



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

INGEGNERIA GESTIONALE (ENGINEERING AND MANAGEMENT)

A.A. 2022/2023

Sessione di Laurea luglio 2023

**Analisi e ottimizzazione dei flussi di materiali
all'interno di uno stabilimento con sistema di
produzione snello**

Relatori:

Lombardi Franco

Candidati:

Merli Matteo

*A te che sei sempre nei miei pensieri,
soprattutto oggi.*

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
1.1	Oggetto della tesi	1
1.2	Cenni su Sicam Unipersonale.....	1
2.	CENNI SULLA LEAN MANUFACTURING.....	5
2.1	Introduzione alla Lean Manufacturing.....	5
2.1.1	The Toyota Way: i quattordici principi.....	7
2.2	Problem solving nel TPS: Toyota Kata.....	19
2.2.1	La direzione del miglioramento: il True North	19
2.2.2	Value Stream Map and Value Stream Design.....	24
2.2.3	Improvement Kata e gestione dei progetti di Continuous Improvement.....	28
2.2.4	Metodologia A3	33
3.	IL MILKRUN	39
3.1	La storia dell'idea del Milkrun	39
3.2	Concetti sulle linee di assemblaggio Lean	41
3.2.1	Il Takt-Time come ritmo della produzione	43
3.2.2	Analisi della domanda.....	45
3.2.3	Domanda e Takt-Time del modello	47
3.3	I flussi logistici	49
3.3.1	Il flusso delle A-Parts.....	50
3.3.2	Il flusso delle B-parts	52
3.3.3	Il flusso delle C-parts	53
3.4	Il tempo di ciclo ideale del Milkrun.....	55
4.	IL PROGETTO DI OTTIMIZZAZIONE DEL MILKRUN	59
4.1	Background del progetto	59
4.1.1	La metodologia del progetto: A3.....	61
4.2	Umbrella A3: La trasparenza del flusso dei materiali	63
4.2.1	Descrizione del progetto	63
4.2.2	Il tempo di ciclo del Milkrun.....	66
4.2.3	Action plan	70
4.3	Analisi della situazione attuale e del tempo di ciclo del Milkrun	71
4.3.1	Definizione del tempo medio del giro	71
4.3.2	Definizione delle attività svolte dal Milkrun.....	73
4.3.3	Analisi qualitativa delle attività e definizione del ciclo standard del Milkrun.....	74
4.4	Analisi quantitativa delle attività e definizione del carico di lavoro	83
4.4.1	Il tempo di ciclo del Milkrun.....	84

4.4.2	Il tempo di attraversamento del Milkrun.....	87
4.4.3	Il tempo di ciclo totale del Milkrun	89
4.5	Definizione del ciclo standard del Milkrun.....	91
4.6	Il flusso delle informazioni.....	97
4.6.1	Il sistema Kanban attuale per le A-parts	99
4.6.2	Nuovo disegno dell'area Housing	107
4.7	Il nuovo tempo di ciclo del Milkrun	109
4.7.1	Il coinvolgimento della popolazione organizzativa.....	112
5.	CONCLUSIONI.....	115
	Bibliografia.....	117
	Appendice A	119
	Appendice B	121
	Appendice C	125

1. INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della tesi

L'obiettivo di questo elaborato è presentare un caso aziendale nel quale è stato applicato l'approccio della Lean Manufacturing al miglioramento continuo di un processo manifatturiero.

L'azienda presso cui è stato fatto lo studio è stata acquisita nei primi anni 2010 dal gruppo multinazionale Bosch che, negli anni successivi, ne ha trasformato i flussi di lavoro, riapplicando i principi del Bosch Production System, un riadattamento del TPS (Toyota Production System) diventato lo standard mondiale della produzione snella. Nel corpo della tesi si approfondiranno i principi di questa filosofia manifatturiera e si analizzerà un progetto di miglioramento contestualizzato nella metodologia del Continuous Improvement. Verrà presentata la situazione di partenza, le azioni che hanno seguito l'analisi del processo e, infine, mostrati i risultati del progetto di miglioramento con una riflessione di ampio respiro sui principi del paradigma produttivo della Lean Production in uno stabilimento produttivo. In conclusione, ci sarà una valutazione sull'impatto del progetto nel raggiungimento degli obiettivi di uno stabilimento snello.

1.2 Cenni su Sicam Unipersonale

L'azienda è specializzata nella produzione di macchine per lo smontaggio degli pneumatici e delle macchine equilibratrici per la regolazione dell'assetto. Fondata nel 1975 ha iniziato la propria attività in uno dei primi stabilimenti della zona industriale di Correggio, in provincia di Reggio Emilia. In poco più di trent'anni, questa realtà tutta italiana ha conquistato un posto di rilievo tra i maggiori produttori di attrezzature per gommisti e per autofficine. Negli ultimi anni del 2000, l'azienda è stata acquisita dal grande gruppo del settore automotive Bosch che ne ha ammodernato lo stabilimento e riorganizzato la produzione in maniera radicale secondo il BPS (Bosch Production System). Al precedente portafoglio prodotti sono state aggiunte macchine per la ricarica dei sistemi di aria condizionata delle autovetture, prodotte dall'azienda per conto della controllante.

Le tre categorie di prodotti assemblati a Correggio sono:

- Macchine per lo smontaggio degli pneumatici o Tyre Changer (**Figura 1.1**): il loro utilizzo è agevolare le operazioni del tecnico di officina nell'operazione di rimuovere dal cerchio della ruota lo pneumatico da sostituire e inserire quello nuovo. Sono delle macchine elettromeccaniche la cui complessità e automazione può variare in maniera sostanziale da modello a modello e lo stabilimento di Correggio produce diverse decine di codici prodotto per tre differenti marchi.



Figura 1.1: macchina per lo smontaggio degli pneumatici

- Macchine equilibratrici per la regolazione dell'assetto dello pneumatico o Wheel Balancer (**Figura 1.2**): queste macchine vengono utilizzate per garantire che lo pneumatico in marcia si comporti esattamente come da specifica in termini di assetto (rotazione perfettamente perpendicolare alla strada e forze bilanciate che agiscono su ogni parte dello pneumatico).



Figura 1.2: macchina per l'equilibratura degli pneumatici

- Macchine per la ricarica dei sistemi di aria condizionata o ACS (**Figura 1.3**): uno dei prodotti di punta dello stabilimento in quanto ad elevato contenuto tecnologico. Questo prodotto viene utilizzato per rimettere in pressione le bombole di gas presenti sulle autovetture per il funzionamento dei compressori dell'aria condizionata che durante l'utilizzo perdono pressione e riducono progressivamente la loro efficacia.



Figura 1.3:macchina per la ricarica dell'aria condizionata

Ogni linea è composta da un numero diverso di stazioni in cui vengono svolte definite operazioni di assemblaggio che dipendono dalla tipologia del prodotto. A causa dell'elevato numero di codici prodotto per ogni tipologia di macchina, i tempi ciclo del processo di assemblaggio sono molto variabili e richiedono un preciso bilanciamento. Le operazioni da svolgere sono codificate e documentate e nell'ottica di garantire la qualità del processo, frequenti verifiche sul rispetto delle istruzioni di montaggio vengono svolte dai responsabili di linea. L'automazione è molto ridotta e gli operatori hanno competenze manuali elevate, oltre a una grande flessibilità di impiego: sono in grado di lavorare in più stazioni della stessa linea, spesso anche in linee diverse. Questo è causa di una grande variabilità nei tempi di assemblaggio e una delle più grandi sfide della funzione Manufacturing consiste nel bilanciamento della produzione per rispettare i tempi di ciclo definiti a priori su cui si misurano le prestazioni della funzione e dello stabilimento.

L'azienda è suddivisa funzioni, ognuna facente capo a un responsabile. I responsabili di funzione sono coordinati dal direttore di stabilimento che viene nominato dall'azienda controllante. Il mio tirocinio si è svolto nella funzione Manufacturing, ma il progetto ha coinvolto le funzioni Logistica e HSE (Health Safety and Environment) dello

stabilimento. Il team Manufacturing è composto da tre responsabili di linea che si occupano di coordinare e supportare il processo di assemblaggio, oltre a portare avanti progetti di miglioramento continuo dei processi e occuparsi di codificare la conoscenza e creare metodi standard.

Nella tesi verrà affrontato uno dei progetti di miglioramento in ambito manufacturing, incentrato sul bilanciamento dei flussi logistici di stabilimento. Il processo oggetto dell'analisi è trasversale alle funzioni di Manufacturing, Logistica e HSE.

2. CENNI SULLA LEAN MANUFACTURING

2.1 Introduzione alla Lean Manufacturing

La storia della Lean Production, una filosofia più che un semplice insieme di tecniche e di strumenti per la produzione di massa, nasce da un viaggio. Il viaggio che un giovane ingegnere giapponese di nome Eiji Toyoda intraprese alla volta di Detroit per cercare di capire come l'industria automobilistica americana potesse essere da esempio per la moribonda manifattura giapponese, che dopo la Seconda guerra mondiale versava in uno stato di grande crisi. Toyoda tornò dal suo viaggio nella gigantesca fabbrica di Detroit della Chrysler e, dopo aver a lungo discusso con il suo esperto di tecniche di produzione Taiichi Ohno, raggiunse la consapevolezza che quel sistema non avrebbe mai potuto funzionare in Giappone ed era migliorabile.

Per capire il suolo culturale e industriale da cui nacque la Lean Production, è necessario conoscere il Giappone del dopoguerra. Il mercato domestico del paese era piccolo e richiedeva una grande varietà di veicoli: dal veicolo leggero per il trasporto di merci alle piccole utilitarie per le grandi e sovraffollate città giapponesi. La situazione economica e valutaria non permetteva alle aziende giapponesi di acquistare tecnologia dall'estero e l'occupazione americana aveva introdotto leggi sul lavoro che rendevano impossibile agire sui costi della forza lavoro a causa dell'avvento degli accordi sindacali. Per una questione strategica e culturale, non era possibile agglomerare le piccole compagnie che producevano veicoli per raggiungere le economie di scala che avevano le tre grandi sorelle americane e questo rendeva inapplicabili gran parte dei concetti di organizzazione della produzione in vigore in America: era necessario un approccio diverso.

La soluzione al primo problema produttivo che plasmò l'approccio di Toyoda alle sfide della produzione di massa fu il reparto di produzione della carrozzeria. All'epoca la carrozzeria di un'automobile era composta da 300 parti saldate tra di loro, stampate da una lamina di metallo pressata. Il cambio dello stampo era un'operazione che richiedeva tanto tempo ed era sostenibile solo per una produzione di massa, che producesse la grande variabilità di autovetture richieste dal mercato in grandi lotti di produzione. Per produrre piccole quantità di una grande varietà di vetture erano necessari lunghi tempi di attrezzaggio che rendevano inefficiente il ciclo produttivo e non competitivo con il

modello americano. L'idea di Ohno fu di sviluppare un sistema di cambio rapido delle presse, che potesse essere svolto in un tempo molto ridotto usando un sistema di rulli mobili e tecniche di regolazione che potessero essere di facile utilizzo per ogni operaio della fabbrica. Oltre a rendere possibile la produzione di massa di tante vetture diverse, il sistema si rivelò estremamente vantaggioso anche per la riduzione dei costi di magazzino e per i costi di qualità: i lotti di piccole dimensioni permettevano di trovare subito i difetti di lavorazione e di correggerli su un numero ridotto di vetture ed era possibile adattarsi alle richieste della domanda di mercato molto velocemente.

L'approccio utilizzato nella risoluzione del problema dello stampaggio delle lamiere venne esteso e guidò il cambiamento di tutto il paradigma produttivo verso la Lean Production.

Oggi la Lean Manufacturing è universalmente riconosciuta come il metodo di maggior successo per raggiungere l'efficienza nel mondo industriale. È provato da una serie di studi e di applicazioni pratiche come l'implementazione di tecniche Lean porti a raggiungere numerosi vantaggi in molti ambiti dell'ambiente industriale e permetta alle imprese di rispondere alle richieste di un mercato globale in costante trasformazione.

I principi base del pensiero snello si sono sviluppati e consolidati negli anni e sono stati codificati e teorizzati dai numerosi studiosi che hanno affrontato e toccato con mano quello che Toyota ha sviluppato a piccoli passi in diversi decenni. I capisaldi della Lean Manufacturing possono riassumersi nei seguenti:

- snellezza in tutti gli aspetti aziendali, ma principalmente nella struttura gerarchica dell'azienda, per incrementare la rapidità decisionale;
- miglioramento delle prestazioni in termini primariamente di qualità, ma anche di flessibilità e tempi di risposta al cliente;
- calo dei costi di produzione;
- eliminazione degli sprechi, ovvero di tutto ciò che non crea valore aggiunto;
- responsabilizzazione delle persone e coinvolgimento nella mission dell'azienda.

Molti studiosi hanno formulato una serie di linee guida sulla Lean Manufacturing, come Edwards Daming, Kaoru Ishikawa, Taiichi Ono, Shigeo Shingo e Joji Akao. Gli studiosi

moderni hanno analizzato l'applicabilità delle tecniche combinandole con lo studio della filosofia che ha portato a svilupparle realizzando opere che rappresentano ancora oggi testi studiati in tutto il mondo. Si tratta dei lavori di Mike Rother (Toyota Kata, 1999), Beau Kyte (2003-2004), Jeffrey K. Liker (The Toyota Way, 2004), James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos (The Machine That Changed The World, 2005), Pascal Dennis (2006), Robert Martichenko (2010) e Kevin von Grabe (2010).

2.1.1 The Toyota Way: i quattordici principi

Lo studioso Jeffrey K. Liker¹ ha trascritto i principi sviluppati dal modello di pensiero Toyota e li ha riassunti in un libro dal titolo *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Dopo aver trascorso più di vent'anni a studiare il modello Toyota, Liker scrive l'opera che diventerà un caposaldo della cultura industriale Lean, riassumendo i 14 principi del Toyota Production System incorporandoli nel modello 4P (**Figura 2.1**) che li raggruppa in quattro driver di alto livello e richiama ai documenti interni di Toyota.

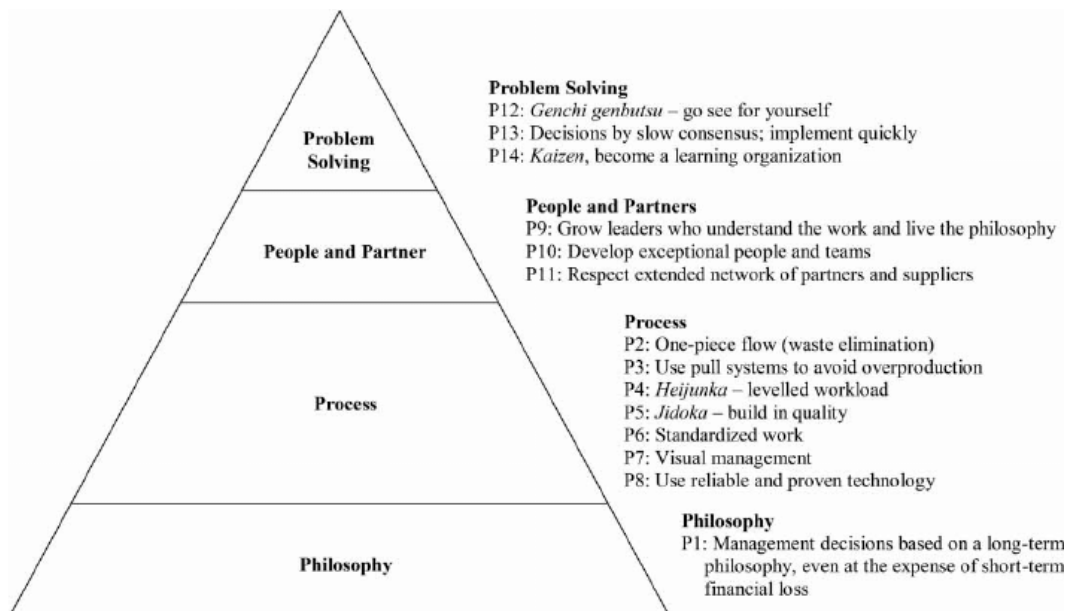


Figura 2.1: il modello 4P del TPS (Liker, 2004)

¹ Jeffrey Liker: Professore di Industrial and Operations Engineering all'università di Michigan

Le 4 P del modello sono: Philosophy, Process, People Partners e Problem Solving, e sono le categorie che racchiudono i 14 principi. La base della piramide dev'essere appunto la prima P (Philosophy), la filosofia di lungo termine, che racchiude il principio considerato la base di tutto il modello. La seconda P (Process), il processo, raccoglie i successivi sette principi improntati appunto al processo e a come dev'essere concepito, ovvero rivolto al flusso e contrario agli sprechi. La terza P (People and Partner), le persone, contiene tre principi rivolti al rispetto e alla crescita delle persone nella realtà aziendale e al coinvolgimento del network dell'azienda (clienti e fornitori). La quarta e ultima P (Problem Solving), si riferisce alla punta del modello a piramide e contiene i rimanenti tre principi.

- **Principio 1:** Basare le decisioni su una filosofia di lungo termine, anche a spese degli obiettivi finanziari di breve termine.
- **Principio 2:** Creare un flusso continuo (Continuous Flow) per far affiorare i problemi.
- **Principio 3:** Utilizzare i sistemi "Pull" per evitare la sovrapproduzione.
- **Principio 4:** Livellare il carico di lavoro (Heijunka).
- **Principio 5:** Costruire una cultura che smetta di risolvere problemi: bisogna ottenere il giusto livello di qualità al primo colpo.
- **Principio 6:** Standardizzare sempre come base per il miglioramento continuo e il potenziamento del personale.
- **Principio 7:** Utilizzare controlli visivi per non nascondere nessun problema.
- **Principio 8:** Usare solo tecnologia necessaria e affidabile per supportare i dipendenti e i processi.
- **Principio 9.** Crescere leader che capiscano veramente il lavoro, che vivano la filosofia di produzione e la insegnino agli altri.
- **Principio 10:** Sviluppare personale che segua la filosofia dell'azienda, promuovendo un effettivo lavoro di squadra.

- **Principio 11:** Rispettare il network esteso di partner e fornitori aiutandoli a migliorare.
- **Principio 12:** Genchi Genbutsu, ovvero andare a vedere di persona per capire la situazione.
- **Principio 13:** Prendere decisioni lentamente, considerato tutte le opzioni, ma implementarle velocemente.
- **Principio 14:** Hansei e Kaizen, ovvero imparare attraverso la riflessione (Hansei) e applicare un miglioramento continuo (Kaizen).

2.1.1.1 Principio 1

Basare le decisioni su una filosofia di lungo termine, anche a spese degli obiettivi finanziari di breve termine.

“I fattori più importanti per il successo sono la pazienza, il concentrarsi sul lungo termine piuttosto che sui risultati di breve termine, l’investimento nelle persone, nel prodotto e nell’azienda e un impegno continuo nella qualità”

Robert B. McCurry²

La filosofia di lungo periodo è la guida verso un miglioramento sostenibile e un’efficienza operativa duratura e deve sostituire la logica delle azioni e dei piani di breve periodo. L’obiettivo della creazione del valore per il cliente finale è un viaggio lungo che va intrapreso investendo sulle persone e sulla cultura organizzativa, perchè i problemi e gli imprevisti saranno sempre di natura diversa e imprevedibili, mentre una organizzazione forte sarà resiliente e saprà vincere tutte le sfide. Questo principio troverà la sua realizzazione nel concetto di True North.

² Robert B. McCurry: Ex Vice-Presidente esecutivo Toyota Motor Sales

2.1.1.2 Principio 2

Creare un flusso continuo (Continuous Flow) per far affiorare i problemi.

“Se accadesse qualche problema nel flusso continuo (One Piece Flow), l'intera produzione si fermerebbe. In questo senso, si presenta come un sistema molto inefficiente, ma quando la produzione si ferma, ognuno è obbligato a risolvere i problemi immediatamente. In questo modo i membri del team devono pensare, e attraverso la riflessione cresceranno, diventando membri del team e persone migliori.”

Teruyuki Minoura³

Non è possibile risolvere i problemi e le inefficienze di un processo produttivo se, in prima istanza, non è possibile individuarli. Il flusso continuo di produzione permette di avere immediata visibilità e conoscenza del problema, specialmente se un difetto è causa di un fermo produttivo. Il fermo produttivo è una grande opportunità per fermarsi, analizzare un problema e risolverlo. Il processo di miglioramento continuo deve includere strumenti e metodi, come il Value Stream Mapping, per codificare la conoscenza e trasmetterla, per integrarla nella cultura dell'organizzazione e dare potere alle persone.

2.1.1.3 Principio 3

Utilizzare i sistemi “Pull” per evitare la sovrapproduzione.

“Più scorte ha un'azienda, meno facilmente avrà ciò di cui necessita.”

Taiichi Ohno⁴

I sistemi Pull permettono di rispondere con rapidità alle richieste del cliente finale e a reagire agli imprevisti. Una grande quantità di scorte interoperazionali e WIP (Work In Progress, ovvero il numero di prodotti all'interno del sistema produttivo e del magazzino) rende l'azienda lenta e poco reattiva, oltre a rappresentare un costo. Il Just In Time (JIT) richiede di avere a disposizione quello che serve solo quando serve. In quest'ottica lo strumento essenziale per il JIT è il Kanban, un cartoncino contenente il codice di un materiale e la sua quantità che viene consegnato al fornitore, sia esso interno od esterno. Un aspetto molto interessante della gestione a Kanban dell'approvvigionamento delle

³ Teruyuki Minoura: Ex Presidente Toyota Motor manufacturing del Nord America

⁴ Taiichi Ohno: Ex Vice-Presidente Toyota Motor manufacturing

linee di assemblaggio è che l'emissione del Kanban scaturisce da una precisa situazione della linea di assemblaggio, contiene un messaggio chiaro e standardizzato e, noto il Lead Time di approvvigionamento di quel dato materiale, implica il tempo di attesa che la linea di assemblaggio dovrà aspettarsi per riceverlo. Il Kanban per Ohno è un sistema di gestione delle scorte, ma non bisogna dimenticare che le scorte sono Muda (sprechi): il fine del TPS è la riduzione, fino all'azzeramento, delle scorte. Per questa ragione è opportuno lavorare alla riduzione delle quantità ordinate dai Kanban e alla riduzione dei Kanban circolanti. In questo senso, i Kanban sono molto utili perchè rappresentano l'efficienza operativa di approvvigionamento della linea in maniera chiara e visuale, rendendo semplice individuare le aree di miglioramento e lo stato di efficienza dei processi.

2.1.1.4 Principio 4

Livellare il carico di lavoro (Heijunka).

“Generalmente, quando si cerca di applicare il TPS, la prima cosa da fare è di livellare la produzione. Ciò potrebbe richiedere di anticipare o posticipare le spedizioni e potrebbe quindi essere necessario chiedere ai clienti di aspettare un breve periodo. Una volta che il livello di produzione sarà approssimativamente lo stesso o comunque costante per un mese, si potranno applicare sistemi Pull e bilanciare la linea di assemblaggio. Se invece il livello di output variesse ogni giorno, non avrebbe senso.”

Fujio Cho⁵

Questo principio coinvolge direttamente tutte e tre le tipologie di spreco del TPS. Livellare il carico di lavoro della produzione permette di ridurre le scorte, bilanciare la linea permette di azzerare i tempi morti e far avanzare il processo produttivo a un ritmo costante permette di non sovraccaricare le risorse e le persone. La combinazione di queste cose permette ai problemi di affiorare e conferisce stabilità e prevedibilità al processo produttivo.

⁵ Fujio Cho: Ex presidente Toyota Motor Corporation

2.1.1.5 Principio 5

Costruire una cultura che smetta di risolvere problemi: bisogna ottenere il giusto livello di qualità al primo colpo.

“Il sig. Ohno affermava spesso che nessun problema scoperto quando si ferma la linea dovrebbe essere risolto più tardi del mattino seguente.”

Fujio Cho

La qualità è un valore fondamentale per il cliente finale e una grande sfida per l'ambiente di produzione. Fermare la produzione non appena si scopre un problema, permette di dedicare il massimo impegno alla sua risoluzione e di ridurre i costi e gli sprechi legati alla correzione del problema di qualità. Se non viene risolto il problema, contestualmente alla sua occorrenza, i costi di rilavorazione e i prodotti scartati rappresenteranno rapidamente un costo superiore a quello richiesto per fermare il processo produttivo.

2.1.1.6 Principio 6

Standardizzare sempre come base per il miglioramento continuo.

“I cicli di lavoro standardizzato e le informazioni in essi contenute sono elementi importanti del TPS. Una persona che schedi un ciclo di lavoro standardizzato deve essere convinta della sua importanza. L'alta efficienza della produzione è mantenuta prevenendo il ricorrere di difetti, errori e incidenti e assimilando le proposte dei lavoratori. Tutto ciò è reso possibile dai cicli di lavoro standardizzato.”

Taiichi Ohno

L'esperienza del personale è quindi sfruttata al massimo se utilizzato per standardizzare le azioni quotidiane. Un'attività standardizzata fornisce un output prevedibile, facilita la collaborazione delle persone e rende la conoscenza facile da codificare e condividere. Se i processi sono standardizzati, diventa estremamente flessibile la gestione delle risorse e la loro riallocazione. Inoltre, diventa facile individuare le deviazioni ed individuare rapidamente i problemi.

2.1.1.7 Principio 7

Utilizzare controlli visivi per non nascondere nessun problema.

“Il sig. Ohno affermava di pulire sempre tutto in modo da poter vedere i problemi. Si sarebbe dispiaciuto se non avesse potuto vedere e constatare un problema.”

Fujio Cho

Gli indicatori visivi sono una miglioria per il flusso del valore. Uno strumento Lean per rendere i problemi visivi è quello delle 5 S: si tratta di un ciclo di 5 fasi i cui nomi giapponesi indicano l'attività da svolgere. Le 5 S sono fondamentali per individuare i problemi e sono costituite da: Seiri (separare ciò che serve da ciò che crea disordine), Seiton (riordinare tutto ciò che è utile), Seiso (pulire, non nascondere le inefficienze), Seiketsu (Standardizzare le prime 3 S), Shitsuke (sostenere tutte le altre attività).

2.1.1.8 Principio 8

Usare solo tecnologia necessaria e affidabile per supportare i dipendenti e i processi, evitando ciò che è superfluo.

“La società moderna è giunta al punto in cui basta premere un pulsante ed è immediatamente inondata di informazioni tecniche e gestionali. Ciò è certamente un vantaggio, ma si corre il rischio di perdere l'abilità di pensare. È bene ricordare che è l'essere umano a dover risolvere i problemi.”

Eiji Toyoda⁶

Nel mondo industriale contemporaneo sono disponibili una tale quantità di informazioni, che diventa difficile capire quali siano veramente importanti e significative e quali solo rumore di fondo. Non è necessario avere tanti dati a disposizione, basta avere quelli utili a risolvere un problema e ad accrescere la conoscenza di un processo. Toyoda ci ricorda che l'essere umano ha il compito di risolvere i problemi e guidare il miglioramento dei processi ed è lui il fruitore delle informazioni: nella filosofia Toyota deve avere solo le informazioni che gli sono necessarie.

⁶ Eiji Toyoda: Ex Presidente Toyota Motor Corporation

2.1.1.9 Principio 9

Crescere leader che capiscano veramente il lavoro, che vivano la filosofia e la insegnino agli altri.

“Spesso il management aziendale perde l’opportunità di sfruttare la straordinaria capacità dei propri impiegati. In Toyota noi diamo il massimo valore ai membri del nostro team e facciamo il meglio che possiamo per ascoltarli e incorporare le loro idee nel nostro processo di produzione.”

Alex Warren⁷

Per rafforzare la cultura aziendale e creare fiducia nel management è meglio crescere leader internamente all’azienda, piuttosto che assumerli dall’esterno. Essi devono essere un modello di riferimento per l’azienda e devono indicare la strada da seguire, devono ispirare tutta la popolazione dell’organizzazione. Per rafforzare la cultura aziendale, creare engagement e motivazioni a ogni livello dell’organizzazione è fondamentale creare dei percorsi di crescita interni all’azienda e trasmettere il messaggio che ognuno è responsabile del proprio destino e di quello dell’azienda.

2.1.1.10 Principio 10

Sviluppare personale che segua la filosofia dell’azienda, promuovendo un effettivo lavoro di squadra.

“Il rispetto per le persone e la costante sfida a fare di meglio sono in contraddizione? Il rispetto per le persone significa rispetto per la mente e le capacità: non aspettatevi che perdano il loro tempo. Rispettate le capacità delle persone. Il mutuo rispetto significa che io mi fido di te e mi aspetto che tu faccia il tuo lavoro così da essere un’azienda di successo. Non significa che dobbiamo amarci l’un l’altro.”

Sam Heltman⁸

Lo sviluppo del team deve essere improntato all’orientamento, alla soddisfazione, all’integrazione e alla produzione. La fiducia e il rispetto delle persone implicano un

⁷ Alex Warren: Ex Senior Vice-Presidente Toyota Motor Manufacturing

⁸ Sam Heltman: Senior Vice-Presidente dell’Amministrazione, Toyota Motor manufacturing in America settentrionale

rapporto collaborativo e una comunicazione trasparente ed efficace per raggiungere il comune obiettivo di un processo migliore.

2.1.1.11 Principio 11

Rispettare il network esteso di partner e fornitori aiutandoli a migliorare.

“Toyota è maggiormente improntata al migliorare i loro sistemi e mostrarti come questi miglioreranno te. Livellano la produzione per facilitarci il lavoro. Ritirano il nostro prodotto 12 volte al giorno. Hanno formato i nostri operatori. Ci sono più possibilità di ottenere profitto e vantaggi commerciali con Toyota, anche grazie a premi ricevuti. Di tutte le case auto con cui lavoriamo, Toyota è la migliore.”

Un fornitore automotive

La creazione di solide relazioni commerciali con i fornitori è alla base del successo del Toyota Production System. Un sistema di tipo Pull ha bisogno di elevata standardizzazione e reattività anche da parte di clienti e fornitori, con cui è necessario instaurare un rapporto di condivisione delle risorse e della conoscenza. Prediligere dei contratti lunghi e chiari, permette alla catena del valore di solidificarsi e di creare rapporti di fiducia e mutuo rispetto.

2.1.1.12 Principio 12

Genchi Genbutsu, ovvero andare a vedere di persona per capire la situazione (letteralmente “vai sul posto e tocca con mano”).

“Osservate il production floor senza preconetti e con una mente svuotata. Ripetete cinque volte “Perchè?” a ogni questione.”

Taiichi Ohno

Significa capire chiaramente la situazione in profondità, verificando di persona i problemi. La tecnica dei 5 WHYs permette di darsi risposte che vadano in profondità e catturino la causa radice del problema. Fermarsi alla superficie non permette di risolvere un problema in maniera definitiva. Altrettanto importante è il Genchi Genbutsu: è necessario recarsi fisicamente dove avvengono le cose ed osservarle in maniera diretta.

2.1.1.13 Principio 13

Prendere decisioni con la lentezza necessaria, considerando tutte le possibilità, ma implementare velocemente.

“Se avessimo un progetto il cui completamento è previsto in un anno, credo che una compagnia americana passi tre mesi a pianificarlo per poi iniziare a implementarlo; ma incontreranno ogni tipo di problema dopo l’implementazione e perderanno il resto dell’anno a correggerli. Un progetto in Toyota della stessa durata impiegherà dai 9 ai 10 mesi per progettare, per poi implementarlo con bassi volumi e infine completarlo alla fine dell’anno, con virtualmente nessun problema da risolvere.”

Alex Warren

Durante la fase di progettazione della soluzione a un problema, è necessario vagliare tutte le possibili opzioni e prendersi tutto il tempo per analizzarle. Il processo di analisi della situazione attuale e di design del piano di azione deve essere lento e condiviso, tenendo in considerazione il contributo di tutte le persone coinvolte. Solitamente si usa la parola Nemowashi (letteralmente dal giapponese: “Lavorare attorno alle radici”) per descrivere questa attività. Dopo la decisione definitiva però, l’implementazione dev’essere molto rapida.

2.1.1.14 Principio 14

Hansei e Kaizen, ovvero imparare attraverso le riflessioni (Hansei) e applicare un miglioramento continuo (Kaizen).

“Vediamo gli errori come opportunità per apprendere invece che accusare gli individui, l’organizzazione intraprende azioni correttive e distribuisce ogni esperienza o conoscenza generale. Imparare è un processo continuo in cui il livello superiore deve motivare e formare i propri subordinati e tutti condividono le proprie conoscenze.”

The Toyota Way document 2001

Questo principio implica procedimenti di responsabilità, auto-riflessione e apprendimento organizzativo, pretendendo da chi lo applica l’identificazione delle cause del guasto e lo sviluppo di adeguate contromisure. Normalmente gli approcci di Problem

Solving si caratterizzano in 7 step: la percezione iniziale del problema, l'identificazione del problema reale, il POC (Point of Cause), l'analisi tramite 5 W (cinque volte "Why?", cioè chiedersi il perchè delle cose per cinque volte consecutive), l'applicazione di contromisure, la valutazione dei risultati e la standardizzazione di quanto effettuato.

2.2 Problem solving nel TPS: Toyota Kata

Il Toyota Production System viene considerato a livello mondiale come la filosofia e l'insieme di principi, procedure e strumenti che permette a Toyota di avere un vantaggio competitivo sostenibile sul lungo periodo in un contesto competitivo molto dinamico e mutevole. L'implementazione di un sistema di questo tipo richiede una profonda comprensione delle routine e della filosofia che stanno alla base delle tecniche di produzione che sono visibili e imitabili. Il vantaggio competitivo di Toyota è sostenibile proprio perché non è possibile osservare le procedure Toyota, classificarle, studiarle e riapplicarle in un altro contesto, senza aver assimilato la cultura organizzativa che permea l'organizzazione e tutti i suoi processi. La riapplicazione di tecniche e strumenti non è sostenibile sul lungo periodo, se si considera un'azienda un organismo vivente che si evolve e si adatta nel contesto in cui opera in base agli stimoli che riceve da ogni stakeholder. Proprio per questa ragione, è necessario assimilare i principi del Toyota Production System, della cultura organizzativa e della filosofia che sta alla base di quel sistema, per poterne applicare gli strumenti e per progettare soluzioni che risolvano sprechi e problemi.

