

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

Lean Manufacturing e Industry 4.0 nell'ottimizzazione della logistica interna

Caso di studio: *Sidel S.p.a.*



Relatore

prof. Carlo Rafele

Candidato

Martina Quattrocchi

Luglio 2018

“Πολλὰ τὰ δεινὰ κ' οὐδὲν ἀνθρώπου δεινότερον πέλει”

“Molte sono le cose straordinarie, eppure nulla è più straordinario dell'uomo”

“Molte sono le cose tremende, eppure nulla è più tremendo dell'uomo”

Sofocle, Antigone

Sommario

INTRODUZIONE	1
1. L'AZIENDA: SIDEL S.P.A.	3
1.1. La storia	3
1.2. Il settore	6
1.3. Linee di imbottigliamento	13
1.4. Lo stabilimento di Parma.....	16
LEAN MANUFACTURING	19
2.1. Cosa significa Lean.....	19
2.2. Le sette aree degli sprechi.....	26
2.3. Il JIT: just in time.....	29
2.4. Kaizen	39
3. ANALISI DELLA LOGISTICA ATTUALE	43
3.1 L'area heavy parts	43
3.2 Presentazione della problematica.....	46
3.2.1. Classificazione degli items e diagramma P,Q	49
3.2.2 Lead time attuale	65
3.2.3 Incidenza del trasporto a livello di lead time	77
3.3. Studio del tempo di trasporto tramite osservazioni dirette	79
3.3.1. Flusso reale dei componenti all'interno dell'area	80
3.3.2. Flusso informativo	86
3.3.3. Criticità osservate	87
3.4. Spaghetti chart	89
3.5. Analisi dei dati	92
3.5.1. Tempi e distanze	93
3.5.2. Impiego degli operatori	95
3.5.3. Impatti sulla produzione	97
3.5.4. Tempo medio di trasporto.....	102
4. ANALISI DELLE ALTERNATIVE	105
4.1 Sistema a rotaia	105
4.2 Gru elettrica.....	106
4.3. Sistemi AGV	108

4.3.1. Sistema a marcature superficiali	109
4.3.2. Sistema a guida induttiva	111
4.3.3 Sistemi magnetici.....	113
4.3.4. Sistema a riflettori con laser rotante.....	114
4.3.5. Sistema a laser scanner	115
5. VALIDAZIONE DELL'ALTERNATIVA PRESCELTA.....	119
5.1. Analisi preliminari.....	119
5.2. Specifiche di fornitura	122
5.3. Collocazione ottima.....	126
5.4. Calcolo dei nuovi tempi di movimentazione.....	130
5.5. Simulatore	135
5.6. Problematiche	145
5.7. Analisi dei costi/benefici	151
5.8. Valutazione dell'investimento.....	158
CONCLUSIONI	169
BIBLIOGRAFIA	171
SITOGRAFIA	174
RINGRAZIAMENTI.....	175

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si sviluppa sulla base del periodo di stage svolto presso l'azienda Sidel S.p.a. nella sede di Parma. L'argomento trattato rientra nella visione di miglioramento continuo perseguito dall'azienda e si propone di ottimizzare l'intera gestione del flusso dei materiali seguendo i principi della Lean Production all'interno del reparto di manufacturing, in particolare nell'area relativa alla produzione di componenti pesanti.

La Sidel S.p.a. produce macchine riempitrici per l'imbottigliamento di acqua e bevande. All'interno dello stabilimento l'applicazione della lean ha esperienza ormai più che decennale, tuttavia occorre mantenere sempre elevato il livello di efficienza dei processi produttivi. Il lavoro qui presentato trae origine dall'esigenza di revisionare i processi logistici interni e in particolare, partendo dalla necessità di sostituire un sistema a rotaia obsoleto e fonte di problemi di sicurezza, ha riguardato la ricerca a più ampio raggio di soluzioni volte al miglioramento del trasferimento di materiali e componenti tra i diversi centri di lavoro nell'area heavy parts dello stabilimento produttivo. L'obiettivo è quindi stato quello di mappare i flussi dei componenti all'interno dei diversi reparti identificando: tempi, distanze, mezzo di trasporto utilizzato per la movimentazione e problematiche connesse agli spostamenti. Partendo da una raccolta dati approfondita ci si è concentrati poi nel trovare soluzioni migliorative in termini di riduzione del lead time di produzione dei componenti. Le soluzioni considerate hanno tenuto conto del layout dello stabilimento e dei conseguenti vincoli strutturali, oltre che di budget, e sono state analizzate seguendo la teoria proposta dal modello teorico relativo al Lean Manufacturing che si prefigge di minimizzare le attività a basso valore aggiunto, analizzando ed eliminando gli sprechi per ottimizzarne i processi nella soddisfazione delle aspettative del cliente e dell'azienda stessa.

Le diverse soluzioni sono state valutate tramite uno studio di costi/benefici che ha portato alla selezione di un sistema AGV robotizzato dotato di laser scanner che garantirebbe a Sidel di trovare benefici non solo a livello di material handling ma le consentirebbe anche di elevare il grado di avanguardia nel panorama dell'Industry

4.0, ovvero verso quella che è considerata la quarta rivoluzione industriale. Con il nuovo sistema non si potrebbe ottenere un risparmio considerevole a livello di lead time, riducendo le attese e i tempi di trasporto, inoltre anche l'impiego di personale esterno dedicato e di mezzi di movimentazione a noleggio verrebbero ridotti. Infine grazie alla raccolta e all'analisi dei Big Data che il nuovo sistema sarebbe in grado di gestire, il processo di movimentazione potrebbe essere monitorato e strutturato tramite attività standard che garantirebbero un monitoraggio più approfondito e accurato oltre ad una flessibilità e sicurezza che ad oggi sono il maggior problema legato al mezzo di trasporto a rotaia.

La struttura della tesi si articola in sei grandi capitoli: nel primo viene proposta una descrizione completa dell'azienda, dopo un piccolo excursus dell'evoluzione storica e del settore di appartenenza, viene presentato lo stabilimento nel quale ha avuto luogo il mio stage. Nel secondo capitolo vengono esplicitati i concetti della Lean Manufacturing, di Just in time e di Kaizen con particolare riferimento ai loro principi e obiettivi. Il capitolo tre riguarda lo studio teorico del lead time attuale dei principali prodotti realizzati nello stabilimento e la quantificazione dell'impatto delle movimentazioni su di esso grazie anche ad osservazioni dirette in officina. Il quarto confuta le possibili soluzioni volte alla riduzione del lead time presentando vantaggi e svantaggi delle alternative proposte. Il quinto capitolo entra invece nel dettaglio della validazione dell'alternativa selezionata, con particolare riguardo al miglioramento questa garantirebbe a livello di tempi e risorse con conseguente analisi dell'investimento.

Il lavoro svolto è stato frutto di una stretta collaborazione tra l'ingegneria di produzione, reparto nel quale ho operato, e il reparto di manufacturing. Tutte le analisi effettuate sono state organizzate e condivise con i capi reparto e gli operatori di linea. Solo attraverso la condivisione e il coinvolgimento di tutti gli attori operanti all'interno di quest'area si potrà garantire una piena applicazione ed implementazione della soluzione proposta.

1. L'AZIENDA: SIDEL S.P.A.

1.1. La storia

Sidel è un'azienda nata in Francia nel 1961 che si occupa di realizzare linee complete per il packaging di alimenti che spaziano dall'acqua oligominerale e gassata alle bevande energizzanti, succhi di frutta, oli, vino, birra, tè, caffè, prodotti per la cura personale e domestica. Il settore di riferimento è dunque quello inerente all'industria alimentare di cui l'azienda provvede alla realizzazione di impianti per l'imbottigliamento da fornire ad aziende terze per il confezionamento dei loro prodotti, l'impresa dunque lavora B2B (business to business). La caratteristica che contraddistingue l'azienda e che la rende competitiva e forte sul mercato è l'alto grado di customizzazione che riesce a offrire ai propri clienti. Grazie alla vicinanza offerta al cliente in relazione alla personalizzazione degli impianti e ad un servizio post-vendita attento e ravvicinato, Sidel è riuscita ad oggi a installare oltre 37.000 macchine in più di 190 paesi. Sidel è in grado di realizzare strutture per l'imbottigliamento in PET, in vetro ed in lattina, differenziate e specifiche a seconda del liquido che si vuole riempire e al volume di bottiglie l'ora richieste. Le soluzioni tecnologiche che è in grado di offrire al mercato sono inoltre complete, comprendono nello specifico macchine di soffiaggio, per la realizzazione del contenitore, macchine di riempimento, tappatrici, etichettatrici e sistemi di movimentazione e di confezionamento secondario e terziario (pallettizzatori).

Sidel negli anni è riuscita a diffondere le sue sedi in tutto il mondo aprendo 26 stabilimenti, di cui 8 centri di Ricerca e Sviluppo, che contano all'incirca 24'140 dipendenti e sono diffusi in 13 differenti paesi (**Figura 1**).

Grazie alla presenza dell'azienda su un panorama così vasto e variegato, il servizio garantito può essere dedicato e rapido. L'assistenza e i ricambi non necessitano di lead time elevati: in questo modo il supporto locale garantisce al cliente un appoggio costante con l'azienda di fronte alle problematiche della linea, alle manutenzioni e agli interventi di upgrade.



Figura 1. Impianti Sidel presenti in 13 diversi paesi

Sidel è acronimo di “Société Industrielle Des Emballages Légers” (Società industriale di imballaggi leggeri), sin da subito l’azienda ha sviluppato tecnologie per l’imbottigliamento di prodotti alimentari specializzandosi inizialmente nel confezionamento in plastica. Nel 2003 Sidel si fonde con la società italiana Simonazzi, nata nel 1850 e con sede a Parma, anch’essa operante nel settore dell’imbottigliamento. Nello stesso anno l’impresa entra a far parte del gruppo Tetra Laval, una compagnia multinazionale di origine svedese leader da anni nel campo del condizionamento e confezionamento di prodotti alimentari. Il gruppo Tetra Laval è suddiviso in tre società: DeLaval, TetraPak e Sidel (**Figura 2**).



Figura 2. Organizzazione del gruppo Tetra Laval

Sviluppandosi l’impresa ha iniziato a sviluppare tecnologie per il confezionamento di bottiglie in vetro e lattine. Nello stesso anno ha sviluppato la prima bottiglia realizzata in

PVC (polivinilcloruro) per il contenimento di oli alimentari e successivamente vino, latte ed acqua. Nel 1973 l'Azienda ha progettato e prodotto la prima bottiglia in HDPE (polietilene ad elevata densità) per latte UHT. Nel 1980, invece, ha prodotto la prima macchina per il soffiaggio in temperatura di bottiglie in PET. Diversi anni più tardi, nel 1998, Sidel ha introdotto nel mercato un sistema in grado di combinare un modulo per il soffiaggio, il riempimento e la tappatura delle bottiglie.

Nello stesso anno è stato ideato il primo sistema di sterilizzazione delle preforme tramite perossido di idrogeno (acqua ossigenata).

Sidel è oggi in grado di operare sull'intero processo di riempimento per liquidi alimentari fornendo soluzioni a sé stanti o in linea anche con confezionamento asettico; queste ultime tecnologie comprendono trattamenti di sterilizzazione delle preforme con perossido di idrogeno che garantiscono al prodotto imbottigliato di essere incontaminato. Attualmente Sidel detiene anche un brevetto sul processo di sterilizzazione per macchine asettiche. L'azienda produce inoltre pastorizzatori ed etichettatrici, così pure moduli di fine linea come pallettizzatori e manipolatori robotici per la movimentazione dei prodotti finiti e confezionati grazie all'inclusione nel gruppo di Gebo e Cermex nel 2013 che si occupano appunto di fabbricare i componenti inerenti al fine linea. Le due importanti introduzioni dell'ultimo anno, 2017, riguardano invece la presentazione al Drinktec (fiera mondiale per l'industria delle bevande e degli alimenti liquidi) della nuova macchina Superm Combi (**Figura 3**) in grado di ottimizzare la produzione raggruppando in un unico impianto tutta la linea di imbottigliamento: dalla creazione della preforma al soffiaggio, al riempimento, all'etichettatura ed infine alla tappatura.



Figura 3. Sidel Super Combi

Nel 2017 il gruppo Sidel ha anche introdotto il programma di Agility 4.0 al fine di rendere le macchine intelligenti, capaci di collezionare dati e interconnettersi tra loro in modo da fornire al cliente prodotti fabbricati da “macchine del futuro” in linea con la Smart Technologies (Figura 4).

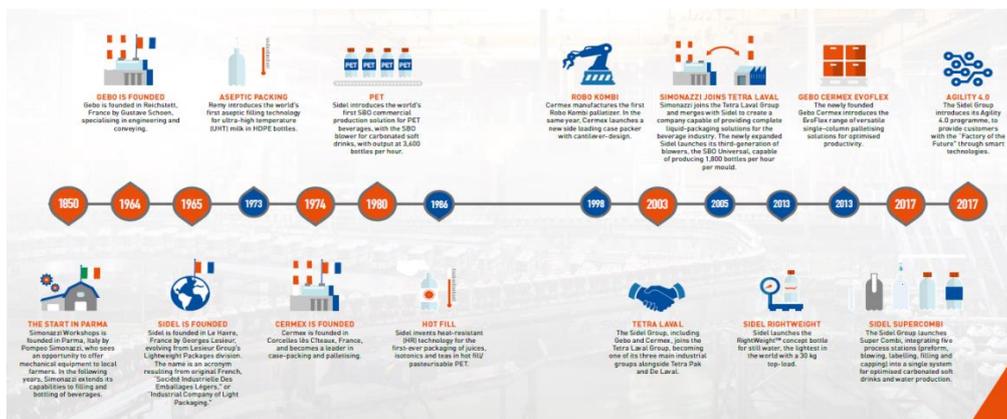


Figura 4. Step di evoluzione in Sidel

1.2. Il settore

All'interno dei beni confezionati di consumo, le bevande rappresentano il 54% delle unità confezionate vendute. Il cibo è il secondo mercato più grande, rappresentando il 40%, il restante 6% è costituito da prodotti per la cura della casa e della persona.

I beni di largo consumo (FMCG) sono confezionati utilizzando una vasta gamma di materiali. I quattro materiali di imballaggio più comuni per le bevande rimangono PET, 19% sul totale dei beni confezionati al consumo, vetro, 16%, lattina, 13%, e cartone, 12%. Le bevande analcoliche e il mercato lattiero-caseario rappresentano nel 2016 1185 Bn unità secondo Euromonitor, con una crescita prevista al 3,7% CAGR nei prossimi 3 anni. Il mercato è dominato dalla Cina, il 26%, e gli Stati Uniti, il 16%.

Il materiale di imballaggio che è più ampiamente adottato in questi mercati è il PET, che rappresenta il 44% delle unità di imballaggio. Il PET è il materiale di confezionamento di scelta per bevande gassate e acqua minerale. Il PET ha una posizione forte all'interno del segmento dell'acqua in bottiglia, ma ci sono interessanti opportunità di crescita nei segmenti del tè e del latte. Tuttavia, il calo del consumo di bevande gassate nei mercati sviluppati ha ridotto il ritmo di crescita, con l'aumento della domanda di acqua in bottiglia

per bilanciare in larga misura questa tendenza.

Per quanto riguarda le bevande alcoliche la popolazione mondiale ha consumato circa 253 miliardi di litri di bevande alcoliche nel 2015. La maggior parte di questa categoria è la birra - l'80% con vino - il 10% e gli alcolici - il 10% rappresenta il resto. Il mercato della birra, del vino e degli alcolici è valutato a 950 miliardi di euro. Mentre il vino e gli alcolici rappresentano segmenti più piccoli, rimangono dinamici in termini di investimenti nella linea di confezionamento, a causa delle elevate esigenze tecnologiche degli alcolici. Il mercato della birra presenta un quadro misto: le regioni sviluppate mostrano una maggiore maturità, bilanciata da molteplici opportunità di investimento nei mercati in via di sviluppo.

Il Gruppo Sidel è un fornitore leader di attrezzature e servizi per il confezionamento di liquidi, alimenti e prodotti per la cura della persona e della casa in polietilene tereftalato (PET), lattina, vetro e altri materiali.

Nel 2016 sono state vendute oltre 3.000 miliardi di unità di beni confezionati al consumo, tra cui bevande, prodotti alimentari, prodotti per la cura della casa e della persona. Gli analisti di Euromonitor International prevedono che entro il 2019 saranno vendute circa 300 unità aggiuntive di macchine, il che corrisponde a un tasso di crescita annuale composto del 3% (CAGR) dal 2016 al 2019¹ (Figura 5).

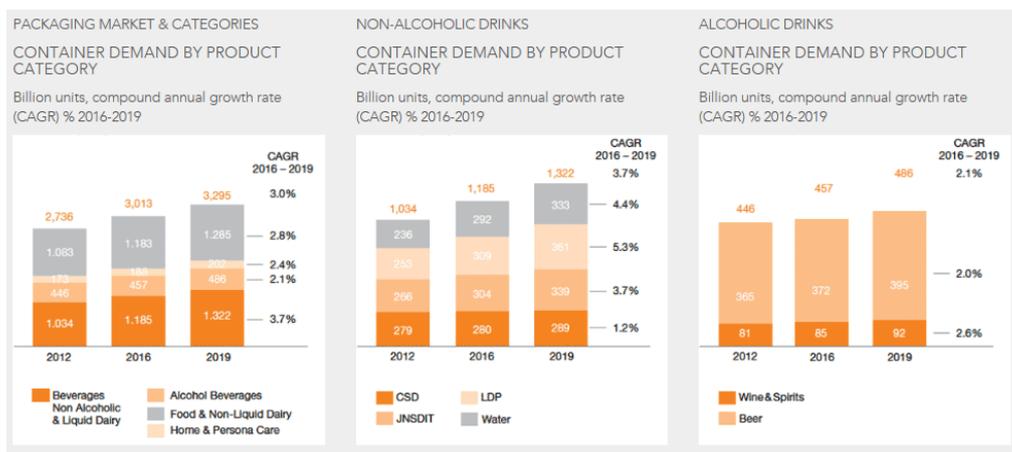


Figura 5. Andamento futuro CAGR

¹ Annual report Tetra Laval 2016-2017

Con oltre 37,000 macchine installate in più di 190 paesi, Sidel ha circa 170 anni di esperienza nel settore in cui è riuscita ad innovare grazie all' attenzione raccolta a nuove soluzioni e sistemi. I segmenti di mercato in cui l'azienda è maggiormente attiva riguardano il settore dell'acqua (27% delle macchine prodotte sono impiegate in questo campo) e della birra (26%) (**Figura6**). Il settore in cui Sidel agisce meno è quello relativo alle macchine per il confezionamento del latte che in percentuale ricoprono solo il 4% delle attrezzature realizzate.

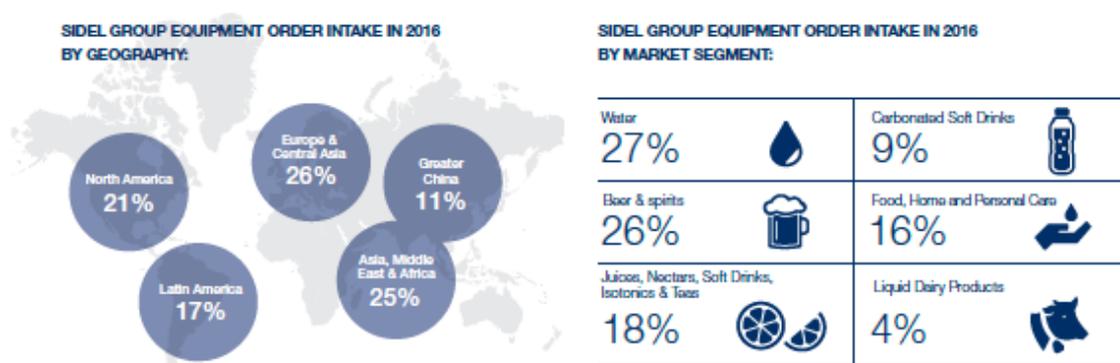


Figura 6. Dati relativi alle aree in cui Sidel opera e in che segmenti si concentra

Dobbiamo specificare che nel 2013 è stata messa in atto una strategia aziendale che ha puntato molto sul consumo del PET trascurando il settore vetro e lattine secondo l'idea che nel futuro questo mercato avrebbe ridotto la domanda. Questa decisione ha portato l'azienda a perdere un'ampia fetta di mercato e registrate sino al 2015 un calo di fatturato consistente² (**Figura7**). Il trend di mercato infatti non ha seguito la direzione immaginata dalla previsione di Sidel e questo ha causato un grosso squilibrio tra domanda e offerta.

² Reportaziende.it

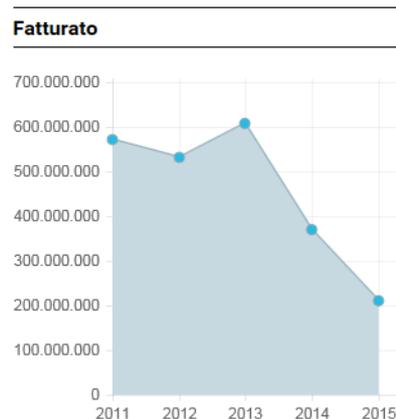


Figura 7. Andamento del fatturato dal 2011 al 2015

Tuttavia nell'anno precedente (2016) le vendite conseguite hanno superato i risultati attesi, sia in termini di fatturato, che in termini di crescita del portafoglio clienti. Sidel ha cercato di recuperare le quote perse immettendosi di nuovo nei mercati delle lattine e del vetro.

I risultati dello scorso anno fanno pensare all'inizio di un processo di ripresa economica e di riacquisizione di market share, tale da permettere a Sidel di ritornare ad essere unico market leader come si presentava fino a pochi anni fa. I programmi strategici di Sidel, negli ultimi anni, sono orientati verso una forte politica di riduzione dei costi, uniti a programmi ambiziosi che prevedono un incremento dell'efficienza.

L'azienda vanta inoltre di un'ampia gamma di clienti affiliati tra cui spiccano i nomi di Coca-Cola, P&G, Heineken, Parmalat e Grey Goose (**Figura 8**). In ogni settore sono presenti quindi acquirenti di rilevanza notevole, grandi colossi il cui potere contrattuale è alto. L'efficienza e la qualità degli impianti deve rispettare parametri stringenti per garantire il soddisfacimento delle richieste dei clients. Per poter mantenere un rapporto di fornitura stabile con queste aziende è necessario rispettare alte performance e un livello di assistenza elevato. L'affiliazione del cliente è un passaggio importante: instaurare un rapporto di fiducia e soddisfazione richiede tempo e lavoro. Bisogna conoscere il core business e gli obiettivi dell'utente e creare insieme a lui una sinergia per poter lavorare insieme. In particolare nella fase di design del packaging la collaborazione risulta fondamentale. L'utente finale deve comprare un prodotto che al di là del contenuto deve essere accattivante e maneggevole. Per queste ragioni la fase di definizione della conformazione della bottiglia deve essere concordata a stretto contatto con l'azienda che

riceve la fornitura. Anche il livello di produttività giornaliera richiesta, che va a definire la grandezza dell'impianto e dei volumi supportati, è da definire con il cliente. Insieme a lui si vanno ad analizzare inoltre l'implementazione della macchina in base agli spazi disponibili presenti a layout. Bisogna considerare tutti gli aspetti rilevanti per il cliente e cercare di alleviare quelli che possono essere le problematiche di implementazione rilevate da quest'ultimo. Gli impianti devono garantire poi un livello di avanguardia allineato con le evoluzioni di mercato. Le tecnologie impiegate hanno bisogno di continue innovazioni ed implementazioni con i nuovi sistemi emergenti.

CSD	
WATER	
JUICE & TEA	
BEER	
DAIRY	
CONVERTERS	
WINE & SPIRITS	
CO-PACKERS	
OTHER	

Figura 8. Principali clienti di Sidel suddivisi per tipologia di prodotto

A livello di settore sono presenti innumerevoli altre aziende produttrici di impianti di imbottigliamento come Sipa, Procomac, Serac, Sacmi, Shibuya, Ocme, Acmi, CFT, le quali però non sono confrontabili con Sidel a livello di dimensioni, mercati e soluzioni proposte. La quota complessiva di questi altri produttori è circa un 15% del mercato mondiale. Le uniche due aziende che sono da ritenersi effettivamente **competitors** della nostra impresa sono due: *Krones* e *KHS GmbH*, entrambe tedesche (**Figura 9**).

Krones è ad oggi il leader mondiale nel settore, seguito da Sidel che detiene circa il 30% del mercato globale e successivamente da KHS, che si distacca dalla seconda posizione nettamente a livello di percentuale.



Figura 9. Principali competitors di Sidel

I dati percentuali esatti non possono essere divulgati nel rispetto del segreto aziendale: tutte le informazioni riportate sono descritte a livello generale per indicare il posizionamento delle aziende nel settore basato sulle quote di mercato che le aziende detengono e di conseguenza ai volumi di vendita registrati. Gli unici dati reali proposti sono stati presi da report o analisi pubbliche.

Krones ha sede principale in Germania e produce la gran parte delle sue linee in questo stabilimento. Gli unici altri due centri produttivi affiliati di supporto si trovano in Italia e in Australia. Altre sedi sono presenti a Franklin (USA), Taicang (Cina) e Sao Paulo (Brasile), per un totale di sette stabilimenti, questi ultimi però hanno solamente funzione strategica. La politica aziendale infatti guarda ad una produzione home made per garantire un alto livello di qualità e precisione. Tutte le macchine devono rispettare certi livelli di performance e caratteristiche tecniche che solo i centri specializzati da anni in queste produzioni possono garantire. Per questo motivo quasi tutta la produzione si concentra nello stabilimento tedesco, lasciando agli altri stabilimenti funzione di supporto locale per le imprese limitrofe. La qualità tedesca è riconosciuta a livello mondiale e vanta di elevati livelli di precisione. Il fatturato registrato da questa impresa è circa il triplo rispetto a quello di Sidel e si aggira intorno ai 3 billion³ (**Figura 10**).

³ Annual report 2016-2017 di *Krones*

		2016	2015	Change
Revenue	€ million	3,391.3	3,173.5	+ 6.9%
New orders	€ million	3,441.3	3,189.0	+ 7.9%
Orders on hand at 31 December	€ million	1,144.7	1,094.6	+ 4.6%

Figura 10. Fatturato di Krones negli anni 2015-2016

Per quanto riguarda i volumi di vendita in relazioni ai segmenti di prodotto possiamo notare come i settori in cui Krones è maggiormente attiva siano allineati ai dati registrati dalla nostra azienda.

Il segmento relativo all'imbottigliamento di bevande lisce è quello in cui la domanda registra numeri maggiori; si riporta una quota dei volumi di vendita pari al 29% dei volumi totali. Al secondo posto compare anche in questo caso il segmento delle bevande alcoliche gasate, vino e birra, con una percentuale del 22,4%. Maggiore invece per Krones è la quota di vendite di macchine asettiche nel segmento dei latticini⁴ (**Figura 11**).

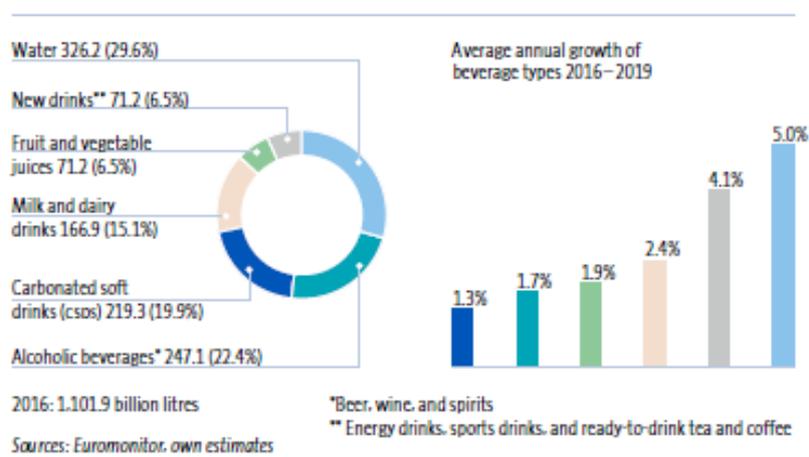


Figura 11. Volumi di vendita di Krones suddivisi per segmenti

Il successo di Krones si basa su alcune poche ma cruciali strategie: conoscenza

⁴ Annual report 2016-2017 di Krones

specialistica dell'ingegneria meccanica e dei settori di clienti coinvolti, un vantaggio tecnico sui suoi concorrenti guidato da spese continue e consistenti finalizzate alla ricerca e lo sviluppo, impianti di produzione dotati di attrezzature all'avanguardia che riescono a rispettare i più severi standard di qualità, supportati da un servizio di assistenza 24 ore su 24, in tutto il mondo, e soprattutto dalle competenze del suo personale altamente motivato. Oltre 5.000 brevetti completi e di utilità testimoniano il potenziale innovativo. Inoltre Krones è molto attenta all'aspetto green relativo al riciclaggio del PET per il quale si impegna personalmente nella raccolta di materiale di scarto al fine di creare il rPET (il PET da riciclo) per impiegarlo in ambito alimentare. Questo programma di sostenibilità ha ricevuto anche numerosi riconoscimenti; il risparmio a livello di costi e materiali, oltre che di compatibilità ambientale, viene ampiamente apprezzato dal mercato.

Per quanto riguarda KHS i dati non sono reperibili con esattezza poiché i bilanci della società non sono pubblici. Sappiamo che il suo fatturato si aggirava intorno a 1 billion nel 2014. Non siamo però in grado di stimare la sua potenza a livello di mercato e di segmento anche se sappiamo che il ruolo ricoperto dall'azienda a livello globale è solo marginalmente comparabile con i due colossi Krones e Sidel.

1.3. Linee di imbottigliamento

Il sistema di imbottigliamento progettato da Sidel S.p.A. è costituito dal soffiaggio, il riempimento e la chiusura delle bottiglie in PET (**Figura 12**).

L'azienda assiste il cliente in tutte le fasi di imbottigliamento dalla creazione e progettazione della bottiglia sino al suo imballaggio una volta completato lo riempimento. La linea completa o parziale può inoltre subire upgrade una volta acquisita di modo che il cliente riesca ad aggiornare l'impianto a seconda delle esigenze che necessariamente subiscono variazioni nel tempo di modo da restare al passo con i tempi modificando parti dello stesso in base alle richieste e all'evoluzione del mercato.



Figura 12. Linea COMBI per bottiglie in PET

Il primo modulo della linea è costituito dal convogliatore delle preforme il quale raccoglie le preforme delle bottiglie, prodotte per stampaggio a iniezione, da soffiare verso la macchina soffiatrice disponendole nell'orientamento corretto secondo le quantità richieste dalla macchina successiva evitando che queste si sovrappongano e ostruiscano l'accesso. Successivamente troviamo per l'appunto la soffiatrice: questa macchina rotativa viene alimentata con le preforme in PET che vengono riscaldate all'interno di un apposito tunnel presente nella macchina, tramite radiazioni infrarosse; successivamente un sistema di trasferimento preleva le preforme riscaldate e le posiziona all'interno di stampi di forma diversa, a seconda della tipologia di bottiglia che si intende realizzare. All'interno degli stampi ha luogo il soffiaggio in pressione che consente di ottenere le bottiglie nella loro forma definitiva (**Figura 13**). La forma dello stampo cambia per ogni linea di imbottigliamento. La forma della bottiglia che viene a crearsi in questa prima fase di imbottigliamento, è progettata e studiata a monte insieme al cliente di modo che il design e l'estetica che la preforma va ad assumere sia unica e riconoscibile per ciascuna azienda, funzionale e maneggevole, al passo con i trend di mercato e accattivante dal punto di vista estetico.

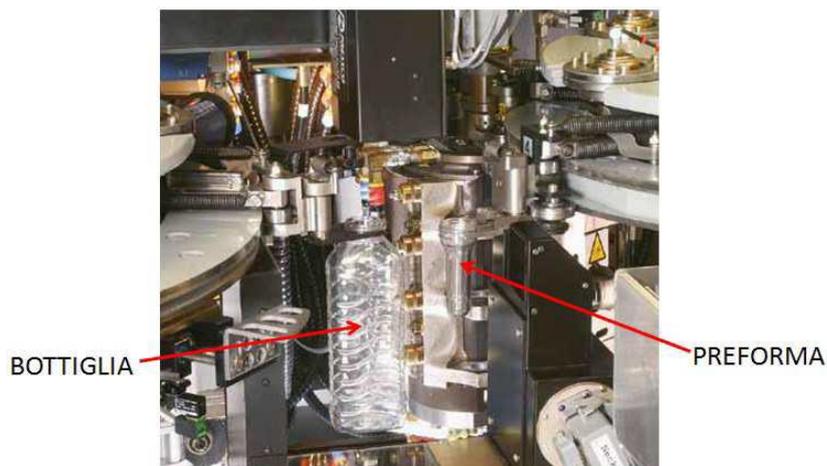


Figura 13. Stampa della macchina soffiatrice con preforma in ingresso e bottiglia in uscita

Le bottiglie così formate escono dalla soffiatrice e sono trasportate, attraversando una zona di raffreddamento ad acqua, su stelle di trasferimento rotative, alla macchina etichettatrice dove, grazie a rulli provvisti di colla a caldo marcano le bottiglie con l'etichetta unica della casa madre. Una volta eseguita la fase di etichettatura si passa poi alla riempitrice.

La macchina è dotata di valvole per effettuare il riempimento che, a seconda dei modelli, possono variare in numero da un minimo di 48 ad un massimo di 192. La produttività, con un formato bottiglie da 0,5 l, arriva fino a 72'000 bottiglie/ora mentre con bottiglie da 2 l il valore scende a 40'000 bottiglie/ora.

Le bottiglie in uscita dalla soffiatrice sono trasferite direttamente alla giostra riempitrice attraverso una serie di stelle di trasferimento; non vi è infatti necessità di eseguire un risciacquo dato che le bottiglie si muovono sempre all'interno di un ambiente, seppur non asettico, sanificato senza che vi sia il passaggio su nastri ad aria. Una volta eseguito il riempimento, le bottiglie alla capsulatrice: qui vengono tappate e successivamente prelevate da un'ulteriore stella di trasferimento che le porta ad un nastro trasportatore e convogliate all'esterno della macchina verso i moduli di confezionamento secondario e di pallettizzazione.

1.4. Lo stabilimento di Parma

In Italia sono stanziati tre sedi produttive di Sidel i cui stabilimenti si trovano presso Mantova, Parma e Verona. Ciascuno di questi è specializzato nella progettazione e produzione di diverse tipologie di macchine: a Parma vengono realizzati i componenti relativi alle riempitrici, sciacquatici, miscelatori per bevande, carbonatatori, riempitrici asettiche e non (**Figura 14**). A Mantova invece lo stabilimento si occupa di provvedere alla realizzazione delle macchine etichettatrici. Infine a Verona la sede è specializzata nella fabbricazione delle macchine a tunnel (lavabottiglie, pastorizzatori).



Figura 14. Stabilimento Sidel (ex-Simonazzi) di Parma.

Ad oggi, in Italia, sono impiegati presso Sidel complessivamente circa 1000 dipendenti di cui circa 700 a Parma, 116 a Mantova e 96 a Verona. A Parma, in particolare, ha sede uno dei più importanti centri di training del Gruppo Sidel, specializzato nella formazione tecnica riguardante macchine riempitrici (tradizionali e asettiche), mixer ed impianti di pulizia e sanificazione. Come detto precedentemente, nella sede di Parma vengono realizzati in particolare gli impianti di riempimento tra i quali possiamo distinguere tre tipologie principali delle quali parleremo nei capitoli successivi:

- riempitrici ad acqua (RMC):



MATRIX FILLER SF200 FM

velocità di uscita di riempimento flessibile che soddisfa le vostre esigenze di produzione		
Bottiglie dimensioni	Max uscita di produzione (bottiglie all'ora)	Gamma (numero di valvole)
500 ml (acqua naturale)	81.000 bph	24-120

- riempitrici da gasato (RMB):



MATRIX FILLER SF300 FM

velocità di uscita di riempimento flessibile che soddisfa le vostre esigenze di produzione		
Bottiglie dimensioni	Max uscita di produzione (bottiglie all'ora)	Gamma (numero di valvole)
500 ml (CSD, 18 ° C)	80.000 bph	32 - 216

- riempitrici a settiche per il confezionamento di succhi, the, latte e bevande per sport (RFH):



SIDEL MATRIX SF700 FM

Per le bottiglie JNSDIT		
i tassi di uscita	81.000 bph	60.000 bph
tipo Filler	Sidel Matrix SF100 FM	Sidel Matrix SF700 FM

LEAN MANUFACTURING

2.1. Cosa significa Lean

Il sistema produttivo Lean Manufacturing o Produzione snella è una filosofia di produzione nata presso Toyota, industria automobilistica giapponese, la quale, agli inizi degli anni cinquanta, a causa del momento di crisi che l'impresa si era ritrovata a dover fronteggiare, ha iniziato in questo periodo a sperimentare un nuovo approccio produttivo. Il management giapponese ha ritenuto opportuno dover rivoluzionare il modus operandi per poter emergere dalle difficoltà economiche nelle quali stavano sprofondando. Nello specifico Eiji Toyoda e il suo collaboratore Taiichi Ohno hanno iniziato a introdurre un sistema produttivo nuovo che riuscisse a stravolgere l'approccio fordista ed il concetto di produzione di massa adottato sino ad allora dalla totalità delle grandi imprese a livello globale. La nuova originale idea partiva dal presupposto che occorresse scardinare la realtà produttiva attuale, troppo rigida e complessa, per lasciare il posto ad una concezione di azienda più snella e dinamica, in accordo con il cambiamento dei mercati e della realtà che si stava muovendo velocemente attorno a loro. Si erano accorti che le richieste dei clienti stavano mutando negli anni e restando ancorati ai vecchi modelli organizzativi non si sarebbero potute conciliare le due realtà: quelle del mercato esterno e quelle interne delle imprese. Le figure protagoniste del processo produttivo dovevano assumere un ruolo centrale nella nuova filosofia, era dal basso che bisognava partire affinché ci fosse cambiamento. Gli operatori in primis dovevano partecipare in maniera più marcata al sistema manifatturiero. Anche la tecnologia ed il suo impiego avrebbero necessitato di un'integrazione più pertinente alla realtà di mercato che si stava analizzando. Da qui nasce il *Toyota Production System* poi evolutosi in quello che ad oggi è conosciuto come il concetto di *Lean Manufacturing* (o *Lean Production*). Grazie a questo sistema l'impresa è riuscita ad uscire dalla crisi originatasi a seguito della seconda guerra mondiale grazie alla produzione di valore nell'intera catena produttiva; la produttività dell'azienda giapponese è riuscita ad aumentare notevolmente arrivando a fine anni novanta a più del 40% rispetto ai competitors europei, garantendo così l'affermazione del concetto di produzione snella anche in occidente.

Il *TPS* (Toyota Production System) o *Lean Manufacturing System* è una filosofia vera e propria, più che un sistema di gestione integrato. Questo modo di pensare e di essere competitivi sul panorama mondiale comprende tutte le sfaccettature del processo aziendale: dalle fasi produttive a quelle di consegna puntuale al cliente con attenzione alla qualità richiesta, al soddisfacimento delle esigenze specifiche del cliente e all'eliminazione delle inefficienze e degli sprechi.

La ricerca primaria è quella rivolta all'ottimizzazione continua di quelle che sono le risorse a disposizione sia umane che materiali che economiche, del tempo impiegato, della qualità finale del prodotto rispetto alle richieste del cliente e di tutte quelle che sono le mansioni produttive in generale. Lo scopo di raggiungere un sistema snello deve comprendere infatti una molteplicità di aspetti che considerati separatamente non porterebbero a migliorie in termini di efficienza. L'applicazione delle tecniche lean è fondamentale per il raggiungimento di questo fine.

Con il termine di *Lean Thinking* (tradotto in italiano come "Pensiero Snello") e l'applicazione pratica di questa metodologia ai processi aziendali di produzione viene identificata con il termine di *Lean Manufacturing* o *Lean Production*. Il Lean Manufacturing concepisce l'impresa come un luogo in cui gli operatori sono suddivisi in squadre e si occupano non solo delle operazioni volte alla trasformazione effettiva del prodotto, ma svolgono anche attività secondarie indirette che contribuiscono all'efficienza del processo come la pulizia dell'area di lavoro, l'organizzazione dell'area e degli strumenti che vengono impiegati, la gestione dei problemi, ecc. Il farsi carico di attività "extra" consente al personale di reparto di riuscire, attraverso maggiori responsabilità, a cogliere l'importanza di certe operazioni e ad adottare un metodo di lavoro più metodico e preciso. In questo senso si va ad accrescere il know-how di coloro che sono la componente principale del ciclo di lavorazione.

A sostegno di questa integrazione e sviluppo delle capacità di gestione e consapevolezza del personale sono stati introdotti dalla metodologia lean alcuni concetti cardine di seguito riportati:

1. L'introduzione dei "5 perché" per indagare le cause profonde di un problema e riuscire a risolverlo dalle radici (*Root Cause Analysis*) (**Figura 15**);



Figura 15. I cinque perché

2. Dall’approccio “*Move the metal*”, tipico della produzione di massa, alla metodologia “*Ferma la linea qualora vi sia un problema*” grazie all’applicazione del metodo *Kaizen* (Figura 16);

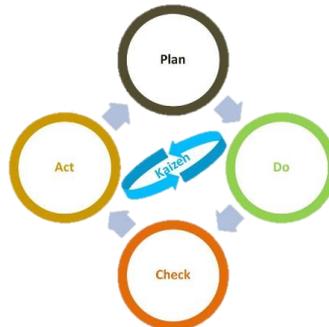


Figura 16. La logica kaizen

3. “*One piece flow*” (un componente alla volta) per diminuire i tempi di attraversamento in linea e i volumi di stock in attesa di lavorazione (Figura 17);

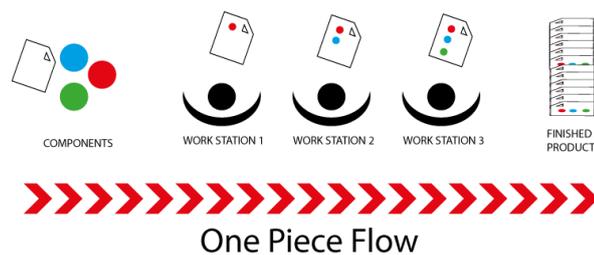


Figura 17. One piece flow

4. Ottica di produzione “pull” ovvero tirata rispetto alle esigenze del cliente ed allineata con i fornitori per il reperimento celere del materiale necessario;
5. Comunicazione diretta e chiara con il cliente per la definizione delle esigenze e degli standard richiesti.

I principi volti invece alla riduzione degli sprechi sono:

1. *Value Definition*: è necessario in primis definire dove risiede il valore e quindi cosa è importante produrre e cosa no. È il mercato che definisce il valore per il quale il cliente è disposto a pagare assegnando il riconoscimento dello stesso in termini di soddisfacimento delle esigenze maturate. Il cliente finale pagherà infatti solo in base al valore che lui stesso attribuisce al prodotto e quindi ogni qual volta in cui si ha un impiego di risorse, materiali e tempo che non contribuisce a generare valore si ha uno spreco.
2. *Value Stream Mapping*: per identificare il valore è importante creare una mappatura grafica di tutte le attività (a valore aggiunto e non) necessarie per poter trasmettere al cliente valore attraverso lo studio del flusso Fornitore-Azienda-Cliente, solitamente ripercorso al contrario, “risalendo la corrente”, grazie ai quali si individuando anche le aree in cui si generano sprechi. I flussi da mappare riguardano principalmente due processi: il flusso di produzione e il flusso di progettazione. All’interno di queste due macro famiglie bisogna individuare i flussi di informazioni, di trasformazione prodotto, di lead time e delle scorte.

Bisogna evidenziare inoltre quali sono le risorse impegnate, i tempi spesi ed i valori dell'inventario (Figura 18).

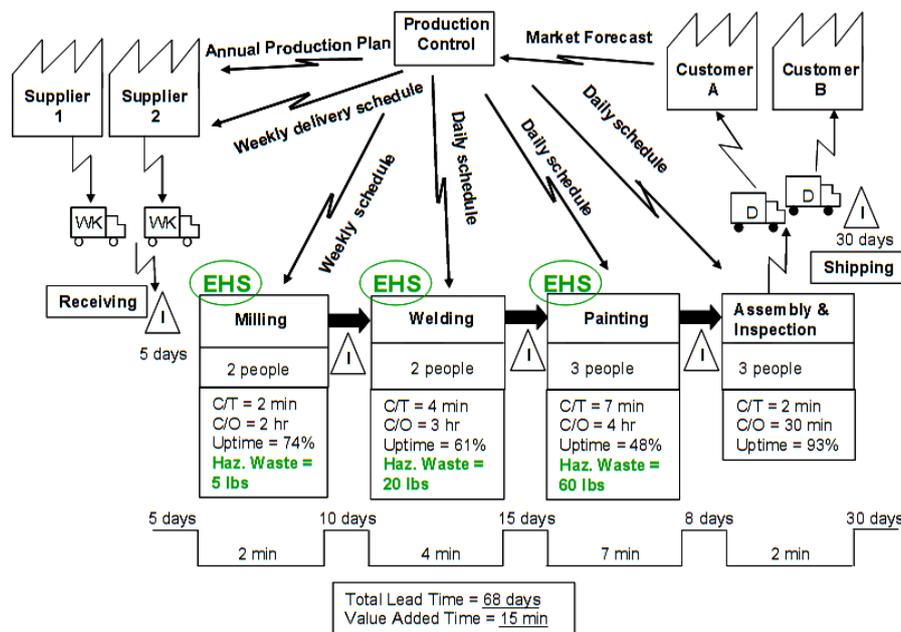


Figura 18. Esempio di Value stream Mapping

3. *Flow*: il flusso del valore deve defluire sia all'interno dell'impresa sia all'esterno, verso il cliente in maniera rapida e lineare. In seguito alla definizione del valore, della mappatura e dell'eliminazione degli sprechi individuati, il flusso operativo deve scorrere senza intralci. Per raggiungere questo obiettivo bisogna intervenire sul sistema di produzione attivando la logica "one piece flow" sostituendola a quella a lotti come già spiegato precedentemente. In questo modo si deve instaurare un flusso continuo privo di interruzioni.
4. *Pull*: il flusso deve essere "tirato" dal cliente sino al fornitore, risalendo la corrente in senso contrario. Questo andamento è importante al fine di instaurare un processo che parta dalle esigenze del cliente e da quello che è sentito da quest'ultimo come fonte di valore.

5. *Perfection*: al termine del processo di miglioramento diventa fondamentale instaurare un processo di miglioramento continuo (Kaizen) che l'azienda deve perseguire per raggiungere il perfezionamento a piccoli passi nella minimizzazione costante dei costi, degli eccessi, degli sprechi e delle inefficienze. La prospettiva deve essere sempre quella di accrescimento del valore.

Solo attraverso l'implementazione sistematica e perenne di tutti i principi sopra elencati è possibile raggiungere e mantenere un miglioramento del processo e permettere di effettuare una vera eliminazione degli sprechi.

Solitamente le aziende sono organizzate in strutture funzionali (**Figura 19**) e le informazioni prodotte rimangono all'interno di questi dipartimenti senza interscambio di conoscenze tra essi. Questo sistema genera una chiusura dei reparti che rimangono scollegati tra di loro impedendo una visione complessiva di quella che è l'azienda e il suo obiettivo comune.



Figura 19. Organizzazione per funzione

In questo modo cogliere l'essenza delle esigenze del cliente e capirne effettivamente le problematiche non risulta così immediato. Gli ostacoli dovuti alla separazione delle diverse aree può essere bypassata grazie all'interdisciplinarietà ovvero alle connessioni tra i reparti (**Figura 20**).

