, SBE, SCM, INGBE, P1, INS1, TUBI, MART
COLL	Prova collaudo	S1, SBE, SCM, INGBE, P1, INS1, TUBI, MART, TS.

Figura 36: Tabella delle precedenze per modelli MVT

I modelli MRT e Light hanno più sfilati da gestire per cui le operazioni di montaggio saranno più numerose come si può osservare dalla seguente tabella.

ATTIVITA'	DESCRIZIONE	PREDECESSORI
SBE	Scarico braccio esterno e martinetti	-
S1	Scarico 1°sfilato	-
S2	Scarico 2°sfilato	-
S3	Scarico 3°sfilato	-
INGBE	Ingrassaggio interno braccio esterno	SBE
ING1	Ingrassaggio interno 1°sfilato	S1
ING2	Ingrassaggio interno 2°sfilato	S2
CFBE	Montaggio catene in ferro braccio esterno	SBE
CF1	Montaggio catene 1°sfilato	S1
CF2	Montaggio catene 2°sfilato	S2
CF3	Montaggio catene 3°sfilato	S3
P1	Montaggio pattini 1°sfilato	S1
P2	Montaggio pattini 2°sfilato	S2
P3	Montaggio pattini 3°sfilato	S3
INS1	Inserimento 1°sfilato nel braccio est.	SBE, S1, INGBE, CFBE, CF1, P1
INS2	Inserimento 2°sfilato nel 1°	S1, S2, ING1, CF2, P2
INS3	Inserimento 3°sfilato nel 2°	S2, S3, ING2, CF3, P3
ASS	Assemblaggio di tutti gli sfilati in un pezzo unico	SBE, S1, S2, S3, INGBE, CFBE, CF1, P1, ING1, CF2, P2, ING2, CF3, P3, INS1, INS2, INS3
TUB	Montaggio tubolari	SBE, S1, S2, S3
CP	Montaggio catenarie in plastica	TUB, SBE, S1, S2, S3
MART	Montaggio martinetti	SBE, S1, S2, S3, INGBE, CFBE, CF1, P1, ING1, CF2, P2, ING2, CF3, P3, INS1, INS2, INS3, ASS, TUB, CP
TS	Montaggio TS	SBE, S1, S2, S3, INGBE, CFBE, CF1, P1, ING1, CF2, P2, ING2, CF3, P3, INS1, INS2, INS3, ASS, TUB, CP, MART
COLL	Prova collaudo	Tutte le precedenti

Figura 37: Tabella delle precedenze per modelli MVT

5.2 Diagramma delle precedenze tecnologiche

Le precedenze sono graficamente rappresentate tramite il diagramma delle precedenze. Questi grafici sono composti di archi e nodi, in cui i nodi rappresentano le attività mentre gli archi le precedenze tecnologiche. Quindi se tra un'attività e l'altra esiste un vincolo di precedenza tecnologica esse saranno collegate da un arco.

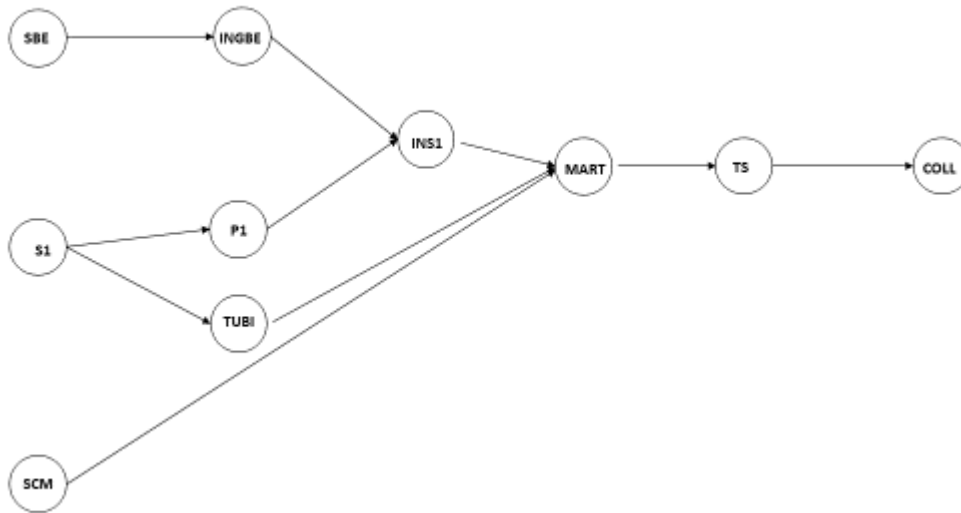


Figura 38: Diagramma delle precedenze per modelli MVT

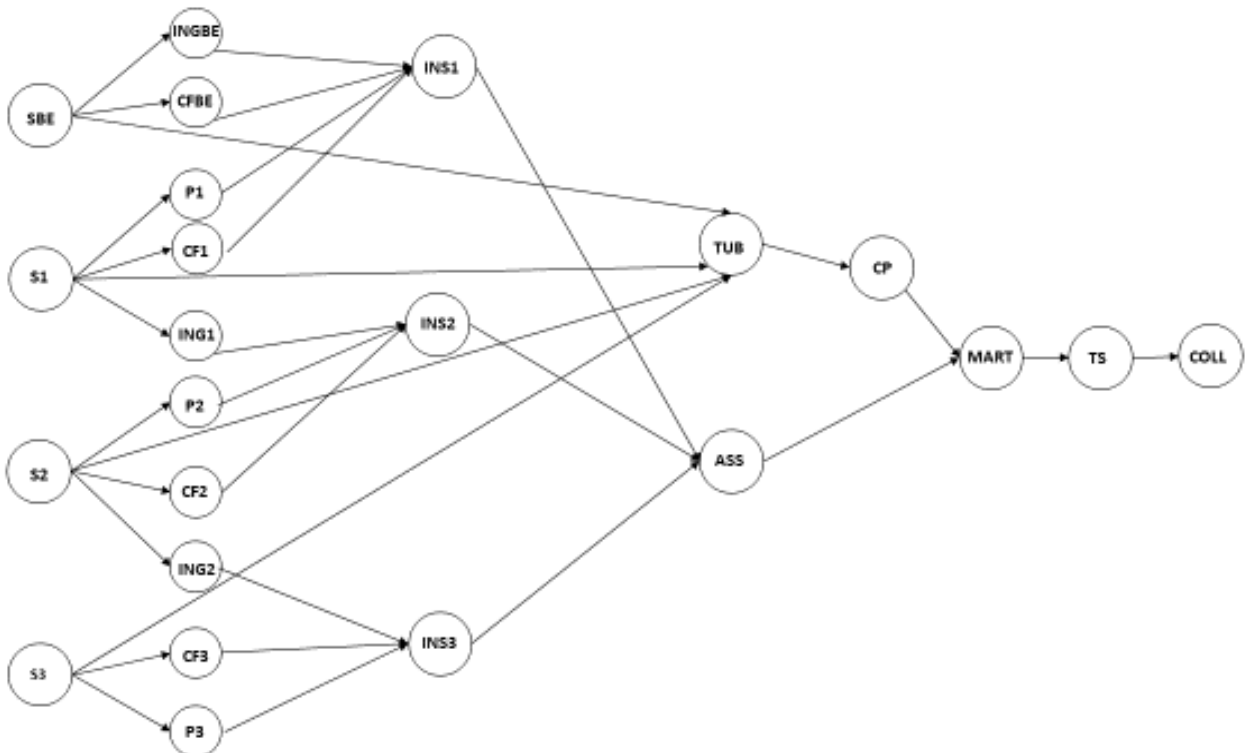


Figura 39: Diagramma delle precedenze per modelli MRT e Light

Si vuole precisare che per tutti i modelli della famiglia MRT e Light, prima di fare ogni inserimento (per esempio “INS1”) bisogna che i prodotti siano innanzitutto scaricati nei carrelli con pattini (“P1”) e catene in ferro (“CF1” e “CFBE”) montati. Inoltre lo sfilo esterno deve essere ingrassato (“INGBE”) prima dell’inserimento perché poi (dopo l’inserimento) non sarebbe più possibile fare tale operazione.

5.3 Nuova sequenza di montaggio

Focalizzandosi sui modelli rotativi di cui si vuole modificare la sequenza di montaggio si può osservare dalla figura come l’**assemblaggio dei tubolari laterali (TUB) e delle catenarie in plastica (CP)** sono paralleli a tutte le operazioni che portano all’inserimento degli sfili. Questo ci indica che possono essere fatte sia subito dopo lo scarico o posticipate; l’importante è che sia completata prima di montare i martinetti di sfilo e di brandeggio (“MART”).

Quindi sono presenti operazioni di montaggio dei tubolari laterali (TUB) ora eseguiti in postazione L603 su cui vengono montate catenarie in plastica in postazione L604A e su cui vengono fatti passare i tubi idraulici (L604A, L302, L304) che **possono essere posticipate**.

Per illustrare la situazione AS-IS di montaggio si riportano fotografie scattate sul campo che dimostrano come l’attuale assemblaggio prevede il montaggio del tubolare sul “singolo sfilo”.



Figura 40: tubolare laterale montato sul 3° sfilo (AS-IS)



Figura 41: tubolare laterale montato sul braccio esterno con catenaria in plastica (AS-IS)

Come si può osservare sui carrelli sono presenti sfili singoli del braccio con i tubolari già montati e nell'ultima immagine anche la catenaria assemblata.

La situazione TO-BE prevede il posticipo di queste operazioni e l'anticipo di altre, nello specifico si devono anticipare tutte quelle lavorazioni che permettono l'inserimento degli sfili e l'ottenimento di un pezzo singolo:

- Ingrassaggio: avviene tuttora prima dell'inserimento degli sfili
- Montaggio delle catene in ferro: anticipabile dalla postazione L604 A alla L603
- Montaggio dei pattini: anticipabile dalle postazioni L302 e L304 alla postazione L604B

Poi si può procedere con l'inserimento degli sfili e la regolazione dei pattini.

L'analisi delle precedenze tecnologiche effettuata su carta è stata confermata attraverso il montaggio di un braccio "fuori linea" con la nuova sequenza di montaggio sotto la supervisione del Responsabile dei bracci telescopici.

In figura 42 si osserva come tutti gli elementi del braccio sono stati inseriti ma ancora devono essere montati i tubolari laterali che sono sul pallet.



Figura 42: braccio rotativo con tutti gli sfili inseriti e i tubolari ancora da montare

Successivamente si è proseguito l'assemblaggio dei tubolari uno ad uno. Viene montato il tubolare del braccio esterno e la rispettiva catenaria in plastica. Dopodiché viene assemblato il tubolare del 1° sfilo con la relativa catenaria e così via. Vengono ora riportate illustrazioni della prova di montaggio fuori linea dei tubolari.



Figura 43: Montaggio 2° tubolare con tutti gli sfili dei bracci già inseriti



Figura 44: montaggio 4° tubolare con tutti gli sfili già inseriti (TO-BE)

5.4 Vantaggi della nuova sequenza di montaggio

È possibile affermare che la riduzione della movimentazione dei carrelli attraverso il cambiamento della sequenza di montaggio porterebbe grandi vantaggi già nel layout della situazione AS-IS grazie alla riduzione del numero delle movimentazioni

5.4.1 Riduzione del numero e del tempo delle movimentazioni

La nuova sequenza di montaggio non modificherà il tempo delle operazioni di montaggio che rimarranno le medesime ma verranno semplicemente eseguite in un ordine diverso permettendo una riduzione del numero e del tempo delle movimentazioni dei carrelli.

Tali movimentazioni con il nuovo ordine di assemblaggio sono rappresentate nella seguente figura che dimostra come il traffico dei carrelli all'interno dell'azienda si sia notevolmente snellito. In figura per il momento si mantiene il layout della situazione AS-IS in quanto il cambiamento esposto è applicabile indipendentemente dalla disposizione della linea nello stabilimento.