I percorsi, le routine, il modo di fare le cose in Toyota vengono chiamati Kata, una parola giapponese che indica le sequenze basilari dei movimenti nelle arti marziali che generano lo stile di combattimento di un lottatore. I Kata definiscono l'abilità del lottatore nell'affrontare in maniera agile e flessibile ogni tipo di avversario e di situazione, gli forniscono gli strumenti per affrontare le sfide in maniera dinamica. Le routine e il pensiero organizzativo sono i Kata di un'azienda, sono flessibili e permettono di elaborare soluzioni sempre efficaci ed efficienti per ogni tipo di problema produttivo. Si noti come i Kata non siano definibili e codificabili per principio: sono connaturati alla storia e alla cultura aziendale e sono una base che si modella sulla situazione attuale.

2.2.1 La direzione del miglioramento: il True North

Alla base del Toyota Production System vi è la definizione di ciò che è l'obiettivo di lungo termine dell'azienda, il cosiddetto True North, il nord che orienta tutte le azioni che l'azienda deve intraprendere per raggiungere l'eccellenza. Per definizione, il True North è sempre irraggiungibile, ideale, proprio perché esiste unicamente per guidare e

orientare le azioni di miglioramento dell'azienda e non rappresenta un risultato, bensì un fine e una direzione. È un concetto che richiama alla vision aziendale di stampo occidentale, connotandolo di un aspetto direzionale: mentre la vision è un insieme di situazioni da creare e progettare, il True North è la direzione nella quale si procede implementando progetti di miglioramento.

Il True North di Toyota è in forte contrapposizione alla mentalità del “traguardo da raggiungere”: non è possibile ipotizzare una serie di azioni da implementare per raggiungere una situazione di vantaggio competitivo. La distanza che separa ogni azienda, dalla situazione attuale all'obiettivo, è una zona grigia piena di incognite ed eventi imprevedibili, in continuo mutamento (**Figura 2.2**). Il design e l'implementazione di un piano fallirebbero di fronte all'ineffabilità dell'ignoto. Il percorso di ogni azienda verso il True North è scandito da un numero infinito di situazioni intermedie, nelle quali è necessario analizzare il mutamento delle condizioni per ricalibrare il piano di miglioramento.

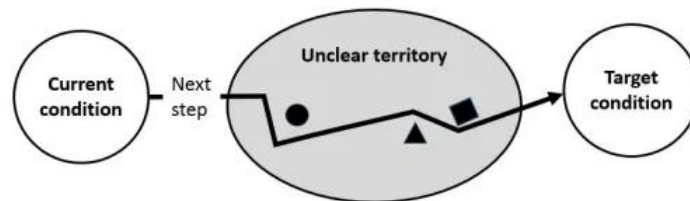


Figura 2.2: Improvement Kata (Rother, 2010)

Questa visione del miglioramento continuo parte dalle seguenti ipotesi:

- in ogni momento, dentro e fuori dall'organizzazione, vi è cambiamento e un piano a lungo termine fallirebbe perché verrebbe applicato a una realtà diversa rispetto a quella pensata inizialmente;
- non è possibile prevedere come e quando avverranno questi cambiamenti, spesso non si è in grado di notare quelli già avvenuti;
- se esistesse una soluzione implementabile in breve tempo per raggiungere il vantaggio competitivo, sarebbe velocemente imitabile dai competitor e non renderebbe sostenibile il vantaggio stesso.

Per raggiungere il vantaggio competitivo e per renderlo sostenibile è necessario passare dalla logica dell'implementazione alla logica della risoluzione dei problemi. Procedere per gradi e rimuovere tutti gli ostacoli che si presentano, gli sprechi che si frappongono tra l'organizzazione e la situazione target intermedia.

Il True North di Toyota, che è diventato anche l'obiettivo di lungo termine per ogni azienda dell'automotive, è il raggiungimento dei seguenti risultati operativi ideali:

1. Zero difetti: non è mai necessario rilavorare un prodotto difettoso;
2. 100% valore aggiunto: ogni attività aggiunge valore per il cliente;
3. One-piece flow: ogni prodotto viene lavorato singolarmente.

Questi risultati sono la via per la produzione con la massima qualità possibile, al minor costo, nel minor tempo. Il concetto che permea tutti e tre i pilastri del True North è l'assenza totale di sprechi (in giapponese “muda”), siano essi intesi come tempo, materiale e costi. Secondo la filosofia Lean, gli sprechi sono suddivisi in tre categorie principali (**Figura 2.3**), che si definiscono col rispettivo nome giapponese:

- Muda: raccoglie tutte le attività che non creano valore aggiunto, ovvero un utilizzo errato delle risorse e della capacità produttiva.
- Mura: indica lo sbilanciamento del sistema produttivo, un utilizzo non efficiente delle risorse dovuta a un'errata allocazione delle stesse o a processi non correttamente bilanciati.
- Muri: indica invece un eccesso, ovvero un utilizzo sovrabbondante di risorse per ottenere valore.

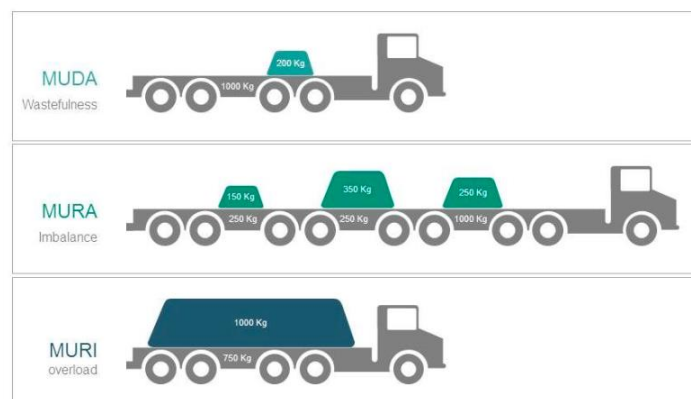


Figura 2.3: gli sprechi del TPS

L'eliminazione degli sprechi è un concetto imprescindibile per l'implementazione del pensiero snello in una realtà aziendale, ed è il principale scopo per l'utilizzo delle varie tecniche Lean. Per eliminare gli sprechi è necessario analizzare tutte le attività aziendali per capire quali processi generano valore aggiunto e quali no, rappresentando dei Muda, dei Mura o dei Muri. Le principali categorie sono state identificate da Taiichi Ohno:

1. **Sovraproduzione:** ovvero produrre più di quanto il mercato richieda, in termini di quantità oppure di tempo (produrre in anticipo su una previsione della domanda futura). Si noti come questo spreco sia ben comprensibile una volta assimilati i principi del The Toyota Way, in particolare il terzo: il Pull è la logica che si dovrebbe applicare per evitare la sovrapproduzione, ovvero produrre quando richiesto secondo il principio del Just In Time.
2. **Attese:** è uno spreco legato al tempo in cui non vengono svolte attività a valore aggiunto. Alcuni esempi sono le attese dei materiali richiesti dalle linee di produzione, le attese legate a un cattivo bilanciamento delle linee di assemblaggio oppure le attese dei clienti per un ritardo nella consegna dei prodotti finiti.
3. **Trasporti:** il trasporto inteso come tale è un'attività che non aggiunge valore; quindi, tecnicamente è da considerare uno spreco. È anche vero però che il trasporto e la movimentazione dei materiali o dei prodotti in lavorazione (WIP) sono attività indispensabili, da minimizzare il più possibile, grazie all'applicazione del flusso continuo. Tutte le movimentazioni non necessarie vanno eliminate. Idealmente, il design del layout di un'area deve prevedere la minimizzazione dei tempi di movimentazione dei materiali.
4. **Problemi di qualità:** i processi non corretti implicano una rilavorazione del materiale. La causa di questo tipo di sprechi è estremamente ampia e per la filosofia Lean è da ricercare in un problema di processo che va corretto immediatamente. La parola Jidoka esprime il concetto di Toyota secondo cui è necessario fermare la produzione qualora si riscontri un

problema per far sì che la produzione non si fermi mai. La ragione pratica di questa filosofia è da riscontrarsi negli elevati costi che comporta produrre qualcosa di non conforme in termini di controllo, rilavorazione e occasione persa per migliorare un processo.

5. **Scorte:** con questo termine si indica le quantità di prodotto finito in eccesso rispetto a quello richiesto dal mercato in un determinato momento. Si considerano materie prime, semilavorati e prodotti finiti, ovvero tutto ciò che non è all'interno di una linea di assemblaggio (WIP). Le scorte rappresentano uno spreco sotto diversi punti di vista: sono un consumo di spazio fisico (in magazzino o vicino alle linee), di personale (che deve gestirle) e soprattutto di capitale, in quanto di fatto sono un capitale immobilizzato. Questo tipo di spreco è una diretta conseguenza del primo, ovvero della sovrapproduzione: una logica Pull ben implementata minimizza anche il costo delle scorte. È anche vero, d'altronde, che nel caso di problemi in produzione, le scorte di sicurezza consentono una corretta spedizione nel breve periodo. Anche questo spreco, quindi, non è visto come eliminabile in maniera assoluta ed è frutto di una negoziazione tra il costo rappresentato dalla non soddisfazione di un cliente e il costo del capitale immobilizzato per assicurarla. Il concetto porta a considerare la necessità di implementare un processo che sia Lean anche nelle relazioni industriali con clienti e fornitori, poiché rientrano in questa categoria anche i magazzini di prodotti finiti e di materie prime da fornitore.
6. **Movimentazioni non necessarie:** ovvero tutti i movimenti che il personale esegue in area produttiva che non sono strettamente necessari, poiché non sono finalizzati ad un'azione che produca valore aggiunto. Il layout di uno stabilimento di produzione snello ha come obiettivo principale quello di ridurre al minimo tutti i movimenti delle persone e dei prodotti che non siano necessari, non creino valore aggiunto e che risultino in uno spreco di tempo.

7. **Difetti:** è la differenza qualitativa tra ciò che l'azienda vende e ciò che produce. I difetti rappresentano uno spreco sotto tanti punti di vista. Principalmente un prodotto difettoso non può essere venduto e il tempo impiegato per produrlo (se deve essere scartato) o per rilavorarlo rappresenta la parte maggiore dello spreco. Si noti come la gestione stessa di un difetto sia un'attività non a valore aggiunto che consuma tempo e risorse, oltre alla insoddisfazione del cliente.
8. **Scorretto utilizzo degli impiegati:** si intende l'utilizzo degli operatori o del personale in generale secondo un uso non conforme alle loro potenzialità, ovvero non utilizzandoli in ruoli primari quando essi ne avrebbero le capacità, oppure il non sfruttarne le idee e la creatività. Tutto ciò è uno spreco e va evitato.

L'eliminazione degli sprechi deriva direttamente da un principio cardine del pensiero snello, ovvero creare valore aggiunto. Lo stato dell'organizzazione e il contesto competitivo muteranno e faranno emergere nuovi sprechi da affrontare con la logica del problem solving per procedere verso il True North. A ogni nuova analisi della situazione attuale, i miglioramenti ottenuti nelle iterazioni precedenti insieme al mutamento delle condizioni di contorno faranno emergere nuovi sprechi e nuovi spunti per il miglioramento.

2.2.2 Value Stream Map and Value Stream Design

Il concetto principale che sta alla base del Toyota Production System è la progressività e l'incrementalità dei miglioramenti volti al raggiungimento della situazione ideale. Il True North è la direzione verso cui indirizzare gli sforzi dell'azienda, il miglioramento continuo inteso come un susseguirsi di piccoli passi intermedi ma continui è il modo in cui si procede verso il True North. La vision aziendale è per definizione molto lontana nel tempo dalla situazione attuale e il percorso non può essere definito a priori ed implementato tramite piani di azione. In quest'ottica, si inseriscono due strumenti molto importanti e molto utilizzati che sono il Value Stream Mapping (VSM) e il Value Stream Design (VSD).

Il Value Stream Map è la mappa del flusso del valore, da leggersi secondo una logica di tipo Pull (quindi a partire dal cliente finale a ritroso fino ai fornitori). Permette di analizzare tutti i processi aziendali per identificare gli sprechi e dare visibilità chiara alla relazione e alle dipendenze tra gli stessi. Per la filosofia Lean, il miglioramento non è da intendersi come locale, un'efficienza operativa del singolo processo, ma come miglioramento strutturale con interdipendenze di flusso tra tutti i processi. I flussi sono distinti in due tipologie: il flusso dei materiali e il flusso delle informazioni. Il VSM rappresenta la catena di tutte le attività che vengono svolte per creare il valore consegnato al cliente sotto forma di prodotto finito. Nel VSM sono indicate le due unità di misura fondamentali per la progettazione del flusso, ovvero il tempo e i volumi. La visione completa del flusso permette di comprendere con chiarezza come il valore arrivi al cliente, dove viene generato e dove risiedono i Muda da eliminare.

Il VSM fornisce un insieme di simboli, diagrammi e informazioni comuni a tutti i processi aziendali utili a:

- considerare l'azienda come un sistema complesso, evidenziando le correlazioni tra le attività di diverse funzioni aziendali, creando una mentalità di squadra. Non di rado il VSM fa emergere le profonde interrelazioni tra le attività e fornisce ai decisori un quadro d'insieme in cui l'interesse dell'azienda è primario rispetto agli obiettivi delle singole aree aziendali;
- visualizzare in un'unica immagine un'istantanea dell'azienda che sia chiara, di semplice lettura per ogni attore interno od esterno all'azienda;
- collegare il flusso di informazioni al flusso dei materiali per uscire dalla logica che vedeva queste due tipologie di flussi come non correlati;
- identificare i punti di miglioramento e le cause degli sprechi, permettendo di focalizzarsi su tutto quello che crea valore per il cliente finale, che è il riferimento con cui viene creata la mappa.

Il risultato del Value Stream Mapping (**Figura 2.4**) è la costruzione e la ripartizione del Lead Time tra le attività dell'azienda e la corrispondenza tra la generazione del valore e ogni singolo elemento della mappa. Il fine ultimo di questo strumento è evidenziare tutti gli sprechi, i Muda, che possono essere eliminati in quanto non portano valore al cliente finale.

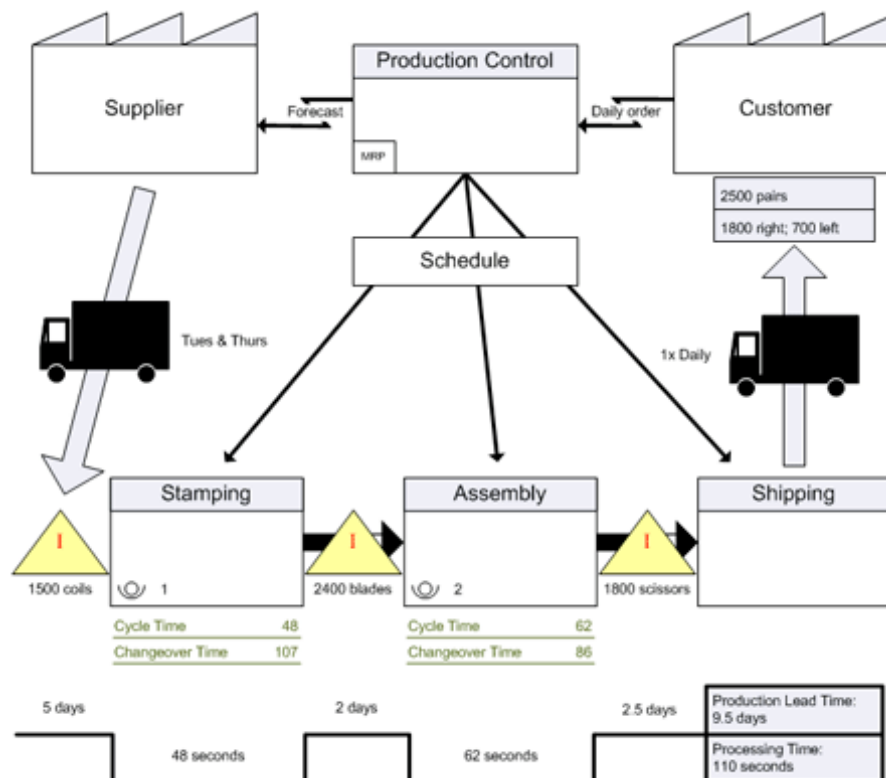


Figura 2.4: un esempio di Value Stream Map

All'interno di un Value Stream, le attività possono essere categorizzate in tre modi:

1. Non-value adding (NVA), attività che non aggiungono valore.
2. Necessary but non-value adding (NNVA), come sopra ma necessarie.
3. Value adding (VA), attività che aggiungono valore per il cliente.

La prima tipologia di attività dell'elenco è uno spreco puro e richiede delle azioni per essere eliminata completamente dal Value Stream. Alcuni esempi possono essere la doppia movimentazione dei materiali, i tempi di attesa oppure lo stock dei semilavorati. La seconda è un Muda ma non può essere eliminata perché necessaria allo svolgimento

delle operazioni. In questo caso, è necessaria una modifica radicale del flusso per spostarla all'esterno del Value Stream e poterla eliminare. Un esempio può essere la distanza del magazzino dei raw materials dalle linee di assemblaggio: in questo caso è necessario un re-layout per eliminare lo spreco. La terza tipologia di attività è fondamentale in quanto genera valore per il cliente finale. Va preservata e ogni azione correttiva deve essere finalizzata a un incremento di efficienza.

Da uno studio attento del Value Stream Map, si arriva alla definizione degli sprechi che vanno eliminati con una priorità maggiore, che solitamente sono quelli che hanno un impatto maggiore sul valore al cliente. A questo punto, si procede con la redazione del Value Stream Design.

Il Value Stream Design (VSD) è un'attività che viene svolta di anno in anno insieme al Value Stream Map per individuare gli obiettivi di breve e medio termine da raggiungere. Il Value Stream Design è una mappatura dei processi aziendali e una proiezione dei flussi del valore alla fine del periodo e solitamente ha cadenza annuale. Rappresenta lo stato ideale in cui si troverà l'azienda al termine del periodo. Dopo la redazione del VSM e del VSD si ragiona a un portfolio di progetti per attaccare gli sprechi, con una programmazione pluriennale e un monitoraggio costante sullo stato di avanzamento (**Figura 2.5**).

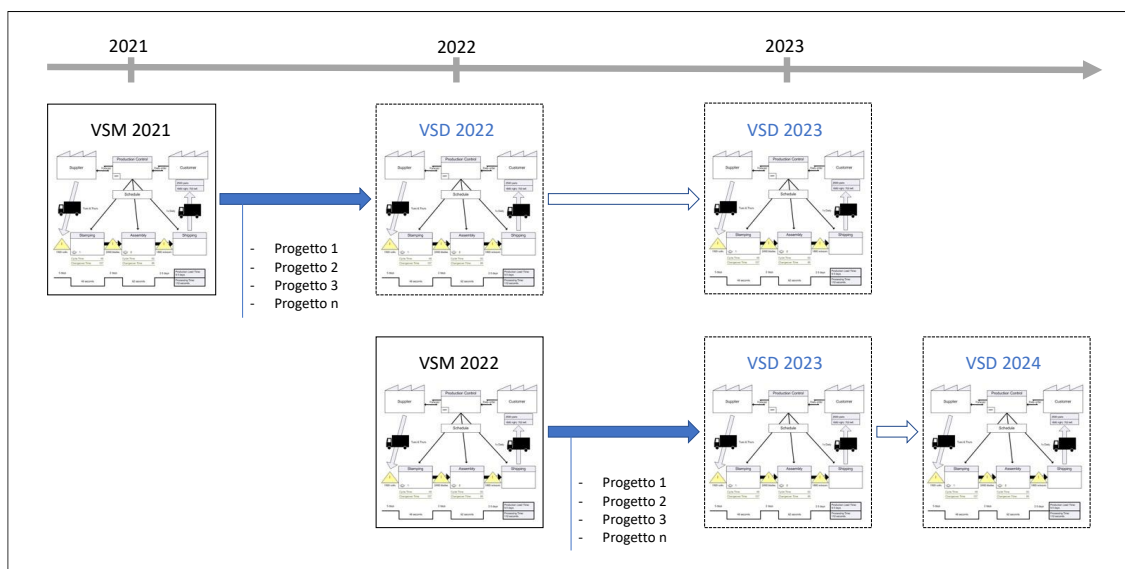


Figura 2.5: legame tra Value Stream Map e Value Stream Design

I progetti di miglioramento continuo hanno il fine di condurre l'azienda dalla situazione attuale, descritta dal Value Stream Map, alla situazione futura, identificata dal Value Stream Design e sono lo strumento con cui si persegue il miglioramento dei processi aziendali. Si noti che l'obiettivo dei processi di miglioramento non è un risparmio economico o un incremento di efficienza, non è contingente alla situazione presente, ma è l'ottenimento di un nuovo status quo che sia sostenibile e rappresenti la base per un futuro avanzamento e miglioramento. La logica della risoluzione di un problema e dell'implementazione di una soluzione è totalmente superata: l'obiettivo è l'ottimizzazione e il miglioramento continuo e sostenibile che avvicini l'azienda alla situazione ideale nella direzione del True North.

2.2.3 Improvement Kata e gestione dei progetti di Continuous Improvement

Il miglioramento continuo è la via che permette di passare dalla situazione descritta dal Value Stream Map al target di breve periodo rappresentato dal Value Stream Design e viene implementato tramite progetti di breve durata con un focus sull'attività che si intende migliorare. Si tratta di progetti di miglioramento che hanno l'obiettivo di rimuovere uno spreco o di risolvere un problema all'interno dell'organizzazione. Questi due obiettivi vengono perseguiti tramite l'acquisizione e la diffusione di conoscenza attraverso i passaggi del ciclo PDCA, ovvero il ciclo di Deming, introdotto negli anni '50 da W. Edwards Deming⁹ agli ingegneri e al top management di Toyota.

La filosofia Lean che fornisce le linee guida all'attività di miglioramento continuo si basa su uno strumento semplice e potente chiamato PDCA, acronimo di Plan, Do, Check, Act, detto anche ciclo di Deming. Il ciclo di Deming applica l'approccio scientifico alla risoluzione di problemi operativi e ha come fine l'apprendimento e la conoscenza. Lo strumento è composto da quattro step:

- **Plan:** identificare un'area di miglioramento, valutare la capacità dell'azienda di affrontare il problema, organizzare un'azione correttiva o di miglioramento dedicando le risorse economiche ed umane necessarie. In questa fase viene formulata l'ipotesi di miglioramento.

⁹ William Edwards Deming: ingegnere e professore

- **Do:** applicare il cambiamento su una piccola parte dell'attività, facilmente controllabile e misurabile, cercando di isolare l'attività target dalle attività correlate per poter ricostruire un nesso tra azione ed effetti. Il test dell'ipotesi su piccola scala viene osservato e analizzato.
- **Check:** analizzare i risultati dell'intervento, misurare gli effetti positivi e negativi delle azioni messe in atto. Valutare se qualcosa poteva essere fatto meglio o se emerge qualche aspetto del problema che non era stato considerato in prima analisi.
- **Act:** applicare quello che si è imparato durante la fase di Check, ovvero un'azione che sia stata prima pianificata e poi messa in discussione e migliorata. Se l'azione correttiva risulta efficace, riapplicarla su larga scala e diffondere la conoscenza a tutte le persone coinvolte nell'attività target del miglioramento. Standardizzare e codificare il miglioramento ottenuto per renderlo stabile sul lungo termine è il fine del ciclo di Deming, se il risultato non viene raggiunto il ciclo viene iterato e la nuova fase di Plan includerà tutto ciò che è emerso e che si è appreso durante la prima interazione.

Il ciclo PDCA è stato interpretato dal Toyota Production System e arricchito dall'apporto orientale alla Lean Production.

2.2.3.1 L'importanza del toccare un problema con mano: il Gemba

L'ambiente dove tutto ciò ha luogo è il sopracitato Gemba (o Genba). Gemba è il termine giapponese per “posto attuale” e descrive il luogo dove avviene il lavoro che dà valore aggiunto. Spesso gli specialisti Lean utilizzano questo termine per descrivere l'ambiente di lavoro nelle industrie manifatturiere, ma Gemba indica un qualsiasi posto che crea valore per il cliente finale, per esempio gli uffici di un'azienda che fornisce servizi. Il dodicesimo principio elaborato da Liker prende il nome di Genchi Genbutsu Shugi, cioè il “principio dei luoghi e delle cose reali”. Per comprendere a fondo un problema, è necessario osservarlo con i propri occhi nel posto in cui si verifica e ascoltare le voci delle

persone, avendo un occhio critico che consideri anche tutte le situazioni e le condizioni di contorno. Analizzare un problema per come viene riportato o comunicato è problematico poiché le informazioni vengono filtrate, ridotte e distorte dal mezzo di comunicazione o dall'esperienza della persona che le ha vissute. La verità delle cose reali prescinde dall'osservatore e richiede un'osservazione che sia la più diretta e disintermediata possibile.

La ragione per cui viene data una grandissima importanza al Gemba è da ricercarsi nell'impatto che l'analisi del problema ha nell'elaborazione di una soluzione. A questo proposito si è espresso Taiichi Ohno: *“Certamente i dati sono importanti in qualsiasi Gemba; ma io assegno l'importanza più grande ai fatti, o alla verità. Per esempio, quando accade un problema, se la nostra identificazione della causa radice è anche leggermente scorretta, allora anche la nostra contromisura sarà completamente fuori bersaglio. Ecco perchè utilizziamo i “5 Perchè” in continuazione e a ripetizione, e quest'atteggiamento è la base del metodo scientifico Toyota”*. (Ohno, 1988)

2.2.3.2 Processo decisionale lento e condiviso

Il processo decisionale di Toyota si fonda sull'analisi profonda, dettagliata, condivisa e verificata della situazione attuale che rappresenta il problema da risolvere. Una volta individuato un problema o identificata un'area di miglioramento, il lavoro viene suddiviso tra le persone. Ognuno ha la responsabilità di raccogliere le informazioni e di verificarle, soprattutto recandosi sul campo (Genchi Genbutsu), e di chiedersi più volte la causa di ciò che viene osservato (5 Whys). A questo punto, tenendo bene in mente la condizione ottimale, ovvero cosa ci si aspetta dalla soluzione al problema, si comincia il processo condiviso di analisi ed elaborazione. È necessario definire uno o più KPI (Key Performance Indicator) per poter valutare con oggettività la bontà delle soluzioni proposte in termini di tempo, economicità e difficoltà operativa.

In questa fase diventa fondamentale anche l'utilizzo di un sistema per visualizzare e comunicare rapidamente le informazioni, per permettere a tutte le persone coinvolte nel processo decisionale di partecipare attivamente allo sviluppo della soluzione. Per questa ragione è stato sviluppato il cosiddetto Report A3, ovvero un report della grandezza di un

foglio di carta A3 in cui sono presenti tutte le informazioni necessarie a condurre una discussione sul piano di azione.

Grande attenzione viene posta alla redazione del report, alla conduzione della discussione del piano di azione e delle soluzioni coinvolgendo tutti gli stakeholder del progetto per due ragioni principali:

- Prendere una decisione ben ragionata riduce il rischio di sbagliare e di dover aggiustare successivamente il piano di azione, rendendo coerenti le azioni intraprese e solido il piano di implementazione;
- Coinvolgere attivamente tutte le persone permette di avere un piano condiviso in cui tutti si sentano rappresentati. Questo porta a una grande facilità e rapidità di implementazione, oltre a creare un ambiente di lavoro in cui tutti si sentano profondamente coinvolti e motivati.

2.2.3.3 *L'applicazione del piano e la sostenibilità delle azioni*

In Toyota il lavoro di squadra non oscura mai il singolo e il suo contributo. Le persone sono valutate e portate a riflettere sulle azioni e sui loro effetti nell'organizzazione per crescere ed imparare. Questa filosofia prende il nome di Hansei. In una fase iniziale i manager giapponesi di Toyota non introdussero l'Hansei in America poiché era strettamente connesso alla filosofia e alla cultura giapponese e temevano che sarebbe stato di difficile comprensione per una cultura così diversa. Venne introdotto successivamente, nel 1994, e George Yamashina¹⁰ si espresse in questo modo: *“Senza Hansei non è possibile avere il Kaizen. Nel concetto giapponese di Hansei, quando commetti un errore, all'inizio devi sentirti molto dispiaciuto. Quindi devi creare un piano per risolvere il problema, che ti permetta di non ripetere mai più quel problema. Hansei è un modo di ragionare, un'attitudine. Hansei e Kaizen vanno di pari passo.”* Era necessario introdurre l'Hansei per rendere sostenibili le azioni di miglioramento.

L'Hansei crea quello stato mentale necessario per capire e apprendere, mentre il concetto di Kaizen (miglioramento continuo) è fortemente legato al ciclo di Deming. La creazione di conoscenza e la sua standardizzazione sono il prodotto di una revisione continua delle

¹⁰ George Tamashina: ex direttore del Toyota Technical Center

azioni e dei risultati, unite a un coinvolgimento emotivo personale di ogni dipendente dell'organizzazione. Solo così la soluzione può essere diffusa, implementata ed estesa a ogni ramo in cui è applicabile e il miglioramento è sostenibile e diventa strutturale. Il fine di ogni progetto di miglioramento non è la soluzione di un problema localizzato, ma la crescita dell'organizzazione e la creazione di una cultura organizzativa improntata al miglioramento continuo. Il risultato dell'azione correttiva e la conoscenza generata dal processo di miglioramento, una volta diffuse e codificate, diventano "Standard", rappresentano un nuovo punto di partenza per la successiva azione di miglioramento e devono avere il fine di garantire stabilità alle prestazioni dell'attività sulla quale si è ottenuto il miglioramento. Il metodo che permette di stabilizzare il risultato è la standardizzazione che, a sua volta, permette di codificare e diffondere la conoscenza a tutta l'organizzazione (**Figura 2.6**).

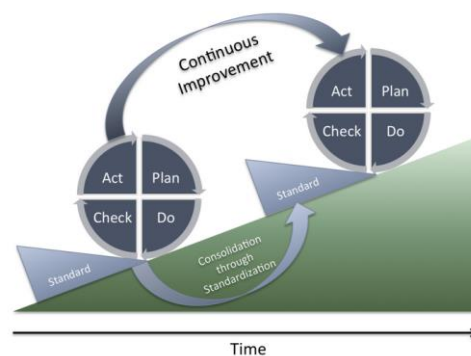


Figura 2.6: il ciclo di Deming PDCA

Il ciclo PDCA è stato integrato nelle metodologie Toyota tramite il Kata del miglioramento continuo. Il Kata del miglioramento continuo ha il compito di guidare le azioni e i piani di miglioramento verso uno stato ideale, non necessariamente raggiungibile.

Il Kata richiede tre passaggi fondamentali:

1. L'osservazione e la descrizione dettagliata della situazione attuale.
2. La descrizione quantitativa e qualitativa della situazione ideale.
3. La definizione di un obiettivo intermedio da raggiungere.

Una volta raggiunto l'obiettivo intermedio, il ciclo viene iterato. Nella seconda iterazione la situazione attuale si è avvicinata a quella ideale e il percorso è più chiaro: il percorso verso la situazione finale è meno indefinito.

2.2.4 Metodologia A3

Il processo di miglioramento continuo che passa attraverso il ciclo PDCA deve generare un miglioramento che sia stabile e facile da scalare a tutti i livelli dell'organizzazione. Per ottenere questo risultato è assolutamente necessario che la conoscenza generata dall'azione di miglioramento sia codificata, in modo che sia facile comprendere anche da chi non ha partecipato direttamente al progetto. Inoltre, è necessario uno strumento condiviso che permetta a tutti gli attori del progetto di conoscere in ogni momento lo stato dello stesso e le azioni che seguiranno, per creare consapevolezza e condividere una visione d'insieme che guidi l'organizzazione e la durante lo svolgimento delle attività.

Per questo scopo, Toyota ha inventato una metologia chiamata Report A3, o più semplicemente A3 (**Figura 2.7**), che consiste nella rappresentazione di tutte le informazioni più rilevanti del progetto all'interno di un unico foglio in formato A3, ovvero 420mm per 297mm, la massima dimensione su carta che era possibile inviare tramite fax.

Project N° :

A3 UMBRELLA Project Sheet		Project responsible	Mentor	Project - Start	Project - End																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1. Project Description and Target		2. Target tracking																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TARGET:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2. Background/ Business Case																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3. Point of departure		<table border="1"> <tr> <td>Actual Completion tasks</td> <td>%</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Target Completion Planned</td> <td>%</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Stability Criteria</td> <td>"-10%"</td> <td>%</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>				Actual Completion tasks	%																	Target Completion Planned	%																	Stability Criteria	"-10%"	%																																																																																																																																																																																																																																																																															
Actual Completion tasks	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Target Completion Planned	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Stability Criteria	"-10%"	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
4. Actual Status		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nr.</th> <th rowspan="2">Project tasks</th> <th rowspan="2">Respon sible</th> <th rowspan="2">HG</th> <th rowspan="2">Contri to Target</th> <th colspan="12">Year</th> <th rowspan="2">Status</th> <th rowspan="2">Other entry</th> <th rowspan="2">Comments</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>M00.1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M00.2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M00.3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M00.4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>M00.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">Total</td> <td></td><td></td><td>0%</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>																Nr.	Project tasks	Respon sible	HG	Contri to Target	Year												Status	Other entry	Comments	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	M00.1																			M00.2																			M00.3																			M00.4																			M00.5																			7																			8																			9																			10																			11																			12																			13																			14																			Total				0%														
Nr.	Project tasks	Respon sible	HG	Contri to Target	Year												Status						Other entry	Comments																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
M00.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
M00.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
M00.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
M00.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
M00.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Total				0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
4. Target State																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Nr.</td> <td>Review Status</td> <td>with</td> <td>date</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Nr.	Review Status	with	date					<table border="1"> <tr> <th>Legend</th> <th>Time schedule</th> <th>Status</th> <th>Effectivity of the action</th> </tr> <tr> <td>Target</td> <td>Start</td> <td>0</td> <td>Yellow: In progress</td> </tr> <tr> <td>Actual</td> <td>End</td> <td>Q</td> <td>Yellow: In progress, difference not critical</td> </tr> <tr> <td>Delayed</td> <td>End</td> <td>Q</td> <td>Red: In progress, difference critical</td> </tr> </table>														Legend	Time schedule	Status	Effectivity of the action	Target	Start	0	Yellow: In progress	Actual	End	Q	Yellow: In progress, difference not critical	Delayed	End	Q	Red: In progress, difference critical																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Nr.	Review Status	with	date																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Legend	Time schedule	Status	Effectivity of the action																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Target	Start	0	Yellow: In progress																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Actual	End	Q	Yellow: In progress, difference not critical																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Delayed	End	Q	Red: In progress, difference critical																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

Figura 2.7: template di un report A3

In questo modo, la lettura di tutte le informazioni principali del progetto è veloce e agevole anche per chi non è direttamente coinvolto perchè schematizzata secondo uno standard predefinito. Questo grazie a una piattaforma condivisa tra tutti i progetti, dove le informazioni sono codificate in maniera semplice, chiara e concisa.

