

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

La metodologia Lean e Agile nell'industria Aerospaziale: il caso UTC Aerospace System



Relatore

Prof.ssa Eleonora Atzeni

Candidato

Alessandro Di Tizio

Anno Accademico 2021/2022

Ringrazio i miei genitori e mio fratello, che mi hanno supportato in ogni momento del mio percorso e non hanno mai smesso di farmi sentire la loro fiducia e il loro appoggio, rappresentando sempre un sostegno nei momenti più difficili.

Ringrazio Giulia, compagna di vita che mi ha donato serenità e che ha reso questo cammino finale meno faticoso. Grazie per avermi sempre incoraggiato, supportato, ascoltato e aiutato; se sono arrivato fin qui è anche per merito tuo.

Ringrazio la mia relatrice prof.ssa Eleonora Atzeni, senza la cui preziosa guida questo lavoro non avrebbe visto la luce.

Sommario

La seguente tesi ha lo scopo di affrontare il tema della *Lean manufacturing* e le metodologie agili applicate all'industria aerospaziale. Si è notato infatti che, sebbene questo particolare approccio abbia visto la sua nascita nel settore automobilistico, nel corso degli anni è stato possibile estendere i suoi concetti a diversi ambiti con risultati molto positivi.

Con il seguente elaborato ci si presuppone quindi l'obiettivo di analizzare l'attività che ho svolto nel dipartimento di *Lean Transformation* del gruppo Collins Aerospace, una multinazionale americana che opera nell'ambito dell'industria aerospaziale e leader mondiale nel suo settore, con una particolare attenzione rivolta alle attività che vengono svolte in una delle sedi aziendali italiane situata nel cuore di Torino. Lo studio che ci si appresta ad affrontare è strutturato in un'ottica *lean*, con un'osservazione e partecipazione diretta nei progetti di *lean management* e di miglioramento continuo. In particolare l'obiettivo dei diversi progetti che sono stati affrontati avevano il fine ultimo di riprogettare il layout aziendale del floor secondo i criteri della lean production, suddividendo il lavoro in tre fasi: la prima dedicata all'identificazione della situazione iniziale e i relativi problemi presenti; nella seconda ci si è concentrati sull'analisi dei problemi riscontrati e delle relative soluzioni possibili; infine, con la terza, si è analizzato l'impatto che le diverse soluzioni potevano generare una volta implementate, non dimenticandosi di analizzarne gli eventuali limiti e i possibili sviluppi futuri.

Nel lavoro di tesi, oltre ad aver analizzato i diversi approcci che permettono di ridurre gli sprechi, è emerso anche un altro importante dettaglio, vale a dire che nel seguente settore il ruolo centrale si è modificato passando dalle persone, che comunque mantengono una certa rilevanza, alle macchine e ai processi. Ne deriva che le attività di miglioramento dovrebbero essere mirate a risolvere in primo luogo le inefficienze del processo, in modo da ottimizzarne le performance produttive; a questo scopo, è fondamentale quindi che gli operatori dello stabilimento siano a conoscenza dettagliatamente del proprio processo e dell'attrezzatura utilizzata, così che possano dare il loro contributo in prima persona al miglioramento e alle attività di manutenzione.

Indice

Sommario	3
Indice	4
1. Introduzione	5
2. Le metodologie <i>Lean e Agile</i>	6
2.1 Il Lean Management	6
2.2 Cenni storici del Lean Management	7
2.3 La Metodologia Agile	11
2.4 Cenni storici della filosofia Agile	12
2.5 Similitudini tra filosofia Lean e Agile	14
3. Caso studio	17
3.1 L'azienda	17
3.2 Il team di lavoro	21
3.3 Situazione iniziale	22
3.4 Definizione delle celle di produzione	25
3.5 Processo di implementazione	27
3.6 Vantaggi e svantaggi del layout a celle	28
4. Metodologia seguita	30
4.1 Gemba walk	30
4.2 Value Stream Mapping	31
4.3 PQ Analysis	35
4.4 Process Matrix and Part Family definition	35
4.5 Spaghetti Chart	37
4.6 Time Observation	39
4.7 Fase di Analisi	40
4.8 Fase di Design e Simulazione	44
4.9 Implementazione	46
4.10 Controllo	47
5. Risultati ottenuti	50
6. Conclusione	51
7. Bibliografia e Sitografia	52
7.1 Bibliografia:	52
7.2 Sitografia:	53

1. Introduzione

La seguente tesi riassume l'attività di tirocinio curriculare svolto nel dipartimento di *Lean Transformation* del gruppo Collins Aerospace, multinazionale americana che opera nell'ambito dell'industria aerospaziale e leader mondiale nel suo settore

Durante il periodo di tirocinio ho avuto modo di entrare in contatto con una realtà aziendale e con un ambiente lavorativo che mi hanno permesso di calarmi in un ambiente diverso da quello prettamente accademico in cui mi ero ritrovato fino a quel momento; più nel dettaglio ho avuto la possibilità di poter applicare a livello pratico e in uno scenario concreto nozioni studiate a livello teorico.

La tesi si suddivide in ulteriori 5 capitoli oltre a questo introduttivo: il secondo capitolo si occupa di delineare alcuni concetti teorici utili alla miglior comprensione dei temi svolti nei capitoli successivi, nel terzo vi è una breve descrizione della storia dell'azienda e del contesto in cui opera, del team di lavoro con cui ho avuto l'opportunità di collaborare e la situazione iniziale che ho trovato al mio arrivo in azienda; il quarto capitolo si occupa di esaminare la metodologia seguita da me e dal team di lavoro nell'affrontare il progetto dalla fase di pianificazione fino a quella di implementazione e controllo dei risultati; il quinto capitolo ha come obiettivo quello di analizzare i risultati ottenuti al termine del progetto, riassumendo i vantaggi e le implicazioni pratiche dell'attività sviluppata; infine l'ultimo capitolo trae le conclusioni personali dell'esperienza e dell'attività svolta durante il periodo di tirocinio.

2. Le metodologie *Lean* e *Agile*

2.1 Il Lean Management

Il contesto dei mercati attuali vede un mondo sempre più globalizzato, processo facilitato dalle nuove tecnologie disponibili e dai mezzi di comunicazione sempre più avanzati. Inoltre una domanda sempre più variabile dovuta ad esigenze e richieste sempre più specifiche e personalizzate dei clienti comporta difficoltà ulteriori per le aziende nel prevedere quanto verrà venduto. Questo ampliamento dei mercati su scala globale comporta di conseguenza una crescente pressione competitiva, dal momento che ogni azienda si trova ad interfacciarsi con un sempre maggiore numero di imprese e in contesti continuamente in espansione. Proprio la volontà di prevalere sui propri competitors ha portato le aziende a ricercare una nuova modalità di gestione interna, incentrando la propria attenzione su aspetti fino ad ora meno considerati.

Per tutti questi motivi il concetto di *Lean Transformation* si è sviluppato e ha avuto un ruolo sempre più centrale nelle organizzazioni, dove è necessario ottimizzare le attività con il fine di ridurre gli sprechi. Ciò nonostante, l'obiettivo ultimo deve essere quello di concentrarsi sempre sulla soddisfazione del cliente, per cui è importante valutare attentamente quali siano gli aspetti più rilevanti per esso. È indispensabile quindi individuare la fonte di creazione di valore, ovvero identificare quali siano le attività che generano un valore percepito anche dal cliente, in modo da poterle valorizzare a discapito di attività definite "non a valore aggiunto". Quanto appena citato è uno dei principi cardine su cui si fonda la filosofia *Lean* e, di conseguenza, il *Lean Management*; ovvero il coniugare la necessità di gestire al meglio le risorse aziendali lungo tutta la catena produttiva, riducendo al contempo gli sprechi insiti in essa, senza perdere di vista l'obiettivo finale di soddisfazione del cliente. Per fare ciò si cercano di ottimizzare i flussi all'interno dell'azienda, introducendo anche una più rapida capacità di adattamento della produzione ai sempre più rapidi cambiamenti del mercato. La sua applicazione non si limita alla mera riduzione dei costi di produzione, come nel passato, ma è insita nel miglioramento continuo (*Kaizen*), nel perfezionamento delle tecnologie utilizzate e l'eliminazione di tutto ciò che viene ritenuto superfluo.

2.2 Cenni storici del Lean Management

Per ripercorrere lo sviluppo della produzione snella, bisogna tornare all'inizio del 900 quando, in seguito alla seconda rivoluzione industriale, Henry Ford si apprestava a dare origine ad una nuova idea di produzione, la catena di montaggio. Quella che stava cominciando era un'era di produzione di massa, in cui l'offerta veniva anteposta alla domanda; ci si concentrava dunque più su quanto bisognasse produrre piuttosto che su quanto e su cosa il cliente volesse realmente acquistare, inducendolo a comprare ciò che il mercato offriva. In merito è celebre la frase riguardante il modello di automobile Ford T, riguardo al quale l'imprenditore americano affermò: *"Avranno l'auto che vorranno, del colore che vorranno, purché sia nera"* e proseguiva, parlando della mancanza di optional aggiuntivi: *"Tutto quello che non c'è non si rompe"* (Ford, 1922).

Tale approccio alla produzione non teneva assolutamente conto del lato umano dell'azienda, standardizzando qualsiasi attività e obbligando gli operai a svolgere azioni molto ripetitive e spesso alienanti. Inoltre, non si preoccupava assolutamente della qualità dei prodotti, del prezzo a cui venivano venduti e al servizio offerto al cliente.

Considerando poi l'interruzione quasi totale dello sviluppo dei mercati dovuto ai due conflitti mondiali, di fatto fino agli anni '60 le aziende di tutto il mondo hanno operato in un ambiente ben lontano da quello vorticoso dei tempi più moderni. Infatti in quell'epoca il consumatore medio ricercava semplicemente quei prodotti che ancora non possedeva e che poteva migliorargli o agevolargli le proprie attività quotidiane, e tutti coloro che lavorano nel settore del marketing avevano il semplice compito di raccogliere questi bisogni e soddisfarli con il giusto prodotto. Infatti alcuni oggetti o elettrodomestici oggi considerati quasi scontati e di uso quotidiano, all'epoca rappresentavano un vero e proprio sogno per la maggior parte delle famiglie del dopoguerra. Ma appena le condizioni economiche lo permettevano, l'acquisto diveniva automatico senza né troppe pretese dal punto di vista qualitativo né molte possibilità di scelta, dal momento che i pesanti dazi e le politiche di protezionismo impedivano l'affermarsi di aziende locali su un mercato internazionale più ampio.

In un contesto del genere era quindi molto rara la richiesta da parte del consumatore di una personalizzazione eccessiva del prodotto o di servizi aggiuntivi, come estensioni di garanzia o consegne a domicilio, che risultano invece determinanti al giorno d'oggi per differenziarsi dalla concorrenza. Si era quindi giunti a un mercato di massa focalizzato su un'alta richiesta di prodotti scarsamente personalizzati, un'offerta concentrata in poche aziende che potevano contare su una concorrenza quasi nulla e prezzi di manodopera e materie prime generalmente bassi.

Solo nella seconda metà del '900 si assistette ad un cambiamento di pensiero, più improntato verso la personalizzazione dell'offerta piuttosto che verso la produzione di massa. La situazione economica determinata dalla seconda guerra mondiale aveva generato infatti numerosi effetti negativi in tutto il mondo industriale, rendendo quindi di primaria importanza per le aziende la riduzione dei costi di produzione.