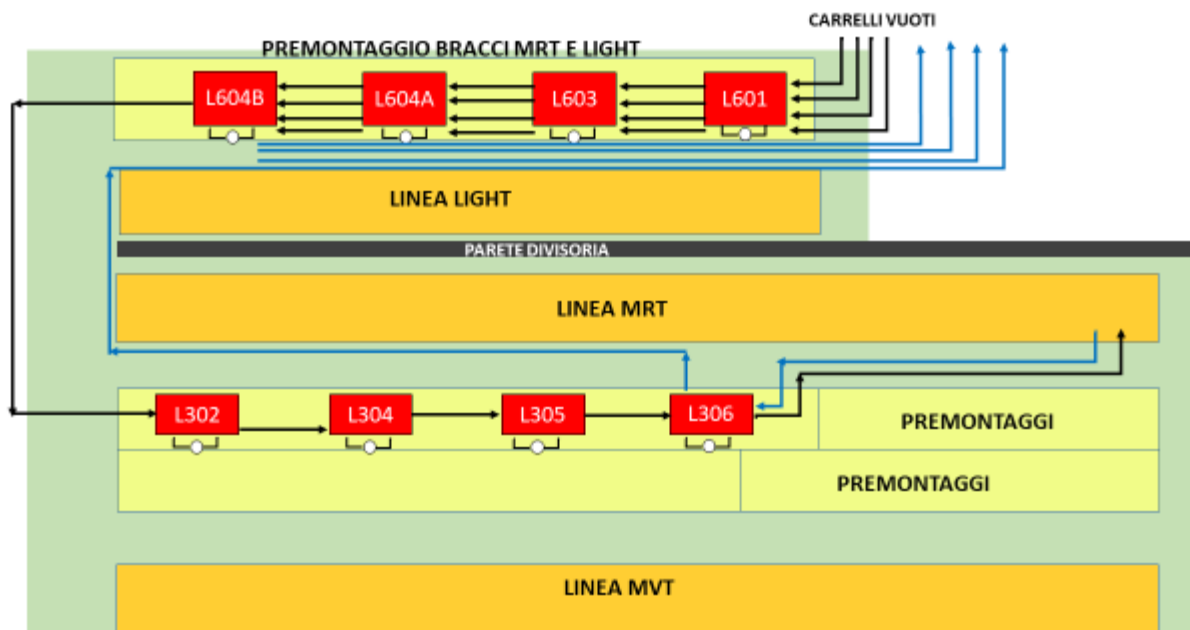


Figura 45: Layout con movimentazioni dei carrelli dopo la modifica di montaggio

Come si può osservare il percorso che separa la postazione L604 dalla L302 sarà percorso solo 1 volta per ogni braccio non più 4 volte. Inoltre anche i carrelli vuoti da riportare alla prima postazione saranno sempre nella postazione L604 e quindi più vicini al luogo di destinazione. Dopo aver fatto una stima dei tempi si è stilata la seguente tabella che riassume in termini temporali ed economici il cambiamento descritto mantenendo, per il momento, il layout attuale delle linee.

	<i>Macchine</i> <i>Anno</i>	RISPARMIO		
		(Min/Braccio)	(Ore/Anno)	(€/anno)
MRT	1474	14,1	346,4	12124
LIGHT	131	14,1	30,8	1078
		TOTALE	377,2	13202

Figura 46: tabella che quantifica i risparmi di tempo e costi di movimentazione

5.4.2 Miglioramento della qualità del prodotto

La modifica apportata, come notato dal Responsabile dei Bracci Telescopici e confermato dal Responsabile della Qualità di Produzione, permette di evitare alcune anomalie che venivano riscontrate al Collaudo effettuato fuori linea.

I tubolari nella situazione AS-IS vengono montati su ogni sfilo prima dell'inserimento e della costituzione di un pezzo unico per cui gli operatori non hanno il riferimento di come sono allineati gli altri tubolari, inoltre appoggiando sopra la catenaria in plastica il tubolare flette leggermente. Quindi dopo aver montato i tubolari si inseriscono i vari pezzi ottenendo il braccio finito e può capitare che i tubolari con sopra le catenarie in plastica siano disallineati (21 casi riferibili a tale problematica nell'ultimo anno) e questa Anomalia dovrà poi essere sistemata al Collaudo fuori linea.

I problemi di qualità che si riscontrano fuori dalla linea di produzione generano una serie di costi di manodopera e di gestione del problema che non sono standard per cui non verranno quantificati. Però qualsiasi anomalia riscontrata genera rilavorazioni che, oltre ad aumentare i costi, rallentano il flusso del prodotto all'interno dell'azienda e potrebbero sfociare in ritardi sui tempi di consegna al cliente.

Manitou lavora secondo i principi della Lean Manufacturing proveniente dal Toyota Production System (TPS) ideato per migliorare la qualità e la produttività. Uno dei punti cardine di questa filosofia è l'Eliminazione degli Sprechi tra cui appunto:

- Trasporti;
- Tempi di attesa;
- Prodotti difettosi e rilavorazioni

Per eliminare le cause degli sprechi sono state messe a punto alcune soluzioni tra cui la Qualità alla Fonte. Essa si basa sulla corretta realizzazione del prodotto fin dall'inizio e, in caso di problemi, bisogna arrestare immediatamente il processo o la catena di montaggio in quanto i costi che si generano sarebbero maggiori rispetto a quelli che si hanno se il problema venisse affrontato fin da subito. Alla luce di quanto detto l'azienda ha visto il cambiamento dell'ordine di montaggio come un'opportunità di applicare questa "tecnica lean" migliorando la qualità dei propri bracci telescopici.

Nella situazione TO-BE tale problema non si presenterà in quanto i tubolari verranno montati uno ad uno solo dopo che gli sfili sono stati inseriti. Questo assemblaggio permette di verificare l'allineamento dei tubolari e correggere subito eventuali anomalie.

Infine, collegato al tema del trasporto dei carrelli, vi è una problematica di sicurezza causata dal peso ed ingombro dei materiali che costituiscono il braccio. Ogni singolo viaggio porta

con sé un certo rischio di urti, danneggiamenti o ribaltamenti del carico; per cui riducendo il numero di trasporti, diminuiscono le probabilità di situazioni di questo tipo.

La riduzione delle attività non a valore aggiunto così come il miglioramento della qualità del prodotto e la riduzione dei rischi di trasporto hanno fatto sì che la situazione TO-BE della linea dei bracci rotativi prevedesse questo nuovo ordine di assemblaggio.

Nei prossimi capitoli verranno approfondite le singole postazioni evidenziando le attrezzature che necessitano per effettuare le operazioni di montaggio e verrà affrontato il tema del bilanciamento della linea.

Capitolo 6: Situazione TO-BE

Si seguirà la nuova sequenza di montaggio per i modelli MRT e Light. Per tutte le famiglie di prodotto si approfondirà stazione per stazione la disposizione delle attrezzature necessarie e le operazioni di montaggio.

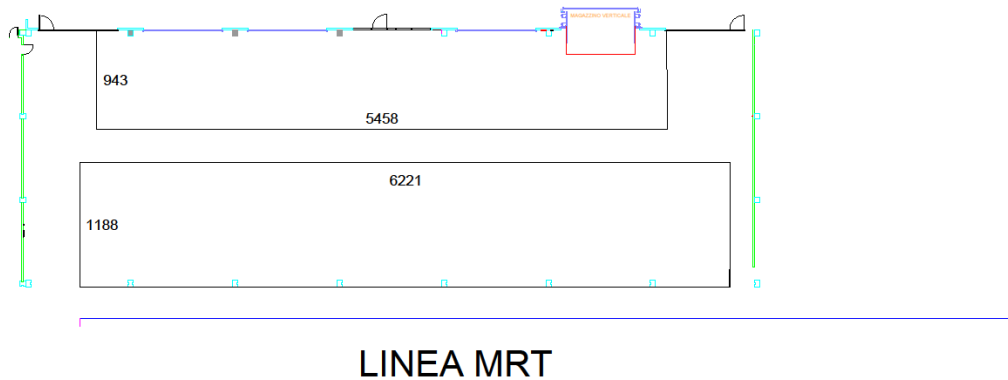


Figura 47: Area dedicata alle linee dei bracci telescopici con relative metrature

Nell'immagine viene raffigurato il layout vuoto con solo le delimitazioni all'interno delle quali si dovranno inserire le linee produttive e le quote (in centimetri) del perimetro.

Inoltre è stata eliminata la parete divisoria mentre sono state mantenute le pareti laterali ed il magazzino verticale in alto nella postazione L601. L'eliminazione della parete ha permesso inoltre un ampliamento della zona che attualmente ospita la linea Light; ora lo spazio disponibile sarà di 730 m².

I nomi delle postazioni vengono mantenute, quando possibile, uguali a quelle presenti nella situazione AS-IS. In ogni postazione si presenterà il numero di operatori anche se il calcolo sul dimensionamento delle risorse sarà confermato nel capitolo successivo.

Analizzando ogni singola stazione di montaggio si possono distinguere le attrezzature per il sollevamento in giallo, i banchi di lavoro e le altre attrezzature fisse della postazione in rosso, e i materiali che vengono portati dal magazzino e stoccati a bordo linea in blu.

6.1 Linea dei bracci telescopici rotativi

Postazione L601

L'operatore assegnato a questa postazione scarica gli sfili dei bracci telescopici dal contenitore ai carrelli mobili in modo che poi possano essere spinti lungo la linea.

La situazione TO-BE prevede il Magazzino Verticale che scarica materiale direttamente in postazione. Esso viene rifornito dall'esterno anche dei componenti per i modelli MVT. Più precisamente gli elementi presenti all'interno del magazzino saranno:

- Martinetti di sfilo MVT
- Martinetti di sfilo MRT
- Martinetti di brandeggio MVT
- Martinetti di brandeggio MRT
- Canaline MVT ed MRT

Questo modo di rifornire la linea agevola gli operatori logistici in quanto, mentre nella situazione AS-IS erano costretti durante il cambio di lotto a rifornire velocemente tutta le postazioni per non bloccare la linea, ora possono invece caricare i materiali dall'esterno del magazzino anche ore prima del suo utilizzo quando hanno un minor numero di missioni da portare a termine.

Dopodiché l'operatore chiamerà (attraverso il codice del componente) il martinetto specifico per il suo lotto di produzione che arriverà Just In Time ovvero nel punto in cui serve e nel momento in cui deve essere caricato nel carrello.

Il miglioramento rispetto alla situazione AS-IS è dato inoltre da una linea di montaggio più pulita, con minor materiale stoccato in linea in attesa di esser montato, inoltre si ridurranno i viaggi eseguiti dai carrellisti con conseguenti risparmi di tempo.

I martinetti nella situazione futura, quando arrivano dai fornitori, possono essere subito inseriti nel magazzino verticale.

Invece nella situazione attuale vengono prima scaricati e stoccati nel magazzino e poi portati in linea al bisogno, subendo un maggior numero di trasporti con un maggior tempo a carico degli operatori logistici.

Le attività principali presenti in questa postazione sono operazioni di movimentazione eseguite con il carroponte a causa degli elevati pesi della carpenteria. Ora si presenta la disposizione della postazione L601 in cui è presente il modello che ha gli sfili più lunghi ovvero da 6,7 metri in modo che, se la postazione presenta lo spazio adeguato per tale modello, presenterà di conseguenza spazio per tutti quelli di dimensioni minori.

Inoltre vengono disposti in linea anche i materiali che provengono dal magazzino necessari per la produzione di un lotto medio di produzione di 11 MRT (precedentemente calcolato) in modo da rendere la situazione il più possibile prossima alla realtà.

Attrezzature necessarie: carroponte, carrello elettrico per la movimentazione dei bracci, banco lavoro.