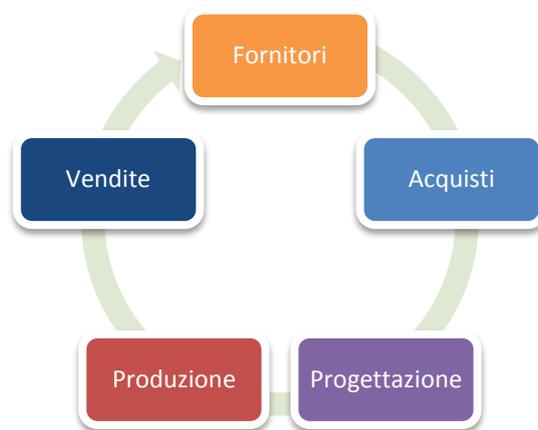


Figura 20. Organizzazione per reparto

La gestione della produzione per mezzo dei metodi tradizionali non consente una corretta e semplice comprensione e controllo del flusso del materiale che non segue un percorso continuo e fluido ma incappa in fermate più o meno lunghe tra le diverse operazioni a causa delle più svariate problematiche dovute alla gestione scorretta degli spazi, della gestione delle risorse e dei tempi. Dobbiamo però tenere a mente che il processo deve essere una priorità per l'azienda poiché è tramite questo che viene generato il prodotto e il suo valore ed è facile che proprio lungo questo percorso si originino degli sprechi, detti anche in giapponese *muda*. Gli sprechi devono essere eliminati o quantomeno ridotti il più possibile. Spesso però la maggior parte dei muda sono difficili da individuare poiché si originano all'interno del ciclo di trasformazione ma per trovarli è opportuno guardare nella mancanza di flessibilità, di competitività rispetto ai mercati e ai loro mutamenti.

La competizione sempre più marcata a livello economico costringe le imprese ad aumentare i livelli di servizi verso il cliente e l'efficienza in termini di produzione ovvero attraverso la compressione dei tempi di consegna e di fabbricazione e soprattutto nel livello di customizzazione e qualità richiesti dall'esterno per rimanere competitivi e performanti rispetto agli stimoli esterni.

Grazie alle novità introdotte dalla filosofia lean il raggiungimento di questi obiettivi è stato reso molto più semplice e soprattutto è stato formalizzato per poter essere applicato da qualunque impresa. Il rinnovamento consiste nel coadiuvare efficienza ed efficacia nella revisione del processo logistico e di produzione. È stimato infatti che solo una ridottissima parte delle attività riesca a generare valore, solo il 5%, il

restante 95% non genera valore e c'è una larga parte di attività tra queste che può considerarsi spreco⁵ (Figura 21).

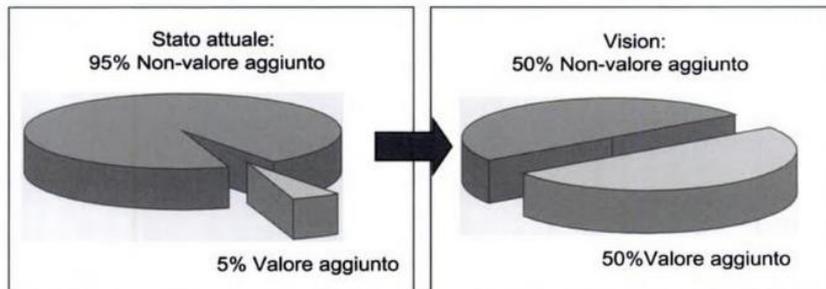


Figura 21. Regola di G. Stalk e T. Hout

Per riuscire a raggiungere una proporzione più equilibrata tra attività a valore aggiunto e non, occorre che il lavoro di revisione del flusso produttivo, chiamato anche *Flusso del Valore*, sia continuo.

Possiamo dire che un'operazione genera valore se genera delle modifiche o trasformazioni per le quali il cliente è disposto a pagare; viceversa le attività a non valore aggiunto sono quelle operazioni con non generano trasformazioni utili al prodotto ma assorbono tempo e risorse generando dei costi (*muda*).

2.2. Le sette aree degli sprechi

L'obiettivo della logica lean è di identificare, analizzare ed eliminare tutte le fonti di inefficienza del processo. L'eliminazione degli sprechi può essere soggetta a una revisione giornaliera, oraria o minuto-per-minuto. La logica Lean non consiste nell'eliminazione di risorse umane, bensì nell'impiego di queste in maniera più efficiente. Quindi, partendo da questo concetto, lo scopo è quello di migliorare i processi e renderli privi di sprechi di modo da permettere alle imprese di migliorare la loro competitività nel settore, migliorare la qualità della forza lavoro e rendere globalmente sicuro l'ambiente

⁵Regola di G. Stalk, T. Hout, tratta da "*Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*" di Giovanni Graziadei

di in cui si opera. Tenendo a mente questo presupposto è necessario operare a livello di responsabilità e doveri lavorativi che verranno revisionati nell'ottica di miglioramento di eliminazione dei Muda.

L'avvio del processo di miglioramento dell'efficienza deve partire con una fase non banale di identificazione degli sprechi. Il riuscire a diventare consapevoli di quali sono le fonti delle inefficienze non è facile. Partire dall'identificazione di micro livelli può aiutare ad individuare dove questi si verificano. Una volta individuati, è necessario andare a sostituire le fonti di spreco con ciò che genera vantaggio competitivo e soddisfazione del cliente. Bisogna però fare attenzione al fatto che non tutte le attività che non generano valore possono essere sostituite a causa di vincoli tecnologici o economici che non permettono di attaccare queste fasi.

Possiamo comunque identificare sette aree di sprechi secondo la classificazione di Taiichi Ohno (**Figura 22**):

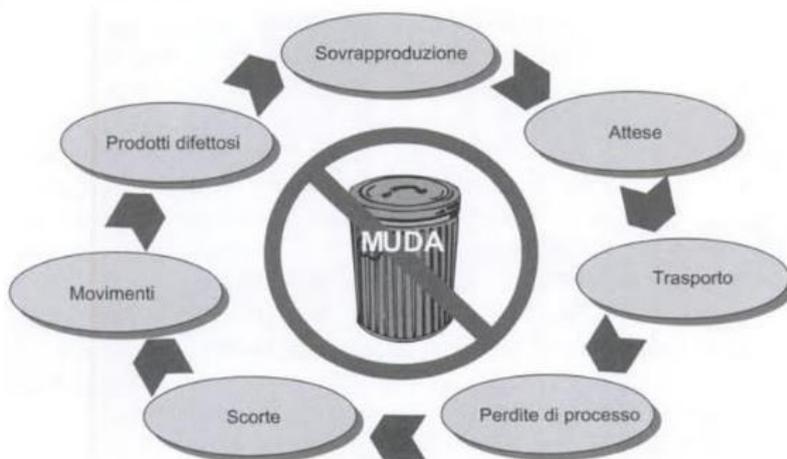


Figura 22. Le sette fonti di spreco

1. *Sovraproduzione*: la produzione di componenti non necessari è origine di sprechi a livello di materiale, manodopera, tempo, attrezzature, spazi per l'immobilizzo eccessivo di scorte non richieste. Le aree di stock hanno bisogno infatti di essere mantenute ed organizzate e ciò va ad incrementare i costi connessi a questa gestione. Per questa ragione la sovrapproduzione è il più insidioso tra gli sprechi poiché genera dei circoli viziosi difficili da scardinare.

2. *Attese*: ritardi generati da fermi del pezzo per un periodo di tempo maggiore del programmato a causa di attesa di materiale, guasto di un attrezzatura, non conformità che necessitano rilavorazioni. I ritardi sono conseguenza dei fermi prolungati i quali causano slittamento del termine di consegna al cliente.
3. *Trasporto*: gli spostamenti di materie prime, semilavorati o prodotti finiti non sono attività a valore aggiunto. Il cliente infatti non è disposto a pagare per questo tipo di processo il quale però è sicuramente di fondamentale importanza per la creazione del prodotto e non può essere eliminato. Si può però monitorare in maniera attenta questa fase per evitare che vi siano trasporti superflui o errati. L'eccessivo numero di movimentazioni, oltre ad una perdita di tempo ingente, causa un rischio più elevato di danneggiamento. Ogni volta che un componente viene trasferito è possibile che si causino delle difettosità.
4. *Perdite di processo*: tutte le lavorazioni non appropriate o costose che non aggiungono valore al prodotto influisce sull'efficienza. L'impiego di risorse seppur costose o qualificate non sempre apporta valore al prodotto e soddisfa le esigenze del cliente. È doveroso evitare queste operazioni identificando in maniera corretta le necessità dell'utente finale.
5. *Scorte*: il materiale stoccato aiuta a garantire un flusso continuo nella produzione e una rapida risposta agli ordini ricevuti o variazioni da parte del cliente. Detto ciò le scorte richiedono una gestione accurata che comporta dei costi. Le scorte superflue sono anche a rischio obsolescenza e nell'ottica lean rappresenta uno spreco. Per queste ragioni il livello di scorte va contenuto in relazione alla reale necessità.
6. *Movimenti*: in questo caso non ci si riferisce alle movimentazione dei prodotti ma ai movimenti degli operatori durante il processo di lavorazione. Il personale effettuando movimenti non necessari causa perdite di tempo e movimentandosi in maniera non corretta rischia anche di incorrere in problemi di incolumità. Ne

deriva la necessità di organizzare il work center in maniera ordinata e ottimale per evitare che si rendano necessari spostamenti superflui o pericolosi.

7. *Prodotti difettosi*: lo scostamento delle caratteristiche del prodotto fabbricato rispetto alla qualità richiesta dal cliente comporta delle rilavorazioni che generano costi extra o degli scarti che comportano sprechi a livello di materiali, tempo, risorse ma soprattutto declassa la reputazione dell'azienda. Infatti non riuscire a raggiungere certi standard qualitativi richiesti intacca sull'opinione pubblica nei confronti delle capacità possedute dall'impresa e per riacquisire la fiducia dei compratori servono ulteriori investimenti.

Il metodo fordista si basava su un concetto di produzione totalmente diverso. Oltre a non prestare attenzione alle inefficienze dovute alle movimentazioni, ai trasporti e ai ritardi aveva come obiettivo principale la consegna celere la quale richiedeva quindi livelli di stock abbondanti. Le scorte di sicurezza ingenti sono fonte di costi di gestione e giacenze che comportano criticità e problematiche a volte difficili da individuare come avarie, mancanza di materiale, difficoltà di produzione o difetti di qualità.

Grazie alla logica lean di riduzione delle scorte questi problemi acquistano trasparenza ed, oltre ad essere identificati, possono essere affrontati per individuarne una soluzione e risolvere i problemi di processo derivanti.

Gli interventi di miglioramento devono essere applicati non solo alla filiera interna ma anche ai flussi esterni comprendenti fornitori, distributori, parti terze e tutti gli attori coinvolti in qualche modo nel processo di ottimizzazione dell'azienda.

2.3. Il JIT: just in time

Il TPS può essere raffigurato come un tempio dove il tetto è l'obiettivo principale da conseguire per far sì che il sistema produttivo funzioni in maniera idonea, secondo i principi del lean manufacturing (**Figura 23**). Al vertice della costruzione vi sono gli obiettivi da raggiungere.

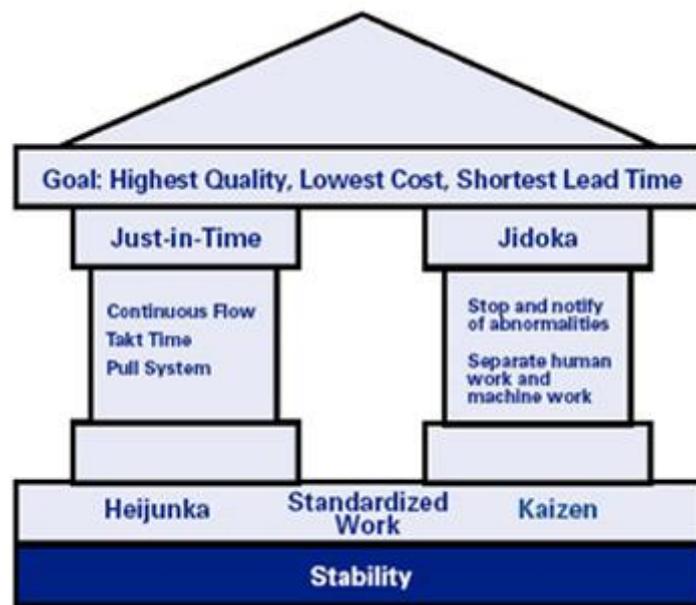


Figura 23. Toyota Production System house

Gli obiettivi riguardano il raggiungimento di una migliore qualità, un abbassamento dei costi e una riduzione del lead time attraverso l'eliminazione degli sprechi. La riduzione del lead time garantisce l'accorciamento della Time Line che è quel periodo di tempo, rappresentabile tramite una linea temporale, che intercorre tra l'ordine del cliente e il momento in cui l'azienda incassa il denaro derivante dalla vendita del bene. Ridurre questo lasso di tempo è interesse sia dell'impresa che del cliente (Figura 24).



Figura 24. Time line

Il tetto della casa è sorretto da due pilastri costituiti dal *Jikoda* (automazione) e dal *Just in Time* (JIT) entrambi volti alla ricerca di un sistema produttivo perfetto con zero difetti (*Jikoda*) e zero ritardi (JIT). *Jikoda* e JIT si consolidano rispettivamente sui principi di fermi di produzione e notifica di eventuali non conformità, separazione del lavoro svolto

dalle risorse umane da quello svolto dalle macchine e di flusso continuo, Takt Time e sistema di progettazione Pull. Le fondamenta della casa che riescono a dare stabilità nel tempo a tutto il sistema sono costituite da: Heijunka, Standard work e Kaizen.

Il JIT è costituito da un insieme di tecniche che hanno lo scopo di impostare il sistema produttivo secondo le richieste del mercato e quindi delle richieste del cliente, prestando attenzione allo stesso tempo all'ottimizzazione dei processi aziendali nell'ottica di una riduzione di lead time per permettere di mantenere una continuità nelle fasi di produzione collegando il più strettamente possibile il mercato al sistema aziendale.

Lo scopo principale concerne nell'eliminazione totale delle giacenze di materiale all'interno dei magazzini: per evitare che si generino stock bisogna programmare la produzione esclusivamente in base alle richieste esterne abbattendo così i costi delle giacenze. In questo modo verrebbero a ridursi anche i tempi di attraversamento dei componenti grazie all'eliminazione delle code a inizio e fine lavorazione.

Questa logica gestionale comporta un asservimento dei centri di lavoro esclusivamente nel momento in cui si richiede una lavorazione partendo dalle richieste generate a valle in logica pull.

Di conseguenza tutti gli spostamenti tra i reparti devono avvenire nel momento in cui sono pianificati, gli ingressi di materiale devono avere luogo poco prima dell'inizio della lavorazione programmata ed infine i prodotti finiti devono lasciare l'area nel momento in cui sono pronti per essere spediti in modo da stanziare il meno possibile nelle zone buffer. Per ottenere un flusso di lavoro di questo tipo si deve abbandonare l'idea fondamentalista di tipo push. Questa metodologia prevede che il processo venga spinto secondo quanto previsto in programmazione, adoperando i magazzini del materiale necessario per asservire la richiesta schedulata in base all'andamento della domanda del cliente. La previsione viene fatta in base agli storici e ai trend relativi ai dati raccolti. Queste schedulazioni quindi è facile che contengano degli errori e non individuino precisamente la produzione richiesta poi nell'effettiva domanda. A causa di questo tipo di programmazione, spinta da monte verso valle tramite sistemi automatici quali l'MRP, si rendono necessarie scorte che vanno ad intasare il flusso dilatando il lead time oltre a impiegare risorse e denaro nella gestione dei magazzini (**Figura 25**).

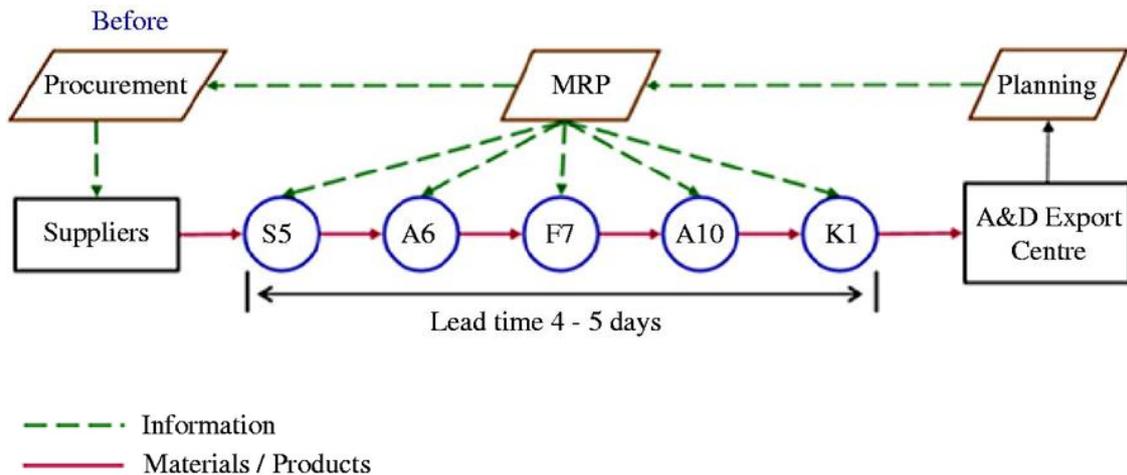


Figura 25. Sistema produttivo push

La logica pull invece, che caratterizza il metodo Just in Time, si fonda sul principio di produzione solo ed esclusivamente in relazione all'avvenuta domanda di mercato. Non si fa quindi una previsione della possibile richiesta, ma la produzione si avvia esclusivamente quando un ordine ha origine allo scopo quindi di soddisfare un bisogno realmente espresso dal mercato. In questa ottica tenere un livello di stock elevato non ha senso ma è importante che ci sia alta flessibilità e rapidità per rispondere in maniera svelta e reattiva quando si origina una richiesta esterna. Questa logica utilizza un metodo di programmazione a ritroso: sono le richieste a valle che determinano gli ordini a monte. La produzione è cadenzata dal fondo della linea che tira a catena le fasi a inizio processo. Grazie a questo modo di pensare il lead time viene ridotto all'osso con maggiore risparmio di sprechi, scorte e tempo.

Il reparto a valle diventa quindi un vero e proprio cliente mentre quello a monte assume funzione di fornitore (**Figure 26**).

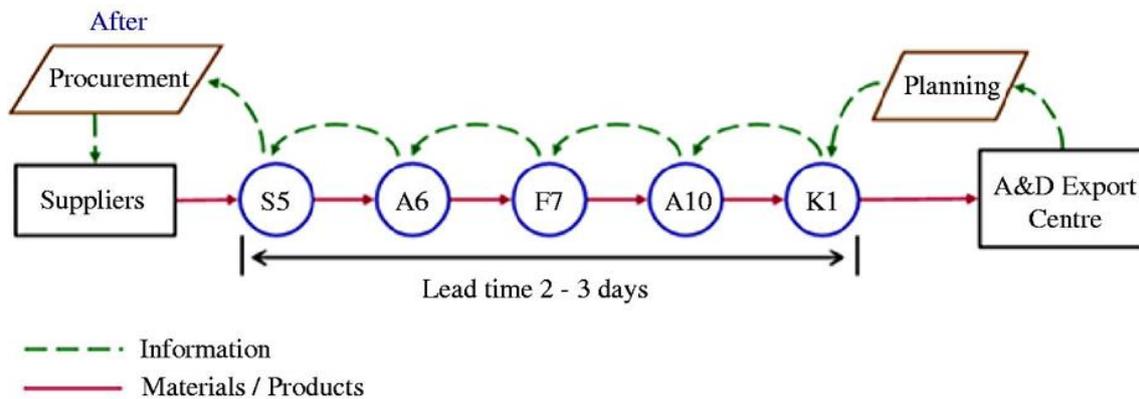


Figura 26. Sistema di produzione push

La capacità viene adeguata alla richiesta creando dei buffer di materiali in grado di soddisfare la quantità richiesta nella fase successiva. Per fare ciò viene utilizzato il *Kanban*: strumento che indica un vero e proprio cartellino (la traduzione giapponese di questa parola è per l'appunto questa). Grazie al Kanban si originano le richieste tra i vari centri e come veri e propri ordini sono fatti risalire sino a monte controllando così la produzione nelle diverse fasi (Figura 27).

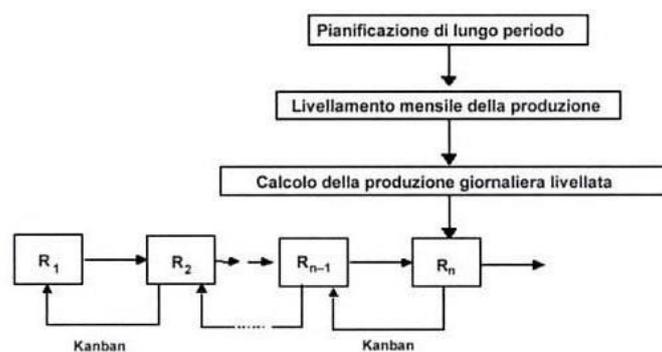


Figura 27. Metodo del kanban

Fondamentale per la riuscita di questo sistema è il rapporto con i fornitori. Il loro ruolo risulta cruciale all'interno della catena di produzione. I fornitori devono collaborare con l'azienda per il rapido approvvigionamento dei materiali necessari nel momento in cui questi vengono richiesti. La partnership stretta e di fiducia tra i due soggetti è quindi indispensabile al fine di riuscire ad implementare correttamente la logica pull. Devono essere pronti anche loro ad adattarsi ai cambiamenti che potrebbero essere richiesti a

seguito delle nuove esigenze di mercato. Essere pronti all'evoluzione in uno scenario di continuo cambiamento è il modo migliore per restare a galla ed essere competitivi.

Oltre alla velocità d'azione è necessario però sempre tenere conto della qualità. La logica pull non deve dimenticare, nell'ottica di riduzione di lead time, la qualità del prodotto fornito. La riduzione del tempo va ricercata non nell'approssimazione, bensì nella riduzione degli sprechi e delle inefficienze.

Il Just in Time prevede quindi che:

- Si produca solo il necessario
- Si produca quando è necessario
- Si produca senza attese e fermi
- Si produca con alta qualità
- Si produca senza sprechi

Questi sono gli obiettivi da tenere conto mentre si realizza un pezzo: il pezzo deve essere Giusto, nel posto Giusto, al momento Giusto, nella quantità Giusta e di qualità Giusta. Questa metodologia è chiamata delle "5G" proprio perché ricerca questi cinque scopi Giusti in linea con l'idea di zero sprechi.

Il JIT in particolare si occupa però del primo obiettivo: evitare la sovrapproduzione tramite la riduzione dei lotti mantenuti costanti nelle quantità prodotte.

L'andamento della catena di produzione deve essere cadenzato, il suo ritmo è dettato dalla frequenza degli ordini e dal tempo di consegna al cliente finale. Questo ritmo è definito con il nome di "*Takt Time*". Questo andamento è espresso da un numero che rappresenta la porzione di tempo entro il quale l'operatore deve concludere la lavorazione all'interno della sua stazione per non generare ritardi e rispettare il tempo di consegna programmato per il cliente.

È il cliente quindi in base alle sue richieste che stabilisce e definisce il ritmo di produzione. Il takt time è esprimibile come il lasso di tempo massimo entro il quale va conclusa l'operazione nel rispetto dei tempi di consegna stabiliti dal cliente. Questo andamento non dipende quindi né dai tempi di lavorazione degli operatori né quello delle macchine: è esclusivamente dettato da colui che ha effettuato l'ordine e dalla disponibilità di tempo derivante dall'organizzazione produttiva.

Per capire meglio come è definibile il takt time diciamo che l'impresa ha necessità in base alla richiesta produttiva di evadere 4 prodotti avendo disponibilità di un solo giorno.

Ponendo che gli operatori lavorino su due turni di 8 ore al giorno il takt time diventa:

$$TAKT TIME = \frac{\text{Tempo totale disponibile}}{\text{Richiesta del cliente}}$$

$$TACK TIME = \frac{\text{Tempo disponibile} = 1gg = 16h = 960 \text{ min}}{\text{Richiesta del cliente} = 4 \text{ macchine}} = 240 \text{ min}$$

Il ritmo produttivo richiede quindi in questo esempio di evadere un ordine ogni 240 minuti.

Il takt time è il tempo per compiere un intero tempo ciclo. Ma cos'è il tempo ciclo? Ne esistono di tre tipi:

- Tempo ciclo dell'operatore: è il tempo totale impiegato dall'operatore per eseguire un ciclo completo di operazioni che competono la sua mansione. Per capire quanti operatori servono a completare un ciclo di lavoro serve impostare il seguente calcolo:

$$NUMERO DI OPERATORI = \frac{\text{Tempo ciclo totale}}{\text{Takt Time}}$$

- Tempo ciclo della macchina: è il tempo totale impiegato dalla macchina per eseguire un ciclo completo di lavorazione
- Tempo ciclo di processo: è il tempo totale impiegato dall'operatore a caricare e scaricare la macchina più il tempo ciclo della macchina.

Il takt time è soggetto a variazioni dipendenti dalle fluttuazioni della domanda in quanto, poiché dipende dal volume prodotto, qualora il volume cali o aumenti allora anche il tempo ciclo subisce delle variazioni. A seguito di una mutazione di questo genere si renderebbe necessaria una riorganizzazione e un ribilanciamento delle attività degli operatori e delle macchine oltre che del numero di scorte e una revisione dei flussi logistici. Una volta calcolato il takt time si deve anche però andare a guardare la durata effettiva delle fasi; qualora queste abbiano un tempo troppo esteso si potrebbero generare delle code e quindi delle attese che graverebbero sul tempo di consegna. È poco opportuno però andare a modificare il takt time per adeguarlo alle problematiche di produzione,

molto più sensato risulta invece andare a lavorare sull'inefficienza attuale rivedendo le operazioni assegnate, suddividendole o facendo più cicli in parallelo per renderle meno prolungate e più fluide. È importante lavorare sulla redistribuzione del lavoro, sulle operazioni standard per garantire una fluidità dell'avanzamento.

Se la durata dell'operazione è inferiore al takt time vi è insaturazione dell'operatore; il soggetto deve aspettare che la fase precedente sia completata e resta in attesa senza compiere alcun lavoro. In questo caso sarebbe utile che l'operatore fosse impiegato a supporto di fasi più critiche oppure a operazioni di solito ritenute "perdite di tempo" come la riorganizzazione e sistemazione dell'area, l'ordine degli spazi e la pulizia del work center. Per fare ciò è di fondamentale importanza riuscire ad individuare quali sono le operazioni più critiche: per fare ciò occorre un'analisi di dettaglio delle micro-attività per visualizzare dove si annidano le problematiche causanti perdite di tempo.

Per rendere più attuabile l'avvicinamento del tempo ciclo a quello calcolato tramite takt time, attraverso una definizione standard dei processi e dei componenti supportando tale operazione con una organizzazione chiara dei ruoli e delle aree di lavoro oltre che da training di lavoro per gli operatori.

Anche il layout dei centri di lavoro deve essere consono a tale logica. La disposizione delle celle operative deve seguire il flusso in modo da agevolare le postazioni e il trasporto del materiale. Le aree non devono essere divise per reparti ma devono posizionarsi in linea seguendo la linea produttiva. In questo modo non solo il flusso dei componenti è favorito, ma anche il flusso informativo può procedere in maniera più scorrevole senza sprechi di tempo o incomprensioni (**Figura 28**).

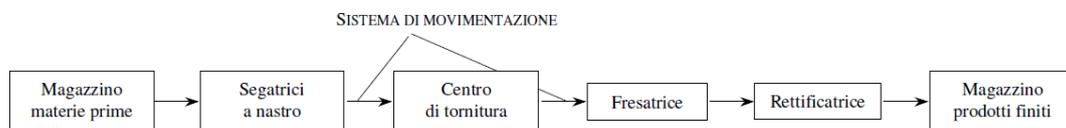


Figura 28. Sistema di produzione in linea

Grazie alla produzione in linea la produttività si hanno diversi vantaggi:

- Giacenze pressoché inesistenti con conseguente riduzione dei costi di gestione e mantenimento dei materiali e delle aree: si processa un pezzo alla volta secondo la logica del *One Piece Flow*

- Alto livello produttivo e velocizzazione dei processi
- I problemi di linea emergono in modo chiaro e rapido consentendo una risoluzione degli stessi in un lasso di tempo ridotto

Si possono però rilevare anche problematiche che possono dipendere da:

- Fermo della linea qualora ci sia un problema in un work center
- Bassa flessibilità al cambiamento: qualora si debba cambiare il ciclo di lavorazione occorre una modifica dell'intero layout che potrebbe generare elevati costi
- Problemi di saturazione della linea causante attese a livello di reparto

Il sistema *One Piece Flow* sopra citato propone l'organizzazione del processo produttivo lungo la linea un pezzo per volta; i componenti attraversano con un flusso produttivo continuo i diversi reparti, un unità alla volta in maniera rapida, organizzata, senza generare code. Produrre a lotti minimi in cui l'unica scorta ammessa è il singolo pezzo, consente un'ottimizzazione anche del tempo di set-up delle macchine che va ad influire sul lead time.

Le linee sono suddivise per tipo di prodotto da realizzare quindi caratterizzate da lavorazioni o processi omogenei. Le famiglie di prodotti seguono una sequenza solitamente disposta per cella (Cell Design). Il Cell Design o Cellular Manufacturing è pensato per realizzare un componente, cellula, attraverso un flusso continuo di materiali necessari alla sua realizzazione il cui scopo è la riduzione del tempo ciclo, dei costi, delle attese e il miglioramento della qualità. Essendo infatti costantemente controllato l'intero processo il rischio di errori o danneggiamenti è ridotto. Questa tecnica organizza le celle in modo tale che ognuna sia in grado di poter realizzare completamente un prodotto dall'inizio alla fine. Le macchine stesse sono posizionate in modo da sostenere questo andamento che consente di ridurre al minimo anche i trasporti e le distanze tra i centri operativi. Non vi sono all'interno della cella dei buffer e ciò obbliga a rendere il flusso sincronizzato e continuo. Se le parti non si coordinano la linea si ferma.

I volumi che si possono realizzare con questa organizzazione sono ampiamente maggiori e ciò giustifica il costo maggiore di un numero elevato di linee dedicata ognuna a una famiglia di prodotti. Le famiglie possono essere raggruppate in base al tipo di lavorazione o di tecnologia impiegata. La linea dovrà riuscire a lavorare più di un prodotto per

famiglia per essere sostenibile e richiederà quindi un certo grado di flessibilità.

L'operatore con questa configurazione può gestire più stazioni seguendo il ritmo di produzione. I vantaggi derivanti dalla molteplice gestione di macchinari comporta:

- Maggior grado di responsabilità sull'operatore
- Riduzione del numero di personale dedicato alla linea
- Maggiore qualità derivante dal grado di responsabilità del soggetto sulla cella
- Riduzione di errori

Per implementare questo tipo di organizzazione è necessario in primo luogo organizzare i prodotti realizzati in famiglie che siano accumulate da processi di lavorazione analoghi guardando anche l'articolazione dei trasporti necessari.

Una volta individuate le famiglie si passa si deve valutare il numero e l'organizzazione delle celle. Importante è valutare tale disposizione tenendo conto dei vincoli strutturali dovuti al layout dell'ambiente che si ha a disposizione. Bisogna ottimizzare gli spazi ed organizzare anche le aree dedicate agli utensili necessari per le lavorazioni oltre alle zone di ingresso delle materie prime e di uscita dei prodotti finiti. Conseguentemente si deve calcolare quale può essere la produttività della linea e il limite di takt time applicabile. Infine per una completa implementazione occorre che il personale dedicato alle linee venga formato in modo che riesca a operare secondo la stessa logica. Gli operatori sono infatti il perno cardine affinché si riesca ad attuare questo tipo di ciclo produttivo.

Differente è invece il sistema di organizzazione per processo o reparti in cui il layout è suddiviso in base ai tipi di macchine. Tutte le macchine all'interno di un'area effettuano la medesima lavorazione. Il materiale, una volta finita una lavorazione all'interno del reparto, esce da questo ed entra in una diversa area per essere sottoposto al ciclo successivo. L'officina è quindi ripartita in zone in base alle differenti tipologie di macchine che vi sono inserite internamente. I tempi di lavorazione delle macchine all'interno della stessa area possono anche essere diverse ma la tipologia di lavorazione è la medesima. I componenti lavorati nell'area sono i più disparati. La lavorazione del pezzo è reimpostata ogni volta che questo viene caricato nella stazione. Anche il tipo di utensile può mutare. Questo comporta inevitabilmente dei tempi di settaggio più dilatati. Il flusso dei materiali è quindi intermittente poiché una volta che il componente arriva nel reparto deve sostare in zone buffer nell'attesa di essere lavorato, lo stesso avviene quando questo è scaricato dalla macchina ed attende di passare alla lavorazione successiva.

Il flusso intermittente genera inevitabilmente delle attese che possiamo tradurre come sprechi. È importante perciò che si riducano al massimo, per quanto possibile, i tempi di non lavoro delle macchine; bisogna fare in modo che queste vengano saturate attraverso un diagramma di carico ben concepito e studiato (**Figura 29**).

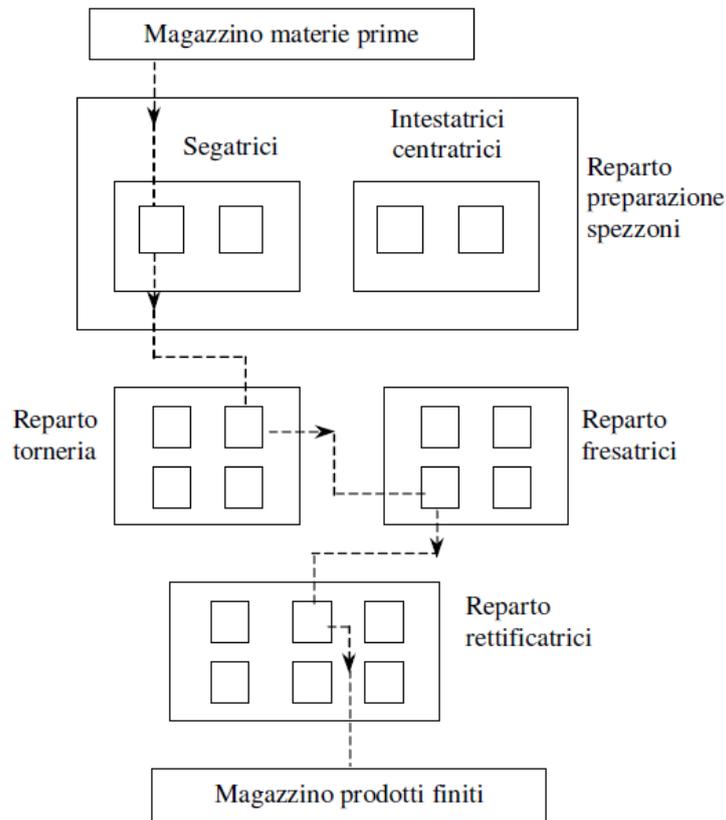


Figura 29. Sistema di produzione per reparti

2.4. Kaizen

La parola *Kaizen* deriva dal giapponese ed etimologicamente è l'unione di due termini: *Kai* che in giapponese significa cambiamento e *Zen* che significa bene quindi cambiamento in bene. La metodologia Kaizen si propone infatti di apportare un cambiamento volto al miglioramento che sia continuo e graduale. Ci si deve spostare “a piccoli passi” ma in maniera duratura per fare in modo da sostenere le modifiche apportate al processo e ricercarne di nuove con attenzione alla creazione di valore. Il kaizen serve per sostenere e al contempo non rimanere indietro ma avanzare con attenzione verso i

mutamenti di mercato.

Potremmo quindi pensare che si tratti di un processo di innovazione, ma non è così. Non dobbiamo confondere i due termini. L'innovazione è un cambiamento brusco, repentino verso qualcosa di completamente nuovo. Non è un cambiamento graduale, a piccoli passi, ma un salto alto. Inoltre per sostenere l'innovazione sono necessari lunghi periodi di implementazione per accogliere una novità di grande portata che arriva a stravolgere i sistemi tradizionali dell'impresa. Necessari anche per la realizzazione di un cambiamento innovativo sono gli investimenti: devono essere solitamente ingenti a differenza di quelli richiesti per un miglioramento graduale.

Il mutamento piccolo e continuo consente di limitare le risorse richieste per la sua attuazione ed inoltre permette di trovare soluzioni più efficaci e comuni. Mentre l'innovazione avviene senza un ampio coinvolgimento degli attori sui quali avrà impatto, il cambiamento ridotto per essere attuato necessita che molti attori partecipino attivamente a realizzare il cambiamento.

Se il kaizen richiama quindi il mutamento graduale a piccoli passi ma continuo e permanente, l'innovazione richiede invece uno stravolgimento prorompente, immediato che deve avvenire nel breve termine ed essere improvviso. Gli effetti del primo metodo si vedono nel tempo ma sono duraturi e il cambiamento è graduale e costante, con l'innovazione invece l'arrivo della novità ha effetto immediato e va quasi a stravolgere il sistema attuale.

Tuttavia i due aspetti non possono risultare utili se vengono scissi. Esiste una connessione tra le due tecniche poiché solo se utilizzate insieme risultano efficaci ai fini aziendali **(Figura 30)**.

Le innovazioni che rivoluzionano i settori possono essere vantaggiose solo nel momento in cui vengono mantenute nel tempo con miglioramenti continui e gradualmente.

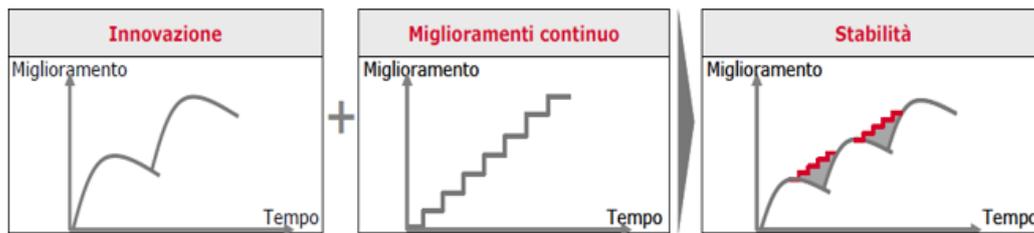


Figura 30. Innovazione e Kaizen

Dobbiamo aggiungere però che, affinché il cambiamento apportato a piccoli passi risulti duraturo e apporti miglioramenti sostenibili nel tempo, sono necessari degli standard che impongano dei vincoli tali per cui si riesca ad evitare una recessione rispetto ai passi avanti conquistati rendendo vani gli sforzi fatti sino a quel momento.

Attraverso la metodologia lean, come già esplicitato precedentemente, si possono raggiungere risultati nell'immediato come:

- Riduzione del lead time
- Riduzione degli stock
- Taglio dei costi grazie alla riduzione degli sprechi
- Aumento della produttività
- Aumento della sicurezza

Ricercando continuamente nuove miglitorie da apportare e ulteriori difetti da limare si può puntare ad ottenere nel tempo e con operazioni costanti obiettivi che tendono all'efficienza assoluta di tutto il processo produttivo.

Terminato l'allineamento la produttività sale generando benefici economici notevoli grazie soprattutto all'abbassamento del numero di errore e dei tempi morti. Le criticità rimanenti per il metodo kaizen non sono da considerarsi un problema anzi sono uno spunto per iniziare a ragionare e trovare soluzioni al problema; il fatto di riuscire a individuarle è già un grande punto di partenza. Queste sono il punto da cui partire per migliorare il processo.

Per raggiungere il vero miglioramento però è necessario coinvolgere tutte le risorse partendo specialmente da quelle poste al livello più basso ovvero quelle direttamente coinvolte nella produzione. Senza l'applicazione degli operatori stessi che impiegano le loro forze verso questi scopi non si arriva a nessun risultato, sono loro gli artefici del

miglioramento produttivo per questa ragione devono essere motivati e coinvolti nel cambiamento. È importante che si crei un legame di collaborazione stretta tra le diverse cariche. Solo condividendo i principi e gli obiettivi verso cui si è volti si può auspicare di raggiungere i risultati. Anche le routine e i metodi di lavoro andranno stravolti al fine di abbracciare una nuova filosofia che sarà senza dubbio lenta da essere applicata e implementata nel sistema ma che, a lungo andare, porterà i frutti all'interno dell'azienda. I problemi dovranno evidenziarsi facilmente e sotto suggerimento dei dipendenti stessi che sono parte attiva nella risoluzione degli stessi e nella riduzione degli sprechi.

3. ANALISI DELLA LOGISTICA ATTUALE

3.1 L'area heavy parts

Nella sede di Parma le aree addette alla produzione si trovano all'interno dello stesso capannone indicato dal totem in figura (Figura 31).



Figura 31. Stabilimento e reparti

Possiamo identificare due aree principali all'interno della costruzione: la prima addetta alla realizzazione di componenti leggeri (area light parts) contraddistinti per dimensione, lavorazione e peso. La seconda invece riguarda la realizzazione dei componenti pesanti (area heavy parts) classificabili nello specifico in due macro famiglie: caroselli e serbatoi. Tra le due aree è situato al centro anche il magazzino in cui vengono raccolti tutti i componenti che sono ordinati esternamente.

All'interno della medesima struttura è presente anche l'area di premontaggio in cui

avvengono le lavorazioni di composizione tra differenti componenti al fine di realizzare blocchi finiti della macchina i quali verranno composti definitivamente tra loro in assemblaggio finale. L'area dedicata all'assemblaggio finale è situata alle spalle del manufacturing. Tra le due strutture è presente lo stabilimento di Gebo. Qui vengono realizzate tutte le macchine per la pallettizzazione e l'imballaggio delle bottiglie. Nello stesso stabilimento è inserita anche l'area di testing dove vengono effettuate simulazioni e prove. Infine è presente anche un'area dedicata alla ricerca e sviluppo; questo centro è fondamentale ai fini dell'ricerca dell'azienda per poter restare competitiva e aggiornata sui trend di mercato e sulle nuove richieste che da questo emergono.

Ritornando all'area manufacturing dove si è concentrato il mio studio, prendiamo in esame unicamente i centri dell'area heavy parts includendo l'area di taglio che è comune alle lavorazioni pesanti e leggere (**Figura 32**).

L'area è organizzata per reparti ed è strutturata secondo una disposizione che ricopre in maniera omogenea tutto lo spazio a disposizione. Dobbiamo puntualizzare che le movimentazioni dei materiali all'interno di questi spazi sono particolarmente critiche per ingombri e peso trasportato.



Figura 32. Layout dell'area heavy parts.

3.2 Presentazione della problematica

L'esigenza per Sidel di andare ad analizzare il flusso interno dei componenti nell'area heavy parts, nasce dalle segnalazioni provenienti dagli operatori e dal reparto sicurezza in relazione alla movimentazione a rotaia. Questo mezzo di trasporto consente di movimentare i componenti più pesanti sino ad un massimo di 12 tonnellate tra i diversi centri di lavoro. In altro modo questi componenti non riuscirebbero a essere spostati poiché i carroponti non riescono a trasportare i pezzi trasversalmente all'area in cui sono installati (la direzione di movimentazione dei carroponti è indicata con le frecce gialle in figura) e i muletti non possono sollevare pesi superiori ai 50 quintali. L'azienda potrebbe supportare queste movimentazioni in maniera alternativa avvalendosi delle gru di cui dispone che sono in grado di sollevare materiali di peso superiore, le quali però non possono accedere a spazi chiusi durante le ore in cui sono presenti gli operatori (dalle ore 06:00 alle ore 20:00) per problemi di inquinamento, essendo questi dispositivi a combustione e non elettrici. Il sistema a rotaia ovvia questo problema consentendo la movimentazione dei pezzi lungo il corridoio che attraversa i reparti. Il percorso dei binari è indicato dalle linee rosse riportate (**Figura 33**).

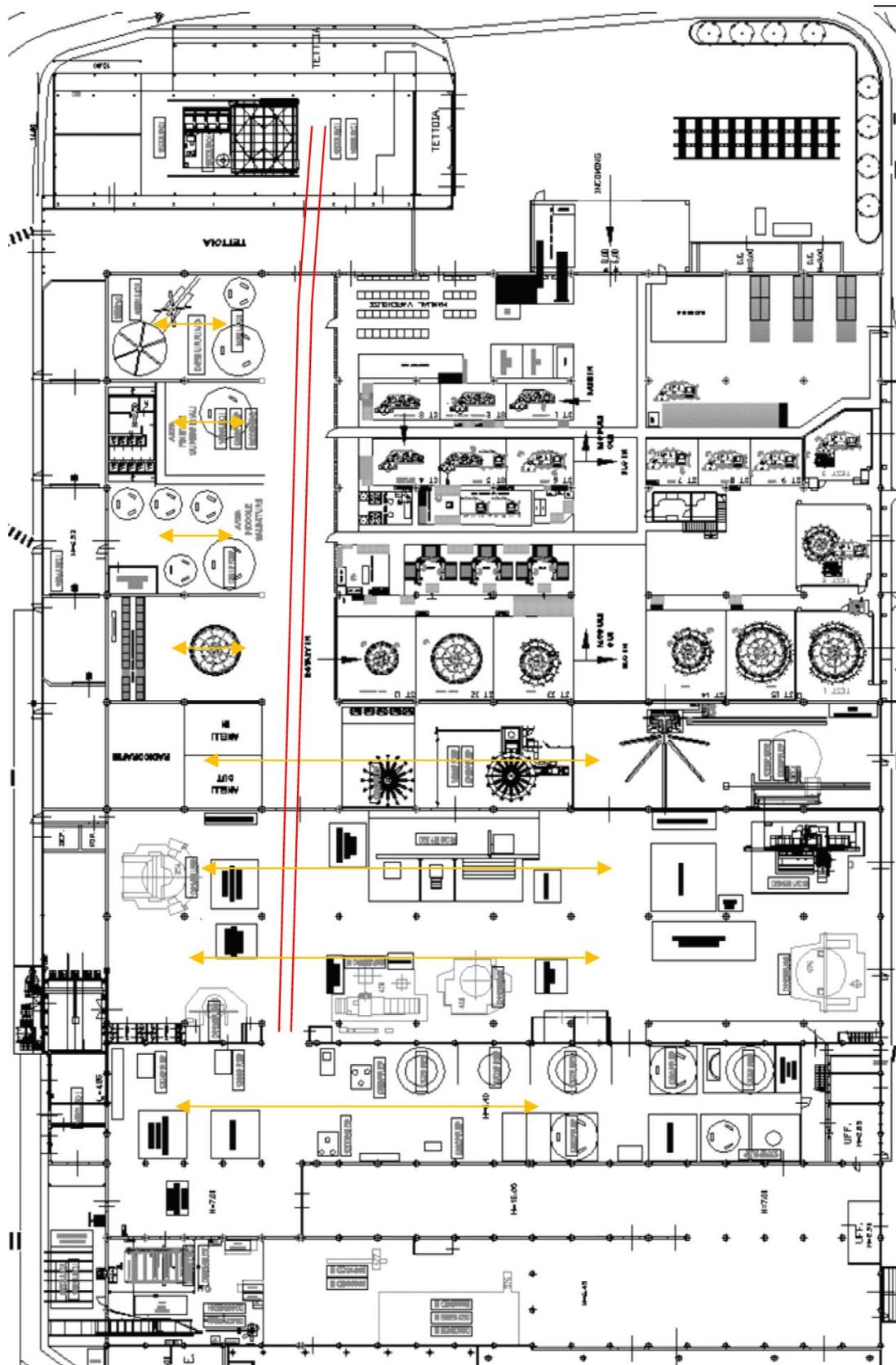


Figura 33. Layout dell'area con evidenza delle rotaie

Il motivo per il quale il sistema a rotaia (Figura 34) necessita di essere rimpiazzato è relativo al fatto che questa attrezzatura risulta ormai obsoleta, non pratica ed inoltre, negli anni, ha causato diversi problemi di sicurezza relativi ad infortuni verificatisi a causa dai binari, fonte di inciampi e distorsioni. Il problema è stato sollevato e portato alla luce dal Safety Pillar esposto nel 2014 a seguito del quale si sono effettuate analisi preliminari relativi al seguente trasposto.



Figura 34. Sistema a rotaia attuale

Partendo dal seguente problema si è quindi voluta trovare una soluzione che andasse a sostituire il sistema attuale nell'ottica di risolvere i problemi legati alla sicurezza e che al contempo fosse in grado di ottimizzare i flussi ed efficientare il processo di material handling.

Il problema è stato affrontato tramite tre fasi di analisi: inizialmente si è andati ad indagare il flusso teorico dei materiali. Il lavoro è iniziando con l'individuazione preliminare dei componenti realizzati nell'area al fine di identificare i principali componenti realizzati nell'area coinvolti nel processo di movimentazione. Su di essi si è guardato il ciclo di lavorazione e il numero di movimentazioni subite da questi ultimi durante il ciclo produttivo. Una volta individuate le fasi di lavorazione e le conseguenti manipolazioni dei componenti si è guardato sempre a livello teorico quando fosse l'incidenza stimata del tempo di trasporto sui cicli di produzione considerati.