La vera rivoluzione ebbe inizio in Giappone, paese uscito non solo sconfitto ma devastato dal secondo conflitto mondiale e che si trovò a competere con numerose limitazioni e svantaggi che le aziende occidentali non incontravano. Infatti nell'immediato dopoguerra, il paese nipponico dovette fare i conti con dei costi delle materie prime più elevati dovuti alla scarsità di risorse presenti nel paese e la necessità di importarle dall'estero; inoltre era oggetto di un pesante sistema sindacale introdotto dagli americani e che imponeva alle aziende una grande rigidità salariale; infine la domanda interna era molto inferiore a quella dei paesi occidentali, anche a causa della crisi economica-finanziaria che colpì il paese nell'immediato dopoguerra. Pertanto, attratte dai risultati di crescita che si potevano vedere in Europa e specialmente in America, le aziende giapponesi tentarono di imitare il modello di produzione di massa che stava trainando la ripresa economica occidentale. Purtroppo per loro però dovettero scontrarsi ben presto con un'equazione molto semplice che stava alla base della produzione di massa, ovvero che *"qualità uguale costi"* e pertanto, con gli svantaggi citati sopra in termini di costi, il risultato fu quello di produrre prodotti dalla qualità decisamente inferiore.

Nello stesso periodo Eiji Toyoda, erede della celebre casa automobilistica giapponese Toyota, e il suo manager di produzione Taiichi Ohno si trovavano in uno degli stabilimenti Ford proprio per studiarne il modello di gestione. Fu proprio Ohno che si accorse subito che imitare il

modello di produzione dell'azienda americana avrebbe portato solamente ad un insuccesso ma che, al contrario, era necessario intervenire in maniera rivoluzionaria sui processi interni dell'azienda e sulla politica di gestione dei costi.

Queste necessità erano dettate da numerose esigenze che la situazione dovuta alla crisi richiedeva, ovvero era necessaria una flessibilità e una produttività maggiori, ma a costi più bassi (Ōhno, 1988). Si stavano gettando le fondamenta per il modello che in futuro verrà definito con il nome di *Toyota Production System* (TPS), una metodologia totalmente innovativa e rivoluzionaria per l'epoca, poichè incentrata sulla continua identificazione e riduzione degli sprechi e sull'importanza del coinvolgimento di tutto il personale all'interno dell'azienda.

Proprio riguardo a quest'ultimo punto, l'esempio portato dalla cultura giapponese fu in grado di espandersi nel resto del mondo venendo alimentato dalla ventata di cultura liberista introdotta dal presidente statunitense Ronald Reagan. Il mondo dell'editoria e dell'industria cinematografica seguirono a ruota questa inversione di pensiero, proclamando come conclusa l'epoca della finanza e delle visioni orientate al profitto a breve termine. Contemporaneamente invece prendevano sempre più piede gli ingegneri dediti ai processi, in grado di garantire un profitto più stabile anche nel lungo periodo. Da notare inoltre come queste stesse dinamiche si siano ripetute a seguito della crisi del triennio 2008-2010, iniziato con il fallimento *Lehman Brothers* e durante il quale ancora una volta si è evidenziato come la ricerca di guadagno a breve termine non coincida quasi mai con una crescita anche nel lungo periodo.

Ritornando agli anni '80 e all'inizio dello sviluppo del *Toyota Production System*, in quel periodo l'economia americana fu oggetto di un'importante crescita e questo generò una grande competizione a livello mondiale. Se infatti in passato questo aspetto era molto ridotto, ora le variabili strategiche per competere nei nuovi mercati globali iniziavano ad aumentare e comprendevano una maggiore attenzione ai desideri dei clienti (*Voice of the Customer*), un sempre più ridotto tempo di introduzione di nuovi prodotti e/o servizi (*Time to Market*), un aumento della sicurezza e dell'affidabilità del prodotto richieste dal cliente, una consegna sempre più rapida e puntuale, il tutto senza dimenticare la necessità di mantenere comunque un prezzo di acquisto basso.

In conseguenza all'introduzione di questo modello nacque il concetto di Produzione snella o *Lean Production*. Tale termine venne coniato alla fine degli anni '80 e fu utilizzato per la prima volta nel libro **"The Machine that changed the World"**, scritto nel 1991 da James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos in conseguenza ad uno studio realizzato nell'ambito dell'International Motor Vehicle Program (IMVP), sviluppato al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston. Il focus del testo era incentrato sul confronto fra la produzione occidentale ancora fortemente di stampo fordista e la produzione orientale, in particolar modo quella giapponese, a dimostrazione del fatto che la prima, nonostante continui affinamenti, fosse ormai superata a favore della seconda, in grado di fornire prodotti di qualità a tempi e costi ridotti (Womack, Jones, 1997). (FIGURA 1)

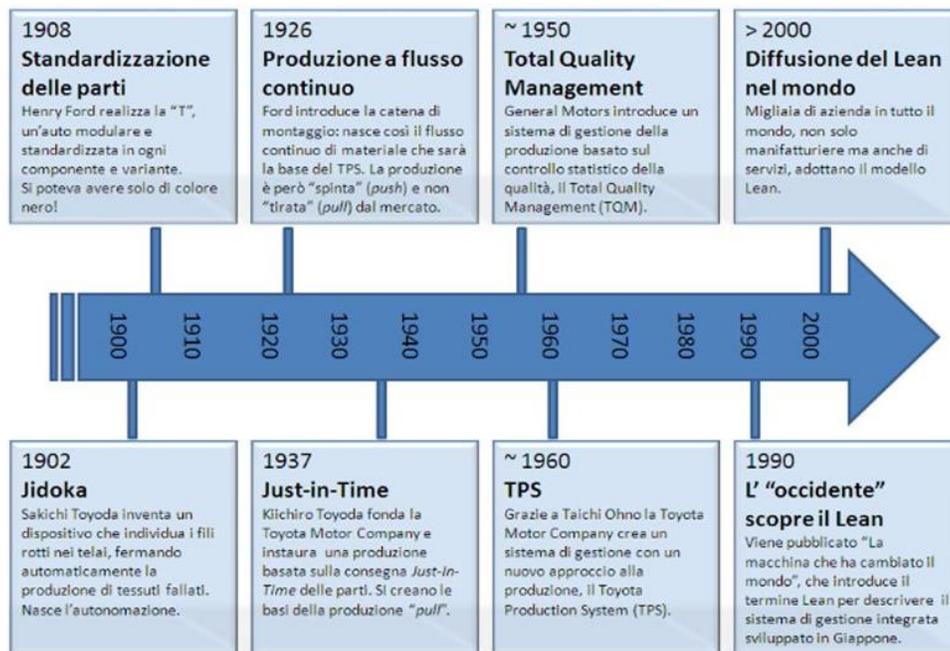


FIGURA 1: LE TAPPE DELLA LEAN PRODUCTION

2.3 La Metodologia Agile

La Metodologia Agile nasce come filosofia nell'ambito di sviluppo dei software nei primi anni 2000, per poi estendersi rapidamente anche ad altri campi. Si oppone al classico modello "a cascata" (*waterfall*), che prevede la presenza di una sequenza di azioni determinate da compiere in sequenza per giungere alla realizzazione del prodotto o servizio finito. Il modello agile, al contrario, utilizza tecniche di pianificazione più leggere, adattative e predittive, che garantiscono una maggiore flessibilità. Inoltre incoraggia il lavoro di squadra, l'assunzione delle responsabilità tra tutti i membri di un gruppo di lavoro e l'organizzazione di ciascuno di essi.

Negli ultimi decenni si è assistito ad un cambiamento delle necessità delle aziende. Infatti l'attenzione si è spostata man mano sempre di più sul cliente, il quale è quindi diventato il soggetto cardine all'interno dei mercati e al quale diventa necessario garantire un elemento aggiuntivo al semplice prodotto: la *customer experience*. Questa si definisce come l'insieme di sentimenti e percezioni che il cliente prova e percepisce durante l'interazione con le aziende ed i loro prodotti o servizi.

Alla luce di questa necessità, e a seguito della crescita esponenziale dell'utilizzo di Internet, il quale rende la velocità di risposta al mercato un fattore sempre più determinante per il successo, i modelli tradizionali iniziano a risultare inadeguati. Non a caso infatti, secondo alcuni studi statistici sulla riuscita dei progetti basati sui modelli tradizionali, più del 50% dei progetti venivano completati senza aver rispettato tutti i requisiti di budget e tempo previsti in fase di pianificazione.

Proprio al fine di superare queste carenze cominciarono a svilupparsi le metodologie Agile, il cui significato letterale è proprio "caratterizzato da rapidità, leggerezza e facilità di movimento". In questo modo il prodotto finale viene consegnato rapidamente al cliente e il processo di sviluppo avviene in maniera flessibile.

Queste metodologie erano incentrate su una minor formalizzazione delle attività e dei gruppi di lavoro, oltre che su un minor uso della burocrazia, spostando quindi il focus sulla qualità del prodotto e sulla soddisfazione del cliente.

2.4 Cenni storici della filosofia Agile

Nel 2001 un gruppo di 17 progettisti software si riunì in Utah (USA) con l'obiettivo di analizzare i limiti degli approcci tradizionali nello sviluppo dei software e valutare l'utilizzo delle emergenti metodologie *Agile* in modo da rendere il progetto di sviluppo più flessibile, riducendo in sostanza tempistiche e documentazione necessaria che erano soliti caratterizzare i progetti che seguivano i metodi attualmente presenti all'epoca. Il risultato del loro lavoro è stato il *Manifesto Agile*, in cui sono riportati i 4 valori e i 12 principi su cui si fonda il metodo Agile.

I quattro valori cardine che vennero individuati furono i seguenti:

1. Gli individui, le loro motivazioni e le interazioni tra i gruppi di lavoro sono più importanti dei processi e strumenti.
2. E' più importante avere un prodotto finale funzionante, che una documentazione completa ed esaustiva.
3. Il coinvolgimento continuo del cliente è fondamentale per sviluppare un prodotto che soddisfa il più possibile le sue richieste.
4. La flessibilità e la capacità di rispondere rapidamente ai cambiamenti sono importanti in un contesto che cambia rapidamente. Se si segue solamente il piano iniziale la maggior parte delle volte il progetto fallisce.

I principi su cui si fonda il pensiero *Agile* sono i seguenti:

1. La nostra massima priorità è soddisfare il cliente rilasciando un prodotto di valore.
2. Accogliere eventuali cambiamenti anche a stadi avanzati dello sviluppo.
3. Consegnare frequentemente versioni di prodotto funzionanti, con cadenza variabile da un paio di settimane a un paio di mesi, preferendo i periodi brevi.
4. Committenti e sviluppatori devono lavorare insieme quotidianamente per tutta la durata del progetto.

5. Creare un ambiente di lavoro composto da individui motivati, garantendogli il supporto di cui hanno bisogno.

6. Una conversazione faccia a faccia è il modo più efficiente e più efficace per comunicare con i propri collaboratori e con gli altri team.

7. Il software funzionante è il principale metro di misura di progresso del progetto.

8. Promuovere uno sviluppo sostenibile nel quale gli sponsor, gli sviluppatori e gli utenti siano in grado di mantenere indefinitamente un ritmo costante.

9. La continua attenzione all'eccellenza tecnica e alla buona progettazione esaltano l'agilità.

10. La semplicità, e quindi la capacità di massimizzare la quantità di lavoro non svolto, è essenziale.

11. La progettazione e lo sviluppo più efficaci emergono da team che si auto-organizzano.

12. Ad intervalli regolari il team deve riflettere ed auto-analizzarsi per valutare come diventare più efficace, dopodiché regola e adatta il proprio comportamento di conseguenza.

L'Agile porta profondi cambiamenti nel processo di sviluppo. Una delle modifiche più importanti è quella di ridurre il tempo di consegna al cliente, in modo da arrivare sul mercato il prima possibile. A tal fine, si suddivide il progetto totale in piccole interazioni, ognuna delle quali può essere considerata come un piccolo progetto in cui sono presenti tutte le fasi del processo di sviluppo del software permettendo al team di lavoro di avere un immediato riscontro da parte del cliente.

2.5 Similitudini tra filosofia Lean e Agile

Si è quindi ben compreso che entrambe le metodologie Lean e Agile sono metodi ormai sempre più popolari e trovano applicazione in un sempre maggior numero di aziende e settori per aiutare i team a fornire risultati più rapidi e più sostenibili nel lungo periodo.