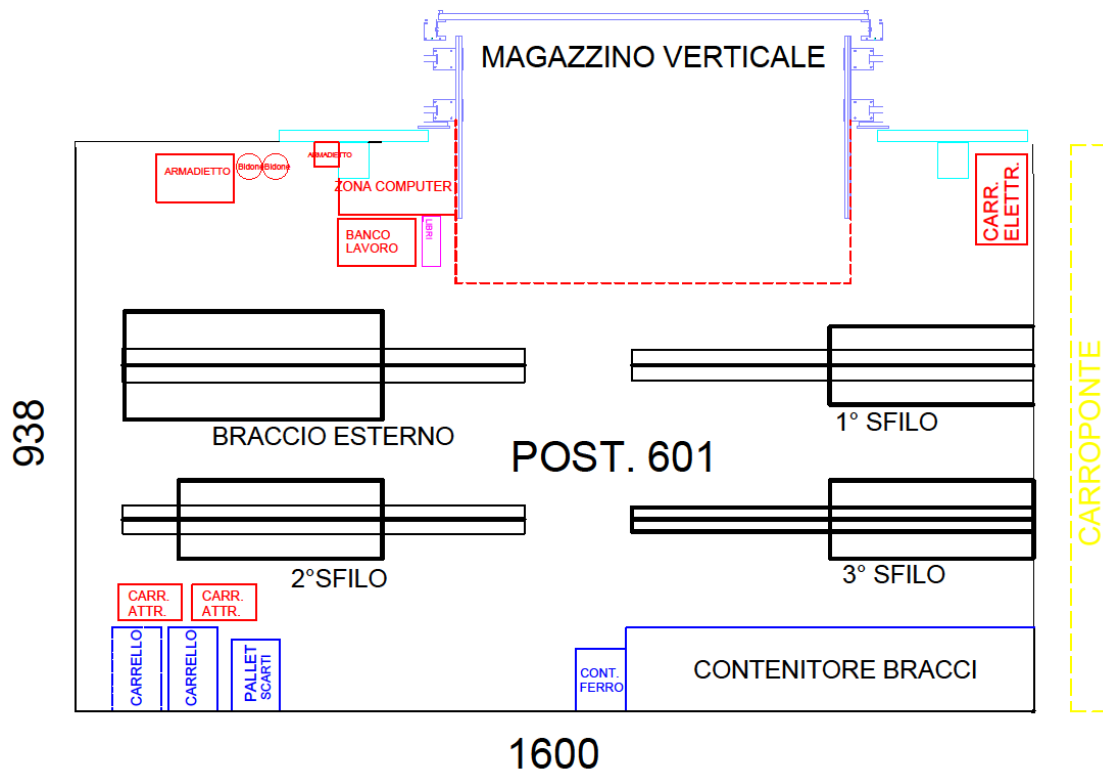


Figura 48: Layout postazione

Postazione L603

Ingrassaggio e montaggio delle catene sono le operazioni assegnate all'operatore della postazione L603. A differenza della postazione precedente, questa e quelle successive lavoreranno solo modelli MRT e LIGHT.

L'operatore necessita di un paranco per sollevare le catene e posizionarle nel braccio dopodiché dovrà essere presente un macchinario di serraggio ora posizionato in postazione L604 A che permetta il serraggio dei bulloni che bloccano le catene alla carpenteria del braccio.

I carrelli movimentati saranno ancora 4 sia in entrata sia in uscita verso la postazione L604.

Attrezzature necessarie: bandiera per il sollevamento delle catene, banco lavoro, macchinario per il serraggio dei bulloni, carrello elettrico per la movimentazione dei bracci.

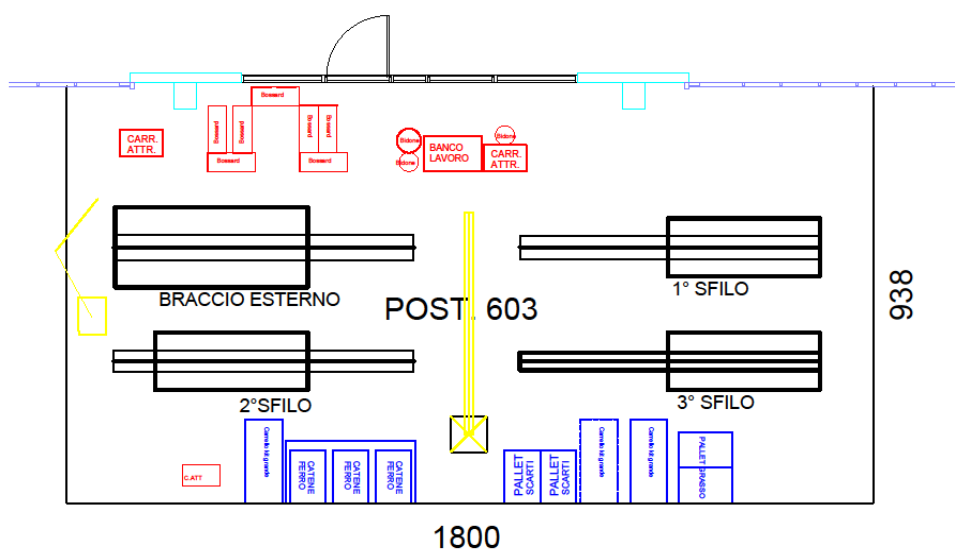


Figura 49: Layout postazione L603

Postazione L604

Viene condivisa da due operatori così come nell'attuale situazione nonostante le operazioni eseguite siano completamente diverse. Attualmente vengono montate le catenarie in plastica e le catene metalliche. Successivamente si movimentano i 4 carrelli nella postazione successiva e vengono riportati i carrelli vuoti nell'area dedicate prima della postazione L601.

La situazione TO-BE prevede che entrino in postazione 4 carrelli ma ne esca solo uno su cui è presente il braccio esterno con tutti gli sfili inseriti. I carrelli come si può osservare nella figura 50 vengono disposti già in base all'inserimento che dovrà essere eseguito.

Operatore A

Innanzitutto deve posizionare i grani, premontare e montare i pattini nello sfilo e successivamente **inserire il primo sfilo nel braccio esterno**.

Una volta completato l'inserimento regola i pattini ed esegue la spessorazione. Infine l'Operatore A riporta i carrelli vuoti degli sfili all'operatore della postazione L601, e completerà le movimentazioni dei carrelli trasferendo il braccio finito dalla propria postazione alla postazione successiva (L302).

Operatore B

Deve eseguire le stesse operazioni dell'operatore A con l'obiettivo di **inserire il 3° sfilo sul 2° sfilo**. Una volta completato la precedente fase di montaggio si movimentata il carrello contenente i bracci inseriti di fronte al carrello del braccio esterno montato dall'Operatore A.

Infine mentre l'operatore A riporta i carrelli vuoti che serviranno nella prima postazione, l'Operatore B completa l'unione dei due "blocchi" di bracci telescopici inserendo il 2° e 3° sfilo all'interno del "pacchetto" formato da braccio esterno e 1° sfilo.

Si ottiene in questo modo un prodotto unico trasferibile alla postazione successiva in un solo carrello. Le operazioni descritte necessitano di due pantografo di sollevamento da considerare nell'analisi delle attrezzature e nell'analisi Costi-Benefici.

Attrezzature necessarie: n°2 pantografi per il sollevamento degli sfili, n°2 carrelli elettrici, n°2 banchi lavoro.

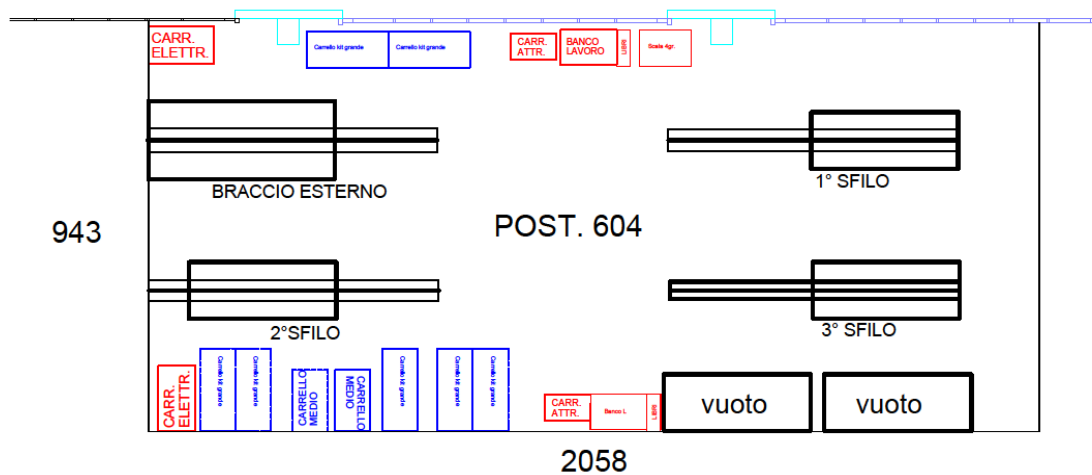


Figura 50: Layout postazione L604

Postazione L302

In ingresso vi è un unico carrello con il braccio telescopico che ora subirà i montaggi di componenti esterni alla carpenteria quali Tubolari e Catenarie. Anche in questo caso la postazione è composta da 2 operatori che si divideranno il montaggio. Lo spazio che precedentemente era assegnato alle postazioni L302-L304 ora è condiviso dai 2 operatori della singola postazione L302.

È stata presa questa decisione in quanto precedentemente vi era una postazione per i tubolari e poi una per le catenarie che venivano assemblate sopra di essi; ora invece non è possibile posizionare tutti i tubolari e poi tutte le catenarie ma bisognerà procedere montando Tubolare n.1 con catenaria n.1, dopodichè Tubolare n.2 con Catenaria n.2 e così via.

È preferibile quindi avere un'unica stazione in cui i 2 operatori lavorino in maniera sincronizzata.

Operatore A

Premonta le 3 catenarie in plastica sul banco di lavoro dove inserisce in ognuna i tubi idraulici, assembla le curve metalliche e monta tutto il premontaggio sul tubolare una volta che esso è stato assemblato al braccio. Mentre l'operatore B monta l'ultimo tubolare, siccome su di esso non ci andrà una catenaria, l'operatore A premonta le valvole nel cilindro di sfilo e nel cilindro di brandeggio in modo che la postazione successiva abbia i martinetti pronti per essere montati

Operatore B

Monta i quattro tubolari sulla carpenteria utilizzando un paranco di sollevamento, però deve lavorare sincronizzato all'operatore A in quanto non può assemblare il secondo tubolare se la prima catenaria in plastica non è stata montata dall'operatore A.

Quindi dopo che la prima catenaria è stata premontata l'operatore B fissa i collari fermatubi e collega i tubi del tubolare alle curve della canalina.

Dopodiché mentre l'operatore A premonta a banco la 2° canalina, l'operatore B torna a montare il 2° tubolare e così via fino a quando tutti i tubolari e catenaria sono montate.

A questo punto il braccio può passare alla postazione successiva.

Attrezzature necessarie: banco stesura catenarie, banco lavoro, bandiera per il sollevamento dei tubolari, carrello elettrico.

