



Politecnico di Torino

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA E AEROSPAZIALE - DIMEAS
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Analisi ed ottimizzazione di attrezzaggio, programmazione e flusso produttivo di macchine a controllo numerico

*Analysis and optimization of tooling, programming
and production flow of CNC machines*

Candidato
Fabio De Girolamo
Matricola 238257

Relatrice
**Chiar.ma Prof.ssa
Daniela Anna Misul**

Anno Accademico 2017-2018

Alla mia Famiglia

Indice

1. Introduzione	1
2. L'azienda Camel S.p.A.....	3
2.1. Prodotti della Camel S.p.A.....	5
2.2. Descrizione del contesto aziendale.....	8
3. Analisi reparto produttivo.....	10
3.1. Organizzazione attuale del reparto meccanico.....	10
3.2. Analisi sperimentale dei tempi di attrezzaggio e programmazione.....	14
3.2.1. Analisi di 6 botole lavorati presso la ML90.....	14
3.2.2. Analisi di 58 blocchetti lavorati presso la Parpas P10.....	18
3.3. Analisi MATLAB degli oggetti lavorati, registrati durante l'anno 2017	23
3.4. Analisi MATLAB degli oggetti lavorati, registrati nell'arco di 2 mesi (12 marzo/12 maggio 2018)	25
3.5. Analisi valori mediati in un anno	27
3.6. Inefficienze di maggiore impatto.....	28
3.7. Possibili soluzioni al problema: Scheduling, CAM e SMED	29
4. Studio di schedulazione ed ottimizzazione del flusso produttivo	30
4.1. Metodo SPT.....	30
4.2. Riorganizzazione del flusso produttivo	31
4.3. Programmazione di tabella Excel standardizzata ed automatizzata per reparto Meccanica	32
4.4. Programmazione di file MATLAB per la pianificazione e la gestione delle commesse	34
4.5. Utilizzo di Tabelle e grafici Pivot.....	34
4.6. Pianificazione reparto Carpenteria	36
4.7. Implementazione di programma online per la gestione del flusso degli oggetti in produzione	37
5. Ottimizzazione dei tempi di programmazione: CAM	39
5.1. Incontro con rappresentante CAM.....	41
5.2. Potenzialità offerte da un CAM.....	42
5.3. Offerta economica	43
5.4. Valutazione del Pay Back Period	44
5.5. Alternativa al CAM: programmazione al PC con emulatore di linguaggio ISO.....	46
6. Ottimizzazione dei tempi di set-up.....	47
6.1. La metodologia SMED del WCM	47

6.1.1.	1 ^a fase: Analisi.....	49
6.1.2.	2 ^a fase: Conversione IED in OED.....	50
6.1.3.	3 ^a fase: Modifiche di processo.....	50
6.1.4.	4 ^a fase: Ottimizzazione IED	51
6.2.	Analisi attrezzaggio macchine.....	51
6.3.	Semplificazione delle operazioni di set-up	53
6.3.1.	Dispositivi One-Turn	54
6.3.2.	Dispositivi One-Motion	56
6.3.3.	Interlocking Methods.....	58
6.4.	Miglioramenti ottenibili	61
7.	WORLD CLASS MANUFACTURING	63
7.1.	Total Productive Maintenance.....	65
7.1.1.	1° principio: Monitorare e migliorare l'Efficienza Globale degli Impianti.....	66
7.1.2.	2° principio: Sviluppare la manutenzione autonoma.....	67
7.1.3.	3° principio: Sviluppare la manutenzione preventiva.....	69
7.1.4.	4° principio: Sviluppare la manutenzione migliorativa	69
7.1.5.	5° principio: Prevenire la manutenzione.....	69
7.2.	Lean Manufacturing.....	70
7.2.1.	Sovraproduzione.....	71
7.2.2.	Tempo	72
7.2.3.	Scorte	72
7.2.4.	Trasporti.....	72
7.2.5.	Movimenti	73
7.2.6.	Difetti	73
7.2.7.	Processi	73
7.3.	Le 5S	74
7.4.	Indicatori di prestazione per la produzione Camel SpA	75
8.	Conclusioni e sviluppi futuri.....	78
	Bibliografia	80
	Appendice 1	81
	Appendice 2	82
	Appendice 3	84
	Appendice 4	86
	Appendice 5	92
	Ringraziamenti.....	107

1. Introduzione

Il seguente studio nasce dall'esigenza di rendere più efficiente il sistema produttivo aziendale attraverso un utile ammodernamento. L'obiettivo è permettere all'azienda CAMEL SPA di mantenere la posizione di leader a livello italiano ed europeo nella progettazione e costruzione di impianti di automazione e robotizzazione nel settore automotive.