Nonostante esse abbiano, come visto in precedenza, radici e origini totalmente differenti sia in termini di settore di sviluppo sia di periodo storico, esse vengono spesso utilizzate insieme. Questo perchè si basano entrambe su principi semplici ma funzionali e, grazie alla loro flessibilità, possono essere applicate in svariati settori produttivi ed essere adattate alle esigenze di ciascuna azienda. Inoltre entrambe si focalizzano in primo luogo sulle persone più che sui processi, dando quindi un ruolo centrale alla formazione del personale aziendale e del lavoro di squadra all'interno di tutti i gruppi di lavoro al fine di poter ottenere il risultato sperato.

Per questi motivi non è sempre chiaro ed evidente trovare le differenze che esistono tra questi due approcci, ma in linea generale si può affermare che la Lean si focalizzi principalmente sulla creazione del valore visto dal punto di vista del cliente tramite l'eliminazione degli sprechi, mentre la metodologia Agile sulla rapidità di consegna al cliente del prodotto e sulla flessibilità del processo di sviluppo.

Per facilità di comprensione, ho voluto racchiudere nella tabella sottostante le principali differenze che accompagnano queste due filosofie (TABELLA 1):

LEAN	AGILE
Nasce in ambito manifatturiero e successivamente viene usata per migliorare i processi aziendali.	Nasce nel mondo dello sviluppo software.
E' una filosofia, una vera e propria cultura, un modo di pensare.	Fa riferimento a strumenti e pratiche per migliorare i progetti e renderli più efficienti.
E' adatta per contesti stabili e ripetitivi	E' adatta per ambiti caratterizzati da incertezza e complessità.
Applicata al Project Management migliora le possibilità di successo del team e del progetto.	Aiuta il team a ridurre i tempi di sviluppo così da consegnare il prodotto il prima possibile.
Eliminazione degli sprechi così da massimizzare l'efficienza.	Minimizzazione della documentazione a favore di una comunicazione continua e aperta con il cliente.
E' focalizzata alla creazione del valore per il cliente finale.	E' focalizzata alla soddisfazione dell'utente finale.
Tecniche: Just in Time, Kanban, Jidoka, Kaizen, Value Stream Mapping...	Tecniche; Scrum, XP, FDD, DSDM

In diversi settori si sono individuati ormai da qualche tempo i vantaggi generati dall'unione di Lean e Agile in un'unica filosofia aziendale.

Se infatti l'introduzione della produzione Lean ha permesso a molte imprese di seguire meglio la domanda del mercato con un incredibile risparmio di risorse e materie prime, è altrettanto vero che un approccio Agile garantisce un grado di flessibilità unico e ormai fondamentale in un'economia e un mercato così variabili come quelli odierni.

La domanda che sorge quindi spontanea è se Lean e Agile possono coesistere all'interno di un'unica azienda e se sì, in quale punto della catena di approvvigionamento vi deve essere il passaggio da una filosofia all'altra.

Questo punto in letteratura viene definito "*punto di disaccoppiamento*" e venne introdotto per la prima volta dagli studiosi Christopher e Towil nel 2001, i quali hanno concepito tre modalità differenti per cui i due principi possano sussistere contemporaneamente. Queste tre combinazioni vengono definite punti di disaccoppiamento e sono le seguenti:

1. Nello stesso spazio ma in momenti diversi
2. In spazi diversi ma allo stesso momento
3. In spazi e momenti differenti

Queste tre combinazioni, come facilmente deducibile, sono mutualmente esclusive e prevedono che a monte del punto di disaccoppiamento scelto si segua secondo un certo principio (tipicamente quello Lean) e a valle di tale punto si segua un altro tipo di approccio (tipicamente quello Agile).

Secondo Christopher e Towil questa combinazione di principi e filosofie è più facilmente applicabile in presenza di una modularità del prodotto finito. Prendendo in esempio il caso esaminato in questo elaborato, e quindi l'azienda aerospaziale, si potrebbe per esempio pensare che alcuni componenti generici (come power units o telai) possano essere prodotti da grandi strutture secondo una filosofia Lean, al fine di raggiungere le economie di scale e minimizzare gli

sprechi tramite processi snelli. Questi stessi semilavorati potrebbero poi essere forniti a strutture di assemblaggio minori che, lavorando su volumi più bassi, possono raggiungere la massima flessibilità e agilità nella loro attività a diretto contatto con il mercato.

Diventa quindi fondamentale capire a che livello della catena produttiva andare a posizionare il punto di disaccoppiamento, al fine di massimizzare i benefici di entrambe le filosofie e puntando quindi ad una mediazione tra Lean e Agile.

Se infatti un aumento della varietà del prodotto e un'alta fluttuazione della domanda porterebbe a impostare il punto di disaccoppiamento a monte al fine di rendere la catena di approvvigionamento agile e flessibile, la ricerca di un ambiente aziendale più stabile sia in termini di variabilità di prodotti che di domanda forzerebbero l'azienda a spostare il punto di disaccoppiamento più a valle possibile rendendo quindi la catena di approvvigionamento tendente verso la Lean.

Indipendentemente da dove si decida di posizionare il punto di disaccoppiamento, rimane comunque indubbio che una combinazione di questi due approcci possa portare, come nel caso del nostro caso studio, a raggiungere enormi vantaggi competitivi e di conseguenza a una crescita nel lungo periodo dell'azienda.

3. Caso studio

3.1 L'azienda

Il progetto che presenterò nei prossimi capitoli è stato progettato, sviluppato e monitorato in Microtecnica, un'azienda facente parte del gruppo americano Collins Aerospace Group.

Microtecnica è una compagnia fondata nel 1929 a Torino, Italia. Inizialmente la produzione era totalmente incentrata nel settore bellico, in particolare l'azienda era specializzata in strumenti di misurazione di precisione come compassi, giroscopi e micrometri (da cui deriva appunto il nome). Al termine della Seconda Guerra Mondiale, la produzione virò per specializzarsi in strumentazione e equipaggiamento specifico per il settore cinematografico. Nel 1983 l'azienda subì una nuova modifica e vide la sua produzione dividersi in due rami ben definiti: strumentazione di precisione in ambito civile, sistemi di attuazione elettrici e oleo-dinamici in campo militare e aeronautico.

Nel 2008 la Microtecnica viene acquisita dalla multinazionale statunitense UTC Aerospace (diventata poi nel 2018 Collins Aerospace Group dopo la fusione con l'azienda competitor Collins Group), rimanendo così attiva principalmente in tre ambiti specifici: il settore missilistico, quello aerospaziale e quello aeronautico. (FIGURA 2)



FIGURA 2: IL GRUPPO COLLINS AEROSPACE

Il portfolio di clienti della Collins Aerospace consiste per il 25% di clienti militari e per il restante 75% di clienti commerciali. I ricavi dell'azienda derivano invece per il 60% dalla vendita di componenti meccanici e per il 40% dai servizi di *aftermarket*. (FIGURA 3)

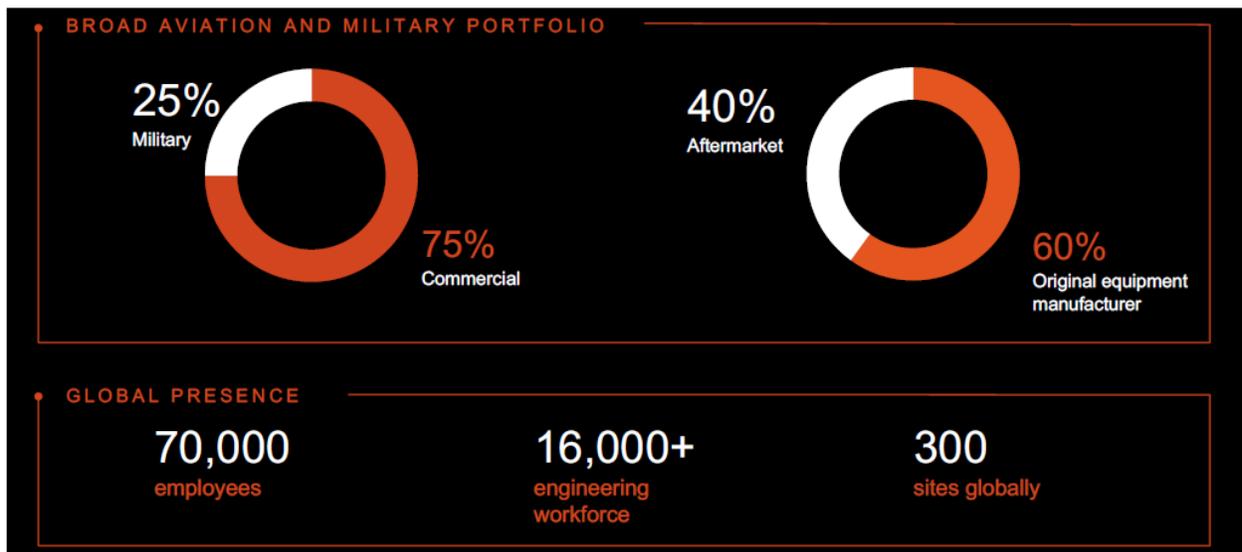


FIGURA 3: PORTFOLIO DI CLIENTI DI COLLINS AEROSPACE

Il gruppo comprende più di 70,000 impiegati, di cui più di 16,000 ingegneri, e si estende a livello globale attraverso i 300 siti sparsi per i diversi continenti.

Alcuni esempi di prodotti commercializzati dal gruppo possono essere i componenti per la creazione di sedili eiettabili, sistemi di contenimento delle turbine, freni e ruote degli aeromobili, generatori elettrici e tute spaziali. (FIGURA 4)

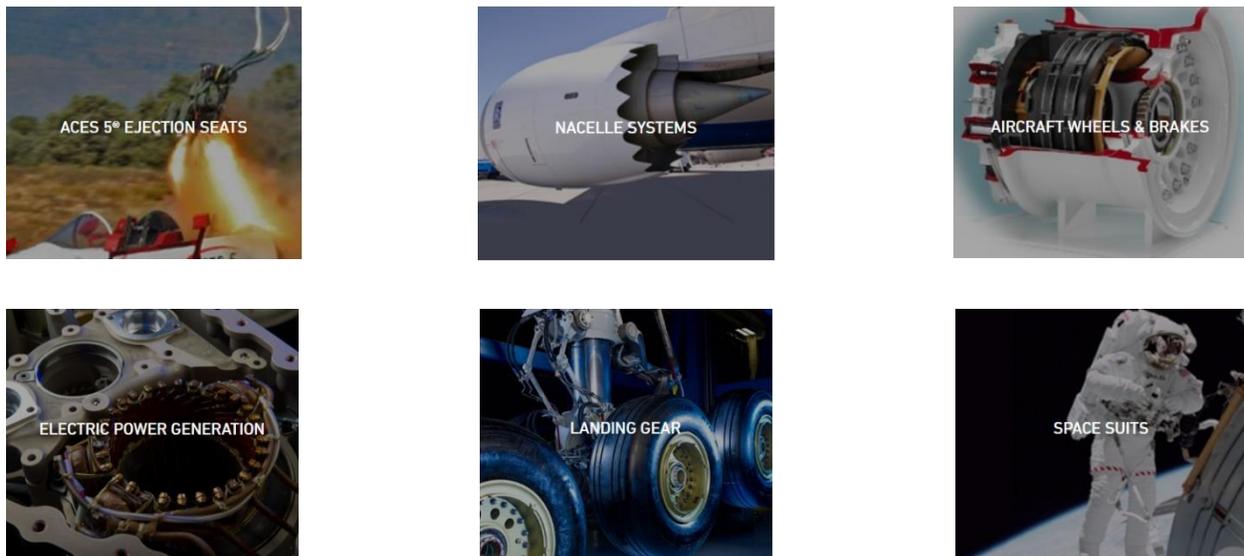


FIGURA 4: PORTFOLIO DI PRODOTTI DI COLLINS AEROSPACE

Concentrandosi solamente sulla presenza sul suolo italiano, il gruppo possiede 3 siti principali: Torino, Luserna San Giovanni (TO) e Brugherio (MB). In questi 3 poli la produzione è principalmente incentrata su sistemi di attuazione meccanici e idraulici e su sistemi di controllo

di volo principali e secondari. I principali clienti si dividono invece tra compagnie aeree e spaziali, oltre che ad accordi con aziende facenti parti dello stesso gruppo. (FIGURA 5)



FIGURA 5: PORTFOLIO DI CLIENTI DI COLLINS AEROSPACE

Se si analizza poi nello specifico il caso Microtecnica, si può osservare come l'azienda torinese abbia sempre ponderato le proprie decisioni strategiche in un'ottica di miglioramento continuo dei processi al proprio interno, al fine di assicurare la massima qualità possibile per i propri clienti. Questo approccio di *continuous improvement* ha trovato le proprie basi proprio nelle teorie del *Six Sigma* e, più in generale, del *Lean Manufacturing*. Attraverso la presenza di questo ambiente così improntato alla cultura del Toyota system sono stato in grado di portare avanti il lavoro analizzato in questo elaborato.