Una volta studiato il caso a livello teorico si è voluta analizzare la situazione reale tramite osservazioni dirette per confutare come avvenisse nel dettaglio la fase di trasposto e l'incidenza della movimentazione a livello di lead time sul ciclo di vita dei componenti e parallelamente indagare in modo ravvicinato il processo per individuare in maniera chiara

e diretta eventuali muda a livello di gestione dei materiali.

Lo scopo del progetto è stato rivolto infine alla ricerca di una soluzione pragmatica e alternativa alla rotaia in grado di ridurre il Lead Time di produzione, i costi di processo, i muda e i problemi di sicurezza.

3.2.1. Classificazione degli items e diagramma P,Q

Per poter ottimizzare i flussi e trovare una soluzione innovativa che sostituisca il sistema attuale e migliori il flusso dei componenti, è stato subito necessario andare a studiare quali fossero le movimentazioni all'interno dell'area considerata. Partendo quindi dall'analisi teorica del flusso, è da puntualizzare che Sidel è un'impresa che lavora su commessa attraverso una relazione B2B (Business to Business). Le macchine realizzate non sono pertanto prodotti lavorati in serie, con cicli di lavoro standard ma necessitano di una customizzazione ad hoc per il cliente. Il mercato richiede prodotti sempre più personalizzati ed adatti alle esigenze e alle dimensioni dell'impresa. Sidel cerca di avvicinarsi il più possibile al cliente instaurando un rapporto di collaborazione per andare a cogliere quelle che sono le esigenze dell'impresa collaborante oltre a quelle del consumatore finale in un'ottica di innovazione e progresso in linea con i trend del mercato.

Ricordando che il core business dello stabilimento di Parma riguarda la realizzazione di macchine riempitrici, possiamo selezionare come prodotti dominanti realizzati nell'area heavy parts il carosello ed il serbatoio.

Sono in realtà presenti lavorazioni di altri componenti soprattutto negli ultimi tempi durante i quali gli studi di *make or buy* stanno spostando la strategia aziendale all'internalizzazione di diversi pezzi a valore aggiunto che sono in fase di testing.

Nella stessa area inoltre transitano per piccole lavorazioni anche componenti derivanti dall'area light part che non considereremo per questa analisi iniziale.

Studiando le due macro famiglie dei caroselli e dei serbatoio dobbiamo analizzare le diverse tipologie di questi pezzi per capire quali prodotti sono realizzati in quest'area. C'è da precisare che i serbatoi vengono montati poi sui caroselli per andare a formare la riempitrice che viene assemblata nell'area di montaggio.

I componenti possono essere classificati in base al tipo di materiale imbottigliato:

- Plastica (PET)
- Vetro
- Lattine

Per tipologia di liquido trattato:

- Macchine di trattamento di liquidi gasati
- Macchine di trattamento di liquidi lisci
- Macchine astatiche per bevande quali latte
- Astatiche per imbottigliamento di succhi, tea
- Macchine per imbottigliamento di prodotti per la casa, cura personale e cibo
- Macchine per imbottigliamento di vino, birra e bevande alcoliche

Per geometria ovvero per dimensione del diametro primitivo:

- Taglia piccola per filler con d.p.1080, 1440, 1800 la cui struttura è composta da flange ed anelli ricavati interamente da taglio ad acqua
- Taglia media per filler con d.p.2160, 2520, 2700, 2880, 3240
- Taglia grande per filler con d.p.3600,3920,4320,5040,5760,6480 che presentano dei tubolari di rinforzo sulla struttura.

In base alla seguente classificazione degli impianti si è deciso di andare ad indagare i volumi di vendita registrati nell'ultimo anno, ovvero dal 1 gennaio 2016 al 31 dicembre 2017. Questa analisi è stata fatta per individuare quali fossero gli impianti realizzati in quantità maggiori. Nel database sono riportati la data di vendita, il tipo di macchina, la famiglia di macchina, il plant di produzione, il numero di valvole, il diametro primitivo, ecc. (Tabella 1).

10-gen		PROGRAMMA GENERALE DI PRODUZIONE MACCHINE ROTANTI FAT 2017													
DIAMETRO PRIMITIVO	D.I.	VBS DLR	VBS	DESCRIZIONE	CLIENTE	MONTAGGI	DATA D.I.	DATA K.O.M.	COMB. CONT.	COMB. PRES.	TIPO VBS	MESE KOM	MESE CONR	ANNO CHIUSURA	ANNO KOM
2160	E1.000309		E1.000309 EXML01LAE SC	DRY IN DRY OUT	OCTEVILLE	SIDEL						1	5	2017	1900
1440	E1.000245	RFH0098	E1.000245 EXMF01FIRFH SF SRFH300098	Fila 40V15K p.113	Malle Group Public Co. Ltd- Thailand	SIDEL	07-mag-16	12-ago-17	24-ago-17	24-ago-17	RFH	7	3	2017	2016
1440	E1.000297	RFH0099	E1.000297 EXMF01FIRFH SF SRFH300099	Fma 30/10 K pitch 113 mm Combi Predis Capdis	PANASIA LTD (RANONA FACTORY) Igera	SIDEL	06-ott-16	19-ott-16	16-mar-17	06-apr-17	RFH	10	4	2017	2016
1080	E1.000300	RFH0100	E1.000300 EXMF01FIRFH SF SRFH300100	Fma 30/10 K pitch 113 mm Combi Predis Capdis	Forte di Vinadio S.p.A. - SAINT ANNA ITALIA	SIDEL	19-ott-17	25-ott-16	03-mag-17	21-apr-17	RFH	10	4	2017	2016
1080	E1.000312	RFH0101	E1.000312 EXMF01FIRFH SF SRFH300101	Fma 70/20 K pitch 113 mm Combi Predis capdis	Sucoos Prat (Agro Pralinha) Brasil	SIDEL		30-nov-16	01-giu-17	21-ago-17	RFH	11	6	2017	2016
2520	E1.000306	RFH0102	E1.000306 EXMF01FIRFH SF SRFH300102	Fma 100/30 K pitch 113 mm Combi capwet	Henan Zhongwei Industry Co. Ltd- CHINA	SIDEL	10-ott-16	09-nov-16	02-ago-17	06-ago-17	RFH	11	7	2017	2016
3600	E1.000335	RFH0103	E1.000335 EXMF01FIRFH SF SRFH300103	Fma 100/30 K p.113 mm Combi Predis Capdis	Hebei Yida Dairy Limited liability company - CHINA	SIDEL	04-gen-17	12-gen-17	26-ago-17	04-ago-17	RFH	1	8	2017	2017
3600	E1.000363	RFH0104	E1.000363 EXMF01FIRFH SF SRFH300104	Sensofill Fma 42/12k p.188 BS 7	Industries Lassonde - CANADA	SIDEL	09-mar-17	10-mar-17	04-ott-17	11-ott-17	RFH	3	10	2017	2017
2160	E1.000361	RFH0105	E1.000361 EXMF01FIRFH SF SRFH300105	Fma 56/16 K p.141 mm Combi Predis Capdis	Frieslandcampina Professional N.V.-BELGIUM	SIDEL	22-feb-17	09-mar-17	27-gen-17	05-ott-17	RFH	3	10	2017	2017
2520	E1.000374	RFH0106	E1.000374 EXMF01FIRFH SF SRFH300106	Fma 40/15 K p.113 mm Combi Capdis	BEFRESCO BEVERAGES UK LIMITED	ADR66 2004090	20-mar-17	27-mar-17	15-ago-17	02-ago-17					
1440	E1.000378	RFH0107	E1.000378 EXMF01FIRFH SF SRFH300107	Sensofill Fma 100/30K p.113 BS 13 in COMBI CAPWET	ZHANJIANG HUANLEJIA FOOD CO. - CHINA	SIDEL	03-apr-17	06-apr-17	07-gen-17	23-ago-17	RFH	4	9	2017	2017

Conteggio di Data	Etichette di colonna			Totale complessivo	
Etichette di riga	RFH	RMB	RMC		
Gruppo1		15,38%	0,00%	10,26%	25,64%
Gruppo2		10,26%	15,38%	23,08%	48,72%
Gruppo3		5,13%	15,38%	5,13%	25,64%
Totale complessivo		30,77%	30,77%	38,46%	100,00%

Tabella 1. Volumi di vendita dei tre componenti selezionati

Partendo da questa base di dati si è voluto rappresentare i dati attraverso un diagramma P, Q. Grazie a questa rappresentazione si riescono ad individuare in maniera chiara ed immediata quali siano le tipologie di prodotti realizzati e quali le quantità vendute per ciascun tipo di macchina (**Tabella 2**). Grazie al foglio prodotto-quantità è possibile classificare la tipologia di l'azienda con la quale stiamo trattando valutandone il portafoglio prodotti e la sua vastità: più il portafoglio è ampio più la gestione dei componenti e della loro realizzazione diventa complicata.

I dati sono stati analizzati tramite un grafico a barre che relaziona le macro famiglie di macchine cioè le tipologie di linee classificate per tipo di prodotto che imbottigliano e non per dimensione, con i volumi di vendita espressi in questo caso in percentuale.

Il Pareto dovrebbe evidenziare su quali principali prodotti l'azienda concentra il suo fatturato e quanti segmenti vi sono a livello produttivo.

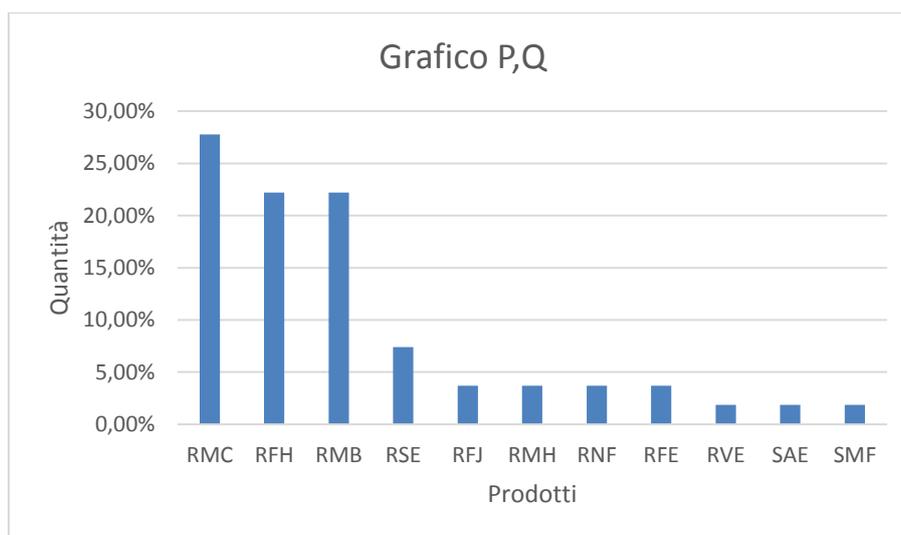


Tabella 2. Grafico P, Q

Come si può osservare le macchine realizzate quest'anno registrano 11 differenti modelli che si differenziano per tipologia di liquido imbottigliato e materiale della bottiglia da riempire.

Come possiamo notare però vi è alta disparità di quantità prodotte. Le macchine maggiormente richieste dal mercato sono l'RMC, macchina per il riempimento di liquidi lisci, l'RFH, macchina per il riempimento di liquidi asettici, e l'RMB, macchina per il riempimento di liquidi gasati. Tutte e tre le macchine servono a contenere il liquido entro contenitori in PET. Le altre tipologie costituiscono, aggregando i volumi di tutte le restanti macchine riempitrici, solo il 28% dei volumi di vendita complessivi.

Dalla disposizione dei prodotti nell'istogramma in ordine decrescente rispetto alle quantità, notiamo come venga a crearsi un ramo di iperbole equilatera. La rapidità della curva che verrebbe a crearsi in base all'andamento degli istogrammi sarebbe però piuttosto ripida. La disparità dei volumi tra le prime tre famiglie di prodotti e le restanti otto è segnato da un alto gradino. Questo dislivello sottolinea la disparità di richieste dei diversi prodotti a livello di mercato. Poche tipologie di macchine, per la precisione le tre nominate, realizzano un volume di produzione pari a circa il 75% dei volumi complessivi (Tabella 3).

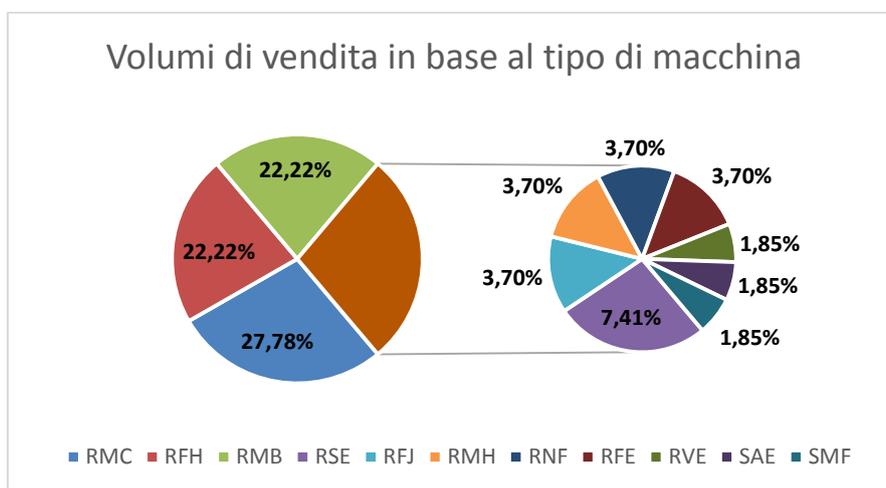


Tabella 3. Grafico a torta relativo ai volumi di vendita e al tipo di macchina

Dato un classico andamento del diagramma P, Q a iperbole sappiamo che è possibile

individuare tre zone del grafico⁶ le quali si differenziano per gestione e organizzazione del ciclo produttivo in relazione appunto ai diversi livelli di quantità e tipologie di prodotti che vanno a costituire le tre aree (**Figura 35**).

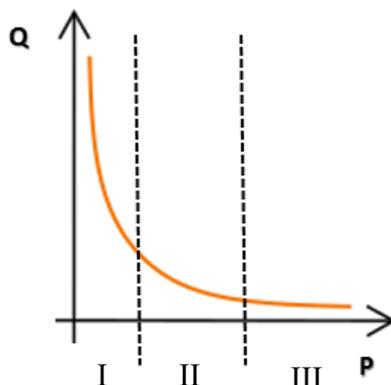


Figura 35. Rappresentazione teorica del diagramma P, Q

In base alle tre zone in cui la curva viene ripartita è opportuno strutturare un tipo di layout differente.

Nella *zona I* sarebbe opportuno avere un layout di linea. I prodotti realizzati sono pochi e vengono prodotti in ampi volumi. Queste caratteristiche richiedono pertanto una disposizione delle macchine secondo la sequenza di lavorazione per permettere un più rapido flusso dei materiali e delle informazioni come spiegato in precedenza. L'assenza di magazzini garantirebbe un lavoro più fluido e una riduzione ingente degli sprechi anche se dobbiamo sottolineare la rigidità di questa struttura che inficia la flessibilità del mercato. Volendo infatti andare a cambiare tipologia di macchina realizzata sulla linea sarebbe necessario andare a destrutturare quella esistente con conseguenti alti costi di re-layout.

Nella *zona II* sarebbe richiesto un layout di tipo misto o a celle che di natura è simile al layout di linea ma a differenza di quest'ultimo non lavora un singolo prodotto bensì una famiglia di prodotti che possono essere raggruppati in base a caratteristiche di progetto comuni o caratteristiche di lavorazione comuni. Nel primo caso i prodotti sono accumulati da caratteristiche fisiche simili: quindi geometria, dimensione o peso). Nel

⁶ "Progettazione e gestione degli impianti industriali" di Falcone Domenico e De Felice Fabio

secondo caso invece i prodotti sono simili per il fatto che sono sottoposti a tipologie di lavorazione analoghe.

Nella *zona III* sono presenti molteplici prodotti realizzati in quantità moderate i quali richiedono un tipo di layout per reparti. Solitamente si utilizza questo tipo di configurazione quando l'azienda lavora per commessa, come nel nostro caso. In questo modo la sistemazione delle macchine in reparti garantisce più flessibilità di lavorazione poiché riesce a gestire un catalogo di prodotti altamente variegato e la sequenza di lavorazione può cambiare senza creare problemi in relazione al pezzo che si vuole realizzare. La rotazione dei materiali però è bassa, i flussi sono lenti e la generazione di muda elevata. I costi di manodopera altamente specializzata sono alti ma non sono richiesti presumibilmente costi di relay layout in futuro.

Secondo quanto descritto poiché il grafico da noi rappresentato presenta un andamento ripido, sarebbe conveniente suddividere i prodotti e le aree di produzione in due aree con layout diversi: in un'area lavorare in linea per la realizzazione dei caroselli RMB, RMC e RFH mentre per tutti gli altri continuare a mantenere un layout organizzato in reparti. La soluzione a reparti adottata nell'area di manufacturing non permette un metodo di lavoro lineare e una dinamicità dei flussi come espresso in precedenza secondo quanto riportato e descritto dalla logica lean. Questo metodo di collocazione delle macchine aumenta infatti i tragitti da percorrere: le distanze vengono ampliate e i tempi derivanti dagli spostamenti si dilatano creando attese e quindi muda. È immediato notare come la collocazione dei centri non segua una logica ottimale nella riduzione dei tempi morti e nell'efficienza produttiva generale.

Le fasi di lavorazione, seppur raggruppabili in macro famiglie con fasi di lavorazione simili tra i caroselli indicati, non trovano poi un riscontro applicativo a livello di layout dell'area. Sarebbe infatti impossibile creare delle linee di lavoro per tutti i cicli produttivi realizzati in Sidel. Il numero di componenti prodotti è di numero talmente elevato che risulterebbe impossibile lavorare secondo questa organizzazione. La tipologia di componenti oltre a variare per tipo di macchina cambia anche a seconda delle dimensioni di quest'ultima. Dobbiamo poi ricordare che alcune macchine sono state omesse perché vengono richieste più raramente: ad esempio le macchine per l'imbottigliamento delle lattine (RSE) o le alettiche destinate all'imbottigliamento di prodotti energizzanti (RFJ). Ed inoltre le scelte di *make or buy* come accennato precedentemente stanno rendendo

interne lavorazioni che prima non venivano fabbricate da questo stabilimento. Quindi per andare in contro alle richieste del cliente che devono essere personalizzate e customizzabili e per poter produrre anche nuovi componenti senza stravolgere il layout di linea ogni volta, il sistema di ubicazioni a reparti risulta essere fondamentale e insostituibile.

Il grande numero di prodotti non consente infatti di organizzare l'intera area in linee anche se sarebbe opportuno valutare di dedicare almeno tre linee per caroselli RFH, RMB ed RMC. In questo modo si potrebbe accelerare notevolmente il processo almeno per questi tre prodotti che di per se costituiscono da soli circa il 75% dei volumi di vendita.

Bisogna tenere conto però che all'interno queste famiglie trovano molteplicità di dimensioni che non possono essere lavorate sulle medesime macchine per cui risulta particolarmente difficile standardizzare le lavorazioni su un'unica sequenza di lavorazione. Ogni dimensione del pezzo richiede di essere lavorato su una certa macchina. Non tutte le macchine utensili, seppur siano in grado di eseguire le medesime lavorazioni, consentono il piazzamento di certi diametri. In base alla dimensione lavorata infatti è necessario utilizzare una macchina anziché un'altra. In questo modo si rende impossibile eseguire un ciclo standard in linea per una famiglia di componenti. Apparirebbe quindi che il layout attuale organizzato per reparti possa essere l'unica soluzione plausibile per la tipologia di azienda che stiamo trattando.

Partendo da questa analisi appare evidente che la soluzione in linea non sia quindi applicabile al caso in esame. L'unica soluzione di ottimizzazione dei flussi presa in considerazione nella nostra analisi è quindi stata quella riguardante non tanto un cambiamento degli spazi a livello di layout quanto più una sostituzione di trasporto che riesca ad ottimizzare i tempi di movimentazione riducendo gli sprechi e migliorando la gestione delle risorse. Per valutare quanto incide ad oggi il tempo di trasporto dei componenti a livello di lead time, si è guardata la distinta base e successivamente il ciclo di lavorazione dei componenti appena selezionati. Si è voluto andare ad indagare nel particolare queste tre tipologie di riempitrici che vanno a costituire la maggior parte dei flussi presenti nell'area per poter valutare quanto tempo è impiegato in lavoro a non valore aggiunto. Dato che questi tre macro gruppi di caroselli contengono al loro interno prodotti differenti suddivisi per taglia ovvero per dimensione del diametro primitivo, si è andati a guardare quale prodotto in particolare analizzare in base alle quantità prodotte

rispetto al tipo di taglia realizzata per tipologia di carosello: RMB, RMC ed RFH (**Tabella 4**) (**Tabella 5**).

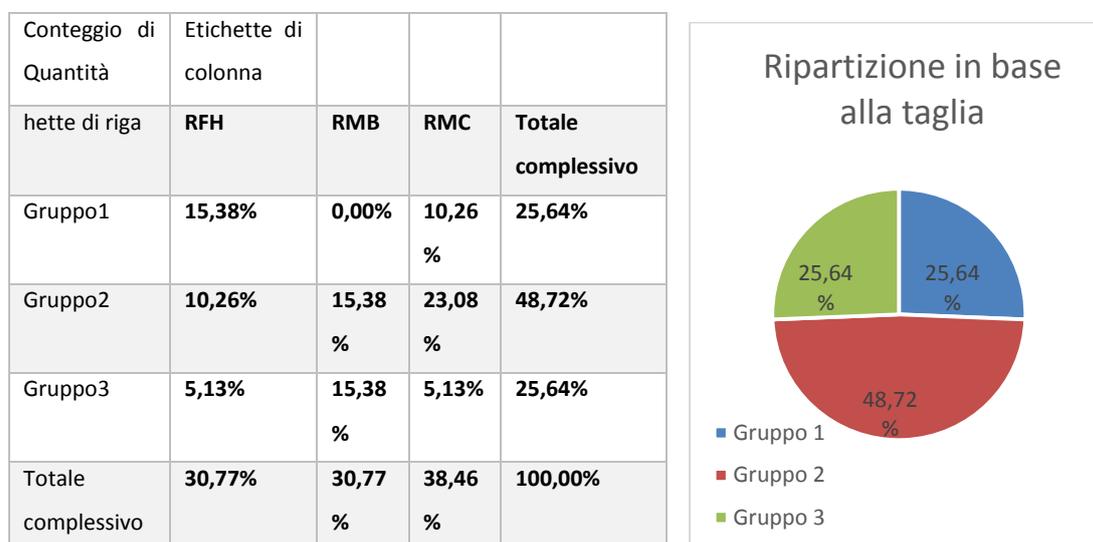


Tabella 4. Classificazione macchine in base alla taglia

Conteggio di Quantità	Etichette di colonna			
Etichette di riga	RFH	RMB	RMC	Totale complessivo
Gruppo1				
1080	5,13%	0,00%	0,00%	5,13%
1440	10,26%	0,00%	5,13%	15,38%
1800	0,00%	0,00%	5,13%	5,13%
Gruppo2				
2160	2,56%	2,56%	10,26%	15,38%
2520	7,69%	0,00%	0,00%	7,69%
2700	0,00%	0,00%	2,56%	2,56%
2880	0,00%	5,13%	10,26%	15,38%
3240	0,00%	7,69%	0,00%	7,69%
Gruppo3				
3600	5,13%	7,69%	2,56%	15,38%
4320	0,00%	2,56%	2,56%	5,13%
5040	0,00%	5,13%	0,00%	5,13%
Totale complessivo	30,77%	30,77%	38,46%	100,00%

Tabella 5. Percentuale di volumi venduti in relazione alla taglia

I gruppi 1,2 e 3 rappresentano la ripartizione in base alle taglie: piccole, medie e grandi. Come emerge dalle tabelle non è facile visualizzare quale siano le taglie predilette: mentre appare chiaro con un'analisi generale che le taglie medie siano quelle più richieste dal mercato (con una quota del 43,9%), il dato non trova facile ed immediata conferma nel momento in cui si scorporano i dati per tipologia di macchina.

In generale possiamo dire che per le macchine asettiche sono richieste maggiormente le taglie piccole mentre per le macchine da liquidi lisci e gasati sono predilette le taglie medie.

Andremo quindi a compiere lo studio teorico delle movimentazioni di queste tre macchine prendendo come campione:

- RFH con diametro primitivo pari a 1440 mm
- RMB con diametro primitivo pari a 3240 mm
- RMC con diametro primitivo pari a 2880 mm

Il passo successivo ha riguardato lo studio della **distinta base** per comprendere da quali componenti questi pezzi siano formati e soprattutto classificare quelli realizzati internamente, che quindi transitano nell'area a causa delle lavorazioni che devono subire, rispetto a quelli che vengono presi esternamente e di conseguenza solo assemblati in fase di montaggio.

La distinta base comprende tutti i componenti, sotto-componenti sino alle materie prime necessarie per la realizzazione di un bene. Grazie alla distinta base è possibile organizzare il magazzino e gli approvvigionamenti durante la produzione poiché fornisce la struttura ad albero della composizione del pezzo. Vi sono due diverse tipologie principali di distinta base:

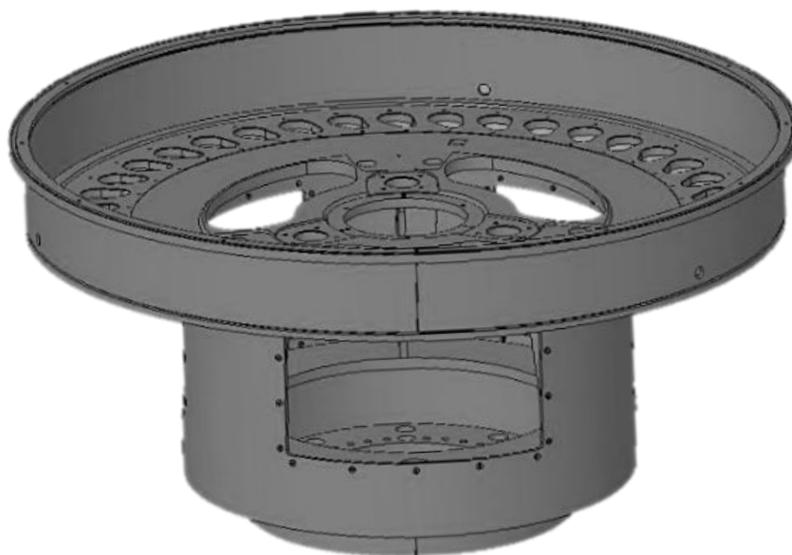
- La distinta base **tecnica** (*Engineering Bill of Material*) riporta le informazioni dettate dai progettisti
- La distinta base **di produzione** (*Manufacturing Bill of Material*) riporta le istruzioni che servono per produrre il bene, come le fasi di montaggio o costruzione.

Da un lato le componenti, dall'altro le procedure per la realizzazione. Nel suo insieme, la Diba consente quindi di registrare i costi sia delle materie prime acquistate sia della manodopera utilizzata in base alla tempistica necessaria per il compimento del processo di produzione. Oltre che essere uno strumento di controllo, la distinta base permette di

stabilire il costo finale del prodotto o servizio.

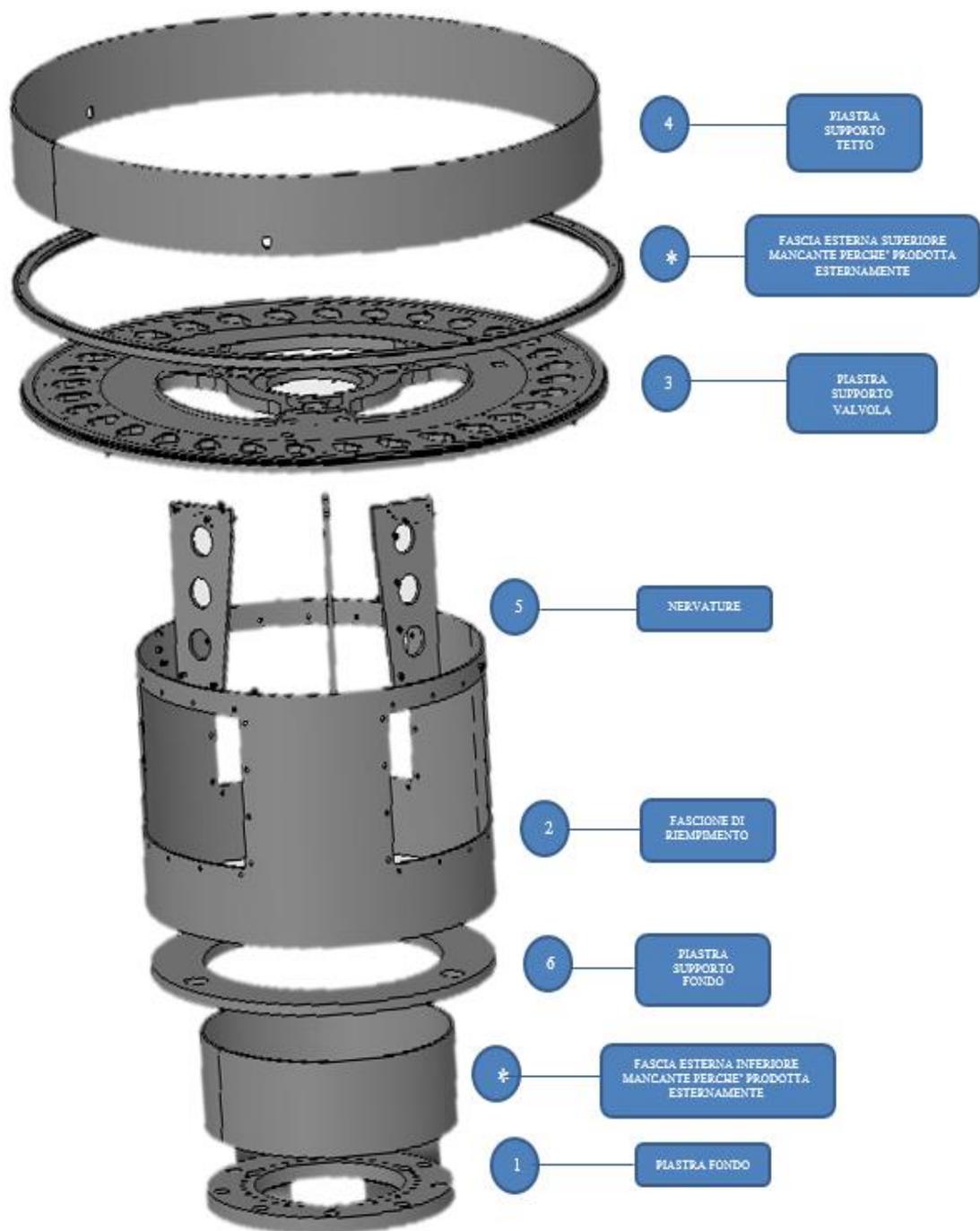
Per valutare quindi nello specifico quali fossero tutti i principali componenti e sotto-componenti che transitano nell'area sono quindi state studiate le distinte base dei tre caroselli selezionati. Per reperire la distinta base richiesta è stato utilizzato il software aziendale SAP (Multinazionale Europea Leader nel settore delle applicazioni aziendali) in cui sono registrati tutti i dati necessari all'analisi.

Guardiamo quindi la **distinta base del carosello RFH1440**

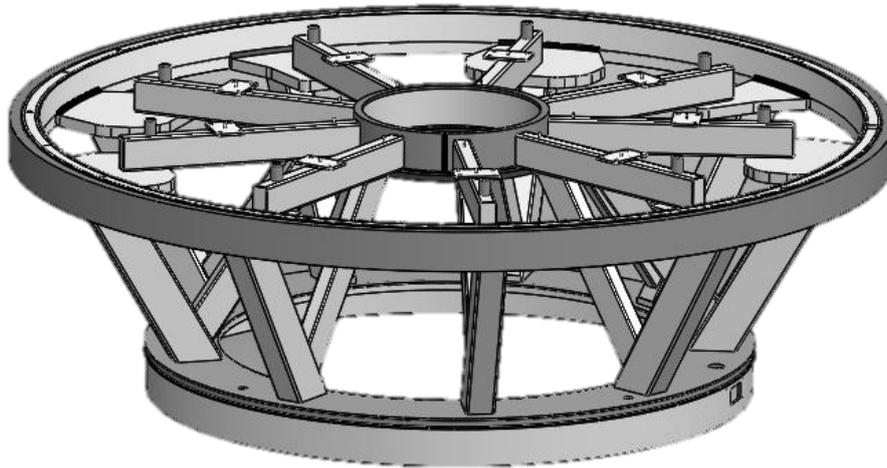


Di cui la distinta base è riportata di seguito:

Pos.	T...	Componente	Definizione componente	Quantità	UM	Ass	Sps	In. val.	Fine val.	N. modifica	P...	Crit.class	ID pos.
0001	L	04285067401	PIASTRA FONDO	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000001
0002	L	04285067701	FASCIONE RIEMP.	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000002
0003	L	04285067801	PIASTRA SUPP.VALVOLA	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000003
0004	L	04285068001	PIASTRA SUPP.TETTO	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000004
0005	L	04285067902	NERVATURA	3	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000005
0006	L	04285068101	PIASTRA SUPP. FONDO	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000003	<input type="checkbox"/>		00000006

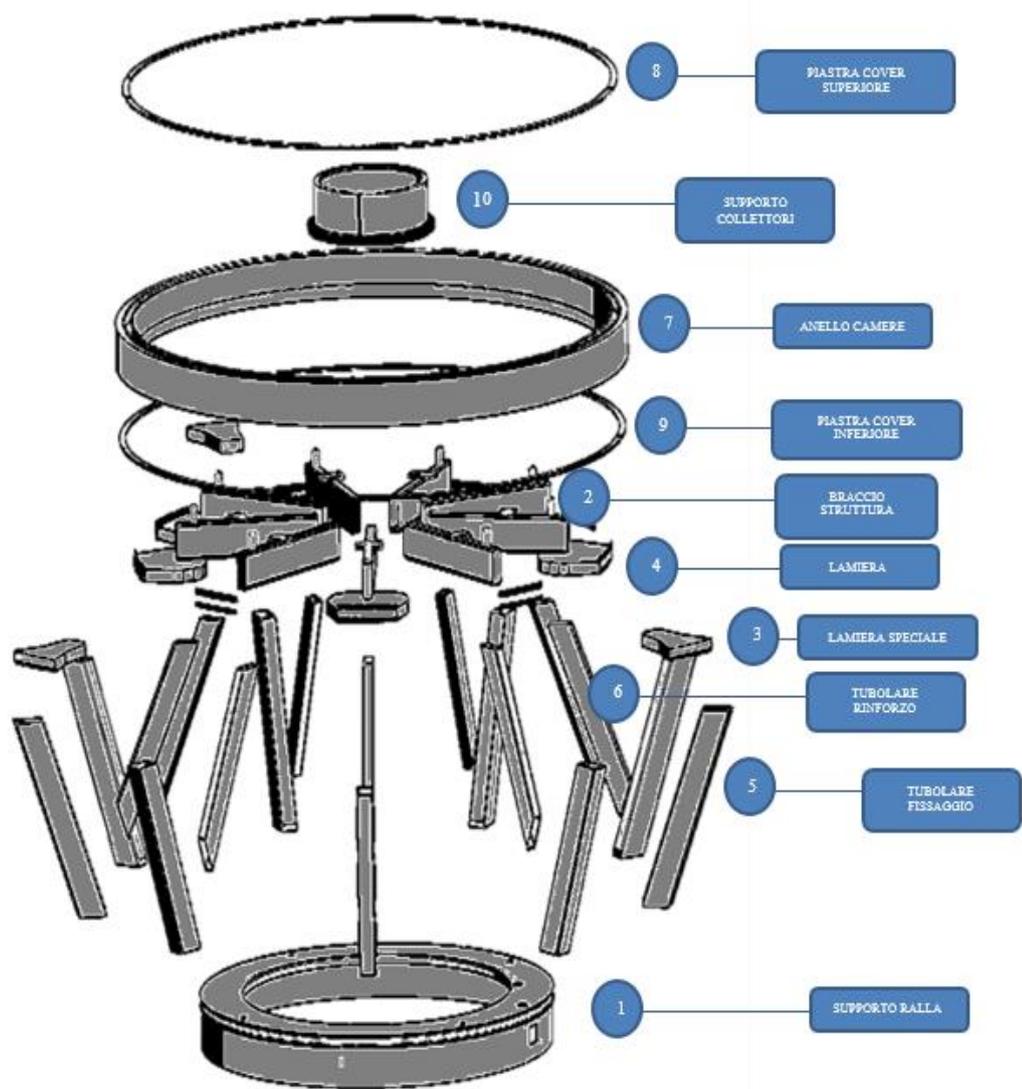


La distinta base del carosello RMB3240

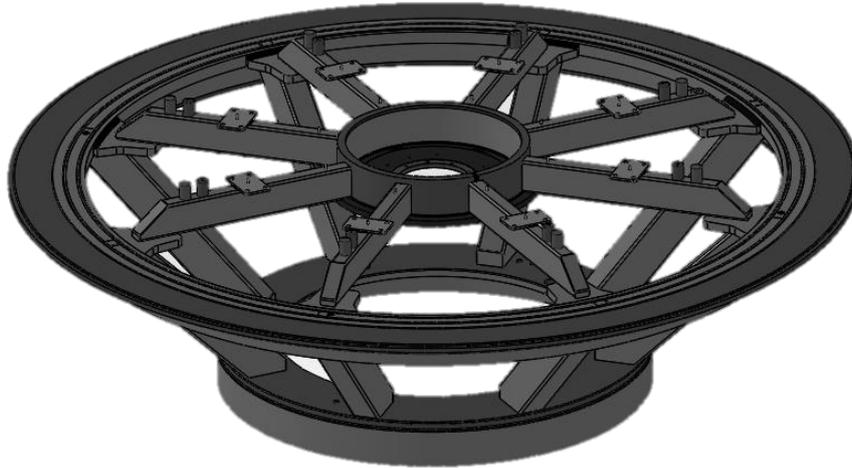


Di cui la distinta base è riportata di seguito:

Pos.	T...	Componente	Definizione componente	Quantità	UM	Ass	Sps	In. val.	Fine val.	N. modifica	P...	Crit.class	ID pos.	M
0001	1	<u>04304989702</u>	SUPPORTO RALLA CZA170	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000001	
0002	1	<u>04306007701</u>	BRACCIO STRUTTURA 1 DP3240	9	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000002	
0003	1	<u>04306012101</u>	LAMIERA H40 SPECIALE DP3240	5	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000003	
0004	1	<u>04306043401</u>	LAMIERA H40 DP3240	4	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000004	
0005	1	<u>04304184701</u>	TUBOLARE FISSAGGIO STRUT. DP3240	9	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000005	
0006	1	<u>04306007301</u>	TUBOLARE RINFORZO DP3240	9	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000006	
0007	1	<u>04306014401</u>	ANELLO CAMERE DP3240	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000007	
0008	1	<u>04306008601</u>	PIASTRA COVER SUPERIORE DP3240	1	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000008	
0009	1	<u>04306045301</u>	PIASTRA COVER INFERIORE DP3240	1	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000009	
0010	1	<u>04304990702</u>	SUPPORTO COLLETTORI	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	P451281.4000	<input type="checkbox"/>		00000010	



La distinta base del carosello RMC2880



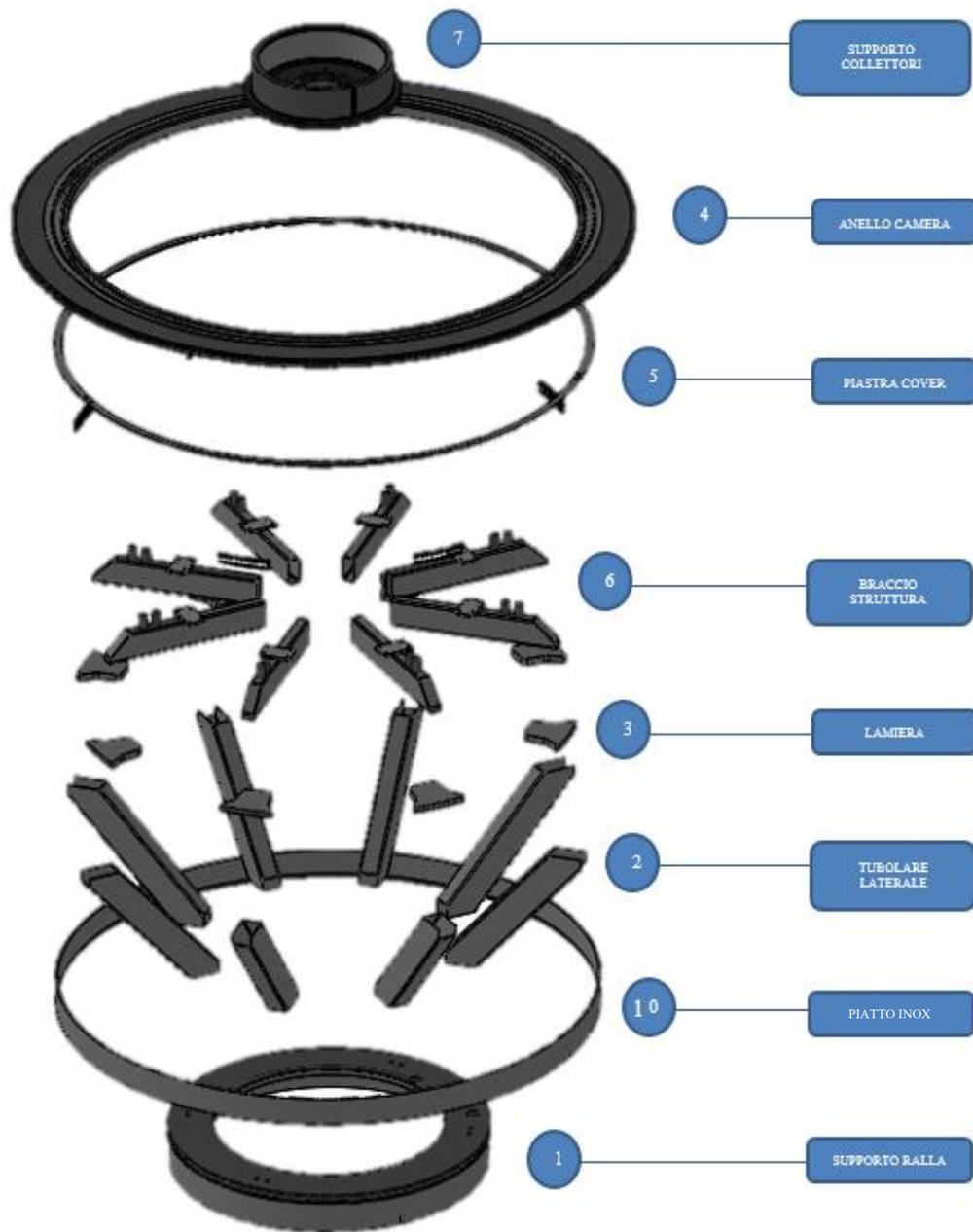
Materiale COMPOSIZIONE CAROSELLO DP2880

Divisione Sidel Parma

Alternativa

Mat. Doc. Generale

Pos.	T...	Componente	Definizione componente	Quantità	UM	Ass	Sps	In. val.	Fine val.	N. modifica	P...	Crit.class	ID pos.	N
0001	L	<u>04305387202</u>	SUPPORTO RALLA CZA150	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000001	
0002	L	<u>04305930501</u>	TUBOLARE LATERALE DP2880	8	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000002	
0003	L	<u>04305943001</u>	LAMIERA H30 DP2880	8	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000003	
0004	L	<u>04305932401</u>	ANELLO CAMERA DP2880	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000004	
0005	L	<u>04305943901</u>	PIASTRA COVER DP2880	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000005	
0006	L	<u>04305944801</u>	BRACCIO STRUTTURA 1 DP2880	8	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000006	
0007	L	<u>04304990702</u>	SUPPORTO COLLETTORI	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000007	
0010	L	<u>800002AD480</u>	PIATTO INOX 304 MM 120X10	8,193	M	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000005	<input type="checkbox"/>		00000008	



La distinta base del Serbatoio DP.3600 120V

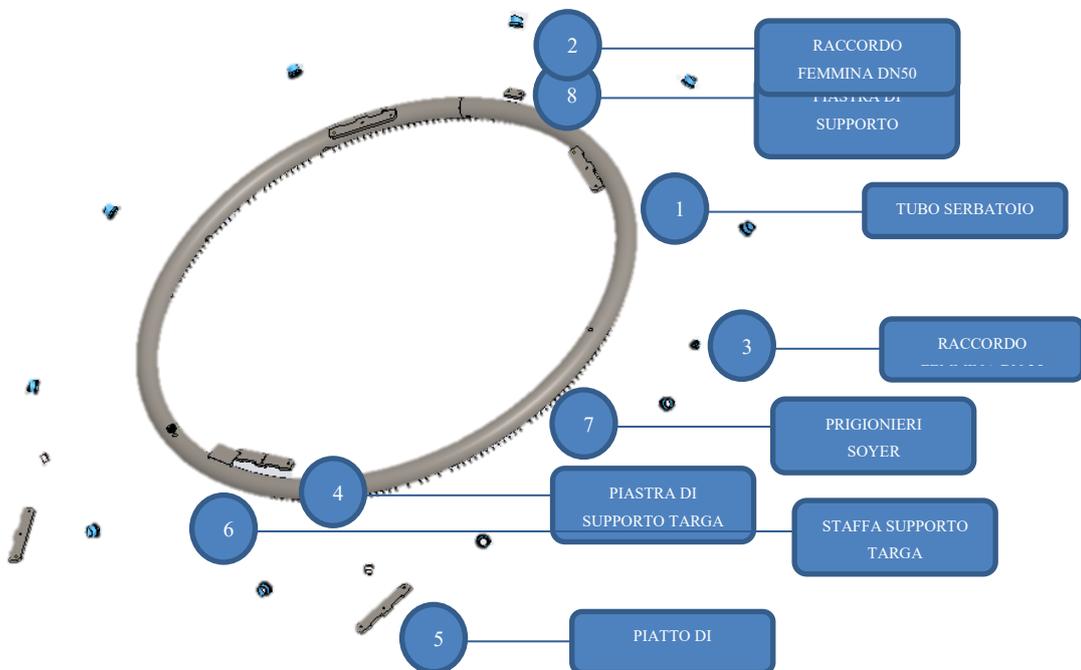


Materiale: 04313476501 SERBATOIO DP3600 120V A

Divisione: 4000 Sidel Parma

Alternativa: 1

Pos.	T...	Componente	Definizione componente	Quantità	UM	Ass	Sps	In. val.	Fine val.	N. modifica	P...	Crit.class	ID pos.
0001	L	04308128401	TUBO SERBATOIO DP3600	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000001
0002	L	04272812102	RACCORDO FEMMINA DN 50	10	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000002
0003	L	04285126701	RACCORDO FEMMINA DN 25	3	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000003
0004	L	04282294601	RACCORDO CLAMP 1" 1/2	2	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000004
0005	L	04308130101	PIATTO DI SUPPORTO SERBATOIO DP3600	5	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000005
0006	L	04305205901	STAFFA SUPPORTO TARGA	1	PZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000006
0007	L	80000HKV188	PRIG.SOYER INOX M6X20	240	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02.01.1999	31.12.9999	559792	<input type="checkbox"/>		00000007
0008	L	04312499801	PIATTO DI SUPPORTO PEDANA DP3600	1	PZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	01.01.1999	31.12.9999	IP3000000010	<input type="checkbox"/>		00000008



3.2.2 Lead time attuale

In base all'identificazione dei componenti e dei sotto-componenti si è voluto andare ad analizzare quanto fosse l'impatto a livello di lead time dei tempi occupati per movimentare i pezzi tra i reparti durante il processo produttivo degli items identificati sopra. Una volta individuati infatti i prodotti con maggior rilevanza per l'azienda, si è deciso di prendere questi ultimi a riferimento per valutare gli effetti e l'incidenza delle movimentazioni sul ciclo di produzione. Sappiamo infatti che i trasporti si collocano tra i sette muda che abbiamo analizzato nel capitolo dedicato al Lean Manufacturing. Non essendo un processo a valore aggiunto per il cliente esso comporta inevitabilmente uno spreco sia di risorse che di tempo. Essendo però un fattore obbligato per la realizzazione del processo che non può essere eliminato o ridotto più di un certo limite, è necessario capire come ottimizzarlo e renderlo efficiente. Sicuramente con una produzione in linea, agendo quindi sulla riduzione delle distanze, il problema dei tempi "morti" a non valore aggiunto si va inevitabilmente a ridurre in maniera consistente. Come già appurato però, poiché nella nostra impresa non è possibile implementare una soluzione produttiva gestita per linee, la soluzione per la gestione delle movimentazioni non è così immediata. In ogni caso per poter valutare un sistema che riesca a comprimere gli sprechi dobbiamo innanzitutto capire quanto essi siano rilevanti nella situazione corrente. Essendo lo scopo dell'analisi la riduzione del lead time è importante analizzare quanto misuri e in quale parte sia dilatato a causa dei movimenti.