Nell'intestazione (**Figura 2.8**) sono presenti le informazioni che identificano il progetto (solitamente un numero identificativo e un titolo), il responsabile del progetto e il suo mentore e la data di inizio e di fine del progetto, ovvero l'orizzonte temporale in cui si svolgeranno le attività.

Project N° :

	A3 UMBRELLA Project Sheet	Project responsible	Mentor	Project - Start	Project - End
1. Project Description and Target		2. Target tracking			

Figura 2.8: intestazione di un A3 di progetto

Nella parte di sinistra (**Figura 2.9**), si trova la descrizione delle finalità del progetto e il target da raggiungere che, solitamente, viene espresso in funzione di un unico KPI. Si descrive il background, ovvero le condizioni di contorno in cui viene svolta l'attività oggetto di miglioramento. L'obiettivo di questa sezione è la definizione dello stato attuale e dello stato ideale da raggiungere al completamento delle azioni del progetto.

1. Project Description and Target		
TARGET:		
2. Background Business Case		
3. Point of departure	Actual Completion Index Target Completion Planned Stability Criteria Stability Criteria	
4. Actual Status	Nr. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 Total	Project tasks Reaps addn
5. Target State	Review Status Review Status	

Figura 2.9: parte descrittiva di un A3 di progetto

La gran parte dello spazio è occupata da tre riquadri:

1. **Point of Departure:** si descrive operativamente l'attività prima dell'inizio del progetto di miglioramento, facendo particolare riferimento alle criticità che si vogliono andare ad affrontare. Questa sezione rappresenta il passato e viene solitamente scritta a penna, in quanto non modificabile.
2. **Actual State:** in questo riquadro si descrive l'attività nel presente, ovvero alla data di revisione del progetto. Questa parte è scritta a matita, poiché andrà modificata a ogni scadenza in cui si aggiornerà lo stato delle attività, riflettendo le modifiche e i miglioramenti apportati al processo.
3. **Target State:** in questa sezione è enunciato il punto di arrivo, ovvero la descrizione di come sarà l'attività una volta terminato il progetto. Questo riquadro è collegato alla sezione di descrizione del progetto e dei suoi obiettivi, ma tiene in considerazione il percorso. I rischi o le opportunità di ulteriore miglioramento che non erano conosciute prima dell'inizio, saranno integrate nel nuovo Target State (che può essere migliore o peggiore di quanto previsto in avvio). Per questo motivo, anche questa sezione è scritta a matita e aggiornata a ogni revisione del progetto.

Nella parte destra (**Figura 2.10**) si trova il tracking dei task del progetto con lo stato di avanzamento, il responsabile, le persone coinvolte (anche di altri dipartimenti) e i commenti.



Figura 2.10: parte di tracking delle attività di un A3 di progetto

In fase di revisione del progetto ci si limita a una descrizione dello stato di avanzamento, all'analisi dei rischi e delle opportunità e alle proposte di modifica del piano a seguito del sopravvenire di ostacoli o di nuove opportunità: lo stesso A3 è strumento e risultato del ciclo di Deming e il piano di attività viene costantemente adattato sulla base di ciò che accade durante lo svolgimento del progetto.

Le azioni specifiche vengono discusse in riunioni separate tra il responsabile del progetto e le persone coinvolte, avendo un carattere più operativo e meno strategico. Nella sezione di tracking vengono elencate le attività di progetto, a cui viene assegnato un responsabile. Ogni attività è composta di due righe: in una vengono indicati le date di inizio e di fine dell'attività previste secondo il piano (scritte a penna), nell'altra vengono scritte le date effettive di svolgimento delle attività durante il periodo coperto dal piano (a matita). In questa sezione è presente una sezione in cui viene valutata l'effettività delle azioni e il loro impatto. Il semaforo posto nella parte alta della sezione è un indicatore visuale che riflette il ritardo accumulato, problemi legati all'inefficacia delle azioni svolte ed eventuali rischi emersi durante l'implementazione.

Si noti che la struttura del progetto e della metodologia A3 ricalca in maniera perfetta quella della tecnica del Value Stream Mapping. Questo aspetto evidenzia ancora una volta quando l'insieme di questi strumenti costituisca una metodologia organica e coerente della filosofia Lean, in cui i principi della Lean Manufacturing sono facilmente riscontrabili e identificabili.

Il VSM si riferisce a un orizzonte temporale di lungo periodo, un anno, e fornisce una visione d'insieme dell'azienda e del flusso del valore, i singoli A3 Umbrella sono i progetti che costituiscono il piano di azione e, agendo sulle singole attività del flusso del valore, fanno avanzare l'azienda verso gli obiettivi del Value Stream Design.

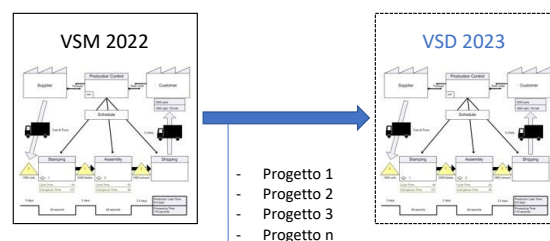


Figura 2.11: gli A3 Umbrella collegamento tra VSM e VSD

La metodologia A3 prevede che ci siano due tipologie di foglio A3 contemporaneamente esposti nella bacheca dei progetti: l'Umbrella A3 e il Monthly A3 (**Figura 2.11**).

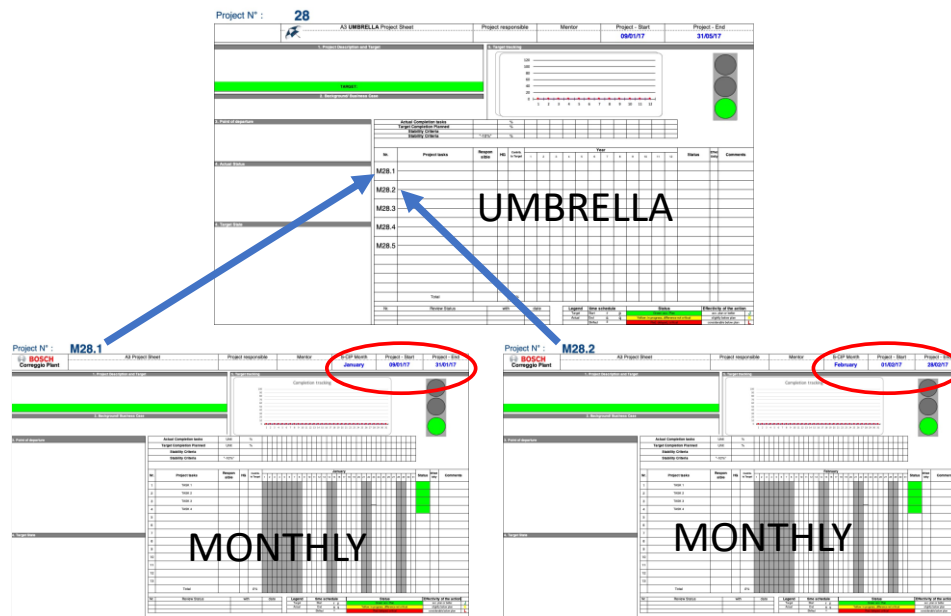


Figura 2.12: A3 Umbrella e A3 Monthly

L'Umbrella A3 è il foglio di progetto generale e comprende tutte le attività che lo compongono dalla sua nascita alla sua fine pianificata. Viene scritto a matita poiché è previsto che lo stato attuale e, soprattutto, i target del progetto possano evolvere durante il percorso (coerentemente con la natura ciclica della metodologia PDCA). Viene scomposto in fogli A3 mensili (A3 Monthly), che hanno un orizzonte di osservazione più breve e una scomposizione di attività più granulare. Questo permette un controllo più diretto sul progetto e un coinvolgimento maggiore delle persone coinvolte. Il compito principale dell'A3 Umbrella è dare all'utilizzatore una visione d'insieme sul progetto e sul suo stato di avanzamento, oltre a mostrare istantaneamente se il progetto è sotto controllo o meno.

Il Monthly A3 è il foglio di progetto mensile e comprende tutte quelle attività che sono previste per il mese a cui si riferisce. Rispetto all'Umbrella, il suo contenuto è fisso: riferendosi a un periodo di tempo più breve, lo stato e le azioni del progetto non cambiano. Viene scomposto in attività che possono essere svolte nel giro di giorni ed ha il compito di mostrare all'utilizzatore il piano di attività del mese. L'obiettivo principale dell'A3

mensile è tenere sotto controllo il processo e fornire un riscontro immediato sull'adeguatezza delle risorse destinate al progetto e sulle scadenze, mostrando alle persone coinvolte lo stato di avanzamento delle attività. Le attività contenute nell'A3 Monthly vengono affrontate e discusse in sottogruppi meno numerosi, poichè hanno un carattere operativo e sono le azioni che fanno avanzare il progetto di mese in mese.

3. IL MILKRUN

3.1 La storia dell'idea del Milkrun

Per poter avere uno stabilimento produttivo completamente snello ed efficiente è necessario che anche le linee di approvvigionamento siano Lean: per questo motivo Toyota ha introdotto un sistema di approvvigionamento chiamato Milkrun, nome che evoca il sistema di approvvigionamento del latte alle famiglie che vivevano in città, utilizzato a partire dal secondo dopoguerra (**Figura 3.1**).

In passato c'erano tante piccole fattorie che producevano il latte nelle campagne e non era conveniente per i singoli fattori recarsi in città per la consegna e la vendita del latte. Era inoltre sconveniente, in un'epoca con poche automobili, portare tutte le famiglie di città presso un centro di distribuzione del latte. La soluzione fu trovata in un furgoncino che ogni mattina faceva il giro di tutte le fattorie per raccogliere il latte, lo consegnava presso un centro di imbottigliamento e poi lo portava in città lasciando a ogni famiglia un numero di bottiglie secondo il fabbisogno. In questo esempio è possibile trovare molti principi di Lean Production e innumerevoli spunti per la riapplicazione di questo sistema. L'idea di avere un unico attore nella raccolta e nella distribuzione del latte permette in un colpo solo di ridurre lo spreco di risorse e di raggiungere economie di scala impossibili al singolo fattore. Le famiglie di città ricevono esattamente il latte di cui hanno bisogno, nel momento in cui ne hanno bisogno, in un sistema guidato dalle bottiglie vuote lasciate fuori dalla porta la sera precedente. Difficile non vederci un chiaro parallelismo con i moderni Kanban e una mentalità Just in Time.

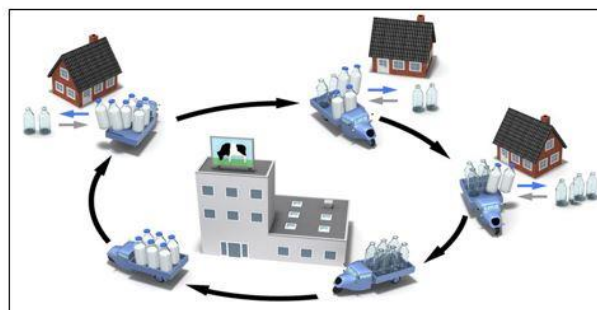


Figura 3.1: sistema di approvvigionamento del latte

Il principio del sistema di approvvigionamento del latte è stato formalizzato nella definizione di Milkrun (letteralmente “corsa del latte”) e riapplicato in contesti produttivi come flusso di approvvigionamento di materiali per le linee di assemblaggio di un moderno stabilimento. Tipicamente l'utilizzo del Milkrun per la gestione degli approvvigionamenti è sempre un passaggio successivo allo sviluppo Lean del processo produttivo ed è per questo applicabile con profitto solo nei casi in cui si verificano le seguenti condizioni:

- il processo di produzione segue una logica di tipo Pull, ossia viene tirato dal cliente finale;
- il processo di assemblaggio è organizzato secondo il ritmo della domanda e il concetto di Takt time è applicato all'interno di tutto il processo;
- la produzione segue lo One Piece Flow (OPF).

Il processo Milkrun utilizzato per gestire gli approvvigionamenti delle linee ha l'effetto di ridurre gli sprechi formalizzati nella letteratura sulla produzione snella:

- Razionalizzazione dei flussi.
- Riduzione delle scorte grazie all'utilizzo della logica Just In Time.
- Diminuzione dei mezzi circolanti e miglioramento del coefficiente di carico.
- Riduzione dei costi.
- Riduzione del ciclo di consegna, garantendo flessibilità alle linee.
- In un ciclo ideale, l'utilizzazione del milkrun raggiunge il 100% poiché si eliminano i tragitti in cui l'operatore non svolge attività che creano valore aggiunto.

3.2 Concetti sulle linee di assemblaggio Lean

Una delle condizioni più importanti per poter applicare con successo un flusso logistico snello è la progettazione di linee di assemblaggio che seguano i principi fondamentali della Lean Production. Una linea produttiva si definisce come una sequenza di stazioni di assemblaggio composte da attrezzature, macchinari e capitale umano volte alla trasformazione dei materiali o all'assemblaggio di prodotti a partire da componenti più semplici aggregati tra loro.

Uno stabilimento produttivo di piccole dimensioni come quello oggetto di studio è composto da un discreto numero di linee di assemblaggio manuali che da un punto di vista logistico possono essere schematizzate in tre punti (**Figura 3.2**):

- Un punto di ingresso dei materiali e dei componenti.
- Un punto di trasformazione.
- Un punto di uscita dei prodotti finiti.

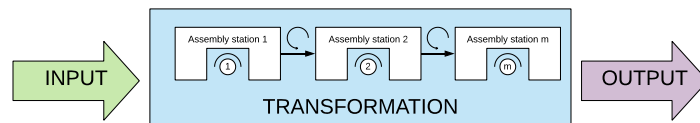


Figura 3.2: schematizzazione di una linea di assemblaggio

A sua volta, ogni stazione della linea può essere rappresentata nello stesso modo, poiché si può schematizzare l'insieme di operazioni svolte nella singola stazione come un'operazione di trasformazione a sè stante (**Figura 3.3**).

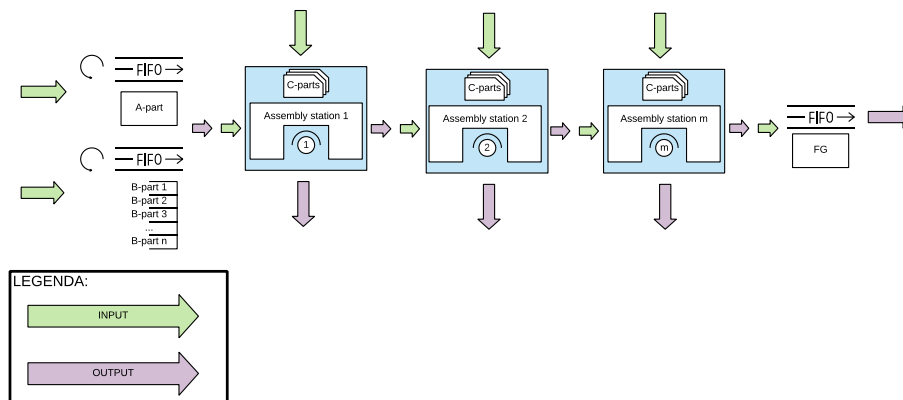


Figura 3.3: schematizzazione della linea in dettaglio

Nella schematizzazione della linea di assemblaggio è possibile considerare il processo di trasformazione come la somma di tutte le operazioni svolte in tutte le stazioni. Anche il tempo di trasformazione (il Lead Time della linea) è rappresentabile come la somma dei tempi di tutte le operazioni svolte in ognuna delle stazioni.

$$Lead\ time = \sum_n T_{stazione\ n}$$

Idealmente il Lead Time della linea di produzione è uguale al tempo di ciclo del prodotto: il tempo di ciclo è noto a priori e dipende dal design del prodotto, mentre il Lead Time è definito dal tempo di attraversamento del prodotto nella linea di assemblaggio e dipende dalla struttura di essa.

I flussi logistici interni sono definiti a partire dai flussi logistici esterni allo stabilimento produttivo. In ottica Lean, tutto il processo produttivo viene “tirato” dalla domanda del mercato (logica Pull) che è il fattore in funzione del quale vengono progettate le linee di assemblaggio e i conseguenti flussi logistici in ingresso e in uscita dallo stabilimento. Possiamo considerare un processo produttivo come un sistema a più parametri, alcuni dei quale modificabili.

In generale, ogni prodotto ha un tempo di assemblaggio definito dal proprio design e dalle tecnologie produttive utilizzate. Sia il design che le tecnologie produttive di stabilimento sono da considerarsi parametri modificabili solamente nel lungo termine:

- il design di prodotto richiede una reingegnerizzazione del prodotto secondo una logica “Design To Assembly” per definirne tempi e costi di produzione. Il processo di design è estremamente delicato perché si intreccia con l’aspetto commerciale del prodotto, ha un limite imposto dalle tecnologie produttive dello stabilimento e richiede valutazioni sull’approvvigionamento dei materiali necessari alla produzione;
- la reingegnerizzazione della linea di assemblaggio che comporta ingenti investimenti in attrezzature e hardware di stabilimento. Inoltre, sono da considerare i costi per ottenere le competenze richieste alla forza lavoro per utilizzare le nuove tecnologie.

In fase di design viene valutata la domanda del mercato potenziale e si definiscono le caratteristiche del prodotto e del processo di assemblaggio richieste per soddisfarla.

3.2.1 Il Takt-Time come ritmo della produzione

A partire da questi assunti, si procede al dimensionamento e al bilanciamento della linea di assemblaggio. Il Takt-Time è un concetto fondamentale nell'ambito della Lean Production perché è il ritmo che scandisce la produzione, ovvero la frequenza con cui è previsto che un prodotto finito esca dalla linea. Può essere definito anche come il tempo di avanzamento della linea. Il concetto di Takt-Time nasce dalla ricerca di efficienza operativa di Toyota e dalla necessità di rimuovere il Muda delle scorte interoperazionali. Immaginando un flusso di attività in serie, il prodotto deve avanzare a un intervallo di tempo fisso, costante e bilanciato al fine di poter teoricamente azzerare le scorte e i tempi di attesa di ogni stazione di assemblaggio: si pensi anche solo al caso di una stazione che completa le sue operazioni in anticipo rispetto alla stazione successiva. Analizzando microscopicamente ogni attività in relazione al Takt-Time è possibile raggiungere la massima efficienza operativa, bilanciare il carico di lavoro ed ottenere il minor numero di risorse complessive per completare il processo e soddisfare il mercato.

Il Takt-Time è un parametro di produzione che è possibile calcolare con precisione, stanti le seguenti ipotesi:

- Domanda costante.
- Singola tipologia di prodotto con tempo di assemblaggio uniforme.
- Singola linea di produzione/assemblaggio.

La formula del Takt-Time è dedotta a partire dalle ipotesi sopra citate:

$$Takt\ Time\ (minuti) = \frac{Tempo\ disponibile\ (minuti/giorno)}{Domanda\ (prodotti/giorno)}$$

Il Takt-Time è il cuore pulsante della produzione secondo la logica One-Piece Flow, è il ritmo di produzione che coordina tutti gli attori del processo e riduce gli sprechi legati alla sovrapproduzione e ai tempi di attesa (che è una delle attività non a valore aggiunto tra le più consistenti in ogni azienda di produzione). Il Takt-Time è derivato dalla

domanda, coerentemente con il concetto di logica Pull che guida tutto il processo di produzione secondo la Lean Production. Lo OPF prevede che i prodotti avanzino lungo la linea di assemblaggio uno alla volta in maniera sincronizzata, per evitare che una delle stazioni di assemblaggio sia occupata nel momento di arrivo del semilavorato che ha completato la lavorazione nella stazione precedente. Il caso opposto risulterebbe nella necessità di un buffer e di un tempo di attesa, entrambi sprechi secondo la logica Lean. In quest'ottica è cruciale il corretto bilanciamento della linea, ovvero il Takt-Time della linea deve corrispondere quanto più possibile al tempo di ciclo di ciascuna stazione di assemblaggio per evitare che si verifichino tempi morti. Se questo si verifica, non ci sono scorte interoperazionali e il processo di produzione non subisce mai un fermo.

Conseguentemente, il Takt-Time determina il numero di stazioni di assemblaggio di ogni linea produttiva a priori, secondo la seguente formula:

$$\text{Numero di stazioni} = \frac{\text{Tempo totale di assemblaggio (minuti)}}{\text{Takt Time (minuti)}}$$

Si noti come sia ancora una volta il mercato a essere predominante sul design del prodotto e della linea di assemblaggio, seppur in forte interconnessione con entrambi. Non è pensabile parlare di domanda di mercato attesa senza pensare al design del prodotto e senza avere in mente quest'ultimo non è possibile progettare il processo e la linea di assemblaggio. La logica Pull ha influenza anche sul design del prodotto, abbracciando in maniera estesa l'organizzazione: in questo senso, la linea di assemblaggio viene dimensionata a partire dal prodotto, a sua volta definito dal mercato.

Noto il Takt-Time e il numero di stazioni di assemblaggio per ogni linea, sono stati determinati tutti i punti di connessione tra produzione e logistica. Seguendo la logica del Just In Time, se i tempi di avanzamento dei prodotti lungo la linea sono noti (Takt-Time) posso determinare i flussi logistici che approvvigioneranno ogni stazione di assemblaggio e la frequenza con cui dovranno farlo. Procedendo a ritroso dal mercato, la domanda determina il Takt-Time e quest'ultimo va a determinare i flussi logistici di approvvigionamento e i conseguenti rapporti con i fornitori. In questa fase di design del processo produttivo entra in gioco la scelta del layout e delle tecnologie di movimentazioni di materiali, semifiniti e prodotti finiti all'interno dello stabilimento

produttivo. La logica Pull è riscontrabile in quanto tutto il processo è definito a cascata a partire dalla domanda di mercato e, quindi, dal cliente finale.

3.2.2 Analisi della domanda

Nello stabilimento produttivo in esame sono presenti cinque linee di assemblaggio per tre tipologie di prodotto:

- Due linee di assemblaggio per Tyre Changer (Fenice e Standard)
- Due linee di assemblaggio per ACS (HO e YF)
- Una linea di assemblaggio per Wheel Balancer (WB)

I prodotti finiti che vengono assemblati nello stabilimento sono riconducibili a tre diverse tipologie: Tyre Changer (tipo A), ACS (tipo B), Wheel Balancer (tipo C). All'interno di queste tre tipologie è presente una elevata numerosità di modelli con caratteristiche tecniche e processi di assemblaggio differenti.

I prodotti industriali possono essere categorizzati in base alla domanda del mercato: alcuni prodotti hanno una domanda costante, ovvero vengono richiesti dal mercato sempre con la stessa intensità. Questa è la condizione migliore per organizzare e pianificare la produzione, poiché permette una maggiore standardizzazione dei processi di produzione e di Supply Chain. D'altra parte, ci sono prodotti che hanno una domanda stagionale: vengono richiesti dal mercato in quantità variabili in base al periodo dell'anno, ad esempio i giocattoli nel periodo natalizio o i gelati nel periodo estivo. La stagionalità della domanda influenza in maniera determinante l'output dello stabilimento e l'organizzazione della produzione. Solitamente la domanda in alta stagione è molto superiore a quella in bassa stagione e il fenomeno si accentua quando la stagionalità è differenziata per tipologia di prodotto, poiché i picchi sono più brevi e più intensi.

Nel caso in esame, i prodotti di Tipo A (Tyre changer) e C (Wheel Balancer) risentono di una stagionalità debole (periodo di alta stagione lungo e aumento moderato della domanda), mentre i prodotti di tipo B (ACS) risentono di una stagionalità più marcata nel periodo estivo. Il picco di domanda dello stabilimento si ha nella seconda parte dell'estate (tra agosto e ottobre) come mostrato in **Tabella 3-1**.

Tabella 3-1: la stagionalità della domanda

DEMAND	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
TYRE CHANGER												
WHEEL BALANCER												
ACS												
TOTAL												

Considerato il fatto che i volumi dei prodotti di tipo B (gli ACS) di settembre sono quasi due volte maggiori di quelli del periodo tra novembre e febbraio, non è possibile soddisfare le esigenze del mercato utilizzando le risorse disponibili nei periodi di bassa stagione. Non è neanche possibile normalizzare la produzione sfruttando magazzino e disponibilità di stoccaggio poiché nel paradigma della Lean Production anche il Lead Time della Supply Chain, ovvero dal produttore al cliente finale, deve essere quanto più ridotto possibile e i costi di stoccaggio sono uno spreco. Inoltre, studi e analisi effettuate dall'azienda hanno evidenziato che una soluzione di questo tipo avrebbe comportato un aumento dei costi non sostenibile.

Si è reso necessario studiare una soluzione che permettesse alle linee di assemblaggio dei prodotti a maggiore domanda di adattare la capacità produttiva nella maniera più variabile possibile, ovvero andando ad agire sui soli costi variabili di produzione per non alzare la quota di costi fissi e quindi erodere la redditività dello stabilimento. Per queste ragioni, la linea di assemblaggio di tipo B è modulare e prevede un numero di stazioni variabile in due configurazioni: in questo modo la linea è in grado di produrre un numero variabile di prodotti mantenendo costante il Takt-Time, semplicemente impiegando un numero diverso di addetti all'assemblaggio. Aumentando il numero di stazioni e riallocando contestualmente le operazioni svolte in ogni stazione, si è ridotto il Takt-Time della linea di tipo B e di conseguenza è aumentato l'output dei prodotti, mantenendo invariato il tempo di ciclo dell'assemblaggio completo.

$$Output\ linea = \frac{Tempo\ disponibile\ (minuti)}{Takt\ Time\ di\ linea\ (minuti)}$$

La diminuzione del Takt-Time dei prodotti di tipo B per i periodi di alta stagione ha delle importanti ripercussioni sulla logistica di stabilimento. Il Takt-Time dei prodotti di tipo B è costante, nonostante possa cambiare a seconda della configurazione produttiva di alta e di bassa stagione. Per garantire un processo stabile, sarà necessario dimensionare tutti i processi logistici per soddisfare le linee di assemblaggio nel momento di maggiore capacità produttiva, ovvero il momento di alta stagione.

3.2.3 Domanda e Takt-Time del modello

I dati che caratterizzano la linea di assemblaggio per l'analisi dei suoi flussi logistici sono principalmente due: la domanda e il Takt-Time. La domanda è nota a priori e segue una stagionalità. Nel modello si considerano i volumi richiesti dal mercato in alta stagione per avere un risultato il più possibile cautelativo e solido. Anche il Takt-Time viene calcolato a priori in base alla domanda del mercato e alla configurazione delle linee di assemblaggio che è da considerarsi fissa, non modificabile nel breve periodo, con l'unica eccezione della linea di assemblaggio dei prodotti di tipo B che, a causa della marcata stagionalità, è predisposta per effettuare le operazioni di assemblaggio con due diverse configurazioni di linea. In bassa stagione, le operazioni di assemblaggio vengono divise in un numero minore di stazioni, mentre in alta stagione diventano operative stazioni aggiuntive con un impiego maggiore di personale, riducendo il Takt Time di linea. I processi logistici sono stati dimensionati per soddisfare la richiesta dell'impianto produttivo in alta stagione, con il Takt-Time della linea di assemblaggio di tipo B minore.

Per semplificare il modello, sono state accorpate le linee di assemblaggio che producono la stessa tipologia di prodotto e si è calcolata la domanda come segue:

$$Produzione_{TIPO A} = Produzione_{Fenice} + Produzione_{Standard}$$

$$Produzione_{TIPO B} = Produzione_{HO} + Produzione_{YF}$$

$$Produzione_{TIPO C} = Produzione_{WB}$$

La domanda delle tre tipologie di prodotti utilizzata nella descrizione del modello è stata calcolata considerando la domanda media del periodo di alta stagione. Il periodo di picco,

come mostrato in precedenza, è il periodo in cui la stagionalità combinata delle tre categorie di prodotto raggiunge il suo massimo. L'idea è quella di dimensionare un processo di supporto alle linee di assemblaggio che sia in grado di gestire il periodo di massima domanda e cercare di renderlo efficiente nel periodo di bassa domanda.

Tabella 3-2: la domanda e il Takt-Time dello stabilimento

Tipo	Descrizione	Domanda bassa stagione (unità)	Domanda alta stagione (unità)	Takt-Time considerato (minuti)
TIPO A	WHEEL BALANCER	18	20	$480 / 20 = 24$
TIPO B	ACS	35	48	$480 / 48 = 10$
TIPO C	TYRE CHANGER	22	25	$480 / 25 = 18$

3.3 I flussi logistici

Si definiscono flussi logistici i movimenti sia fisici che informativi di materiale dall'esterno dello stabilimento al suo interno, oppure da un reparto all'altro dell'impianto produttivo. Generalmente, tutti i flussi logistici sono schematizzati all'interno del Value Stream Map che mostra la contribuzione di ogni flusso alla creazione del valore da parte dello stabilimento e il suo Lead Time.

È possibile schematizzare i flussi logistici in due categorie (**Figura 3.4**):

- Flussi logistici provenienti o diretti verso l'esterno (Tier 2)
- Flussi logistici interni allo stabilimento (Tier 1)

Nell'ottica Lean i flussi logistici dello stabilimento sono definiti a partire dalla domanda del mercato. La produzione segue una logica di tipo Pull e viene tirata dal mercato: sulla base della domanda vengono modellati i flussi interni allo stabilimento e il processo produttivo. I flussi esterni, detti Tier 2, sono più rigidi in quanto richiedono la negoziazione con attori esterni all'azienda. I flussi in entrata sono tanto più modificabili quanto le relazioni con i fornitori sono lunghe e stabili ed è per questo che avere delle relazioni di fiducia e di reciproco vantaggio con i fornitori è un requisito per rendere il processo produttivo snello.

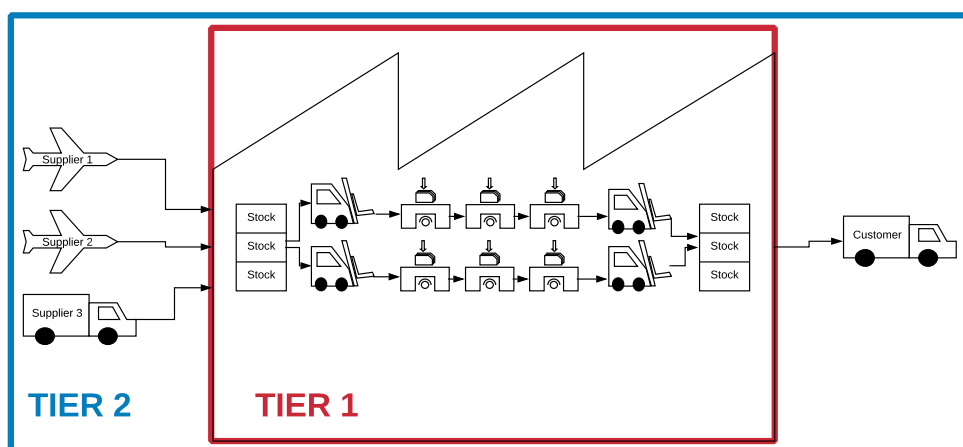


Figura 3.4: Flussi logistici interni ed esterni

Sono identificabili tre differenti flussi logistici all'interno e all'esterno dello stabilimento, dipendenti dalla tipologia di componente richiesta dal processo di assemblaggio:

- Flusso delle A-parts: i telai da cui parte l'assemblaggio del prodotto finito
- Flusso delle B-parts: i componenti caratterizzanti dei prodotti finiti
- Flusso delle C-parts: i componenti generici dei prodotti finiti

3.3.1 Il flusso delle A-Parts

Le A-Parts sono i telai in ghisa da cui comincia la lavorazione in linea. Il processo di assemblaggio di ogni prodotto inizia dal telaio che deve essere consegnato alla prima stazione di ogni linea con una frequenza pari al Takt-Time della stessa. I telai vengono prodotti da una fonderia esterna e vengono spediti nello stabilimento con una frequenza giornaliera. Al loro arrivo vengono analizzati dal reparto di Qualità, che verifica con una serie di controlli strumentali che siano in linea con le tolleranze di specifica, passaggio fondamentale per il futuro assemblaggio. In caso di accettazione, i telai vengono spediti presso un'azienda esterna che si occupa della verniciatura e di altre piccole lavorazioni di fonderia per poi tornare nello stabilimento. A causa dei molteplici passaggi logistici, sono presenti a magazzino diversi giorni di stock per impedire che i problemi legati alla gestione del flusso (problemi di qualità, ritardi dell'azienda di verniciatura, ritardi della fonderia) possano fermare l'approvvigionamento delle linee.