3.2 Il team di lavoro

All'interno dell'azienda ho fatto parte del team ACE (Achieving Competence Excellence), che ha il ruolo principale di sviluppare e consolidare la filosofia della *Lean Management* e del *Continuous Improvement* all'interno di ogni settore della compagnia. Durante il mio tirocinio il progetto principale che ho avuto la possibilità di seguire è stato insieme al *Transformation Team* e consisteva nella trasformazione del layout dell'officina attraverso l'implementazione di soluzioni innovative per migliorarne l'efficienza e la produttività.

Seguendo questo progetto ho avuto l'occasione di interfacciarmi con numerose figure esterne al nostro team di lavoro, in particolare con i responsabili dell'officina e del team di *Manufacturing Engineering* oltre che con il personale del top management, in modo da assicurarci che le soluzioni proposte fossero allineate con le aspettative e le necessità dell'azienda.

L'interazione tra tutte queste differenti figure è stata possibile attraverso numerose riunioni ed il continuo allineamento tra i diversi reparti, nonché dall'organizzazione della *Leadership week*, una settimana dove l'intera azienda viene suddivisa orizzontalmente in differenti team a cui vengono affidati diversi progetti in modo da potersi focalizzare interamente su quelli e concluderli.

3.3 Situazione iniziale

Al mio arrivo in Microtecnica, l'officina era interamente strutturata seguendo un *layout per processo*. In questa tipologia di disposizione, tutte le operazioni che presentano lavorazioni simili e i rispettivi macchinari utilizzati vengono raggruppati nella stessa area di lavorazione.

(FIGURA 6)

In questo modo risulta impossibile individuare un unico flusso dei prodotti e risulta quindi indispensabile l'utilizzo di mezzi di movimentazione del materiale, come carrelli a forche, transpallet manuali o convogliatori automatici.

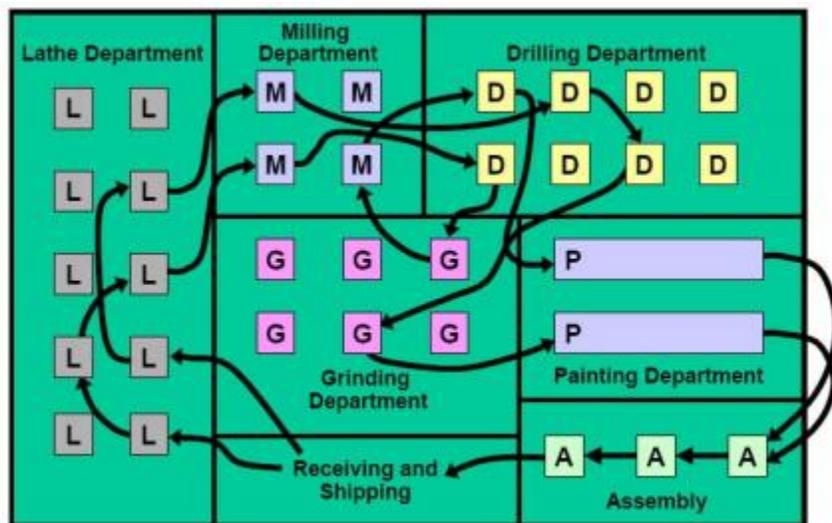


FIGURA 6: LAYOUT PER PROCESSO

Il layout per processo trova la sua massima applicazione quando la produzione prevede volumi ridotti ma necessita di un'alta differenziazione. Infatti i vantaggi principali di questo approccio risultano proprio essere:

- Maggiore flessibilità di produzione;
- Minori duplicazioni di macchinari e di conseguenza un minor investimento in attrezzature fisse;
- Permette un controllo/supervisione più specializzata e ristretta ad un'unica tipologia di lavorazione;
- Maggiore flessibilità del sistema ad ovviare ad eventuali guasti o avarie dei macchinari;
- Ottimizzazione del tasso di utilizzo delle macchine.

Dopo un periodo iniziale dove questa tipologia di layout risultava ottimale per la produzione dell'azienda, il management ha cominciato ad individuare i principali svantaggi che si erano presentati durante gli anni, ovvero:

- Necessità di spostare il materiale da un reparto all'altro in base ai differenti cicli di lavoro previsti dai prodotti;
- Maggiori costi di lavorazione dovuti all'aumento dei costi di movimentazione;
- Necessità di magazzini intermedi;
- Bassa motivazione da parte dei lavoratori che sono costretti a lavorare sempre con gli stessi macchinari e non possono seguire l'intero ciclo produttivo.

Il modello tradizionale di "produzione in serie", presenta infatti un duplice effetto. Se da un lato esso mira all'efficienza dei singoli reparti di produzione, dall'altro penalizza pesantemente l'efficacia e l'efficienza complessiva del sistema. Questo poichè la gestione dei lotti ha un impatto negativo sulla flessibilità e sul tempo necessario per passare attraverso i diversi sistemi di

produzione, riducendo significativamente la capacità di rispondere alle molteplici e spesso variabili esigenze del cliente. Inoltre, la frammentazione delle attività produttive rende difficile la gestione dei materiali e delle informazioni necessarie al progresso della produzione portando pertanto alla generazione di rifiuti e scarti significativi lungo l'intero flusso produttivo.

È quindi evidente che la tradizionale "produzione in serie" appare inadeguata alle richieste sempre più pressanti di riduzione dei costi e di miglioramento del servizio richieste dai mercati in cui tutte le aziende sono ora in concorrenza. La soluzione che meglio riesce a coniugare l'efficacia complessiva del sistema con la massimizzazione dell'efficienza del sistema stesso, è quindi l'implementazione da parte delle aziende della "produzione di flusso" indicata dal modello "Lean Production". In termini operativi, la produzione di flusso comporta il passaggio dalla gestione dei "*process villages*" (reparti di produzione) alla gestione delle "*product cells*" (celle di produzione), dedicate a specifiche famiglie di prodotti.

3.4 Definizione delle celle di produzione

La produzione in celle è un processo che comporta l'uso di più dipartimenti posizionati lungo una singola linea di assemblaggio. Ogni cella racchiude al suo interno tutti i macchinari necessari al completamento di una determinata famiglia di prodotti. I materiali quindi si spostano da una cella all'altra, completando parte del processo produttivo in ogni stazione. Solitamente i macchinari all'interno delle celle sono organizzati in un layout a forma di "U" per permettere al supervisore di minimizzare i movimenti e di essere in grado di monitorare più facilmente l'intero processo allo stesso tempo.

Questo tipo di processo deriva dal metodo *just-in-time* (JIT) e il suo obiettivo è quello di lavorare il più rapidamente possibile, producendo una vasta gamma di prodotti simili e minimizzando gli sprechi (*muda*). Inoltre un altro grande vantaggio della produzione cellulare è la sua alta flessibilità, dal momento che la maggior parte delle macchine sono automatizzate e permettono quindi di apportare semplici modifiche del processo in tempi molto rapidi. Questa caratteristica permette di variare spesso le caratteristiche del prodotto, dai materiali utilizzati fino al design dello stesso, permettendo quindi all'azienda di allinearsi continuamente alle diverse caratteristiche richieste dal mercato.

Una cella viene quindi creata raccogliendo un insieme di istruzioni e processi necessari per creare un output specifico o una parte di esso. Queste cellule permettono la riduzione di fasi nel processo di creazione del prodotto, facilitano la rapida identificazione dei problemi e incoraggiano la comunicazione dei dipendenti all'interno della cella per risolvere i problemi che si presentano immediatamente. È stato riscontrato che la produzione in celle, una volta implementata efficacemente, crea in modo affidabile enormi guadagni di produttività e qualità, riducendo al contempo la quantità di inventario, lo spazio e il tempo necessario per creare un prodotto.

In aggiunta ai vantaggi appena esposti, ci sono alcuni benefici altrettanto evidenti nella implementazione di un layout a cella. È per esempio evidente che a partire dall'osservazione delle singole celle, qualsiasi inefficienza, come ad esempio un dipendente troppo occupato o

relativamente inattivo, siano facilmente riscontrabili e correggibili. Risolvere queste inefficienze può in molti casi aumentare la produzione e la produttività di oltre il 100%. Inoltre, la formazione delle celle libera lo spazio nell'ambiente di produzione/assemblaggio (disponendo dell'inventario solo quando è assolutamente necessario), migliora la sicurezza nell'ambiente di lavoro (grazie alle minori quantità di prodotto/inventario movimentato), migliora il morale (trasmettendo sentimenti di realizzazione e soddisfazione nei dipendenti) e riduce il costo e l'obsolescenza dell'inventario.

Come già menzionato precedentemente, le brevi distanze di viaggio all'interno delle celle servono ad accelerare i flussi. Inoltre, la compattazione di una cella minimizza lo spazio che potrebbe portare alla condivisione di risorse tra diverse stazioni. Per ottenere ciò, esistono dispositivi fisici o regole che limitano la quantità di inventario tra le stazioni; una delle regole più note e utilizzate è quella che in gergo è denominata *Kanban* (dal giapponese "segnale visuale"), che stabilisce un numero massimo di unità consentite tra una stazione di lavoro fornitrice di risorse e una che le utilizza. La forma più semplice di implementazione è l'utilizzo di aree contrassegnate sui piani di lavoro posti tra le diverse postazioni. La regola che quindi viene applicata in questo caso consiste nel produrre finché il magazzino a valle della cella non è pieno e, nel momento in cui al sistema risulterà pieno, la cella smetterà di produrre.

Nonostante i vantaggi di progettare un flusso di questo tipo, la formazione di una cellula deve essere attentamente considerata prima della sua realizzazione. L'uso di apparecchiature costose, complesse e che spesso risultano fragili, può causare enormi ritardi e danni nel processo produttivo fino a quando esso non è ristabilito.

3.5 Processo di implementazione

Per realizzare un layout a cella è necessario compiere una serie di passi fondamentali. In primo luogo, qualsiasi prodotto facente parte del portfolio aziendale dovrebbe essere raggruppato per similitudine (nelle esigenze di progettazione o di fabbricazione) in specifiche famiglie di prodotti. Per ottenere questo risultato occorre quindi effettuare un'analisi sistematica di ciascuna famiglia, in genere sotto forma di analisi del flusso di produzione (*PFA*) per famiglie di produzione o di progettazione. Questa analisi, nonostante possa richiedere molto tempo e risorse, risulta fondamentale per la corretta riuscita dell'implementazione di tale sistema. Naturalmente esistono una serie di modelli matematici e algoritmi già testati che possono facilitare nella pianificazione di un centro di produzione in celle e che sono in grado di tenere in considerazione un gran numero di variabili, come l'ubicazione di impianti multipli, la pianificazione di diverse commesse di produzione e l'unione di diversi componenti per la creazione del prodotto finito.

Una volta che queste variabili sono determinate (tenendo conto di un certo margine di errore), vengono definite tutte le azioni necessarie a minimizzare i principali fattori quali il costo totale di manutenzione, il costo di logistica esterna dei prodotti verso i clienti e interna di movimentazione del materiale fra le celle, il costo di produzione totale dell'impianto, i costi fissi relativi ai macchinari e i salari dei dipendenti.