Il Lead Time fa riferimento alla sequenza delle attività che si trovano sul percorso critico. Il percorso critico è dato dalla somma dei tempi delle attività critiche definite come quelle attività le quali comportano un ritardo sull'intero percorso qualora una di esse non rispetti i tempi assegnati. Le attività critiche non possono subire né anticipi né ritardi rispetto alle loro date di inizio e di fine in quanto sono attività il cui tempo di realizzazione è vincolante per la durata complessiva del ciclo. Il lead time può quindi essere calcolato nel seguente modo:

$$\text{Lead Time} = \sum \text{Takt Time della serie di operazioni critiche}$$

Le operazioni critiche possono essere individuate partendo innanzi tutto dalla definizione del percorso logico dei work packages in base ai vincoli di precedenza delle operazioni secondo il metodo grafico dell'AON (activity on node). Una volta definito il reticolo logico di connessione delle varie attività seguendo il loro andamento a livello di processo, è necessario stabilirne la durata. In base alla durata associata all'attività possiamo individuare conseguentemente anche altri quattro tempi associato al work package (**Figura 36**):

- **Early start (ES)**: è il tempo di inizio al più presto cioè il tempo prima del quale l'attività non può iniziare.
- **Early finish (EF)**: è il tempo di fine al più presto cioè il tempo prima del quale l'attività non può finire.
- **Late start (LS)**: è il tempo di inizio al più tardi
- **Late finish (LF)**: è il tempo di fine al più tardi

Per calcolarli si parte dall'attività iniziale la quale avrà come tempo minimo (ES) solitamente il valore zero a meno che non sia un tempo futuro. Da qui aggiungendo la durata verrà ricavato il tempo di fine minimo (EF) e così per tutte le attività in parallelo. Arrivando all'attività seguente l'EF sarà quello dell'attività precedente e, se ve ne sono più di una, l'ES sarà uguale al massimo valore di EF delle attività che convergono a quel work package. Così si procede sino a fine del reticolo stabilendo i tempi minimi di inizio e di fine per tutte le attività. Per calcolare invece gli altri due valori (LS e LF) si deve partire dal nodo finale e procedere a ritroso. Per l'attività conclusiva il LF sarà coincidente al EF della medesima operazione a cui verrà sottratto il valore della durata per definirne il LS. Anche in questo caso l'attività successivo seguendo a ritroso il percorso avrà come valore indicativo di LF lo stesso valore di LS del work package precedente. Qualora un attività si snodi in più operazioni allora queste avranno tutte lo stesso valore di LF mentre se da più attività parallele si dovesse convergere di nuovo ad un'unica attività questa riporterà come valore di LF è il minore tra i valori di LS delle attività che ad esso convergono.



Figura 36. Tempi di schedulazione attività

Una volta individuati i quattro tempi per ogni attività si dovranno calcolare gli slittamenti (Float) ovvero il tempo in cui un'attività può slittare come inizio o fine senza causare ritardi sull'intero percorso.

$$SLITTAMENTO = LS - ES \text{ oppure } LF - EF$$

Qualora lo slittamento sia uguale a zero allora quella è da definire come attività critica. La sequenza di attività critiche va a comporre il *cammino critico* secondo cui si determina la durata minima dell'intero progetto.

La somma del takt time non è quindi la somma di tutte le attività facenti parte al ciclo produttivo, ma solo quelle facenti parte al cammino critico. Il cammino critico comprende solo un sottoinsieme di attività che sono quelle che per prime necessitano di essere tenute d'occhio durante la realizzazione del ciclo. Il lead time complessivo infatti può non essere uguale alla somma di tutti i lead time delle singole operazione. È fondamentale controllare queste ultime per evitare ritardi. Si possono trascurare quindi quelle fasi parallele la cui durata è inferiore rispetto ad un'altra operazione.

Non dobbiamo comunque confondere il Lead Time con il Tempo Ciclo. Mentre il primo riguarda il tempo che intercorre tra l'arrivo dell'ordine e la sua consegna al cliente, il secondo è invece relativo al lasso di tempo che passa tra l'inizio della prima fase di lavorazione e la conclusione del processo nel momento in cui il prodotto è ultimato e

pronto per la consegna. Il Tempo ciclo (cycle time TC) prende in considerazione i tempi di tutte le operazioni, quindi è una misura (temporale e teorica) del contenuto di lavoro richiesto per completare l'attività. Un'attività opera su un'unità di flusso compiendo una serie di operazioni (task). Il tempo che intercorre tra l'inizio e la fine dell'attività sull'unità è uguale, in assenza di ritardi di immissione o emissione, al tempo che trascorre tra l'ingresso (o l'uscita) di due unità successive. Nella produzione ripetitiva l'operatore o la macchina ripete la sequenza di operazioni su ogni unità. TC considera, a consuntivo, anche tutti i tempi non produttivi all'interno dell'attività.

$$\text{Tempo Ciclo (TC)} = \text{Takt time} * \text{Numero di risorse umane impiegate}$$

Il tempo ciclo quindi rientra nella definizione di lead time e ne influenza la maggior parte della durata, ma le due diciture non coincidono a livello di significato. Infatti, mentre l'analisi del tempo ciclo è rilevante ai fini della produzione e quindi dell'efficienza interna, il lead time è connesso al cliente. Per incontrare la soddisfazione di quest'ultimo è fondamentale rispettare i termini di consegna poiché crea valore per il cliente il fatto che il prodotto sia reso disponibile nei termini stabiliti. Quindi è il Lead Time che interessa ai fini dello studi Lean di ottimizzazione e riduzione dei muda.

Per calcolare il Lead Time dei quattro prodotti da noi analizzati siamo andati a costruire un diagramma di Gant relativo ai sottolivelli del carosello e quindi ai suoi sottoprodotti e ai loro relativi Cicli di lavorazione standard riportati su SAP di cui si riporta una rappresentazione qualitativa tramite diagramma ad albero (**Figura 36**) per visualizzare in maniera più chiara le fasi di lavorazione e di seguito sono riportati i dati in un GANTT realizzato tramite il software Microsoft Project (**Figura 37**).

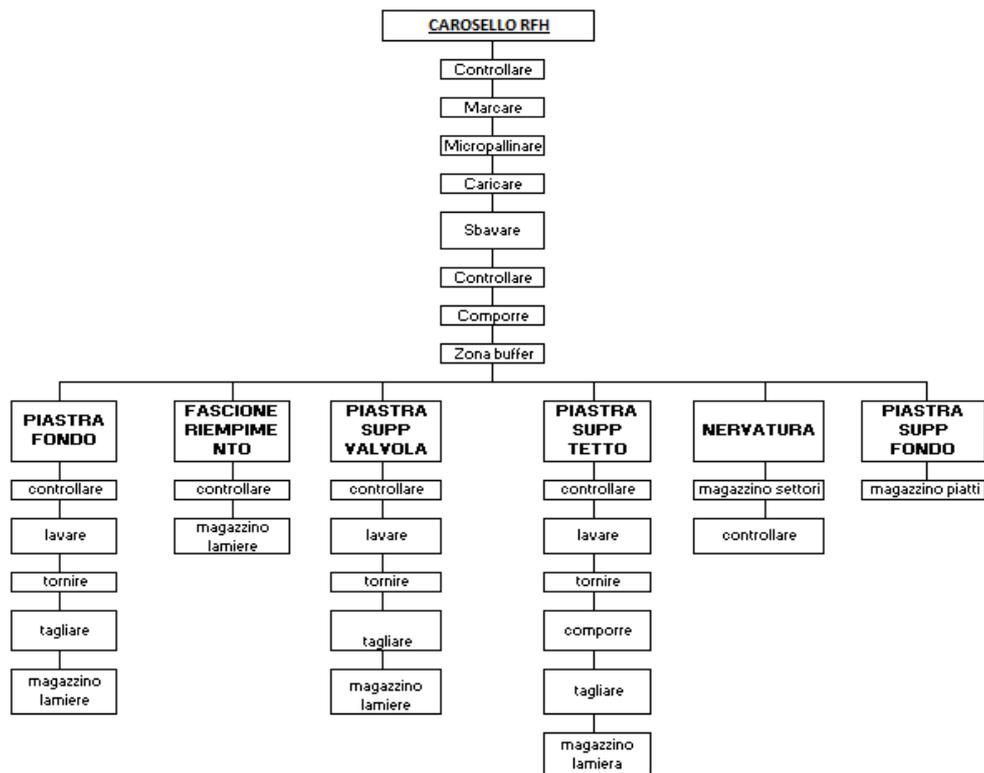


Figura 36. Grafico ad albero ciclo di lavoro carosello RFH

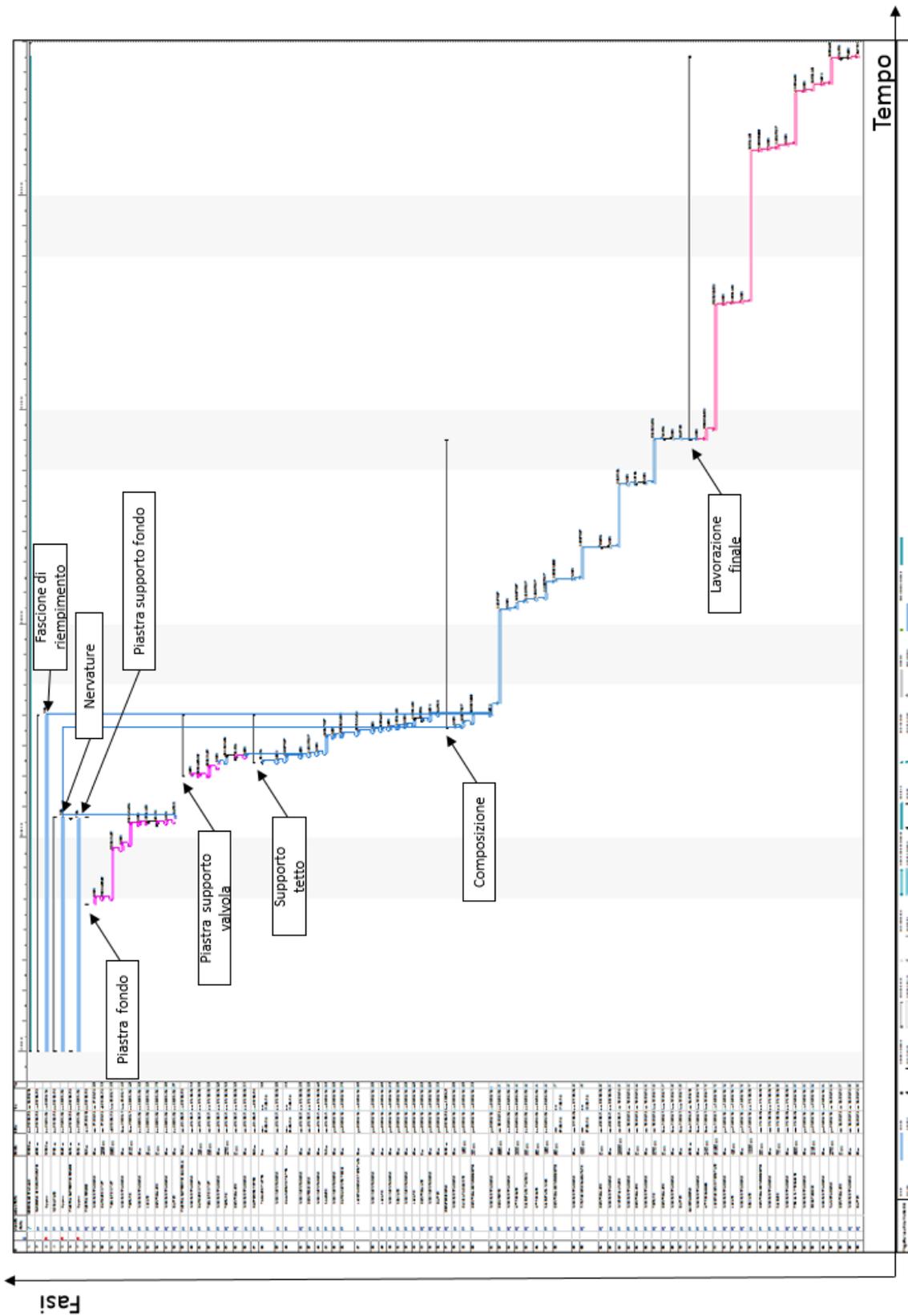


Figura 37. Gantt carosello RFH

Il lead time del carosello RFH con diametro primitivo pari a 1440 mm è di 12330 minuti complessivi pari quindi a 205,5 ore che se lavorate su due turni da 06:45 ore risultano circa 15 giorni lavorativi.

Il lead time del carosello RMB con diametro primitivo pari a 3240 mm è di 18798 minuti complessivi pari quindi a 313,3 ore che se lavorate su due turni da 06:45 ore risultano circa 23 giorni lavorativi (**Figura 38**) (**Figura 39**).

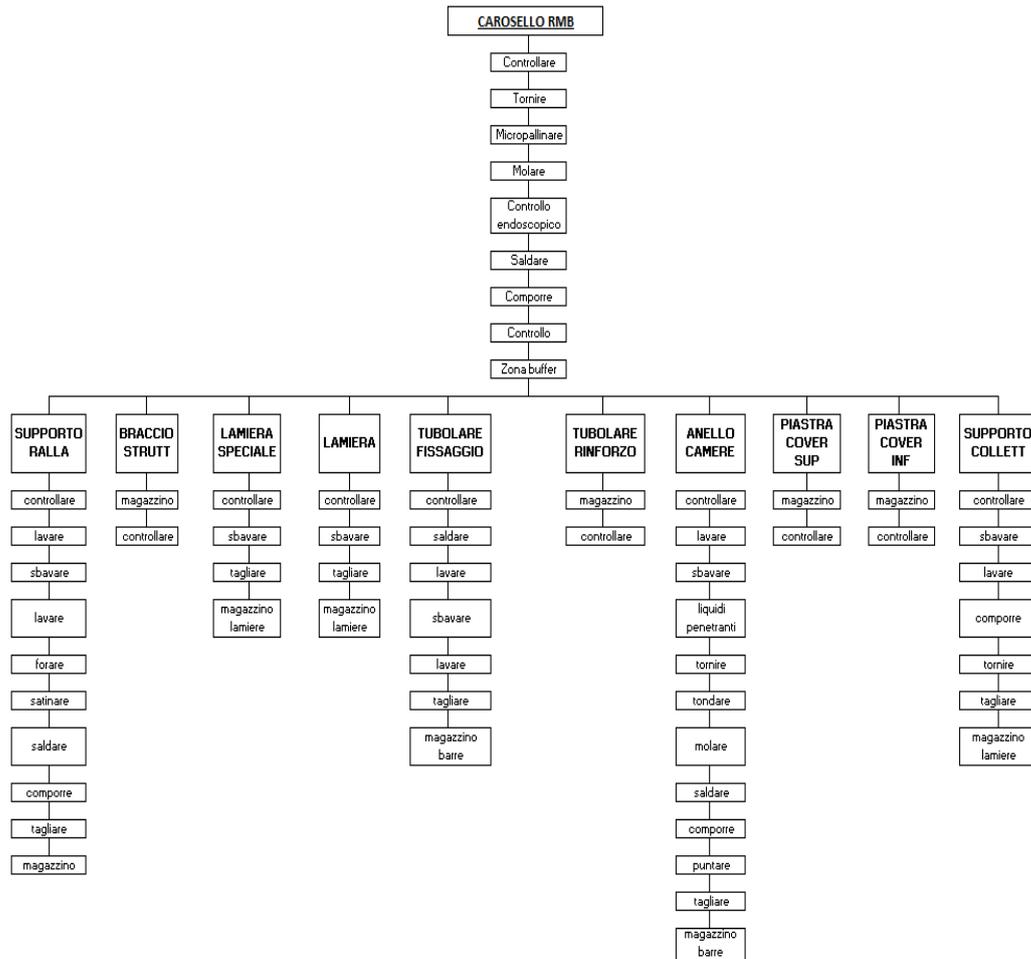


Figura 38. Grafico ad albero ciclo di lavoro carosello RMB

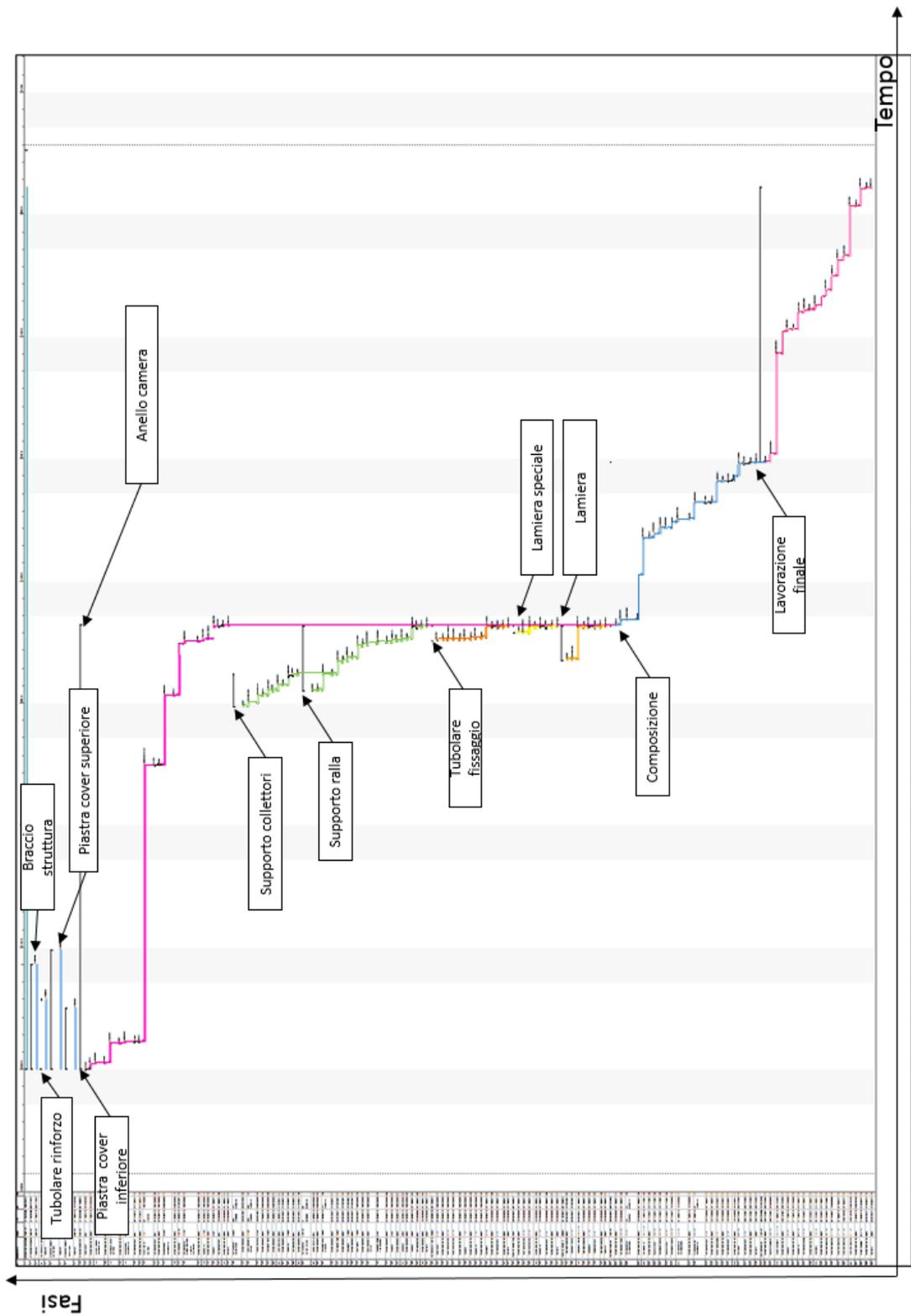


Figura 39. Gantt carosello RMB

Il lead time del carosello RMC con diametro primitivo pari a 2880 mm è di 23370 minuti complessivi pari quindi a 389,5 ore che se lavorate su due turni da 06:45 ore risultano quasi 29 giorni lavorativi (**Figura 40**) (**Figura 41**).

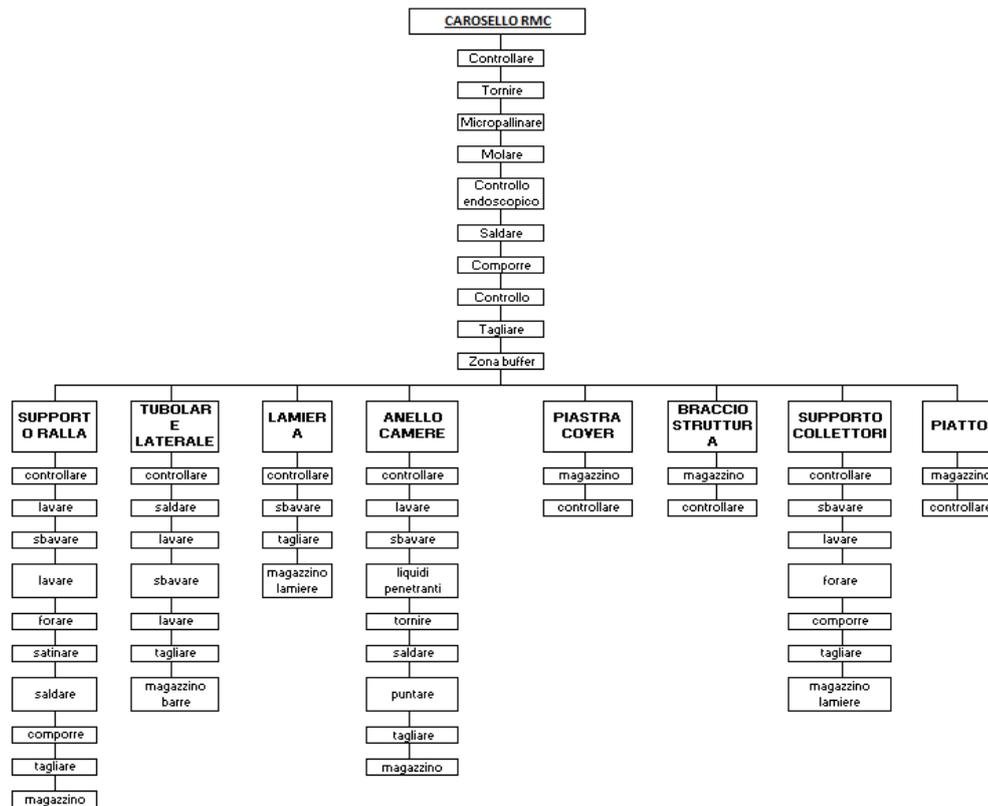


Figura 40. Grafico ad albero ciclo di lavoro carosello RMC

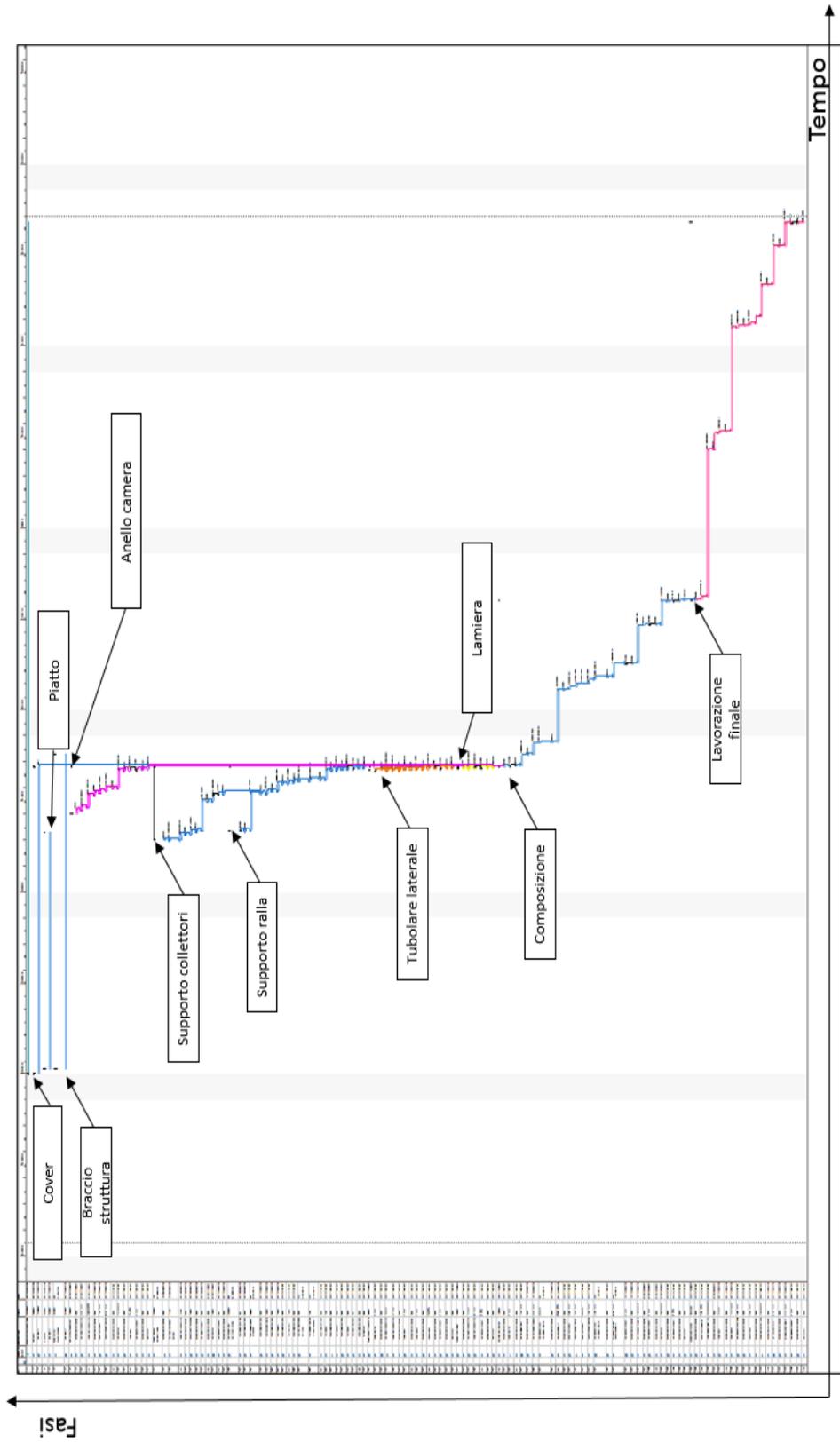


Figura 41. Gantt carosello RMC

Il lead time del Serbatoio con diametro primitivo pari a 3600 mm è di 13290 minuti complessivi pari quindi a 221,5 ore che se lavorate su due turni da 06:45 ore risultano quasi 17 giorni lavorativi (**Figura 42**) (**Figura 43**).

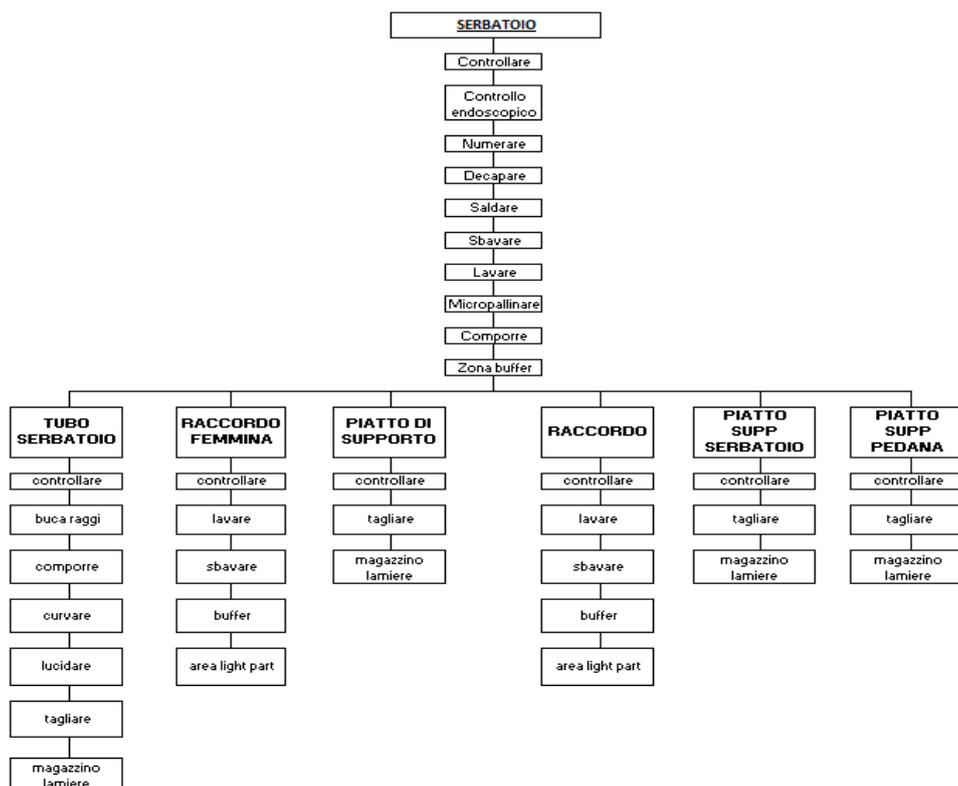


Figura 42. Grafico ad albero ciclo di lavoro del serbatoio

3.2.3 Incidenza del trasporto a livello di lead time

Una volta calcolato il lead time è stato fondamentale andare ad indagare che incidenza avesse a livello di ciclo il tempo riservato agli spostamenti dei materiali nel reparto. Andando a filtrare le attività al fine di guardare quelle inerenti alla movimentazione per ciascun ciclo produttivo è emerso che ciascuna fase di spostamento è stata quantificata con una durata pari a **60 minuti**.

Per ogni ciclo si sono contate quante fasi di movimentazione di un'ora ciascuna ci fossero e quanto quindi queste pesassero sul totale delle ore calcolate a ciclo. Il tempo complessivo per la realizzazione dell'RFH è di 12330 minuti complessivi, le fasi di movimentazione registrate sono 31 per un totale di 1860 minuti. Ne deriva che l'incidenza del trasporto sull'intero ciclo del carosello RHF 1440 è pari al **15%** (Figura 44).

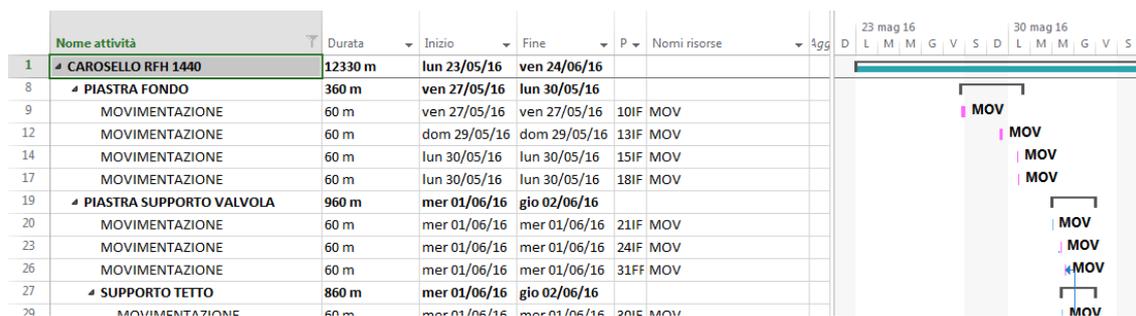


Figura 44. Incidenza del trasporto carosello RFH

Lo stesso lavoro è stato replicato per gli altri tre componenti presi in esame per i quali è stata analizzata la pianificazione su Project e il relativo impatto del tempo di movimentazione sul ciclo di lavoro.

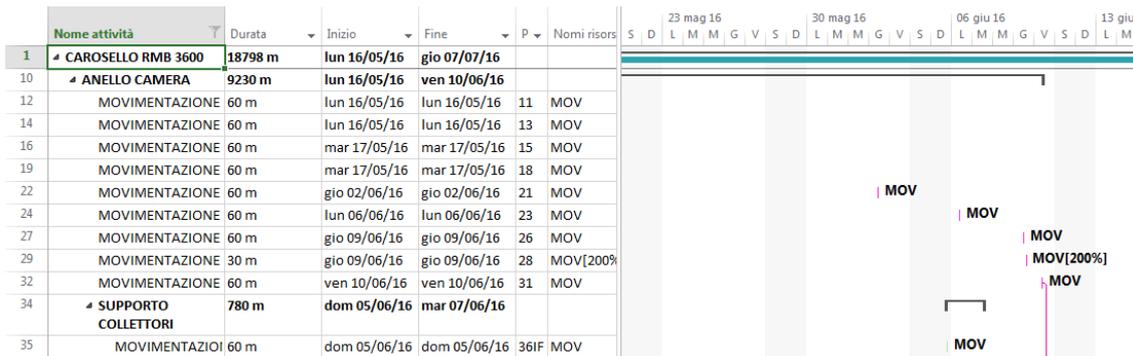


Figura 45. Incidenza del trasporto carosello RMB

Il carosello RMB 3240 registra **32** movimentazioni (Figura 45) per un totale di 1920 minuti dedicati ai trasporti che su un totale di 18798 minuti di ciclo hanno un impatto del **10%**.

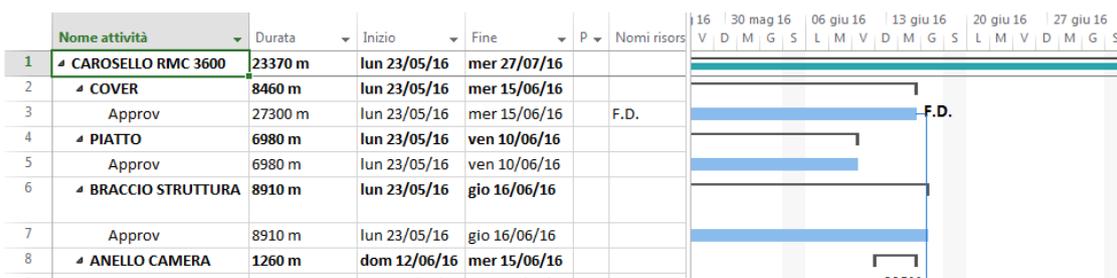


Figura 46. Incidenza del trasporto carosello RMC

Il carosello RMC 2880 registra **29** movimentazioni (Figura 46) per un totale di 1740 minuti dedicati ai trasporti che su un totale di 23370 minuti di ciclo hanno un impatto del **7%**.

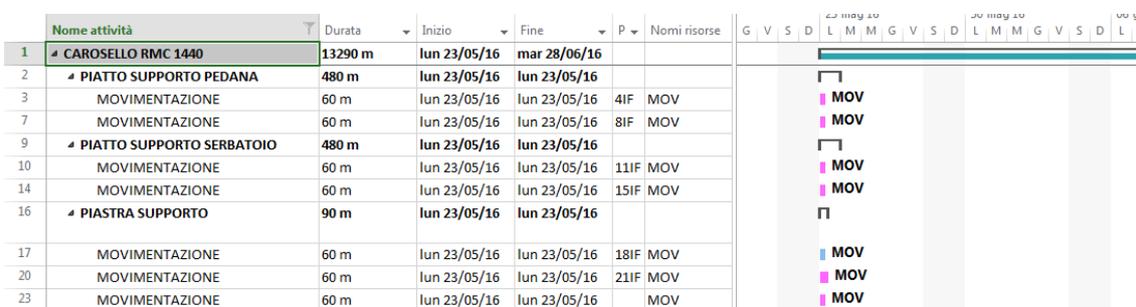


Figura 47. Incidenza del trasporto serbatoio

Il serbatoio 3600 registra **26** movimentazioni (**Figura 47**) per un totale di 1560 minuti dedicati ai trasporti che su un totale di 13290 minuti (221 ore) di ciclo hanno un impatto del **12%**.

Si può notare come la durata complessiva dei cicli di lavorazione non sia esigua. I componenti richiedono lavorazioni complesse con tempi di esecuzione dilatati nel rispetto delle tolleranze richieste e delle finiture specifiche. L'incidenza delle movimentazioni è quindi rilevante all'interno di ogni ciclo. Ma come mai il tempo di trasporto è così rilevante? Come si giustifica un'ora di percorrenza per ogni spostamento? Le distanze non sono tali da giustificare un impiego di tempo così sostanzioso. Dobbiamo infatti guardare nel dettaglio cosa questo tempo comprenda. Ogni trasporto implica diverse fasi di movimentazione. La prima riguarda la movimentazione dal centro di lavoro iniziale all'area buffer nel quale il pezzo stalla in attesa di essere trasportato al centro di lavoro successivo. Durante questa attività il componente viene movimentato tramite carro ponte, strumento che ogni area di lavoro ha a disposizione, e è collocato su apposito bancale nell'area di scarico. A seconda del tipo di trasporto con il quale verrà movimentato cambia il tempo di spostamento. Se è il carrello elevatore a dover trasportare il componente, il pezzo viene sollevato direttamente insieme al bancale e portato nell'area buffer di destinazione, se invece è il sistema a rotaia che si occupa del trasporto allora il componente deve esservi collocato sopra tramite un ulteriore sollevamento tramite carro ponte. La movimentazione tra centri è sempre a carico dell'operatore esterno. Una volta arrivato al luogo di destinazione viene caricato sulla macchina o nell'area di lavoro, qualora la lavorazione debba essere manuale, tramite carro ponte dall'operatore di reparto. Non esiste ad oggi una marcatura di queste operazioni che permetta il controllo delle micro fasi di movimentazione e quindi non è possibile quantificare la reale durata delle operazioni. È stato quindi necessario andare a misurare il tempo delle operazioni tramite osservazioni dirette.

3.3. Studio del tempo di trasporto tramite osservazioni dirette

Per poter stimare con precisione la durata effettiva delle fasi di movimentazione e per capire dove e come poter intervenire, è stato opportuno valutare direttamente entrando in

officina quali e di quale entità fossero gli spostamenti effettivi. Per capire realmente il tempo di spostamento dei componenti tra i reparti e la ripartizioni dei 60 minuti nelle diverse attività è stata pianificata una registrazione tramite osservazioni dirette. Solo chiarendo le problematiche connesse alla logistica interna si sarebbe potuta trovare una soluzione migliore da implementare ai fini di rimuovere il sistema a rotaia e in generale migliorare l'efficienza dei flussi di materiali. A questo scopo è stata organizzata un'intera settimana durante la quale all'interno dell'area sono state annotate tutte le movimentazioni effettuate con particolare attenzione alle problematiche che si generavano e alle inefficienze del sistema di trasporto.

Durante le ore lavorative ho provveduto personalmente alla registrazione, mentre per le ore mattutine e serali è stato fondamentale l'aiuto dei capi reparto che hanno provveduto al mio posto a perseguire la raccolta dati poiché al di fuori delle ore di ufficio non mi è permesso accedere allo stabile in particolar modo alle zone soggette a rischi di sicurezza come quindi tutti i reparti produttivi.

Si sono andate ad osservare tutte le ore di lavoro in cui fossero presenti gli operatori. Sidel lavora su tre turni: due in cui sono presenti gli operatori, dalle 06:00 alle 12:45 e dalle 13:15 alle 20:00, per un totale di 6 ore e 45 ogni turno, più un terzo turno notturno riservato per le lavorazioni urgenti sulle quali si hanno dei ritardi; non è quindi sempre necessario. Il terzo turno non è stato preso in considerazione durante le osservazioni perché durante la fascia notturna non vi è un operatore dedicato alle movimentazioni per cui non è possibile l'impiego del carrello elevatore. Durante il terzo turno non avvengono quindi spostamenti data la mancanza degli operatori sul luogo per poterli effettuare. In ogni caso si potrebbe comunque utilizzare il carroponte per trasporti tra l'area buffer e l'area di lavoro ma si è comunque deciso che tali movimentazioni non fossero di importanza tale da doverli monitorare.

3.3.1. Flusso reale dei componenti all'interno dell'area

I dati sono stati raccolti tramite la compilazione di una tabella Excel (**Tabella 6**).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
Order	Operator	Qty	Unit	Order	Material	Description	Plant	Time	W	D	W	W	W	Operator	W	W	W	Type of machine used	Original work order	Final work order	Where	Legend	Legend	Legend	Legend description	Waiting	Total time	
1	Single operator	12	unit	0017043	0017043	ANELLO CAMERA SP43E3	1	08:30	1					X	24		X	Hda	7043E3	0017043	OUT OF AREA	01	X		Legend	ATTESA IMPM	08:30:00	08:30:00
2	Multiple operators	12	unit	0017043	0017043	ANELLO CAMERA SP43E3	1	08:30	1					X	24		X	Hda	7043E3	0017043	OUT OF AREA	01	X		Legend	ATTESA IMPM	08:30:00	08:30:00
	Multiple operators	12	unit	0017043	0017043	ANELLO CAMERA SP43E3	1	08:30	1				X				X	Hda	7043E3	0017043	OUT OF AREA	01	X		Legend	ATTESA IMPM	08:30:00	08:30:00

Tabella 6. Tabella dati per registrazione delle movimentazioni

I dati che sono stati registrati per ogni movimentazione riguardano:

- Il numero di movimentazione
- La data
- L'ora di inizio trasporto
- Numero di ordine
- Il codice materiale
- La descrizione del componente movimentato
- La quantità di pezzi spostati
- La durata dello spostamento da centro a centro
- Il numero di operatori impiegati nello spostamento
- Il tipo di operatore
- La tipologia del mezzo utilizzato per il trasporto: se fosse a noleggio o di proprietà
- Il tipo di macchina utilizzata per la movimentazione
- Il centro di lavoro d'origine
- Il centro di lavoro finale
- L'impatto sulla produzione
- La descrizione dell'impatto
- L'attesa
- Il tempo totale dello spostamento

Il numero della movimentazione è un dato giustificato dal fatto che, qualora si fosse registrato un unico spostamento effettuato con l'impiegato di un numero di risorse o di macchine superiore all'unità, allora così facendo si sarebbe potuto contare un solo movimento con risorse o mezzi multipli.

Il giorno e l'ora sono stati invece raccolti al fine di classificare quanti spostamenti fossero raccolti al giorno e quali fossero le ore in cui la frequenza degli spostamenti fosse maggiore.

Il numero dell'ordine, il codice materiale, la descrizione e la quantità servono ad

identificare cosa si stesse trasportando e in che numero. Dobbiamo precisare che la registrazione ha compreso tutti gli spostamenti interni all'area comprensivi di spostamenti di materiali ausiliari, attrezzature di supporto, sfridi, bancali per l'appoggio dei componenti ecc. La durata dello spostamento è stata calcolata considerando come momento iniziale l'attimo in cui il componente viene prelevato da un centro sino al momento in cui questo arriva al centro successivo.

Il numero di operatori è un dato inserito successivamente quando si è riscontrato che alcuni spostamenti più critici potevano essere supportati da più di un operatore contemporaneamente per poter gestire più in sicurezza e precisione la movimentazione di componenti ingombranti o delicati.

È stato importante documentare anche il tipo di operatore impiegato poiché esistono diversi tipi di lavoratori a seconda delle mansioni e del tipo di retribuzione:

1. *Operatori esterni indiretti*: chiamati da una ditta esterna e pagati come full time equivalent quindi non in base al carico di lavoro ma di tempo impiegato all'interno dell'azienda
2. *Operatori interni indiretti*: i capo reparto che vengono anche loro retribuiti in base alle ore di lavoro
3. *Operatori interni diretti*: retribuiti in base alle marcature delle lavorazioni effettuate.

Qualora fossero questi ultimi a effettuare la movimentazione, questo tempo sarebbe da sommare a quello impiegato per la lavorazione del componente e rientrerebbe nel tempo di marcatura incidendo conseguentemente sul tempo ciclo del pezzo, quindi sul lead time. La tipologia di mezzo utilizzato è andata a valutare se il trasporto fosse fatto con un muletto a noleggio o interno dato che l'azienda si avvale di macchine sia di proprietà sia noleggia quelle appartenenti all'azienda fornitrice della forza lavoro stessa impiegata nelle movimentazioni. Il fine per il quale è stato valutato anche questo dato risiede nel fatto che, guardando a una logica di ritorno dell'investimento, si è voluto verificare se il mezzo stesso costituisse o meno un costo importante per noi e se si potesse in qualche modo evitare rimpiazzandolo con i soli muletti di nostra proprietà. Le tipologie di mezzi utilizzati per movimentare i componenti in quest'area sono sostanzialmente cinque:

1. *Muletto*: dispositivo elettrico su ruote dotato di forche in grado di sollevare i pallet sui cui sono posizionati i componenti. All'interno dello stabilimento esistono due

diverse tipologie di muletto distinte in base al peso sollevabile: quello per carichi “leggeri” è in grado di trasportare sino a 30 quintali, e quello per carichi pesanti che arriva ad un massimo di 50 quintali. Inoltre si differenziano per la tipologia di movimentazione che riescono a fare: il reparto è dotato di muletti standard le cui tre ruote (due anteriori e una posteriore) consentono movimentazioni agili in aree di manovre ridotte ma hanno uno sterzo pari a quello delle auto, vi sono poi i muletti quadrangolari i quali possono ruotare di 180° permettendo movimentazioni perpendicolari senza dover girare la macchina

2. *Carroponte*: ogni reparto è dotato di questo sistema montato a soffitto tra i pilastri portanti della struttura. Il carroponte scorre longitudinalmente lungo la campata ed il suo gancio scorre sulla barra alzandosi e abbassandosi per agganciare/sganciare e alzare/abbassare i componenti. Al gancio possono essere applicati diversi dispositivi per l'imbrago del pezzo: vi sono cinghie, fasce o catene che possono essere montate a seconda del tipo di pezzo e della movimentazione che occorre fare (traslazione o ribaltamento).
3. *Transpallet*: è un dispositivo a carica elettrica che necessita di essere movimentato manualmente. Ha dimensioni ridotte ed è dotato di forche per trasportare pallet di peso ridotto non superiore a 3 quintali. Anche l'altezza a cui può essere alzato il pallet è ridotta e arriva massimo a 2 metri. Questo dispositivo viene utilizzato solitamente dagli operatori di linea per piccoli spostamenti di entità ridotta.
4. *Sistema a rotaia*: il sistema a rotaia agisce laddove il muletto non riesce a sollevare il pezzo dato il peso e laddove il carroponte non arriva a causa della sua implementazione a livello di layout. Per percorsi trasversali ai reparti è doveroso avere un sistema che consenta il transito dei pezzi. Questo strumento deve essere attuato manualmente con un telecomando che lo aziona. Inoltre il carrello su rotaia va seguito lungo tutto il suo percorso da un operatore che continui a premere l'azionatore sulla pulsantiera sino a che non arriva a destinazione altrimenti il dispositivo si ferma. La velocità raggiunta dal carrello è veramente esigua. Per queste ragioni non risulta essere un sistema pratico.
5. *Gru*: questi dispositivi consentono di sollevare oltre i 20 quintali quindi coprono ampiamente tutti i pesi dei componenti che vengono realizzati in quest'area sino alle taglie maggiori. Il problema legato a questi dispositivi risiede nel tipo di

motore di cui sono dotati. Essendo mezzi a combustione il loro impiego non è consentito all'interno delle aree di lavoro in cui sono presenti degli operatori per questioni di sicurezza. Questi dispositivi infatti rilasciando fumi di scarico non permettono il loro impiego in ambienti chiusi. Il loro utilizzo all'interno delle aree è limitato ad eventi eccezionali (esempio per l'installazione di macchine utensili nell'area con pesi rilevanti o movimentazione di componenti di taglie molto grandi) solo nelle ore in cui l'officina è vuota, quindi dopo le ore 20. Per queste ragioni questo tipo di movimentazione non è stata registrata nei nostri dati poiché ha o impiego esterno o eccezionale ma non rientra nelle classiche tipologie di trasporto utilizzate dall'azienda.