Ad oggi la CAMEL primeggia nel proprio settore in quanto riesce a consegnare ai propri clienti un prodotto customizzato, adattato alle singole esigenze che vengono analizzate e soddisfatte a partire dall'offerta tecnico/commerciale, realizzata prima dell'apertura della commessa interna.

La relazione tra industria e nuove tecnologie è un rapporto complesso, delicato, che si regge su equilibri spesso instabili. Questo perché innovare nell'industria equivale, in molti casi, a spezzare uno status quo e una organizzazione consolidata che nel passato sembra aver funzionato sempre nel modo migliore, garantendo crescita dei profitti e fatturato. L'innovazione, specialmente in un tempo in cui tecnologie rivoluzionarie stanno penetrando sempre più la vita quotidiana, viene quindi vista spesso con diffidenza dai vertici aziendali, anche di realtà di grandi dimensioni e con una solida tradizione. D'altro canto, se si resta al palo nella corsa all'innovazione si rischia di restare indietro in un mercato che evolve con ritmi sempre più serrati e nelle direzioni più varie.

Il cambiamento che stiamo vivendo ha una portata epocale, al punto da essersi guadagnato il significativo appellativo di Quarta Rivoluzione Industriale, che vede la nascita di modelli, strategie e paradigmi nuovi: la cosiddetta Industria 4.0. Generalmente considerata come un processo che culminerà in una nuova concezione dell'industria, dallo sviluppo di nuovi prodotti e servizi, alla ricerca e innovazione, fino alla validazione e alla produzione, con il minimo comune denominatore costituito da un alto grado di automazione e interconnessione. In un tale scenario economico, con un'incalzante concorrenza industriale, risulta fondamentale attuare una serie di misure preventive, volte a rendere più efficiente il sistema produttivo, riducendo gli sprechi, individuando gli aspetti migliorabili e attuando politiche aziendali tendenti all'ammodernamento e all'innovazione.

Dopo aver programmato e realizzato un'attenta analisi sia computerizzata che sperimentale del sistema produttivo, si è proceduto individuando gli aspetti migliorabili che, modificandoli opportunamente, potessero aumentare l'efficienza e la flessibilità aziendale.

Successivamente si è proseguito con una ricerca delle migliori soluzioni attuabili, facendo attenzione ad individuare quelle maggiormente calzanti per il tipo di produzione richiesto

dall'azienda, basato non su una produzione di massa, ma su progetti adattabili, versatili e customizzabili da parte del cliente.

Nell'ottica del miglioramento dell'efficienza produttiva e di una produzione snella e flessibile si è cercato di seguire l'approccio del World Class Manufacturing, modello in grado di supportare aziende nella ricerca delle opportunità di crescita partendo dalle inefficienze che ne limitano il flusso del valore.

Si è tentato di sperimentare e mettere in pratica alcune delle soluzioni proposte per verificarne l'efficienza ed individuare eventualmente ulteriori aspetti migliorabili.

Infine, sono stati presentati altri spunti di miglioramento produttivo provenienti direttamente dal WCM che, se implementati correttamente, potrebbero dare valore aggiunto alla struttura aziendale riducendo gli sprechi ed aumentando l'efficienza produttiva.

È importante considerare come chiave di lettura del progetto, la difficoltà incontrata nello svolgimento del percorso richiesto dall'azienda, spesso ostacolato a causa della forte resistenza di un sistema statico nei confronti del cambiamento e del miglioramento.

2. L'azienda Camel S.p.A.



Figura 1: Stabilimento Camel SPA

CAMEL S.p.A. è una società che da oltre 50 anni agisce nell'ambito della meccanica, leader a livello italiano ed europeo nella progettazione e costruzione di impianti di automazione e robotizzazione nel settore automotive.

La società, costituita a Torino nel 1954 dal comm. Lino ZECCHINI, con il nome di "CIFA" S.r.l., si impegna nella progettazione e costruzione di attrezzature meccaniche di precisione. Tra i primi clienti l'Alitalia, che commissionò la costruzione di attrezzature a terra di vario genere per i caccia militari F 104 e G 91.