Una volta implementata fisicamente la cella di produzione è però necessario concentrarsi su un miglioramento continuo dei processi produttivi. Infatti la gestione della cella stessa risulta spesso la fase più complicata per le aziende, dal momento che essa è solita trovare una forte opposizione da parte dei lavoratori. Il cambiamento quindi deve necessariamente avvenire in maniera graduale e, oltre che a livello fisico, deve comprendere anche la cultura aziendale e delle risorse umane che ne fanno parte. Se le problematiche non vengono quindi identificate e conseguentemente risolte prontamente, il processo non migliorerà e anzi andrà incontro ad un peggioramento significativo che potrebbe danneggiare enormemente l'intera azienda.

3.6 Vantaggi e svantaggi del layout a celle

Il layout a celle permette di riunire insieme processi anche molto diversi tra di loro nello stesso luogo, minimizzando così le distanze da un macchinario e l'altro e focalizzando la produzione in uno spazio fisico ben definito e concentrato. Ovviamente altri vantaggi apportati dall'implementazione di una cella di produzione possono essere la riduzione del tempo di flusso, della distanza di flusso, delle quantità necessarie ad inventario e degli sprechi dovuti a rilavorazioni o attività ripetute. Ne deriva quindi che l'intero costo di produzione risulta diminuito, dal momento che esso viene semplificato e non si disperde lungo tutta la linea produttiva, rendendolo così più facile da monitorare. Inoltre la segmentazione del processo produttivo rende molto più semplice la identificazione di errori di qualità, che possono così essere intercettati immediatamente e risolti.

Oltre ai vantaggi per l'azienda, un layout di questo tipo porta numerosi vantaggi anche per i lavoratori. In primo luogo la struttura cellulare aumenta la coesione di gruppo e rende il processo produttivo più gestibile e controllabile dai lavoratori. Inoltre secondo questo layout i lavoratori hanno la possibilità di monitorare l'intero ciclo di produzione di un prodotto, potendo quindi apportare modifiche di miglioramento all'interno delle proprie celle e aumentando così la proattività e la motivazione del gruppo di lavoro. Inoltre la grande competenza che i lavoratori sono in grado di raggiungere attraverso questa struttura porta ad una riduzione costante della supervisione necessaria, e quindi anche ad una minimizzazione del costo della stessa. Infine i lavoratori all'interno di una cella sono spesso portati a ruotare tra i diversi compiti presenti, incrementando quindi la varietà di attività all'interno del turno di lavoro e, di conseguenza, la produttività. È infatti stato dimostrato che la monotonia del lavoro rappresenta una delle principali cause di assenteismo e di bassa qualità della produzione.

La cella di produzione presenta tuttavia una grande limitazione, ovvero una bassa flessibilità di produzione. Infatti spesso le celle sono studiate, progettate e implementate per mantenere un volume costante di produzione ma, nel caso la domanda dovesse diminuire o aumentare, sarebbe necessario una ricalibrazione dell'intera cella. Queste operazioni, essendo

spesso molto costose e di difficile implementazione, rappresentano il maggior limite del layout a cella rispetto alle altre disposizioni possibili.

4. Metodologia seguita

4.1 Gemba walk

Il primo strumento che il mio team ed io abbiamo utilizzato è stata la *Gemba walk*, la quale consiste in una vera e propria camminata attraverso tutti i dipartimenti che si stanno analizzando.

Nel nostro caso, dal momento che il progetto consisteva in un re-layout completo di tutta l'officina, fu necessario attraversare tutto il *floor*, al fine di rendere tutto il team consapevole delle diverse attività che venivano svolte e di come erano disposti i diversi macchinari in quel periodo nell'azienda.

Infatti, nei giorni che impiegammo per completare questa attività, osservammo come il layout prevedeva a quel tempo una suddivisione per tipologia di processo. I macchinari quindi erano raggruppati per tipologia e funzione, con buffer intermedi prima e dopo ogni reparto per ospitare i materiali da lavorare o i prodotti finiti. Inoltre con questa disposizione si rendeva necessario un sistema di movimentazione di materiale all'interno dell'intera officina, il quale generava quindi confusione e rappresentava un pericolo per gli operai dal momento che potevano causarsi incidenti dovuti dall'interazione uomo-mezzo di movimentazione.

Decidemmo quindi di prendere nota di tutti gli spunti di miglioramento che riuscivamo ad identificare in questa prima fase di analisi, percorrendo lo stesso flusso che percorreva il materiale da quando venivano ricevute nel magazzino materie prime a quando lasciavano l'officina come prodotti finiti.

4.2 Value Stream Mapping

Una volta completata l'attività appena descritta, decidemmo di utilizzare un altro strumento tipico del *Lean Management*, ovvero il *Value Stream Mapping*. Questo strumento viene spesso utilizzato come primo durante un'analisi, poichè permette di mappare un determinato processo nel suo stato attuale e ipotizzare poi un possibile stato futuro.

Più in generale questa metodologia fonda anch'essa le proprie radici nella filosofia produttiva di Toyota e consiste nell'analizzare tutti i passaggi critici di un processo specifico, quantificandone il tempo impiegato e i volumi sia di materiale che di informazioni. Questa prima fase di mappatura genera quindi lo stato attuale (*Current State*), sul quale ci si basa per ipotizzare uno stato futuro (*Future State*) che permetta di ridurre gli sprechi e conseguentemente di minimizzare il Lead Time.

Per ottenere questi risultati è fondamentale non focalizzarsi mai sul singolo processo ma sull'intero flusso, che sia esso di materiale o informativo, in modo da identificare ogni possibile causa di spreco all'interno del Value Stream.

Questi possibili sprechi (in giapponese *muda*) sono poi stati identificati da Toyota e racchiusi in sette tipologie diverse, riportate qui di seguito come vengono originariamente definiti all'interno del modello operativo "*The Toyota Way*":

1. *Overproduction*: produzione eccessiva di un bene o un servizio, che genera quindi un danneggiamento del flusso produttivo, della qualità e della produttività, oltre che causare un costo di inventario.
2. *Waiting (time on hand)*: qualsiasi materiale o prodotto finito che non viene lavorato o trasportato, generando anche in questo caso un incremento dei costi di stock.
3. *Unnecessary transport or conveyance*: tutti gli spostamenti di materiale o persone non strettamente necessario per il processo produttivo, che generano quindi un rallentamento nella produttività.

4. *Overprocessing or incorrect processing*: utilizzare soluzioni eccessivamente complesse per processi semplici, oppure eseguire processi inappropriati. Questo deriva solitamente da un layout impreciso wo da una scarsa comunicazione all'interno del team di lavoro.
5. *Excess inventory*: una sovrabbondanza di inventario, di qualsiasi tipologia esso sia, che genera quindi un incremento del Lead Time e del costo di inventario.
6. *Motion*: errori di movimentazione dei materiali che gli operatori sono costretti a compiere, compiendo quindi sforzi eccessivi o movimenti poco naturali.
7. *Defects*: qualsiasi costo causato da un difetto e dalla necessità che esso venga corretto.

Al fine di andare ad identificare prima e ad eliminare in seguito queste tipologie di spreco, solitamente si vanno ad analizzare tutte le operazioni di un certo processo, suddividendole in tre differenti tipologie: operazioni Non a Valore Aggiunto (NVA), operazioni Necessarie ma Non a Valore Aggiunto (NNVA) e operazioni a Valore Aggiunto (VA). Le tre tipologie di operazioni si differenziano tra di loro poichè, se si vuole raggiungere la massima efficienza del processo, le prime vanno obbligatoriamente eliminate, le seconde vanno minimizzate mentre le ultime vanno ottimizzate in quanto fondamentali per la produzione del prodotto finito.

4.2.1 Current State

Una volta iniziata l'attività di mappatura di tutti i diversi processi presenti in azienda, io e il team ci rendemmo conto che l'operazione sarebbe potuta risultare più complessa del previsto. Infatti, ogni qualvolta ci recavamo sul *floor* per raccogliere nuove informazioni e dati, ci rendevamo conto che lungo la linea di produzione erano presenti molte attività che non erano previste dal ciclo produttivo standard ma che venivano svolte lo stesso dagli operatori. Ciò nonostante fummo in grado, in relativamente poco tempo, ad ottenere una mappatura completa di tutto il ciclo produttivo. (FIGURA 7) Inoltre in questa fase riuscimmo anche a stabilire tutti i collegamenti esistenti tra i fornitori, i processi produttivi, la programmazione e supervisione della produzione fino alle aree più amministrative dell'azienda come l'area vendita o il servizio clienti.

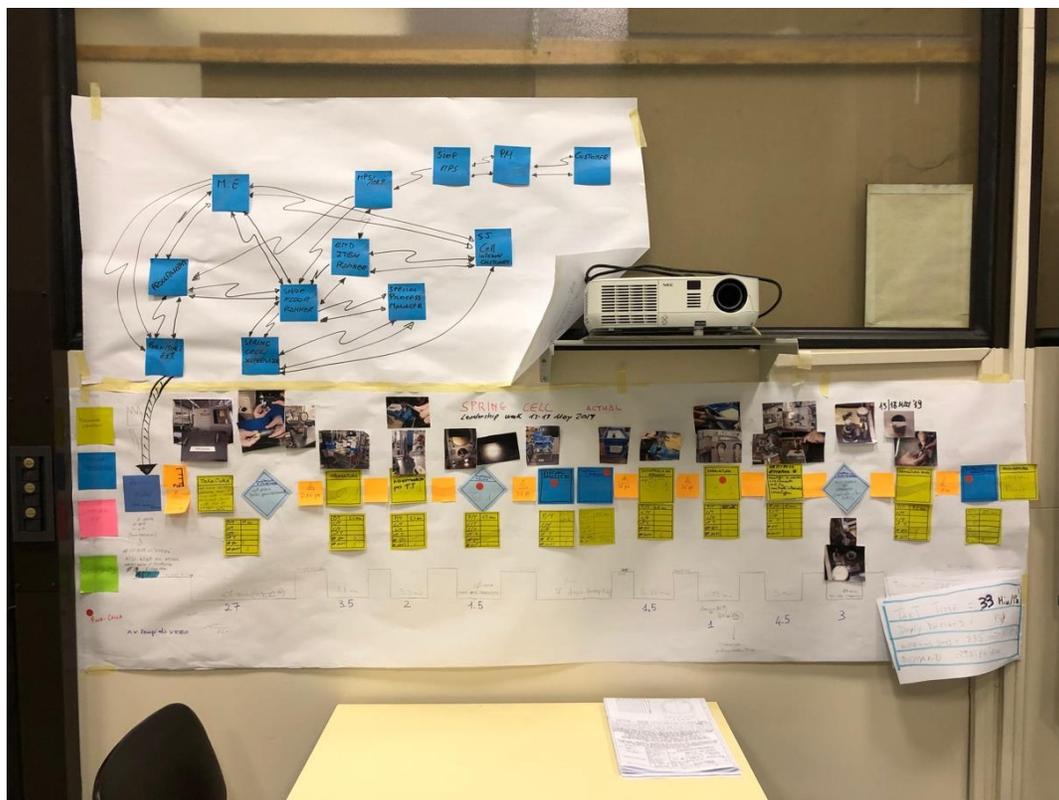


FIGURA 7: CURRENT STATE MAP

4.2.2 Future State

Completata la mappatura del processo, cominciammo una valutazione di quali attività risultavano indispensabili per la produzione e quali invece potevano essere eliminate; inoltre ci rendemmo conto di quali modifiche potevano essere apportate nel breve periodo e quali invece avevano tempistiche di implementazioni più lunghe. In seguito a tutte queste valutazioni, fummo finalmente in grado di tracciare il *Future State* che avremmo voluto e che ci permetteva di ottimizzare i diversi processi produttivi.