Il muletto può essere utilizzato sia da operatori interni che esterni anche se in quest'area durante il corso delle osservazioni è sempre stato utilizzato da operatori esterni indiretti. Il carro ponte invece è usato dagli operatori di linea all'interno del reparto per manovre interne allo stesso. All'occorrenza anche il capo reparto ne usufruisce qualora effettui spostamenti o lavorazioni. Più raro invece è l'impiego di questo mezzo da parte del mulettista che se ne avvale nel momento in cui abbia bisogno di caricare il pezzo sul pallet prima di movimentarlo oppure nel momento in cui debba caricare il sistema a rotaia. Il carrello posizionato su rotaia può infatti essere utilizzato da tutti gli operatori e a seconda della disponibilità delle risorse si decide chi si occupa di caricarlo/scaricarlo. Questo lavoro verte solitamente sui mulettisti per non togliere tempo operativo agli operatori interni diretti. Il transpallet invece viene usato dagli operatori interni, diretti ed indiretti, per movimentazioni non rilevanti per le quali chiamare il mulettista comporterebbe solo una perdita di tempo.

Per valutare la distanza percorsa per ogni movimento è stato necessario trascrivere anche il centro iniziale e finale in cui il pezzo ha transitato. Ogni centro è dotato di un codice che ha reso la registrazione più semplice e chiara. I codici univoci associati ad ogni macchina e ogni area di lavoro ha permesso di indicare con chiarezza dove il pezzo andava a sostare. Inoltre ogni area è dotata anche di una sua zona buffer dove i pezzi vengono depositati in ingresso o in uscita nell'attesa di essere lavorati o di cambiare centro. La zona buffer è fondamentale in quanto il componente per entrare in macchina ed essere lavorato necessita di uno spostamento che deve avvenire esclusivamente con il carro ponte che è l'unico sistema in grado di direzionare con precisione il pezzo sul pianale

di lavoro. Ricordo che comunque non tutti i reparti sono dotati di macchine di lavorazione: la zona di composizione e quella delle finiture superficiali sono aree in cui le lavorazioni non dipendono dall'impiego di macchine utensili ma dal lavoro manuale degli operatori che si occupano di saldare, sbavare o molare i pezzi. Quindi è stato fondamentale durante la registrazione dati capire se il trasporto avvenisse dalla zona buffer o direttamente dal centro per il corretto calcolo delle distanze percorse.

Sono state annotate anche eventuali "anomalie" per le quali, nel caso di segnalazione affermativa, è stato inserito anche un'apposita casella in cui descrivere il tipo di impatto verificatosi. Per impatto intendiamo tutte quelle perdite di tempo a non valore aggiunto che comportano una dilatazione del lead time senza un effettivo apporto ai fini della produzione e della gestione del flusso. Tutti gli impatti sono da sommarsi al tempo di trasporto effettivo, ovvero quello registrato tra centro e centro, che allungano il tempo non operativo a livello di componente. Tra queste possiamo distinguere diverse tipologie di impatto:

1. *Tempo di chiamata*: il tempo perso a chiamare comprende il tempo speso a chiamare il muletto, il tempo per chiamare il caporeparto.
2. *Le attese*: comprende il tempo per aspettare l'arrivo del muletto al centro operativo, tempo speso a cercare il materiale ausiliario per trasportare i componenti o il tempo per attendere che il mezzo richiesto diventi disponibile
3. *Gestione dei componenti*: il tempo necessario per capire come gestire la movimentazione del pezzo in questione quindi che mezzo utilizzare e che materiale ausiliario è necessario per compiere quel determinato spostamento. Il tempo di gestione comprende inoltre anche il tempo speso dal mulettista per la capire come affrontare una movimentazione di un pezzo particolarmente critico per ingombri o dimensioni all'interno di spazi o passaggi a volte stretti per il transito.
4. *Area senza spazio libero*: capita a volte che i buffer siano già pieni di componenti o comunque con componenti posizionati in modo tale da non consentire l'accesso a un nuovo pezzo. In questi casi la perdita di tempo si verifica nella riorganizzazione dell'area e nello spostamento di diversi componenti per il collocamento di un nuovo componente.

Il ritardo generato nella movimentazione è stato indicato in termini di tempo nella voce

delle attese. In questo modo si è potuto valutare quanti tempi a non valore aggiunto venissero registrati per ogni movimentazione.

Infine sulla base di questi dati raccolti si è andato a calcolare il tempo di percorrenza complessiva di ciascuna movimentazione dal momento del suo inizio, quindi dalla chiamata del caporeparto al mulettista o dall'imbarco del pezzo sino alla conclusione dello spostamento nell'area di destinazione.

3.3.2. Flusso informativo

La gestione delle informazioni fluisce tra i reparti secondo una gerarchia non troppo rigida. Ogni qualvolta si renda necessario movimentare un componente, gli operatori provvedono in autonomia a spostare il pezzo qualora possano farlo per mezzo di carroponte o transpallet e in questo caso il tempo impiegato per lo spostamento va ad incidere sul tempo ciclo del componente. Nei casi in cui invece si debba cambiare reparto di lavorazione, è il caporeparto che sovrintende alla gestione del flusso dei materiali ed avvisa quindi gli operatori dei carrelli elevatori per andare a prelevare un determinato componente indicando anche quale deve essere la sua ubicazione finale secondo il ciclo. Questo comporta una non piena sincronizzazione dei flussi: accade infatti che un operatore, terminata la lavorazione, disponga il pezzo nel buffer lasciando passare diverso tempo prima che questo venga prelevato per passare al centro successivo. Succede anche che gli operatori di linea chiamino loro stessi i mulettisti indicando lo spostamento da effettuare ma solo nel caso in cui li richiamino personalmente. Gli unici che dispongono infatti di un telefono sono i capireparto. Questa è la ragione per cui in teoria sono i soli a poter comunicare direttamente con i muletti i quali posseggono a bordo del veicolo un telefono per ricevere le indicazioni necessarie ai trasporti.

Esiste poi un operatore fisso esterno su muletto che si occupa della gestione degli sfridi. Gli sfridi vengono raccolti a bordo macchina dagli appositi rulli trasportatori all'interno di contenitori. Questi contenitori sono svuotati periodicamente dal suddetto operatore il quale passa tra le macchine ed autogestisce la raccolta e lo svuotamento di questi carrelli che una volta prelevati sono subito sostituiti con altri contenitori vuoti. Nel mentre il cassone pieno va al di fuori dell'area dove viene svuotato nell'apposita sede e riportato all'interno del reparto dal medesimo operatore. La quantità di sfridi prodotta per

lavorazioni di componenti di queste dimensioni è notevole e toglie tempo anche agli operatori di linea che periodicamente devono ripulire il pianale della macchina per evitare che i trucioli che non riescono a defluire dal pianale disturbino la lavorazione. La pulizia effettuata dagli operatori interni diretti dato che è onerosa e periodica è conteggiata nel tempo ciclo: non va quindi ad incidere sulla produzione. Per questa ragione non è stata considerata tra gli impatti nella raccolta dati.

In generale possiamo concludere che il flusso informativo non fluisce in maniera organica ed organizzata, questo comporta una cattiva gestione delle tempistiche e del flusso operativo nell'area. Dobbiamo anche sottolineare che i tempi di lavorazione di questi materiali hanno un ciclo via molto lungo, parliamo di diversi mesi a seconda del prodotto, quindi l'incidenza delle attese dovute alla cattiva comunicazione impatta in percentuale ridotta e probabilmente è per questa ragione che non viene tenuta in considerazione con l'attenzione che invece dovrebbe ricevere. È importante non sottovalutare nessuno spreco: l'eliminazione dei muda è fondamentale per l'aumento dell'efficienza produttiva.

3.3.3. Criticità osservate

Il numero totale di movimentazioni registrate all'interno dell'area nell'intera settimana è stato di 180 trasporti con una media di 36 trasporti al giorno.

Già da a livello di osservazione si è notato come l'impiego del sistema a rotaia fosse molto limitato contrariamente a quanto supposto (**Tabella 7**).

Etichette di riga	Conteggio di Movement
Crane	68
Forklift	96
Rail	3
Transpallet	13
Totale complessivo	180

Tabella 7. Numero di spostamenti in base al tipo di macchina

Dai dati osserviamo che le movimentazioni registrate con frequenza maggiore sono quelle svolte dal muletto per un totale di 96 trasporti. A seguire vi è il carro ponte con un totale di 68. L'impiego della rotaia è apparso invece limitato a soli 3 spostamenti nell'arco dell'intera settimana. È emerso infatti che l'utilizzo di questo mezzo non avviene di frequente: gli operatori qualora sia possibile prediligono il trasporto su muletto. Se la portata del muletto consente di trasportare il componente allora questa scelta è prediletta rispetto a quella adibita in teoria per tali trasporti. L'uso della rotaia appare infatti lento e poco pratico. Per movimentare i pezzi su questo strumento si rendono necessari altri due spostamenti aggiuntivi: il materiale deve infatti essere sollevato dalla postazione con il carro ponte, posizionato con precisione sul carrello in modo tale che questo risulti stabile. Il carrello su rotaia, una volta caricato, va accompagnato sino alla zona di destinazione tenendo premuto il pulsante di avviamento collegato al sistema tramite un cavo e, una volta arrivati a destinazione, il pezzo deve essere riallacciato dal carro ponte il quale deve sollevarlo e posizionarlo nella zona buffer o sulla macchina. Per queste ragioni e per il fatto che il sistema come detto precedentemente non è particolarmente rapido, qualora si possa utilizzare una movimentazione sostitutiva questa viene preferita. Il muletto infatti con una sola manovra può prelevare autonomamente il bancale in cima al quale vi è il pezzo, trasportarlo alla zona di destinazione e depositarlo in quest'ultima. Dobbiamo comunque ricordare che le fasi di carico e scarico non sono eliminate: il componente infatti dalla zona di lavoro a quella buffer deve comunque essere spostato e posizionato sul bancale tramite l'utilizzo del carro ponte ma, in questa modalità di trasporto,

l'operatore diretto che opera nel centro di lavoro non è rallentato. Una volta finita la lavorazione posiziona subito il componente nella postazione di uscita riprendendo a lavorare il pezzo successivo. Il muletto sta poi in maniera autonoma preleverà il pezzo quando è già posizionato nell'area dedicata. Quindi l'operatore della stazione può riprendere il lavoro e continuare senza interruzioni mentre nel caso in cui sia il sistema a rotaia ad essere impiegato allora l'operatore diretto deve chiamare ed aspettare l'operatore indiretto che si occupa delle movimentazioni per posizionare il componente sul sistema trasportatore poiché sarà poi quest'ultimo a portare l'oggetto direttamente da lì alla postazione di destinazione. In questo modo appare evidente che lo spostamento con carrello elevatore non va ad inficiare e ritardare le operazioni del centro di lavoro ma ciò non implica che non infici lo spostamento stesso. Infatti non essendo sincronizzati i due operatori il componente potrebbe accumulare minuti di attesa extra dati proprio dalla "non urgenza" dello spostamento. L'operatore dedicato ai trasporti potrebbe non essere celere ed efficiente proprio perché il suo lavoro di trasporto non incide direttamente sul work center iniziale.

Un'altra criticità osservata riguarda le ore con maggiore frequenza di movimentazione. È stato notato infatti che la concentrazione dei trasporti non fosse stata equamente distribuita nel corso della giornata. Si è analizzando dunque nelle analisi che seguono il numero di spostamenti in relazione alle ore lavorative degli addetti alle movimentazioni per capire in quali fasce orarie i trasporti fossero concentrati e perché; se fosse un problema di pianificazione o ci fossero altre ragioni.

3.4. Spaghetti chart

Si è analizzato il flusso dei componenti all'interno dell'area anche tramite l'impiego della rappresentazione grafica. Lo *Spaghetti Chart* è uno strumento grafico che la metodologia Lean utilizza per rappresentare sulla pianta dello stabilimento tutte le movimentazioni che avvengono tra i vari centri di lavoro secondo l'andamento che i pezzi seguono in base alle lavorazioni a cui sono sottoposti. La mappatura avviene attraverso linee che collegano i work centers e che rappresentano i trasporti effettuati. L'insieme di linee tracciate viene a formare una rete intrecciata di righe definite per l'appunto "spaghetti", data la forma. Gli spaghetti riescono a far visualizzare in maniera immediata e intuitiva i flussi

all'interno dell'area. In questo modo si ha una rapida idea del numero di movimentazioni, di quali siano le aree in cui avvengono più passaggi e quali le distanze percorse. È possibile identificare a livello sommario dove possono riscontrarsi le macro problematiche in base alla rappresentazione dei flussi. Grazie a questa rappresentazione si ottiene uno strumento operativo per la visualizzazione rapida e immediata delle fasi di spostamento.

Per svolgere questa mappatura si sono utilizzati i dati raccolti nella fase di documentazione in particolare i work centers iniziali e finali. Nella visualizzazione grafica infatti non compaiono altri dati per esempio l'ora, l'operatore, il componente movimentato eccetera ma solamente il flusso di spostamenti nell'area. La tracciatura avviene banalmente utilizzando il layout dello stabilimento sopra il quale si segnano le movimentazioni con semplice tracciatura a matita o penna. Durante la tracciatura bisogna evidenziare eventuali punti di stock o di controllo che il prodotto subisce. Non è importante la precisione del tratto anche perché solitamente gli spostamenti non avvengono su linee rette ma casuali. L'importante è riuscire ad evidenziare con questa tecnica le criticità e gli intrecci che vengono a crearsi ovvero i muda che è importante identificare e verificare per poter migliorare il flusso produttivo all'interno dell'azienda. Bisogna mappare lo stato presente dei flussi per mettere in evidenza le problematiche immediatamente evidenti e rendere il processo più snello. Lo scopo è proprio quello infatti di rielaborare i processi e studiarli al fine di implementare una soluzione che consenta un sistema più semplice di collegamento tra i centri al fine di evitare i muda.

L'analisi tramite spaghetti chart è stata applicata alle quattro famiglie di mezzi di trasporto utilizzati nell'area. Si è deciso di rappresentare i flussi in base a questa ripartizione poiché, a seconda del mezzo utilizzato la tipologia di movimento è più o meno vincolata al percorso da eseguire (**Figura 48**).

Dalla visualizzazione dello spaghetti chart è immediatamente visibile che i flussi dei materiali seguono ampie distanze. In particolare appare evidente come il corridoio centrale sia un percorso critico a livello di passaggio poiché lungo questo tratto si snodano la maggior parte delle tratte. Il corridoio centrale è infatti l'area di collegamento tra tutti i reparti non solo quelli interni all'officina ma anche le zone esterne (out of area) da cui provengono i materiali di acquisto e accessori da altre aree. Un'altra zona critica è quella relativa ai macchinari pesanti. Lungo quel corridoio gli attraversamenti sono molteplici. Appare evidente come il flusso non sia lineare e come a livello di layout non siano ottimizzate e linearizzate le distanze da percorrere seguendo il processo. Inoltre, guardando i colori e quindi le tipologie di mezzo utilizzato per lo spostamento, si vede subito come il muletto sia il mezzo maggiormente utilizzato e quello che percorre i tragitti più "tortuosi" (linee rosse). Per quanto riguarda le movimentazioni con il carroponte (linee gialle) è evidente come i tratti siano più corti e lineari, solitamente indirizzati al traposto dei componenti dall'area buffer direttamente sulla macchina. Questo mezzo di movimentazione infatti è utilizzato per il carico/scarico dei componenti dalla macchina di lavorazione e in minor numero per le movimentazioni interne all'area o tra reparti diverse. Come già sottolineato, il carroponte si può spostare solo lungo la campata e trasversalmente alla stessa ma mai tra campate diverse a causa della sua configurazione. Inoltre è immediato notare come gli altri due tipi di movimentazione siano stati usati pochissimo: il transpallet (linee blu) solo per spostamenti brevi e saltuari ed il sistema a rotaia (linee verdi) solo per spostamenti lineari lungo il corridoio principale. Quindi è subito osservabile grazie a questa rappresentazione grafica come l'unico mezzo versatile e maggiormente impiegato sia il carrello elevatore.

La complessità delle linee e la loro complessità è comunque dovuta all'alto numero di componenti e materiali diversi che necessitano di transitare lungo i percorsi di quest'area. L'analisi dei dati rilevati durante le osservazioni spiegherà ulteriormente quanto è stato osservato.

3.5. Analisi dei dati

Successivamente l'analisi è sfociata nella sintetizzazione dei dati registrati tramite l'utilizzo delle tabelle pivot di Excel. L'obiettivo è stato quello di far emergere le

problematiche e le criticità legate alle movimentazioni sfruttando le registrazioni fatte in base alle osservazioni e ottenere una tempificazione precisa relativa alle fasi di trasporto. In questo modo si è potuto capire cosa accade realmente nell'area precisando quanto indagato a livello teorico. L'analisi qualitativa non riusciva infatti a chiarire con precisione la ripartizione dei 60 minuti stimati per un trasporto nelle diverse attività. In questo modo, avendo una visione settimanale del tipo di movimenti e della loro durata media si è potuto concretizzare e ripartire il tempo sulla base di quanto osservato a livello pratico.

3.5.1. Tempi e distanze

Successivamente a questa prima analisi di partenza si è anche voluto guardare il tempo di utilizzo speso nei cinque giorni in relazione al tipo di macchina utilizzata. Nel calcolo del tempo si sono guardati esclusivamente i minuti effettivi di movimentazione, ovvero il tempo impiegato dal carico del componente nel centro di partenza sino allo scarico dello stesso nel centro di destinazione (**Tabella 8**).

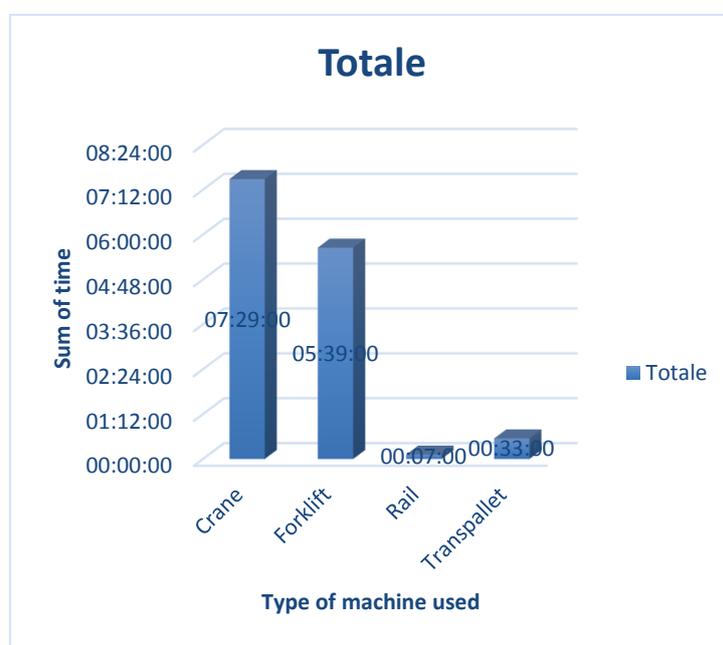


Tabella 8. Tempo speso per movimentare i componenti in base al tipo di macchina

Da questa aggregazione possiamo notare che lo strumento che in assoluto fa spendere più

tempo per lo spostamento è il carroponte. Questo sistema non è particolarmente efficiente poiché ogni qualvolta viene utilizzato l'operatore deve manovrarlo in asse con la posizione del pezzo, calare il gancio, allacciare l'attrezzatura che occorre per sollevare quel particolare componente, agganciarlo, movimentarlo e infine riportarlo a terra rimuovendo poi le catene o le fasce utilizzate per la movimentazione. Dobbiamo comunque sottolineare che nonostante non sia maneggevole questo è un sistema indispensabile poiché consente ad ogni centro di movimentare al suo interno pezzi pesanti che quotidianamente devono essere qui lavorati. Il suo utilizzo infatti è fondamentale ed inoltre può essere utilizzato direttamente dagli operatori di linea senza dover chiamare ogni volta il mulettaista. Questo fatto comporta però uno scarico dei tempi di movimentazione sulle marcature di ore degli operatori per la lavorazione del pezzo.

In base a queste prime osservazioni si è pensato quindi di andare ad analizzare le distanze percorse in base al tipo di trasporto per guardare effettivamente se il carroponte che registra un buon numero di spostamenti e un totale di ore d'impiego elevato, fosse anche quello che coprisse le distanze maggiori (**Tabella 9**).

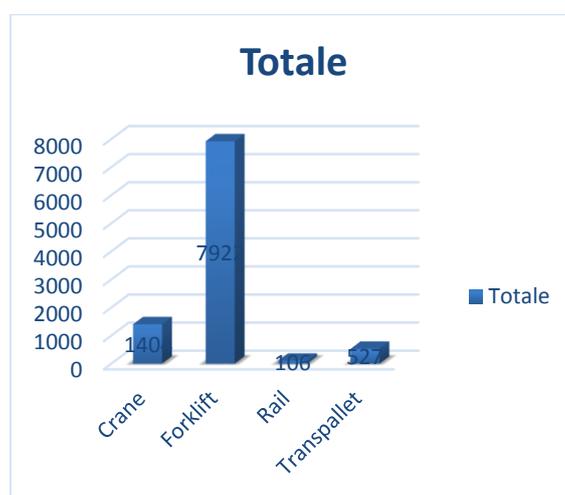


Tabella 9. Metri percorsi in base al tipo di macchina

Il conteggio dei metri nell'intera settimana è pari a 9959 metri. Con una media di 1991,8 metri percorsi al giorno. Dai dati appare però che i metri percorsi dal carroponte non sono elevati nell'arco della settimana, mentre molto più ampi risultano essere i percorsi effettuati con il muletto. Questo sottolinea la criticità del mezzo di trasporto: il suo utilizzo consuma parecchio tempo per movimentare pezzi in tragitti brevi. Al contrario il trasporto

tramite muletto copre ampie distanze impiegando molto meno tempo (**Tabella 10**).

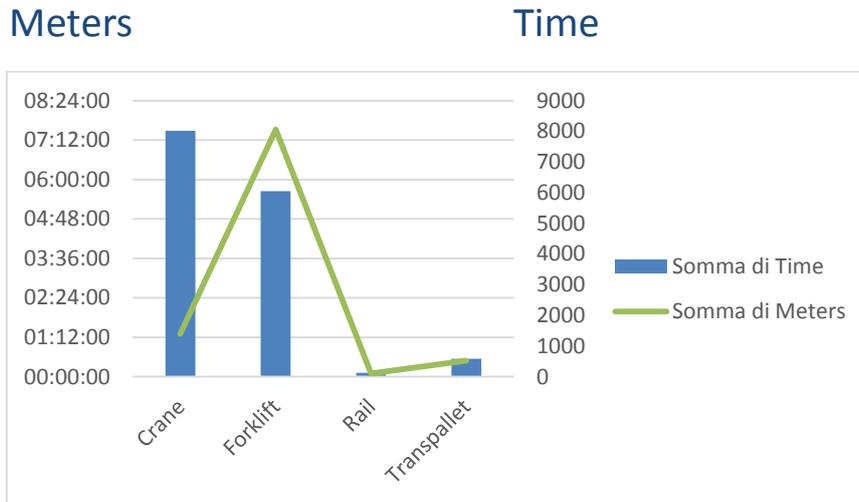


Tabella 10. Tabella aggregata metri-distanze

Dobbiamo ricordare che il carro ponte viene impiegato nella movimentazione durante la fase iniziale e quella finale. Esso è usato per posizionare il componente nell'area buffer oppure per caricare quest'ultimo nella zona di lavoro quando la macchina o l'area di trasformazione del work center si rende disponibile per il nuovo materiale in ingresso.

3.5.2. Impiego degli operatori

Per valutare e avvalorare questa prima ipotesi secondo cui il carro ponte fosse una movimentazione particolarmente critica, si è voluto andare a valutare quali fossero gli spostamenti che hanno richiesto l'impiego di più di un operatore per effettuare lo spostamento. Qualora infatti il carro ponte fosse anche lo strumento che più spesso richiede molteplici risorse per i movimenti, si sarebbe avvalorata la tesi secondo la quale si sarebbe dovuto rendere necessario un miglioramento nella gestione di questo strumento e di conseguenza un'ottimizzazione dei tempi dilatati causati dallo stesso. Come abbiamo detto infatti si è osservato che per trasporti particolarmente problematici sovente si è resa necessaria la collaborazione di più risorse per poter gestire componenti con dimensioni elevate (**Figura 49**).



Figura 49. Impiego di due operatori per movimentazione del componente

Sono stati relazionati il numero di movimenti, il tipo di macchina e il numero di operatori al fine di evidenziare quanto esplicito (**Tabella 11**).



Tabella11. Numero di spostamenti che hanno richiesto l'impiego di operatori multipli in base al tipo di macchina

I dati sembrano confermare quanto detto. Tra gli spostamenti che necessitano l'impiego di più operatori più del 77% risultano essere movimentazioni fatte con il carroponte, il che andrebbe a validare il fatto che questo mezzo di spostamento sia quello più problematico.

3.5.3. Impatti sulla produzione

Una volta effettuata questa prima analisi è sorta la necessità di andare ad indagare con precisione i tempi di movimentazione in relazione agli impatti sulla produzione. Si è voluto andare a guardare quanti spostamenti avessero subito ritardi, complicazioni o attese dovuti alle cause elencate precedentemente. È risultato aggregando le informazioni registrate che circa la metà dei trasporti è soggetta a un impatto (**Tabella 12**). Questo dato è particolarmente rilevante ai fini del nostro studio: ridurre il lead time significa eliminare gli sprechi e riuscendo a individuare dove e quali siano le problematiche si è in grado di operare al fine di rimuoverli.

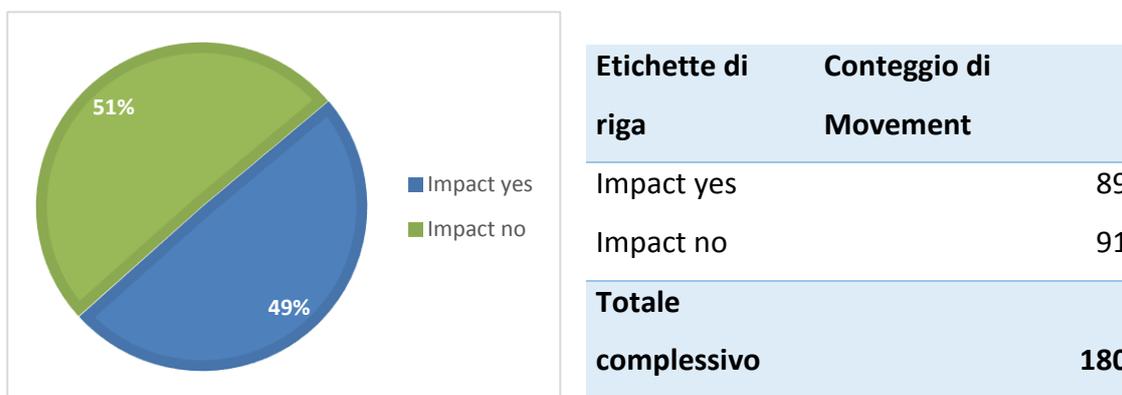


Tabella 12. Percentuale di spostamenti con impatti

Guardando quanto gli impatti fossero imputabili al carroponete, al carrello elevatore, al sistema a rotaia e al transpallet, si sono volute evidenziare le problematiche causanti sprechi di tempo in relazione al tipo di mezzo di trasporto che si stesse utilizzando. Andando ad indagare in questo senso è stato possibile capire in funzione di un'ottica di miglioramento complessivo su quali cause poter agire per arginare e combattere i problemi attuali. È emerso che la maggior parte dei muda non erano attribuibili tanto al carroponete quanto al sistema a muletto per l'87% dei casi (**Tabella 13**).

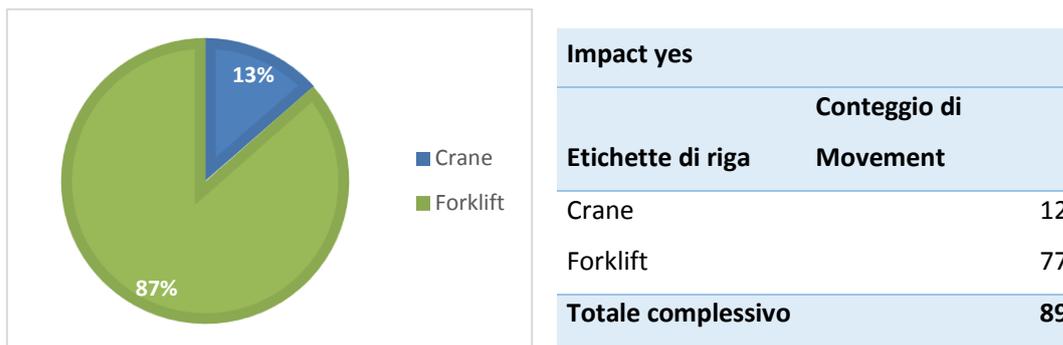


Tabella 12. Tra gli spostamenti con impatto quanti sono attribuibili a ciascun mezzo

Il transpallet e la rotaia sono invece sempre risultati disponibili, non hanno quindi registrato tempi di attesa o di chiamata. La gestione dei componenti non ha mai causato problemi durante le osservazioni durante l'uso di questi due mezzi di trasporto. C'è da sottolineare che gli spostamenti fatti con il transpallet sono solitamente corti e destinati al trasporto piuttosto facile di materiali con dimensioni e pesi ridotti la cui gestione risulta pertanto semplice. Per lo stesso motivo trovare un posto di destinazione nel quale posizionare questi materiali non è difficile.

Per quanto riguarda la rotaia invece, essendo un mezzo poco usato, la sua disponibilità non ha mai trovato intralci. Durante il suo impiego però sono emersi problemi legati alla difficile collocazione del componente su questo mezzo di trasporto. Ogni volta infatti che viene utilizzato il sistema a rotaia, il componente da manipolare deve essere posizionato tramite carro ponte sul carrello in maniera sicura e stabile onde evitare oscillazioni del pezzo lungo le rotaie. Per questo la fase iniziale delle movimentazione può registrare problematiche a livello di impatti. Questi però non ricadono direttamente sulla rotaia poiché, una volta che inizia la movimentazione con questo dispositivo il componente è già stabile e sicuro e deve solo essere transitato lungo il corridoio. È durante la fase precedente che si possono verificare delle complicanze e per questo gli impatti sono stati imputati al carro ponte. Infatti è nel momento in cui il materiale è ancora agganciato al carro ponte che viene perso tempo a capire come gestire il componente e come posizionarlo sulla rotaia. Una volta che il pezzo si trova poi sul carrello il tempo di movimentazione dipende solamente dalla velocità di quest'ultimo ma non registra problemi durante il suo transito. Anche i problemi di scarico pezzi e quindi di allocazione finale all'interno dell'area buffer o del centro di lavoro, riguardano sempre l'impiego del

carroponte quindi sono stati attribuiti a quest'ultimo.

Andando quindi a sommare il tempo di non produttività registrato ai tempi di movimentazione si è guardato di quanto questi ultimi aumentassero (**Tabella 14**).

Etichette di riga	Somma di Time	Somma di Impact waste
Crane	07:29:00	02:21:00
Forklift	05:39:00	29:14:00
Rail	00:07:00	00:00:00
Transpallet	00:33:00	00:00:00
Totale complessivo	13:48:00	31:35:00

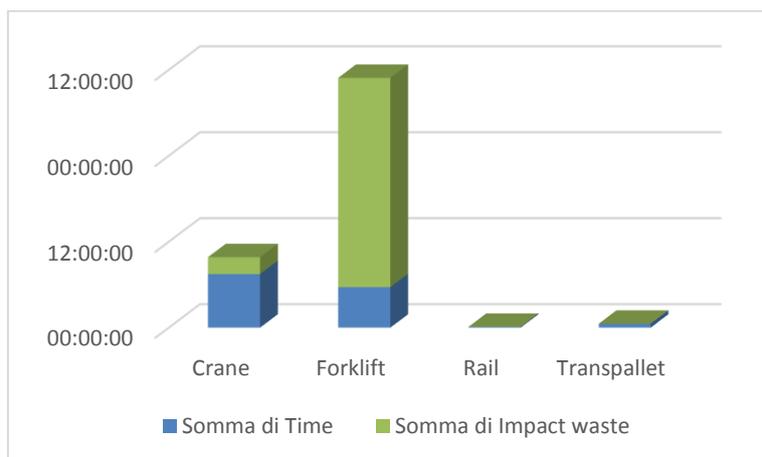


Tabella 13. Tempi di movimentazioni e tempi morti

Possiamo notare come l'incidenza degli impatti sui tempi persi dal muletto abbia un'incidenza totalmente preponderante. Mentre per il sistema a rotaia e il transpallet non vi è cambiamento, per il muletto il tempo complessivo aumenta più del 200%. Anche il carroponte vede un innalzamento dei tempi complessivi che appare però del tutto marginale se confrontato con quello relativo al muletto.

Si è quindi andati ad analizzare l'incidenza delle sole attese (**Tabella 15**) ed è emerso che

tutti i tempi di attesa sono risultati imputabili al muletto.

Etichette di riga	Somma di Time	Somma di Waiting
Crane	07:29:00	00:00:00
Forklift	05:39:00	27:37:00
Rail	00:07:00	00:00:00
Transpallet	00:33:00	00:00:00
Totale complessivo	13:48:00	11:37:00

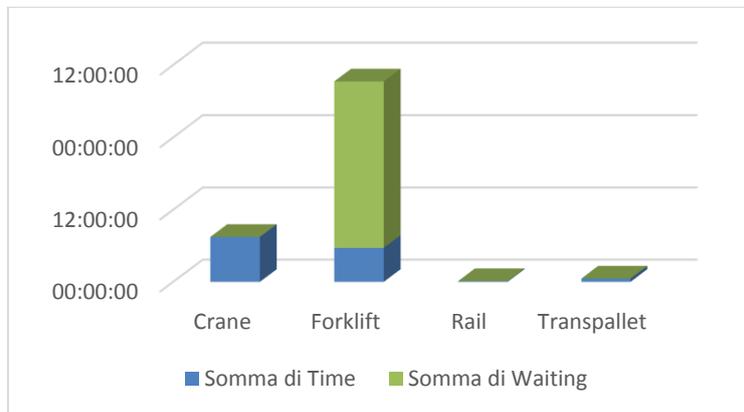


Tabella 14. Analisi dei tempi di attesa

Conseguentemente a questa analisi possiamo quindi affermare che la vera fonte di spreco risiede nei wasted time causati da questo tipo di movimentazione e non dal carroponte come ipotizzato inizialmente. Possiamo calcolare che per ogni spostamento effettuato con il muletto, che conteggia un numero totale di spostamenti pari a 96 totali, ci siano quindi in media circa **7 minuti** di tempo perso in attese a non valore aggiunto.

Infine si è notato che le ore le ore con maggior traffico a livello di movimentazioni sono state quelle mattutine e quelle serali, intorno alle 06:00 di mattino e le 17:00 di sera (**Tabella 16**).

Etichette di riga	Conteggio di Movement
06	28
07	7
08	19
09	21
10	24
11	10
13	8
14	11
15	9
16	12
17	29
18	4
19	3
Totale complessivo	185

Tabella 16. Numero di movimenti relativo alle ore di lavoro

Il picco in queste ore è giustificato dal fatto che, poiché durante il turno notturno non possono essere eseguiti spostamenti tra centri, allora i componenti a fine giornata vengono già predisposti nelle aree di lavoro per essere già posizionati secondo ciclo nel work center in cui verranno lavorati la notte. Anche la mattina è una fascia oraria molto trafficata poiché si deve soccombere ai fermi di spostamenti che non sono stati fatti nel terzo turno. Per cui tutti i componenti che hanno finito la lavorazione in un centro durante la notte e devono essere portati nell'area preposta alla fase successiva, devono essere movimentati alla mattina. Questo vincolo origina code e attese in particolar modo durante queste ore in cui si registrano waiting time più alti (**Tabella 17**).

Etichette di riga	Somma di Waiting
06	05:14:00
07	03:38:00
08	01:02:00
09	02:12:00
10	02:07:00
11	00:44:00
13	00:12:00
14	01:13:00
15	02:58:00
16	01:11:00
17	04:56:00
18	01:07:00
19	01:03:00
Totale complessivo	27:37:00

Tabella 17. Analisi dei tempi di attesa in relazione alle ore di lavoro

3.5.4. Tempo medio di trasporto

Possiamo già comprendere che il tempo di trasporto è stato sovra stimato poiché l'intera gestione di un pezzo tra un reparto e l'altro è mediamente inferiore ai 60 minuti dedicati da pianificazione a ciclo. Per valutare quanto sia la durata reale media attuale di una movimentazione dobbiamo considerare:

1. *Prima fase:* il tempo speso dal work center iniziale dall'area di lavoro alla zona buffer di materiali in uscita. Questa movimentazione è sempre fatta utilizzando il carro ponte. Uno spostamento effettuato con il carro ponte ha una durata media di 6,6 minuti. Il dato è stato ricavando dal tempo complessivo di utilizzo del carro ponte, 07:29 ore, diviso il numero di spostamenti effettuati con questo

mezzo, 68. A questo valore va però addizionata un fattore di tempo aggiuntivo dovuto al possibile ritardo causato da impatti imprevisti. Il tempo totale legato agli impatti causati dall'utilizzo di carroponte è di 02:21 ore che su un totale di 07:29 ore di movimentazione incidono nell'incremento del tempo per un 31% in più. I 6,6 minuti di trasporto incrementati del 31% danno un tempo complessivo di 8,6 minuti arrotondati a **9 minuti**.

2. *Seconda fase*: il tempo di attesa del mezzo di trasporto. Abbiamo visto che il transpallet viene impiegato solo per spostamenti di materiali di piccole entità e può quindi essere tralasciato nell'analisi così come il sistema a rotaia impiegato solo in tre occasioni durante l'intero arco della settimana. Per stimare il tempo di attesa e di percorrenza prenderemo in considerazione quindi solo il carrello elevatore. Anche in questo caso dividendo il tempo di attesa complessivo per il numero di spostamenti fatti dal muletto troviamo un tempo di attesa medio pari a **17 minuti**.
3. *Terza fase*: il tempo di percorrenza vero e proprio tra un centro e l'altro inteso come l'intervallo che intercorre tra la presa del componente nel centro iniziale sino allo scarico di quest'ultimo nel centro finale. Il tempo medio impiegato dal muletto per svolgere questa operazione è di circa 3,5 minuti. Questo tempo comprende anche la fase di scarico del componente nell'area buffer di destinazione. Anche per questa operazione il tempo va moltiplicato per un fattore correttivo di imprevisti causanti impatti sulla produzione i quali, escludendo il tempo di attesa, risultano particolarmente esigui sul tempo totale. Il tempo totale legato agli impatti causati dall'utilizzo di muletto, escludendo le attese, è di 01:37 ore che su un totale di 05:39 ore di movimentazione incidono nell'incremento del tempo per un 28% in più. I 3,5 minuti di trasporto incrementati del 28% danno un tempo complessivo di 4,48 minuti arrotondati a **5 minuti**.
4. *Quarta fase*: la fase di posizionamento del componente nel centro di lavoro finale. Questa manovra ha le stesse caratteristiche della prima fase poiché avviene sempre per opera dell'operatore interno ed è eseguita per mezzo del carroponte. Possiamo quindi considerare che il tempo medio per questa operazione sia ancora di **9 minuti**.

Il tempo complessivo di trasporto risulta quindi essere in media di **40 minuti**.



Una volta calcolato il tempo medio di trasporto e analizzate ed individuate le problematiche che danno origine a sprechi di tempo, è necessario trovare delle soluzioni che vadano quanto più a ridurre o eliminare questi muda riducendo al più possibile il tempo dedicato alle movimentazioni a livello di lead time. Come fare? Bisogna cercare un'alternativa che possa rendere più produttivo il carrello elevatore poiché questo è stato individuato come la principale fonte di inefficienza. Infatti è questo mezzo di trasporto che causa le attese che vanno ad incidere per un **42%** sul tempo complessivo di movimentazione. Come possiamo quindi rimpiazzarlo? Dobbiamo ricordare che insieme al carrello elevatore è il sistema a rotaia a causare più problematiche di gestione e di sicurezza. Si deve quindi pensare ad una nuova configurazione di trasporti per evitare sprechi di tempi dovute a pause, chiamate, attese, fermate, lenta gestione degli spazi, code nei trasporti che renda più efficiente l'intero sistema di trasporti adottato sin ora. Ad oggi sul mercato sono presenti molteplici soluzioni.

4. ANALISI DELLE ALTERNATIVE

In base ai dati emersi dalle analisi effettuate sia a livello teorico che tramite osservazioni dirette, si è quindi andata a valutare una serie di alternative volte al miglioramento dei flussi interni dei materiali. Si è innanzitutto valutato un cambiamento a livello di layout basato sulle analisi fatte grazie all'utilizzo dello spaghetti chart per valutare di ridurre in termini di distanze gli spostamenti dei componenti tra i diversi centri in base alle lavorazioni che devono eseguire. In seguito si sono guardati altri mezzi di movimentazione al fine di sostituire il sistema a muletto il quale, come visto, è quello che causa più tempi di non produttività.

4.1 Sistema a rotaia

Una prima proposta per rimpiazzare l'attuale sistema a rotaia sarebbe quella di sostituire il vecchio sistema obsoleto con una nuova soluzione sempre su rotaia ma automatizzata. I nuovi carretti trasportatori sono oggi in grado di percorrere in maniera autonoma il tratto impostato senza necessità che vi sia l'operatore a seguire il trasporto azionando il dispositivo (**Figura 50**).



Figura 50. Sistema a rotaia

Questo renderebbe sicuramente più agevole e rapido lo spostamento poiché una volta caricato il dispositivo questo sarebbe in grado di raggiungere la postazione finale senza bisogno di essere accompagnato e verrebbe scaricato da un secondo operatore al termine della sua corsa. In questo modo l'operatore della postazione iniziale una volta posizionato il componente sul mezzo si renderebbe di nuovo libero per continuare la lavorazione al proprio centro senza dovere interrompere la fase di lavoro per compiere una movimentazione di cui non dovrebbe essere adibito. In questo modo però si andrebbe a risolvere una minima parte dei problemi legati al sistema attuale. Innanzitutto i rischi di infortunio continuerebbero a persistere dato che si andrebbe a mantenere la causa delle distorsioni e degli inciampi, ovvero la rotaia. Eliminare questa problematica è essenziale ai fini di questo progetto dato che esso nasce proprio da un'esigenza espressa dal reparto sicurezza. Inoltre questo mezzo sarebbe utilizzato unicamente per il trasporto longitudinale lungo il corridoio: in questo modo si limiterebbero notevolmente gli ambiti di applicazione del sistema e la sua flessibilità nell'ambito logistico risulterebbe parecchio ridotta. Dobbiamo sottolineare infatti che questo tipo di movimentazione è suggerita appositamente per trasporto orizzontale ovvero in quegli ambiti in cui gli spostamenti richiesti seguono una linea retta ben definita. Solitamente si parla di magazzini automatici o lavorazioni in linea. In questo modo però il sistema potrebbe essere impiegato per una parte ridotta di movimentazioni. Il tratto coperto sarebbe esiguo e qualora si volessero estendere le rotaie all'interno dello stabilimento, queste creerebbero altre problematiche di ingombri e intralci non solo per gli operatori ma anche per il passaggio degli altri mezzi quali il muletto e il transpallet. Già oggi il carrello è un ostacolo quando è stanziato in posizione di fermo all'interno del corridoio poiché va a limitare gli altri spostamenti; gli altri veicoli devono evitare il sistema deviando la loro traiettoria per superare il mezzo di locomozione. Più che una fonte di aiuto per le movimentazioni tornerebbe quindi ad essere un ingombro problematico. Per tutte le ragioni elencate la prima proposta non è apparsa sin da subito risolutoria e utile ai fini dell'analisi ed è stata quindi scartata immediatamente.

4.2 Gru elettrica

Le gru elettriche sono lo strumento ideale per lavorare in ambienti coperti poiché grazie

al loro motore elettrico consentirebbero l'operatività in luoghi chiusi a zero emissioni acustiche e di gas (**Figura 51**).



Figura 51. Gru elettrica

Andremmo in questo modo ad ovviare il problema ad oggi costituito dalle attuali gru a combustione di cui l'azienda dispone. La loro operatività non sarebbe quindi limitata unicamente alle ore notturne o alle zone aperte ma sarebbe un dispositivo in grado di operare sempre e in tutte le zone da noi interessate. Ad oggi poi questi mezzi di trasporto sono dotati di un sistema radar che permette la manovra della gru senza che l'operatore debba trovarsi all'interno del veicolo. Con i comandi via radar si può comandare il dispositivo dall'esterno in modo da visualizzare in maniera più chiara e sicura gli spazi e le zone di manovra. Con questo sistema non andremmo comunque ad eliminare la necessità di un operatore; questo infatti dovrebbe comunque restare disponibile nei pressi del macchinario per poterlo gestire nella movimentazione. Quindi il comando esterno è sicuramente migliorativo ai fini del controllo e del comando del veicolo ma non va a creare un saving a livello di costi. Possiamo notare anche che la forza a gru fungerebbe da carrozzone evitando quindi la duplicazione delle manovre di prelievo dei materiali all'interno dei centri. Ad oggi infatti il componente lavorato deve essere posizionato nella zona buffer adiacente alla postazione di lavorazione e lì sosta in attesa del prelevamento del muletto/sistema a rotaia con il quale viene movimentato sino al work center successivo. Anche nella zona di destinazione viene collocato nell'area di ingresso per poi essere trasferito tramite carrozzone nella postazione dove il componente viene trattato. Con l'utilizzo di un sistema di questo tipo il pezzo potrebbe quindi essere prelevato ed

allocato nell'area di lavorazione direttamente dalla gru. Dobbiamo però notare che non tutti i work center permetterebbero una manovra di tal genere. L'accesso alle aree dove si opera non è ampio a tal punto da permettere ad un veicolo di dimensioni elevate l'accesso diretto alla zona di carico. Un punto a sfavore di questi mezzi di trasporto riguarda proprio le dimensioni. Essendo un mezzo per il sollevamento di componenti pesanti, parliamo di una portata richiesta di 7 tonnellate, gli ingombri del mezzo si aggirano intorno ai 3 metri di larghezza e ai 5 metri di lunghezza più lo spazio occupato dal componente sollevato dalla gru. È infatti il braccio del dispositivo che allungandosi consente al componente di essere portato in alto senza cozzare con la parte di guida del veicolo. Per consentire l'imbrago del pezzo sulla macchina parliamo quindi di una lunghezza occupata di circa 6/7 metri. In questo modo le aree di carpenteria sarebbero inaccessibili così come alcune macchine utensili pesanti e anche l'area taglio e quella di lavaggio richiederebbero ancora la necessità dell'uso del carro ponte. Inoltre se venisse acquistato un solo dispositivo questo dovrebbe comunque essere supportato da altri mezzi come i muletti o un numero più elevato di gru. Infatti nel momento in cui il dispositivo andasse a prelevare un componente dalla posizione di lavoro dovrebbe impiegare diverso tempo per imbragarlo, sollevarlo, trasportarlo e di nuovo sganciarlo alla postazione finale risultando così occupato per un lasso di tempo non esiguo. Questo creerebbe code nei trasporti rendendo necessario l'impiego di altri mezzi. La soluzione appare in questo senso limitante e riporta diverse problematiche che andranno valutate più nel dettaglio qualora si optasse per questa alternativa. In conclusione gli aspetti positivi non risultano predominanti considerate le analisi fatte su questa tipologia di movimentazione.

4.3. Sistemi AGV

I sistemi impiegati nell'ambito della logistica interna che negli ultimi anni hanno preso piede rapidamente venendo implementati in un numero sempre crescente di imprese sono i sistemi AGV. Gli AGV, *Automated Guided Vehicle*, sono sistemi in grado di eseguire percorsi senza il supporto di un operatore in maniera automatica. Questi carrelli sono impiegati nel trasporto automatizzato di merci e materiali da immagazzinamento e permettono, grazie al lavoro non presidiato, di ottenere risparmi in termini di sforzi, tempi, risorse e spazi. Inoltre tali dispositivi possono facilmente essere incrementati nel

numero e negli impieghi grazie alla loro efficienza che consente di conseguire vantaggi a livello di ottimizzazione dei flussi, distribuzione del lavoro sui diversi dispositivi, versatilità e tempo di utilizzo. Essendo infatti sistemi automatici sono in grado di lavorare in non presidiato anche quando l'azienda non è in orario lavorativo estendendo così la linea temporale per la gestione dei componenti nel reparto produttivo. È possibile tramite questi sistemi un incremento del numero di trasporti e l'aggiornamento dei percorsi da effettuare non è difficoltoso. Inoltre la precisione di una macchina permette di evitare perdite di tempo o fermi che l'operatore effettua durante l'arco delle ore lavorative e non si possono registrare errori a livello di percorsi.