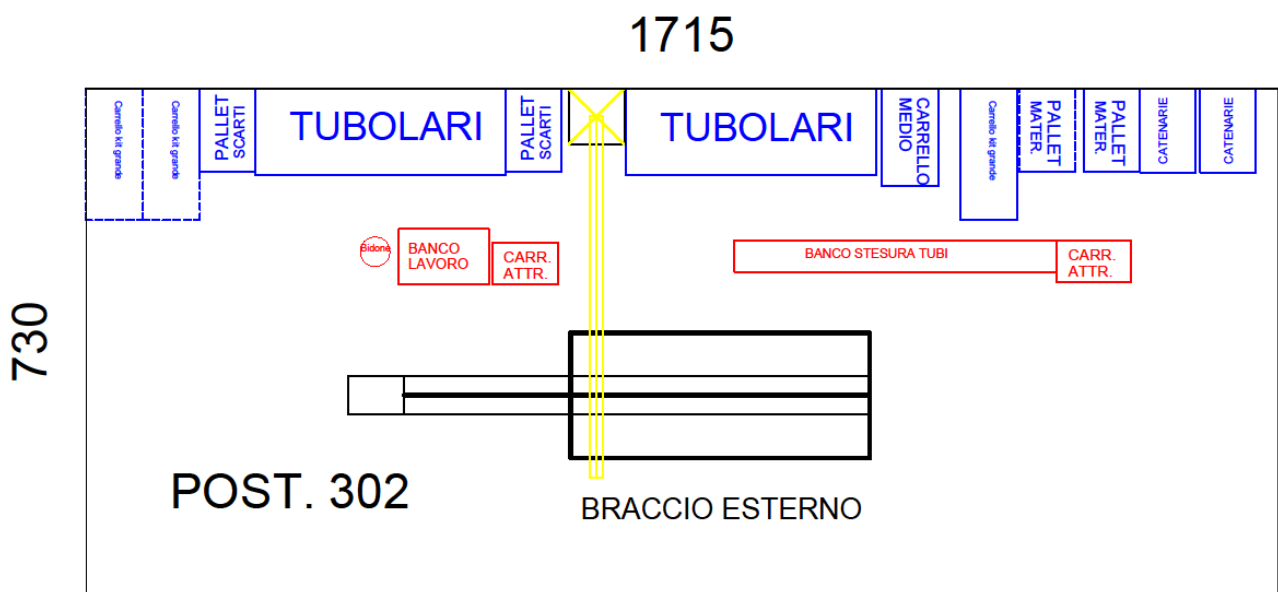


Figura 51: Layout postazione L302

Come si può osservare la posizione del braccio è cambiata in quanto la parte anteriore si trova nella parte sinistra dell'immagine 51 mentre la parte posteriore nella parte destra dell'immagine. Il cambiamento è dovuto al fatto che le operazioni di montaggio dei tubolari saranno effettuate nella parte destra del braccio ovvero quel lato più vicino alla zona di stock dei materiali, al paranco di sollevamento e ai banchi di lavoro.

Postazione L304

In tale postazione è presente un solo operatore che monterà il martinetto di sfilo e il martinetto di brandeggio collegando i tubi idraulici alle rispettive valvole. Inoltre come succede per la situazione AS-IS anche nel TO-BE completa l'assemblaggio delle carrucole e dell'arrotolatore. Per i martinetti l'operatore ha bisogno di un carroponete, inoltre deve essere presente un pantografo in grado di sollevare il braccio nella fase di montaggio del brandeggio. In figura 52 si riporta la zona in cui stoccare l'ultimo carrello vuoto; infatti ancora in questa stazione l'operatore trasporterà il prodotto sul carrello ma nella postazione successiva dopo aver posizionato il braccio nel banco collaudo il carrello vuoto verrà posizionato nell'area raffigurata in figura.

Attrezzature necessarie: banco lavoro, carroponete per il sollevamento del cilindro di sfilo e del cilindro di brandeggio, carrello elettrico.

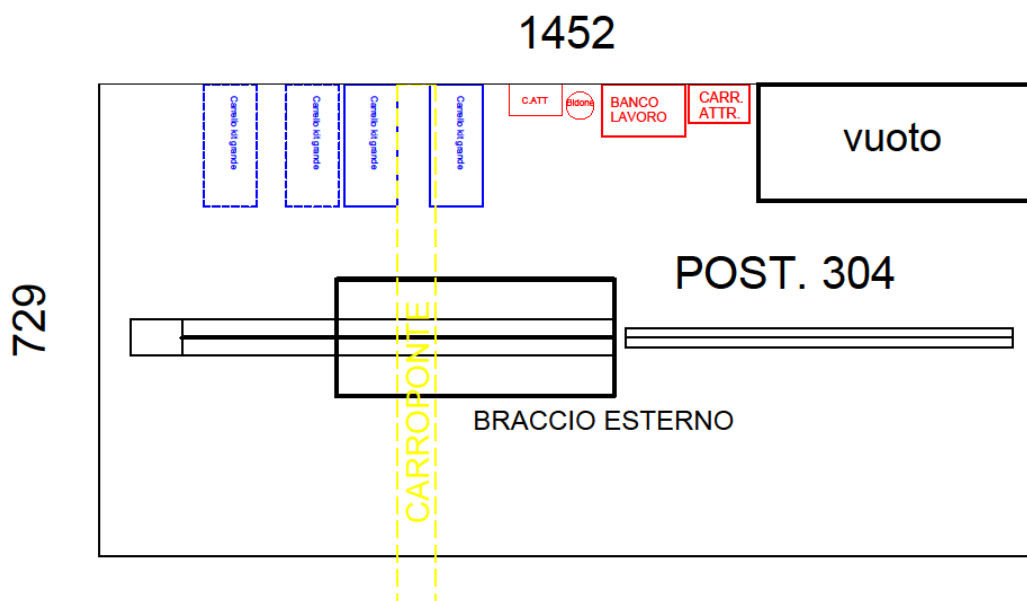


Figura 52: Layout postazione L304

Postazione L305

È la postazione adibita agli assemblaggi finali e alla prova di allungamento del braccio telescopico nel banco di collaudo.

Operatore A

L'operatore che deve movimentare il braccio nel banco collaudo tramite il carro ponte, concludere il montaggio del martinetto di brandeggio, ingrassare il braccio nella parte esterna, ed eseguire la prova di sfilo del braccio. Dopodiché prodotto finito viene posizionato in un carrello per essere poi portato alla Linea MRT o Light.

Operatore B

L'operatore B è responsabile del montaggio del Ts e del collegamento alla scatola di riconoscimento accessori. Successivamente monta il carter di protezione dei tubolari e pone gli adesivi.

La postazione prevede la presenza di un carro ponte per le movimentazioni del braccio ed il banco collaudo da trasferire nella nuova area. È stato scelto di aggiungere un sollevatore a bandiera in quanto il carro ponte presente in questa postazione poteva avere delle interferenze con il carro ponte della Postazione L304 nella movimentazione del TS; componente che deve essere montato nella parte anteriore del braccio. Come precedentemente descritto questa postazione deve prevedere sviluppi di modelli futuri che potrebbero avere lunghezze di sfilo anche maggiori degli attuali 30 metri. Uno dei vantaggi visibili di questo layout è proprio lo spazio a disposizione per l'allungamento del braccio di circa 40 metri.

Attrezzature necessarie: carro ponte per il sollevamento del braccio, bandiera per il sollevamento del ts, banco lavoro, banco collaudo, carrello elettrico.

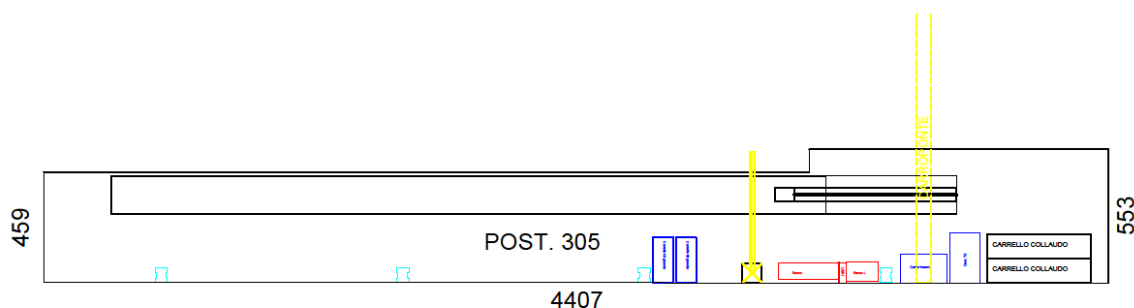


Figura 53: Layout postazione L305

La figura sottostante rappresenta la linea dei bracci telescopici MRT e Light e indica lo spazio rimanente a disposizione per la linea MVT.

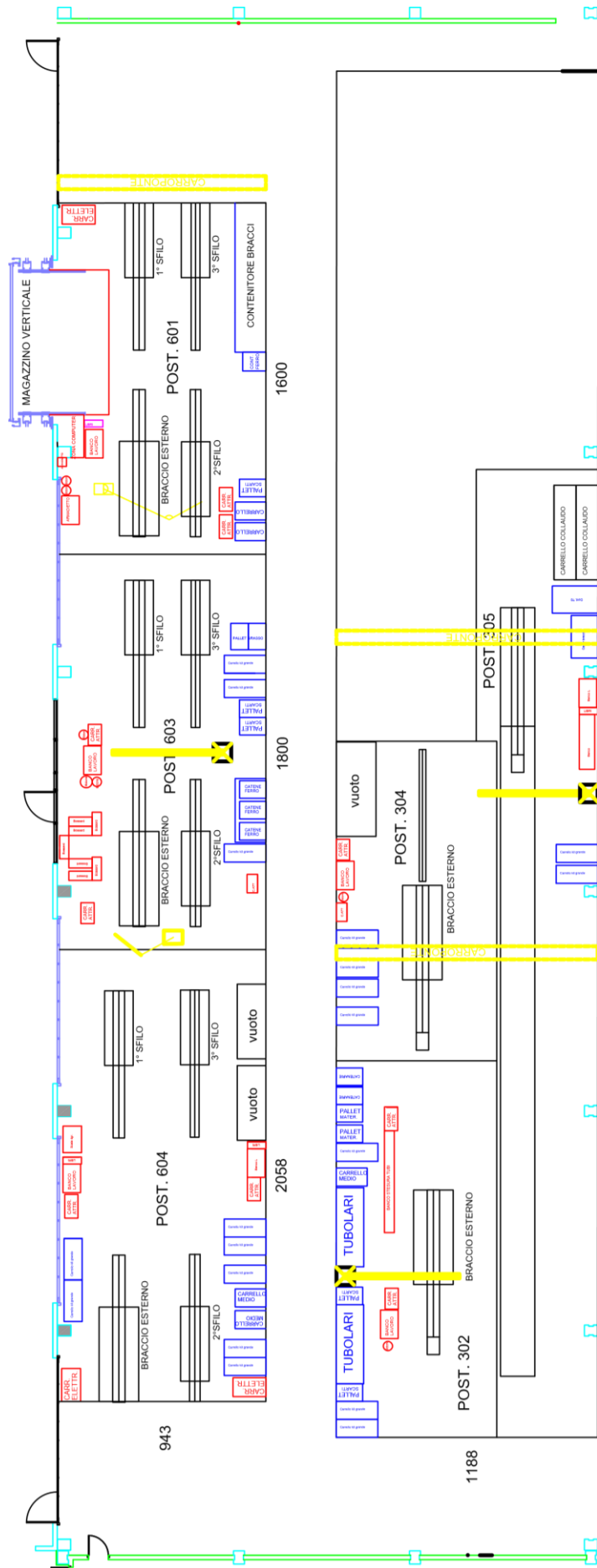


Figura 54: Layout Linea MRT e Light

6.2 Linea dei bracci telescopici fissi

I bracci MVT verranno scaricati dal contenitore ai carrelli nella postazione L601 precedentemente esposta.

Postazione D01

L'operatore della stazione D01 esegue l'ingrassaggio del braccio interno con l'apposito rullo, introduce i tubi idraulici, monta i pattini di scorrimento per poi inserire il 1° sfilo sul braccio esterno. Viene movimentato solo un carrello alla postazione successiva mentre quello vuoto viene riportato nella zona dei carrelli vuoti.

Attrezzature necessarie: pantografo di sollevamento, banco di lavoro, carrello elettrico.