Il flusso che riuscimmo ad ottenere era una versione decisamente semplificata del suo predecessore, ma soprattutto prevedeva l'implementazione della produzione a celle e, conseguentemente, lo spostamento della maggior parte dei macchinari presenti. In questo modo riuscimmo ad ottimizzare la maggior parte dei processi, minimizzando lo spostamento di materiali e operatori e riducendo in questo modo il tempo di produzione per ciascuna tipologia di prodotto presente nel portfolio aziendale.

4.3 PQ Analysis

Il primo passo che è stato compiuto per la definizione delle famiglie di prodotto da assegnare a ciascuna cella è stato quello di svolgere una *“Product-Quantity Analysis”*, che consiste sostanzialmente nel definire l’impatto che ciascun prodotto avrà sulla produzione dell’azienda, in base alle previsioni di domanda future. In questo modo è stato possibile generare un Diagramma di Pareto che ci permise di evidenziare quali linee di produzione avrebbero avuto il maggior impatto nel prossimo futuro, al fine di suddividerle su celle diverse e bilanciare in questo modo la produzione.

Durante questa fase del progetto ebbi la possibilità di collaborare con il dipartimento commerciale, che mi permise di avere la visibilità sulla previsione di domanda di ciascun prodotto per l’anno seguente. Fu una fase molto stimolante, poiché si discostava molto dalla realtà che ero stato abituato a conoscere, ovvero quella più operativa dell’officina, ma altrettanto interessante in quanto rappresentava una sezione dell’azienda più strategica e legata alla pianificazione sul medio-lungo periodo.

4.4 Process Matrix and Part Family definition

Il passo immediatamente successivo alla *PQ Analysis* fu la definizione di una chiara *Product-Process Matrix (PPM)*.

Questa tipologia di analisi fu introdotta per la prima volta da Robert H. Hayes and Steven C. Wheelwright all’interno di due articoli pubblicati nel 1979 sull’ *Harvard Business Review* e intitolati *“Link Manufacturing Process and Product Life Cycles”* e *“The Dynamics of Process-Product Life Cycles”*. Essa consiste nel creare uno strumento visuale che permette di evidenziare con facilità tutte le relazioni esistenti tra i diversi passaggi del processo produttivo. Il risultato di questa analisi viene poi spesso utilizzato per facilitare l’identificazione di colli di bottiglia del processo, di cause di inefficienza o, come nel nostro caso, di tratti di processo simili tra diverse tipologie di prodotto.

La nostra analisi nello specifico si concentrò sul comprendere il ciclo di produzione di ciascun prodotto dell'azienda. Per fare ciò, dovetti entrare in contatto con il reparto di *Manufacturing Engineering* che mi aiutò a creare una matrice che presentava: come colonne tutte le tipologie di lavorazioni che era possibile effettuare nello stabilimento, mentre a ciascuna riga era assegnato un differente *Part Number*, ovvero il numero identificativo di ciascun prodotto facente parte dell'offerta dell'azienda (FIGURA 8). Per rendere la matrice ancora di più rapida e facile lettura, decidemmo di utilizzare un *color coding* particolare che ci permetteva di individuare immediatamente quali processi potevano essere raggruppati nelle diverse celle e quali invece, essendo magari comuni a molte lavorazioni diverse, dovevano essere posizionati strategicamente in modo che potessero essere condivisi tra più celle.

# Parte	Nome parte	Macchina	Processo	Programma	Domanda 2020	% sulla domanda del 2020	§	TWIN 65	Banchi	ACIER	Pegatrice	Laboratorio NDT	ACIER	Controllo	Banchi	Banchi
							Tornitura fresatura completa	Tornitura filettatura fresatura 2 denti	Spazzolatura	Taglio spira	Piegatura dentino	Controllo peggatura	Taglio dentino	Controllo dimensionale	Sbavatura	Scritturazione
127960	NO-BACK SPRING	EFA/EMBRAER	2982	76,23%	1a	27								1b	2	5,1
162067-1	NO-BACK SPRING	GLOBAL	840	21,47%	1a	64								1b	2	3
145668-1	NO-BACK SPRING	DASH-8	83	2,12%	1	42		2	3	4	5	6			7	4,9
123186	NO-BACK SPRING	G27J	6	0,15%												
147289-1	NO-BACK SPRING	EH101	1	0,03%												

FIGURA 8: ESEMPIO DI PROCESS-PRODUCT MATRIX

Una volta completata questa fase dell'analisi, fummo finalmente in grado di finalizzare la suddivisione in celle dell'intera produzione, individuando sei celle di produzione differenti.

4.5 Spaghetti Chart

Una volta definite le celle di produzioni, ci concentrammo sulla creazione del cosiddetto *Spaghetti Chart* (FIGURA 9).

Questo tipo di analisi applicata al settore manifatturiero permette di mappare e visualizzare tutti i flussi fisici di materiale. Operativamente viene solitamente utilizzato un layout dello stabilimento sul quale vengono fisicamente tracciati tutti i movimenti che un prodotto, o una famiglia di prodotti, compie dal magazzino materie prime fino a quello di prodotti finiti, evidenziando lungo il percorso le diverse fasi di trasformazione, i punti di stoccaggio, i controlli di qualità e tutte le altre informazioni necessarie.

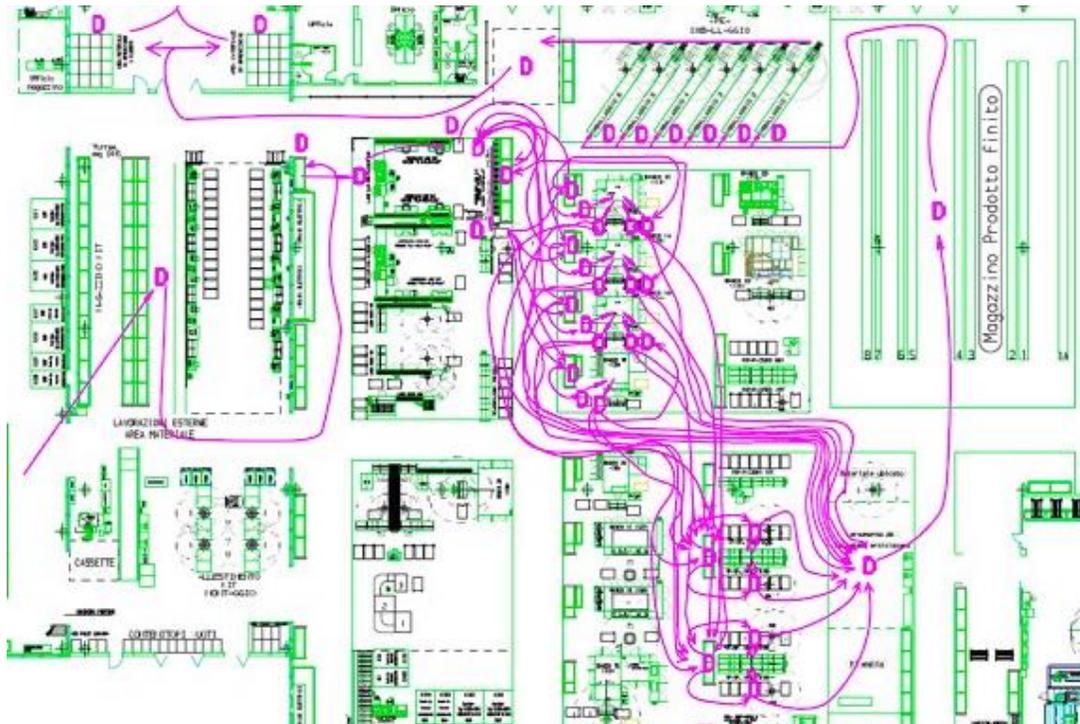


FIGURA 9: ESEMPIO DI SPAGHETTI CHART

Nello svolgere questa analisi, ci rendemmo conto che l'attuale disposizione dei macchinari non ottimizzava il ciclo produttivo, dal momento che presentava moltissime movimentazioni di materiale inutili e ripetute. Inoltre ci rendemmo conto che una lavorazione speciale che doveva

essere svolta da un particolare macchinario presente in un magazzino adiacente, era comune a molte famiglie di prodotti. Questo particolare processo consisteva nell'eseguire alcuni trattamenti chimici particolari ai diversi materiali, in modo da conferirgli a ciascuno determinate proprietà. Essendo che ogni prodotto doveva essere trattato in maniera differente, intuimmo che unire l'idea di creare un layout a celle con l'introduzione di una produzione a lotti (*One Batch Flow*), poteva ottimizzare questo particolare processo.

La scelta del processo produttivo da utilizzare viene spesso sottovalutata e spesso non vengono tenuti in considerazione determinati parametri che sono invece fondamentali per riuscire a soddisfare la domanda del cliente e assicurarsi un vantaggio competitivo nei confronti della concorrenza.

I principali fattori chiave che tenemmo in considerazione per la scelta del *One Batch Flow* come processo produttivo furono i volumi e la varietà di prodotti finiti. Come la teoria ci insegna, la crescita dei volumi è inversamente proporzionale alla varietà di offerta dell'azienda; e questa relazione ci permette di creare una matrice in cui andare a identificare alcuni sistemi produttivi principali (FIGURA 10).

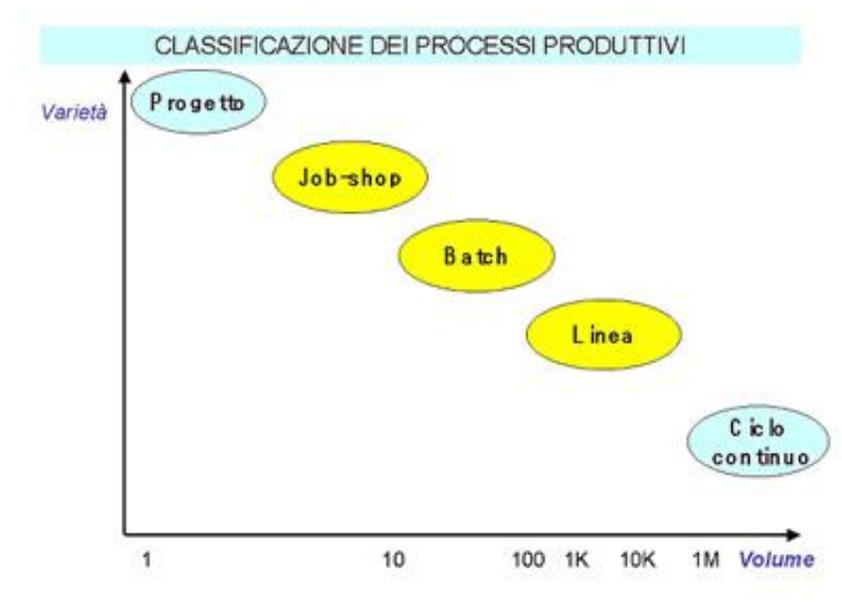


FIGURA 10: MATRICE VARIETÀ-VOLUME

4.6 Time Observation

Il passo successivo fu uno dei più complessi da portare a termine di tutta l'analisi, ovvero la cosiddetta *Time Observation*. Nello specifico questo strumento permette di documentare con precisione un intero processo andando a misurare in maniera empirica la durata di ciascuna attività. La principale difficoltà in questa fase era rappresentata dal fatto che fino a quel momento le attività non erano ben suddivise tra i diversi operatori, generando quindi molta confusione all'interno del processo produttivo specialmente per qualcuno che come me si affacciava a quella realtà produttiva per la prima volta. Inoltre in questa fase mi sono scontrato per la prima volta con il fattore umano che fa parte dell'azienda e sulla difficoltà nella gestione di tali risorse. Infatti quasi tutti gli operatori appena venivano approcciati per il cronometraggio dell'attività che stavano svolgendo, assumevano immediatamente un atteggiamento molto diffidente. Era quindi necessario spiegare esattamente quello che in cui consisteva l'attività, specificando che l'azione non era assolutamente volta a verificare quanto tempo ci impiegavano a svolgere quella parte del processo produttivo, ma che l'obiettivo era quello di migliorare le loro condizioni di lavoro.