Ogni A-parts corrisponde un numero finito di prodotti finiti, la cui caratterizzazione dipende dal processo di assemblaggio: il loro approvvigionamento è gestito a Kanban e il nuovo telaio fa il suo ingresso nella linea quando un prodotto finito esce dall'altro capo della stessa, a ogni intervallo di tempo definito dal Takt-Time. Adiacente all'inizio di una linea di assemblaggio è presente un buffer di A-parts, gestito da un flusso a Kanban. Nel momento in cui il buffer si svuota, ovvero il telaio in esso presente entra nella linea di assemblaggio, un nuovo Kanban viene "messo in chiamata" e rappresenta l'ordine di approvvigionamento dalla zona di preparazione situata in area Housing. Il Kanban viene raccolto dal Milkrun e consegnato agli addetti alla preparazione del telaio, per essere raccolto e consegnato nell'area di buffer poco prima dell'effettiva necessità del nuovo telaio.

Il Kanban giunto in area di preparazione dei telai avvia le attività degli addetti della Logistica che ritirano il telaio dal piazzale esterno e lo caricano su un pallet a sua volta disposto sopra un carrello. A seconda del modello di telaio richiesto, viene svolta qualche operazione preparatoria e infine il carrello con pallet e telaio viene depositato nell'area di ritiro in cui verrà agganciato dal Milkrun per essere consegnato al buffer di inizio linea. Nella **Figura 3.5** è schematizzato il flusso Kanban che regola l'approvvigionamento delle A-Parts.

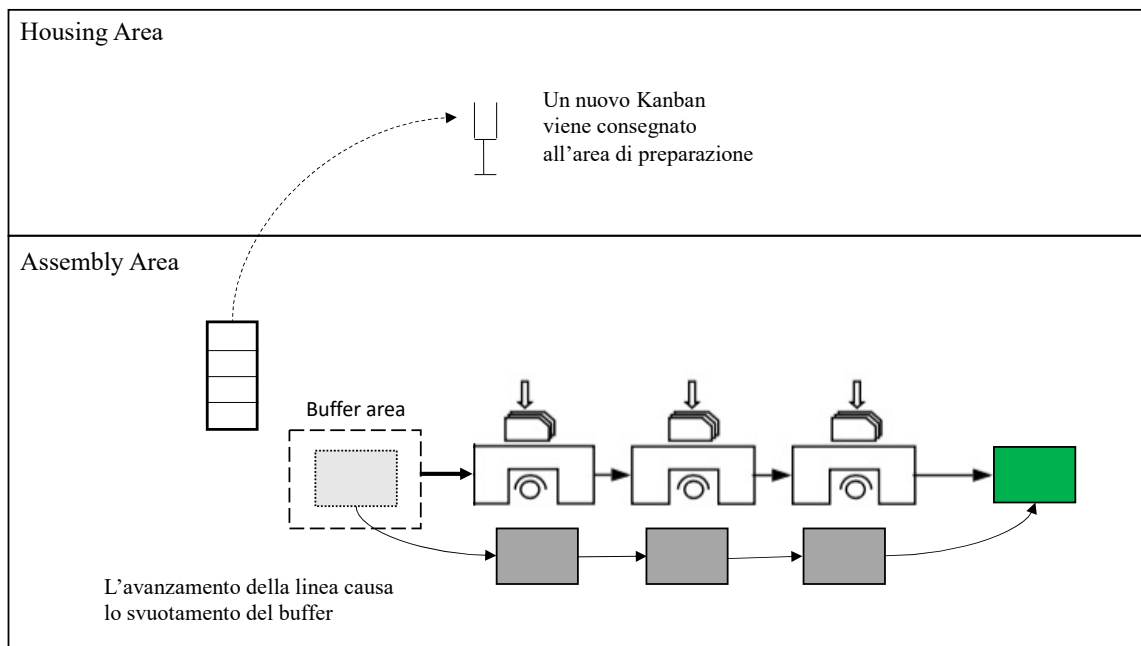


Figura 3.5: flusso di chiamata Kanban A-parts

Il tempo disponibile per svolgere tutte le fasi necessarie alla preparazione dei telai è uguale o minore al Takt-Time della linea di assemblaggio:

$$T_{consegna\ Kb} + T_{prep} + T_{consegna} < T_{takt-time}$$

dove:

$T_{consegna\ Kb}$: tempo necessario a consegnare il Kanban all'area di preparazione

T_{prep} : tempo richiesto alla preparazione dei telai nell'area Housing

$T_{consegna}$: tempo richiesto alla consegna del telaio alla linea di assemblaggio

Il buffer è necessario a disaccoppiare l'avanzamento della linea di assemblaggio e l'attività di preparazione dei telai che sono per loro natura molto diverse, dal momento che il Takt-Time della linea non potrà mai essere minore del tempo di ciclo della A-part, pena l'indisponibilità della stessa e il fermo della linea. D'altra parte, l'attività di preparazione dei telai è svolta in un reparto diverso dello stabilimento e la natura dell'attività ne rende i tempi molto variabili: il buffer compensa anche un ritardo di approvvigionamento dovuto alle operazioni in area Housing.

Il flusso di gestione delle A-parts è centrale nell'ottimizzazione dell'attività del Milkrun dei prodotti finiti in quanto è parte del suo tempo ciclo.

3.3.2 Il flusso delle B-parts

Le B-parts sono i componenti che caratterizzano le macchine prodotte e la loro combinazione genera tutte le varianti di codice di prodotto finito. Provengono da un grande numero di fornitori diversi e dislocati geograficamente, motivo per cui sono presenti a stock, ognuna con una sua diversa politica di approvvigionamento. Le B-parts sono stoccate in un supermarket (un magazzino con il prelievo gestito a picking) che occupa un'area attigua alla produzione. Il nome supermarket rimanda al fatto che il magazzino delle B-parts è organizzato a scaffalature tra le quali si muovono gli addetti al picking, che prelevano pochi pezzi di ogni componente secondo una lista che ricorda una lista della spesa (Shopping List).

Il flusso in ingresso delle B-parts prevede l'utilizzo di appositi Kanban, chiamati Kanban fornitore. Il Kanban fornitore viene emesso quando le rimanenze a supermarket scendono al di sotto di una determinata soglia, che è specifica della tipologia di componente (alcuni componenti possono essere condivisi tra più codici prodotto o tra tipologie differenti di macchine). Le informazioni contenute all'interno del Kanban riguardano il Lead Time della fornitura, le quantità richieste e la frequenza di raccolta dei Kanban. Il ciclo dei Kanban e le loro caratteristiche sono oggetto di negoziazione tra fornitore e cliente, posto come obiettivo l'instaurazione di un rapporto di fiducia di lungo termine in cui ognuno trae vantaggio dalla relazione commerciale.

Il flusso in uscita delle B-parts è regolato dalle cosiddette Shopping List, ovvero delle liste ordinate di componenti che caratterizzano ogni codice di prodotto finito. Le

Shopping List sono stampate dal reparto di pianificazione dell'azienda, inserite nella Levelling Board e rappresentano l'insieme degli ordini di produzione di ogni linea produttiva. Il reparto di pianificazione dell'azienda si occupa di tradurre le quantità richieste del mercato in una schedulazione puntuale e giornaliera della produzione. Come per le A-parts, non appena la prima stazione di ogni linea viene liberata per l'avanzamento della catena di assemblaggio, un Kanban per A-part e la Shopping List riferita al codice prodotto che deve entrare in produzione vengono rilasciate. Gli addetti della logistica che operano nel supermarket ricevono la Shopping List con la lista ordinata (a ogni codice è associata la posizione a magazzino) dei componenti e le loro quantità. Si noti che la Shopping List è essa stessa un Kanban di prelievo con una struttura peculiare ben definita. Gli addetti al picking preparano un carrello con tutti i componenti richiesti e lo portano all'inizio della linea. Il carrello delle B-parts e il telaio associato avanzeranno insieme lungo la linea di assemblaggio e, stazione dopo stazione, tutti i pezzi presenti nel carrello verranno assemblati sul telaio. Alla fine della linea di assemblaggio il carrello vuoto viene riportato nel supermarket. Nella **Figura 3.6** viene schematizzato il flusso delle B-parts.

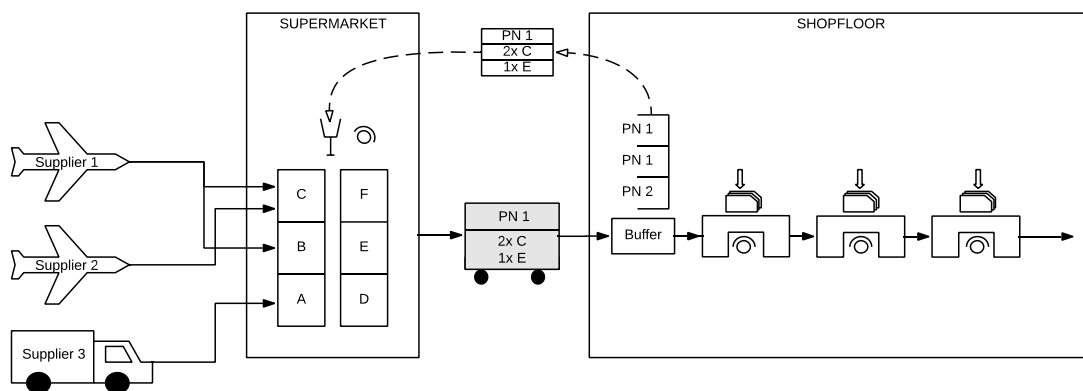


Figura 3.6: flusso di chiamata B-parts

3.3.3 Il flusso delle C-parts

Le C-parts sono tutti i componenti trasversali, comuni a tutte le macchine che possono essere prodotte all'interno di una linea di assemblaggio. Sono di utilizzo frequente, non sono caratteristici del modello di macchina. All'interno della categoria delle C-parts, rientra tutta la minuteria e i piccoli componenti elettrici.

Le C-parts vengono stoccate all'interno di un magazzino automatico in grandi quantità e vengono gestite, differentemente dalle A-parts e dalle B-parts, con una politica di ripristino del numero minimo. Ciò significa che un ordine di acquisto viene emesso quando il numero di pezzi a magazzino è inferiore a una certa quantità. Data la loro natura, sono componenti non differenziati e dal basso valore economico unitario, ed è frequente il ricorso a fornitori diversi per minimizzare il rischio di interruzione di fornitura e poter contrattare sul prezzo.

Il flusso delle C-parts all'interno dello stabilimento viene gestito con un sistema a doppio Kanban. Ogni linea possiede delle rastrelliere che contengono due cassette con un numero predefinito di componenti e, ad ogni cassetta è assegnato un Kanban. Ogni stazione di assemblaggio ha la sua rastrelliera per far sì che gli operatori trovino i componenti esattamente dove gli servono. Quando una delle due cassette si svuota, il Kanban viene messo in chiamata e l'operatore inizia ad attingere dalla seconda cassetta. Un operatore della logistica passa periodicamente tra le linee e raccoglie le cassette vuote delle C-part e i Kanban messi in chiamata e li porta nell'area del magazzino automatico, dove vengono riempite per essere riportate sulla rastrelliera. La quantità di componenti contenuta in ogni cassetta viene definita a priori per far sì che l'operatore della linea abbia disponibilità di pezzi per il tempo che una delle due cassette si trova fuori dalla rastrelliera per il ripristino. Il flusso delle C-parts è schematizzato in **Figura 3.7**.

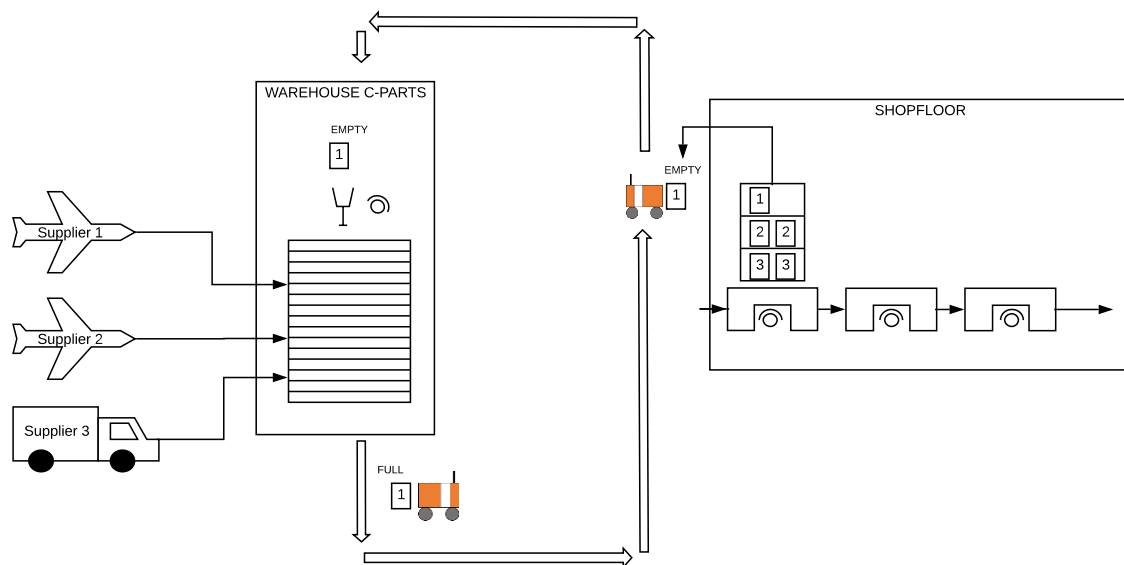


Figura 3.7: flusso di chiamata C-parts

3.4 Il tempo di ciclo ideale del Milkrun

Il flusso delle A-parts viene gestito a Kanban da ogni linea di assemblaggio. Dal momento che una nuova A-part entra in linea nel momento in cui si ha l'uscita di un prodotto finito, si è deciso di integrare questi due flussi con l'istituzione di un processo Milkrun.

Le condizioni operative che rendono ottimale questa soluzione sono:

- le A-parts provengono dallo stesso magazzino in cui vengono consegnati i prodotti finiti ritirati dalle linee di assemblaggio;
- le linee di assemblaggio sono affiancate: il layout distingue un'area per l'inizio delle linee (ingresso delle A-parts) e un'area per la fine (uscita dei prodotti finiti);
- secondo la logica Pull, ogni volta che un prodotto finito esce dalla linea di assemblaggio, una A-part sarà da consegnare all'inizio della linea.

È possibile rappresentare lo stabilimento produttivo come un insieme di linee di assemblaggio, ognuna con un **punto di ingresso materiali** e un **punto di uscita prodotti finiti**. Il passaggio dal punto di ingresso (come A-parts) al punto di uscita (come prodotto finito) richiede un tempo pari al tempo di ciclo, ovvero la somma di tutte le operazioni di assemblaggio svolte lungo la linea. A intervalli definiti dal Takt-Time si ha l'avanzamento dei WIP lungo la linea, con l'uscita di un prodotto finito e l'entrata a inizio linea di una A-part. Considerato che ogni stazione ha un prodotto in lavorazione, ogni volta un prodotto finito viene completato all'ultima stazione, una A-part inizia il processo di assemblaggio alla prima stazione. Per questo motivo, il tempo che intercorre tra l'entrata di due A-parts e l'uscita di due prodotti finiti è pari al Takt-Time della linea di assemblaggio. Il terzo punto rilevante per l'attività del Milkrun è **l'area di carico e scarico**, il cui il Milkrun rilascia i carrelli contenenti prodotti finiti per l'immagazzinamento o per la spedizione diretta e carica le A-parts che sono state richieste dalle linee di assemblaggio con una chiamata tramite Kanban.

L'attività principale del Milkrun è la connessione logica e fisica di questi tre punti all'interno dello stabilimento, svolgendo alcune attività di raccordo tra produzione e logistica in ognuno di questi punti. Il parametro fondamentale per l'attività del Milkrun è il tempo, poiché la sua funzione è di collegare in maniera efficace ed efficiente le attività che vengono svolte in reparti differenti (il reparto produzione e il reparto logistica),

riducendo i tempi morti e disaccoppiando due categorie di attività che hanno caratteristiche molto diverse. In **Figura 3.8** è rappresentato lo schema delle attività effettuate dal Milkrun nelle diverse aree dello stabilimento.

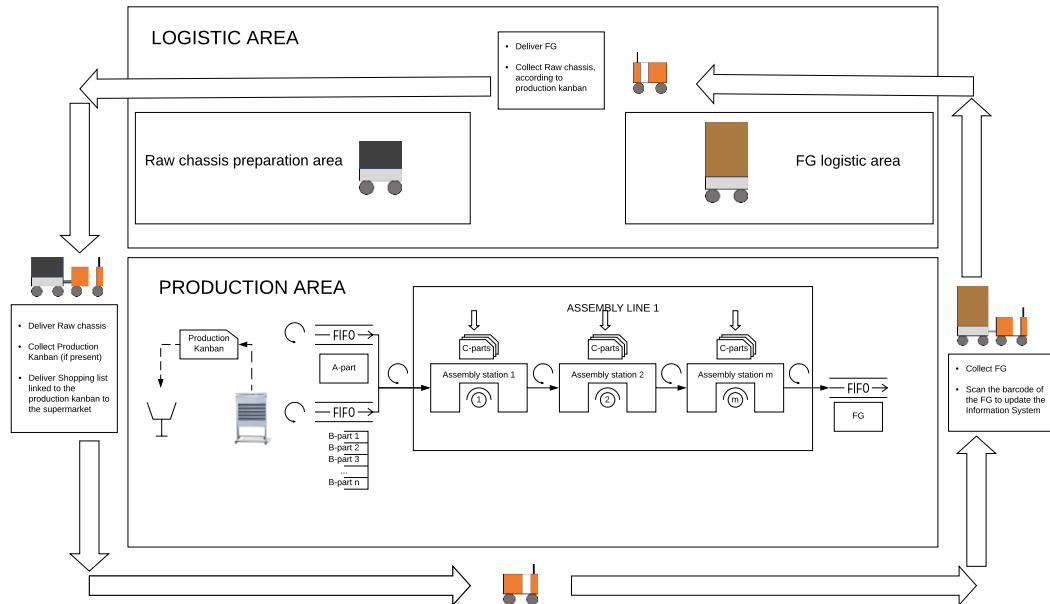


Figura 3.8: schema del tempo di giro a linea singola

È possibile individuare quattro tipologie di tempi nell'attività del Milkrun:

- tempo delle operazioni di input (T_{input}): tempo per svolgere le attività all'ingresso delle linee di assemblaggio;
- tempo delle operazioni di output (T_{output}): tempo per svolgere le attività all'uscita delle linee di assemblaggio;
- tempo delle operazioni di carico/scarico (T_{log}): tempo per svolgere le attività in area Housing;
- tempo di attraversamento (T_{travel}): tempo teorico di viaggio per raggiungere i tre diversi punti in cui vengono svolte le operazioni precedenti. È l'unico tempo che viene considerato costante, poiché le prestazioni in termini di velocità e accelerazione del mezzo di trasporto sono costanti così come le distanze da percorrere.

Il modo in cui le quattro tipologie di tempi concorrono a formare il tempo di giro è schematizzato in **Figura 3.9**.

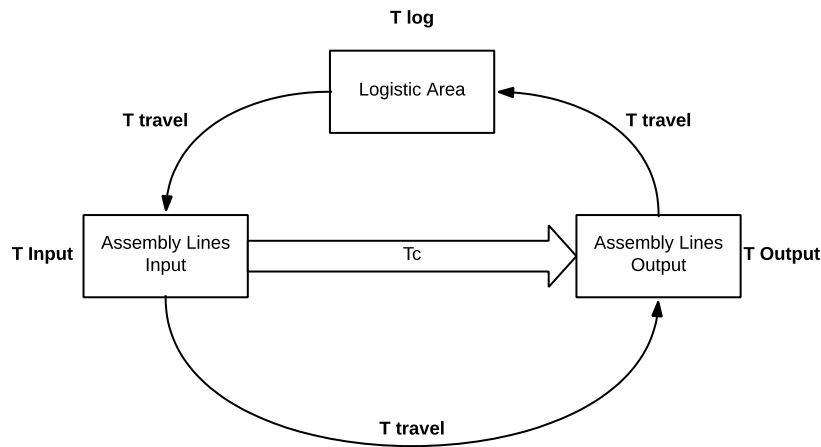


Figura 3.9: tempo di ciclo del Milkrun

Si può calcolare il tempo di giro del Milkrun semplicemente sommando questi fattori:

$$\sum_n T_{giro\ n} = \sum_n (T_{input\ n} + T_{output\ n} + T_{log\ n}) + T_{travel}$$

T_{input} , T_{output} , T_{log} sono variabili in quanto le attività svolte in ogni giro sono diverse.

T_{travel} è da considerarsi costante.

I concetti espressi per il ciclo del Milkrun a linea singola possono essere estesi al caso di multiple linee di assemblaggio, sebbene l'aumento della complessità del sistema comporti i seguenti effetti:

- la variabilità dei tempi di ciclo del Milkrun aumenta insieme al numero di linee di assemblaggio. Il Takt-Time è costante solo per definizione, in quanto il tempo per lo svolgimento delle attività di assemblaggio è variabile;
- il carico di lavoro del Milkrun cresce con l'aumentare delle attività da svolgere per ogni linea di assemblaggio;
- il carico di lavoro della Logistica nell'area Housing aumenta, poiché sono da preparare più A-parts e da immagazzinare più prodotti finiti.

Il modello utilizzato per approssimare il più possibile il caso reale è composto da tre linee di assemblaggio, come le tipologie di prodotti assemblati nello stabilimento: due linee con un Takt-Time superiore a quello del Milkrun (Tyre Changer e Wheel Balancer, prodotti definiti di tipo A e C) e una linea con un Takt-Time inferiore a quello del Milkrun (ACS, prodotti di tipo B) (**Figura 3.10**).

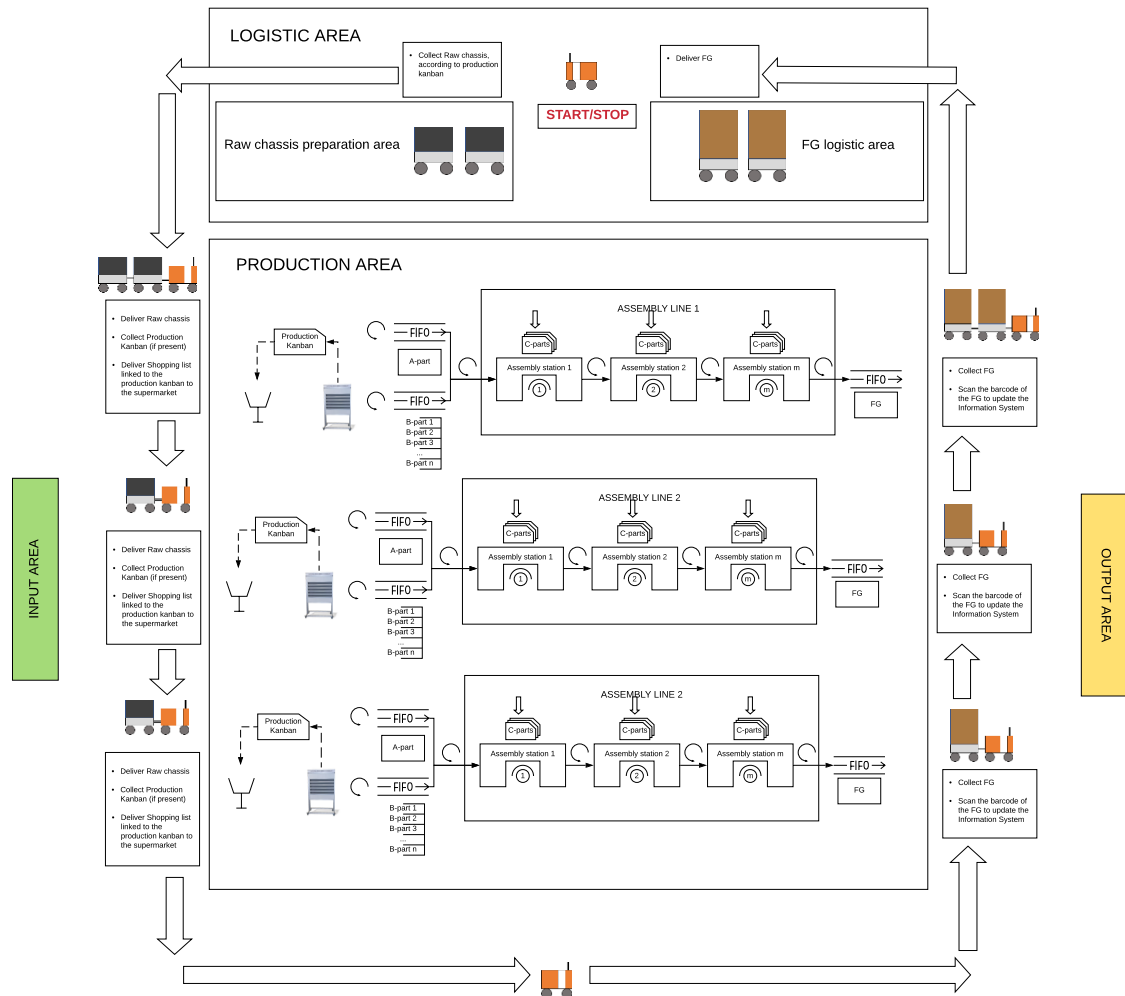


Figura 3.10: schema tempo di giro a linea multipla

4. IL PROGETTO DI OTTIMIZZAZIONE DEL MILKRUN

4.1 Background del progetto

In uno stabilimento nel quale il processo produttivo sia configurato secondo i principi della Lean Production, il processo di approvvigionamento delle linee ha un impatto considerevole nella riduzione degli sprechi. Secondo il paradigma dello One-Piece Flow (OPF), i prodotti finiti devono essere lavorati uno alla volta, in sequenza, per ridurre al minimo le scorte inter-operazionali e gli sbilanciamenti del carico di lavoro che risultano in attese e tempi morti. Nondimeno bisogna ricordare che il tempo di movimentazione delle A-parts e dei prodotti finiti, come tutti i tempi di trasporto, sono attività non a valore aggiunto, da eliminare o ridurre il più possibile. Il problema, lato produzione, viene risolto con un efficace bilanciamento delle linee, volto ad assegnare ad ogni stazione di assemblaggio un carico di lavoro equivalente in termini di tempo impiegato. Questa unità di tempo è definita come Takt-Time, corrisponde al ritmo di produzione ed è l'unità di tempo fondamentale e discreta che scandisce il processo di assemblaggio. Qualora in ogni stazione della linea di assemblaggio ci sia un contenuto di attività pari al Takt-Time, l'avanzamento della linea sarà simultaneo e i prodotti avanzeranno allo stesso ritmo lungo la linea di assemblaggio senza creare intoppi e colli di bottiglia. Nel caso perfetto, non ci sarà nessun tempo di attesa e nessuna scorta inter-operazionale.

Allargando la prospettiva, è da considerarsi l'impatto delle linee di assemblaggio sul sistema di approvvigionamento (e sulla logistica di stabilimento in generale, anche se non trattata). Infatti, se ad ogni unità di tempo (Takt-Time) corrisponde un avanzamento del prodotto lungo la linea di assemblaggio (per avanzamento si intende il passaggio da una stazione di assemblaggio alla successiva), nello stesso istante un prodotto finito uscirà dalla linea di assemblaggio e una A-part entrerà nella stessa.

Nella Lean Production, il flusso dei materiali segue una logica di tipo Pull: il flusso viene tirato dall'ultimo cliente interno dello stabilimento. L'ultimo cliente interno dello stabilimento è il magazzino dei prodotti finiti e il suo approvvigionamento è scandito dal processo del Milkrun. Semplificando, il Milkrun dei prodotti finiti è il pacemaker dello stabilimento e la sua frequenza di ritiro dei prodotti finiti deve essere sincronizzata con il

Takt-Time di tutte le linee di assemblaggio. Nel caso ideale, essendo il Milkrun l'ultimo e il primo attore di ogni linea di assemblaggio, anche la frequenza di approvvigionamento delle A-parts (sempre operata dal Milkrun) deve essere sincronizzata al Takt-Time delle linee.

A seguito di queste considerazioni, i motivi per cui si è deciso di studiare il processo del Milkrun e i suoi eventuali margini di miglioramento sull'intero flusso dei materiali all'interno dello stabilimento sono i seguenti:

1. Standardizzazione e controllo del processo: nell'applicazione della Lean Production tutti i processi devono essere sotto controllo. Il processo di approvvigionamento del Milkrun non è sotto controllo allo stato attuale e, data la sua importanza, si è ritenuto fondamentale studiarlo. Un processo sotto controllo è un processo prevedibile e regolare in cui si ha visione, in ogni momento, dei flussi fisici e informatici dei materiali.
2. Ottimizzazione delle linee di assemblaggio e dei tempi di ciclo: le linee di assemblaggio hanno dei tempi di ciclo differenti. Sincronizzare i tempi di ciclo delle linee al tempo di ciclo del Milkrun permette di ridurre le inefficienze ed eliminare i colli di bottiglia. La presenza in ogni momento delle risorse necessarie al processo produttivo è un principio cardine del Just In Time e quello del Milkrun è uno dei flussi principali in questo senso.
3. Rendere il processo del Milkrun flessibile: uno degli obiettivi della Lean Production è la standardizzazione dei processi, che non deve essere intesa come rigidità o limitazione operativa. Il Milkrun è un flusso logistico di raccordo tra funzioni diverse (produzione e logistica) ed ha tra i suoi obiettivi quello di garantire la stabilità dei processi, andando anche a mediare e a smorzare i picchi e le inefficienze puntuali dei processi a monte e a valle. La definizione dello standard che avrà il nuovo processo del Milkrun deve permettere non solo il controllo del flusso dei materiali, ma di adattarlo anche a fattori esterni che possono influenzare la produzione dello stabilimento.

4. Aumentare la trasparenza del flusso di informazioni: la sincronizzazione del Takt-Time delle linee di assemblaggio con il processo del Milkrun passa anche da un flusso di informazioni chiaro e trasparente, in cui ogni attore dello stabilimento abbia consapevolezza di quello che accade attorno ad esso. Le informazioni consentono alle persone di agire proattivamente per anticipare una situazione o risolvere un problema e riducono l'ambiguità.

4.1.1 La metodologia del progetto: A3

L'approccio Lean al miglioramento continuo si avvale di alcuni strumenti di comprovata efficacia, tra cui il controllo e la gestione dei progetti di miglioramento continuo tramite A3. La metodologia consiste nella descrizione di un problema tramite un foglio di formato A3, nel quale sono illustrati obiettivi, problemi e piano di azione per il miglioramento continuo. Le sezioni principali dell'A3 si riconducono alle categorie del ciclo PDCA di Deming (**Figura 4.1**). La parte di Plan è espressa dalla descrizione della situazione attuale e della situazione target, intesa come il nuovo flusso stabilito alla fine del progetto. La parte Do e Check è espressa dal piano di azione e dal corrispondente monitoraggio sull'effettività delle azioni e sullo stato di avanzamento del progetto. Infine, la parte Act è espressa nella sezione del follow-up, ovvero gli spunti e le reazioni che nascono durante l'esecuzione delle attività e hanno il compito di influenzare le successive fasi del progetto e ripetere il ciclo PDCA.

Descrizione del problema	Piano di azione
P	
Stato attuale	DO
L	
Stato futuro	Risultati
A	CHECK
Analisi del processo	Follow up
N	ACT

Figura 4.1: il ciclo PDCA nel report A3

4.2 Umbrella A3: La trasparenza del flusso dei materiali

L'A3 Umbrella è il foglio generale di progetto, che ne riassume la situazione di partenza, lo scopo e la programmazione delle attività dall'inizio alla fine senza entrare nel dettaglio. Il nome assegnato al progetto è "La trasparenza del flusso dei materiali", per evidenziare la natura duplice dello stesso: da un lato la definizione del processo e la sua ottimizzazione e dall'altro la condivisione di uno standard che definisca in maniera chiara attività e responsabilità. L'A3 Umbrella del progetto è mostrato in **Figura 4.2**.

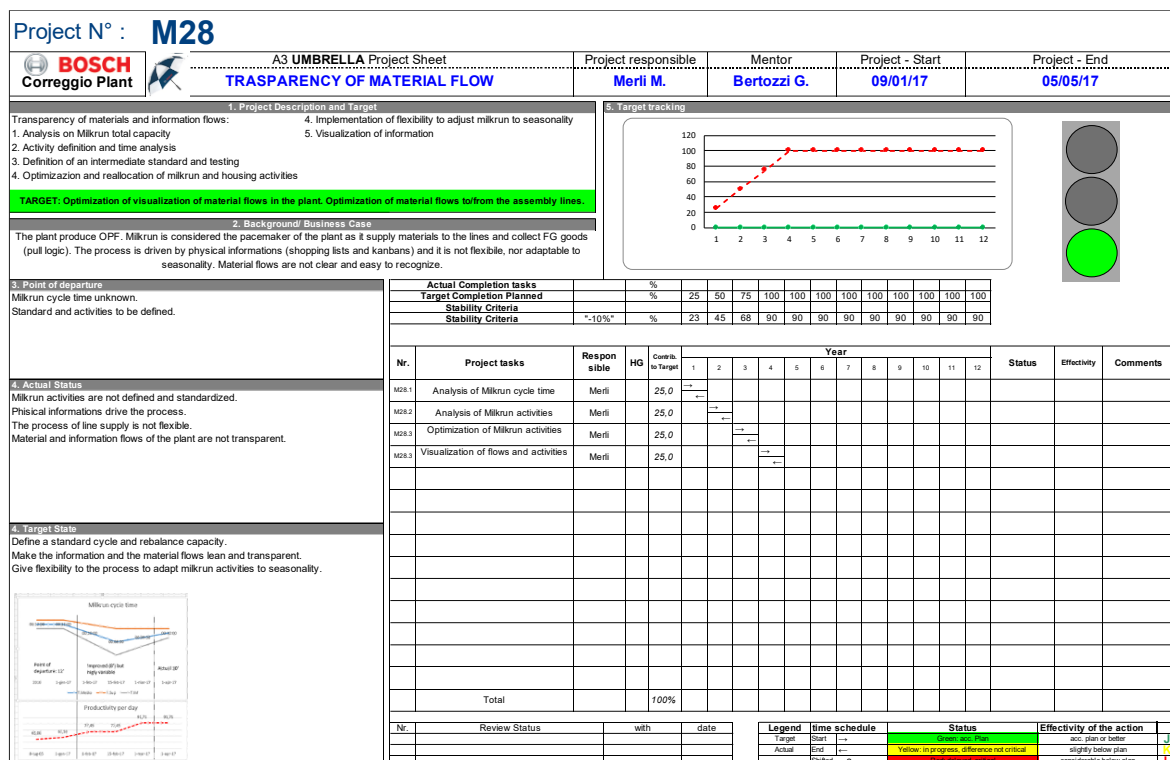


Figura 4.2: Umbrella A3 di progetto

4.2.1 Descrizione del progetto

Il progetto di miglioramento del Milkrun nasce dall'esigenza di riportare il processo sotto controllo e rendere trasparente il flusso di materiali e informazioni relativo all'approvvigionamento delle linee di assemblaggio. Dalla decisione di adottare il paradigma produttivo della produzione snella, sono state intraprese iniziative dirompenti per ridisegnare tutti i processi dello stabilimento e inserirli all'interno di un piano pluriennale di transizione verso un sistema produttivo integrato, flessibile, snello e senza

sprechi. Il processo del Milkrun non è ancora stato trasformato in quest'ottica e rappresenta a tutti gli effetti un'inefficienza. Il progetto nasce dall'esigenza di creare uno standard per il Milkrun, analizzarne la capacità, definire le attività sotto un profilo qualitativo e quantitativo e misurarne le performance. A questo punto, verranno definiti dei KPI (Key Performance Indicator) per misurare la bontà del sistema attuale e si valuteranno interventi sul flusso di lavoro per portare i KPI di progetto all'interno del target e l'attività del Milkrun sotto controllo.