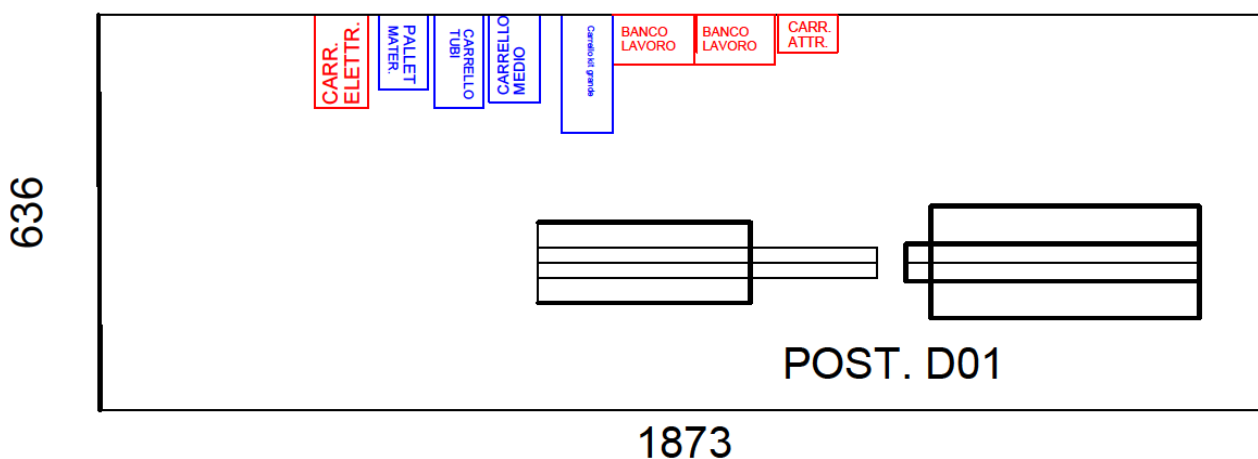


Figura 55: Layout postazione D01

Postazione D02

La stazione prevede che l'operatore, dopo aver montato le valvole, tramite il carro ponte assembla il martinetto di filo e brandeggio collegando i tubi idraulici alle relative valvole. Infine movimentata il carrello con il braccio alla postazione successiva.

Attrezzature necessarie: carro ponte, banco lavoro, carrello elettrico.

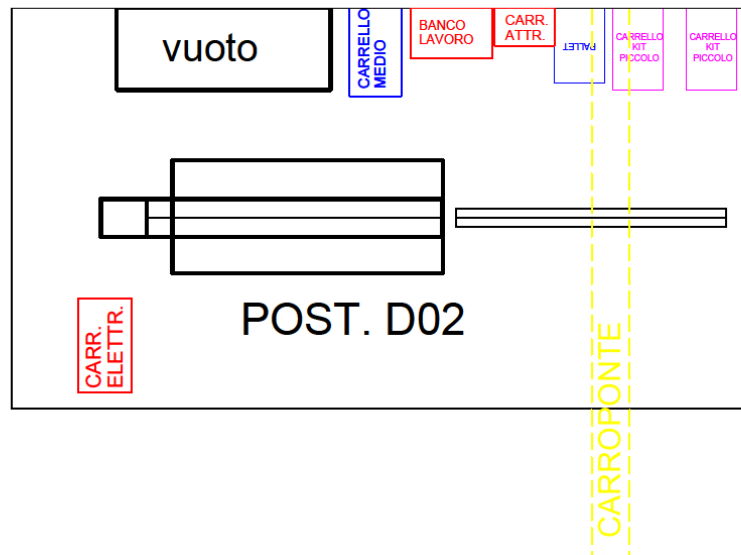


Figura 56: Layout postazione D02

Postazione D03

È la stazione che precedentemente era chiamata collaudo in quanto si completano in essa gli assemblaggi del TS, degli elementi della testa del braccio, e si procede con la prova collaudo in cui si controlla l'allungamento del braccio telescopico.

Infine si pone il braccio completato sull'apposito carrello e viene trasportato alla linea dei sollevatori telescopici MVT.

Attrezzature necessarie: carro ponte da condividere con D02, banco lavoro, banco collaudo, carrello elettrico

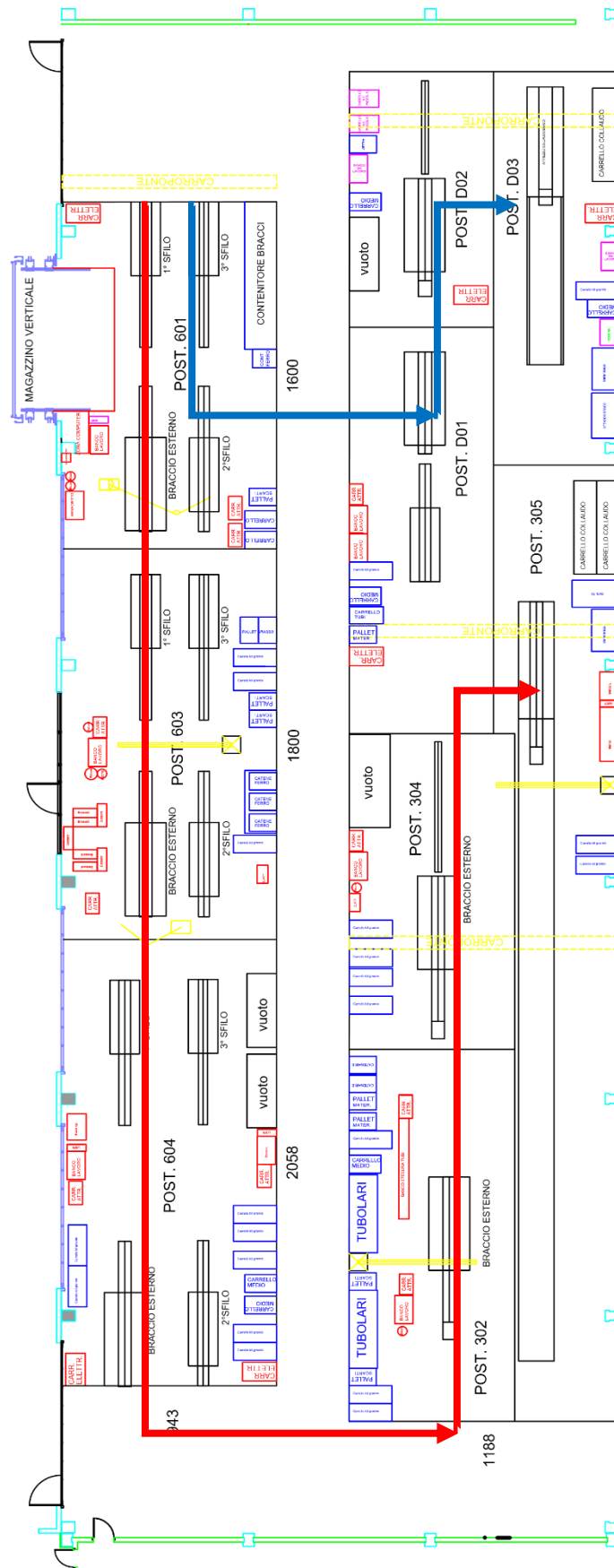


Figura 58: Layout Linee Bracci Telescopici

6.3 Analisi dei flussi fra le stazioni della linea

Come approfondito per la situazione AS-IS, si calcolano e confrontano i tempi delle movimentazioni dei carrelli tra le varie postazioni della linea. Verrà utilizzato il Foglio di Processo Monoprodotto riportando solo le operazioni di trasporto. La situazione TO-BE considera sia il nuovo Layout sia la nuova sequenza di montaggio introdotta. Si ricorda che dalla postazione L604 verrà trasportato solo un braccio e non più i 4 sfilati. Inoltre tale postazione sarà prossima alla stazione L302 ottenendo un risparmio di tempo notevole come dimostra la seguente tabella.

MOVIMENTAZIONI MRT				
L601	⇨	Posizionare carrelli vuoti	4,05	4,50
L601	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L601	⇨	Spostare 1° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇨	Spostare 2° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇨	Spostare 3° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L603	⇨	Spostare 1° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare 2° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇨	Spostare 3° sfilato nella postazione successiva	0,75	0,83
L604	⇨	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,40	1,55
L604	⇨	Spostare n.2 carrelli vuoti dalla stazione L604 alla zona dei carrelli vuoti	2	2,22
L604	⇨	Spostare n.1 carrello vuoto dalla stazione L604 e n.1 carrello vuoto alla st. L305	2	2,22
L302	⇨	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L304	⇨	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L305	⇨	Trasportare il braccio in linea MRT	2,7	3
		TOTALE	21,45	23,79

Figura 59: Tabella rappresentante i tempi del trasporto dei carrelli con bracci MRT nella situazione TO-BE

MOVIMENTAZIONI LIGHT				
L601	⇒	Posizionare carrelli vuoti	4,05	4,50
L601	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1	1,11
L601	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L601	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,00	1,11
L603	⇒	Spostare 1° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare 2° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L603	⇒	Spostare 3° sfilo nella postazione successiva	0,75	0,83
L604	⇒	Spostare braccio esterno nella postazione successiva	1,40	1,55
L604	⇒	Spostare n.2 carrelli vuoti dalla stazione L604 alla zona dei carrelli vuoti	2	2,22
L604	⇒	Spostare n.1 carrello vuoto dalla stazione L604 e n.1 carrello vuoto alla st. L305	2	2,22
L302	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L304	⇒	Movimentare braccio nella postazione successiva	1,40	1,55
L305	⇒	Trasportare il braccio in linea Light	3,1	3,44
		TOTALE	21,85	24,23

Figura 60: Tabella rappresentante i tempi del trasporto dei carrelli con bracci Light nella situazione TO-BE

MOVIMENTAZIONI BRACCI MVT				
L601	⇒	Posizionare carrelli vuoti	2	2,22
L601	⇒	Spostare il braccio esterno alla postazione successiva	1	1,11
L601	⇒	Spostare il 1° sfilo alla postazione successiva	0,75	0,83
D01	⇒	Spostare il braccio alla postazione successiva	1	1,11
D02	⇒	Spostare il braccio alla postazione successiva	1	1,11
D03	⇒	Spostare il braccio nella linea MVT	3,2	3,55
TOTALE			8,95	9,93

Figura 61: Tabella rappresentante i tempi del trasporto dei carrelli con bracci MVT nella situazione TO-BE

MODELLI	TEMPO UNITARIO (minuti / braccio)	QUANTITA' (pezzi / anno)	TEMPO ANNUO (minuti / anno)	TEMPO ANNUO' (ore / anno)	COSTO ANNUO (€/anno)
MRT	23,79	1474	35066	584,44	20455
LIGHT	24,23	131	3174	52,90	1852
MVT	9,93	656	6514	108,57	3800
				TOTALE TO-BE	26107
				RISPARMIO RISPETTO AS-IS	17358

Figura 62: Tabella rappresentante i tempi del trasporto dei carrelli con per tutte le famiglie di prodotto

Nonostante i risparmi quantificati non siano in termini assoluti così elevati ci si vuole soffermare sui risultati ottenuti nella riduzione delle Attività non a valore aggiunto; attività eseguite dagli operatori di linea ma che non aggiungono valore al prodotto tra cui rientrano le operazioni di trasporto dei bracci telescopici lungo la linea.

Prendendo per esempio di riferimento il Modello MRT 2150, responsabile del 45 % della produzione di Manitou Italia, le attività non a valore aggiunto (movimenti carrelli, sollevamenti carroporti, controlli...) ammontano a 106,63 minuti.

Nella situazione futura questo tempo sarà ridotto grazie ai miglioramenti approfonditi nell'elaborato di tesi presentando la seguente situazione.