Questa fase del progetto fu incredibilmente interessante per quanto mi riguarda, dal momento che come accennato in precedenza questo era il mio primo approccio nei confronti del personale che lavorava sul floor. Fino a quel momento infatti non mi era mai capitato di considerare anche il fattore umano dell'azienda, ma tutte le analisi e lo sviluppo del progetto aveva come unico scopo quello di minimizzare gli sprechi e aumentare la produttività. In quel momento però mi resi conto che, seppur fossero due obiettivi fondamentali, non potevano essere i soli a essere considerati. Infatti in un'azienda, specialmente manifatturiera come quella del caso in esame, può ottimizzare fino alla perfezione tutti i propri processi e possedere i macchinari migliori che ci sono a disposizione, ma la base fondante dovrà sempre essere lo sviluppo e il benessere di coloro che quei processi e quei macchinari li fanno funzionare, ovvero i lavoratori.

4.7 Fase di Analisi

A questo punto del progetto ebbe inizio la parte più pratica e analitica che fu svolta interamente nell'arco di una settimana, la cosiddetta "*Leadership Week*". Durante questa settimana il team di cui facevo parte poté concentrarsi interamente su questo progetto, sfruttando anche l'aiuto di un collaboratore esterno ingaggiato dall'azienda in quanto esperto di metodologie Lean.

La Fase di Analisi consisteva quindi nell'utilizzare tutti i dati raccolti fino a quel momento per individuare la migliore soluzione possibile e ipotizzare quali sarebbero stati i risultati che avremmo potuto ottenere. La prima metrica che prendemmo in considerazione fu il Take Time.

4.7.1 Calcolo del Takt Time

Il Takt Time innanzitutto è un termine tedesco e definisce il ritmo che la produzione dovrebbe mantenere per garantire di poter soddisfare la domanda del cliente. Per poter calcolare tale valore è necessario conoscere, per un determinato orizzonte temporale, il tempo lavorativo a disposizione (al netto quindi di pause e/o manutenzioni programmate) e la domanda che si dovrà soddisfare in quello stesso periodo.

Una volta ottenute queste informazioni dai reparti di produzione e vendite, fummo in grado di stimare il Takt Time che ciascuna cella doveva seguire per garantire i livelli di produzione che chiedeva l'azienda.

Definito quindi il Takt Time, lo step successivo fu quello di valutare quali processi era necessario avere in ciascuna cella. Questo era necessario in quanto dovevamo verificare se il tempo ciclo di qualche operazione superava il takt time definito in precedenza, in modo da riuscire ad identificare i processi produttivi che dovevamo velocizzare per evitare che diventassero colli di bottiglia dell'intera cella.

Per velocizzare eventuali processi prendemmo principalmente due strade: o la sostituzione del macchinario interessato con un macchinario simile ma più veloce e/o performante, oppure dove era possibile l'affiancamento di due operatori che lavorassero in parallelo all'interno della stessa cella produttiva. Queste due soluzioni combinate ci permisero di portare i tempi ciclo di ciascuna attività al di sotto dei rispettivi Takt Time delle celle di cui facevano parte.

Inoltre, essendo che alcuni dei macchinari principali dovevano essere condivisi tra diverse celle poiché erano presenti nei cicli produttivi di differenti famiglie di prodotti, analizzammo anche la percentuale di saturazione di ciascuno di essi. Il nostro obiettivo fu quello di raggiungere un grado di saturazione per ciascun macchinario che fosse compreso tra l'85% e il 90%, in modo da non sotto-sfruttare nessun macchinario ma allo stesso tempo mantenere un margine di sicurezza in caso di guasti o *down time* imprevisti.

4.7.2 Ottimizzazione degli operatori

Al fine di completare la fase di Analisi, fu necessario non solo assicurarci che ogni macchinario mantenesse un tempo ciclo inferiore al *Takt Time* della propria cella di riferimento e che allo stesso tempo avesse il giusto grado di saturazione, ma anche che tutti gli operatori all'interno delle diverse celle produttive fossero ottimizzati.

Riprendemmo quindi in mano lo *Spaghetti Chart* che avevamo creato in precedenza e lo aggiornammo secondo il nuovo layout che avevamo intenzione di implementare. In questo modo fummo in grado di ricalcolare quali sarebbero state le effettive distanze che gli operatori avrebbero dovuto compiere in ciascuna cella e, di conseguenza, le tempistiche necessario a svolgere ciascun spostamento o operazione. Il risultato fu sintetizzato in un grafico riportato parzialmente nell'immagine seguente (FIGURA 11):

Directions

1. Sum the manual, walk and wait time for each operator as identified in the Capacity Analysis.
2. Enter manual, walk and wait time for each Operator below.
3. Enter the takt time in cell B14. Be sure the value entered matches the units used below (i.e., seconds, minutes, etc.)

FUTURE STATE

	A 56%	B 71%	C	D	E	F	G	H	I
Manual	17,7	22,0							
Walk	0,0	0,5							
Wait	9,0	0,0							
Takt Time 1 shift	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
Takt Time 2 shift	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0
Takt Time 3 shift	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
	56%	71%							

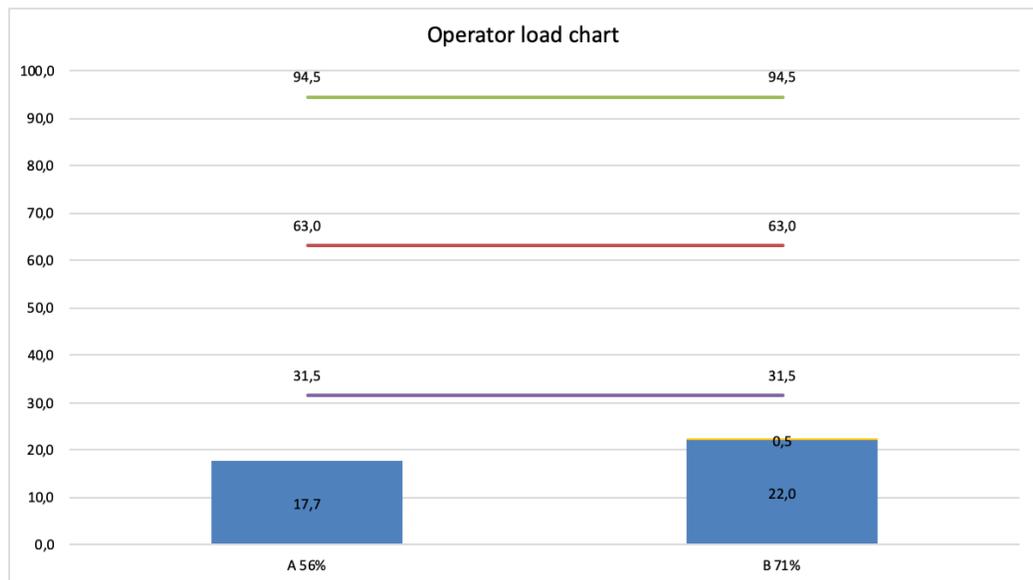


FIGURA 11: ESEMPIO DI OPERATOR LOAD CHART

Come si può facilmente notare dal grafico sopra riportato (nel quale per facilità di lettura si è voluto riportare un esempio composto solamente da due operatori appartenenti alla stessa cella), quello di cui volevamo assicurarci era che ciascun lavoratore avesse un grado di saturazione ottimale compreso tra il 50% e il 75%, senza però che questo comportasse un tempo di lavorazione che superasse il *Takt Time* della cella di appartenenza.

Inoltre un altro aspetto importante di cui volevamo assicurarci era che ciascun operatore all'interno delle diverse celle fosse bilanciato in termini di carico di lavoro, in modo tale da garantire maggior fluidità possibile a tutti i processi produttivi dell'azienda.

Per raggiungere questo obiettivo fu necessario quindi determinare tutte le attività che ciascun operatore avrebbe dovuto svolgere durante il turno di lavoro, non considerando solo il tempo passato a lavorare sul prodotto vero e proprio, ma a tutte le fasi della lavorazione.

Solitamente le fasi che vengono distinte all'interno di un qualsiasi processo produttivo sono:

- la trasformazione materiale o fisico-tecnica di beni in altri beni (come nella produzione industriale; ad esempio: dal legno al mobile) e la prestazione di servizi (ad esempio: il trasporto di beni);
- il trasferimento dei beni nello spazio;
- il trasferimento dei beni nel tempo attraverso lo stoccaggio o la conservazione per rendere i beni disponibili per il consumo nel momento più opportuno;
- l'adattamento quantitativo che consiste nel riunire piccole partite di beni o nel frazionare grandi quantitativi di prodotti per soddisfare le esigenze dei consumatori.

Tutte le fasi di tutte le produzioni furono quindi preventivamente identificate e costituirono *i mattoni* con cui il reparto apposito impostò in seguito i cicli. Una fase identifica quindi la singola operazione da compiere, e di ciascuna di essa fu necessario identificare le seguenti caratteristiche:

- La *durata*, espressa in secondi, con precisione più o meno elevata in base alle esigenze.
- La *macchina* utilizzata per espletare l'operazione.
- L' *operatore* necessario per gestire il lavoro o il *terzista*, se si tratta di una lavorazione esterna.
- La *lista di attrezzi*, utensili e/o strumenti da utilizzare.
- Il codice prodotto del *semilavorato* ottenuto al termine della fase.

I vantaggi che si possono raggiungere tramite questa specifica configurazione sono i seguenti:

- Linea continua con flusso a pezzo unico
- Basso lead time
- Bassa giacenze di semilavorati
- Elevata flessibilità. Facilità di regolazione al variare del takt time
- Minore necessità di spazio

La nostra idea era quella di sfruttare questa tipologia di cella in modo da trasformare l'intera officina creando una serie di layout simmetrici e paralleli tra di loro. Questo per permettere a operatori che lavoravano in celle differenti di ritrovare sempre comunque il medesimo ordine di lavorazione, ma anche per poter utilizzare su celle diverse gli stessi macchinari che dovevano essere utilizzati in più cicli produttivi. Questa soluzione ci permise quindi contemporaneamente di aumentare la flessibilità dei lavoratori all'interno dell'azienda e contemporaneamente anche di contenere i costi di implementazione.

Nel realizzare questa differente struttura per ciascuna cella di produzione abbiamo dovuto tenere conto di alcuni fattori, in particolare:

- Le celle ad "U" devono essere predisposte per operatori in piedi. Sul pavimento all'interno della "U" devono essere piazzati dei tappetini imbottiti per ridurre la fatica dell'operatore.
- Le postazioni di lavoro devono essere realizzate con criteri ergonomici. I movimenti devono essere brevi, coordinati e facili.
- Le postazioni di lavoro devono avere dei supporti per almeno due contenitori standard per ogni parte utilizzata.
- Ciascuna scatola deve contenere materiale per almeno 30 minuti.
- Devono essere altresì previsti supporti per contenitori vuoti.

Le uniche lavorazioni che rimasero escluse da questo re-layout furono ovviamente le lavorazioni chimiche, le quali andavano svolte in un settore apposito dell'azienda e che per motivi di sicurezza non potevano essere inserite all'interno delle celle di lavorazione.

Ciò nonostante studiammo comunque un modo per ottimizzare questa tipologia di lavorazione. Poiché risultava essere molto lunga e dispendiosa anche in termini di set up dei macchinari, capimmo che per ottimizzarla non era possibile svolgere due lavorazioni diverse all'interno dello stesso turno di lavoro. Per questo motivo creammo un calendario specifico dove ogni cella di produzione che aveva all'interno del proprio ciclo una di queste lavorazioni "speciali" aveva uno specifico giorno della settimana e orario in cui inviare un intero lotto nel reparto apposito. Questo ci permise di ottimizzare i cambi di set up dei macchinari, essendo che gli operatori che lavoravano nel dipartimento non dovevano più basarsi su quello che gli arrivava dall'officina, ma sapevano sempre in anticipo quale prodotto sarebbe arrivato in reparto e, di conseguenza, sapevano quale lavorazione sarebbero dovuti andare a svolgere.