Il primo passo è la compilazione dell'A3 Umbrella per quanto riguarda le uniche due sezioni fisse del modello: lo stato attuale (Actual Status) e lo stato finale (Target Status). Le sezioni di Do, Check e Act possono essere modificate a ogni iterazione del ciclo di PDCA, mentre lo stato attuale e finale sono definiti a inizio progetto e non sono modificabili (principio numero 13 del TPS: pianificare con cura ed eseguire il piano senza la necessità di modificarlo).

4.2.1.1 Actual Status

In uno stabilimento produttivo che sta modificando radicalmente il suo modo di operare per seguire i principi di Lean Production del Toyota Production System, il Milkrun è ancora in uno stadio primordiale in quanto è un processo progettato per favorire la transizione da una logica Push a una logica Pull, ma viene gestito in maniera tradizionale: le sue operazioni e il suo carico di lavoro non sono definite e il processo risulta disaccoppiato dai flussi logistici a monte e a valle. Le azioni del Milkrun sono condizionate dai processi collegati ad esso, rendendo la gestione delle operazioni reattiva e, in definitiva, succube della variabilità di ciò che succede attorno al processo. L'assenza di standardizzazione e l'indefinitezza del flusso di materiali e di informazioni veicolato dal Milkrun risultano critici. Tuttavia, queste caratteristiche del processo sono state pensate in questo modo per facilitare la transizione dalla logica Push alla logica Pull e, in questo senso, la libertà e la flessibilità del Milkrun hanno lo scopo di armonizzare e congiungere attività e reparti che sono ad oggi ancora disaccoppiati.

Allo stato attuale, il Milkrun percorre un tracciato circolare (detto "giro") partendo dall'area Housing. Una volta terminato il giro (ovvero svolto tutte le attività previste in ogni area), il Milkrun parte per il giro successivo e percorre tanti giri consecutivi quanti

ne rientrano nel suo orario di lavoro giornaliero. La composizione di attività svolte in ogni giro è data dalle linee di assemblaggio che innescano le attività di ritiro dei prodotti finiti e di consegna delle A-parts che a cascata richiedono una serie di attività secondarie. Il fatto che le attività del Milkrun vengano innescate dalle linee di assemblaggio ha come effetto che il tempo di giro del Milkrun è influenzato dalle linee di assemblaggio in maniera incontrollata ed è, in definitiva, molto instabile. Ad aggiungere ulteriore variabilità al processo, nella situazione attuale il Milkrun ha tra le sue attività quella di supportare la funzione logistica nella preparazione delle A-parts. Questa attività ha una durata non quantificabile poiché dipende dal carico di lavoro dell'attività Logistica che a sua volta dipende dalle attività del reparto e dalla schedulazione della produzione, processi del tutto scorrellati dalle attività del Milkrun. In definitiva, il tempo del Milkrun è influenzato da fattori che sono totalmente fuori dal controllo non solo di questo processo, ma del reparto di Produzione, e questo ha aperto la riflessione sull'assegnazione delle attività e delle responsabilità.

I tre punti critici che sono risultati dall'analisi della situazione attuale sono:

1. Le attività e le responsabilità del Milkrun non sono definite. L'ambiguità rende imprevedibile il carico di lavoro del Milkrun e la mancanza di coordinamento tra i reparti rende incerta la disponibilità delle A-parts da approvvigionare in area produttiva.
2. Il processo di approvvigionamento del Milkrun non è trasparente e questo risulta in una assenza di sinergia tra i processi e in una situazione di incertezza operativa a monte e a valle. La mancanza di visibilità impedisce ai reparti di organizzare e gestire il carico di lavoro nel breve termine e la allocazione di risorse sul lungo termine.
3. Il tempo di giro del Milkrun è estremamente variabile e, in definitiva, inaffidabile per garantire ai flussi correlati la stabilità operativa. Il processo di approvvigionamento delle linee di assemblaggio non può non tenere conto del Takt-Time. Idealmente, i cicli di assemblaggio e il ciclo del Milkrun dovrebbero essere sincronizzati.

4.2.1.2 Target Status

L'obiettivo finale del progetto è quello di avere un processo snello e trasparente, perfettamente integrato nei flussi logistici di stabilimento. La definizione chiara e univoca delle attività del Milkrun e la sincronizzazione del suo tempo di ciclo con quello delle linee di assemblaggio è una condizione necessaria alla stabilità e alla controllabilità del processo. Idealmente, il Milkrun deve avere un tempo di giro definito a priori in base al regime produttivo dello stabilimento e la media dei tempi deve avere una varianza ridotta per poter garantire trasparenza (il Milkrun segue un piano di attività ben definito e tutti gli attori coinvolti sanno cosa e quando succederà nel breve termine) e stabilità (il Milkrun è in grado di svolgere il suo carico di lavoro nei tempi previsti, senza significative variazioni).

4.2.2 Il tempo di ciclo del Milkrun

Il tempo di ciclo ideale del Milkrun è definito come il tempo in cui il Milkrun riesce a compiere un giro completo dello stabilimento senza causare un'interruzione nel flusso di approvvigionamento, ovvero ci sono due condizioni che devono sempre essere rispettate quando un prodotto finito viene completato:

- Il buffer dei prodotti finiti alla fine di ogni linea di assemblaggio deve essere vuoto: se così non fosse i prodotti non potrebbero avanzare lungo la linea di assemblaggio in quanto l'ultima stazione non può liberarsi.
- Il buffer delle A-parts all'inizio della linea di assemblaggio deve essere pieno: se così non fosse la prima stazione di assemblaggio si ritroverebbe senza nessuna attività da svolgere e fermerebbe la linea.

Le due condizioni di cui sopra, sono verificare se il tempo di ciclo ideale è compreso tra due valori definiti $T_c \max$ e $T_c \min$, come schematizzato nella **Figura 4.3**.

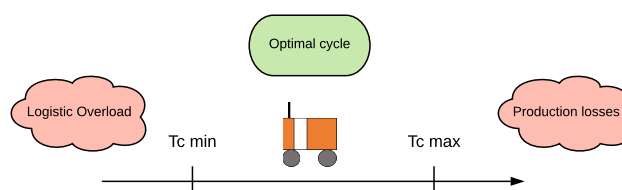


Figura 4.3: i limiti del Tempo di Ciclo del Milkrun

Il tempo di ciclo massimo ($T_c \max$) è quel tempo di ciclo al di sopra del quale si ha un'interruzione della produzione a causa del fallimento del Milkrun di approvvigionare nel modo corretto le linee di produzione. Definiti a priori i buffer a inizio e fine di ogni linea di assemblaggio questo può accadere in due modi:

1. Interruzione flusso di upstream: il Milkrun non riesce a consegnare una A-part quando la linea la richiede. La linea di assemblaggio avanza e la prima stazione della linea non ha nessuna A-part disponibile per iniziare il processo di assemblaggio. L'attesa causa un blocco nella produzione dato dal tempo di attesa della A-part.
2. Interruzione del flusso di downstream: il Milkrun non riesce a ritirare un prodotto finito quando la linea lo richiede. Il riempimento del buffer di fine linea causa l'impossibilità per l'ultima stazione di assemblaggio di liberarsi e questo evento blocca l'avanzamento dei semilavorati lungo la linea di assemblaggio. Anche questo evento causa un blocco nella produzione.

Il tempo di ciclo minimo ($T_c \min$) è quel tempo di ciclo al di sotto del quale la logistica non è in grado di svolgere le attività di preparazione delle A-parts. A differenza del tempo di ciclo massimo, questo evento non interrompe la produzione e non rappresenta una perdita immediata di efficienza. Nonostante ciò, il sovraccarico di lavoro della logistica può generare a cascata dei ritardi nella fornitura delle A-parts e quindi causare in un secondo momento un blocco di produzione. Un tempo di giro al di sotto del tempo di ciclo minimo si traduce in una perdita di efficienza del Milkrun in quanto aumenta la proporzione del T travel sul tempo di giro totale: il T travel, a differenza del tempo impiegato a svolgere le attività, è costante per ogni giro del Milkrun ed è l'unica componente di tempo non eliminabile e non a valore aggiunto.

Aumentare il numero di giri del Milkrun riducendone il contenuto di attività, diminuisce la capacità totale delle risorse. Il rischio è di non riuscire a completare tutte le attività previste, oltre a quello di causare sovraccarico alla logistica.

Nella **Tabella 4-1** sono schematizzati gli effetti del tempo di giro sulla catena di approvvigionamento, sulla capacità del Milkrun e sull'efficienza del processo.

Tabella 4-1: tabella degli effetti del tempo di giro sul processo

	T giro > T ideale		T giro < T ideale		T giro = T ideale	
Approvvigionamento	· Rischio di riempimento dei buffer fine linea	✗	· Rischio di attesa in area logistica	✗	· Le linee sono approvvigionate nei tempi corretti	✓
	· Rischio ritardo nell'approvvigionamento delle linee	✗	· Rischio di avere un T giro successivo più elevato	✗	· La logistica ha il tempo di svolgere le attività connesse al flusso di approvvigionamento	✓
Capacità	· Rischio di superamento della capacità teorica del Milkrun	✗			· Capacità teorica del Milkrun stabilmente rispettata	✓
Efficienza			· Perdite di efficienza, poche attività svolte nel giro a fronte di un T travel costante	✗		

Il tempo di ciclo del Milkrun deve idealmente essere compreso tra questi parametri critici per poter essere stabile e non causare perdite di efficienza nei processi di produzione. Secondo la concezione del Toyota Production System, la logistica di stabilimento non è un'attività a valore aggiunto ma è fondamentale che non vada ad impattare negativamente le attività che lo sono.

$$Tc_{min} < Optimal\ Tc < Tc_{max}$$

È necessario considerare che la stagionalità impatta sia sul Tc min che sul Tc max:

- Il Tc min aumenta in funzione dell'aumento della domanda: una riduzione del Takt-Time comporta un maggior numero di A-parts da preparare a parità di tempo.
- Il Tc max diminuisce in funzione dell'aumento della domanda: aumenta la cadenza con cui le linee di assemblaggio richiedono la consegna delle A-parts e il prelievo dei prodotti finiti.

Riassunto, durante il periodo di alta domanda, l'attività del Milkrun diventa critica poiché si restringe la tolleranza data dall'intervallo di tempo tra il Tc min e il Tc max.

4.2.2.1 *La capacità del Milkrun*

La valutazione sulla capacità del Milkrun di soddisfare le richieste dei suoi clienti interni, Produzione e Logistica, è stata effettuata definendo il relativo indicatore di performance: l'Indice di carico del Milkrun, espresso in %. Si tratta di una misura di capacità calcolata come il rapporto tra il tempo impiegato a svolgere tutte le attività della giornata e il tempo disponibile. Esprime la misura di come il Milkrun sia in grado di soddisfare le richieste della produzione.

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{T \text{ totale Milkrun}}{T \text{ disponibile}}$$

Un valore superiore al 100% non è accettabile, poiché implica che ci sono attività non completate alla fine del turno di lavoro. Questo indicatore è definito assegnando il carico di lavoro al Milkrun sulla base della domanda di prodotti finiti, ovvero calcolando il tempo delle attività richieste al Milkrun sulla base della capacità produttiva giornaliera dello stabilimento.

4.2.2.2 *Il tempo medio del giro*

Il tempo medio del giro è una misura di servizio: si calcola come il tempo totale delle attività del Milkrun in una giornata lavorativa sul numero di giri effettuati.

$$\text{Tempo medio del giro (mm:ss)} = \frac{\text{Tempo totale Milkrun}}{\# \text{ giri completati}}$$

Esprime la capacità del Milkrun di raccogliere i prodotti finiti e consegnare le A-parts in tempo utile alla linea di assemblaggio, in accordo con i Takt-Time delle linee di assemblaggio, senza causarne interruzioni. In ottica Lean Production, non è accettabile che un processo di supporto causi perdite di valore nei processi a valore aggiunto e le linee di assemblaggio sono uno di questi, in quanto garantiscono i volumi giornalieri sui cui vengono spalmati i costi fissi di stabilimento. Nel design dei processi di supporto

come il Milkrun è fondamentale che ci sia sincronia con i processi a valore aggiunto: il Milkrun deve aderire al Takt-Time delle linee di assemblaggio. In caso contrario il Milkrun riesce comunque a svolgere tutte le attività richieste, ma ciò avviene rallentando le attività delle linee di assemblaggio. Uno dei principi cardine del Value Stream Mapping e del concetto di Kaizen è la ricerca dell'ottimizzazione generale rispetto alla ricerca dell'ottimo locale: se il Milkrun venisse migliorato senza sincronizzarlo con le linee di assemblaggio, otterremmo un processo che va a distruggere valore, seppure raggiungendo il suo ottimo locale.

4.2.3 Action plan

Una volta definito e descritto lo stato attuale e lo stato finale atteso del progetto, si procede con la descrizione sommaria delle attività da svolgere per transitare da uno all'altro. Questa sezione dell'A3 viene solitamente compilato a matita: trattandosi di un piano di medio termine che si svolge in diversi mesi, è possibile che le attività svolte influenzino quelle future, che sia necessario svolgerle in un ordine diverso, che siano da rimuovere attività inizialmente pianificate o che siano da aggiungere attività non previste inizialmente. Nella teoria della Lean Production e del Toyota Production System, la pianificazione è un processo lento, condiviso e accurato perché si preferisce investire il tempo nella valutazione dello stato attuale e di tutte le attività, anziché modificare il piano successivamente. Nella realtà non è sempre possibile aderire al piano iniziale senza fare modifiche al progetto.

I passaggi intermedi da realizzare per arrivare alla situazione obiettivo comprendono:

1. Analisi della situazione attuale e del tempo di ciclo del Milkrun.
2. Definizione e assegnazione delle attività chiara e univoca.
3. Standardizzazione del flusso di informazioni tra logistica e produzione.
4. Riduzione e stabilizzazione del tempo di ciclo del Milkrun.

Questi punti rappresentano gli obiettivi degli A3 mensili che compongono il progetto.

4.3 Analisi della situazione attuale e del tempo di ciclo del Milkrun

Durante il primo dei quattro mesi di durata del progetto, ci si è focalizzati sullo studio della situazione AS-IS, ovvero l'analisi e la descrizione qualitativa e quantitativa della situazione attuale.

Le tre attività pianificate nel mese (in **Figura 4.4** è disponibile l'A3 di gennaio) sono:

1. Misurazione del tempo di ciclo attuale.
2. Identificazione ruoli e descrizione attività.
3. Rappresentazione del layout attuale e schematizzazione del processo.

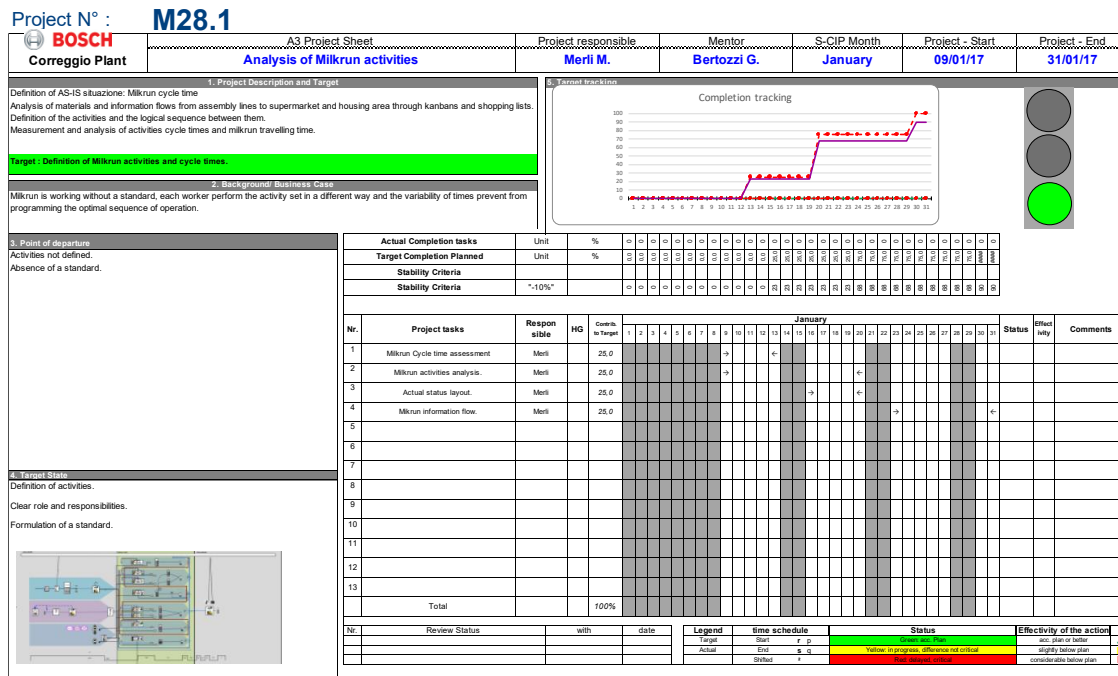


Figura 4.4: A3 di gennaio

4.3.1 Definizione del tempo medio del giro

Il tempo di ciclo del Milkrun corrisponde esattamente al tempo di un giro, ovvero il tempo che il Milkrun impiega dalla partenza al ritorno a un punto definito, svolgendo un insieme di attività lungo il percorso. La misurazione del tempo medio del giro è stata effettuata utilizzando un cronometro digitale con il quale si è proceduto a misurare il tempo intercorso tra una partenza del Milkrun dall'area Housing e la successiva. La fine del giro precedente e l'inizio del successivo sono state individuate nel momento in cui il Milkrun

termina l'operazione di scarico dei prodotti finiti e si avvia verso l'area di raccolta delle A-parts da consegnare a inizio linea (**Figura 4.5**).

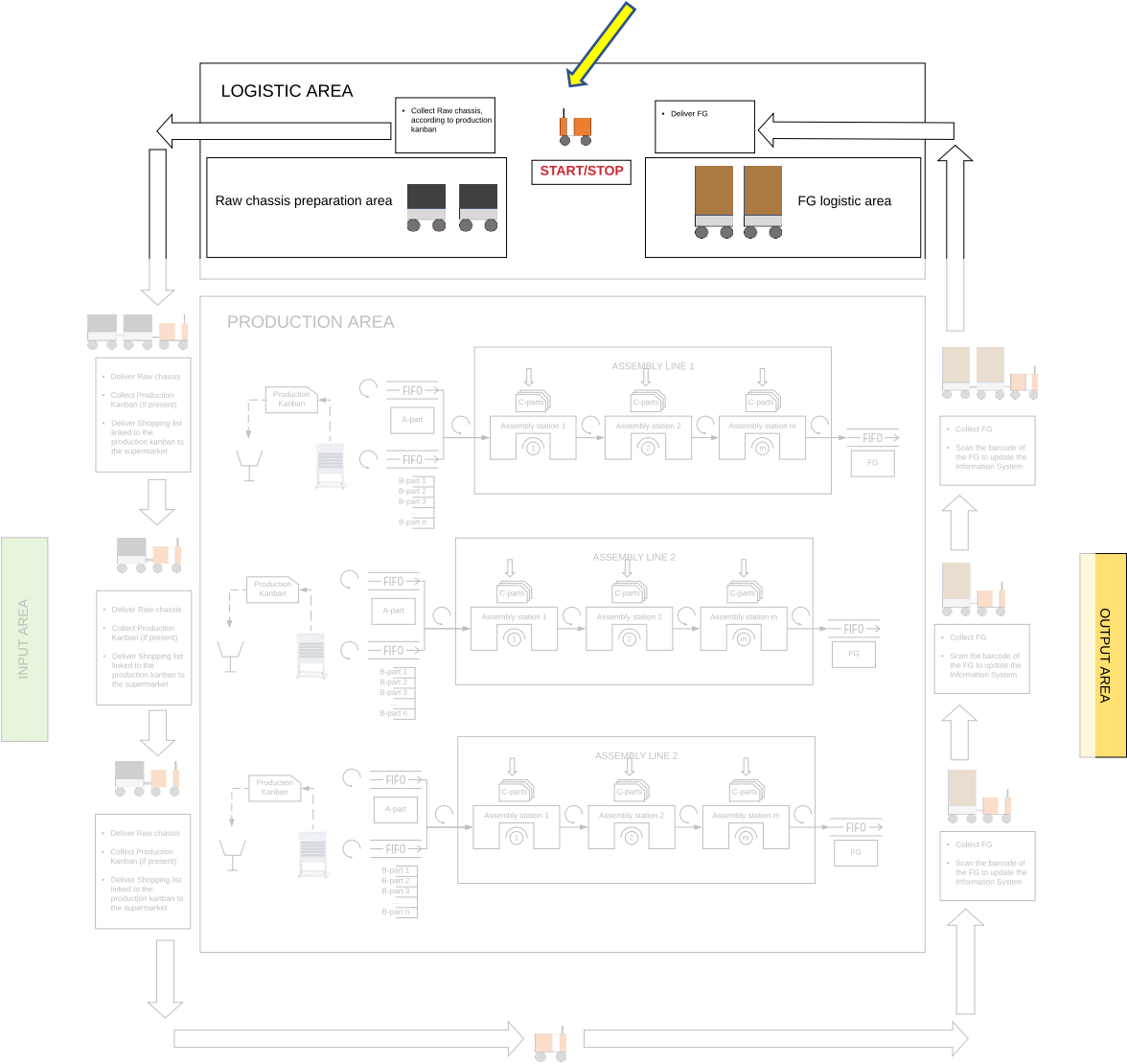


Figura 4.5: inizio della misurazione del tempo di giro

Sono stati raccolti i tempi di 110 giri del Milkrun, nell'arco di tre giorni non consecutivi¹¹:

	Conteggio di Giro	Media di Tempo (hh:mm:ss)
Giorno 1	38	00:12:09
Giorno 2	39	00:11:59
Giorno 3	33	00:12:23
Totale complessivo	110	00:12:10

¹¹ Vd. Appendice A

La misurazione del tempo medio del giro ha permesso di evidenziare subito il problema principale dell'attività del Milkrun. Prima del progetto, il tempo medio del giro è maggiore del Takt-Time della linea di assemblaggio più rapida: la linea di tipo B (ACS) ha un Takt-Time pari a 10 minuti. L'analisi quantitativa dei tempi delle attività svolte dal Milkrun permetterà di capire dove si trovano le inefficienze del processo e come attaccarle.

4.3.2 Definizione delle attività svolte dal Milkrun

In questa parte del progetto, si andranno a definire le attività svolte dal Milkrun e le relazioni esistenti tra esse e i reparti di Produzione e Logistica. Le attività svolte dal Milkrun non possono essere svolte in maniera puntuale perché sono vincolate dal layout dello stabilimento e dalle interconnessioni tra diversi attori. Nel caso ideale, il passaggio di materiali e informazioni tra logistica e produzione deve avvenire istantaneamente, al presentarsi della richiesta da parte del reparto a valle del flusso (logica di tipo Pull). Questo non è possibile poiché il processo del Milkrun è condizionato da due variabili:

1. la distanza fisica tra le aree in cui svolgere le attività: esiste un tempo di attraversamento che il Milkrun impiega per spostarsi da un'area all'altra;
2. la sequenza tra le operazioni che deve svolgere: alcune operazioni sono legate da vincoli di precedenza spaziale e temporale.

Il vincolo della distanza fisica tra i reparti è dato dal layout di stabilimento e non è modificabile.

La sequenza delle operazioni da svolgere è modificabile all'interno dei limiti operativi e delle dipendenze funzionali dei reparti. Il tempo di ciclo del Milkrun è collegato sia alle attività della Logistica, sia ai tempi di ciclo delle linee di assemblaggio, che sono a loro volta influenzati dalle attività del Milkrun. Questo richiede la conoscenza dei processi a monte e a valle dell'attività del Milkrun e uno studio sui fattori che ne regolano l'interdipendenza.

In sostanza, la funzione Logistica deve fornire al Milkrun le A-parts e immagazzinare i prodotti finiti durante il tempo di ciclo del Milkrun, che a sua volta deve rifornire le linee

e prelevare i prodotti finiti in accordo con i tempi di ciclo delle linee di assemblaggio (Figura 4.6).

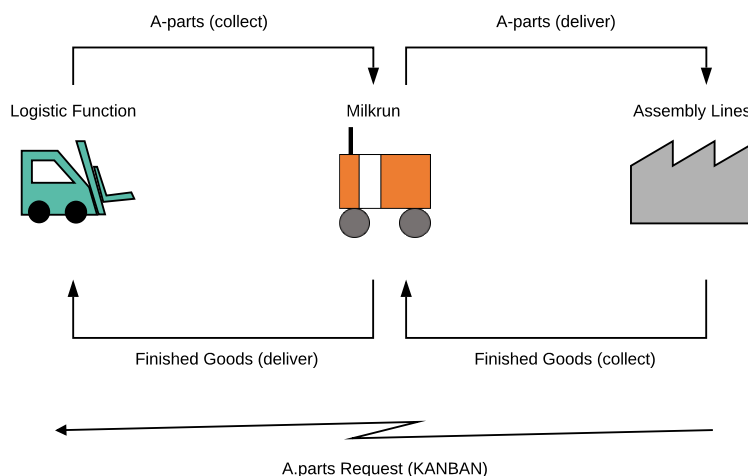


Figura 4.6: schema del ciclo del Milkrun

Il Milkrun e la Logistica sono attività che non aggiungono valore nella Value Stream Map, ma possono eroderlo se causano ritardi nella spedizione o se interrompono il processo di assemblaggio.

In questa fase del progetto è stato necessario definire l'attività del Milkrun in termini qualitativi e quantitativi per raggiungere due obiettivi fondamentali:

1. Definizione chiara e univoca delle attività e delle responsabilità del Milkrun.
2. Assegnazione di un carico di lavoro compatibile con il tempo disponibile.

4.3.3 Analisi qualitativa delle attività e definizione del ciclo standard del Milkrun

La definizione di un ciclo ricorrente è la prima parte dell'analisi delle attività del Milkrun. Si è provveduto a identificare e caratterizzare tutte le attività svolte durante un ciclo completo, inteso come il giro circolare del Milkrun dal punto di partenza al punto di arrivo, definito a priori come il punto fisico in area Logistica in cui il Milkrun si trova senza nessun carrello agganciato, poiché ha appena rilasciato i prodotti finiti nell'area di scarico ed è in attesa di caricare i telai grezzi nell'area di carico. Questo punto coincide con quello di inizio e di fine della giornata lavorativa del Milkrun.

Il Milkrun è un processo inter-funzionale che raccorda le attività di due funzioni aziendali, ovvero la Produzione e la Logistica. Sono state individuate tre aree di lavoro, due afferenti alla funzione di Produzione e una alla funzione di Logistica.

4.3.3.1 Housing Area

Si definisce Housing Area la zona dello stabilimento in cui avviene lo scambio di A-parts e prodotti finiti tra la Logistica (che ha il compito di fornire le A-parts e immagazzinare i prodotti finiti) e la Produzione (che riceve le A-parts e fornisce i prodotti finiti). In quest'area il Milkrun deposita i prodotti finiti pronti per l'immagazzinamento, consegna i documenti con le checklist di lavorazione da digitalizzare, effettua alcune lavorazioni sulle A-parts e aggancia i carrelli da consegnare in Input Area. Il grado di interdipendenza tra le attività della Logistica e della Produzione in questa fase, la rende soggetta a tre tipologie di rischi:

1. Rischi dipendenti dal Milkrun: il carico di lavoro del Milkrun ad ogni giro è una conseguenza delle attività completate nel giro precedente, ovvero degli ordini raccolti in Input Area e dei prodotti finiti ritirati in Output Area. Una saturazione del tempo disponibile (pari al Takt-Time della linea di assemblaggio ACS, la più rapida) impedisce al Milkrun di completare le attività causando ritardi e fermi alle attività nell'area Housing e alle linee di assemblaggio.
2. Rischi indipendenti dal Milkrun: rientrano in questa categoria tutti i rischi connessi alle attività svolte dagli operatori della Logistica di cui il Milkrun è beneficiario. Alcune attività svolte dalla Logistica hanno una durata considerevole: può accadere che gli operatori della Logistica non riescano a completarle all'interno del tempo disponibile, causando un collo di bottiglia per il Milkrun.
3. Rischi legati all'interdipendenza delle due funzioni: in questo caso si fa riferimento ai rischi legati all'ambiguità sull'assegnazione di alcune mansioni e alla mancanza di trasparenza dei processi, per cui gli operatori della Logistica non sono in grado di anticipare e organizzare il loro lavoro non sapendo fino all'ultimo quali saranno le richieste del Milkrun e, viceversa, il Milkrun non è in grado di

supportare la Logistica perché non ha consapevolezza di quando il loro carico di lavoro raggiunge il picco.

L'area Housing (**Figura 4.7**) si divide nell'area di scarico prodotti finiti (Unloading Area) e nell'area di carico delle A-parts (Loading Area).

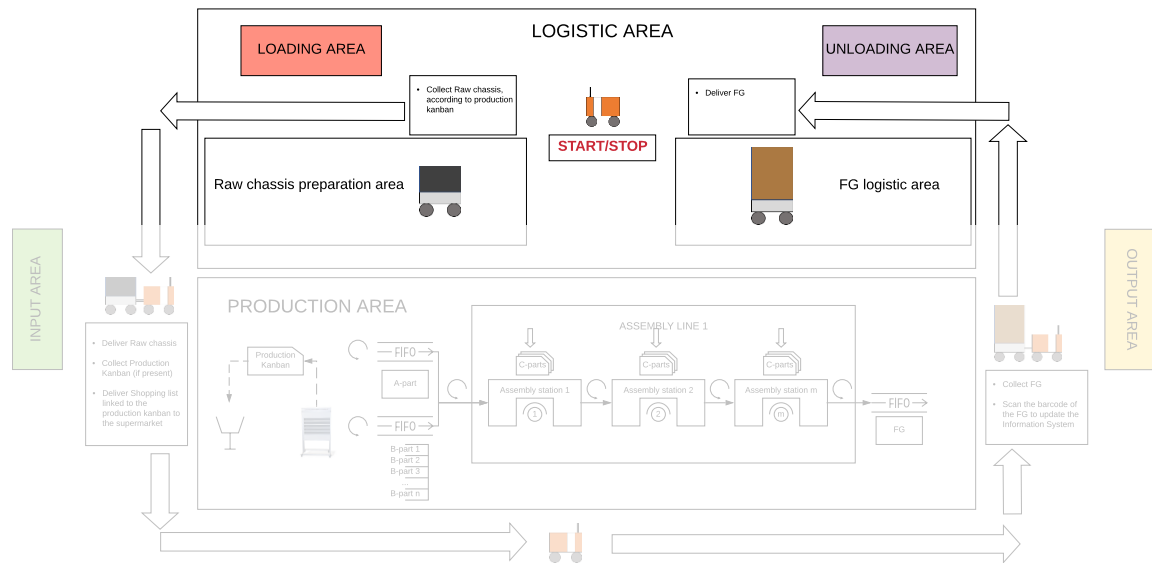


Figura 4.7: l'area Housing

La zona di scarico dei prodotti finiti (Unloading Area) si trova in area Housing al termine del giro del Milkrun ed è un'area di competenza della Logistica. In quest'area, il Milkrun sgancia tutti i carrelli contenenti prodotti finiti che diventano di competenza della Logistica e consegna i documenti di produzione in una postazione apposita dove vengono digitalizzati. Questi documenti contengono tutte le informazioni sul processo di produzione di ogni prodotto finito e sono utili per tracciare i controlli qualitativi effettuati durante la produzione e risalire all'origine dei difetti, se riscontrati in una fase successiva della vita di un prodotto.

Le operazioni svolte dal Milkrun in area di scarico sono schematizzate in **Tabella 4-2**.