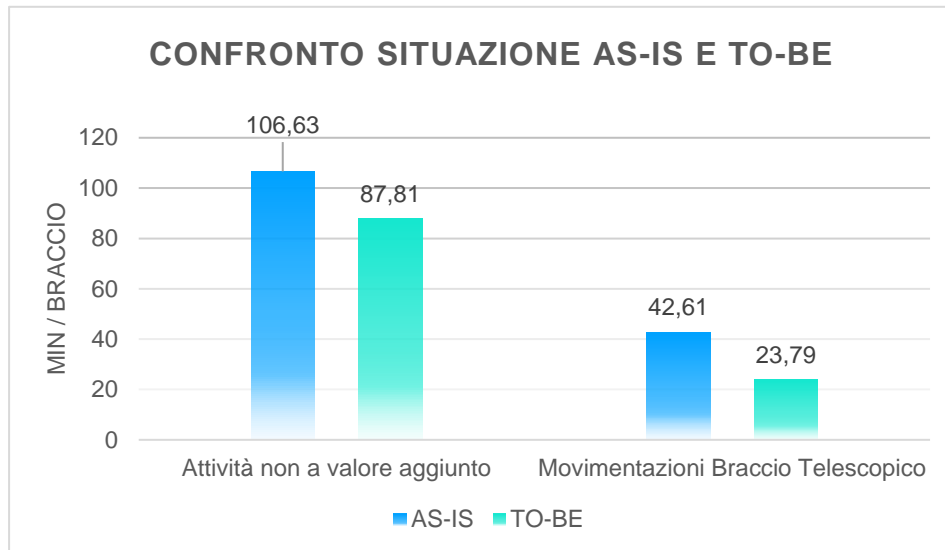


Figura 63: Istogramma che evidenzia i risparmi di tempo nelle movimentazioni e in generale nelle Att. non a Val. Agg.

I tempi delle movimentazioni a carico degli operatori diretti saranno ridotte del 44% mentre le attività non a valore aggiunto del 18%.

6.4 Analisi dei flussi a carico degli operatori ausiliari

Si vuole analizzare il flusso dei materiali a carico degli operatori logistici con la nuova disposizione descritta, per poi confrontare i risultati con quelli della situazione attuale e verificare eventuali discostamenti.

In generale si può affermare che a cambiare sarà la Matrice From-To delle distanze poiché le posizioni delle varie stazioni di assemblaggio sono state modificate, variando di conseguenza anche il punto in cui i carrellisti dovranno portare i materiali. Invece il numero di viaggi rimarrà lo stesso, eccezion fatta per i componenti che finiranno all'interno del magazzino verticale: martinetti di brandeggio MVT, MRT e Light, martinetti di sfilo MVT, canaline MVT.

Per ognuno dei 4 modelli di bracci telescopici verranno riportate le Matrici From-To delle Distanze e quelle dei Tempi Totali che comprendo i tempi di trasporto di carico e di scarico.

Per i modelli MRT e Light ci si aspetta una riduzione delle distanze per i viaggi di componenti provenienti dalla carpenteria mentre un aumento per componenti che provengono dal magazzino interno in quanto le postazioni dalla L302 alla L305 sono state trasferite.

Per i modelli fissi si presenterà la stessa situazione con uno scostamento ancor maggiore in quanto nella situazione AS-IS la linea si trovava di fronte al magazzino interno mentre ora è vicino ai materiali della carpenteria che vengono stoccati nel magazzino esterno.

	C.P. CARPENT.	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	L302 TUBOLARI	603 PALLET CATENE	L302 CATENE PLASTICA
DA	18	6	0	0	1	1	1
A	0	2	2	14	3	3	3
	-18	-4	2	14	2	2	2

Viaggi di ribilanciamento:

- **2 da C.P. Pallet vuoti a C.P. Mater. Pesante**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (55 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,1 \text{ min} / \text{lotto}$
- **14 da C.P. Carpent. Vuoti a C.P. Carpent.**
 $14 \text{ viaggi/lotto} * (42 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 5,87 \text{ min} / \text{lotto}$
- **2 da L302 Tubolari a C.P. Mater. Pesante**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (73 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,46 \text{ min} / \text{lotto}$
- **2 da 603 Pallet Catene a C.P. Carpent.**
 $2 \text{ viaggio/lotto} * (85 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,7 \text{ min} / \text{lotto}$
- **2 da L302 Catene Plastica a C.P. Carpent.**
 $2 \text{ viaggi/lotto} * (80 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,6 \text{ min} / \text{lotto}$

Ora che l'analisi dei flussi per i modelli 2150/2550 è completa vengono riassunti i risultati ottenuti:

Tempi di trasporto con mezzi carichi: 133,3 min / lotto

Tempi di trasporto considerando i viaggi di ribilanciamento: 145,03 min / lotto

Convertito in ore otteniamo un Tempo Totale di 2,42 ore / lotto

Con lo stesso metodo sono stati calcolati i tempi per le movimentazioni di magazzino dei modelli MVT.

Modello MVT

MATRICE FROM-TO DEI VIAGGI [Viaggi/Lotto]

TO FROM	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	901 MART.SFILD	901 MART. BRAND.	901 CONTENIT. BRACCI	901 CANALINA	D01 CARRELO TUBI	D01 CARRELO MEDIO	D01 PALLET TUBI	D02 CARRELO MEDIO	D02 CARRELO MEDIO	D03 CARRELO MEDIO	D03 CARRELO MEDIO	D03 TS	D03 ELEMENTI TESTA	
C.P. CARPENT.								0		3	0									1	
C.P. VITERIA MODULA												1			1			1			
C.P. CASSETTE PALLET													1	1			1				
C.P. MATER. PESANTE								0													2
C.P. PALLET VUOTI																					
C.P. CARPENT. VUOTI																					
C.P. TUBERIA												1									
901 MART.SFILD					0																
901 MART.BRAND				0																	
901 CONTENIT. BRACCI						3															
901 CANALINA					0																
D01 CARRELO TUBI							1														
D01 CARRELO MEDIO		1																			
D01 PALLET TUBI			1																		
D02 CARRELO MEDIO			1																		
D02 CARRELO MEDIO		1																			
D03 CARRELO MEDIO			1																		
D03 CARRELO MEDIO		1																			
D03 TS						1															
D03 ELEMENTI TESTA				2																	

MATRICE FROM-TO DEI TEMPI DI VIAGGIO [Sec/Lotto]

TO	C.P. CARPENT.	C.P. VITERIA MODULA	C.P. CASSETTE PALLET	C.P. MATER. PESANTE	C.P. PALLET VUOTI	C.P. CARPENT. VUOTI	C.P. TUBERIA	601 MART.SFLO	601 MART. BRAND.	601 CONTENI. BRACCI	601 CANALINA	D01 CARRELLO TUBI	D01 CARRELLO MEDIO	D01 PALLET TUBI	D02 CARRELLO MEDIO	D02 CARRELLO MEDIO	D03 CARRELLO MEDIO	D03 CARRELLO MEDIO	D03 TS	D03 ELEMENTI TESTA	[Min / Lotto]
C.P. CARPENT.										249										113	6,0
C.P. VITERIA MODULA												154			159					149	7,7
C.P. CASSETTE PALLET													112	117			107				5,6
C.P. MATER. PESANTE																				181	3,0
C.P. PALLET VUOTI																					0,0
C.P. CARPENT. VUOTI																					0,0
C.P. TUBERIA												137									2,3
601 MART.SFLO																					0,0
601 MART.BRAND																					0,0
601 CONTENI. BRACCI						242															4,0
601 CANALINA																					0,0
D01 CARRELLO TUBI							137														2,3
D01 CARRELLO MEDIO		154																			2,6
D01 PALLET TUBI			112																		1,9
D02 CARRELLO MEDIO			117																		1,9
D02 CARRELLO MEDIO		159																			2,6
D03 CARRELLO MEDIO			107																		1,8
D03 CARRELLO MEDIO		149																			2,5
D03 TS						90															1,5
D03 ELEMENTI TESTA				181																	3,0
TOTALE																				48,8	

	C.P. CARPENT.	C.P. CARPENT. VUOTI
DA	4	0
A	0	4
	--4	4

Viaggi di ribilanciamento:

- **4 da C.P. Carpent. Vuoti a C.P. Carpent.**

$$4 \text{ viaggi/lotto} * (42 \text{ m} / 1,67 \text{ m/s}) / 60 \text{ s/min} = 1,68 \text{ min / lotto}$$

Tempi di trasporto con mezzi carichi: 48,8 min / lotto

Tempi di trasporto considerando i viaggi di ribilanciamento: 50,48 min / lotto

Convertito in ore otteniamo un Tempo Totale di 0,84 ore / lotto

ANALISI DEI FLUSSI DEGLI OPERATORI AUSILIARI				
Modello	[Ore / Lotto]	[Lotti / Anno]	[Ore / Anno]	[€ / Anno]
MRT	2,42	134	324,28	11350
MVT	0,84	109,33	91,83	3214
			TOTALE TO-BE	14564
			RISPARMIO RISPETTO AS-IS	945

Figura 64: Tabella rappresentate i tempi a carico degli operatori ausiliari nella proposta To-Be

Capitolo 7: Bilanciamento delle Linee di Assemblaggio

7.1 Definizione del Takt Time

Per dimensionare le linee di assemblaggio bisogna innanzitutto definire il Takt Time, così chiamato perché corrisponde al ritmo produttivo che dovrà avere la linea.

Il Takt Time si calcola dividendo il Tempo totale di produzione per il numero di unità da produrre. Corrisponde alla cadenza di avanzamento della linea.

$$\text{Takt Time} \left[\frac{\text{min}}{\text{macchina}} \right] = \frac{\text{Tempo disponibile (min/giorno)}}{\text{Domanda di mercato (macchine / giorno)}}$$

Quindi il ritmo produttivo come si può dedurre dalla formula è dettato dalla domanda del mercato. Il tempo disponibile deve essere calcolato al netto delle pause aziendali (20 min/giorno) e deve essere considerato che il venerdì si lavora per 60 minuti in meno.

Tempo disponibile (da lunedì a giovedì) = 460 min /gg

Tempo disponibile (venerdì) = 400 min /gg

Tempo disponibile (medio) = $(460 \times 4 + 400) / 5 = 448$ min /gg

Le linee dei bracci telescopici (essendo premontaggi) non forniranno un prodotto al cliente finale, bensì al cliente interno ovvero le linee dei sollevatori telescopici. Quindi le linee dei bracci dovranno adattarsi al Takt Time delle linee delle macchine in modo da fornire il braccio Just In Time. Ricordiamo che abbiamo 3 linee principali e 2 linee per il premontaggio dei bracci. Troviamo quindi i Takt Time delle Linee delle macchine per poi approfondire la situazione del premontaggio dei bracci. Il Takt Time non è costante per tutto l'anno in quanto nemmeno la domanda di mercato lo è. Nella seguente tabella si calcola il Takt Time applicato nel periodo in cui è stata svolta questa analisi.

FAMIGLIA DI PRODOTTO	TEMPO DISPONIBILE (min/gg)	DOMANDA (macchine / giorno)	TAKT TIME (min / macchina)
MRT	448	5	90
LIGHT	448	0.5	900
MVT	448	1,5	300

Il problema nasce dal fatto che l'unica linea dei bracci rotativi asservisce la linea dei sollevatori MRT e la linea dei sollevatori LIGHT. Inoltre vi sarà una postazione (L601) in cui verranno scaricati anche i modelli fissi.

7.2 Definizione della sequenza produttiva

L'analisi dovrà soffermarsi sulle due linee dei sollevatori telescopici, osservando quali modelli vengono prodotti nella linea e definire la sequenza d'uscita.

7.2.1 Linea Bracci MRT e LIGHT

Come precedentemente riportato, queste due famiglie di prodotto hanno Takt Time molto diversi causate da richieste del mercato differenti. Bisogna inizialmente stabilire quale sia il Takt Time della linea che si ottiene dalla seguente formula:

$$\text{Takt Time} \left[\frac{\text{min}}{\text{braccio}} \right] = \frac{448}{5 + 0.5} = 81 \text{ min/braccio}$$

Questo risultato ci indica che ogni 81 minuti dovrà uscire un braccio dalla linea. Visto che la richiesta di MRT è molto maggiore ci si aspetta una sequenza d'uscita di modelli in cui è prevalente il numero di MRT in confronto ai modelli LIGHT. Per trovare la sequenza d'uscita dei modelli dalla linea si deve innanzitutto partire con i modelli con T.T. maggiore.