Questi carrelli sono composti da una struttura principale alimentata a batterie che consente di avere zero emissioni all'interno degli ambienti chiusi. Ogni struttura dispone inoltre di un sistema di guida che permette al dispositivo di eseguire la traiettoria indicate. I comandi al sistema di guida vengono impartiti da un calcolatore interno che elabora i dati che vengono anche comunicati al carrello tramite un sistema di comunicazione che impartisce i comandi.

Esistono diversi tipi di carrelli automatici che si differenziano in base al tipo di sistema di guida.

4.3.1. Sistema a marcature superficiali

I sistemi a marcature superficiali necessitano dell'installazione di nastri disposti lungo i pavimenti che tracciano il percorso che il sistema deve eseguire, per questo sono da considerarsi sistemi a guida fissa. La guida ottica posta all'interno del carrello provvede ad individuare il tracciato posto a terra direzionando la struttura nella corretta direzione **(Figura 52) (Figura 53)**.

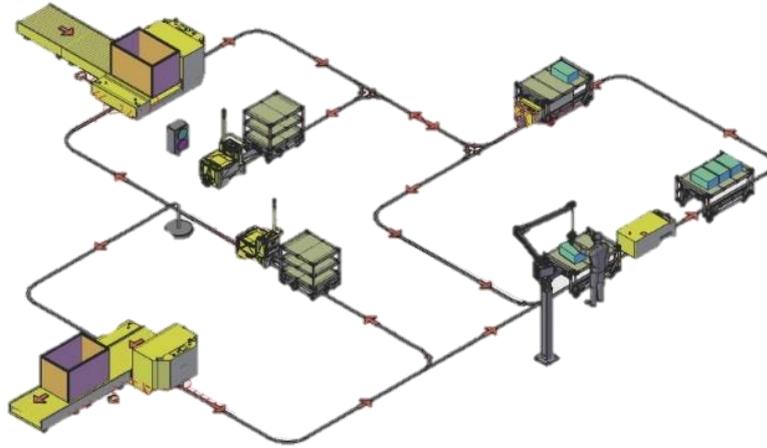


Figura 52. Esempio di implementazione di carrelli a guida ottica

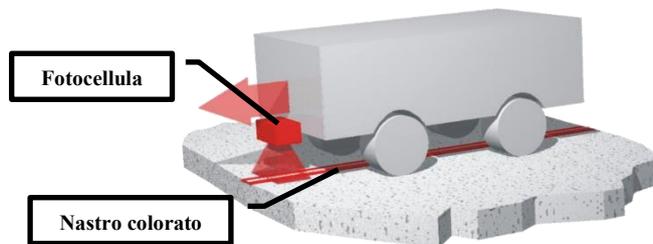


Figura 53. Sistema a guida ottica

È possibile il sistema disponga di un sistema a guida ottica con luce riflessa. In questo caso i nastri utilizzati sono catarifrangenti di modo che il carrello individui il percorso grazie a un dispositivo posto su quest'ultimo che emette un raggio di luce polarizzata che viene riflessa dal nastro e captata dalla guida ottica che individua il percorso e comanda così il dispositivo lungo il tratto stabilito (**Figura 54**).

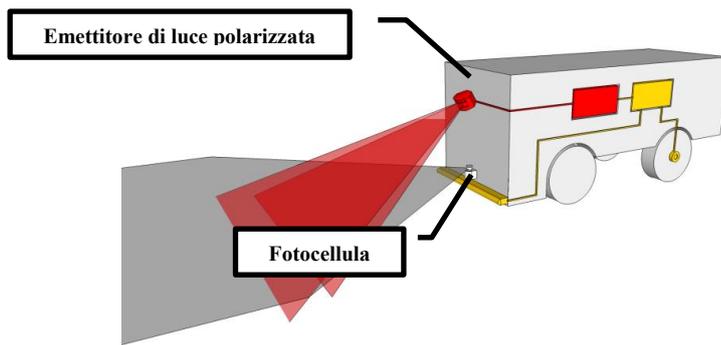


Figura 54. Sistema a guida ottica a luce riflessa

Questo sistema è tra tutti quello più antiquato poiché necessita ancora dell'impiego di nastri da posizionare sul pavimento. Qualora si debba cambiare percorso o moltiplicare i tragitti, risulta necessario andare a modificare i tracciati e riallocare i nastri ove necessario. È evidente che tale operazione comporta un impiego di tempo notevole per il riallestimento dei tragitti qualora si rendano necessarie delle modifiche. Anche nel caso in cui gli spazi di transito vengano modificati a causa di un re-layout dello stabilimento o per l'introduzione di nuovi macchinari nell'area, questa operazione di riallestimento della segnaletica orizzontale non è del tutto pratica. Infine dobbiamo ricordare che a causa della presenza di altri mezzi nel medesimo luogo in cui verrebbero impiegati questi dispositivi, vi è il rischio che i nastri, per quanto siano resistenti, abbiano bisogno di una manutenzione ulteriore poiché potrebbero rovinarsi a causa del continuo passaggio su quest'ultimi di muletti, gru o transpallet.

4.3.2. Sistema a guida induttiva

Un'altra famiglia di sistemi a guida fissa è rappresentata dai sistemi a guida induttiva (**Figura 55**). Questi sistemi elettrici filoguidati sono in grado di muoversi autonomamente tramite un percorso tracciato fisso inserito nel pavimento. Viene innestato a terra un filo conduttore percorso da corrente con diverse frequenze a seconda dei percorsi. Il campo magnetico che si viene a formare nel momento in cui il filo è attraversato dalla corrente è tanto più intenso quanto più si è in prossimità del conduttore e va scemando man mano che ci si allontana. Nel momento in cui in questo campo viene a trovarsi una bobina allora si crea sul percorso tracciato dal filo una tensione che è direttamente proporzionale

all'intensità del campo magnetico. Nel sistema sono quindi installate due bobine che vengono posizionate all'interno dei sensori di guida del dispositivo e queste nel momento in cui vengono alimentate generano un particolare e preciso valore di tensione. La tensione prodotta dalle bobine azione con l'accensione del sistema a navetta uguaglia la tensione prodotta dal campo magnetico del tragitto tracciato tramite filo sul pavimento. Il sensore di guida deve essere indirizzato in maniera precisa sulla pista per far sì che il dispositivo riesca a seguire la traiettoria indicata dalla tensione: nel momento in cui il sensore non è sulla stessa traiettoria del filo allora vi sarà una differenza di tensione la quale verrà percepita dal computer di bordo tramite un segnale diretto. A seguito della ricezione del segnale, il computer elaborerà una risposta diretta al veicolo comandandogli di reindirizzare la traiettoria per ristabilire i valori della tensione.

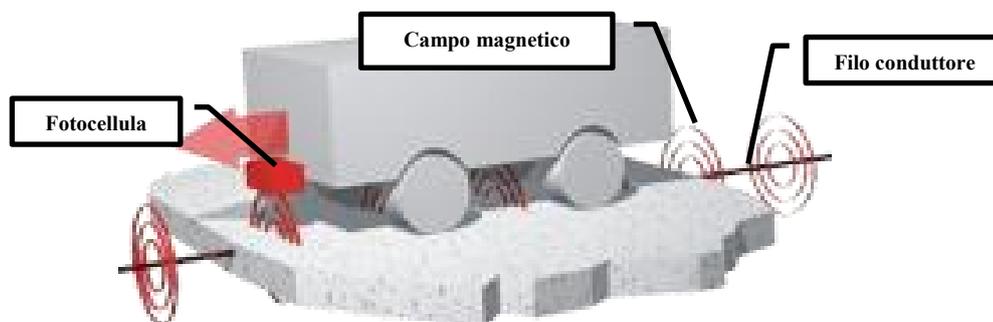


Figura 55. Sistema a guida induttiva

Il filo conduttore posizionato a terra è un filo di rame che deve essere isolato tramite un rivestimento in plastica e che viene inserito sotto il pavimento tramite un incavo generato lungo lo stesso. La scanalatura viene poi ricoperta e richiusa con uno strato di resina. Tra la resina e il filo deve essere collocato uno strato di gomma sintetica. Nelle zone di giunzione del pavimento, il filo deve essere protetto tramite degli accorgimenti per fare in modo che non venga lacerato o usurato dal passaggio di persone o mezzi di trasporto su di esso. Il filo viene alimentato da un generatore di frequenza a bassa tensione. Attorno al cavo posto sotto il piano di calpestio viene così a generarsi un campo magnetico concentrico come è rappresentato in figura che traccia il percorso da far eseguire al veicolo.

Come anticipato con questo sistema si possono creare differenti percorsi per uno stesso

dispositivo differenziando la tensione del tracciato in modo da permettere al veicolo di riconoscere e seguire differenti tragitti. I problemi legati al dispositivo sono diversi: innanzitutto il numero di percorsi che si possono implementare non possono essere troppo numerosi per non creare una ragnatela complessa a livello di pavimento. I cavi devono essere coperti all'interno della superficie per cui qualora si volesse cambiare percorso la modifica del tracciato non risulterebbe né semplice né economica. Inoltre il dispositivo funziona se sono presenti particolari condizioni o esigenze ambientali. Il campo magnetico può essere alterato in presenza di un alto tasso di umidità, bassa temperatura oppure percorsi di lavorazioni all'esterno dove risulterebbe difficoltoso utilizzare il sistema di guida con tecnologia laser. Le problematiche che si presentano anche in questo caso possiamo dire che sono analoghe a quelle descritte per il sistema ottico.

4.3.3 Sistemi magnetici

I sistemi a guida magnetica utilizzano un sistema di movimentazione ancora una volta a guida fissa (**Figura 56**). In questo caso il veicolo a navetta riconosce il tracciato da seguire grazie all'impiego di capsule magnetiche annegate a pavimento. Il sistema di installazione di tali magneti, detti *spot*, è meno complesso rispetto a quello del filo di rame isolato. Per l'implementazione di queste piastrine calamitate è sufficiente scavare dei solchi lungo il piano di calpestio, veri e propri buchi dove inserire i magneti. Questi possono essere ricoperti utilizzando la resina senza necessità di inserire la gomma sintetica. Oltre ai singoli magneti possono essere implementate anche bande o nastri magnetici. La calamite inserita nel dispositivo, in corrispondenza dei sensori di guida, capta la polarità dei magneti posti a terra e si dispone lungo la traiettoria tracciata. Come nel caso del sistema induttivo, si possono diversificare più percorsi da far eseguire al medesimo carello sfruttando molteplici combinazioni di polarità dei magneti.

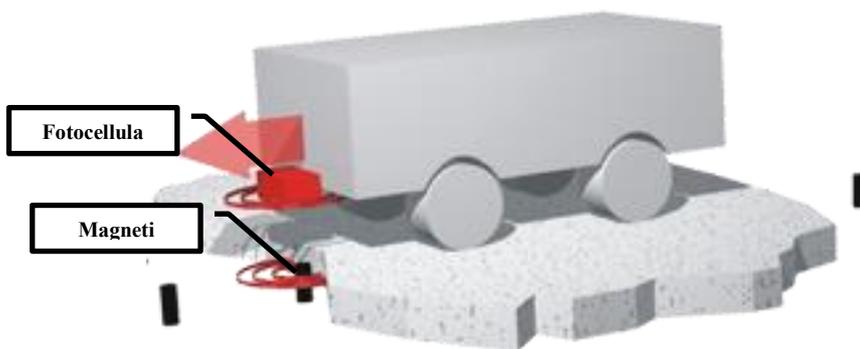


Figura 56. Sistema magnetico

Questo sistema viene impiegato quando sistemi a riflettori o a laser scanner, di cui parleremo qui di seguito, non possono essere implementati a causa della configurazione dello spazio di manovra del carrello. A differenza del sistema ottico non è invasivo sulla superficie dove il dispositivo transita infatti i tracciati non sono esterni al pavimento e, rispetto al sistema a induzione, necessita di un intervento nella pavimentazione meno complesso. Inoltre rispetto al sistema ad induzione, può essere utilizzato anche negli ambienti esterni. Inoltre i lavori per la sua implementazione sono rapidi, non richiedono strutture aggiuntive e possono essere aggiornati i percorsi in maniera più semplice. Permane invece il problema della guida fissa che comporta comunque complicanze a livello di gestione dei tracciati e di flessibilità di adattamento alle nuove richieste ed esigenze del reparto produttivo.

4.3.4. Sistema a riflettori con laser rotante

I veicoli a guida laser usano una tecnologia basata su un sistema a laser rotante posizionato sul dispositivo implementato con l'utilizzo di specchietti catarifrangenti posizionati lungo il percorso su punti fissi (pareti, macchinari, attrezzatura fissa) ove il dispositivo deve passare (**Figura 57**). Il dispositivo emette una luce laser che colpendo gli specchietti emette una riflessione del segnale che viene captata dalla testa rotante la quale rileva la direzione del punto di riflessione e la invia al computer di bordo. Il computer elabora e calcola la distanza dallo strumento catarifrangente e riesce a misurare la posizione del carrello stesso. Inoltre il computer confronta la posizione rilevata con il

percorso programmato e riesce a fornire le correzioni del percorso in base a quanto ha in memoria.

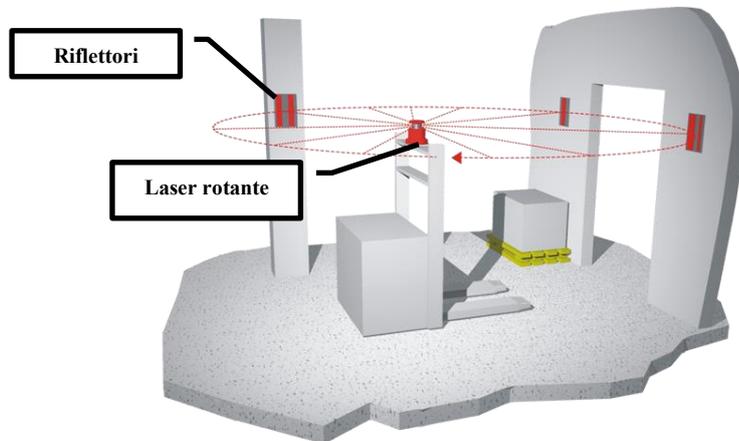


Figura 57. Sistema a riflettori e laser rotante

Grazie a questa tecnologia il dispositivo riesce a direzionarsi in maniera autonoma lungo il percorso anche se la navigazione resta comunque fissa ovvero vincolata all'utilizzo dei sistemi riflessanti. I riflettori necessitano di essere posizionati in maniera precisa e visibile di modo che restino sempre visualizzabili dal sistema. La loro implementazione non è così semplice se si considera il layout di uno stabilimento: i punti su cui possono essere applicati non sempre sono disponibili. Infatti in ambienti ampi si devono trovare strutture portanti lungo cui collocarli che rientrino nel raggio d'azione del laser rotante di modo che se ne permetta la comunicazione tra specchietti e sistema centrale. La flessibilità rispetto ad un cambio di layout è maggiore rispetto ai sistemi visti precedentemente poiché, come per i sistemi a guida ottica, basta cambiare il posizionamento degli specchietti catarifrangenti lungo il percorso anche se l'operazione non sempre è rapida e immediata dato che l'ubicazione di questi ultimi, come detto precedentemente, deve essere accurata e rispettare parametri di distanza e chiara visibilità rispetto al dispositivo.

4.3.5. Sistema a laser scanner

Questa tipologia di sistema è la sola in grado di eseguire percorsi a guida libera ovvero

senza seguire un tracciato prestabilito. Il sistema di movimentazione viene calcolato tramite software. Il computer di bordo è in grado di memorizzare l'area di attraversamento del sistema tramite una mappatura iniziale configurata manualmente che avviene a carico di un operatore il quale movimentando tramite joystick il dispositivo lungo l'area permettendo a quest'ultimo di memorizzare l'ambiente circostante attraverso i laser scanner (**Figura 58**) posizionati lungo la sua circonferenza. Il sistema di scansione è in grado di rilevare gli spazi liberi di movimentazione e la distanza dalle pareti della struttura: in questo modo il software riesce a creare una vera e propria cartina dell'ambiente riconoscendo gli spazi entro cui muoversi.

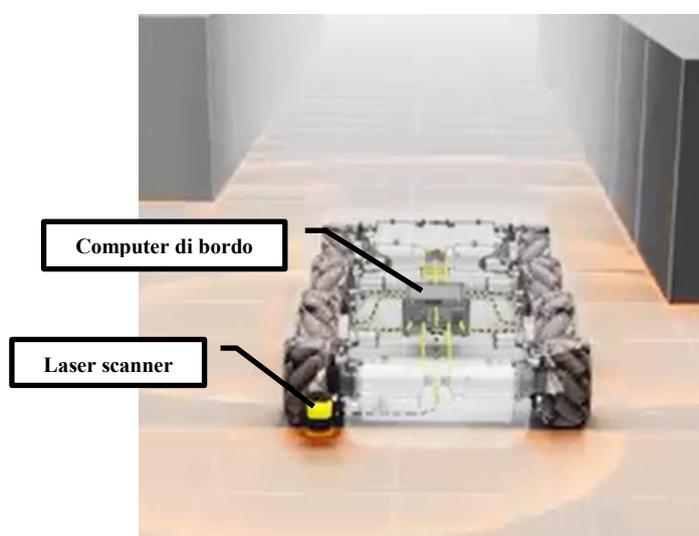


Figura 58. Sistema a laser scanner

Dopo la prima mappatura il dispositivo è in grado di muoversi autonomamente rilevando attraverso gli scanner l'area circostante e confrontandola con quella memorizzata è in grado di correggere la traiettoria in caso di cambiamenti. Poiché questo AGV è in grado di localizzarsi all'interno dell'area, sa quale è la sua posizione attuale e calcola il percorso in base alla destinazione che gli viene comunicata. Il tragitto da percorrere è calcolato tramite una minimizzazione del tempo di attraversamento e quindi delle distanze tra il punto di partenza e quello di arrivo. Qualora sul percorso calcolato vi siano degli ostacoli che il dispositivo è in grado di aggirare, il computer di bordo riesce in maniera automatica a valicare l'ostacolo e allo stesso modo, qualora vi sia un cambio di layout o una barriera che impedisce il percorso stabilito inizialmente, il sistema ricalcola

un tragitto alternativo da eseguire ed aggiorna in autonomia la mappa di bordo (**Figura 59**).

In questo modo è garantita un'elevata flessibilità d'implementazione del sistema nell'area di lavoro che consentirebbe anche cambiamenti senza la necessità di apportare correzioni sul sistema di trasporto.

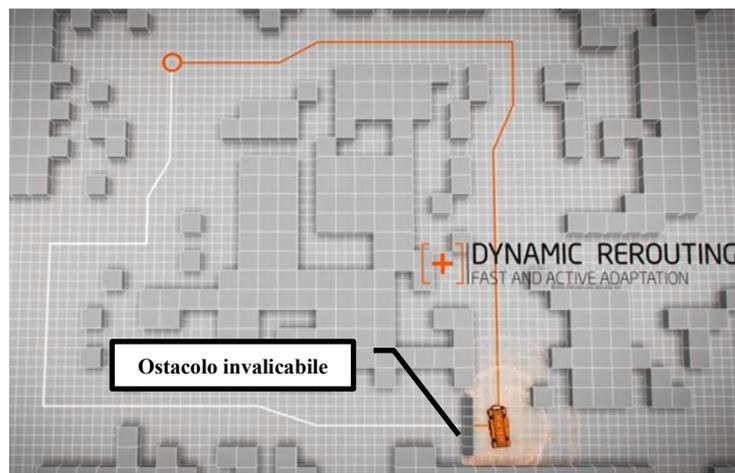


Figura 59. Calcolo in autonomia del percorso alternativo

Il sistema comunica con un server centrale il quale smista alla flotta di sistemi che deve comandare le informazioni necessarie per consentire a questi ultimi di navigare in base ai comandi che gli operatori comunicano al server centrale o che sono impostati direttamente su quest'ultimo nel caso di movimentazioni standard e ripetute (**Figura 60**). Il linguaggio di comunicazione è a radiofrequenza (RFID) permette lo scambio di dati a diverse frequenze tra il server e il sistema centrale del dispositivo.

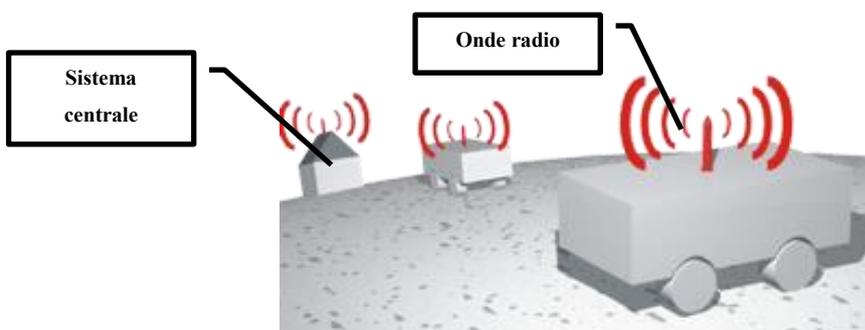


Figura 60. Sistema di comunicazione a radiofrequenze

La precisione del posizionamento del veicolo è inversamente proporzionale all'ampiezza dell'area in cui il dispositivo deve transitare. Il posizionamento avviene secondo i riferimenti dati da strutture fisse per cui il carrello calibra la traiettoria prendendo a riferimento elementi del percorso quali spigoli o muri. Più queste strutture sono distanti più la precisione di calcolo della distanza da esse è approssimativa.

5. VALIDAZIONE DELL'ALTERNATIVA PRESCELTA

I sistemi selezionati sono stati studiati in relazione a tre parametri principali selezionati in base al grado di importanza nell'implementazione del sistema sul nostro stabilimento. Le tre caratteristiche analizzate per le tipologie di mezzi di trasporto considerati sono:

- *Sicurezza*: poiché il problema della sicurezza nell'ambiente di lavoro è stata la ragione per la quale si è scaturita la seguente analisi è stato di assoluta rilevanza considerare tale parametro nella selezione di un dispositivo sostitutivo.
- *Flessibilità al cambiamento*: poiché il layout dello stabilimento è in continua evoluzione, grazie all'implementazione continua di nuove macchine utensili che permettano di rendere il ciclo produttivo sempre più efficiente, non sarebbe conveniente dover adottare un mezzo di trasporto che comporti lavori ingenti di riorganizzazione dei percorsi. Anche attualmente è in corso una valutazione di investimento per sostituire una macchina utensile con un nuovo impianto che comporterebbe di riallocare gli spazi in base al collocamento di quest'ultima nel reparto.
- *Indipendenza*: l'autonomia di movimentazione garantirebbe enormi vantaggi a livello di material handling. Grazie ai sistemi autonomi infatti si potrebbero dismettere risorse attualmente impiegate in questo campo, tempi di lavoro dilatati al turno notturno e radicamento dei fermi operatore ed errori causati da quest'ultimo sulle aree di destinazione materiale.

5.1. Analisi preliminari

Andando ad analizzare i parametri selezionati possiamo subito notare che riguardo al fattore sicurezza questo resterebbe precario qualora fosse scelto di implementare un nuovo sistema a rotaia poiché è proprio tale sistema che crea distorsioni e inciampi lungo i tragitti che il carrello percorre. Anche la gru elettrica non garantirebbe una movimentazione sicura a livello normativo poiché il caricamento di componenti di dimensioni elevate come quelli trattati nel reparto in esame non consentono all'operatore che trasporta i componenti una visuale pulita del percorso da seguire dato che il pezzo

verrebbe sollevato proprio davanti all'area visiva del carrellista.

Il medesimo problema non si presenterebbe invece qualora venissero implementati i sistemi AGV. L'impiego dei dispositivi AGV da noi presi in esame rientra già nell'applicazione del sistema 4.0 all'interno del processo logistico dell'impresa. Questi sistemi sono tra i primi ad aver trovato ampio impiego nelle aziende soprattutto in quelle in cui la logistica gioca un ruolo cruciale nella definizione del tack time e di competitività a livello di mercato. Tutti questi dispositivi sono dotati di sensori lungo le loro pareti che permettono al dispositivo di riconoscere oggetti in transito davanti alla loro traiettoria. Tutti questi sistemi automatici, qualora riconoscano ostacoli in moto davanti ai sensori attivano in autonomia sistemi di arresto che bloccano il dispositivo in movimento e lo riazionano solo nel momento in cui l'area torno libera e disponibile al transito.

Guardando poi l'aspetto di flessibilità rispetto all'integrazione con un nuovo layout possiamo osservare che sarebbe praticamente nulla qualora si adottasse un sistema a rotaia. Quest'ultima infatti non è facilmente modificabile e il suo cambiamento di percorso comporterebbe lavori di adattamento non esegui. D'altro canto il sistema manuale a gru elettrica riuscirebbe invece ad adattarsi senza problemi. La flessibilità del dispositivo è garantita grazie al comando manuale del veicolo: l'operatore manovra il mezzo e i componenti a seconda degli spazi a disposizione e riesce pertanto a gestire facilmente cambiamenti nel layout. Non è possibile dire lo stesso per alcuni dei sistemi AGV analizzati: poiché la traiettoria dei dispositivi dipende quasi in tutti i casi da tracciati a terra implementati in maniera più o meno stabile a livello di pavimento o di mura (in quest'ultimo caso ci riferiamo al sistema a laser rotante e specchietti catarifrangenti), l'adattamento a nuove situazioni di percorsi non è immediata. In quasi tutti i casi scrutati è necessario un adattamento più o meno rapido del sistema di marcatura per permettere al carrello di eseguire il percorso che realmente si intende perseguire. Guardando i sistemi a guida ottica o quelli a laser rotante l'implementazione su un nuovo layout comporterebbe esclusivamente un riposizionamento dei nastri e dei riflettori che non sottrarrebbe presumibilmente troppo tempo. Ricordiamo comunque che a seguito di ogni cambiamento bisognerebbe testare l'effettivo funzionamento sul nuovo tracciato del dispositivo. Se invece andiamo ad osservare i sistemi a guida induttiva e magnetica ci rendiamo subito conto che il cambiamento di layout causerebbe problematiche più complesse. A livello lavorativo questi sistemi sono più pratici poiché sulla superficie non

lasciano tracciati che con l'attraversamento di altri mezzi di trasporto e dei pedoni potrebbero essere danneggiati o strappati, ma dall'altro lato sono meno pratici quando si tratta di intervenire su una modifica di percorso. Dato che le capsule magnetiche o il filo induttivo sono affogati a livello di pavimento, l'operazione che si renderebbe necessaria per poter modificare la direzione del carrello riguarderebbe lavori civili a livello di pavimentazione sicuramente poco pratici e convenienti dal punto di vista economico. Per quanto concerne infine la problematica relativa all'autonomia del sistema impiegato è facile comprendere quali siano i dispositivi limitati da tale condizione. Tutti i sistemi AGV sono studiati e realizzati per fornire un servizio di piena autonomia in grado di lavorare senza l'impiego di un operatore in modo da rendere autonoma la fase di movimentazione e di poterla estendere a livello temporale su un orizzonte più ampio. Dalla valutazione dei seguenti parametri è emersa in conclusione la relativa tabella (Tabella 18).

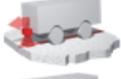
		Safety	Flexibility vs layout	Unmanned actions
	New <u>rail system</u>	X	X	X
	Wheels device	X	✓	X
	Optical guidance	✓	X	✓
	Inductive guidance	✓	X	✓
	Magnetic grid	✓	X	✓
	Rotating laser with reflectors	✓	X	✓
	Laser scanner	✓	✓	✓

Tabella 18. Analisi dei mezzi di movimentazione in relazione ai parametri presi in esame

Dalla seguente classificazione appare quindi evidente che l'unico dispositivo in grado di soddisfare le esigenze dell'azienda in questione appare il sistema AGV a laser scanner.

Questo dispositivo si propone essere l'unico capace di rispettare le richieste di sicurezza, flessibilità e autonomia. Per questa ragione si è passati alla validazione del dispositivo suddetto: la forte adesione è legata agli ampi e visibili ambiti di vantaggio che la tecnologia in questione offre. Possiamo classificare in primis le seguenti macro-aree:

1. **Dinamicità al cambiamento:** grazie alla raccolta dei dati perenne e istantanea, la visualizzazione delle tendenze appare aggiornata e di rapida comprensione grazie all'analisi che viene fatta sui dati raccolti. In questo modo l'azienda può invertire tendenza rapidamente rimanendo al passo con la domanda di mercato.
2. **Riduzione dei costi:** grazie all'ottimizzazione dei processi gli sprechi vengono gestiti e ridotti al minimo riducendo di conseguenza anche i costi connessi al processo.
3. **Riduzione del lead time:** grazie all'ottimizzazione del processo e allo studio delle problematiche che causano disfunzioni alla linea di produzione è possibile riuscire a ridurre il tempo di produzione in modo di arrivare prima al mercato ed essere più efficienti.
4. **Auto gestione della macchina:** il dispositivo dell'industry 4.0 è intelligente, pertanto conosce le sue funzionalità e le sue performance. Riesce in questo modo ad auto configurarsi rispetto all'attività programmata, ottimizzarsi e auto-mantenersi. La macchina conosce le caratteristiche del suo funzionamento e rileva problemi, fermi, disfunzioni comunicandolo immediatamente e fermandosi in automatico senza creare danni.
5. **Decentralizzazione:** i dispositivi prendono decisioni e comunicano tra loro passandosi informazioni. In questo modo non serve l'intervento dell'uomo che aziona i processi ma, una volta che la macchina è impostata e conosce il suo obiettivo, questa è in grado di raggiungerlo senza dover ricorrere inesorabilmente al supporto esterno.

5.2. Specifiche di fornitura

Una volta valutato quale dovesse essere il sistema da utilizzare si è dovuto selezionare quale tipo di adottare. Esistono diversi tipo di configurazioni ad oggi:

- Sistemi a forche
- Sistemi ad aggancio
- Sistema a piattaforma

I sistemi a forche (**Figura 61**) consentono di sollevare carichi grazie all'utilizzo delle due pale di sollevamento. Sostituiscono il carrello elevatore nel tipo di spostamento e in questo modo sono in grado di movimentare tutti gli oggetti posizionati sopra pallet standard. Ad oggi nello stabilimento i componenti considerati vengono allocati proprio su pallet per cui questa soluzione sarebbe di facile implementazione dato che non si andrebbe ad adeguare il sistema di contorno. Resta il fatto che ad oggi questi sistemi non sono concepiti per trasporti di componenti con un ingombro ampio come quello dei pezzi realizzati in Sidel. Esistono sistemi a forche concepiti per carichi pesanti le cui dimensioni sono però notevolmente ingombranti e data la conformazione degli spazi in officina non consentirebbero agevolezza al sistema nella movimentazione interna. Sistemi più snelli sono in grado di sollevare portate massicce, il problema risiede nell'ingombro. Il carrello non è in grado di capire la dimensione del componente trasportato e tutto gli spazi occupati dal pezzo che fuoriescono dall'ingombro del sistema di trasporto non sono sicure. Il carrello potrebbe urtare con queste contro ostacoli o persone non riuscendo più a garantire il fattore sicurezza. Dovrebbero essere implementati altri sensori sulle forche e far sì che queste sollevino il pallet per le sue estremità in modo che tutti gli spazi di ingombro dei pezzi siano considerati dal computer di bordo durante lo spostamento. Dobbiamo comunque notare che grazie al sistema a forche questi carrelli sono in grado di sollevare i componenti e riuscire a trasportarli anche in aree anguste grazie al loro sistema di sollevamento analogo a quello del muletto.

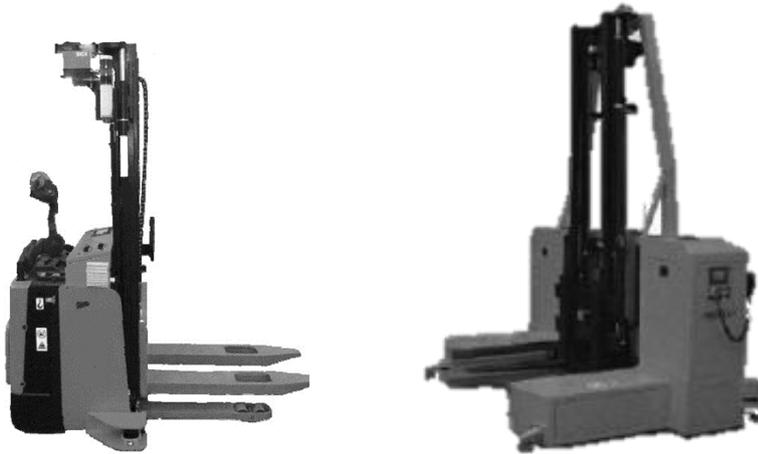


Figura 61. Sistemi a forche

I sistemi ad aggancio (**Figura 62**) risultano utili per il trasporto di prodotti realizzati in serie ma riportano le stesse problematiche del sistema precedente in relazione agli ingombri. Anche in questo caso il componente trasportato non dovrebbe occupare uno spazio superiore al profilo del sistema di traino. In caso contrario si andrebbe sempre a incappare nel problema di sicurezza di trasporto che non sarebbe più garantito a meno di modifiche strutturali del carrello o del componente trainato. Inoltre andrebbero implementati carrelli trasportatori su cui posizionare i componenti che ad oggi non sono di dotazione dell'azienda.

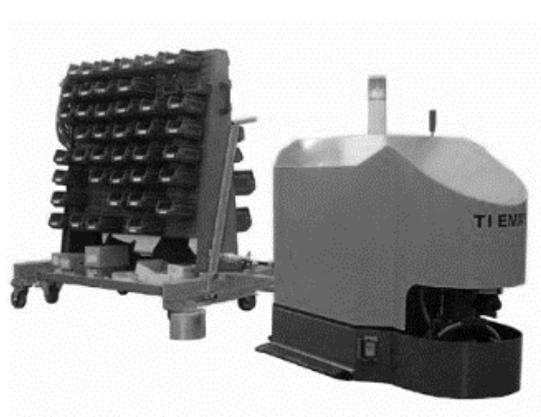


Figura 62. Sistema ad aggancio

Il sistema a piattaforma (**Figura 63**) consente invece di posizionare il carico direttamente sul sistema a navetta senza che sia necessario un sistema aggiuntivo di supporto da implementare. Il sistema a piattaforme appare il più conforme per la movimentazione di

carichi pesanti e ingombranti anche perché l'allocazione sul dispositivo verrebbe eseguita direttamente dall'operatore, così come l'azione di scarico, e ciò consentirebbe un posizionamento preciso e accurato date le dimensioni del pezzo. Le fasi di posizionamento sono fondamentali per garantire un trasporto sicuro poiché solo con un appoggio manuale viene garantita la stabilità del pezzo sul sistema. Il sistema a piattaforma può essere anche dotato di sistemi di sollevamento che consentano di sollevare il piano d'appoggio non tanto per sollevare direttamente il componente ma per sollevare tavoli o strutture su cui esso è posizionato per rendere autonoma anche la fase di carico e di scarico. In questo caso sarebbe necessario implementare un sistema di strutture su cui posizionare i pezzi che riescano a essere sollevate dal sistema per rendere il trasporto ancora più indipendente. Resta il fatto che il caricamento su queste strutture e il conseguente scarico da esse resterebbe manuale quindi eviterebbe esclusivamente di attendere l'arrivo del sistema a piattaforma ma non cambierebbe in altro modo le fasi di trasporto. Per questa ragione ad oggi sarebbe sufficiente adottare il solo sistema robotizzato a piattaforma.

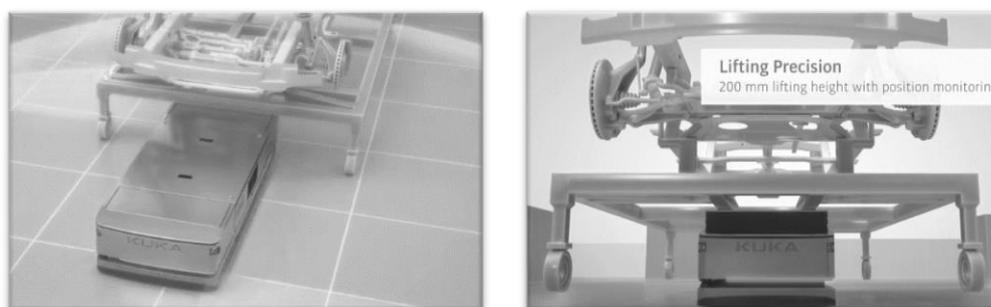


Figura 63. Sistema a piattaforma

Il sistema selezionato è stato quindi il sistema a piattaforma in grado di sollevare sino a 7,5 ton su una superficie di 3,2 metri di lunghezza per 2,12 metri di larghezza. È in grado di comunicare con tutti i centri di lavoro tramite Wi-Fi per cui la sua implementazione risulta semplice e di facile utilizzo. Il sistema prescelto è dotato di ruote motrici (**Figura 64**) che grazie alla loro conformazione sono in grado di effettuare spostamenti in tutte le direzioni non solo longitudinali ma anche laterali e oblique. In questo modo l'area di manovre è largamente ridotta e ciò consente anche di ampliare la flessibilità del sistema lungo le aree di attraversamento. In questo modo la piattaforma riesce a servire il centro

di lavoro più da vicino accedendo all'area di carico per facilitare il posizionamento del componente e il suo scarico.



Figura 64. Sistema a piattaforma selezionato

5.3. Collocazione ottima

Si è innanzitutto calcolata la posizione in cui allocare il sistema in collocazione di riposo ovvero dove posizionare la stazione di carica. Essendo un dispositivo elettrico è necessario che la stazione di base ove il sistema si colloca quando non è chiamato da nessuna stazione di lavoro, sia il più vicino possibile a tutti i centri operativi. In questo modo, minimizzando le distanze tra la stazione centrale e le altre aree operative, il tempo di arrivo del dispositivo viene ridotto al minimo in modo che il centro di lavoro attenda meno tempo possibile che la navetta diventi disponibile in area. Asservire tutte le stazioni nel migliore dei modi è fondamentale per evitare che si creino attese e code nelle operazioni di movimentazione.

Per trovare la posizione ottima di carica è stato usato un *modello di programmazione lineare* il cui scopo è ottimizzare la funzione obiettivo. Per poter implementare tale sistema nel nostro problema si è pensato di mappare l'area e le postazioni che il sistema dovrebbe servire tramite coordinate x e y . Sono stati presi a riferimento le due pareti di confine del capannone le quali sono state utilizzate come assi per la mappatura. Di conseguenza la loro intersezione è stata presa come origine e partendo da queste assunzioni si è passati a misurare le distanze in metri per ogni centro da entrambe le assi di modo che ognuno potesse essere collocato tramite le due coordinate (x, y) (**Figura 65**).

POSITIONING OF WORK CENTERS

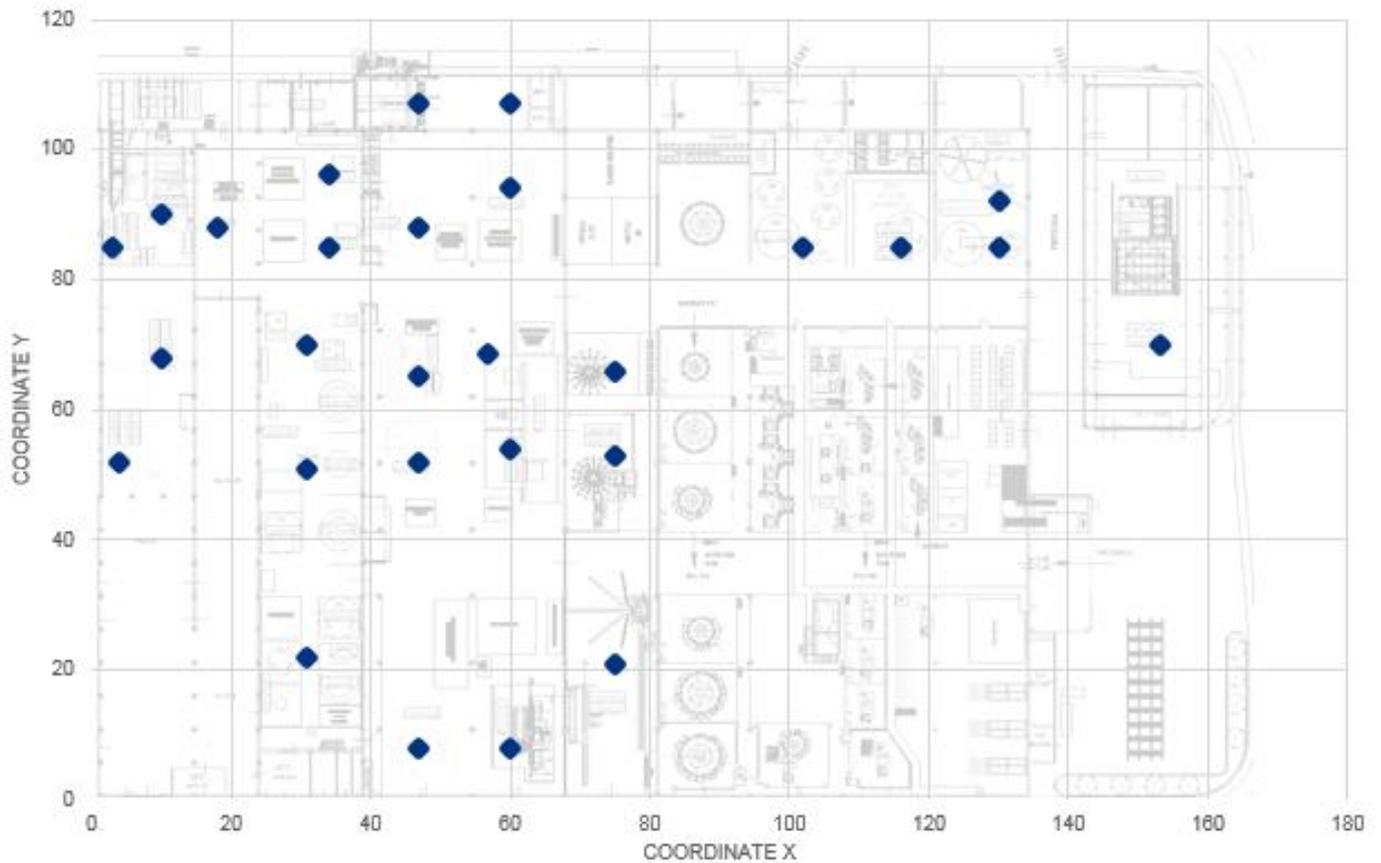


Figura 65. Mappatura dei centri in relazione alle assi

In seguito si è quindi impostata la funzione obiettivo del modello di programmazione lineare da minimizzare:

$$\min f(x^*, y^*) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x^* - x_i)^2 + (y^* - y_i)^2}$$

Dove x^* , y^* sono le coordinate incognite del punto ottimo di carica e x_i , y_i le coordinate dei centri di lavoro. Con questa funzione andiamo quindi a minimizzare le distanze dei centri dal punto ottimo di carica ignoto.

Per minimizzare la funzione obiettivo si è calcolata la derivata parziale rispetto a x e y messe a sistema e poste uguale a zero:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{df(x^*, y^*)}{dx^*} = \frac{d \sum_{i=1}^n \sqrt{(x^* - x_i)^2 + (y^* - y_i)^2}}{dx^*} = 0 \\ \frac{df(x^*, y^*)}{dy^*} = \frac{d \sum_{i=1}^n \sqrt{(x^* - x_i)^2 + (y^* - y_i)^2}}{dy^*} = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Nx^* - \sum_{i=1}^n x_i = 0 \\ Ny^* - \sum_{i=1}^n y_i = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \\ y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{N} \end{array} \right.$$

La posizione ottima è data dalla media aritmetica delle due coordinate di tutti i punti. Il risultato è coerente se pensiamo che tutti i punti hanno lo stesso peso per cui preso un insieme di punti la minimizzazione delle distanze tra essi e un punto incognito non sarà altro che il calcolo del baricentro dato appunto dalla media aritmetica delle due coordinate.

Il punto di ottimo si dovrà trovare inoltre sulla retta dei minimi quadrati. Tale retta interpola i punti minimizzando la distanza quadratica tra i punti e la retta stessa.

Andando a sostituire i dati relativi al posizionamento dei work centers all'interno del sistema si è trovato il punto di ottimo relativo al collocamento della postazione di carica.

$$\left\{ \begin{array}{l} x^* = \frac{1537}{27} = 57 \\ y^* = \frac{1847}{27} = 68 \end{array} \right.$$

Una volta calcolato l'ottimo si è riportato sul layout per vedere dove fosse la collocazione ideale. Come previsto la collocazione ottima, indicata con il rombo (Figura 66) si trova sulla retta dei minimi quadrati riportata in arancione. Poiché il punto ottimo viene a trovarsi però in corrispondenza della macchina utensile, il luogo più vicino all'ottimo disponibile per installare la postazione base sarebbe in corrispondenza della "X" indicata in arancione in figura.

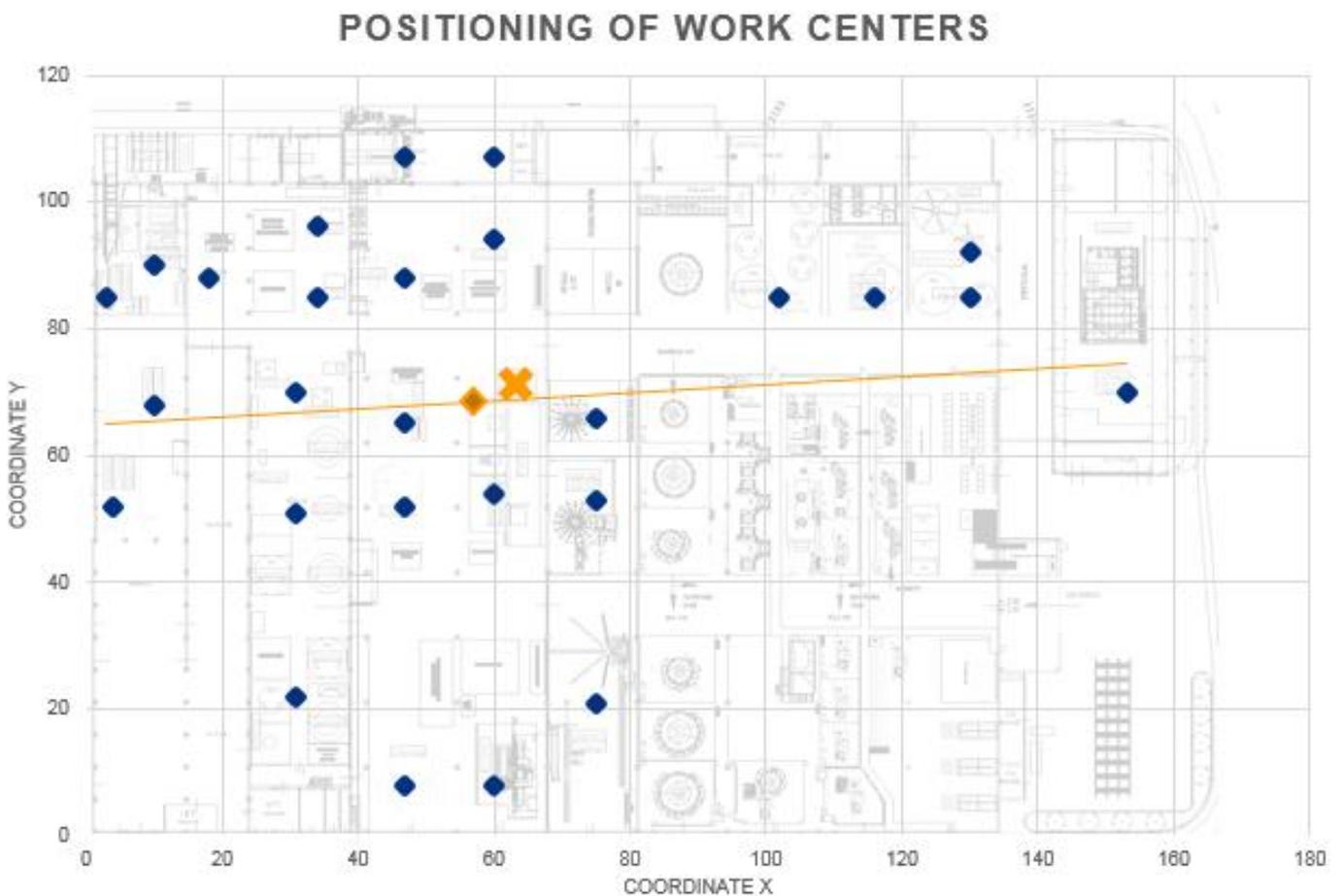


Figura 66. Punto ottimo di carica

Guardando il tempo di percorrenza che il sistema robotizzato impiegherebbe a

raggiungere i work centers si sono presi in considerazione due punti: la stazione più vicina e quella più lontana. Considerando la velocità del dispositivo di 3 km/h si è osservato che l'AGV arriverebbe al centro più vicino in 17 secondi e a quello più lontano in 01:50 minuti. I tempi di percorrenza per il raggiungimento delle stazione appare quindi accettabile e non problematico a livello di traffico e code soprattutto se confrontato con il tempo di trasporto attuale analizzato in precedenza.