Tabella 4-2: attività svolte in area di scarico

Operazione	Descrizione	Dipendenza	Responsabile
UA.A	Immagazzinamento PF		Logistica
UA.B	Digitalizzazione documenti		Milkrun
UA.C	Riordino carrelli	UA.A	Milkrun

L'area di carico (Loading Area) si trova nel magazzino ed è contigua e successiva all'area di scarico. Una volta giunto nell'area di carico, il Milkrun consegna i Kanban raccolti e aggancia tutti i carrelli contenenti le A-parts che sono state preparate dagli operatori della Logistica. Il principio che ordina la preparazione dei carrelli è la chiamata dei Kanban. Il Milkrun troverà in questa area tutti i carrelli con le A-parts che sono stati chiamati in preparazione dalle linee il giro precedente tramite la messa in chiamata dei Kanban. Anche in questo caso, non è chiara la ripartizione delle attività: in alcuni casi l'operatore del Milkrun deve ultimare la preparazione delle A-parts e deve provvedere al collegamento tra i singoli carrelli, se presenti.

Le operazioni svolte dal Milkrun in area di carico sono schematizzate in **Tabella 4-3**.

Tabella 4-3: attività svolte in area di carico

Operazione	Descrizione	Dipendenza	Responsabile
LA.A	Preparazione carrelli (giro -1)		Logistica
LA.B	Lavorazioni su A-parts	LA.A	Milkrun/Logistica
LA.C	Aggancio carrelli	LA.B	Milkrun

La criticità principale di quest'area di lavoro è che le operazioni di due attori differenti sono correlate e temporalmente contigue. Il ritardo di un'attività ha impatto sulle successive e gli imprevisti di uno degli attori hanno ripercussioni sul carico di lavoro dell'altro. Si pensi alla preparazione dei carrelli da parte della Logistica, il cui ritardo può causare il fermo della linea di assemblaggio per attesa materiali.

4.3.3.2 Input Area

Si definisce Input Area il corridoio di passaggio del Milkrun che separa il Supermarket e le stazioni di assemblaggio iniziali di ogni linea di assemblaggio (**Figura 4.8**).

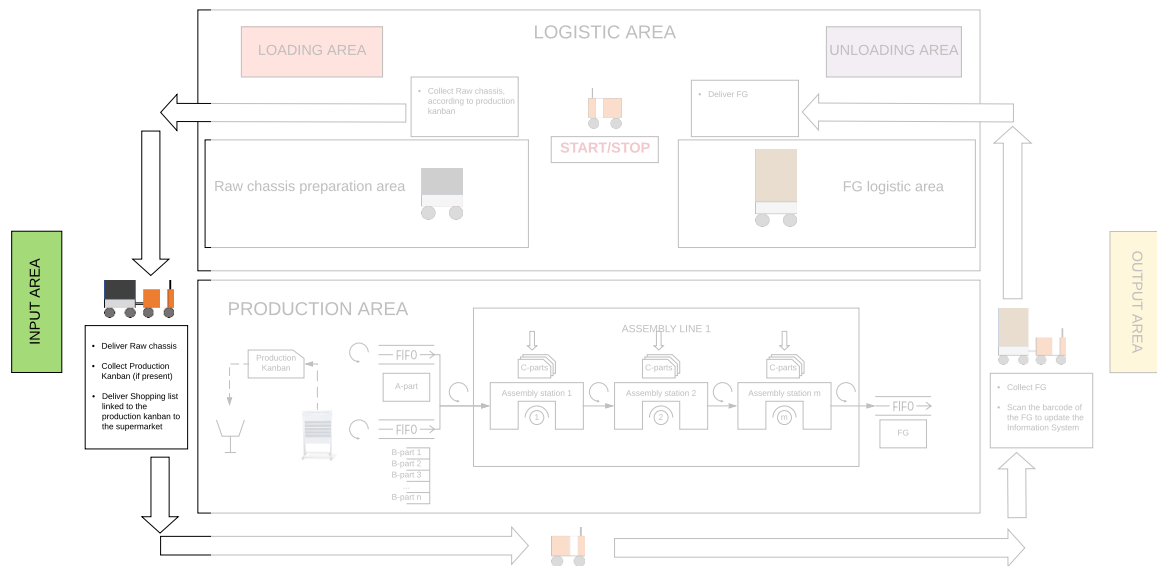


Figura 4.8: l'area Input

In quest'area il Milkrun consegna le A-parts pronte per essere assemblate e raccoglie i Kanban (ordini di prelievo) dalla Levelling Board insieme alla Shopping List, che viene consegnata al Supermarket. I commissionatori (gli addetti al Supermarket) hanno il compito di preparare un carrello con tutti i pezzi richiesti per l'assemblaggio di quello specifico codice di prodotto, che dovrà essere presente a inizio linea insieme alla A-parts di cui il Milkrun ha appena prelevato il Kanban. Il Kanban viene messo in chiamata nella Levelling Board solo quando la postazione di buffer a inizio linea è vuota e la linea chiama una nuova A-part: il lavoro del Milkrun è tirato dalla linea di assemblaggio e il tempo totale di lavoro in quest'area dipende dal lavoro delle linee di assemblaggio.

Il rischio principale legato a quest'area consiste nell'eccessiva domanda di A-parts da parte delle linee e dalla conseguente difficoltà di approvvigionarle in tempo. Questa situazione si verifica se il tempo di ciclo del Milkrun è disaccoppiato dal Takt-Time delle linee.

Le attività identificate in quest'area sono due e non vi è dipendenza tra di esse:

- Rilascio del carrello con A-parts: è l'insieme delle azioni svolte davanti alla prima stazione della linea, a partire dalla fermata davanti alla postazione di rilascio carrello fino alla ripartenza o al ritiro del Kanban dalla Levelling Board.
- Raccolta Kanban e consegna Shopping List ai commissionatori: è l'insieme delle azioni svolte a partire dalla fermata davanti alla Levelling Board alla ripartenza, che includono il ritiro del Kanban e la consegna della Shopping List nell'area di raccolta all'interno del Supermarket.

Il diagramma di flusso delle attività svolte in quest'area è schematizzato in **Figura 4.9**.

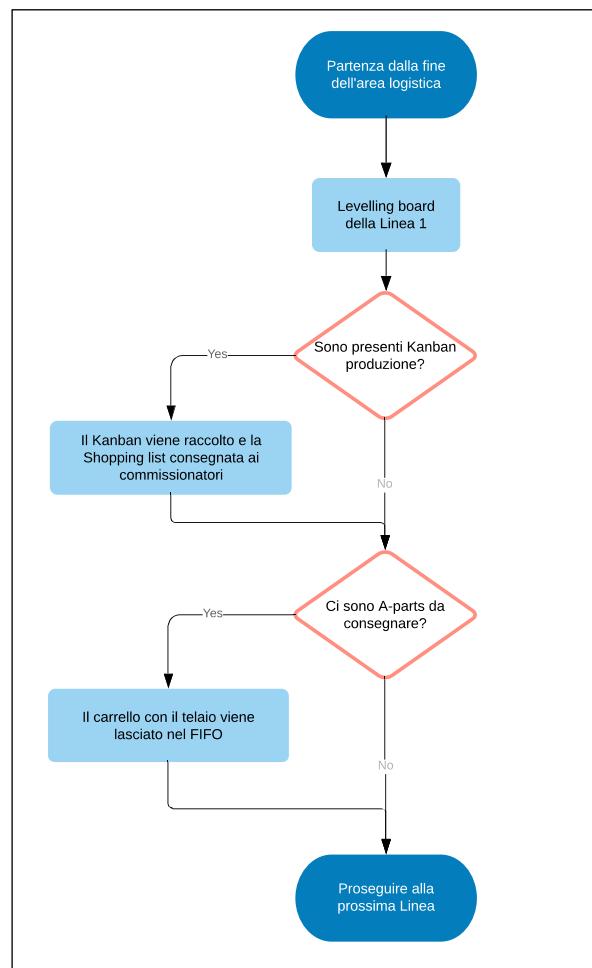


Figura 4.9: diagramma di flusso attività Input Area

4.3.3.3 Output Area

Si definisce Output Area il corridoio che costeggia l'ultima stazione di tutte le linee di assemblaggio (**Figura 4.10**).

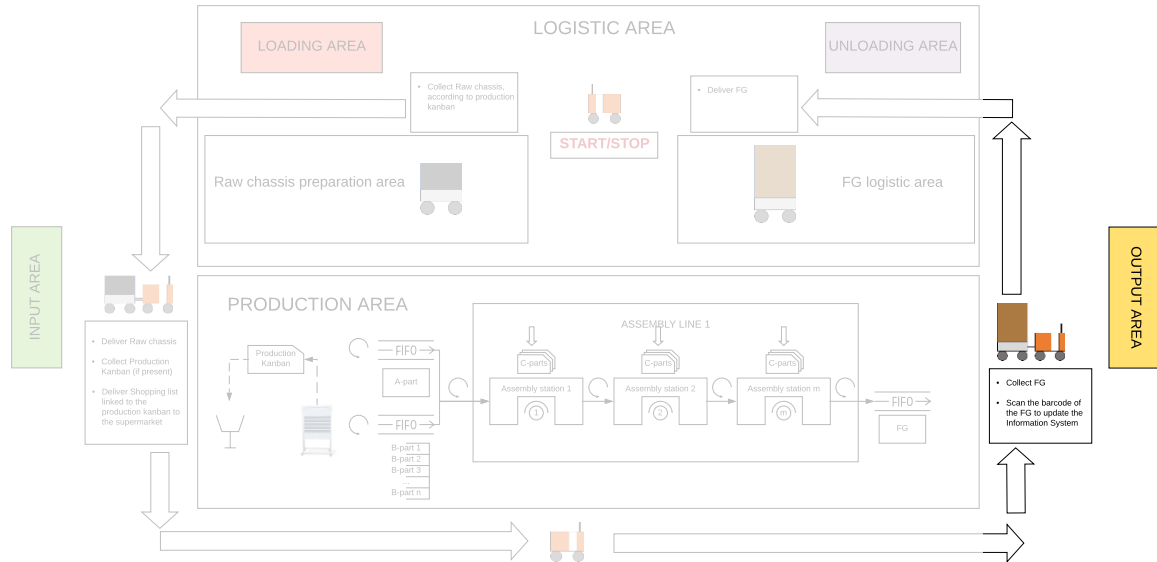


Figura 4.10; l'area Output

In quest'area del percorso, l'unico evento che innesca un'azione da parte del Milkrun è la presenza di un prodotto finito da ritirare dalla apposita zona identificata alla fine di ogni linea. Il prodotto finito viene agganciato al Milkrun, l'operatore aggiorna i sistemi informativi: ritira le checklist di assemblaggio che insieme all'etichetta apposta sull'imballaggio costituisce il supporto fisico da cui vengono acquisite le informazioni tramite scanner e le inserisce nel sistema. In questo modo, il prodotto finito risulta disponibile per la spedizione con tutte le caratteristiche e i controlli qualitativi aggiunti alla sua scheda e ogni componente e semilavorato viene rimosso dai materiali disponibili, aggiornando il gestionale di magazzino.

Il rischio legato a quest'area consiste nella creazione di colli di bottiglia a fine linea se il Milkrun non riesce a ritirare i prodotti finiti alla frequenza richiesta dalle linee di assemblaggio. Un evento di questo tipo causerebbe la fermata delle linee di assemblaggio e una conseguente perdita di tempo e volumi.

Le attività identificate in quest'area sono due che si verificano alla presenza di un prodotto finito:

- Ritiro dei prodotti finiti: è l'insieme delle azioni svolte dalla fermata alla fine della linea di assemblaggio per il caricamento del prodotto finito fino all'inizio dell'attività successiva (l'aggiornamento dei sistemi).
- Aggiornamento dei sistemi: inizia subito dopo il termine delle operazioni di ritiro dei prodotti finiti e termina quando lo scanner conferma all'operatore del Milkrun che il prodotto è stato correttamente registrato nel sistema.

Il diagramma di flusso delle attività svolte in quest'area è schematizzato in **Figura 4.11**.

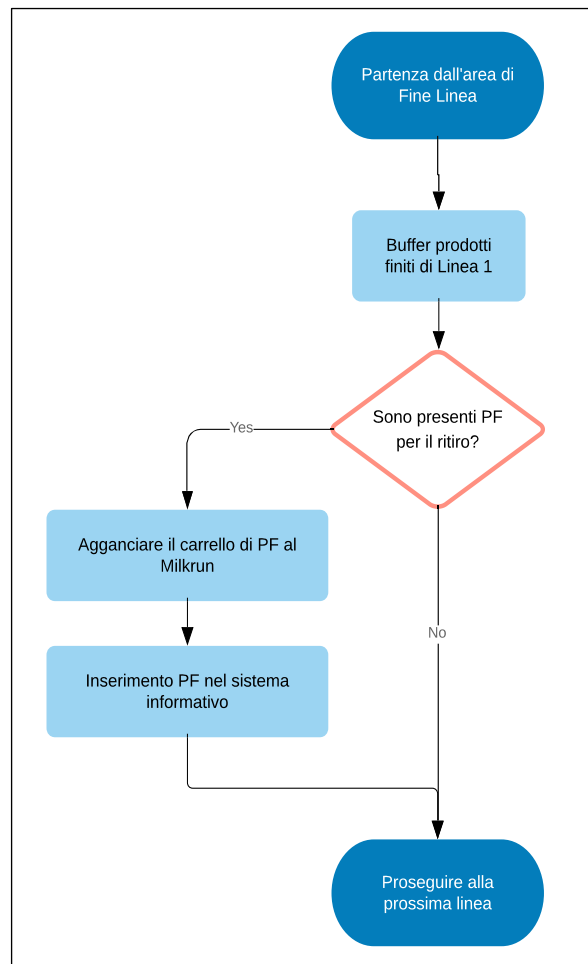


Figura 4.11: diagramma di flusso attività Output Area

4.4 Analisi quantitativa delle attività e definizione del carico di lavoro

Durante il secondo dei quattro mesi di durata del progetto, sono state dettagliate le attività da un punto di vista quantitativo e si è analizzato il carico di lavoro del Milkrun.

Le attività pianificate nel mese (**Figura 4.12**) sono:

1. Misurazione del tempo delle attività del Milkrun.
2. Calcolo del carico di lavoro del Milkrun.

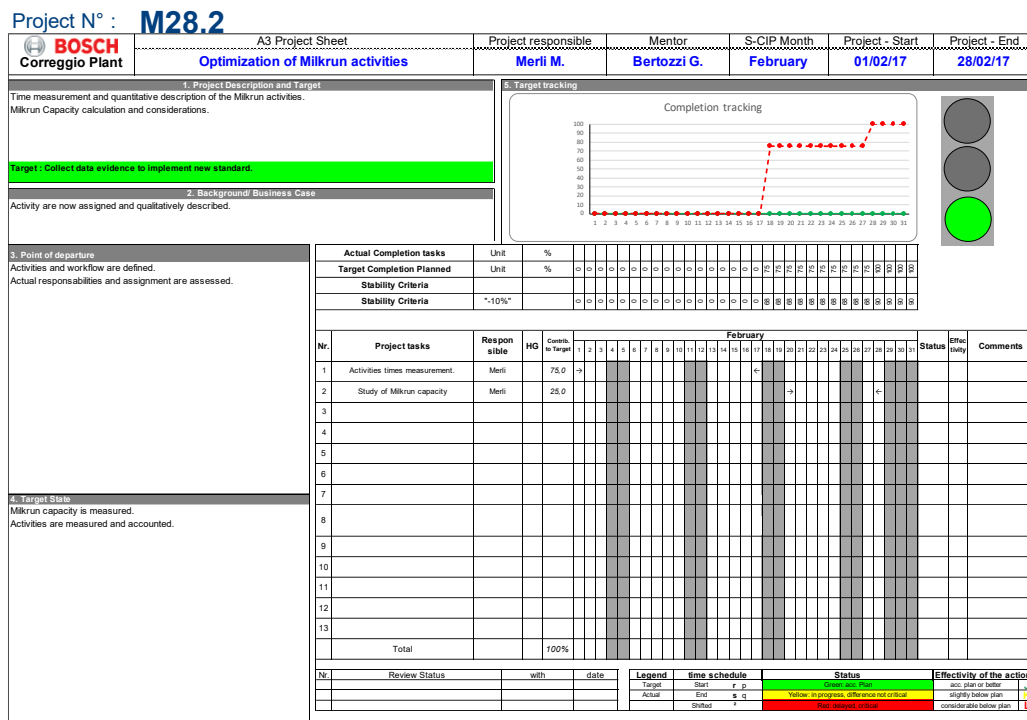


Figura 4.12: A3 di febbraio

Suddivise e definite le attività svolte dal Milkrun, si è passati alla misurazione dei tempi per definirne la durata media, per capire quali fossero le attività su cui operare un processo di revisione e miglioramento. Si è osservata l'attività del Milkrun da un punto di vista microscopico e puntuale: si sono misurati i tempi delle singole attività. In questo modo, si è analizzato la variabilità intrinseca di ogni operazione e si è compreso quali sono le attività su cui operare per ottenere una maggiore standardizzazione. Inoltre, la conoscenza del tempo medio per operazione ha reso immediatamente evidente quali sono le attività più impattanti sul tempo del giro e, in generale, sulla giornata lavorativa del Milkrun. Si è compreso nel dettaglio come viene composto il tempo di ciclo di un giro del Milkrun e

questo ha fornito spunti per migliorare l'efficienza del processo a partire dalle attività di miglioramento svolte sulle singole attività.

Uno degli obiettivi della prima fase del progetto è la misurazione dell'Indice di Carico attuale del Milkrun, per verificare se è compatibile con le risorse a disposizione del processo. Trattandosi di un numero limitato di attività per giro, la cui unità di misura è espressa in minuti e secondi, si è ritenuto sufficiente effettuare le misurazioni dei tempi delle attività che lo compongono con un cronometro digitale e utilizzare come unità di misura il secondo (s).

4.4.1 Il tempo di ciclo del Milkrun

Viene definito $T_{ciclo\ p_n}$ il tempo impiegato dal Milkrun a svolgere tutte le attività direttamente collegate a una specifica tipologia di prodotto. Il $T_{ciclo\ p_n}$ è teorico in quanto si assume che non sia influenzato dallo stato attuale del Milkrun: infatti il numero di carrelli caricati dal Milkrun può influenzare sia la durata di alcune attività.

$$T_{ciclo\ p_n} = \sum_m \text{Tempo attività}_{m\ n}$$

Viene definito $T_{ciclo\ Milkrun}$ la somma dei tempi di ciclo di tutti i prodotti caricati e scaricati durante la giornata lavorativa.

$$T_{ciclo\ Milkrun} = \sum_n (T_{ciclo\ p_n} * \# \text{prodotti}_n)$$

Ne consegue che il $T_{giro\ ideale}$ corrisponde al tempo di ciclo del Milkrun per il numero di giri effettuati.

$$T_{ideale} = \frac{T_{ciclo\ Milkrun} + T_{travel\ totale}}{\# \text{giri Milkrun}}$$

Per calcolare il tempo di ciclo teorico è necessario calcolare il tempo $T_{ciclo} p_n$ il tempo impiegato dal Milkrun a svolgere tutte le attività direttamente collegate a una specifica tipologia di prodotto.

$$T_{ciclo} p_n = \sum_m Tempo\ attività_{m\ n}$$

Le attività da svolgere per ogni tipologia di prodotto seguono il diagramma di flusso in **Figura 4.13** composto da m (=6) attività.

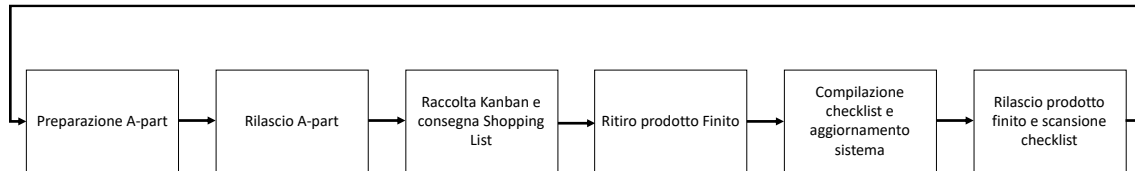


Figura 4.13: sequenza attività Milkrun per prodotto

$$T_{ciclo} p_A(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ A}$$

$$T_{ciclo} p_B(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ B}$$

$$T_{ciclo} p_C(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ C}$$

Viene definito $T_{ciclo} Milkrun$ la somma dei tempi di ciclo di tutti i prodotti caricati e scaricati durante la giornata lavorativa, a cui aggiungere il T_{travel} totale. Il numero di prodotti in uscita dalla linea di assemblaggio è variabile in base al periodo dell'anno (alta o bassa stagione) e in base al mix di produzione.

La stagionalità influenza direttamente il numero di prodotti totali e la configurazione delle linee: durante l'alta stagione viene aumentato il numero di addetti all'assemblaggio per ridurre il Takt-Time della linea dei prodotti di tipo B e permettere un output giornaliero maggiore.

Il mix produttivo influenza la varianza dei prodotti sulla giornata e rende ogni giorno diverso in termini di tempo di ciclo totale a parità di prodotti usciti dalla linea. Per

semplicità di è standardizzato il tempo di ciclo per tipologia di prodotto, ma bisogna considerare che nel caso reale esiste un grande numero di varianti sotto ogni tipologia che si differenzia per il tempo di ciclo.

Per la raccolta dei dati si è misurato il tempo di tutte le attività svolte per le diverse tipologie di prodotto e si sono calcolati i tempi medi¹². Alcune attività non dipendono dalla tipologia di prodotto e i tempi medi non sono differenziati per tipologia.

Tabella 4-4: tabella dei tempi medi per attività prima

Tabella riepilogativa dei tempi medi per attività					
Area	Macro-attività	Attività	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Input Area	Rilascio	Rilascio Carrello	00:00:21	00:00:30	00:00:25
		Raccolta Kanban e consegna Shopping list ai commissionatori	00:00:16		
Output Area	Ritiro	Aggancio prodotto finito	00:00:25	00:00:18	00:00:40
		Versamento prodotti finiti e compilazione checklist	00:00:35		
Housing Area	Preparazione	Digitalizzazione documenti	00:00:23		
		Riordino carrelli	00:00:15	00:00:11	00:00:10
		Preparazione A-Parts	00:00:39	00:00:20	00:00:18
		Aggancio carrelli	00:00:29		

Prima di agire sulle inefficienze locali di alcune attività, si è considerato il processo del Milkrun nel suo complesso: il discorso si è ampliato andando ad analizzare il carico di lavoro dell'attività del Milkrun.

Per calcolare il tempo di ciclo del Milkrun nella giornata lavorativa, è stato definito il tempo di ciclo del Milkrun per la singola tipologia di prodotto come la somma di tutte le attività collegate alla produzione di una unità per ogni tipologia.

In base ai tempi medi misurati, si sono definiti i tempi di ciclo come segue:

$$T_{ciclo\ p_A}(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ A} = 00:03:23$$

$$T_{ciclo\ p_B}(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ B} = 00:03:02$$

$$T_{ciclo\ p_C}(mm:ss) = \sum_m Tempo\ attività_{m\ C} = 00:03:16$$

¹² Vd. Appendice B

Per calcolare il tempo di ciclo del Milkrun si è considerata la schedulazione di una giornata tipo in alta stagione. Il principio che ha guidato questa scelta è quello di applicare al modello la peggior combinazione di parametri esterni: uno di questi è la domanda, un input che influenza il Milkrun ma non è a sua volta influenzato da esso e quindi non controllabile. Il riepilogo della domanda e del Takt-Time considerato è mostrato in **Tabella 4-5**.

Tabella 4-5: domanda e Takt-Time per tipologia di prodotto

Tipo	Descrizione	Domanda bassa stagione	Domanda alta stagione	Takt-Time considerato
TIPO A	WHEEL BALANCER	18	20	$480 / 20 = 24$
TIPO B	ACS	40	48	$480 / 48 = 10$
TIPO C	TYRE CHANGER	22	25	$480 / 25 = 18$

La domanda delle tre tipologie di prodotti è:

- Tipo A: 20 unità
- Tipo B: 48 unità
- Tipo C: 25 unità

$$T_{ciclo\ Milkrun} = T_{ciclo\ p_A} * 20 + T_{ciclo\ p_B} * 48 + T_{ciclo\ p_C} * 25$$

$$T_{ciclo\ Milkrun} = (00:03:23) * 20 + (00:03:02) * 48 + (00:03:16) * 25$$

$$T_{ciclo\ Milkrun} = 04:54:56$$

Il tempo di ciclo del Milkrun calcolato come segue è la somma dei tempi di tutte le attività che il Milkrun svolge per sostenere la domanda di alta stagione, al netto del tempo di attraversamento che impiega per spostarsi all'interno dello stabilimento.

4.4.2 Il tempo di attraversamento del Milkrun

Il tempo di attraversamento (T_{travel}) è il tempo che il Milkrun impiega a percorrere le distanze che separano le tre aree in cui svolge le attività ed è una componente del tempo di ciclo del Milkrun costante per ogni giro, poiché è invariante e indipendente dalle

operazioni. Il Milkrun non ha nessun modo di accorciare il giro e anche in assenza di attività deve percorrere ogni volta la stessa distanza.

Assunto che il trattorino elettrico che svolge l'attività del Milkrun acceleri fino alla sua velocità massima nominale (limitata per legge) di 5 km/h (1,39 m/s) in tempo zero, è possibile stimare il tempo di attraversamento con la seguente formula:

$$T_{travel} = \frac{\text{distanza (m)}}{\text{velocità (m/s)}} = \frac{412 \text{ (m)}}{1,39 \text{ (m/s)}} = 00:04:55$$

Per svolgere tutte le sue attività il Milkrun compie un giro di 412 metri, in un tempo medio di 4 minuti e 56 secondi. Questo è un tempo fisso del giro, poiché non è possibile aumentare la velocità del Milkrun, né ridurre il percorso.

Per calcolare il tempo di ciclo del Milkrun comprensivo di T_{travel} , è necessario conoscere il numero di giri svolti in una giornata dal Milkrun, che è una grandezza dipendente dal tempo impiegato per svolgere le attività lungo il suo percorso. Le attività vengono richieste dal reparto di Produzione e di Logistica e sono inderogabili. Il T_{travel} è un tempo in cui non vengono svolte attività ed è possibile minimizzarlo condensando tutte le attività nel numero minore possibile di giri del Milkrun. Tuttavia, per la definizione stessa del processo del Milkrun, deve essere garantito l'approvvigionamento delle linee di assemblaggio in One-Piece Flow e il tempo massimo del giro non può essere superiore al Takt time della linea di assemblaggio più veloce (prodotto della linea B) che è pari a 10 minuti.

Ne consegue che il tempo massimo di un giro è pari a 10 minuti e, di conseguenza, il numero minimo di giri che il Milkrun effettua in un giorno è pari a:

$$\# \text{ giri al giorno} = \frac{T_{disponibile}}{Takt \text{ time } p_b} = \frac{480 \text{ min}}{10 \text{ min}} = 48 \text{ giri}$$

$$T_{travel \text{ totale}} = \# \text{ giri al giorno} * T_{travel} = 48 * (00:04:55) = 03:56:00$$

$$T_{travel \text{ totale}} = 3 \text{ ore e } 56 \text{ minuti}$$

4.4.3 Il tempo di ciclo totale del Milkrun

Il tempo di ciclo totale del Milkrun è la somma del tempo impiegato dal Milkrun a svolgere tutte le attività ad esso assegnate e del T travel totale, dato dal numero di giri.

$$T \text{ totale Milkrun} = \sum_n (T_{\text{ciclo}} p_n * \# \text{prodotti}_n) + T \text{ travel}$$

$$T \text{ totale Milkrun} = T \text{ ciclo Milkrun} + T \text{ travel}$$

$$T \text{ totale Milkrun} = 04:54:56 + 03:56:00 = 08:50:56$$

Infine, si è calcolato l'indice di carico del Milkrun come rapporto tra $T \text{ ciclo Milkrun}$ e $T \text{ disponibile}$.

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{T \text{ totale Milkrun}}{T \text{ disponibile}}$$

Se $\text{Indice di carico Milkrun (\%)} > 100\%$ significa che la risorsa è sovraccarica ed è necessario rimuovere attività oppure aumentare la disponibilità della risorsa.

Se $95\% < \text{Indice di carico Milkrun (\%)} < 100\%$ significa che la risorsa è satura, teoricamente in grado di svolgere tutte le attività assegnategli, ma non vi è flessibilità: il Milkrun non è in grado di rispondere a esigenze straordinarie provenienti dalle linee di assemblaggio o dalla logistica ed è estremamente sensibile alla variabilità della durata delle attività.

Nella situazione ideale $\text{Indice di carico Milkrun (\%)} < 95\%$ per permettere una riorganizzazione del ciclo del Milkrun e una flessibilità che porta benefici a tutti gli stakeholder dello stabilimento. Bisogna ricordare che il Milkrun svolge un'attività di collegamento tra logistica e produzione: uno dei compiti più importanti è proprio l'attenuazione delle ripercussioni negative di uno dei processi sull'altro nei momenti di picco di uno dei due reparti.

Con i dati in possesso è stato possibile calcolare l'indice di carico:

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{08:50:56}{08:00:00} = 110.6\%$$

Il valore dell'indice di carico è ben al di sopra del suo limite massimo. Nella situazione attuale il Milkrun non è in grado di svolgere tutte le attività ad esso assegnate con i volumi di stabilimento utilizzati come input del modello. Il processo non è sotto controllo e l'attività è resa possibile solo grazie alla collaborazione e ai rapporti informali tra i reparti.

4.5 Definizione del ciclo standard del Milkrun

Una volta definita e descritta la situazione attuale ci si è posti l'obiettivo di definire un ciclo standard per l'attività del Milkrun che sia efficiente e sostenibile. Sono due le direttrici che hanno guidato l'azione di miglioramento.

Le attività pianificate nel mese (**Figura 4.14**) sono:

1. Riportare l'Indice di Carico sotto la soglia del 100%
2. Definire in modo chiaro e univoco la responsabilità delle attività

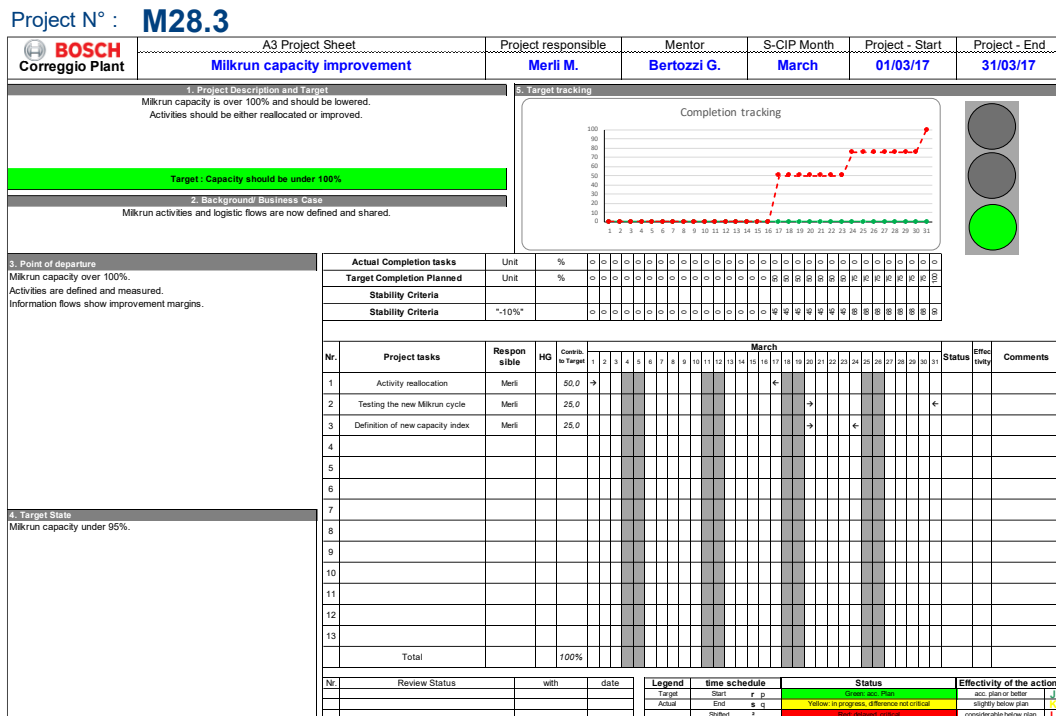


Figura 4.14: A3 di marzo

A partire dalla situazione analizzata, si è reso necessario riassegnare alcune attività svolte nell'Housing Area per ridurre il carico di lavoro del Milkrun.

Nell'area di scarico, il Milkrun sgancia tutti i carrelli contenenti prodotti finiti (nuova attività, precedentemente inglobata nell'attività di Riordino carrelli) che diventano di competenza della Logistica, consegna i documenti di produzione (in una postazione apposita dove vengono digitalizzati) e i Kanban di preparazione delle A-parts.

Cambiano responsabile le seguenti attività:

- **Riordino carrelli:** l'attività è successiva all'immagazzinamento dei prodotti finiti da parte della logistica. La dipendenza temporale tra le due attività era causa di inefficienze e ritardi, specialmente se il numero di prodotti da immagazzinare era elevato. Inoltre, avrebbe potuto verificarsi il caso che l'operatore del Milkrun immagazzinasse un carrello che a stretto giro avrebbe dovuto essere riutilizzato, creando un doppio lavoro causa della mancanza di sincronia tra i reparti.
- **Digitalizzazione documenti:** questa attività ha una priorità bassa in quanto non ne condiziona nessun'altra e può essere svolta anche in un momento successivo. La logistica può contare su un maggior numero di addetti e non è vincolata da tempi cadenzati come il Milkrun: l'attività può essere svolta con flessibilità nei momenti a minor carico di lavoro.

Il risultato di questa riassegnazione di attività è mostrato nella **Tabella 4-6** che mostra in rosso le attività non più di competenza del Milkrun e in verde le nuove attività da svolgere.

Tabella 4-6: attività svolte in area di scarico dopo la riassegnazione

Operazione	Descrizione	Dipendenza	Responsabile
UA.A	Immagazzinamento PF	UA.D	Logistica
UA.B	Digitalizzazione documenti		Logistica
UA.C	Riordino carrelli	UA.A	Logistica
UA.D	Consegna PF		Milkrun

Nell'area di carico il Milkrun si occuperà solamente di agganciare i carrelli preparati dagli operatori della logistica per iniziare il nuovo giro.