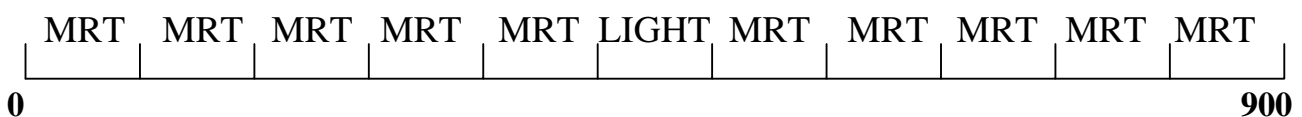
Famiglia Light con T.T.= 900 min / braccio.

L'azienda deve essere in grado di produrre almeno un modello LIGHT ogni 900 minuti per rispondere alla domanda di mercato.

Dopodiché si guarda quanti altri modelli riesco a fare in questo intervallo di tempo:

$$\text{MRT } 900 \text{ min/braccio} / 90 \text{ min/braccio} = \mathbf{10 \text{ braccio}}$$

Nei 900 min si produrranno **10 MRT e 1 LIGHT** come riportato in figura.



7.2.2 Linea Bracci MVT

La Linea dei bracci MVT ha solo una famiglia di prodotti da realizzare ed asservire all'omonima linea delle braccio. Quindi il Takt Time della linea bracci MVT sarà di 300 min / macchina.

Bisogna comunque affrontare un problema di bilanciamento per la postazione L601 che è l'unica postazione in comune delle due linee e l'operatore assegnato a tale stazione dovrà lavorare tutte le 3 famiglie di prodotto prevedendo un bilanciamento ad hoc.

7.2.3 Postazione L601

Si seguirà lo stesso procedimento utilizzato in precedenza con la differenza di aver 3 famiglie di prodotto anziché 2.

$$\text{Takt Time} \left[\frac{\text{min}}{\text{braccio}} \right] = \frac{448}{5 + 0.5 + 1.5} = 64 \text{ min/braccio}$$

La Postazione L601 ogni 64 minuti avrà un modello di sollevatore in uscita. Prendendo di riferimento il modello LIGHT con T.T.= 900 min si calcolano quante macchine degli altri modelli riesco ad ottenere da tale sequenza.

MRT 900 min/braccio / 90 min/braccio = 10 bracci

MVT 900 min/braccio / 300 min/braccio = 3 bracci

La sequenza elementare sarà della stessa durata della precedente ma con l'inserimento di 3 macchine MVT per ogni sequenza elementare.

MRT	MRT	MRT	MVT	MRT	MRT	LIGHT	MRT	MRT	MVT	MRT	MRT	MRT	MVT
0													900

7.3 Dimensionamento degli operatori

Per poter produrre i bracci telescopici secondo il Takt Time appena calcolato le linee devono disporre di un adeguato numero di operatori.

Premessa

Ogni famiglia di prodotto ha tempi effettivi di assemblaggio differenti, nella seguente tabella verranno riportati i modelli che, per ogni famiglia di prodotto hanno il tempo totale di montaggio maggiore.

7.3.1 Dimensionamento operatori linea bracci MRT e LIGHT

FAMIGLIA DI PRODOTTO	MODELLO	TEMPO MONTAGGIO (esclusa post.601)	TAKT TIME LINEA
MRT	MRT 2145 / 2545	581,4 min	$81 \frac{\text{min}}{\text{braccio}}$
LIGHT	MRT 3050	603,5 min	

Si vuole precisare che tutti i tempi di montaggio riportati sono comprensivi dell'11% di maggiorazione. Ora si calcolano il numero di operatori che saranno presenti nella linea bracci MRT e LIGHT prendendo di riferimento il tempo di montaggio dei modelli escluso il tempo di montaggio già eseguito dall'operatore della postazione L601. Tale postazione avrà un'analisi a sé. Quindi per calcolare il numero di operatori bisogna fare la seguente operazione:

$$\text{Operatori necessari} = \left\lceil \frac{\text{Tempo necessario}}{\text{Tempo disponibile}} \right\rceil$$

Inoltre bisognerà verificare che il Tc (o carico di lavoro) assegnato a ciascun operatore sia inferiore al Takt Time.

$$\text{Tempo Ciclo} < \text{Takt Time}$$

Se così non fosse bisognerebbe aggiungere una risorsa per ogni operatore che non verifica la precedente formula.

Per eseguire questi calcoli bisogna prendere un'unità di tempo di riferimento. Si prende di riferimento una giornata lavorativa; il **Tempo necessario** sarà dato dal numero di bracci che devono uscire in un giorno moltiplicato per il tempo di montaggio di una singolo braccio trovando così unità di misura "minuti / giorno".

Invece il **Tempo disponibile** sarà il tempo di lavoro giornaliero calcolato in precedenza. Si otterranno da questa divisione il numero degli operatori necessari per ogni giorno lavorativo o turno lavorativo visto che vi è soltanto 1 turno/giorno.

$$\text{Tempo necessario} = (581,4 \times 5) + (603,5 \times 0,5) = 3208,75 \text{ min/gg}$$

$$\text{Operatori necessari} = \left\lceil \frac{3208,75 \text{ min/gg}}{448 \text{ min/(gg * operatore)}} \right\rceil = [7,2] = 8 \text{ operatori}$$

Ricordando che bisogna rispettare il Takt Time della linea di 81min è fondamentale che il lavoro assegnato a ciascun operatore sia inferiore per qualsiasi modello di braccio.

$$\text{Tempo Ciclo} < 81 \text{ minuti}$$

Nella linea MRT è stato possibile assegnare a ciascun operatore un tempo ciclo inferiore agli 81 minuti in questione. Non è possibile mostrare l'assegnamento delle operazioni con i rispettivi tempi ad ogni operatore in quanto sono informazioni contenenti dati sensibili per l'azienda ma il risultato ottenuto è riportato nella seguente tabella che riassume la situazione degli operatori nelle stazioni della linea dei bracci rotativi.

Post. L603	1 operatore
Post. L604	2 operatori
Post. L302	2 operatori
Post. L304	1 operatore
Post. L305	2 operatori

7.3.2 Dimensionamento operatori linea bracci MVT

FAMIGLIA DI PRODOTTO	MODELLO	TEMPO MONTAGGIO (esclusa post.601)	TAKT TIME LINEA
MVT	MLT 961	324,2 min	$300 \frac{\text{min}}{\text{braccio}}$

$$\text{Tempo necessario} = (324,2 \times 1,5) = 486,3 \text{ min/gg}$$

$$\text{Operatori necessari} = \left\lceil \frac{486,3 \text{ min/gg}}{448 \text{ min / (gg.* oper.)}} \right\rceil = [1,09] = 2 \text{ operatori}$$

Anche in questo caso prima di confermare il risultato si è verificata la possibilità assegnare un carico di lavoro agli operatori inferiore ai 300 min/braccio.

$$\text{Tempo Ciclo} < 300 \text{ min}$$

Le postazioni sono 3 con 2 operatori. Si è deciso di mantenere le 3 postazioni in modo che, in caso di aumento della domanda di questa famiglia di prodotti, vi è lo spazio necessario per affrontare tale aumento.

Quindi le postazioni D01 e D02 saranno di competenza di un unico operatore. Il secondo operatore sarà assegnato alla postazione D03.

7.3.3 Dimensionamento operatori postazione L601

Considerando il fatto che vi è una postazione in comune per le 3 famiglie di prodotto essa dovrà avere un bilanciamento ad hoc.

FAMIGLIA DI PRODOTTO	MODELLO	TEMPO MONTAGGIO POST. L601	TAKT TIME
MRT	MRT 2145 / 2545	59 min	$64 \frac{\text{min}}{\text{braccio}}$
LIGHT	MRT 3050	62 min	
MVT	MLT 961	31 min	

$$\text{Tempo necessario} = (59 \times 5) + (62 \times 0.5) + (31 \times 1,5) = 372.5 \text{ min/gg}$$

$$\text{Operatori necessari} = \left\lceil \frac{372.5 \text{ min/gg}}{448 \text{ min/(gg * operatore)}} \right\rceil = [0,83] = 1$$

In questo caso è possibile verificare dai dati della tabella precedente che per tutti i modelli il Tempo Ciclo è inferiore del Takt Time.

Nella situazione AS-IS si hanno 9 operatori per la Linea MRT e 2 operatori per la Linea MVT. In aggiunta ad essi vi è 1 operatore Jolly che può lavorare su più le linee grazie all'esperienza maturata sul campo. Nella situazione TO-BE si avranno 8 operatori per la linea MRT, 2 operatori per la linea MVT, 1 operatore per la postazione L601 in cui passano tutte le famiglie di prodotto mantenendo poi 1 operatore Jolly. Quindi nella situazione futura il totale degli operatori di linea rimangono sempre 12.

Capitolo 8: Impatto Economico

Si è giunti al capitolo in cui si riassume in termini economici la riprogettazione delle linee dei bracci telescopici in Manitou Italia.

I progetti di investimento si caratterizzano per richiedere oggi (“istante iniziale dell’investimento”) impieghi di denaro per generare risultati dagli esiti incerti lungo un orizzonte temporale ampio e per essere scarsamente reversibile.

L’analisi dell’investimento richiede la quantificazione di costi e ricavi differenziali. Per definizione i costi differenziali sono quei costi che, esaminati in relazione ad una determinata ipotesi risultano differenti da come sarebbero in relazione ad un’ipotesi diversa. Le due ipotesi a cui ci si riferisce nella definizione sono la situazione AS-IS e la proposta TO-BE.

Quindi studiando la proposta TO-BE si analizzano i cambiamenti in termini di costi e ricavi rispetto alla situazione attuale. Se molto è stato detto dei risparmi economici derivanti dalla miglior movimentazione dei materiali, non si è accennato ancora ai costi del re-layout.

Manitou Italia per poter disporre di linee di premontaggio bracci funzionanti dovrà affrontare determinati costi di installazione. Siccome le linee saranno trasferite in un’altra area aziendale già esistente non esisteranno costi per l’acquisizione del terreno o costi per l’edilizia (edificio, fognatura e reti elettriche). I costi di installazione da affrontare si riferiscono alle macchine e attrezzature costituenti l’impianto di produzione e gli impianti di servizio. Questo capitolo descrive a livello tecnico ed economico le attrezzature di maggior rilievo necessarie al funzionamento delle linee di assemblaggio. Infine un altro elemento di confronto delle due situazioni sarà lo spazio occupato e quindi il costo di occupazione del suolo.

Carroponti

Il carroponte è un’attrezzatura che permette il sollevamento tramite l’argano o il paranco e lo spostamento di materiali e merci con movimenti longitudinali del ponte e confinati alla sua zona di lavoro.

Si è soliti utilizzare queste macchine nel caso di pesi da movimentare molto elevati che vanno dal quintale fino a diverse tonnellate. Nel caso di pesi inferiori si preferisce utilizzare altri strumenti di sollevamento che abbiano costi più contenuti del carroponte.

Nel caso del montaggio dei bracci telescopici questa macchina è utilizzata nelle operazioni di scarico degli elementi del braccio (postazione L601), movimentazione ed inserimento del cilindro di sfilo all'interno del braccio (postazioni L304 e D02) ed infine è indispensabile nell'operazione di trasferimento del braccio dal carrello al banco collaudo e viceversa (postazioni L305 e D03).

Analizzando le singole postazioni si perviene che in postazione L601 è già presente un carroponete nella situazione AS-IS mentre nell'attuale Linea Light ne serviranno 4. L'azienda già possiede in questa linea 5 carroponeti per il montaggio dei sollevatori Light per cui non saranno necessari ulteriori investimenti.

Gru a Bandiera

La gru a bandiera è un'attrezzatura di sollevamento disponibile in varie tipologie; genericamente è composta da un braccio che compie una determinata rotazione intorno ad un perno comprendo quindi un'aria di lavoro semicircolare. È un sollevatore più economico del precedente ma solitamente utilizzata per una singola postazione e con possibilità di movimentazione di carichi inferiori (massimo una tonnellata).