4.9 Implementazione

Purtroppo non mi fu possibile seguire in prima persona la parte di implementazione, a causa della durata limitata del mio tirocinio all'interno dell'azienda. Inoltre la maggior parte dei lavori era possibile svolgermi esclusivamente durante i periodi di chiusura aziendale, al fine di impattare il meno possibile la produzione e limitare quindi l'impatto economico per la compagnia.

Quello che potemmo anticipare fu l'acquisto di tutti i macchinari aggiuntivi e dei mezzi che erano necessari per implementare il nuovo layout. Mi interfacciai quindi con l'ufficio responsabile degli acquisti per individuare i diversi fornitori e emettere i rispettivi ordini d'acquisto.

In secondo luogo feci notare l'importanza di anticipare quali sarebbero stati i futuri cambiamenti ai lavoratori. Proposi quindi di appendere in diverse zone nevralgiche dell'officina

delle piante di come si sarebbe trasformato lo *shop floor*. Successivamente organizzammo dei *focus group*, ovvero degli incontri tra il team che aveva lavorato al re-layout e gruppi di circa una decina di lavoratori per volta, in cui andavamo ad esporre le principali differenze che ci sarebbero state e come queste avrebbero facilitato il lavoro degli operatori e migliorato le condizioni di lavoro. Questa fase ritengo che fu determinante in quanto ci permise di far digerire molto più facilmente il cambiamento alle persone che sarebbero state maggiormente coinvolte ed interessate e che erano quelle più difficili da convincere della bontà del progetto, in quanto erano abituate a lavorare in un determinato modo da molto tempo e non vedevano effettivi motivi validi per cambiare le loro abitudini e routine lavorative.

4.10 Controllo

Come anticipato in precedenza, non mi fu possibile assistere alla fase di implementazione del progetto. Ritenemmo comunque importante, per rimanere fedele alla metodologia Lean utilizzata fino a quel momento, progettare in anticipo gli strumenti che avremmo utilizzato per la fase di controllo dei risultati ottenuti.

Infatti successivamente alla prima applicazione delle soluzioni progettate, queste è importante che vengano sottoposte ad un monitoraggio nel tempo per verificare la sostenibilità di quanto realizzato ed eventualmente approfondire cosa non ha funzionato. In questa fase occorre riprendere le attività di analisi delle cause dei problemi per individuare cosa deve essere fatto per superare le difficoltà o le anomalie che ancora persistono. I dati raccolti in questa fase sono poi fondamentali per i processi di miglioramento continuo.

In questa fase utilizzammo due strumenti principali: lo *Standard Work Combination Sheet* e lo *Standard Work Chart*. Questi due strumenti, combinati tra di loro e insieme all' *Operator Load Chart*, formano il cosiddetto *Triplets*.

Questi tre documenti vengono utilizzati solitamente dal Supervisore di Produzione per tenere traccia di tutte le principali metriche della cella di produzione e verificare che il processo

proceda come previsto. Per questo motivo questi documenti vengono compilati ed aggiornati costantemente, in modo da intercettare immediatamente eventuali criticità ed anticipare eventuali problematiche.

Per quanto riguarda lo *Standard Work Combination Sheet* (FIGURA 13) si compone di una lista di tutte le singole attività svolte da ciascun operatore all'interno di una determinata cella di produzione. Di fianco ad esse viene indicata poi il corrispondente tempo necessario al suo completamento, suddiviso in tempo di lavorazione manuale, tempo di lavorazione automatica e tempo di trasporto. Sulla destra del grafico si riportano quindi i dati in maniera visuale, in modo da rendere i dati di più facile lettura. Nel grafico viene rappresentato, come visto in tutti gli strumenti utilizzati, il *Takt Time* al fine di essere sicuri che le attività all'interno della cella non vadano mai oltre al tempo previsto.

L'ultimo documento che preparammo fu lo *Standard Work Chart* (FIGURA 14). Questo grafico mostra i movimenti dell'operatore all'interno della cella e la posizione di tutti i macchinari e dei materiali. È importante che il documento mostri l'esatta sequenza di come il lavoro andrà svolto, al fine di standardizzare le attività e assicurarsi che il risultato venga sempre raggiunto nei tempi e alla qualità necessari.

Standardized Work Combination Table

Standardized Work Combination Table		From: Get SS tube (raw)	Date: June 8, 2004	Number units per shift: 600	Hand Walk																
		To: Place finished line to container	Area: Truck Cell	Takt Time: 40 sec.	Auto																
Work Elements	Time (sec.)			Seconds												2x Takt					
	hand	auto	walk	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		65	70	75	80	85
1	Get SS tube, place to bender	3																			
2	Get bent tube, place to Assembly I	3																			
3	Get connector, place and clamp	4																			
4	Get hose, place	4																			
5	Start Assembly I cycle	1																			
6	Get finished piece, attach convolute	6																			
7	Place to Assembly II fixture	5																			
8	Get hose, LH ferrule, assemble	4																			
9	Place to fixture, clamp	3																			
10	Get RH ferrule, assemble to hose	3																			
11	Place and clamp	3																			
12	Get valve, place to fixture	3																			
13	Start Assembly II cycle	1																			
14	Get finished piece, place to fixture (and so on)	5																			
Totals					5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85

FIGURA 13: STANDARD WORK COMBINATION SHEET

Standardized Work Chart

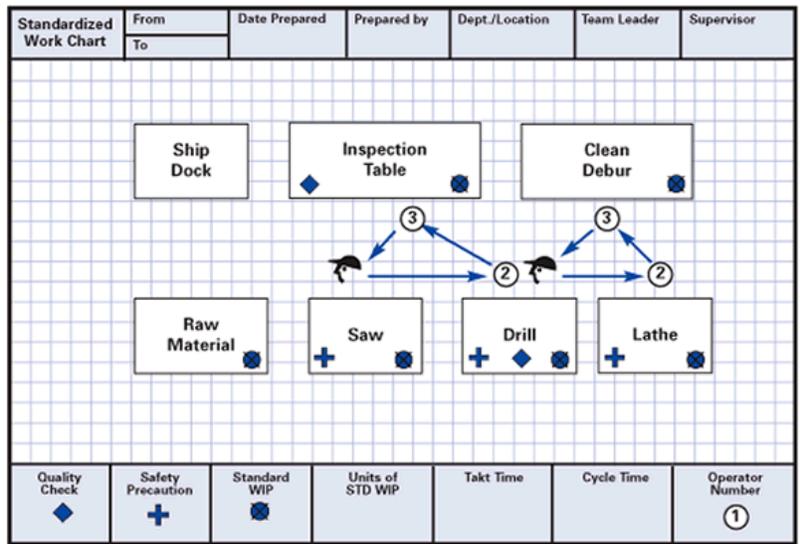


FIGURA 14: STANDARD WORK CHART

5. Risultati ottenuti

Volendo andare ad analizzare i risultati ottenuti con il progetto esposto in questo elaborato, essi sicuramente possono essere suddivisi in due macro insiemi basandoci sull'impatto che hanno avuto sulla vita aziendale.

Il risultato più evidente fu sicuramente quello con impatto più a breve termine, ovvero l'aumento della produttività, generato da una riduzione degli sprechi e conseguentemente dei costi. Un'analisi costi-benefici fu condotta dal dipartimento finanziario dell'azienda, all'interno della quale comparivano come voci di costi le spese per l'acquisto di nuovi materiali e lo spostamento dei macchinari già esistenti, ma che vedeva pendere l'ago della bilancia prepotentemente dal lato dei benefici in quanto oltre ai miglioramenti citati poco sopra, questa nuova filosofia di lavoro permetteva al sistema di regolarsi secondo una logica "pull" limitando così gli sprechi e potendosi concentrare maggiormente sulla qualità del prodotto finito.

Inoltre un altro aspetto che ebbe un impatto positivo sull'ambiente di lavoro fu un generale miglioramento delle condizioni di lavoro. Questo fu raggiungibile grazie a indicazioni più chiare, una suddivisione dei compiti maggiormente definita e un aumento della flessibilità degli operatori nel ricoprire mansioni differenti.

Infine anche l'introduzione di aree di lavoro standardizzate, univocamente definite attraverso la metodologia delle 5s, concorse nel garantire una maggiore sicurezza e ordine all'interno di tutto lo *shop floor*.

L'aspetto che però mi preme di più sottolineare come risultato ottenuto è il cambio di filosofia che avvenne all'interno dell'azienda in quel periodo. Infatti l'approccio utilizzato durante lo sviluppo del progetto e il coinvolgimento che siamo riusciti ad ottenere da parte degli operatori di magazzino, permise all'azienda di incontrare molte meno difficoltà durante la fase di implementazione. Inoltre questo cambio culturale fu molto sentito all'interno dell'officina e in particolare modo dagli operatori, che sposarono appunto per primi questa nuova filosofia di lavoro, dandoci preziosi spunti di miglioramento e garantendo con la loro condotta che il progetto ottenesse i risultati sperati.

6. Conclusione

A conclusione di questa relazione di tirocinio, vorrei concentrare l'attenzione sui risultati che personalmente ho ottenuto e sugli obiettivi che l'azienda ha raggiunto nel periodo del mio apprendistato.

Innanzitutto dichiaro la mia soddisfazione a fronte del mio ingresso nel mondo del lavoro verso cui ho dato risposte adeguate e congrue alle circostanze. Nonostante questa esperienza lavorativa sia stata per me la seconda, avendo fino ad allora frequentato quasi esclusivamente il mondo accademico ad eccezione fatta per un'altra brevissima esperienza di tirocinio precedente, mi sono ritrovato perfettamente inserito nelle dinamiche e negli obiettivi dell'azienda, per merito del clima collaborativo aziendale e dei colleghi con i quali mi sono relazionato durante il mio percorso permettendomi di lavorare in modo più motivato e sereno.

In secondo luogo vorrei anche esprimere la mia soddisfazione per i risultati che ho conseguito durante questo tirocinio sia a livello didattico che materiale. Se infatti da un lato ho potuto apprendere in maniera più approfondita e contestualizzare in un caso concreto le nozioni che già avevo studiato durante il percorso accademico, dall'altro ho avuto modo di aiutare con il mio lavoro l'azienda a raggiungere alcuni obiettivi che si era prefissata nel breve periodo.

In conclusione posso ritenermi molto soddisfatto dall'esperienza vissuta e sono sicuro che l'opportunità che ho avuto mi ha permesso, oltre di apprendere nuove conoscenze, di consolidare la mia esperienza sia professionale che personale e potrà rappresentare una solida base per la mia futura carriera lavorativa.

7. Bibliografia e Sitografia

7.1 Bibliografia:

- James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos – “The Machine that changed the World” – 1991
- Hines Peter, Rich Nick – “The seven value stream mapping tools” – 1997
- Kent Beck, Robert C. Martin, Martin Fowler – “Manifesto for Agile Software Development” – 2001
- Nomden G. – “Virtual Cellular Manufacturing: relevance and development of heuristics for family-based dispatching” – 2011
- King P. L., King J. S. – “Value Stream Mapping for the process industries: Creating a Roadmap for Lean Transformation” – 2015
- Willmott P., Quirke J. – “Maintenance & Operational Performance” – 2016
- Scattola Alessia – “Lean Management nelle aziende di processo” – 2018
- Roberta Foderà – “Lean e Agile: come affrontare incertezza e complessità in contesti aziendali” – 2019

7.2 Sitografia:

- <https://www.sixsigmadaily.com/how-a-product-process-matrix-ppm-visually-helps-manage-relationships/>
- <https://www.productplan.com/glossary/product-process-matrix/>
- <https://agilemanifesto.org/iso/it/manifesto.html>
- <https://twoproject.com/blog/it/lean-e-agile-differenze-e-similitudini/>
- <https://www.sistemieconsulenze.it/pdca-ciclo-di-deming/>
- <https://opexlearning.com/resources/standardized-work-combination-sheet/23675/>
- <https://www.logisticamente.it/Articoli/5810/i-processi-produttivi-classificazione-e-strategie/>
- <https://www.felicepescatore.it/alm/142-lean-e-agile-similitudini-e-differenze>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835204001998>