Le seguenti attività cambiano responsabile:

- **Lavorazioni su A-parts:** attività che non aveva un responsabile definito e veniva svolta ambigualmente da entrambi i reparti. Viene riassegnata alla logistica, che ha più flessibilità nello svolgere le operazioni assegnate.
- **Aggancio carrelli:** attività dipendente dalla precedente a ridotto consumo di tempo. Viene riassegnata perché viene svolta in maniera più efficiente insieme alla precedente.

Il risultato di questa riassegnazione di attività è mostrato nella **Tabella 4-7** che mostra in rosso le attività non più di competenza del Milkrun e in verde le nuove attività da svolgere.

Tabella 4-7: attività svolte in area di carico dopo la riassegnazione

Operazione	Descrizione	Dipendenza	Responsabile
LA.A	Lavorazioni su A-parts		Logistica
LA.B	Aggancio carrelli	LA.A	Logistica
LA.C	Raccolta A-parts	LA.B	Milkrun

Le attività svolte in Input Area e in Output area restano assegnate al Milkrun dal momento che sono da svolgersi nell'area di esclusiva competenza del reparto Produzione.

In **Tabella 4-8** sono illustrate le attività di competenza del Milkrun dopo la riassegnazione.

Tabella 4-8: tabella dei tempi medi per attività dopo

Tabella riepilogativa dei tempi medi per attività					
Area	Macro-attività	Attività	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Input Area	Rilascio	Rilascio Carrello	00:00:21	00:00:30	00:00:25
		Raccolta Kanban e consegna Shopping list ai commissionatori	00:00:16		
Output Area	Ritiro	Aggancio prodotto finito	00:00:25	00:00:18	00:00:40
		Versamento prodotti finiti e compilazione checklist	00:00:35		
Housing Area	Preparazione	Digitalizzazione documenti	00:00:23		
		Riordino carrelli	00:00:15	00:00:11	00:00:10
		Preparazione A-Parts	00:00:39	00:00:20	00:00:18
		Aggancio carrelli	00:00:29		
		Consegna PF (una volta a giro)	00:00:10		
		Raccolta A-parts (una volta a giro)	00:00:10		

I tempi di ciclo sono cambiati in base alla riassegnazione delle attività in area Housing:

$$T'_{ciclo\ p_A}(\text{mm:ss}) = \sum_m \text{Tempo attività}_{m\ A} = 00:01:57$$

$$T'_{ciclo\ p_B}(\text{mm:ss}) = \sum_m \text{Tempo attività}_{m\ B} = 00:01:59$$

$$T'_{ciclo\ p_C}(\text{mm:ss}) = \sum_m \text{Tempo attività}_{m\ C} = 00:02:16$$

In generale si assiste a una diminuzione delle attività svolte dal Milkrun per ognuna delle categorie di prodotto. Il carico di lavoro del Milkrun era sovraccaricato da attività che non erano state chiaramente identificate e assegnate. In una situazione di grande incertezza il processo del Milkrun aveva inglobato alcune attività che si trovavano vicino al suo perimetro d'azione, senza considerare che l'efficienza di sistema ne veniva compromessa. La scelta di riassegnare e ridefinire parte dei compiti del Milkrun è necessaria non solo all'ottimizzazione del processo, ma anche ad ottenere un bilanciamento generale dei carichi di lavoro. Si consideri che la puntualità e l'efficienza del Milkrun hanno ricadute positive sulla Produzione e sulla Logistica, che vede livellata la richiesta di preparazione delle A-parts e di immagazzinamento dei prodotti finiti.

Il nuovo tempo di ciclo del Milkrun è stato calcolato dopo la riallocazione delle attività:

$$T' \text{ ciclo Milkrun} = T' \text{ ciclo } p_A * 20 + T' \text{ ciclo } p_B * 48 + T' \text{ ciclo } p_C * 25$$

$$T' \text{ ciclo Milkrun} = (00:01:57) * 20 + (00:01:59) * 48 + (00:02:16) * 25$$

$$T' \text{ ciclo Milkrun} = 03:18:05$$

$$T' \text{ totale Milkrun} = T \text{ ciclo Milkrun} + T \text{ travel}$$

$$T' \text{ totale Milkrun} = 03:10:52 + 03:56:00 = 07:06:52$$

Il tempo di percorrenza del Milkrun rimane invariato e il tempo totale diminuisce per effetto della diminuzione delle attività svolte.

Infine, si è calcolato l'indice di carico del Milkrun come rapporto tra $T' \text{ totale Milkrun}$ e $T \text{ disponibile}$.

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{T' \text{ totale Milkrun}}{T \text{ disponibile}}$$

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{07:06:52}{08:00:00} = 88.9\%$$

Il nuovo Indice di carico del Milkrun è abbondantemente sotto il valore considerato ottimale: il Milkrun è ora in grado di svolgere tutte le attività ad esso assegnare e di smorzare i picchi di carico di Logistica e Produzione.

Si può schematizzare il nuovo ciclo del Milkrun come rappresentato in **Figura 4.15**.

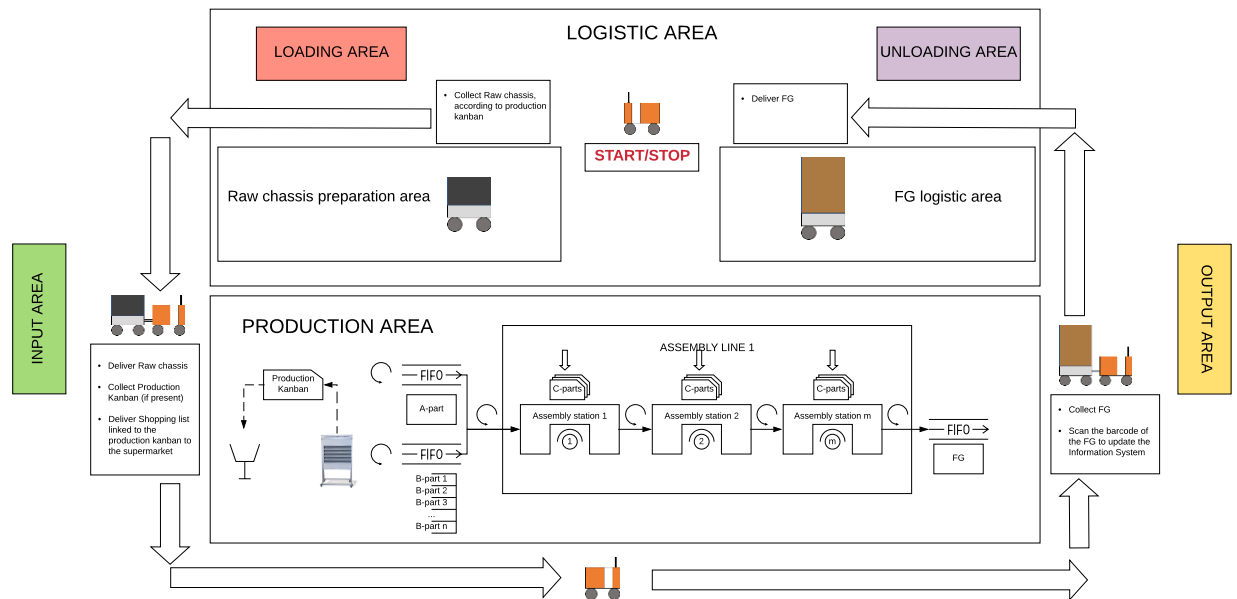


Figura 4.15: schema tempo di giro dopo

4.6 Il flusso delle informazioni

Nelle fasi precedenti del progetto sono state definite le attività del Milkrun e le sue responsabilità ed è stato ridotto il carico di lavoro per permettere un utilizzo della risorsa compatibile con il tempo disponibile. L'ultimo passaggio mancante per avere un processo completamente gestito e sotto controllo è il miglioramento del flusso di informazioni.

Un flusso informativo ben definito e ben organizzato è cruciale per una attività di raccordo tra più dipartimenti come quella del Milkrun per diverse ragioni:

- aumenta la collaborazione e la fiducia;
- migliora il coordinamento tra i processi;
- facilita l'organizzazione del lavoro perché ogni attore conosce le priorità dell'altro.

Durante lo studio della situazione attuale, una delle criticità maggiori si è rivelata l'assenza di coordinamento tra il Milkrun e i due reparti da esso collegati. La Logistica e la Produzione lavoravano come se le loro attività non fossero collegate, nell'ottica di una ottimizzazione locale che non sempre è coincisa con un aumento globale dell'efficienza. Il Milkrun ha la funzione implicita di collegare i flussi materiali e i flussi informativi: deve creare un collegamento di informazioni, oltre che di materiali. Conoscere le reciproche necessità in tempo, permette ai reparti di decidere ed assegnare le giuste priorità e di uscire dall'ottica dell'efficienza locale: l'obiettivo si sposta dal fare bene le cose al rendere il proprio lavoro funzionale agli obiettivi di stabilimento.

Nel sistema ideale, la linea di demarcazione tra i dipartimenti svanisce ed è come se lo stabilimento di produzione fosse un unico organismo. L'obiettivo della Lean Production è quella di ridurre i Muda, gli sprechi di produzione, intesi come perdita di efficienza: la mancanza di comunicazione e un sistema di informazioni non ottimale consiste in tante piccole inefficienze nei punti del processo che connettono attori diversi. Ridurre le distanze e le discontinuità è indubbiamente un obiettivo da perseguire nella Lean Production ad ogni livello, dal fornitore al cliente finale. Per questa ragione il Value Stream Map e il Value Stream Design visualizzano i flussi informativi insieme ai flussi dei materiali.

I benefici che si possono ottenere da un flusso snello di informazioni sono:

- i reparti conoscono in anticipo le necessità degli altri attori dello stabilimento e possono stabilire correttamente le priorità;
- si riduce lo stress e si lavora con più tranquillità perché viene ridotta l'incertezza e non vi sono più imprevisti ed emergenze;
- i problemi emergono, vengono affrontati e anticipati in maniera sinergica e aumenta la collaborazione;
- aumenta l'efficienza complessiva dello stabilimento, perché si è in grado di attaccare e contrastare i colli di bottiglia, uscendo dalla logica di miglioramento locale.

L'ultima parte del progetto ha come obiettivo quello di studiare i flussi di informazioni all'interno dello stabilimento e ottimizzarli: le attività di questa parte del progetto sono mostrate nell'A3 del mese di aprile (**Figura 4.16**).

Project N° : M28.4

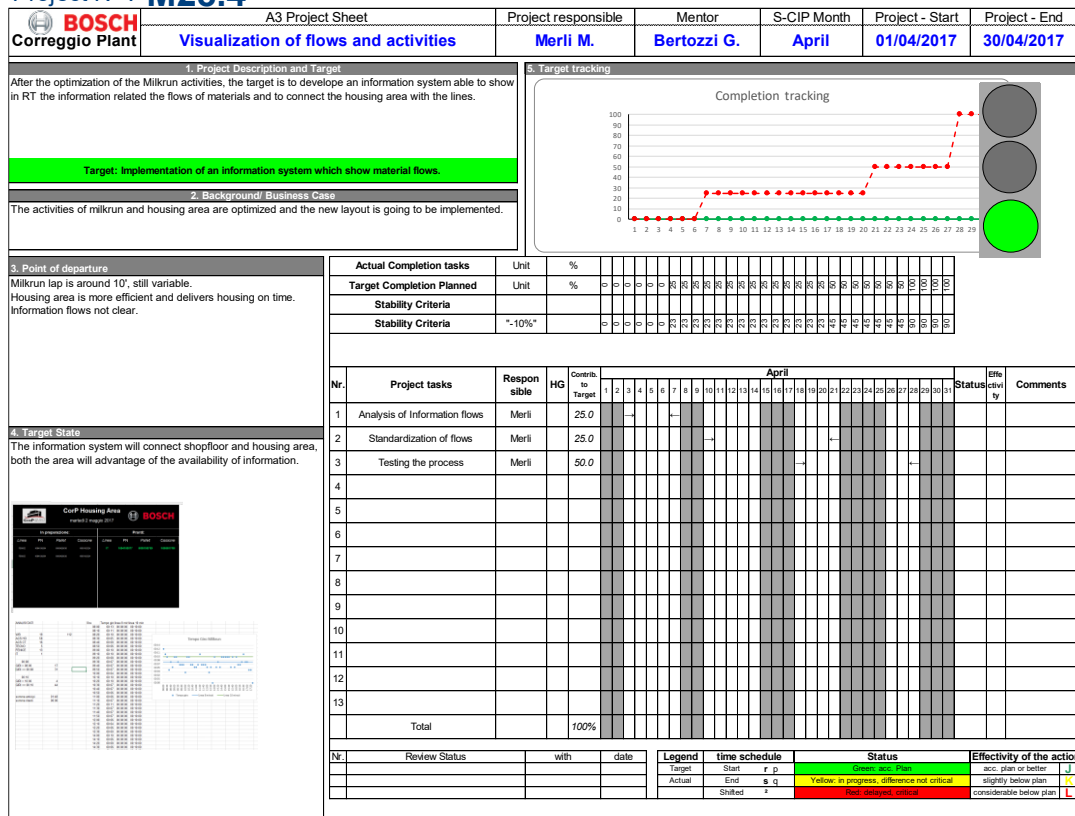


Figura 4.16: A3 di aprile

Per mettere in piedi un flusso di informazioni snello, si è studiato il flusso attuale per individuarne le criticità e capirne i punti deboli.

La fase successiva del progetto consiste nel redesign del flusso delle informazioni per ottimizzare il coordinamento e la sinergia tra gli attori di Produzione e Logistica. In particolare, il riassetto dei carichi di lavoro affrontato nella fase precedente richiede un adattamento dei flussi di informazione che sono stati progettati per supportare l'organizzazione del lavoro precedente.

4.6.1 Il sistema Kanban attuale per le A-parts

Il ciclo di un Kanban di A-part ha inizio nel momento in cui si ha un avanzamento della linea di assemblaggio, che si verifica con una frequenza pari al Takt-Time. L'avanzamento della linea di assemblaggio comporta lo spostamento di ogni carrello alla stazione successiva a partire dall'ultima, che rilascia il prodotto finito nella zona di prelievo in attesa del Milkrun. La prima stazione preleva la A-part dal buffer presente in ingresso della linea, che rimane vuoto, e innesca la chiamata del Kanban successivo. L'operatore della prima stazione accede alla Levelling Board e mette in chiamata il Kanban con la relativa Shopping List seguendo l'ordine prefissato.

L'avanzamento della linea di assemblaggio avviene a intervalli regolari, determinati dal Takt-Time, che definisce la cadenza del processo di assemblaggio. Il Takt-Time delle linee si lega indissolubilmente al tempo di ciclo del Milkrun, che deve raccordare le linee di assemblaggio e le attività della Logistica.

Nel sistema attuale, il Milkrun percorre l'Input Area passando davanti alla Levelling Board di ogni linea di assemblaggio e ne raccoglie i Kanban, se presenti. Al suo rientro nell'area Housing, consegna i Kanban agli operatori della Logistica che provvedono a preparare le A-parts per essere portate in linea, idealmente per il giro successivo. Il tempo di ciclo dell'area Housing deve essere organizzato in funzione della richiesta delle linee di assemblaggio e il mezzo con cui si raccordano i reparti sono i Kanban e i buffer a seconda della tipologia di prodotto. Anche in questo caso, si noti che i flussi vengono definiti a partire dal cliente finale: a partire dalle linee di assemblaggio viene dimensionata e organizzata l'area Housing che ha il compito di preparare le A-parts e immagazzinare i prodotti finiti.

4.6.1.1 *A-parts di tipo A*

Le A-parts di tipo A sono i telai delle macchine equilibratrici (Wheel Balancer): sono telai in ghisa che devono smorzare le vibrazioni generate durante l'equilibratura dello pneumatico. Non teme gli eventi atmosferici e per questa ragione viene immagazzinato nell'area esterna adiacente all'area Housing.

Il telaio viene prelevato da un'area esterna tramite un carrello elevatore e vengono effettuate operazioni preparatorie e piccoli assemblaggi a seconda del codice richiesto dal Kanban. Il tempo in cui vengono effettuate queste operazioni è superiore al tempo di permanenza del Milkrun in area Housing: ne consegue che tra la richiesta dell'A-parts e la consegna a inizio linea trascorre un tempo minimo pari a due giri completi del Milkrun. Infatti, quando l'operatore di linea mette in chiamata il Kanban della macchina successiva, il Milkrun può trovarsi in qualsiasi punto del suo percorso: nel caso più sfavorevole, il Kanban viene messo in chiamata subito dopo il passaggio del Milkrun e la linea di assemblaggio vedrebbe recapitarsi la A-part ben tre giri dopo la messa in chiamata, con un tempo di attesa superiore al Takt-Time della linea.

Si è definito giro n, il giro in cui il Milkrun (partendo dall'area Housing) raccoglie il Kanban messo in chiamata dalla linea di tipo A e lo consegna alla logistica, che provvede a ritirare le A-parts dall'area di immagazzinamento e a prepararle per essere portati in produzione. Le operazioni principali consistono nella rimozione dell'imballaggio e nella realizzazione di piccoli assemblaggi prima del caricamento su carrello. Contemporaneamente, il Milkrun inizia il giro n+1 in cui svolge operazioni diverse da quelle riguardanti il ciclo del Kanban appena depositato. Giunto nuovamente in area logistica, l'A-parts è pronta per essere caricata e trasportata in linea. Con il terzo giro, viene consegnata a inizio linea.

La situazione descritta è schematizzata in **Figura 4.17**.

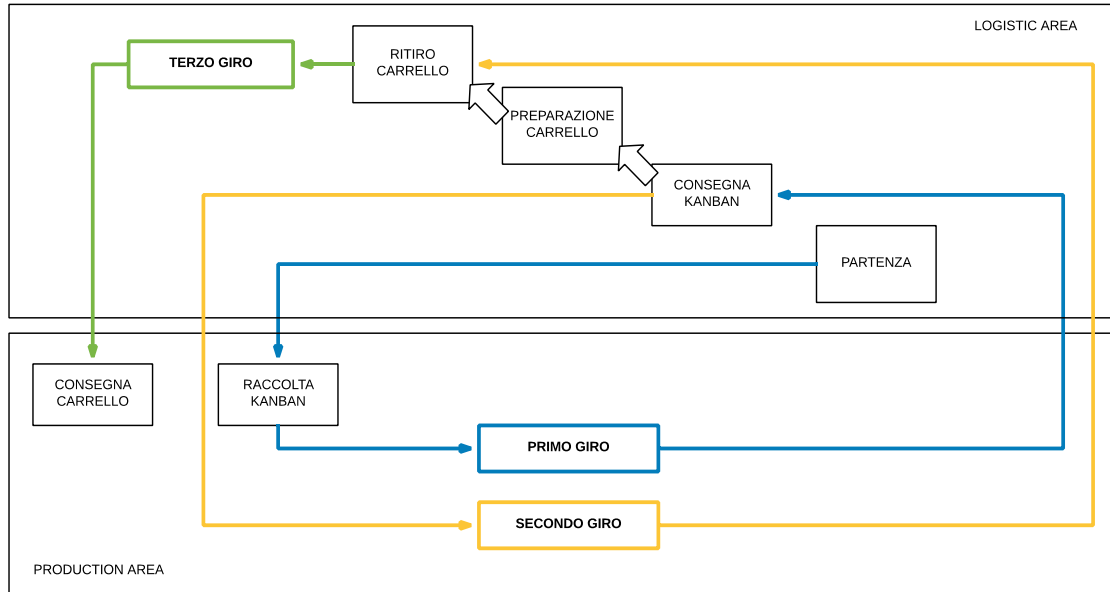


Figura 4.17: flusso informativo A-parts di tipo A prima

Il tempo intercorso tra la chiamata della linea e la consegna è pari a:

$$T_{attesa} = T_{fine\ giro\ n-1} + T_{giro\ n} + T_{giro\ n+1} + T_{inizio\ giro\ n+2}$$

dove:

$T_{fine\ giro\ n-1}$ è il tempo tra la chiamata del Kanban e la fine del giro in cui il Milkrun non ha raccolto il Kanban, perché aveva già oltrepassato l'area di Input.

$T_{giro\ n}$ è il tempo del giro in cui viene raccolto il Kanban. Al termine di questo giro avviene la consegna alla logistica.

$T_{giro\ n+1}$ è il tempo del giro in cui viene preparato il Kanban dalla logistica.

$T_{inizio\ giro\ n+2}$ è il tempo che impiega il Milkrun a giungere all'Input area della linea.

Mentre $T_{giro\ n}$ e $T_{giro\ n+1}$ si possono assumere pari a 10 minuti, $T_{fine\ giro\ n-1}$ e $T_{inizio\ giro\ n+2}$ hanno un tempo che può variare a seconda del momento in cui viene fatta la chiamata del Kanban in relazione alla posizione del Milkrun in quel momento.

L'attuale sistema di approvvigionamento delle A-parts e il relativo flusso a Kanban hanno principalmente due punti deboli:

- Rischio elevato di rottura della catena di approvvigionamento e interruzione del processo di assemblaggio: nel caso in cui $T_{attesa} > 25\ minuti$ la linea di assemblaggio si ferma per mancanza della A-parts che è il punto di partenza del processo.
- L'attuale flusso di informazioni impone un vincolo all'area logistica nel tempo di preparazione dell'A-part: essa deve essere disponibile entro 10 minuti dalla ricezione del Kanban.

Ci si trova nella situazione in cui il lavoro di due dipartimenti presenta delle criticità e la loro forte interconnessione aumenta l'impatto negativo del fallimento di ciascuno nel completare i suoi compiti all'interno dei tempi previsti.

Per evitare il fermo della linea di assemblaggio, si sono affermate nel tempo una serie di pratiche condivise ma non codificate tra il dipartimento di logistica e quello di produzione basate sulla comunicazione tra le persone. Tuttavia, il grande limite di questo sistema è rappresentato dall'ambiguità e dalla continua contrattazione che richiede. Coordinare il lavoro di tante persone che hanno compiti e priorità differenti crea conflittualità e il sistema non è sufficientemente robusto, generando incertezza e non garantendo la continuità del flusso di approvvigionamento.

Per ovviare al problema si è deciso di standardizzare il flusso di informazioni, di definire un nuovo standard che sia robusto e sostenibile e permetta ai due reparti di operare in piena sincronia. La soluzione proposta consiste nell'istituzione di una seconda tipologia di Kanban per le A-parts di tipo A e nella creazione di un buffer in area Housing. La natura stessa del Kanban permette di attaccare sia l'ambiguità delle comunicazioni che la continua contrattazione data dal gran numero di persone che si alternano nello svolgimento dei ruoli.

Le due tipologie di Kanban diventano:

- Kanban preparazione: il Milkrun lo ritira dalla Levelling Board non appena consegna una A-parts e lo consegna in area Housing per la preparazione. Questo Kanban “avvisa” gli operatori dell’area Housing sul prossimo codice di A-parts da prelevare e preparare ben prima che sia richiesto dalla produzione. Di contro, è necessario prevedere l’istituzione di un buffer in area Housing per parcheggiare la A-parts nel tempo antecedente la richiesta della produzione.
- Kanban Prelievo: in seguito all’avanzamento della linea di assemblaggio, viene rilasciato un Kanban di prelievo. Questo Kanban indica al Milkrun di ritirare l’A-part pronta nel buffer dell’area Housing e di consegnarla a inizio linea. La consegna innesca il ritiro di un nuovo Kanban preparazione.

In questo modo il vantaggio è triplice: le procedure sono standard, esplicite e condivise e se da una parte si rende più flessibile la gestione dei tempi degli addetti dell’area Logistica, dall’altra si riduce considerevolmente il T_{attesa} che diminuisce di 10 minuti, il valore del $T_{giro\ n+1}$. In questo modo, il rischio di non avere la consegna dell’A-parts in tempo utile è completamente azzerato e si annulla l’incertezza presente nella precedente organizzazione del lavoro.

Il tempo intercorso tra la chiamata della linea e la consegna diventa pari a:

$$T_{attesa} = T_{fine\ giro\ n-1} + T_{giro\ n} + T_{giro\ n+1} + T_{inizio\ giro\ n+2}$$

e la probabilità che $T_{attesa} > 25\ minuti$ è quasi azzerata.

Se da un lato si azzerava il rischio di un fallimento nella consegna della A-part alla linea di assemblaggio, ci sono ripercussioni positive anche sull’area Housing.

Infatti, il $T_{preparazione}$ passa da $T_{giro\ n+1} = 10\ minuti$ al tempo che intercorre tra la consegna del Kanban preparazione all’area Housing e il prelievo dell’A-part corrispondente a quel Kanban. Questo tempo corrisponde a circa 25 minuti, un tempo notevolmente superiore ai 10 minuti del precedente flusso. La maggior disponibilità di tempo per la preparazione della A-part da parte dell’area Housing incrementa la

flessibilità del sistema e permette a quest'ultima di gestire il carico di lavoro, ottimizzando e prioritizzando le attività in maniera efficiente grazie al maggior numero di informazioni. In questo modo, oltre a stabilizzare il flusso delle A-parts si è incrementata l'affidabilità generale del sistema, riducendo i picchi di lavoro dell'area Housing e, di conseguenza, il rischio di avere delle rotture di stock anche sulle altre tipologie di A-parts.

In **Figura 4.18** viene raffigurata la situazione risultante dalle modifiche effettuate al flusso con l'istituzione della nuova tipologia di Kanban.

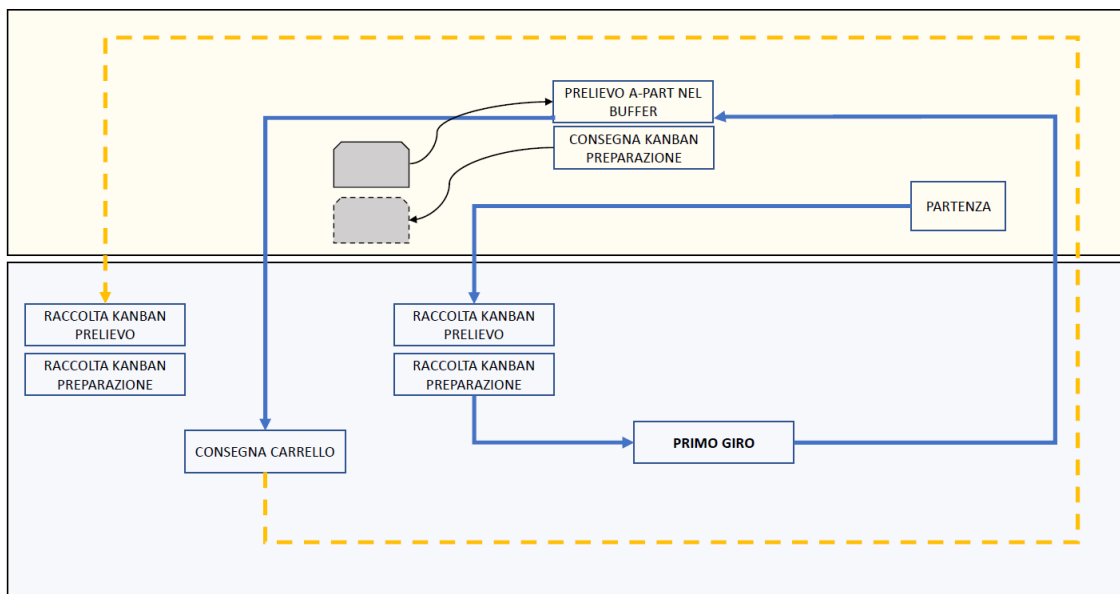


Figura 4.18: flusso informativo A-parts di tipo A dopo

4.6.1.2 *A-parts di tipo B*

Le A-parts di tipo B sono semplici pallet da disporre su un carrello. Le macchine per la ricarica dell'area condizionata (ACS) vengono completamente assemblate in linea, sono relativamente leggere e non richiedono un telaio pesante in ghisa. La preparazione per questa tipologia di prodotto consiste nel semplice posizionamento di un pallet sul carrello dedicato. Si tratta di un'attività di breve durata ed è possibile mantenere un gran numero di pallet all'interno dell'area Housing impilati tra loro e gestirli con una logica di replenishment guidato da Kanban. Il numero dei codici di questo tipo è molto limitato a causa dell'elevata standardizzazione del prodotto ed è possibile prevedere un buffer per una gestione più efficiente del tempo in area.

La criticità nell'approvvigionamento della linea di assemblaggio proviene dal Takt-Time breve del ciclo di lavorazione del prodotto che è pari a 10 minuti, come il tempo di ciclo standard del Milkrun. Il vincolo di capacità dell'area Housing è pienamente rispettato e gli operatori della Logistica riescono a preparare la A-part all'interno del tempo di ciclo del Milkrun.

Considerato che:

- la preparazione dell'A-parts di tipo B è un'attività dalla durata ridotta;
- il numero di codici di A-parts è estremamente ridotto e la durata delle operazioni preparatorie è comparabile;
- il rischio è legato al Takt-Time della tipologia di prodotto di tipo B, mentre l'attività non presenta criticità per gli operatori dell'area Housing;

si è deciso di aumentare la capacità del buffer di inizio linea da 1 a 2 unità di A-parts di tipo B, andando a rimuovere il buffer presente in area Housing. Da un'analisi dei tempi è emerso che gli operatori dell'area Housing riescono sempre a preparare la A-part dei prodotti di tipo B entro il tempo di ciclo del Milkrun e non vi è necessità di un buffer in questa posizione. Al contrario, il Takt-Time della linea di prodotti di tipo B è molto breve ed è necessario garantire un margine di protezione dal fermo della linea.

Questa riorganizzazione delle aree porta come beneficio principale quello di avere un utilizzo efficiente degli spazi e garantire la flessibilità unicamente dove è necessaria, riducendo uno dei Muda di un sistema di produzione snello, ovvero le scorte interoperazionali non necessarie.

4.6.1.3 *A-parts di tipo C*

I prodotti di tipo C sono caratterizzati da A-part in ghisa di grandi dimensioni. I pezzi vengono prelevati dall'area esterna (un piazzale in cui vengono scaricati direttamente dagli autocarri) e le operazioni preparatorie sono di breve durata. La variabilità dei codici è limitata e non influisce sul tempo di preparazione delle A-parts che è pressoché costante. La criticità per la fornitura di questo codice proviene esclusivamente dal fatto che il telaio dell'A-parts deve essere prelevato da un'area esterna tramite carrello elevatore, una risorsa limitata.

Non ci sono criticità per la consegna di questa A-parts derivanti dal Milkrun: il tempo di ciclo del Milkrun è ben al di sotto del Takt-Time della linea ed è sufficiente a garantire la preparazione dell'A-parts da parte della logistica. Per questa ragione, la A-part di tipo C viene sempre consegnata in linea di assemblaggio il giro successivo alla consegna del Kanban e questo avviene all'interno del Takt-Time della linea.

$$T_{preparazione\ A-part} < T_{c\ Milkrun} < Takt - time_{Prodotto\ di\ tipo\ C}$$

L'unico miglioramento proposto è relativo all'attività di prelievo dei telai dal piazzale esterno: le A-parts vengono scaricate dall'autocarro a coppie, impilate una sopra l'altra. Si è proposto di movimentarne due per volta, lasciando agli operatori dell'area Housing l'attività di separarli, utilizzando un sollevatore già presente. In questo modo, l'attività di movimentazione delle A-part di tipo C a cura del carrello elevatore non è più critica, in quanto ne movimenta il doppio nella stessa unità di tempo. Gli operatori dell'area Housing possono svolgere questa attività sfruttando il tempo disponibile dalla precedente riallocazione delle attività. Il Takt-Time dei prodotti di tipo C è 18 minuti e permette agli operatori della Logistica di effettuare la preparazione dell'A-part di tipo C in un tempo pari a quasi due cicli del Milkrun.

4.6.2 Nuovo disegno dell'area Housing

Le modifiche proposte al flusso di informazioni e materiali relativo alle A-parts ha reso necessario un redesign dell'area Housing che potesse agevolare le attività di carico e scarico dei carrelli, nonché delle lavorazioni svolte dagli operatori dell'area. L'attività è stata condotta in collaborazione con il dipartimento di Logistica, per ottenere un risultato che fosse sostenibile in quanto considerato soddisfacente dalle persone che lavorano in quell'area. L'ascolto e il confronto con le persone coinvolte dal redesign dell'area hanno permesso di approvare una soluzione che fosse approvata al primo colpo, senza rendere necessarie modifiche successive e ulteriori incontri di discussione.

Le modifiche principali che hanno guidato il design della nuova soluzione sono state:

- la presenza di un banco di lavoro dove preparare i kit di assemblaggio da installare sulle A-parts, in base ai Kanban ricevuti;
- l'eliminazione del buffer per le A-parts di tipo B;
- il posizionamento delle A-parts di tipo C provenienti dall'area esterna ancora impilate a coppie al di sotto del sollevatore per il sollevamento e il posizionamento su carrello.

In **Figura 4.19** è mostrato il risultato dell'attività di redesign dei flussi e dell'area di preparazione delle A-parts.