In Manitou vengono utilizzate per il sollevamento di componenti quali: catene metalliche e tubolari ma potrebbero essere usate anche per carichi maggiori come cilindri di brandeggio e TS. Infatti nella situazione futura è prevista appunto una gru a bandiera per il posizionamento del TS in postazione L305. Inoltre servirà questo macchinario in postazione L603 (catene metalliche) e postazione L302 (tubolari).

Anche in questo caso le Gru a Bandiera non bisognerà acquistarle però saranno previste delle ore di manodopera per adattarle alle nuove postazioni.

Piattaforme elevatrici

Sono piattaforme che permettono il sollevamento elettro-idraulico tramite meccanismo a pantografo. Sono utilizzate in Manitou Italia per sollevare il carrello con il braccio telescopico posizionato sopra e permettere l'operazione di inserimento dello sfilo all'interno del braccio più esterno. Viene utilizzato questa tecnologia per garantire stabilità del carrello nell'operazione di sollevamento ed allo stesso tempo regolare l'altezza idonea per l'inserimento dello sfilo.

Manitou per questa attrezzatura utilizza una piattaforma interrata che in posizione di riposo è allineata al suolo industriale mentre quando l'operatore deve inserire uno sfilo si alza sollevando il carrello. L'azienda ha questo strumento nelle postazioni della situazione AS-IS ma dovrà affrontare i costi per il lavoro di scavo e interrimento della piattaforma.

I costi sono di 5000 € per l'opera di scavo, muratura, smaltimento macerie e predisposizione dei collegamenti elettrici. Tale cifra va moltiplicata per il numero di tavole di sollevamento necessarie. La postazione L604 richiede due piattaforme per far lavorare i due operatori della postazione in parallelo, invece la postazione D01 necessita di una piattaforma per l'inserimento dell'unico sfilo dei bracci fissi.



Figura 65: Piattaforma elevatrice che solleva il carrello contenente un braccio MVT

Per quello che riguarda la parete, i lavori edili ammontano a 18000€ e prevedono demolizione della parete e lo smaltimento delle macerie.

Infine sono state stimate 60 h di manodopera interna per il trasferimento dei carrelli, degli attrezzi, dei banchi collaudo, dei banchi lavoro e di tutto il materiale dalle postazioni attuali alla nuova area.

POSTAZIONE	ATTREZZATURE NECESSARIE	COSTO (€)
L604B	N°2 Piattaforme elevatrici	10000
L305	N°1 Piattaforma elevatrice	5000
D02	N°1 Piattaforma elevatrice	5000
-	Trasferimento attrezzature	2100
-	Parete	18000
TOTALE		40100

Figura 66: Costi per ottenere la situazione TO-BE

L'impatto economico vuole inoltre quantificare i risparmi marginali della proposta TO-BE rispetto alla configurazione attuale. Si riassumono nella seguente tabella i costi evitabili che costituiscono i flussi di cassa positivi nella valutazione dell'investimento. Inoltre considerando che la proposta TO-BE occuperebbe 56 m² in meno rispetto alla situazione attuale, considerando il costo di occupazione della superficie di 70 €/m² anno si ha un risparmio di $70 \text{ €}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno}) \times 56 \text{ m}^2 = 3920 \text{ €/anno}$.

DESCRIZIONE	RISPARMIO (€ /anno))
Movimentazioni dei carrelli a carico degli operatori diretti	17368
Movimentazioni dei materiali a carico degli operatori logistici	948
Costo di occupazione della superficie	3920
TOTALE	22236

Figura 67: Risparmi marginali che si hanno nella situazione TO-BE

I flussi di cassa generati da un investimento negli anni a venire devono essere attualizzati in quanto si deve tener conto del valore economico del tempo. Infatti una determinata somma di denaro oggi non equivale a disporre della stessa somma tra un anno; questo perché la somma che dispongo oggi può essere impiegata in un investimento sicuro ed iniziare, contestualmente al suo impiego, a generare un ritorno. Per attualizzare i flussi di cassa futuri si ipotizza un costo opportunità del capitale del 4%.

Esistono diversi metodi per valutare gli investimenti aziendali ma i più utilizzati sono due:

1. Il VAN (Valore Attuale Netto) è la differenza tra il valore attuale dei flussi di cassa generati dall'investimento e l'impegno iniziale di risorse monetarie. Un Van positivo indica solitamente la fattibilità economica dell'investimento

2. Il Discounted Payback Period è la tecnica che dà come risultato il periodo entro il quale l'azienda recupera l'investimento iniziale. Ogni azienda ha un suo payback period di riferimento, ma solitamente si giudica buono quell'investimento il cui periodo di recupero è tra i 2 e i 3 anni (o inferiore).

Per procedere all'applicazione dei due metodi si calcolano i flussi di cassa attualizzati. Nonostante un cambiamento di layout possa durare molti anni e i risparmi di tempi e costi analizzati siano mantenuti per gli anni successivi, si è deciso di definire la durata dell'investimento in 5 anni. Infatti un orizzonte temporale maggiore porterebbe con sé un maggior grado di incertezza rendendo i dati dell'analisi inattendibili.

Per attualizzare i flussi di cassa e calcolare il VAN si segue la formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_n \frac{F_n}{(1+r)^n}$$

Dove F_n rappresenta il flusso di cassa dell'anno n , mentre r è il costo opportunità del capitale.

	ANNO 0	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4	ANNO 5
Invest. iniziale	-40100					
Flussi di cassa		+22236	+22236	+22236	+22236	+22236
Flussi di cassa attualizzati	-40100	21381	20559	19768	19008	18277
Cumulata	-40100	-18719	+1840	+21608	+40616	+58893

Figura 68: calcolo del VAN

Come si osserva dalla Tabella il VAN dopo 5 anni risulta pari a +58893 € dimostrando la bontà dell'investimento. Inoltre sempre analizzando i flussi di cassa attualizzati si nota come il periodo di recupero dell'investimento è compreso tra 1 e 2 anni in quanto all'Anno 1 la cumulata dei flussi di cassa è ancora negativa (-18719) mentre al termine dell'Anno 2 è già positiva (+7940).

Interpolando i valori ottenuti si ottiene un tempo di recupero attualizzato di 1,9 anni che corrisponde ad un Discounted Payback Period di 1 anno e 11 mesi.

Il risultato dell'analisi dell'investimento è in linea con gli obiettivi aziendali in quanto si richiedeva il recupero in un tempo inferiore ai 3 anni.

Capitolo 9: Conclusioni

L'obiettivo dello studio era di analizzare la situazione attuale delle linee del premontaggio dei bracci telescopici e osservare quali potevano essere i miglioramenti applicabili nella situazione futura.

Individuando dei potenziali risparmi di tempo nelle movimentazioni dei bracci tra le postazioni della linea, è stata effettuata l'analisi del flusso dei materiali dividendo tra gli spostamenti a carico degli operatori di linea e quelli a carico degli operatori logistici. L'analisi è stata ripetuta per la proposta di Layout TO-BE scelta in comune con il Team di Progetto in modo da confrontare le due situazioni.

Invece la scelta della disposizione della linea è stata valutata tra 3 diverse alternative e selezionando dei fattori critici si è definita la soluzione B che ha ottenuto un punteggio maggiore. Essa prevede sostanzialmente un miglioramento del flusso dei bracci MRT all'interno della Linea eliminando la discontinuità presente nell'attuale Layout. Allo stesso tempo, demolendo la parete divisoria che divideva in due lo stabilimento, si è cercato di ridurre il tempo di asservimento del braccio completo dalle Linee Bracci alle Linee principali dei Sollevatori. Inoltre si agevola la gestione e il coordinamento del montaggio posizionando in un'unica area aziendale le linee dei due modelli di bracci fissi e rotativi facilitando l'operato del Responsabile Bracci che, al contrario, nell'attuale situazione deve monitorare le linee in due aree distinte dello stabilimento e divise da una parete.

Durante lo studio del layout è emerso un'opportunità di cambiamento della sequenza di montaggio dei bracci telescopici MRT e Light. Dopo aver dimostrato la fattibilità tecnica del nuovo ordine di montaggio (realizzando un braccio "fuori linea"), sono stati quantificati i vantaggi in termini di tempo tramite la riduzione del numero di movimentazioni dei carrelli. In aggiunta, questa riduzione delle movimentazioni diminuisce i rischi di incidenti, urti, ribaltamenti del braccio durante il trasporto nel carrello migliorando la sicurezza nello stabilimento produttivo. Per di più, il montaggio migliora la qualità del prodotto finito in quanto si evitano problemi di allineamento dei tubolari che hanno causato nello scorso periodo 21 casi di anomalie con conseguenti rilavorazioni da effettuare al controllo di qualità finale.

Dopo avere scelto la disposizione To-Be delle Linee è stato riportato postazione per postazione il disegno in pianta (realizzato al CAD) con le attrezzature necessarie per lo

svolgimento delle operazioni di assemblaggio. Le attrezzature di maggior importanza sono state anche oggetto di valutazioni economiche così come i lavori per il trasferimento di tutto il materiale nelle nuove postazioni e la demolizione della parete divisoria.

È stato calcolato il Takt Time per ogni linea di montaggio ed il numero di operatori necessari per soddisfare la produttività richiesta.

Infine nella valutazione economica sono stati riportati i costi differenziali e i risparmi marginali delle due situazioni verificando che l'investimento sul nuovo layout genera un VAN positivo di € +58893 ed un periodo di recupero dell'investimento di 1 anno e 11 mesi.

Dal punto di vista personale sono orgoglioso di aver portato a termine un progetto così ampio che mi ha permesso di approfondire le tematiche riguardanti lo studio del layout e del bilanciamento delle linee di assemblaggio che finora avevo solo visto in teoria durante il mio percorso accademico.

Bibliografia

Pareschi A., *Impianti Industriali*, Società editrice Esculapio s.r.l., 2009

Pareschi A., Persona A., Ferrari E., Regattieri A., *Logistica Integrata e flessibile*, società editrice Esculapio s.r.l. 2009

Rother M., Shook J., *Learning to see: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, CUOA Lean Enterprise Center

Womack J.P., Jones D.T., *Lean Thinking, banish waste and create wealth in your corporation*, 2003

Anthony R., Hawkins D., Macrì D., Merchant K., *Sistemi di controllo, analisi economiche per le decisioni aziendali*, McGraw-Hill

<https://www.manitou.com/it/>

Ringraziamenti

Ora che sono giunto al termine della trattazione volevo ringraziare in primis la mia famiglia che mi ha permesso di compiere tutta la mia carriera accademica. Mia madre Elena che mi ha sempre incoraggiato anche quando le cose non andavano per il meglio, mio padre Marco che ha creduto in me e mio fratello Luca sempre presente quando chiedevo un suo aiuto. La mia gratitudine va a Maria Grazia che in questi sei anni mi ha accompagnato mano nella mano nella strada che ho percorso.

Ringrazio i miei amici dell'università Berna, Tranel, Alex, Coccia, Greg e Chiava con cui ho passato momenti memorabili. Un pensiero va al P.L.M. che hanno sempre trovato il modo di farmi divertire, siete la mia seconda famiglia.

Non potrò mai dimenticare i compagni che ho avuto il piacere di conoscere nella mia esperienza Erasmus a Valencia, ci siamo conosciuti i primissimi giorni e da lì a poco siete diventati una certezza: non vedo l'ora di festeggiare con voi questo mio traguardo.

Sono grato a Manitou Italia e quindi al Direttore Operativo Fabio Galletti per questa opportunità che ha dato, mi ha permesso di conoscere l'azienda e di affrontare un progetto così importante che mi ha formato professionalmente.

Arlind, Francesco, Davide, Ago, Gianluca, Samuele e Marco siete i colleghi che tutti vorrebbero. Grazie per avermi trattato come vostro amico, ancor prima che vostro collega.

Infine volevo ringraziare la prof.ssa Cristina Mora che ha creduto in me quando dovevamo iniziare questo progetto e che mi ha sapientemente seguito nello sviluppo tecnico dello studio.