5.4. Calcolo dei nuovi tempi di movimentazione

Per elaborare una simulazione che potesse confrontare i tempi valutati nella situazione attuale e quelli nello scenario “to be” si è voluto costruire un simulatore che riuscisse a confrontare le due situazioni in una giornata di pieno carico.

Prima di partire con questa comparazione si è dovuto però andare a stimare il nuovo tempo di movimentazione che si avrebbe utilizzando la navetta robotizzata il quale sarebbe così ripartito:

1. *Tempo di arrivo alla postazione di carica:* date le distanze tra la postazione base e il centro di arrivo, si sono calcolati i metri che il sistema dovrebbe percorrere per raggiungere la destinazione. Data poi la velocità del mezzo che è nota, ovvero di 3 km/h si è divisa quest'ultima per i km da percorrere trovando così il tempo di arrivo ad ogni centro compreso come detto precedentemente tra 17 secondi e 01:50 minuti.
2. *Tempo di attesa:* il tempo di attesa viene inserito nel calcolo qualora il tempo di chiamata della nuova richiesta di trasporto sia inferiore al tempo che il sistema impiega a scaricare il pezzo nella postazione finale dello spostamento antecedente. Qualora si sovrappongano quindi due chiamate prima che il sistema sia libero il simulatore considera come stazione iniziale di arrivo al work center il centro di lavoro finale della precedente movimentazione e come attesa il lasso temporale che intercorre tra la nuova chiamata e il tempo di conclusione del viaggio precedente. Il tempo di arrivo non è mai considerato un'attesa poiché l'operatore deve chiamare il dispositivo prima di imbragare il pezzo per il caricamento di modo che il sistema si trovi disponibile già al work center prima che l'operatore abbia concluso la fase di imbarcamento, dato che in media questa

fase copre un arco temporale di 9 minuti è presumibile considerare che il sistema si trovi in postazione prima che sia effettivamente necessario all'operatore se quest'ultimo lo chiama prima di sollevare il pezzo.

3. *Tempo di caricamento*: poiché il tempo di caricamento tramite carroponte non varierebbe rispetto alla situazione "as is" il tempo considerato è rimasto invariato e ammonta a 9 minuti. L'operatore, che attualmente carica il componente sul dispositivo a rotaia o sul pallet se quest'ultimo dovesse essere movimentato con il muletto, andrebbe anche nella situazione futura a replicare la medesima operazione collocando il pezzo direttamente sul mezzo di trasporto considerato.
4. *Tempo di movimentazione*: il tempo di movimentazione dipende anche in questo caso dal centro di destinazione. La distanza tra il centro di lavoro iniziale e finale è quella che incide sul tempo di percorrenza. Anche qui, data la velocità del mezzo e i metri di percorrenza si riesce a stimare la durata del trasporto.
5. *Tempo di scarico*: il tempo di scarico merce avverrebbe anche in questo caso tramite carroponte e dovrebbe comunque essere posizionato su pallet qualora la macchina non si trovi immediatamente disponibile, come nello scenario attuale. Anche in questo caso il tempo di scarico resterebbe quindi 9 minuti.



Il tempo di carico e quello di scarico restano sempre invariati indipendentemente dal mezzo di trasporto utilizzato. Il guadagno in termini di lead time dovrà quindi vertere sul tempo di trasporto e di attesa.

Poiché il nuovo dispositivo potrebbe essere soggetto a momenti di fermo o ritardo dovuto a problematiche incontrate lungo il percorso, si è voluto calcolare un *extra factor* da moltiplicare a tutte le fasi in cui la macchina percorre un tragitto quindi: il periodo di tempo impiegato per raggiungere la postazione di arrivo, il tempo di trasferimento, il

tempo di attraversamento verso il centro di destinazione e la fase di ritorno in postazione base una volta che il dispositivo è scarico. In questo modo la durata della percorrenza viene dilatata considerando di un fattore che tiene conto dei possibili fermi del robot dovuti a diverse problematiche riscontrate durante il tragitto.

Usando il metodo derivante dal *Risk Management* è stato identificato un tasso moltiplicativo per il tempo di percorrenza affinché si tenesse conto dei possibili fermi o ritardi a cui il dispositivo può incorrere durante la sua movimentazione. Il rischio è la *“Probabilità del verificarsi di un evento sfavorevole tale da pregiudicare il raggiungimento di obiettivi predefiniti”*⁷. Il rischio è un’incertezza misurabili poiché la sua probabilità di accadimento e il danno che è in grado di provocare qualora si verifichi sono quantomeno stimabili. I rischi possono comunque essere classificati e mitigati tramite azioni correttive. Per quanto riguarda il nostro caso di studio i rischi sono solamente di origine interna cioè dipendenti da aspetti tecnici o umani. Nello specifico i rischi che incidono sulla movimentazione riguardano aspetti operativi nell’attività di trasporto. Si è ricorsi a questa metodologia quindi per valutare l’incidenza dei rischi su un evento. Il processo indicato dal Risk Management per poter compiere una mitigazione corretta del rischio si articola in tre fasi: l’identificazione, l’analisi e la gestione del rischio.

Per poter condurre un’identificazione dei rischi è stata condotta una classificazione tramite RBS (Risk Breakdown Structure) e, in base all’attività che la navetta deve fare, sono state valutate le seguenti cause di fermo o ritardo della macchina:

- Passaggio di persone o mezzi di trasporto lungo il percorso del carrello automatico
- Impossibilità di passaggio a causa delle dimensioni ristrette dell’ambiente
- Presenza di ostacoli lungo il percorso di movimentazione che intralciano il dispositivo
- Ritardi causati da chiamate sincronizzate che creano attese e code a livello di gestione di ordini
- Fermo causato dal mancato carico o scarico del carrello da parte dell’operatore che costringe quest’ultimo ad attendere che il soggetto completi l’operazione prima di ripartire

⁷ Global Internal Audit Service, 2001

- Batteria scarica dovuta all'uso prolungato del carrello

Una volta identificate le seguenti cause, queste sono state raggruppate e suddivise in famiglia a seconda delle cause di appartenenza dei rischi. Sono quindi state identificate tre macroaree di appartenenza:

- Origine strutturale
- Origine umana
- Origine tecnologica

La rappresentazione grafica di suddetta classificazione è stata redatta secondo il diagramma ad albero sottostante (**Figura 67**).

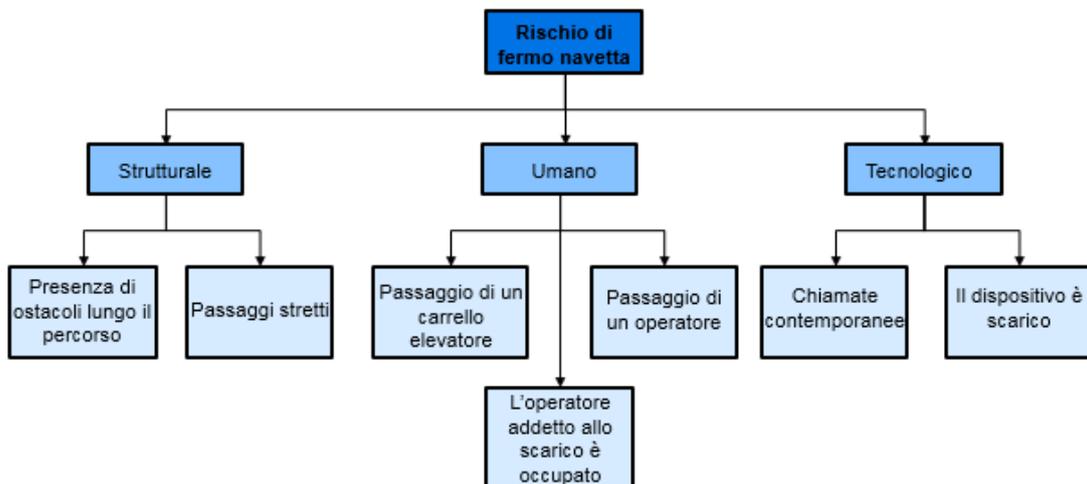


Figura 67. RBS

I rischi individuati sono stati poi analizzati al fine di individuare una quantificazione della loro importanza attraverso una valutazione qualitativa. Esistono anche altri approcci più precisi. Tra questi possiamo individuare il metodo semi-quantitativo che basa la sua analisi su livelli di importanza classificati tramite classi numeriche e l'approccio quantitativo basato su serie storiche e stime analizzate applicando simulazioni come quella Montecarlo ad esempio. Nel nostro caso invece sono state attribuite ad ogni rischio delle percentuali di *probabilità di accadimento* e di *impatto* del rischio. Per decidere quale percentuale affidare sono stati individuati dei macro range di valutazione suddivisi in

cinque scale di importanza: molto bassa, bassa, media, alta, molto alta. La percentuale relativa per ciascuna categoria cresce in relazione all'aumentare dell'incidenza segnata dalla scala (**Tabella 19**).

SCALE	PROBABILITY	VALUE OF PROBABILITY	SCALE	TYPE OF IMPACT	VALUE OF IMPACT
VLO	≤10%	≤0,1	VLO	Temporary defects	≤0,05
LO	FROM 10 TO ≤30%	≤0,3	LO	Defects of tertiary importance	≤0,1
ME	FROM 30 TO ≤50%	≤0,5	ME	Defects of secondary importance	≤0,2
HI	FROM 50 TO ≤70%	≤0,7	HI	Critical defects	≤0,4
VHI	OVER 70%	≤0,9	VHI	Significant failure in the attainment of the primary purposes	≤0,8

Tabella 19. Range di valutazione relativi a probabilità e impatto

Si è quindi andati a costruire l'RBM data dall'unione dell'RBS sopra descritta e dalla WBS. Data la seguente tabella si sono associati i valori di probabilità e impatto di tutti i rischi individuati ribaltando i valori sulla WBS. In questo caso nella nostra WBS è presente un solo work package che consiste nell'attività di movimentazione del dispositivo tra un punto A ed un punto B. Le percentuali sono relative alle fonti di rischio e la matrice riportata indica le quantità centesimali di P_i e I_j la cui moltiplicazione è indicata a livello del w_{P_i} (**Tabella 20**).

Risk	Forklift's passage	Pedestrian's passage	Presence obstacles on the way	Narrow passage	Contemporary calls	Downloading operator is busy	Dead battery	Sum	
P_j	0,25	0,1	0,3	0,1	0,01	0,2	0,1		
I_j	0,05	0,05	0,01	0,05	0,2	0,2	0,8		
Work package	w_{P_i} : Movement from A to B	0,0125	0,005	0,003	0,005	0,002	0,04	0,08	0,1475

Tabella 20. RBM

Moltiplicando probabilità di accadimento di un rischio con l'impatto che causerebbe il

suo avvenimento sul work package troviamo un valore associato ad ogni rischio. La sommatoria di tali valori ci restituisce l'extra factor cercato.

$$Rwp_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} * I_{ij} = 15\%$$

In questo modo aumentando di un 15% la durata di percorrenza della navetta nel tragitto considerato avremo una visione più realistica di quanto realmente il dispositivo impiegherà nello spostamento a cui è preposto.

5.5. Simulatore

È stato realizzato un simulatore tramite programmazione *Visual Basic* che potesse riprodurre lo scenario “to be” da confrontare con quello attuale. Lo scopo è stato quello di valutare come il carico di lavoro dovuto ai trasporti durante l'arco della giornata potesse essere supportato dal dispositivo ovvero valutare come questo potesse comportarsi nelle fasi di lavoro relativamente a tempo impiegato e attese generate così da confrontare i dati generati dalla simulazioni con quelli della situazione attuale in modo da valutare l'effettivo beneficio.

Per poter valutare quindi il funzionamento del dispositivo nelle fase di lavoro si è costruito un simulatore che riproducesse il più verosimilmente possibile le caratteristiche reali del sistema robotizzato in movimento inserendo pochi dati di input.

I dati di input necessari da inserire nel simulatore per calcolare il tempo totale che quest'ultimo impiegherebbe durante uno spostamento sono quelli relativi:

- Orario di chiamata del centro di lavoro iniziale per il trasporto di un componente
- Centro di lavoro iniziale, da cui arriva la chiamata
- Centro di destinazione finale, verso cui il pezzo deve confluire

L'interfaccia che si presenta all'utente è molto semplice e immediata (**Figura 68**).

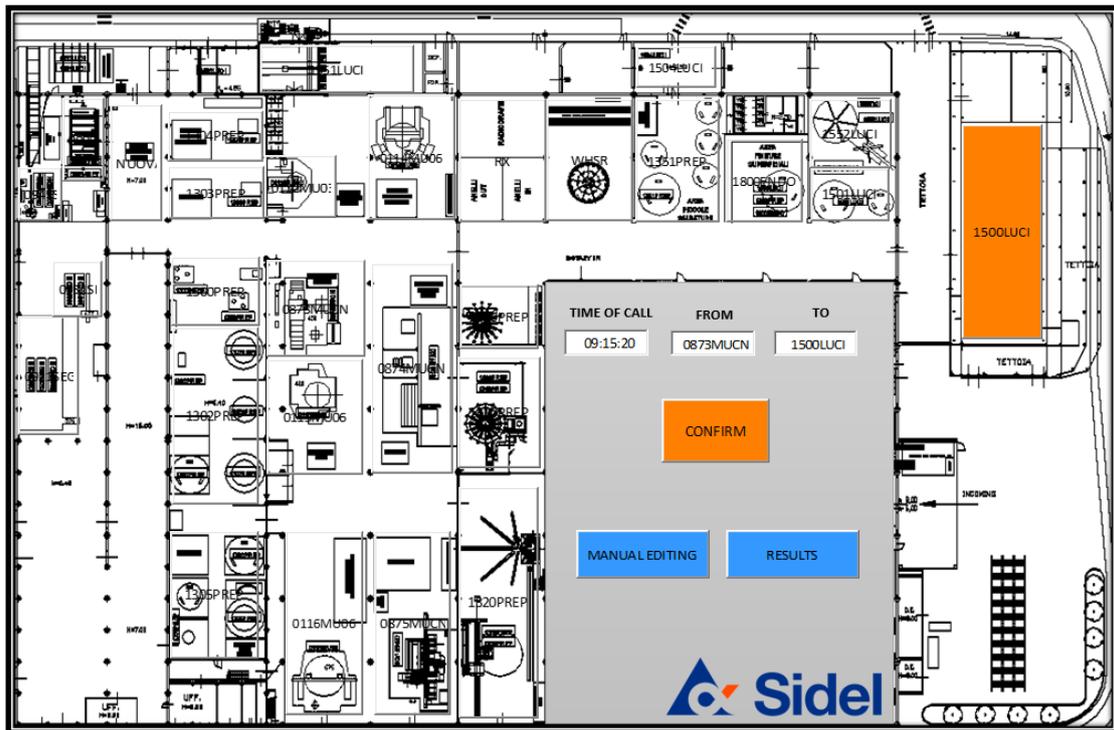


Figura 68. Simulatore di carico della navetta

Una volta inseriti i dati richiesti e confermati i campi, il simulatore provvede a registrare i valori andando a calcolarsi (**Figura 69**):

- *Il tempo di arrivo al work center iniziale:* calcolato in base alla distanza del work center dalla base di carica e alla velocità di precorrimento moltiplicata per l'extra factor time. Qualora invece, rispetto al trasporto precedente, la chiamata successiva venisse registrata prima che il dispositivo torni in postazione di carica, la distanza viene calcolata come i metri che intercorrono tra il centro di lavoro finale della movimentazione precedente e il work center iniziale della movimentazione successiva.
- *Il tempo di carico/scarico del componente sul/dal dispositivo:* il tempo di caricamento così come quello di scarico corrisponde a quello attuale. Infatti così come il componente viene caricato sul pallet, allo stesso modo viene posizionato sul robot per il trasporto. Anche la fase di scarico è equivalente per i due scenari infatti nella situazione attuale la fase di caricamento in macchina avviene prelevando il materiale dall'area buffer dopo che il carrellista lo ripone nel centro

di lavoro sul pallet. Da qui l'operatore lo preleva e lo carica sulla tavola su cui deve essere lavorato o comunque nell'area in cui deve essere tratto (ricordo infatti che non tutti i centri di lavoro necessitano l'utilizzo di macchine utensili per la lavorazione del componente). Anche nello scenario futuro il pezzo verrà movimentato direttamente dalla navetta robotizzata. Il materiale sarà prelevato da qua e verrà posizionato nell'area di destinazione senza essere scaricato in area buffer.

- *Il tempo di percorrenza:* il tempo impiegato per percorrere il tragitto tra il centro di lavoro iniziale e finale è stato calcolato rapportando la distanza alla velocità del dispositivo.
- *Il tempo di attesa:* l'attesa viene calcolata qualora l'orario di chiamata successiva sia antecedente alla fine dello spostamento che la precede. Quindi il tempo intercorso tra il completamento del trasporto precedente e il momento in cui il dispositivo arriva al centro di lavoro iniziale della chiamata successiva divenendo così disponibile, è calcolato come attesa del work center che chiama il dispositivo senza che questo sia disponibile nell'immediato.
- *L'orario di fine esecuzione:* viene calcolato andando a sommare all'orario di chiamata tutti i tempi individuati sino a questo momento
- *La durata complessiva di trasporto:* data dalla differenza tra orario di fine ed inizio movimentazione.

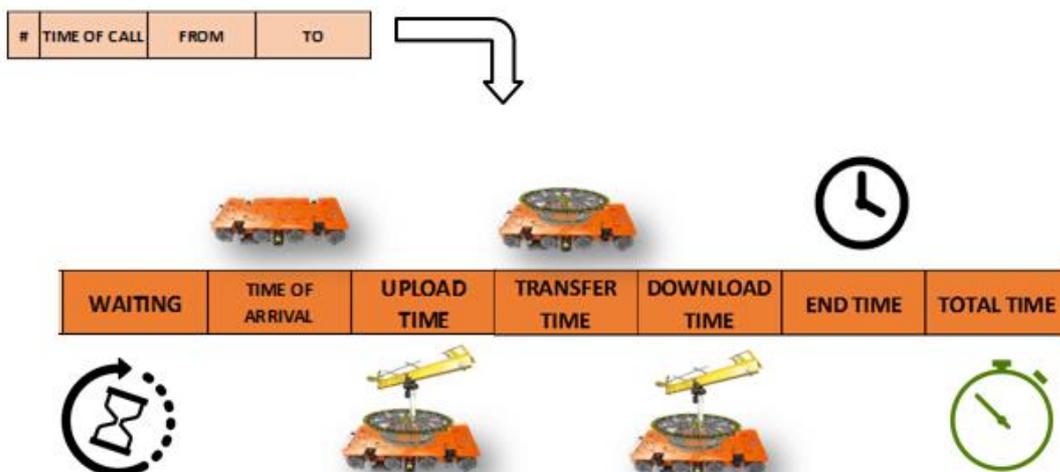


Figura 69. Dati elaborati dal simulatore

Per valutare le distanze tra i diversi work center, sono state misurate le distanze tramite CAD dal layout disegnato a programma. È stata costruita una matrice delle distanze combinando sulle righe e sulle colonne tutti i work centers di modo che dati i work centers iniziali e finali Excel riuscisse ad individuare la distanza in metri da utilizzare nel calcolo dei tempi di movimentazione (**Figura 70**).

	0112MU03	0114MU04	0115MU06	0116MU08	0873MUCN	0874MUCN	0875MUCN	1306PREP
0112MU03	0	11	42	66	15	28	69	58
0114MU04	11	0	60	79	23	15	83	68
0115MU06	42	60	0	25	35	44	32	89
0116MU08	66	79	25	0	52	70	10	101
0873MUCN	15	23	35	52	0	22	57	54
0874MUCN	28	15	44	70	22	0	67	78
0875MUCN	69	83	32	10	57	67	0	112
1306PREP	58	68	89	105	54	78	112	0
1351PREP	54	64	85	100	50	68	107	6
1415SEG	54	64	85	100	50	69	107	18
145WJET	54	64	85	100	50	69	107	22
1306PREP	27	37	56	70	20	42	77	34
1302PREP	54	64	83	97	47	63	104	61
1303PREP	36	40	51	65	18	44	72	41
1500LUCI	58	63	63	77	37	54	84	54

Figura 70. Matrice delle distanze

I dati nel simulatore possono essere inseriti e/o modificati in tabella anche manualmente attraverso il comando di “manual editing” (**Figura 71**).

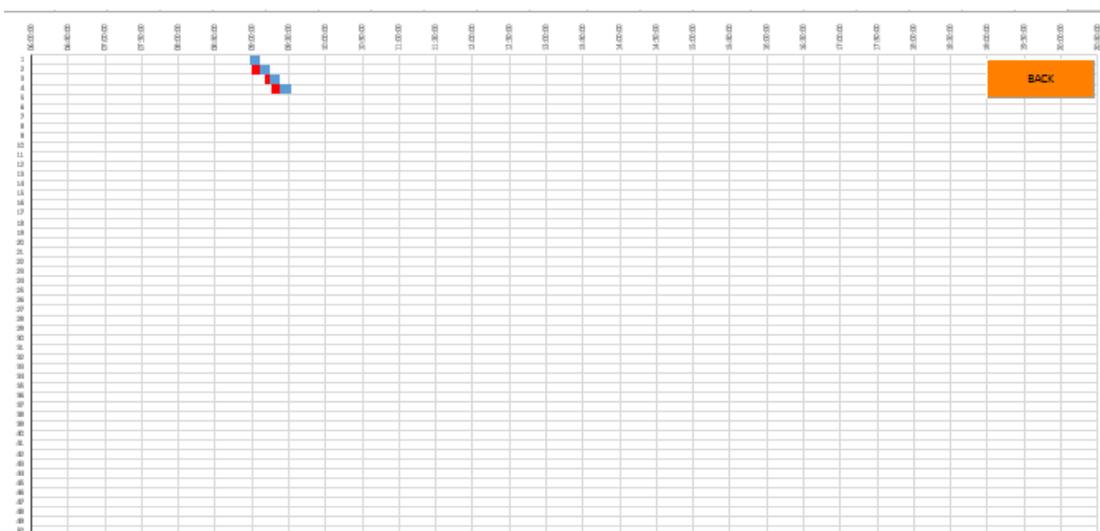
#	TIME OF CALL	FROM	TO
1	08:58:00	0115MU06	1306PREP
2	09:00:00	1351PREP	0874MUCN
3	09:10:00	0112MU03	1351PREP
4	09:15:20	0873MUCN	1500LUCI

BACK

Figura 71. Schermata relativa al comando di Manual Editing

L'altro comando chiamato "Results" mostra invece i valori derivanti dalle analisi effettuate tramite i calcoli delle tempistiche citate sopra (**Figura 72**). Gli output relativi ai dati inseriti riguardano:

1. Il Gantt relativo alle movimentazioni di cui è stata voluta rappresentare in blu il tempo totale di movimentazione e in rosso le eventuali attese o code tra una movimentazione e quella successiva. Sull'ordinata è riportato il numero della movimentazione, sull'ascissa l'ora.
2. Il tempo totale di utilizzo del dispositivo in relazione al tempo complessivo in cui questo può essere utilizzato. La seguente relazione è stata espressa tramite un diagramma a torta nel quale dal tempo complessivo di impiego giornaliero viene esplicitato inoltre, tramite un secondo diagramma a torta, il tempo utilizzato per l'arrivo della navetta, il caricamento, il trasporto, lo scarico.
3. Il tempo complessivo espresso in ore relativo al tempo di lavoro giornaliero del dispositivo e quello relativo alle attese espressi a confronto nel medesimo diagramma a barre.
4. Il tempo di attesa su che centri di lavoro è caricato. Ovvero viene espresso sempre per mezzo di un diagramma a barre quali sono i centri di lavoro indicati in ascissa che registrano delle attese relative alla mancata presenza della navetta al centro di lavoro, poiché impiegata in altro centro o spostamento, e in ordinata è inoltre riportato il tempo relativo all'attesa.



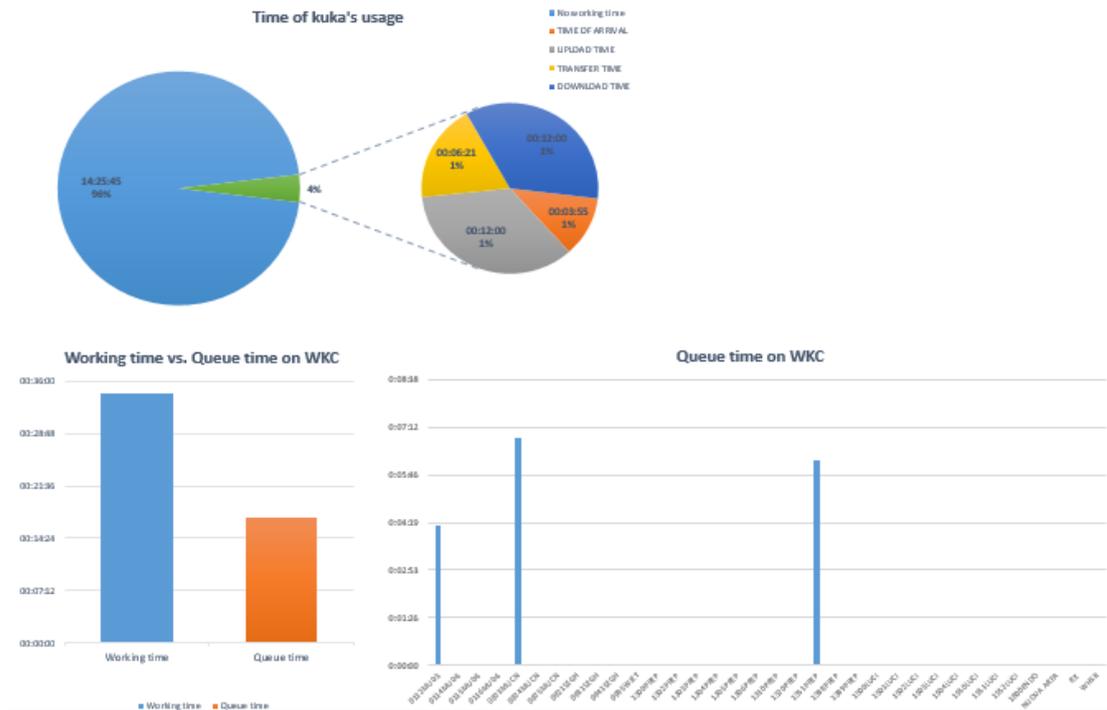


Figura 72. Schermata relativa al comando di Results

Si è voluto simulare una giornata di pieno carico di modo che si vedesse nelle condizioni peggiori quale fosse l'apporto del dispositivo considerato. Per valutarlo si è guardato tramite SAP il carico giornaliero dei mesi con maggiore carico di lavoro. Gli operatori infatti ogni qualvolta concludono l'operazione di lavorazione devono marcare tramite SAP che l'operazione è stata completata. In questo modo si è riuscito ad analizzare, studiando le marcature, tutte le volte che il componente ha dovuto cambiare centro di lavoro per la lavorazione successiva. Per individuare il periodo con un carico maggiore è stato coinvolto il reparto di Pianificazione. Per l'analisi sono stati selezionati tre mesi in cui secondo il Planner il workload fosse maggiore e secondo questa figura i mesi da andare ad analizzare sono stati settembre, ottobre e novembre dell'anno in corso, ovvero del 2017 (Tabella 21).

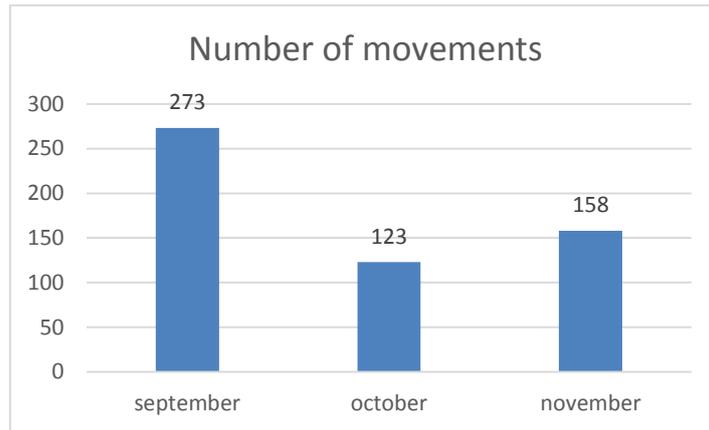


Tabella 21. Schermata relativa al comando di Results

Dato che settembre è risultato essere il mese con workload maggiore è stato questo ad essere analizzato nel dettaglio. Si sono guardati per ogni giorno il numero di spostamenti effettuati in modo da riprodurre in simulazione un numero di trasporti pari al giorno maggiormente pieno di movimenti (**Tabella 22**).

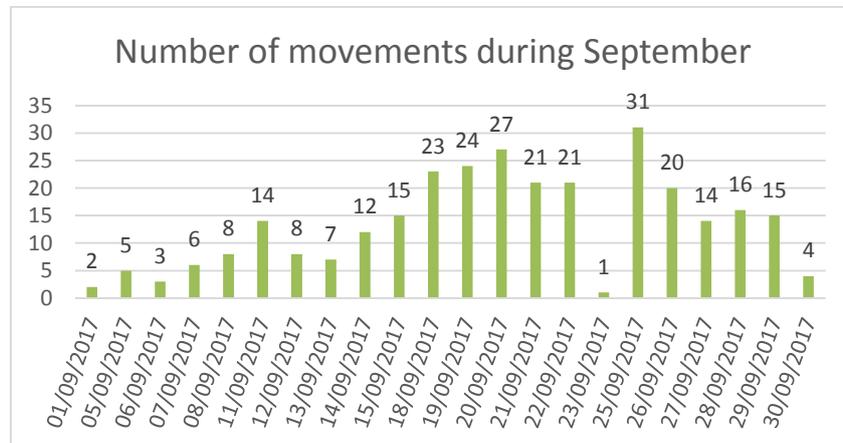


Tabella 22. Numero di movimentazioni nel mese di settembre 2017

Il picco di movimentazione è registrato il giorno 25/09/2017 con un numero di movimentazioni pari a 31 spostamenti. La media di movimenti nel mese è di 13 trasporti al giorno.

Oltre a collezionare questa informazione si sono voluti guardare quale centri di lavoro fossero maggiormente coinvolti nel trasporto ovvero quali fossero i centri da cui

partissero più pezzi finiti. Per l'analisi sono stati osservati i due giorni con maggior picco di carico in particolare rispettivamente il 25/09/2017 e il 29/09/2017 (**Tabella 23**).

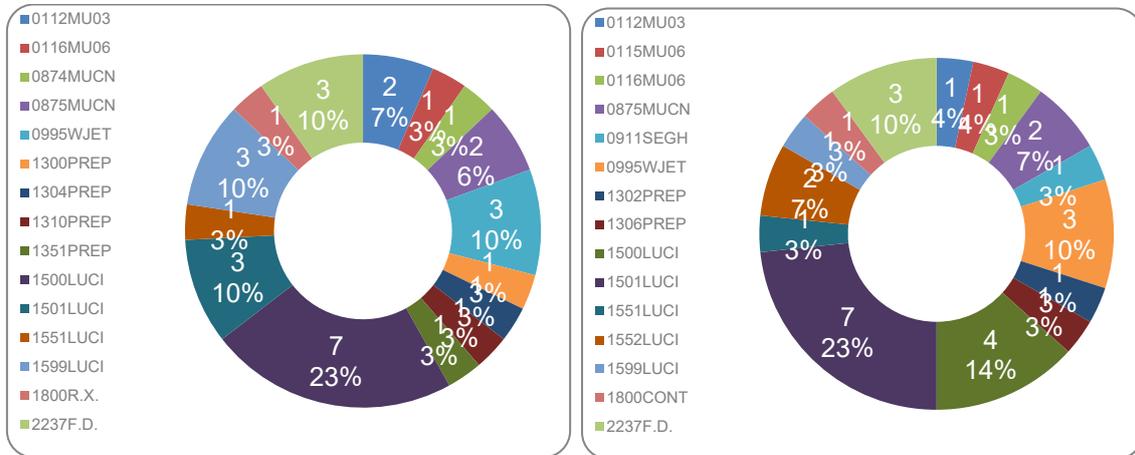


Tabella 23. Centri di lavoro da cui parte il trasporto durante i giorni di picco

I work centers da cui partono il maggior numero di trasporti sono:

- La sala acidi (1500LUCI)
- L'area di finiture superficiali (1501LUCI)
- Water-jet in area taglio (0995WJET)

Una volta prese in considerazione le seguenti analisi si è provata a simulare una giornata con 31 spostamenti riportando i dati raccolti durante le osservazioni in maniera tale da simulare quanto più precisamente possibile una giornata reale incrementando i dati in modo da ottenere il numero di trasporti voluto. Anche i centri di partenza sono stati selezionati in modo da attenersi al carico registrato da SAP durante queste giornate. A seguito della simulazione sono emersi i seguenti risultati (**Figura 73**).

Volendo valutare se si rendesse necessario un secondo dispositivo è stata ripetuta la medesima simulazione con due dispositivi (**Figura 74**).

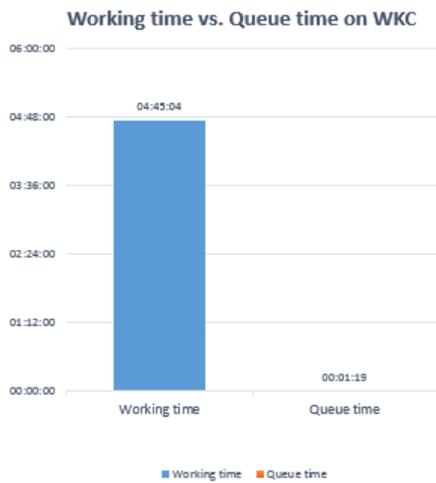
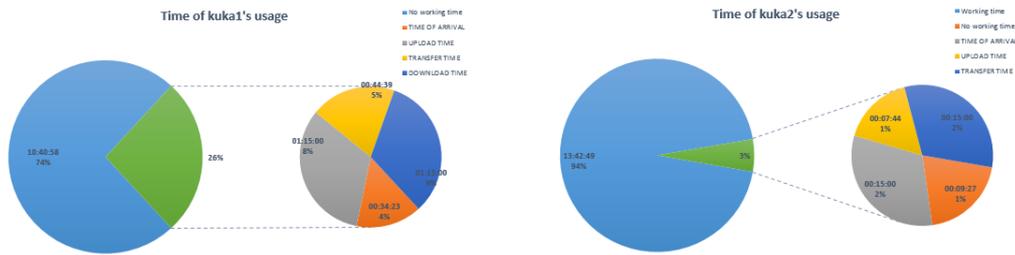
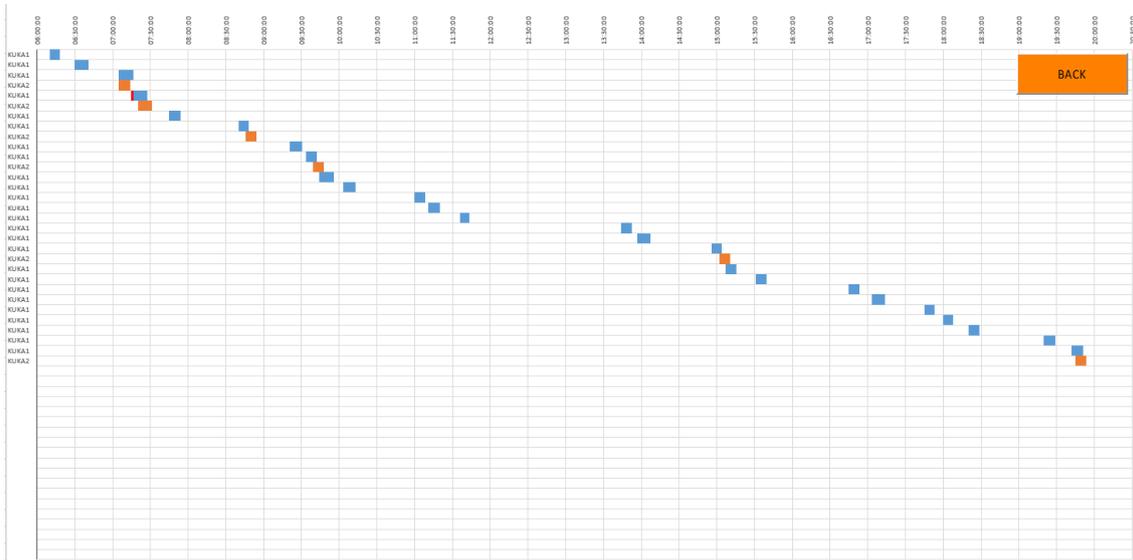


Figura 74. Simulazione con due dispositivi

Dai dati riportati risulta che con due dispositivi le code del giorno di picco sono ridotte a 1 minuto quindi praticamente nulle. Di contro vediamo che il tempo di utilizzo della seconda navetta è pari al 3%. L'acquisto di un secondo robot non è quindi giustificato dal carico di lavoro che riuscirebbe ad avere all'interno dello stabile.

5.6. Problematiche

Una prima e importante problematica riguarda i tipi di spostamenti. Vi sono infatti alcune movimentazioni che non possono essere sostituite dal sistema selezionato. Andando ad analizzare i dati di SAP relativi ai mesi di settembre, ottobre e novembre 2017 si sono guardati quali di queste movimentazioni potessero essere rimpiazzate e quali no. È emerso che circa il 17% degli spostamenti resterebbe in carico alla gestione tramite muletto e questo perché alcuni movimentazioni richiedono o l'intervento dell'uomo o non dispongono di un sistema di contorno adeguato che permette le fasi di carico e scarico della navetta.

Nello specifico si può osservare infatti che per le movimentazioni fuori area di lavoro il dispositivo non riuscirebbe ad essere caricato del materiale o in caso contrario scaricato. Esistono componenti che arrivano fuori ditta cioè sono acquistati da fornitori esterni. Nel momento in cui questi arrivano allo stabilimento e devono essere messi in lavorazione è il muletto allo stato attuale che si occupa di scaricare il camion e portarli in area, così come i pezzi finiti che devono essere spediti in altri stabilimenti per il montaggio, non solo nell'area di Parma ma anche in altri paesi (ad esempio Octeville in Francia dove vengono assemblate le soffiatrici, o a Mantova dove vengono realizzate le etichettatrici). In questo caso la gestione dei componenti fuori dall'area dell'officina diventa difficile da appoggiare non avendo all'esterno strumenti che supportino lo spostamento dal telaio di materiali pesanti.

Anche la gestione di altri componenti all'interno dell'area potrebbe risultare difficoltosa non tanto per problemi legati al sollevamento dei pezzi quanto più al loro ingombro. Esistono componenti infatti come ad esempio le barre che entrano o escono dall'area taglio, le quali, a causa della loro conformazione risulterebbero di difficile gestione. Queste infatti non verrebbero interamente contenute dalla struttura mobile e uscirebbero

a sbalzo dalla struttura creando problemi legati in primis alla sicurezza oltre che alla stabilità del materiale stesso che viene trasportato.

Ecco perché non è possibile rimpiazzare del tutto il carrello elevatore. Questo strumento di movimentazione dovrebbe comunque restare presente all'interno dell'area per supportare la navetta e sopperire a quei lavori che il nuovo strumento non sarebbe in grado di gestire. Sarebbe comunque vantaggioso l'acquisto del nuovo dispositivo perché il lavoro del carrello elevatore verrebbe ridotto ed efficientato. I termini di riduzione verranno discussi nell'analisi sul ritorno dell'investimento. Lo stesso discorso non si può fare per il sistema a rotaia il quale invece verrebbe rimpiazzato totalmente nella sua attività di trasporto.

Dobbiamo elencare anche le problematiche che sono emerse grazie alle osservazioni a livello di layout. Lo stabilimento è attraversato da strutture che ne delimitano le aree le quali non possono essere né spostate né tantomeno rimosse. Le travi portanti infatti non possono essere toccate senza intervenire in maniera più massiccia sull'intera struttura. Ciò implica che la gestione degli spazi non è del tutto libera e gestibile ma deve sottostare a vincoli architettonici importanti. Ad oggi sono presenti a causa di queste problematiche diversi punti critici (**Figura 75**).

Le zone segnate con il simbolo del muletto in rosso indicano i passaggi attraverso i quali alcuni diametri devono essere inclinati per passare: in particolare devono subire questo trattamento tutti quei caroselli il cui diametro supera le dimensioni della porta come indicato in figura. I diametri lavorati appaiono invece indicati nell'elenco a sinistra dell'immagine. Le posizioni contrassegnate dal carrello elevatore rosso, non sono zone in cui certi diametri possono passare se viene scelto un mezzo di movimentazione diverso. In queste aree infatti sono i passaggi a livello di muratura ad impedire l'accesso di certi componenti. In questa logica né il muletto né la piattaforma robotizzata riuscirebbero a passare. Quindi la gestione dei componenti di taglie grandi verrebbe gestita come viene fatto ad oggi: ovvero inclinando il pezzo e serrandolo al mezzo di trasporto di modo che passi nonostante gli ingombri dalle aperture mantenendo inalterato il layout attuale dello stabilimento.

I passaggi che sono contrassegnati dall'icona in verde indicano invece quei punti stretti in cui il muletto può trasportare componenti grandi solo qualora alzi il pezzo. Per questi passaggi il muletto sarebbe in grado di aggirare l'ostacolo grazie all'elevazione delle forche che consentono di superare le barriere basse dovute a recinzioni relative a macchine utensili, per quanto riguarda l'area delle macchine utensili pesanti, e presenza di caroselli in lavorazione appoggiati a terra, nell'area di composizione. Nell'area di carpenteria dove è stato inserito il triangolo di pericolo, l'area diventa stretta a seconda dei componenti che vi vengono lavorati e quindi il suo attraversamento diventa o meno problematico a seconda dei periodi.

Questi trasporti sono rischiosi poiché il fatto stesso di sollevare il componente a quote così elevate da un mezzo di trasporto in movimento non rispetta a pieno i canoni di sicurezza (**Figura 76**). Il carrellista infatti guida con dinanzi un oggetto che non permette la completa visuale di ciò che si trova davanti. Il rischio che qualcuno possa passare davanti senza accorgersi del muletto e viceversa è pericoloso e andrebbe evitato.

Inoltre si è visto che il sistema a rotaia risulta spesso d'ingombro. Infatti poiché la postazione di sosta di tale mezzo è al centro del corridoio di fronte alla zona di rifiniture superficiali, ogni qualvolta si debba passare di lì, il muletto deve effettuare uno "slalom" per evitare di intralciare sul carrello. Inoltre questa zona risulta particolarmente critica poiché come visto in precedenza, i passaggi che necessitano di percorrere lungo il

corridoio sono numerosi. La sala lavaggio infatti, che si trova al fondo del percorso, è luogo di destinazione per molte lavorazioni.

Questo è un ulteriore motivo per il quale appare ormai evidente che questo mezzo di trasporto necessita di essere sostituito con un sistema più efficiente e produttivo.



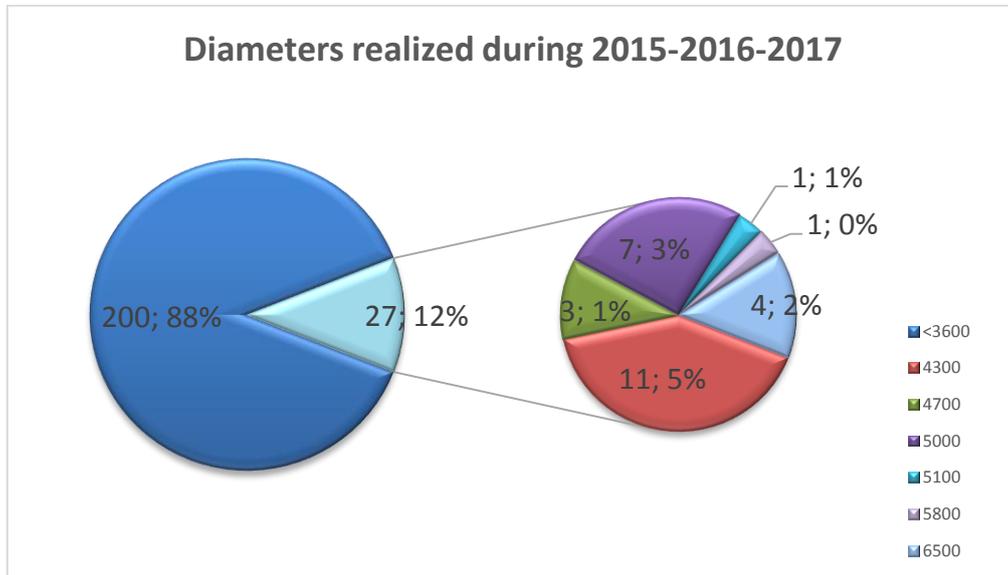
Figura 76. Trasporto pericoloso con sollevamento del componente

Dobbiamo comunque ricordare che questi spostamenti rischiosi non sono così frequenti poiché per il 90% circa dei componenti realizzati soddisfa i requisiti di passaggio in tutte le aree dello stabilimento (**Figura 77**).

È stata infatti condotta un'analisi per valutare l'incidenza di questa problematica a livello di passaggio in relazione agli ordini di produzione relativi agli ultimi tre anni, nello specifico nelle annate del 2015, 2016, 2017. Estrapolando le commesse realizzate durante questo periodo è emerso che circa il 90% dei componenti realizzati è stato di diametro inferiore a 3600mm riescono ad attraversare tutti i limiti architettonici senza registrare problemi di ingombro.

Per quanto riguarda poi le aree in cui al giorno d'oggi il carrello elevatore può passare a differenza del nuovo sistema, la soluzione di trasporto che verrebbe applicata per la movimentazione dei componenti di diametro superiore con il nuovo sistema, si dovrebbe utilizzare il carro ponte per spostare i componenti dal corridoio sino all'area di destinazione. Ma questo problema riguarda solo poche parti.

In effetti possiamo vedere che in questi anni la percentuale di caroselli che hanno qualche problema in base alle loro dimensioni è solo del 12%: in tre anni sono stati realizzati solo 27 caroselli di diametro maggiore rispetto a 3600 mm.



Conteggio di # Diameters															Total amount		
Date	1080	1440	1810	2010	2100	2170	2520	2880	3250	3600	4320	4670	5040	5060		5760	6480
2015	1	4	6	3		16	13	4	8	11	1	1		1		1	70
2016	1	7	7	2	1	13	10	7	14	11	5	2	5			2	87
2017	4	8	5	1	2	10	5	6	6	14	5		2		1	1	70
Total amount	6	19	18	6	3	39	28	17	28	36	11	3	7	1	1	4	227

Figura 77. Dimensione dei caroselli realizzati quest'anno

Un ulteriore problema sollevato in relazione all'utilizzo del nuovo dispositivo riguarderebbe la durata della batteria. Si è voluto indagare quanto fosse il tempo di autonomia in relazione all'utilizzo per capire se il problema di fermo dovuto alla carica incidesse in modo sostanziale sull'attività della navetta.

Dalle caratteristiche del dispositivo si è visto che la carica totale ha una durata complessiva pari a 04:30 ore mentre il tempo per ripristinare totalmente la batteria una volta che è scarica è di 01:50 ore. Guardando i dati raccolti nell'osservazione diretta in officina, il tempo totale di utilizzo del muletto sommato a quello del sistema a rotaia è

stato di 05:46 ore, con una media di 01:10 ora al giorno. Dai dati ricavati dalla simulazione, in una giornata di pieno carico si potrebbe arrivare a un picco di lavoro della vettura di 04:45 ore circa. Considerando che la carica totale ha una durata di 04:30 ore appare evidente che non dovrebbero esserci problemi collegati alla possibilità che questo mezzo di trasporto resti inattivo poiché scarico durante la giornata. Il discorso è supportato ulteriormente qualora si pensi che nel momento in cui la piattaforma non viene impiegata per uno spostamento e quindi è scarica di lavoro, questa ritorna alla postazione di carica ovvero alla base la cui posizione è stata definita prima con il metodo di programmazione lineare. In questo modo la batteria sarebbe in grado di recuperare energia ogni volta che lo strumento è fermo senza rischiare che questo si scarichi del tutto.