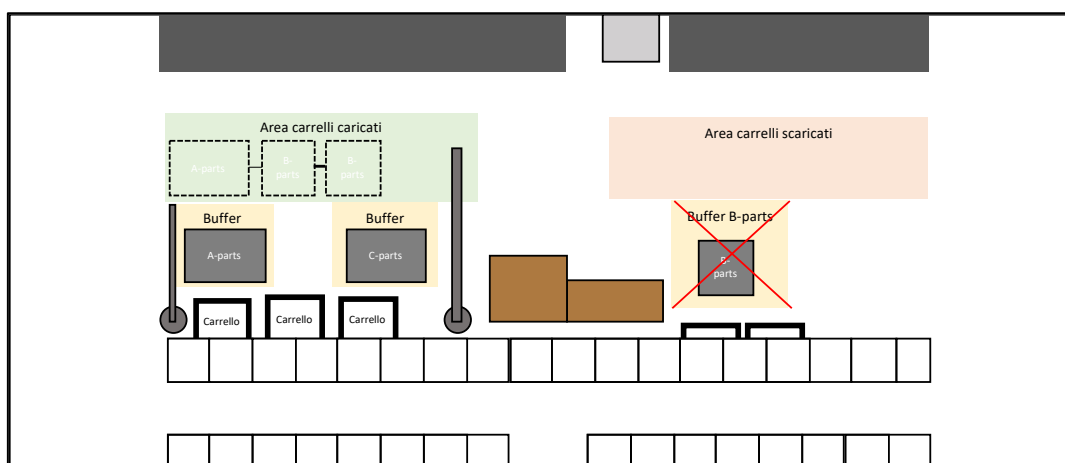


Figura 4.19: nuovo design dell'area Housing

4.7 Il nuovo tempo di ciclo del Milkrun

Una volta raggiunta la situazione progettata e definita a priori nello stato TO-BE del progetto, rimane solo da misurarne gli effetti nell'operatività del Milkrun. All'interno del ciclo di Deming (PDCA) questa è la fase in cui viene effettuato il Check, il test della nuova configurazione del processo.

Sulla base dei punti critici emersi durante l'analisi dello stato del processo del Milkrun prima del progetto di miglioramento si sono svolte due attività parallele atte a determinare se lo stesso abbia portato i miglioramenti attesi. Una di queste due attività si è concentrata sul calcolo del nuovo indice di carico di Milkrun e sulla percentuale di giri che vengono completati entro il tempo ottimale, definito come il Takt-Time della linea più veloce (10 minuti). Per lo scopo, è stato preparato un modulo di rilevazione tempi ed è stato chiesto all'operatore del Milkrun di cronometrare i propri tempi per una settimana lavorativa.

Nella **Tabella 4-9** sono illustrati i risultati delle misurazioni, in forma aggregata, di 294 giri misurati¹³:

Tabella 4-9: tempi giro del Milkrun aggregati

Periodo di rilevazione	# giri	Tempo totale (mm:ss)	Tempo totale (hh:mm:ss)	Media di Tempo giro (hh:mm:ss)
Giorno 1	54	473:53	07:53:53	00:08:47
Giorno 2	46	410:28	06:50:28	00:08:55
Giorno 3	48	441:18	07:21:18	00:09:12
Giorno 4	50	439:21	07:19:21	00:08:47
Giorno 5	49	426:45	07:06:45	00:08:43
Giorno 6	47	420:04	07:00:04	00:08:56
Grand Total	294	2611:49	19:31:49	00:08:53

Il tempo totale impiegato dal Milkrun per svolgere le sue attività è risultato inferiore a 480 minuti per tutte le giornate di misurazione. Questo significa che l'indice di carico del Milkrun è sostenibile e si attesta al di sotto del 100%: l'obiettivo del progetto di ribilanciare il carico di lavoro del Milkrun e azzerare il rischio di saturazione del tempo disponibile è stato raggiunto.

¹³ Vd. Appendice C

Il valore dell'indice di carico del Milkrun è stato calcolato per i giorni sottoposti a misurazione dei tempi e i dati sono riassunti nella **Tabella 4-10**:

Tabella 4-10: tempi giro del Milkrun aggregati e indice di carico giornaliero

Periodo di rilevazione	# giri	Tempo disponibile (mm:ss)	Tempo totale (mm:ss)	Average of Indice di Carico (%)
Giorno 1	54	480:00	473:53	98.73%
Giorno 2	46	480:00	410:28	85.51%
Giorno 3	48	480:00	441:18	91.94%
Giorno 4	50	480:00	439:21	91.53%
Giorno 5	49	480:00	426:45	88.91%
Giorno 6	47	480:00	420:04	87.51%
Grand Total	294	2880:00	2611:49	90.69%

Il valore medio dell'Indice di carico è stato calcolato con la seguente formula:

$$\text{Indice di carico Milkrun (\%)} = \frac{\sum \text{Tempo totale}}{\sum \text{Tempo disponibile}} = \frac{2611:49}{2880:00} = 90.69\%$$

Nello studio della situazione attuale, si era ipotizzato di riportare l'Indice di carico al di sotto della soglia del 95% per permettere al Milkrun di completare tutte le attività assegnate. Al termine dell'implementazione, questo obiettivo è stato raggiunto ampiamente.

Il secondo obiettivo era quello di dare al processo una regolarità in termini di tempo giro. I tempi del giro sono stati raccolti in un tabella¹⁴ e mostrati nel grafico in **Figura 4.20**.

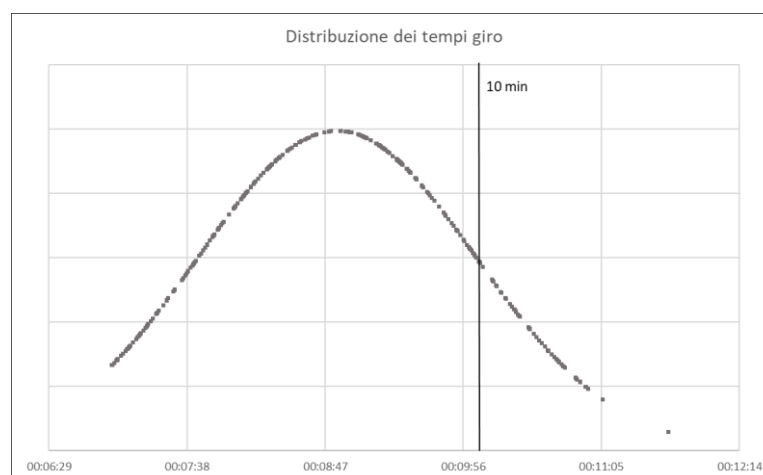


Figura 4.20: distribuzione dei tempi del giro

¹⁴ Vd Appendice B

Sebbene la media dei tempi del giro sia al di sotto dei 9 minuti, sono stati misurati diversi giri con un tempo superiore ai 10 minuti. Per comprendere correttamente il fenomeno è necessario analizzare i dati: per sua natura il tempo di giro del Milkrun è variabile, tuttavia se i tempi di giro superiori ai 10 minuti fossero concentrati in un orizzonte limitato, potremmo essere di fronte a una situazione anomala che il nuovo processo non riesce a gestire.

La variabilità del tempo giro può rappresentare un rischio per la sostenibilità del processo. Per questa ragione è necessario analizzare anche la quantità e la distribuzione dei giri del Milkrun superiori ai 10 minuti, per capire la loro distribuzione.

$$Giri > 10 \text{ min (\%)} = \frac{\# \text{ giri } (T > 10 \text{ min})}{\# \text{ giri totali}}$$

I dati sono mostrati nella **Tabella 4-11**, che mostra la percentuale di giri sul totale giornaliero che hanno un tempo superiore ai 10 minuti.

Tabella 4-11: tempi di giro del Milkrun superiori a 10 minuti

Periodo di rilevazione	Tempo giro	Giro > 10 min	% Giro > 10 min
Giorno 1	54	6	11%
Giorno 2	46	11	24%
Giorno 3	48	18	38%
Giorno 4	50	8	16%
Giorno 5	49	8	16%
Giorno 6	47	10	21%
Grand Total	294	61	21%

Il numero di giri al di sopra dei 10 minuti corrisponde al 21% del totale. Per capire l'impatto della variabilità sul processo è necessario analizzare i tempi raccolti e fare un passaggio ulteriore. È possibile ipotizzare che un giro di durata superiore ai 10 minuti contenga un numero maggiore di attività al suo interno: se così fosse, i giri successivi al giro con un tempo maggiore di 10 minuti sarebbero necessariamente di durata più breve. Se questa ipotesi fosse verificata, il buffer di due unità presente all'inizio della linea dei prodotti di tipo B sarebbe sufficiente a compensare la variabilità.

Per verificare questa ipotesi si è proceduto all'analisi dei dati: come mostrato in **Tabella 4-12** l'ipotesi è verificata. Un giro con un tempo superiore ai 10 minuti è seguito da un giro con un ridotto contenuto di attività e un tempo inferiore ai 10 minuti.

Tabella 4-12: tempi di giro del Milkrun superiori a 10 minuti consecutivi

Periodo di rilevazione	Tempo giro	Giro > 10 min	% Giro > 10 min	Due giri consecutivi > 10 min	% Due giri consecutivi > 10 min
Giorno 1	54	6	11%	1	2%
Giorno 2	46	11	24%	1	2%
Giorno 3	48	18	38%	4	8%
Giorno 4	50	8	16%	1	2%
Giorno 5	49	8	16%	2	4%
Giorno 6	47	10	21%	1	2%
Grand Total	294	61	21%	10	3%

Il numero di giri consecutivi con un tempo superiore ai 10 minuti è trascurabile e, in definitiva, non ha un impatto significativo sulle attività di assemblaggio e Logistica connesse al Milkrun.

Dalle misurazioni svolte, è possibile affermare che il nuovo processo rientra nei parametri definiti all'inizio del progetto ed è ora sostenibile. Le attività vengono completate nei tempi previsti e la possibilità di fallimento è molto bassa.

4.7.1 Il coinvolgimento della popolazione organizzativa

Il cambiamento organizzativo non può mai prescindere dalle persone che la popolano e che la rendono un organismo vivo. Il nuovo processo del Milkrun è stato strutturato tramite una collaborazione tra i dipartimenti coinvolti: Produzione, Logistica e HSE. Questi tre dipartimenti ne hanno gettato le fondamenta ascoltando in ogni fase le persone che sono toccate direttamente dal processo, che hanno dato spunti e suggerimenti, hanno aiutato la comprensione delle dinamiche di produzione e hanno fatto emergere criticità che non erano note. All'interno della filosofia giapponese del Toyota Production System è data grande importanza alla condivisione della conoscenza e al coinvolgimento delle persone. Per questa ragione, l'ultima attività del progetto è la raccolta dei feedback da parte delle persone coinvolte.

Dopo aver illustrato la nuova organizzazione delle attività e averne riassunto le motivazioni e le attese, si sono misurati i tempi della nuova configurazione per una settimana (durante la quale sono anche state svolte le misurazioni per l'analisi quantitativa sopra descritta).

Infine, è stato preparato un questionario (**Figura 4.21**) in cui è stato chiesto ai lavoratori a contatto con il processo del Milkrun come si trovassero nella nuova situazione operativa.

Questionario di valutazione del nuovo flusso del Milkrun	No	In parte	Si
1. I ruoli e le responsabilità sono chiari e non ci sono ambiguità su chi debba svolgere un determinato compito.			
2. La fiducia nel fatto che un collega riesca a svolgere la sua mansione è aumentata.			
3. Le interconnessioni tra le attività sono più visibili e il lavoro di squadra è migliorato.			
4. La visibilità dei flussi è stata migliorata e il processo del Milkrun sembra sotto controllo.			

Figura 4.21: questionario di valutazione del nuovo processo

In particolare, le domande erano volte a verificare che:

- la definizione e l'assegnazione delle attività sia ora chiara e univoca, la persona intervistata sa cosa deve fare e sa a chi è assegnato un compito specifico;
- il flusso di comunicazione è chiaro e la persona intervistata sa chi deve fornirgli le informazioni per svolgere la propria mansione e sa a chi deve fornire informazioni, tramite quali flussi.

Dalle risposte ai questionari è stato possibile verificare che la situazione è chiara e le persone sono molto consapevoli del flusso di attività e dei suoi attori.

Il nuovo processo del Milkrun soddisfa in pieno i requisiti individuati in fase di studio e progettazione, è stabile e viene percepito positivamente dalle persone impattate.

5. CONCLUSIONI

Il progetto appena completato è stato un successo che ha contribuito ad avvicinare l'azienda agli obiettivi definiti nel Value Stream Design. Il processo è ora più snello e più efficace. Le perdite di efficienza, i Muda, sono stati ridotti. Durante questo percorso il gruppo di lavoro è stato guidato dall'approccio Toyota alla risoluzione dei problemi.

L'analisi della situazione attuale è stata svolta in due fasi: a un Gemba in produzione fatto di osservazione e misurazione della situazione attuale è seguita l'analisi dei dati raccolti. Questo ha permesso di capire il processo e scorgere i punti di difficoltà nel coordinamento e nella collaborazione tra persone che lavorano sul campo, prima ancora di analizzare i dati e strutturare i KPI che avrebbero guidato il redesign del flusso. I dati sono importantissimi per prendere le decisioni, ma in produzione è fondamentale comunicare con le persone: non è possibile innovare un processo senza includere tutte le entità dell'organizzazione e non è possibile conoscere a fondo un processo senza ascoltare le persone che lo vivono ogni giorno.

Durante lo svolgimento del progetto, si è dedicato gran parte del tempo alla progettazione del flusso, con il coinvolgimento continuo non solo delle persone direttamente interessate dalle attività, ma anche di tutti gli attori che vengono a contatto con il processo. La progettazione è stata lenta e condivisa, in pieno spirito Toyota, per ottenere un risultato solido e coerente. Per questa ragione, l'implementazione è stata diretta e non ha richiesto grandi rimaneggiamenti.

Molta attenzione è stata posta anche sulla sostenibilità del nuovo processo e sulla sua accettazione da parte delle persone dell'organizzazione. Un processo è veramente efficace quando le persone non si limitano a eseguire delle istruzioni operative, ma si sentono parte di un'organizzazione più grande e complessa. Un processo come il Milkrun è vivo ed è il risultato della collaborazione di persone che credono in quello che fanno. Questo ha grandi ripercussioni anche sulla sicurezza e sulla qualità del processo produttivo, per non parlare del benessere delle persone. La definizione di un nuovo flusso è stata una sfida, in un ambiente in cui è l'aggiustamento reciproco a regolare i rapporti tra le persone, ma i punti fermi che sono stati definiti hanno reso solido e sostenibile tutto il processo: le persone abbracciano il nuovo modello, lo fanno loro e lo diffondono e lo

rafforzano. Anche di fronte al turnover e al ricambio dei lavoratori, il modello funzionerà e verrà riapplicato con efficacia. Il fine del Kata è proprio questo: le persone plasmano l'azienda e ne rafforzano il DNA, l'azienda diventa un terreno fertile per crescere e imparare, fornendo gli strumenti alle persone per esprimere il loro massimo potenziale.

Bibliografia

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Rother, M. (2010). *Toyota Kata*. McGraw-Hill.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. FREE PRESS.

Appendice A

Tabella di osservazione dei tempi					
Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
# Giro	Tempo giro	# Giro	Tempo giro	# Giro	Tempo giro
1	00:14:32	1	00:09:41	1	00:14:07
2	00:13:15	2	00:13:33	2	00:11:29
3	00:11:25	3	00:12:57	3	00:12:49
4	00:12:01	4	00:10:19	4	00:11:18
5	00:11:14	5	00:13:15	5	00:11:43
6	00:10:51	6	00:11:47	6	00:12:43
7	00:13:02	7	00:10:55	7	00:12:45
8	00:14:48	8	00:11:52	8	00:12:06
9	00:09:45	9	00:13:43	9	00:12:03
10	00:10:59	10	00:12:47	10	00:11:54
11	00:12:30	11	00:12:28	11	00:12:44
12	00:12:41	12	00:11:24	12	00:13:12
13	00:12:22	13	00:11:07	13	00:11:20
14	00:11:05	14	00:11:41	14	00:11:45
15	00:12:13	15	00:13:41	15	00:12:34
16	00:11:53	16	00:12:00	16	00:12:34
17	00:12:46	17	00:11:01	17	00:11:46
18	00:12:21	18	00:11:57	18	00:11:59
19	00:12:06	19	00:14:14	19	00:12:02
20	00:10:36	20	00:12:48	20	00:11:56
21	00:12:28	21	00:09:52	21	00:11:12
22	00:12:23	22	00:11:22	22	00:12:11
23	00:11:48	23	00:13:41	23	00:12:35
24	00:10:42	24	00:12:36	24	00:12:41
25	00:11:52	25	00:12:07	25	00:12:31
26	00:12:35	26	00:11:38	26	00:13:33
27	00:11:40	27	00:10:54	27	00:11:10
28	00:11:29	28	00:11:51	28	00:13:10
29	00:10:36	29	00:10:55	29	00:12:45
30	00:13:03	30	00:13:37	30	00:11:27
31	00:11:27	31	00:10:51	31	00:12:25
32	00:12:46	32	00:11:10	32	00:11:50
33	00:10:40	33	00:14:23	33	00:12:29
34	00:13:48	34	00:10:38		
35	00:11:48	35	00:12:36		
36	00:10:36	36	00:11:24		
37	00:12:07	37	00:10:52		
38	00:13:44	38	00:12:06		
		39	00:12:40		

Appendice B

Rilascio Carrello Tipo A	Rilascio Carrello Tipo B	Rilascio Carrello Tipo C	Aggancio prodotto finito Tipo A	Aggancio prodotto finito Tipo B	Aggancio prodotto finito Tipo C
00:00:21	00:00:33	00:00:25	00:00:25	00:00:18	00:00:40
00:00:18	00:00:27	00:00:22	00:00:28	00:00:15	00:00:38
00:00:22	00:00:33	00:00:29	00:00:24	00:00:20	00:00:37
00:00:20	00:00:31	00:00:28	00:00:26	00:00:19	00:00:39
00:00:25	00:00:34	00:00:27	00:00:23	00:00:16	00:00:41
00:00:23	00:00:29	00:00:24	00:00:27	00:00:17	00:00:39
00:00:19	00:00:32	00:00:23	00:00:25	00:00:19	00:00:40
00:00:26	00:00:28	00:00:26	00:00:26	00:00:20	00:00:41
00:00:20	00:00:33	00:00:24	00:00:24	00:00:18	00:00:38
00:00:23	00:00:29	00:00:28	00:00:27	00:00:16	00:00:37
00:00:22	00:00:31	00:00:25	00:00:25	00:00:19	00:00:40
00:00:18	00:00:30	00:00:22	00:00:28	00:00:15	00:00:41
00:00:24	00:00:27	00:00:26	00:00:23	00:00:17	00:00:39
00:00:21	00:00:36	00:00:29	00:00:26	00:00:20	00:00:38
00:00:25	00:00:32	00:00:27	00:00:24	00:00:19	00:00:40
00:00:19	00:00:34	00:00:23	00:00:27	00:00:18	00:00:39
00:00:23	00:00:28	00:00:24	00:00:25	00:00:16	00:00:41
00:00:20	00:00:29	00:00:26	00:00:28	00:00:17	00:00:38
00:00:22	00:00:30	00:00:28	00:00:23	00:00:20	00:00:40
00:00:24	00:00:31	00:00:25	00:00:26	00:00:19	00:00:39
00:00:21	00:00:28	00:00:22	00:00:24	00:00:15	00:00:41
00:00:18	00:00:28	00:00:29	00:00:27	00:00:18	00:00:38
00:00:25	00:00:32	00:00:26	00:00:25	00:00:17	00:00:40
00:00:19	00:00:33	00:00:23	00:00:28	00:00:20	00:00:39
00:00:19	00:00:30	00:00:24	00:00:23	00:00:19	00:00:41
00:00:18	00:00:29	00:00:27	00:00:26	00:00:16	00:00:38
00:00:17	00:00:31	00:00:25	00:00:24	00:00:18	00:00:40
00:00:19	00:00:28	00:00:22	00:00:27	00:00:15	00:00:39
			00:00:25	00:00:20	00:00:45

Riordino carrelli Tipo A	Riordino carrelli Tipo B	Riordino carrelli Tipo C	Preparazione A-Parts di Tipo A	Preparazione A-Parts di Tipo B	Preparazione A-Parts di Tipo C
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:34	00:00:20	00:00:18
00:00:12	00:00:08	00:00:07	00:00:39	00:00:24	00:00:22
00:00:18	00:00:14	00:00:13	00:00:37	00:00:18	00:00:14
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:28	00:00:22	00:00:20
00:00:16	00:00:12	00:00:08	00:00:35	00:00:20	00:00:18
00:00:14	00:00:08	00:00:10	00:00:45	00:00:24	00:00:22
00:00:17	00:00:14	00:00:13	00:00:30	00:00:18	00:00:14
00:00:15	00:00:11	00:00:09	00:00:37	00:00:22	00:00:20
00:00:13	00:00:09	00:00:12	00:00:42	00:00:20	00:00:18
00:00:16	00:00:12	00:00:08	00:00:40	00:00:24	00:00:22
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:43	00:00:18	00:00:14
00:00:12	00:00:08	00:00:09	00:00:32	00:00:22	00:00:20
00:00:18	00:00:14	00:00:13	00:00:41	00:00:20	00:00:18
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:31	00:00:24	00:00:22
00:00:16	00:00:12	00:00:08	00:00:38	00:00:18	00:00:14
00:00:14	00:00:08	00:00:10	00:00:36	00:00:22	00:00:20
00:00:17	00:00:14	00:00:13	00:00:35	00:00:20	00:00:18
00:00:15	00:00:11	00:00:09	00:00:46	00:00:24	00:00:22
00:00:13	00:00:09	00:00:12	00:00:39	00:00:18	00:00:14
00:00:16	00:00:12	00:00:08	00:00:29	00:00:22	00:00:20
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:35	00:00:20	00:00:18
00:00:12	00:00:08	00:00:09	00:00:47	00:00:24	00:00:22
00:00:18	00:00:14	00:00:13	00:00:45	00:00:18	00:00:14
00:00:15	00:00:11	00:00:10	00:00:32	00:00:22	00:00:20
00:00:16	00:00:12	00:00:08	00:00:38	00:00:20	00:00:18
00:00:14	00:00:08	00:00:10	00:00:42	00:00:24	00:00:22
00:00:17	00:00:14	00:00:13	00:00:40	00:00:18	00:00:16
00:00:15	00:00:11	00:00:09	00:00:38		
00:00:13					

Raccolta Kanban e consegna Shopping List	Versamento prodotti finiti	Digitalizzazio ne documenti	Aggancio Carrelli
00:00:18	00:00:33	00:00:21	00:00:27
00:00:14	00:00:35	00:00:23	00:00:29
00:00:16	00:00:41	00:00:21	00:00:33
00:00:19	00:00:37	00:00:25	00:00:25
00:00:18	00:00:34	00:00:22	00:00:31
00:00:14	00:00:35	00:00:23	00:00:27
00:00:13	00:00:31	00:00:21	00:00:29
00:00:18	00:00:37	00:00:25	00:00:33
00:00:18	00:00:34	00:00:21	00:00:25
00:00:14	00:00:35	00:00:23	00:00:31
00:00:16	00:00:31	00:00:22	00:00:27
00:00:20	00:00:37	00:00:25	00:00:29
00:00:18	00:00:37	00:00:21	00:00:33
00:00:14	00:00:35	00:00:19	00:00:25
00:00:16	00:00:31	00:00:21	00:00:31
00:00:15	00:00:37	00:00:25	00:00:27
00:00:18	00:00:34	00:00:21	00:00:29
00:00:14	00:00:35	00:00:23	00:00:33
00:00:16	00:00:31	00:00:21	00:00:25
00:00:12	00:00:37	00:00:25	00:00:31
00:00:18	00:00:34	00:00:21	00:00:27
00:00:20	00:00:40	00:00:21	
00:00:16		00:00:25	
00:00:15		00:00:23	
00:00:17		00:00:25	
00:00:20			
00:00:18			

Appendice C

Tabella dei tempi di giro del Milkrun al termine del progetto					
Giorno di misurazione	Tempo giro	Giorno di misurazione	Tempo giro	Giorno di misurazione	Tempo giro
Giorno 1	00:08:19	Giorno 2	00:07:46	Giorno 3	00:10:23
Giorno 1	00:09:14	Giorno 2	00:07:54	Giorno 3	00:10:02
Giorno 1	00:07:15	Giorno 2	00:09:16	Giorno 3	00:10:29
Giorno 1	00:09:36	Giorno 2	00:10:00	Giorno 3	00:08:30
Giorno 1	00:08:28	Giorno 2	00:07:23	Giorno 3	00:10:04
Giorno 1	00:10:46	Giorno 2	00:09:39	Giorno 3	00:09:18
Giorno 1	00:09:33	Giorno 2	00:08:24	Giorno 3	00:08:32
Giorno 1	00:09:18	Giorno 2	00:10:01	Giorno 3	00:08:55
Giorno 1	00:07:03	Giorno 2	00:07:07	Giorno 3	00:09:29
Giorno 1	00:10:00	Giorno 2	00:07:00	Giorno 3	00:08:05
Giorno 1	00:08:38	Giorno 2	00:07:13	Giorno 3	00:07:14
Giorno 1	00:07:18	Giorno 2	00:09:36	Giorno 3	00:10:20
Giorno 1	00:07:52	Giorno 2	00:09:44	Giorno 3	00:07:06
Giorno 1	00:08:26	Giorno 2	00:09:50	Giorno 3	00:10:15
Giorno 1	00:09:29	Giorno 2	00:09:24	Giorno 3	00:08:08
Giorno 1	00:07:51	Giorno 2	00:10:21	Giorno 3	00:07:41
Giorno 1	00:09:07	Giorno 2	00:10:11	Giorno 3	00:10:55
Giorno 1	00:09:25	Giorno 2	00:10:52	Giorno 3	00:08:58
Giorno 1	00:08:15	Giorno 2	00:07:55	Giorno 3	00:10:42
Giorno 1	00:09:05	Giorno 2	00:07:36	Giorno 3	00:08:28
Giorno 1	00:10:43	Giorno 2	00:07:47	Giorno 3	00:10:04
Giorno 1	00:08:49	Giorno 2	00:09:49	Giorno 3	00:08:01
Giorno 1	00:09:42	Giorno 2	00:09:30	Giorno 3	00:07:15
Giorno 1	00:09:13	Giorno 2	00:09:04	Giorno 3	00:09:17
Giorno 1	00:08:57	Giorno 2	00:10:24	Giorno 3	00:07:42
Giorno 1	00:07:56	Giorno 2	00:08:28	Giorno 3	00:10:11
Giorno 1	00:09:38	Giorno 2	00:07:19	Giorno 3	00:10:13
Giorno 1	00:07:42	Giorno 2	00:08:12	Giorno 3	00:09:41
Giorno 1	00:10:34	Giorno 2	00:09:32	Giorno 3	00:08:47
Giorno 1	00:08:24	Giorno 2	00:07:01	Giorno 3	00:10:39
Giorno 1	00:08:19	Giorno 2	00:10:29	Giorno 3	00:09:39
Giorno 1	00:07:44	Giorno 2	00:07:14	Giorno 3	00:10:41
Giorno 1	00:08:42	Giorno 2	00:08:16	Giorno 3	00:07:32
Giorno 1	00:09:28	Giorno 2	00:10:55	Giorno 3	00:09:35
Giorno 1	00:07:03	Giorno 2	00:09:13	Giorno 3	00:07:26
Giorno 1	00:08:06	Giorno 2	00:09:24	Giorno 3	00:09:04
Giorno 1	00:08:07	Giorno 2	00:10:46	Giorno 3	00:09:24
Giorno 1	00:09:06	Giorno 2	00:08:10	Giorno 3	00:10:02
Giorno 1	00:08:19	Giorno 2	00:07:23	Giorno 3	00:09:04
Giorno 1	00:10:23	Giorno 2	00:07:29	Giorno 3	00:09:49
Giorno 1	00:09:15	Giorno 2	00:10:43	Giorno 3	00:10:24
Giorno 1	00:09:51	Giorno 2	00:08:59	Giorno 3	00:07:11
Giorno 1	00:10:47	Giorno 2	00:09:58	Giorno 3	00:10:13
Giorno 1	00:11:39	Giorno 2	00:09:25	Giorno 3	00:10:53
Giorno 1	00:07:18	Giorno 2	00:10:05	Giorno 3	00:07:14
Giorno 1	00:08:32	Giorno 2	00:07:41	Giorno 3	00:07:56
Giorno 1	00:07:03			Giorno 3	00:09:23
Giorno 1	00:07:54			Giorno 3	00:10:24
Giorno 1	00:07:08				
Giorno 1	00:07:08				
Giorno 1	00:09:57				
Giorno 1	00:08:11				
Giorno 1	00:07:24				
Giorno 1	00:09:53				

Tabella dei tempi di giro del Milkrun al termine del progetto					
Giorno di misurazione	Tempo giro	Giorno di misurazione	Tempo giro	Giorno di misurazione	Tempo giro
Giorno 4	00:07:11	Giorno 5	00:07:22	Giorno 6	00:08:35
Giorno 4	00:09:18	Giorno 5	00:09:23	Giorno 6	00:09:16
Giorno 4	00:09:53	Giorno 5	00:08:20	Giorno 6	00:10:18
Giorno 4	00:10:44	Giorno 5	00:09:10	Giorno 6	00:07:20
Giorno 4	00:11:06	Giorno 5	00:08:18	Giorno 6	00:07:28
Giorno 4	00:08:32	Giorno 5	00:08:34	Giorno 6	00:09:29
Giorno 4	00:09:21	Giorno 5	00:07:09	Giorno 6	00:08:29
Giorno 4	00:07:46	Giorno 5	00:09:14	Giorno 6	00:09:53
Giorno 4	00:07:31	Giorno 5	00:08:34	Giorno 6	00:09:00
Giorno 4	00:09:32	Giorno 5	00:08:43	Giorno 6	00:09:56
Giorno 4	00:10:44	Giorno 5	00:07:03	Giorno 6	00:07:21
Giorno 4	00:07:32	Giorno 5	00:08:05	Giorno 6	00:07:59
Giorno 4	00:09:26	Giorno 5	00:07:37	Giorno 6	00:09:59
Giorno 4	00:09:28	Giorno 5	00:09:23	Giorno 6	00:10:57
Giorno 4	00:08:02	Giorno 5	00:07:40	Giorno 6	00:08:55
Giorno 4	00:08:14	Giorno 5	00:09:24	Giorno 6	00:09:19
Giorno 4	00:07:18	Giorno 5	00:07:48	Giorno 6	00:08:02
Giorno 4	00:07:28	Giorno 5	00:09:47	Giorno 6	00:10:45
Giorno 4	00:08:12	Giorno 5	00:07:54	Giorno 6	00:07:45
Giorno 4	00:07:38	Giorno 5	00:10:33	Giorno 6	00:07:48
Giorno 4	00:08:18	Giorno 5	00:10:02	Giorno 6	00:07:09
Giorno 4	00:09:24	Giorno 5	00:07:09	Giorno 6	00:07:38
Giorno 4	00:07:17	Giorno 5	00:07:03	Giorno 6	00:08:19
Giorno 4	00:10:37	Giorno 5	00:08:37	Giorno 6	00:07:12
Giorno 4	00:09:17	Giorno 5	00:07:21	Giorno 6	00:09:16
Giorno 4	00:07:38	Giorno 5	00:09:46	Giorno 6	00:10:03
Giorno 4	00:08:23	Giorno 5	00:09:05	Giorno 6	00:08:58
Giorno 4	00:08:22	Giorno 5	00:07:35	Giorno 6	00:10:22
Giorno 4	00:08:22	Giorno 5	00:10:39	Giorno 6	00:08:19
Giorno 4	00:09:15	Giorno 5	00:10:39	Giorno 6	00:10:53
Giorno 4	00:08:03	Giorno 5	00:10:32	Giorno 6	00:10:22
Giorno 4	00:07:53	Giorno 5	00:10:35	Giorno 6	00:09:23
Giorno 4	00:10:59	Giorno 5	00:09:23	Giorno 6	00:09:07
Giorno 4	00:07:13	Giorno 5	00:08:39	Giorno 6	00:08:59
Giorno 4	00:08:12	Giorno 5	00:08:02	Giorno 6	00:10:06
Giorno 4	00:10:15	Giorno 5	00:09:53	Giorno 6	00:08:14
Giorno 4	00:09:30	Giorno 5	00:07:01	Giorno 6	00:09:07
Giorno 4	00:08:06	Giorno 5	00:08:06	Giorno 6	00:07:41
Giorno 4	00:10:30	Giorno 5	00:08:50	Giorno 6	00:07:49
Giorno 4	00:09:30	Giorno 5	00:09:55	Giorno 6	00:09:14
Giorno 4	00:08:08	Giorno 5	00:10:17	Giorno 6	00:08:43
Giorno 4	00:08:19	Giorno 5	00:08:41	Giorno 6	00:07:51
Giorno 4	00:07:51	Giorno 5	00:09:26	Giorno 6	00:10:29
Giorno 4	00:09:59	Giorno 5	00:07:05	Giorno 6	00:08:08
Giorno 4	00:09:25	Giorno 5	00:07:16	Giorno 6	00:10:11
Giorno 4	00:08:20	Giorno 5	00:09:08		
Giorno 4	00:10:24	Giorno 5	00:08:01		
Giorno 4	00:08:24	Giorno 5	00:07:00		
Giorno 4	00:09:14	Giorno 5	00:10:58		
Giorno 4	00:07:17				

Ringraziamenti

Giunto alla fine di questo lungo percorso, e nel mio caso non si tratta solamente di un modo di dire, vorrei ringraziare tutte quelle persone che mi hanno accompagnato fino a questo momento.

Per prima cosa vorrei ringraziare il mio relatore, che mi ha guidato fino a oggi.

Feliciano, Katharina, Marco e Valentina che sono stati, sono e saranno la mia famiglia, il primo riferimento nella vita, negli anni belli ma soprattutto in quelli difficili: non riesco a pensare ad un solo momento trascorso con loro che non mi faccia sorridere e mi faccia sentire amato.

Vorrei ringraziare tutte le persone che mi hanno accompagnato durante l'università, prima a Bologna e poi a Torino, ma in particolare Logan, Luca, Federico, Petra, Alberto, Michael, Matteo, Muharem, Jessica, Marco e Jacopo. Se il periodo universitario è stato un momento entusiasmante della mia vita è stato grazie alle esperienze e alle battaglie che abbiamo vissuto insieme.

Infine, vorrei ringraziare Bologna e Torino: mi hanno insegnato che l'amore e la lotta sono fondamentali per mettere le idee al servizio delle persone.

Grazie anche a tutte le persone che, in un modo o nell'altro, hanno fatto parte della mia vita e hanno lasciato un segno, vi porto con me.