5.7. Analisi dei costi/benefici

Iniziando ad analizzare i costi e i benefici relativi all'acquisizione di tale dispositivo si sono delineati ulteriormente quali fossero i vantaggi e quali gli svantaggi del prodotto scelto.

Guardando i costi si è valutato che vi fossero da considerare:

1. Il costo della fornitura necessario ad acquisire un dispositivo delle misure richieste con la portata stabilita.
2. Il costo di training: per poter riuscire a utilizzare il dispositivo, gli operatori devono essere istruiti su come poterlo utilizzare. Una giornata dovrà anche essere impiegata a monitorare l'area in cui il dispositivo si dovrà muovere di modo che registri la mappa dello stabilimento sul server di bordo.
3. Costo di fondazione: il sistema a rotaia dovrà essere tolto e le rotaie andranno ricoperte di modo che la pavimentazione sia sicura e anti-infortunio. Inoltre il dispositivo dovrà essere in grado di girare all'interno dell'area senza incontrare dislivelli o buche che ne possono causare il cattivo funzionamento e anche il danneggiamento.
4. I costi di mantenimento: si è fatta anche una stima relativa a tutti i costi di ricambio e alla loro frequenza di acquisto in relazione alla vita utile dei pezzi che vanno a comporre il sistema mobile. La quotazione dei costi addizionali annuali di manutenzione integra anche tutte le visite della casa produttrice la quale si occupa

della regolazione e del mantenimento dell'oggetto in questione. La cifra stimata è stata confermata dal fornitore prima di essere validata.

Tutti i costi sopra citati sono quindi andati a costituire la spesa complessiva per la richiesta di investimento che dovrà essere controbilanciata da guadagni individuati nei successivi paragrafi.

Andando ad analizzare i benefici invece è subito da sottolineare come ad oggi questi sistemi AGV rientrano in uno scenario più ampio di innovazione connesso con il concetto di Industry 4.0. L'Industry 4.0 è la nuova frontiera di innovazione per l'ambito manifatturiero. L'innovazione trae origine dal mondo digitale grazie al quale le industrie verrebbero portate ad un livello superiore divenendo imprese intelligenti e smart. Grazie alla diffusione della nuova tecnologia nell'intero sistema aziendale le imprese possono seguire la domanda del mercato variando la produzione e adattandosi ai cambiamenti di domanda in breve tempo; tramite l'utilizzo del Cloud e quindi della condivisione dati le macchine sono in grado di comunicare e scambiare informazioni tra di loro rendendo il lavoro semplice e autonomo capace di rispondere a esigenze veloci e diversi in maniera modulare e pratica. L'interconnessione tra i sistemi di produzione, i magazzini e le attività produttive in generale porta valore all'interno dell'intera supply chain grazie alla decentralizzazione delle scelte e all'ottimizzazione dei processi. Le macchine essendo in grado di registrare e raccogliere informazione dallo svolgimento dei processi da loro svolti, sono capaci di raccogliere e condividere i dati in modo istantaneo e immediato; la rivoluzione è in grado di elevare il processo automatizzandolo completamente grazie alla decentralizzazione delle scelte derivante dalla sinterizzazione operata dalle macchine stese a seguito della raccolta dati.

I big data servono affinché la macchina stessa studi questi dati e li sintetizzi da sola elaborando trend, disfunzioni, inefficienze, sprechi a livello di consumi e problemi relativi al lavoro svolto cosicché possa da sola correggere le inefficienze e comunicare all'esterno l'esigenza di modifiche di processo, manutenzioni e difficoltà da dover correggere per rendere efficiente il processo produttivo.

Il processo di condivisione dati può essere inoltre non solo utilizzato dall'azienda stesso ma esteso anche al di fuori della produzione interna: condividendo le informazioni dello sviluppo del processo anche a monte con i fornitori o a valle con il cliente, si riesce a velocizzare alcune fasi di sviluppo prodotto.

Le innovazioni operate in industry 4.0 trovano la loro piena implementazione grazie all'impiego della robotica. Grazie alle macchine operative intelligenti le operazioni lasciate all'operatore si riducono riducendo così di conseguenza gli errori e le inefficienze. Grazie alla raccolta dati e al monitoring continuo effettuato dalle macchine tutta la componente di movimentazione e stoccaggio ne viene influenzata. I magazzini possono ottimizzare le scorte tenendo costante il livello di giacenza e segnalando i riordini dei materiali e i prelievi più frequenti fornendo così informazioni importanti per la produzione e il livello di consumo. I magazzini grazie all'utilizzo della rete possono connettersi direttamente con i mezzi impiegati per il trasporto dei materiali così che la gestione della movimentazione vada di pari passo con la gestione dei materiali stoccati. Il prelievo può essere registrato così da conoscere l'ora, le quantità prelevate e l'oggetto del prelievo. Da lì il mezzo di trasporto conosce direttamente la zona di destinazione calcolando il percorso minore e il tempo di attraversamento. In questo contesto il dispositivo da noi selezionato si occuperebbe proprio di gestire l'attraversamento dei materiali all'interno dello stabilimento in maniera performante e ottimale. Grazie ai lettori a radiofrequenza (RFID) e i sensori di spazio e di peso, questi sistemi sono in grado di identificare e memorizzare tutte le informazioni necessarie al trasporto: percorso, oggetto trasportato, ingombri, distanze, code. In particolare la gestione delle code viene registrata e resa nota al sistema che ottimizza il flusso conoscendo le priorità e le distanze degli oggetti che vengono movimentati. Il flusso dei sistemi è memorizzato dal server centrale che riesce, tramite la sintetizzazione dei big data raccolti, a rendere efficiente il trasporto e gestire gli spostamenti in maniera ideale eliminando gli sprechi e le inefficienze. Il sistema segnala inoltre tutti i guasti o gli inconvenienti registrati durante il funzionamento come intralci nel percorso, ritardi, guasti, temperature non consone, ecc.

Il miglioramento continuo è quindi garantito tramite la decentralizzazione delle scelte e delle analisi effettuate su dati reali e precisi. La trasparenza e l'affidabilità dei dati raccolti è fondamentale: ogni scelta presa dall'uomo è solo in parte derivante dai dati, spesso viene influenzata da pensieri e tendenze esterne. In questo modo la macchina non dovrà più ragionare a sentimento ma solo su basi solide e reali.

Secondo i principi del Lean Thinking, anche la riduzione degli sprechi è quindi soddisfatta: evitando imprecisioni ed errori derivanti anche dalla cattiva analisi del contesto operativo verranno ridotti i costi di inefficienza.

Ma non solo: l'altro importante principio del Lean di cui si è parlato per tutto il trattato, ovvero il Lead Time, trova giovamento. La riduzione del tempo incide su questo fattore il quale è uno degli aspetti più rilevanti a livello produttivo. Riducendo il tempo ciclo, l'estensione del Tack Time viene ad accorciarsi con la conoscenza momentanea ed aggiornata dello stato di produzione.

Analizzandolo i miglioramenti derivanti dall'impiego del sistema selezionato possiamo identificare nello specifico:

1. La risoluzione dei problemi di sicurezza legati al sistema a rotaia. Con la rimozione del sistema preesistente si andrebbe ad eliminare la fonte dei problemi di sicurezza legati a distorsioni e inciampi presenti ad oggi nel reparto. La rotaia verrebbe coperta con la resina così da rendere minimi i lavori civili da implementare nell'officina. Con la nuova soluzione provvista di laser scanner il sistema si andrebbe ad arrestare di fronte agli ostacoli grazie alla mappatura simultanea dell'area circostante. Il sistema attuale obsoleto e inefficiente sarebbe sostituito così da un nuovo dispositivo più performante in grado di risolvere anche i problemi di praticità e lentezza legati al carrello a rotaia.
2. Le fasi di movimentazioni sarebbero accorciate. Ad oggi la gestione dei componenti movimentati tramite rotaia è la seguente: posizionamento del componente in area buffer tramite carro ponte effettuato dall'operatore diretto del reparto, prelevamento del sistema a rotaia dalla posizione di fermo da parte dell'operatore indiretto che gestisce la movimentazione anche del carrello elevatore e avvicinamento dello stesso all'area in cui è presente il componente da movimentare, caricamento del componente sul sistema per mezzo del carro ponte, trasporto del componente posizionato lungo l'area tracciata dalle rotaie verso la destinazione finale, prelevamento del componente sempre tramite carro ponte per posizionarlo nell'area buffer finale e riposizionamento del sistema a rotaia nella postazione di riposo. Attualmente tutte le fasi di movimentazione del sistema a rotaia, come già citato precedentemente, richiedono l'impiego dell'operatore che aziona il sistema di movimentazione tramite pulsantiera connessa al sistema. Nello scenario futuro invece il componente verrebbe direttamente posizionato dall'operatore di reparto sul sistema il quale, ricevendo la chiamata dal centro in questione, raggiungerebbe la postazione autonomamente mentre l'operatore

potrebbe occuparsi di imbragare il componente e sollevarlo con il carroponte. Successivamente seguirebbe il trasporto vero e proprio tra il centro iniziale e quello finale fatto dal sistema a navetta seguito dallo scarico del componente in area buffer effettuato dall'operatore dell'area di destinazione. La navetta si andrebbe a riporre autonomamente nella postazione di carica una volta terminata l'operazione di prelievo. In questo modo il componente potrebbe evitare di essere posizionato durante la fase iniziale sul pallet poiché verrebbe caricato direttamente sul nuovo dispositivo. Anche le fasi di prelievo e riposizione del mezzo di trasporto nella postazione base non andrebbero ad incidere sul lavoro degli operatori. La fase di scarico sul pallet resterebbe invece come ad oggi dipendente dalla disponibilità della postazione di lavoro: qualora quest'ultima sia libera il componente viene direttamente caricato in questa postazione senza passare per la fase intermedia di stallo in area buffer.

3. La flessibilità del nuovo sistema permette di raggiungere in maniera più ravvicinata la postazione di caricamento del componente. Avendo la possibilità di andare vicino all'area di carico e scarico dei materiali viene semplificato notevolmente l'uso del carroponte utilizzato in quest'ultimo caso solo per sollevare il pezzo sul o dalla navetta.
4. È possibile inoltre grazie all'uso di un solo sistema comune per tutte le movimentazioni tra i centri di lavoro all'interno dell'area poter standardizzare il processo di trasporto con fasi precise e standard works da impartire anche agli operatori per far sì che ogni movimentazione sia gestita direttamente dagli stessi in maniera uguale tra i vari reparti.
5. Grazie alla tecnologia disponibile installata sul dispositivo, tutti gli spostamenti possono essere registrati e misurati dal dispositivo stesso in ottica di Industry 4.0. Oltre alla registrazione delle tempistiche e dei percorsi il dispositivo è in grado di rielaborare i dati, analizzarli e ottimizzare il suo operato in base alle rotte maggiormente percorse, alle attese generate, alla gestione delle chiamate in arrivo per il trasporto, etc.
6. Come spin off futuri si può anche pensare di utilizzare questa piattaforma non solo durante le ore diurne e quindi nell'arco dei due turni della mattina e del pomeriggio, ma potrebbe anche essere sfruttato durante il turno notturno. Ad oggi

infatti non essendo presente di notte un operatore con la licenza da carrellista, i componenti vengono scaricati solamente dalla macchina e lasciati in area buffer a fine lavorazione. In questo modo i pezzi da movimentare la mattina sono maggiori e il rischio di accavallamento e coda nelle movimentazioni diurne è maggiore. Il carico infatti non viene livellato ma si concentra nelle prime ore del mattino perché i componenti per essere lavorati devono raggiungere immediatamente la postazione di lavoro successiva. Nel caso in cui invece ci fosse uno strumento come quello selezionato a disposizione del reparto, l'operatore del terzo turno potrebbe anziché posizionare il pezzo nell'area buffer, caricare il dispositivo il quale, senza bisogno di un soggetto provvisto di licenza, riuscirebbe ad arrivare alla postazione finale ove ancora una volta un operatore di linea potrebbe scaricarlo. In questo modo anche durante la notte verrebbero effettuate delle movimentazioni interne scaricando così gli spostamenti da effettuare di mattina.

7. L'utilizzo del dispositivo robotizzato si potrebbe estendere non solo a livello temporale ovvero su più turni, ma anche a livello spaziale tra più reparti. La sua applicazione infatti risulterebbe funzionale non solo nell'area di produzione pezzi pesanti, ma anche per movimentare componenti in altre aree. Ad esempio sarebbe particolarmente utile per lo spostamento dei semi-assemblati tra il reparto di pre-assembly e quello di final assembly. In questo modo lo spostamento sarebbe autonomo e non impiegherebbe risorse e mezzi per trasportare i pezzi tra le due aree che sono tra l'altro in due aree diverse. Lo stabilimento di pre-assemblaggio coincide con quello di produzione, mentre l'assemblaggio finale è confinato in un capannone a sé al di là dell'area dedicata a Gebo.

Purtroppo i cinque punti a favore elencati sin ora non sono quantificabili in termini di tempo e costi risparmiati poiché non è possibile misurarli. Vi sono però altri punti da tenere in considerazione per calcolare il beneficio che questa navetta robotizzata è in grado di generare per l'azienda.

1. Innanzitutto è da considerarsi il risparmio in termini di tempo emerso dalle analisi come attesa del centro di lavoro iniziale. In seguito alla chiamata del mulettista per la realizzazione di un trasporto infatti quasi sempre si registrano attese prima che questo porti a termine l'operazione. Come è emerso dagli studi infatti la

disponibilità del nuovo strumento sarebbe maggiore rispetto al muletto in base agli studi fatti e ne ridurrebbe le code.

2. Anche il risparmio di operatori sarebbe una conseguenza dell'acquisto del nuovo mezzo di trasporto. Infatti grazie all'utilizzo di un sistema autonomo gli operatori addetti ai trasporti potrebbero essere dismessi. Sicuramente non tutti: dobbiamo sottolineare infatti che come detto precedentemente non la totalità degli spostamenti effettuati nell'area considerata potrebbe essere rimpiazzata dal nuovo sistema. Le movimentazioni tra l'ambiente esterno e la zona di parti pesanti andrebbe comunque presa in carico dal carrello elevatore e quindi da un operatore a lui dedicato. Sicuramente comunque potrebbe essere dismesso del personale che ad oggi viene dedicato per l'utilizzo di questi trasporti.
3. Come conseguenza a quanto appena descritto, non solo gli operatori, ma anche i muletti stessi potrebbero essere dismessi. Ad oggi infatti tutti i carrelli elevatori sono noleggiati tramite una ditta esterna e comportano un costo mensile costante per l'azienda. Potendo evitare di avere a disposizione la totalità dei mezzi ad oggi impiegati e richiedendone meno, anche il costo di noleggio calerebbe conseguentemente. Quindi a livello economico i costi si abbasserebbero portando un vantaggio monetario all'impresa.

Come già ricordato non tutti i carrelli elevatori potrebbero essere lasciati a casa. Ad oggi il numero di carrelli utilizzati durante la giornata sono essenzialmente tre: uno che si occupa degli sfidi di tutte le macchine utensili: raccoglie i carrelli pieni di sfidi, li porta fuori, li svuota e poi li riporta dentro vuoti. Gli altri due operatori invece si occupano della movimentazione dei pezzi: uno con un carrello da 50 quintali, l'altro da 30. Il carrello dedicato agli sfridi non asservisce solo quest'area ma anche l'area dei componenti leggeri e per lo scarico opera al di fuori del capannone in una zona dedicata in cui solo il muletto potrebbe operare. Il carrello automatico infatti non riuscirebbe a scaricare in autonomia i carrelli del materiale di scarto ragione per la quale questo muletto non può essere dismesso. Al contrario uno dei due carrelli che operano internamente potrebbe essere rimpiazzato dal nuovo sistema.

Per questi tre punti sono stati necessari quindi calcoli di misurazione più precisa in grado di evidenziare a livello quantitativo l'ammontare di costi risparmiati nell'anno per avere

una stima del ritorno economico legato a questo investimento.

Infine è da sottolineare che grazie alla tipologia di oggetto prescelto per l'investimento esistono anche agevolazioni fiscali. Poiché lo stato infatti supporta le imprese ad evolversi e rinnovarsi verso la nuova frontiera dell'industria 4.0 esistono delle agevolazioni fiscali che incentivano lo sviluppo della produzione automatizzata, la raccolta dei big data e l'automazione nel suo complesso. Grazie a questi incentivi lo stato supporta in Italia per gli anni 2017 e 2018 le industrie a investire capitale in questa direzione. Per coloro che aderiranno a questa "iniziativa" sarà adottabile l'iper ammortamento che consiste nella "supervalutazione del 250% degli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti la trasformazione in chiave 4.0 acquistati o in leasing"⁸. Grazie a ciò la somma ammortizzabile sarebbe aumentata di un 250% facendo così lievitare i risparmi fiscali che permetterebbero all'impresa di far calare il costo netto del bene.

5.8. Valutazione dell'investimento

L'ultimo step del percorso legato a questo progetto ha riguardato proprio la valutazione dell'investimento. In base quindi alla somma investita per il progetto descritto sin ora, è stato importante valutare concretamente a livello economico quanto questo fosse efficiente in termini monetari. L'analisi finanziaria permette quindi a fornire indicazioni relativamente alla sostenibilità dell'investimento nel tempo ovvero verifica che i flussi di cassa positivi e negativi (entrate e uscite) siano compatibili con la prospettiva di guadagno dell'impresa. Calcola dunque se l'investimento è proficuo e conveniente. Per analizzare tale possibile investimento è necessario dunque in prima istanza quantificare i flussi nell'arco del tempo.

L'analisi dell'investimento è stata trattata aprendo una richiesta di CAPEX. Il Capex (Capital Expenditure) "*è una somma spesa dall'azienda per acquistare o migliorare gli asset produttivi (come un edificio, un macchinario, un mezzo di locomozione o dell'attrezzatura) al fine di aumentare la capacità o l'efficienza dell'azienda*".⁹ Le spese in conto capitale non sono quindi registrate come costi in conto economico ma vengono

⁸ Dal sito web del Ministero dello Sviluppo Economico

⁹ <http://www.businessdictionary.com/definition/capital-expenditure-CAPEX.html>

capitalizzate e ammortizzate su più anni. Per questa ragione considerando l'investimento come un capex non sono state considerate come uscite di cassa le spese relative agli ammortamenti che non compaiono quindi nell'analisi.

Per stabilire invece l'ammontare dei flussi di cassa negativi all'anno zero ci si è quindi rivolti direttamente al fornitore del dispositivo stesso il quale ha stipulato un preventivo dei costi complessivi inerenti a:

1. Costo di fornitura: comprensivo del costo del dispositivo robotizzato, della batteria, del sistema di ricarica e dei laser scanner laterali.
2. Costo dei pistoni laterali: i quattro pistoni idraulici laterali permettono al dispositivo di alzare il carico oltre il livello del telaio.
3. Costo del software: l'installazione del software dedicato permette al dispositivo di applicare la navigazione autonoma grazie alla mappatura dell'area e al riconoscimento dello spazio circostante.
4. Costo di manutenzione: le manutenzioni programmate durante l'anno sono inserite direttamente nel preventivo.
5. Costo di training: incluse nel preventivo vi sono due giornate di training che la casa fornitrice offre allo stabilimento per permettere ai nostri operatori di imparare a gestire il nuovo strumento e capirne il funzionamento.

La somma dei costi sopra descritti ammonta a un totale di 200.000 €.

Trai i costi stimati precedentemente non rientrerebbero nella cifra i costi di fondazione. Per questi è stata quindi contattata la ditta di lavori civili già convenzionata con la nostra azienda la quale ha stimato invece un apporto di soli 3.000 € costo relativo alla resina da implementare sopra le rotaie per coprire i binari senza la necessità di apportare opere murarie più complesse per la modifica della pavimentazione. In questo modo il piano di calpestio verrebbe semplicemente livellato debellando così il pericolo di inciampo al minimo costo per l'azienda. Il costo complessivo dunque, alla luce delle analisi effettuate per la sua quantificazione, avrebbe un valore finale e complessivo di **203.000 €**.

Guardando poi i flussi di cassa positivi derivanti dall'impiego del nuovo mezzo oggetto di investimento nella gestione caratteristica. Come anticipato precedentemente i vantaggi derivanti dall'impiego di questo nuovo sistema di movimentazione sono molteplici ma non tutti appaiono facilmente e direttamente stimabili in termini economici a causa della loro natura. Infatti essendo la movimentazione un'attività indiretta non connessa alla

produzione e alla determinazione di valore aggiunto per il prodotto stesso, la sua incidenza sulla catena produttiva è di difficile quantificazione. Nonostante ciò si sono individuate tre fonti di saving derivanti dall'utilizzo del nuovo dispositivo che sono inerenti a: riduzione del tempo di movimentazione, riduzione nel numero di carrelli elevatori impiegati nel reparto e infine la riduzione del personale indiretto connesso alle movimentazioni effettuate con il muletto.

Partendo dal primo punto abbiamo valutato la riduzione di lead time complessiva annuale. Una volta calcolato il tempo medio di movimentazione con il nuovo dispositivo, stabilito tramite simulatore, abbiamo ottenuto che il nuovo tempo di trasporto in termini di media è il seguente:

- Il tempo di arrivo del sistema robotizzato avviene in tempo mascherato. L'operatore infatti chiama il robot prima di imbragare con il carro ponte il componente per la fase di carico così che mentre il sistema arriva l'operatore provvede all'aggancio del pezzo per portarlo in area buffer.
- Il tempo di carico e scarico non varierebbero rispetto alla situazione as is e ammonterebbero quindi a **9 minuti** ciascuno.
- Il tempo di trasporto tramite simulatore ha registrato un ammontare di 01:33:00 totali per i 31 spostamenti valutati. Ciò implica che la media di tempo dedicato alla tratta dal punto di origine a quello di destinazione copre un lasso temporale medio di **3 minuti** (rispetto ai 5 minuti della situazione attuale).
- Infine il tempo di attesa nuovo registrato per una giornata di pieno carico è risultato essere di 01:08:00 ore totali, con una media di circa **2 minuti** a spostamento rispetto ai 17 minuti di media registrati ad oggi.

Il tempo medio totale di trasporto risulta essere pari quindi a **23 minuti** rispetto ai 40 minuti medi della condizione attuale circa un 43% in meno. Guardando poi quanto è riportato a ciclo, ovvero 60 minuti la percentuale di tempo risparmiato sarebbe ancora maggiore pari a circa un 62% di saving di tempo. Considerando che nel ciclo di lavorazione aggiornato posteriormente all'acquisto del sistema robotizzato, verrà inserito un tempo di trasporto di **25 minuti** allora il risparmio rispetto ai 60 considerati oggi sarà del **58%**. Per quantificare però a quanto ammonta complessivamente il totale di ore risparmiate nell'anno grazie al nuovo dispositivo, si è dovuto andare a sottrarre il tempo risparmiato ai pezzi realizzati nell'anno. Considerando il numero di componenti realizzati

negli ultimi tre anni si è visto che le vendite sono state le seguenti (Tabella24):

Conteggio di # Diameters																	
Date	1080	1440	1810	2010	2100	2170	2520	2880	3250	3600	4320	4670	5040	5060	5760	6480	Total amount
2015	1	4	6	3		16	13	4	8	11	1	1		1		1	70
2016	1	7	7	2	1	13	10	7	14	11	5	2	5			2	87
2017	4	8	5	1	2	10	5	6	6	14	5		2		1	1	70
Total amount	6	19	18	6	3	39	28	17	28	36	11	3	7	1	1	4	227

Tabella 24. Totale di caroselli venduti negli ultimi tre anni

Il numero medio di vendite nei tre anni ammonta quindi a 76 caroselli comprensivi ovviamente dei relativi serbatoi. Ogni carosello infatti deve necessariamente essere associato al suo serbatoio di riempimento. Quindi tenendo 76 come numero medio di componenti realizzati anche nei prossimi anni, si è ripartita questa cifra tra le tre tipologie di pezzi considerati in precedenza. Stabilito infatti, come abbiamo descritto nei capitoli iniziali relativi alla classificazione degli items, che le vendite principalmente ricadono su tre tipologie di macchine (RMC □40% delle vendite, RMB □30%, RFH □30%) si è fatta l'assunzione secondo cui gli impianti venduti possano essere interamente riconducibili secondo le percentuali indicate a queste tre tipologie di macchine escludendo gli altri prodotti raramente ordinati e realizzati. In questo modo si è considerato che ogni anno vengano realizzati:

- 30 caroselli RMC
- 22 caroselli RMB
- 22 caroselli RFH
- 76 serbatoi di riempimento

Associando alla quantità di componenti venduti il numero di movimentazioni che ogni componente deve subire per la sua realizzazione, troviamo il numero di movimenti totali in un anno per ciascun tipo di componente. A seguito di ciò sapendo che per ogni movimento abbiamo un saving di tempo di attesa grazie al nuovo dispositivo che è pari a **15 minuti** per ciascun spostamento, allora possiamo andare a calcolare il saving totale in un anno per ciascun tipo di componente prodotto e anche il saving complessivo nell'anno su tutta la produzione. Una volta valutato ciò siamo andati a prendere le percentuali di

chiamata per ogni work center. Avevamo infatti analizzato quali fossero i centri maggiormente impiegati nelle movimentazioni ovvero quelli in cui vi sono più marcature su SAP rispetto ai pezzi conclusi o in arrivo. Riprendendo quindi l'elenco di quei centri di lavoro comprensivi di tutte le aree operative dell'officina entro cui i nostri componenti circolano, e riportandovi le percentuali relative al numero di movimentazioni che incidono sul work center, è stato valutato che tale percentuale ricoprisse anche la misura di ripartizione dell'attesa complessiva sui centri di lavoro. Quindi il saving di tempo può essere ripartito tramite le percentuali calcolate in precedenza sui corrispettivi work centers. Prendendo poi il costo orario di ciascun centro di lavoro, il costo orario è stato moltiplicato per i minuti, convertiti in ora, che vengono risparmiati durante l'anno. Infatti non dovendo più aspettare il carrellista per movimentare il componente, l'operatore diretto non perde tempo e può continuare a lavorare incidendo in minor quantità sul lavoro marcato. Da qui quindi, moltiplicando il costo orario per il tempo risparmiato grazie alla riduzione delle attese, possiamo trovare in termini monetari il risparmio annuo imputabile all'introduzione del nuovo sistema robotizzato.

Il saving complessivo è risultato quindi essere secondo questo calcolo di 32.900€ (**Figura 78**).

WAITING SAVING	Type of components	# of components	# of moves for each component	Total moves per year	Total waiting time saving per year [min]	WKC	Percentage of call	Minute allocated for WCK	€/h per WCK	Cost saving for waiting
	RMC	30	31	930	13950	0112MU03	3%	2124	38,15	1350,36
	RMB	22	32	704	10560	0115MU06	3%	2124	38,15	1350,36
	RFH	22	29	638	9570	0116MU06	3%	2124	38,15	1350,36
	Serbatoi	76	26	1976	29640	0875MUCN	7%	4248	38,15	2700,73
					63720	0911SEGH	3%	2124	32,69	1157,40
						0995UOMO	10%	6372	35,56	3776,39
						1302PREP	3%	2124	37,30	1320,55
						1306PREP	3%	2124	37,30	1320,55
						1500LUCI	13%	8496	32,69	4629,59
						1501LUCI	23%	14868	32,69	8101,78
						1551LUCI	3%	2124	31,20	1104,48
						1552LUCI	7%	4248	32,69	2314,79
						1599LUCI	3%	2124	31,20	1104,48
						1800CONT	3%	2124	37,30	1320,55
						2237F.D.	10%	6372	0	
										32902,3628

Figura 78. Saving relativo alla riduzione dell'attesa

Considerando poi in secondo luogo la riduzione dell'impiego dei carrelli elevatori, si è stimato che un carrello dei due presenti in area potesse essere rimpiazzato dal nuovo sistema così come giustificano anche i calcoli fatti sin ora. Quindi si andrebbe a coprire l'area con un carrello e il sistema a navetta durante i due turni diurni mantenendo anche

il carrello adibito al carico/scarico dei trucioli di rifiuto generati dalle macchine di lavorazione. In questo modo il numero di carrelli elevatori affittati che asserviscono l'area di fabbricazione e di magazzino passerebbero da 4 a 3 in totale.

Il costo di noleggio mensile per un carrello è pari a 600 €. Considerando il costo annuo per quattro carrelli arriviamo a stimare una somma di 28.800 € che l'azienda paga per il noleggio di questi mezzi. Potendo ridurre il numero dei carrelli a tre unità il costo annuale si ridurrebbe a 21.600 € con conseguente saving annuale di 7,200 € (**Figura 79**).

RENTAL FORKLIFT SAVING	Cost of one rental forklift [€/month]	AS IS		TO BE		Saving per year
		# of rental forklift	Cost for rental forklifts per year	# of rental forklift	Cost for rental forklift per year	
	€ 600,00	4	€ 28.800,00	3	€ 21.600,00	€ 7.200,00

Figura 79. Saving relativo ai carrelli elevatori noleggiati

Infine si è dovuto considerare il risparmio derivante dalla dismissione di personale dedicato alla movimentazione dei componenti per mezzo del carrello elevatore. Diminuendo infatti il numero di muletti, in questo modo anche il numero degli operatori dedicati alla movimentazione andrebbe a ridursi conseguentemente. Per stimare se fosse possibile eliminare un'intera figura o solo eliminarla parzialmente. Per valutarlo si è guardato che il lavoratore esterno che lavora con il carrello elevatore si basa, di solito, nel magazzino R7 (assemblaggio finale). Per ogni chiamata ricevuta dall'officina HP, deve spostarsi da lì e impiega 2 minuti per andare e 2 minuti per tornare indietro. Con il nuovo sistema, l'operatore può rimanere sempre disponibile in R7. Quindi la somma del tempo di spostamento verso l'area HP sommato al tempo complessivo impiegato per ogni trasporto, da il totale di tempo che potremmo liberare a un operatore indiretto. Dall'analisi è emerso che il tempo complessivo salvato ogni giorno ammonta ad un complessivo di 273 minuti. Questi minuti equivalgono a 4,5 ore. Rapportate alle 8 ore totali di un normale turno di lavoro è quindi stimabile poter risparmiare ½ full time equivalent ragionando per arrotondamento per difetto. Considerando il costo annuo di un dipendente esterno dedicato alle movimentazioni pari a 30.000 € si è calcolato che, passando da un assunzione FTE a una part time si potrebbe risparmiare all'anno una somma pari a 15.000

€ (Figura 80).

OPERATORS SAVING	Time to arrive and go back for each call	Total time per day	Effective working time per day (real transportation, value added activities)	Total time saving for forklift's operator [min]	How many FTE we can saved	FTE cost per year	Saving per year
	4	180	93	273	0,50	€ 30.000,00	€ 15.000

Figura 80. Saving relativo alla dismissione di personale dedicato alla movimentazione su muletto

Quindi andando a sommare i tre campi appena descritti si potrebbe ottenere un risparmio annuo di **55.102 €** l'anno.

Sono stati inseriti quindi i flussi di cassa annui in tabella (Figura 81) per poi andare ad analizzare l'investimento calcolando il valore del VAN (Valore Attuale Netto) o NPV (Net Present Value), il Payback Period e il TIR.

Sidel **SIDEL Investment Calculation Matrix**

Short Project description: Internal automatic transportation Requester: SAP Project Code (Controlling Only): Company: Sidel S.p.A.

KEUR (Currency in '000)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Cash in (enter positive value) / cash out (enter negative value):											
Investment / or											
Purchase price of equipment	-203,0										
other equipment (internal production)											
Consulting, ...											
Total activated costs for the investment	-203,0										
Productivity (on existing volumes)											
Cost savings on current volumes	0	55,1	55,1	55,1	55,1	55,1	55,1				
- of which internal labor		32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9				
- of which external labor or supplies		15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0				
- of which rental		7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2				
Net cash flow	-203	55,1	55,1	55,1	55,0	55,1	55,1	0	0	0	0
Discount rate ***		7,5%									
Discounted Net cash flow	-203,0	51	48	44	41	38	36	0	0	0	0
Cumulated Discounted Net cash flow	-203,0	-152	-104	-60	-19	20	56	56	56	56	56
Amortization charge for p&L**		-33,8	-33,8	-33,8	-33,8	-33,8	-33,8				
Change in EBITA	0	21	21	21	21	21	21	0	0	0	0

Net present value: 56 Payback period in years: 4,5 Internal Rate of Return: 16%

Figura 81. Calcolo della CAPEX

I ricavi sono stati conteggiati su un orizzonte temporale di 6 anni. I sei anni sono la vita utile di qualunque bene materiale introdotto in azienda secondo le direttive imposte dalla stessa.

Il primo criterio finanziario utilizzato per l'individuazione del rendimento

dell'investimento è stato il VAN (valore attuale netto) o NPV (net present value). Esso esprime in unità monetarie quanta ricchezza genera il progetto. Se il valore è positivo quindi maggiore di zero, allora l'investimento è proficuo e conviene che venga fatto. Viceversa l'azienda non deve investire poiché non si generano flussi di cassa sufficienti a ripagare le spese generate.

Il VAN si calcola come la somma dei flussi di cassa generati attualizzati all'anno zero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - F_0$$

Quindi nel nostro caso:

$$VAN = \frac{F_1}{(1+r)^1} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \frac{F_3}{(1+r)^3} + \frac{F_4}{(1+r)^4} + \frac{F_5}{(1+r)^5} + \frac{F_6}{(1+r)^6} - F_0$$

Nel nostro caso il tasso di sconto “ r ” utilizzato per attualizzare i flussi è pari al 7,5% (dato fornito direttamente dall'azienda) che stima il valore di rischio e rendimento per l'impresa.

Utilizzando dunque i dati collezionati otteniamo:

$$VAN = \frac{55,1}{(1+0,075)^1} + \frac{55,1}{(1+0,075)^2} + \frac{55,1}{(1+0,075)^3} + \frac{55,1}{(1+0,075)^4} + \frac{55,1}{(1+0,075)^5} + \frac{55,1}{(1+0,075)^6} - 203$$

$$VAN = 51 + 48 + 44 + 41 + 38 + 36 - 203 = 56$$

Il VAN risulta positivo per cui secondo questa analisi l'investimento sarebbe conveniente.

Inoltre si è andati a calcolare il *payback period* ovvero l'arco temporale entro il quale il costo dell'investimento viene coperto grazie ai saving annui. Dalle direttive aziendali ogni investimento dovrebbe rientrare in 3 anni. Ma poiché questo investimento riguarda un sistema di movimentazione che di per sé non può portare a valore aggiunto e poiché il problema è nato da una richiesta del reparto sicurezza, in questo caso i tre anni non valgono come negli altri casi come soglia per il payback. Infatti per i problemi di sicurezza in particolare l'orizzonte di ritorno può essere dilatato a patto che il problema venga risolto e quindi non sussista più il pericolo di infortuni registrato in partenza. In

ogni caso l'investimento dovrebbe essere ripagato entro i 5 anni quindi l'orizzonte resta comunque molto ridotto.

Per calcolare il payback period è necessario, una volta attualizzati i flussi, cumularli di anno in anno per vedere quando il flusso passa da negativo a positivo (**Tabella 25**).

Discounted Net cash flow	-203,0	51	48	44	41	38
Cumulated Discounted Net cash flow	-203,0	-152	-104	-61	-20	18

Tabella 25. Flussi di cassa attualizzati e cumulati

Come si può notare dai dati riportati l'investimento risulta positivo dopo 4,5 anni, data in cui vi sarà il break even point cioè il punto di pareggio. Dal break even in poi i flussi risultano solo positivi poiché sono stati coperti tutti i costi generati inizialmente grazie alla produttività del progetto.

Infine è stato calcolato il TIR (Tasso interno di Rendimento) o IRR (Internal Return of Rate). L'IRR è il tasso per il quale vengono resi equivalenti i flussi di cassa positivi e negativi cioè è quel valore tale per cui il VAN è uguale a zero (**Figura 82**).

$$VAN = 0$$

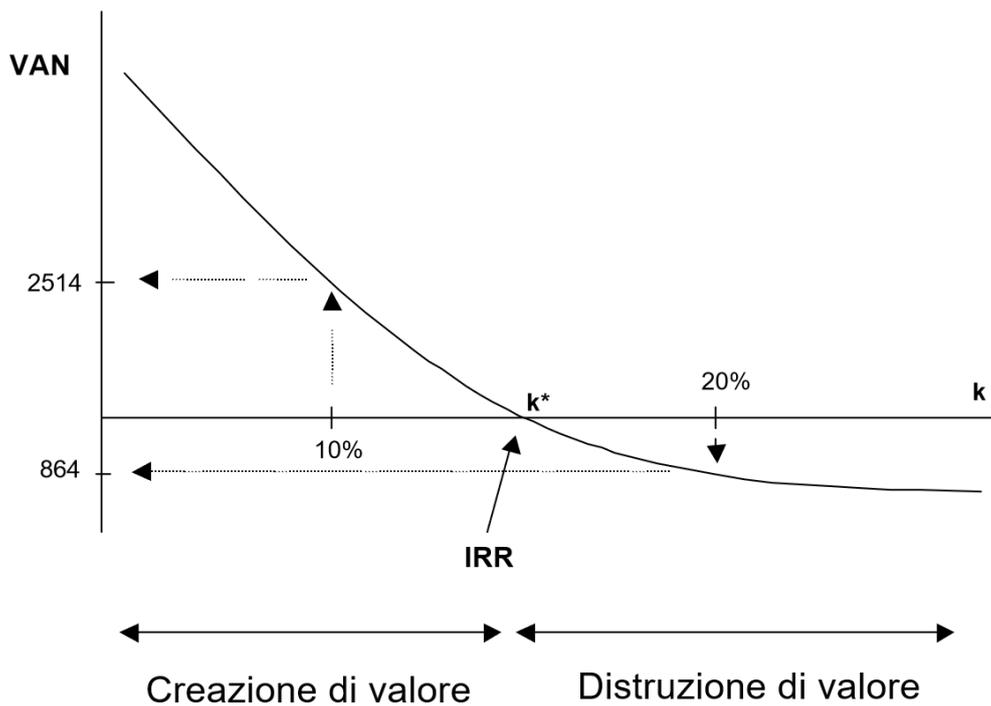


Figura 82. Rappresentazione grafica dell'IRR

In questo modo viene valutato il costo massimo che il progetto riesce a sostenere mantenendo la sua convenienza. È da accettare quindi il progetto tale per cui il valore indicato dall' IRR è superiore al costo opportunità del capitale. Nel nostro caso dunque, avendo ottenuto un TIR del 16% ciò implica che, sino ad un tasso di attualizzazione del 16% il nostro progetto è redditizio.

CONCLUSIONI

Allo stato attuale il progetto è in fase di elaborazione da parte del Sourcing. L'attività di studio è stata completata e presentata al Management che ha approvato la capex. Lo scopo del progetto è stato quello di ottenere una riduzione di costi relativi ai flussi di movimentazione interni allo stabilimento produttivo eliminando le inefficienze rilevate. Si è dimostrato grazie all'analisi della situazione attuale come fossero presenti problematiche legate alla gestione dei materiali dovute principalmente a due cause: problemi di sicurezza e obsolescenza del sistema a rotaia e scarsa disponibilità del carrello elevatore che attualmente provoca lunghe attese. Per investigare una soluzione che potesse eliminare gli sprechi è stata fatta un'analisi delle alternative ad oggi presenti sul mercato e, una volta selezionata la tipologia di dispositivo da implementare, è stata fatta una simulazione tramite Visual Basic per confutarne l'effettivo beneficio, quantificato in seguito durante l'elaborazione del ritorno dell'investimento.

A seguito dell'approvazione del progetto è stata aperta l'RDA (richiesta di acquisto) inoltrata al reparto di Sourcing insieme al capitolato tecnico. La responsabilità dell'avanzamento dell'investimento è soggetta ora a questo dipartimento il quale provvederà a identificare i fornitori da portare in gara per presentare le offerte di fornitura. Nella fase di selezione del fornitore saremo coinvolti per individuare, in base alle caratteristiche dei dispositivi proposti, quale offerta concerne in maniera più soddisfacente alle nostre richieste. Si andrà anche a valutare, in accordo con i fornitori, l'effettivo funzionamento dei dispositivi presi in considerazione analizzandone l'uso effettivo presso gli stabilimenti che già attualmente stanno impiegando tali sistemi.

Contemporaneamente il nostro reparto di ingegneria di produzione sta collaborando insieme al reparto di Sicurezza per definire limiti e vincoli di implementazione del sistema nel reparto. Si sta studiando anche come integrare concretamente il dispositivo con i centri di lavoro valutando il metodo migliore di comunicazione tra l'operatore e il sistema.

La fase di implementazione richiederà tempo e flessibilità per un adattamento completo alla realtà attuale sia dal punto di vista strutturale, logistico, gestionale e umano. Gli operatori in primis dovranno imparare come utilizzare la nuova struttura e come implementarla nel loro metodo di lavoro; questo obiettivo verrà supportato dalla stesura di istruzioni operative che saranno messe a disposizione di ogni reparto. L'adattamento

delle routine richiederà comunque tempo e impegno e sarà connesso anche ad un periodo di training da parte del fornitore.

La standardizzazione dei nuovi processi di movimentazione e delle fasi di trasporto sarà associata alla raccolta dati per le operazioni di logistica interna che ad oggi sono del tutto assenti. La nuova tecnologia terrà traccia di tutti i flussi, dei tempi, delle distanze e delle problematiche riscontrate in fase di lavoro. Grazie a ciò vi sarà anche lo spunto per intraprendere un lavoro di miglioramento continuo a livello di logistica grazie ad una visione chiara della gestione dei materiali che consentirà di raggiungere obiettivi sempre più ambiziosi. Il raggiungimento dell'ottimizzazione delle fasi a non valore aggiunto e l'eliminazione degli sprechi ad esse connesso è sicuramente un processo lungo e faticoso che deve comunque essere lo scopo da conseguire per arrivare alla massima efficienza dell'azienda.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Shingo Shigeo, "A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint", Productivity Press, Portland, Oregon, 1989.*

- [2] *Womack James P., Jones Daniel T., "Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi", Guerini e Associati, Milano, 2006.*

- [3] *Giovanni Graziadei, "Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi". Hoepli, Milano, 2005.*

- [4] *Pareschi A., Ferrari E., Rigattieri A., "Logistica integrata e flessibile: per i sistemi produttivi dell'industria e del terziario", Progetto Leonardo, Bologna, 2002.*

- [5] *Domenico Falcone, Fabio De Felice, "Progettazione E Gestione Degli Impianti Industriali", Hoepli, Milano, 2007.*

- [6] *Paul Myerson, "Lean Supply Chain and Logistics Management", McGraw-Hill, Philadelphia, Pennsylvania, 2012.*

- [7] *Giovanni Graziadei, "Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi", Hoepli, Milano, 2006.*

- [8] *Armando Monte, "Elementi di impianti industriali", Edizioni Libreria Cortina, Torino, 2003.*

- [9] *Martin Christopher, "Logistic and Supply Chain Management", Publishing Financial Times, Pearson UK, 2016.*

- [10] *Gwynne Richard, "Warehouse Management: a complete guide to improving*

- efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*”, Koganpage, London, 2018.
- [11] *Caron F., Marchet G., Wegner R., “Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali”*, Hoepli, Milano, 1997.
- [12] *Chopra S., Meindl P., “Supply Chain Management”*, Prantice Hall, New Jersey, 2001.
- [13] *Sergio Cavalieri, Roberto Pinto, “Orientare al successo la supply chain”*, ISEDI, Torino, 2015.
- [14] *Aswath Damodaran, Oliviero Roggi, “Elementi di finanza aziendale e risk management: la gestione d’impresa tra valore e rischio”*, Maggioli Editore, Milano, 2016.
- [15] *Jacopo Brunelli, “L’Industry 4.0 regala nuove opportunità al Sistema Italia”*, Boston Consulting Group, 2015.
- [16] *G. Westerman, D. Bonnet, A. McAfee, “Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation”*, Harvard Business Review Press, Boston, 2014.
- [17] *Carlo Rafele, Anna Corinna Cagliano, “Digital e Supply Chain: sviluppi in corso”*, Fabbrica del Futuro, Politecnico di Torino, 2016.
- [18] *Carlo Rafele, Materiale didattico per il corso di Logistica, Torino, A.A. 2016/17.*
- [19] *Antonio Rizzi, Materiale didattico per il corso di Logistica Industriale, Parma, A.A. 2012/13.*
- [20] *Alberto De marco, Materiale didattico per il corso di Gestione dei Progetti,*

Torino, A.A. 2016/17.

- [21] *Marco Cantamessa, Materiale didattico per il corso di Gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto, Torino, A.A. 2016/17.*
- [22] *Giuseppe Scellato, Materiale didattico per il corso di Economia aziendale, Torino, A.A. 2016/17.*
- [23] *Rivista, "Tecn'è: tecnologie, macchine e sistemi", Milano, mensile di ottobre 2017.*

SITOGRAFIA

<https://www.reportaziende.it>

<https://www.tetralaval.com/>

<https://www.krones.com/en/index.php>

<https://www.khs.com/>

<http://www.sidel.com>

<http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/>

www.businessdictionary.com/definition/capital-expenditure-CAPEX.html

www.supplychain247.com

https://it.wikipedia.org/wiki/Automated_guided_vehicle

<http://www.formal1.it/navette-agv/>

http://www.agvegroup.com/services_item/automated-guided-vehicles/

<https://www.economyup.it/>

<https://www.mckinsey.de>

http://www.ilsole24ore.com/art/notizie/2017-01-15/industry-40-l-italia-sfida-e-investire-125102.shtml?uuid=AD0VYAZC&refresh_ce=1

<https://www.digital4.biz/executive/bcg-l-industry-40-regala-nuove-opportunita-al-sistema-italia/>

<https://projectmanagement.matematicamente.it/en/uda/44-uda-14-risk-management>

<http://www.leanthinking.it>

<https://www.digital4.biz/pmi/industria-40-piano-calenda-gia-sfruttato-da-quasi-6-impresе-italiane-su-10/>

<https://www.kuka.com/it-it/prodotti-servizi/mobilit%C3%A0/piattaforme-mobili/kuka-omnimove>

RINGRAZIAMENTI

Al termine del mio elaborato e del percorso universitario che è in fase di epilogo, ci tengo a ringraziare le persone che hanno mi supportato durante questi anni e che hanno permesso il raggiungimento di questo traguardo.

Un sentito ringraziamento va in primo luogo al mio relatore, il Professore Carlo Rafele per avermi aiutata e guidata nella stesura della tesi di laurea lasciandomi comunque autonomia nello svolgimento dell'elaborato. Ringrazio inoltre il mio correlatore, l'ingegnere Marco Soranzo per avermi dato l'opportunità di intraprendere un importante percorso di formazione presso l'azienda Sidel che mi ha ospitato in questi mesi.

Un pensiero va poi ai miei colleghi e al mio responsabile Diego Grazioli che è stato per me non solo un ottimo insegnante ma anche un grande amico. Non avrei potuto trovare un ufficio migliore, mi avete accolta e supportata come in una vera famiglia.

Alle mie amiche di sempre con le quali ho condiviso praticamente tutto, grazie per essermi sempre state accanto e aver reso questi anni indimenticabili.

Un ringraziamento speciale va poi a mia sorella Federica che è da sempre il mio riferimento, un modello di vita. Sei la mia forza e il mio coraggio, grazie perché senza di te non sarei diventata la stessa persona di oggi.

Grazie ai miei nonni per non avermi mai fatto mancare nulla ed essermi sempre stati vicini con l'amore che solo i nonni sanno dare.

E infine un grazie infinite ai miei splendidi genitori che hanno saputo sempre supportarmi e sostenermi in questi anni. Grazie per essermi stati vicini, per avermi incoraggiata e sostenuta nelle mie scelte, per aver cercato di soddisfare qualunque mia richiesta. So quanti sacrifici e sforzi avete fatto per me e ve ne sono immensamente grata.

Non preoccupatevi perché, anche se sto crescendo, non vi libererete mai di me! Vi amo immensamente.