Negli anni seguenti allarga le proprie esperienze nel campo aeronautico, dimostrando la propria flessibilità e qualità, collaborando alla costruzione del primo satellite spaziale italiano, l'ELDO.

Nel 1961 viene fondata la CAMEL S.p.A., e la sede della società viene spostata nella periferia industriale della Città di Torino.

Un forno per la ricottura dell'alluminio; il primo ambizioso successo della nuova società. L'affermazione sulla scena italiana, l'esperienza, la duttilità ed il dinamismo della società si traducono in progetti ambiziosi e variegati, di prototipazione di prodotti hi-tech con alto contenuto di sicurezza e performance, che ancora oggi resistono come oggetti da collezione.

Inizio anni '70; la prima linea completamente automatizzata per pistoni, realizzata per la Mondial Piston.

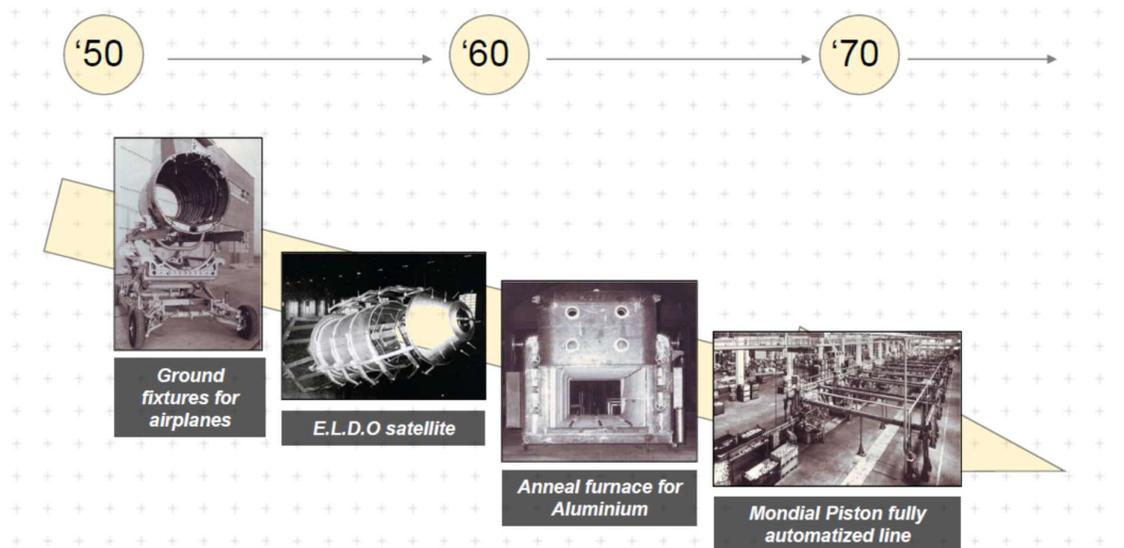


Figura 2: Sviluppo storico della Camel SPA

Gli anni successivi, fino ad i giorni nostri, segnano un continuo ampliamento ed un saggio consolidamento della struttura dei clienti e dei prodotti.

La società, con un capitale sociale di 774.685 euro ha assunto una dimensione internazionale grazie alla flessibilità, al dinamismo ed alla puntualità del servizio, guadagnando la stima e la collaborazione di alcuni tra i principali costruttori automobilistici europei come FIAT, PEUGEOT, CITROEN, RENAULT.



Figura 3: Aziende partner

Il lungo e intenso impegno di Camel S.p.A. sulla strada della qualità e della sicurezza certificate ha storicamente, tra le sue tappe salienti, il lavoro continuo ed instancabile di dialogo con marchi prestigiosi, a livello nazionale ed internazionale. Questi hanno sempre spinto la società verso il miglioramento delle varie funzioni aziendali, pretendendo e monitorando periodicamente che la perfetta organizzazione si traducesse in un prodotto affidabile e di alta qualità, soprattutto in un campo in cui ogni minima imprecisione si traduce in perdita di grosse cifre di denaro.

2.1. Prodotti della Camel S.p.A.

I principali prodotti legati all'automazione sono i seguenti: trasportatori, trasportatori a portale, aree robotizzate, applicazioni speciali e sistemi di filtrazione industriale.

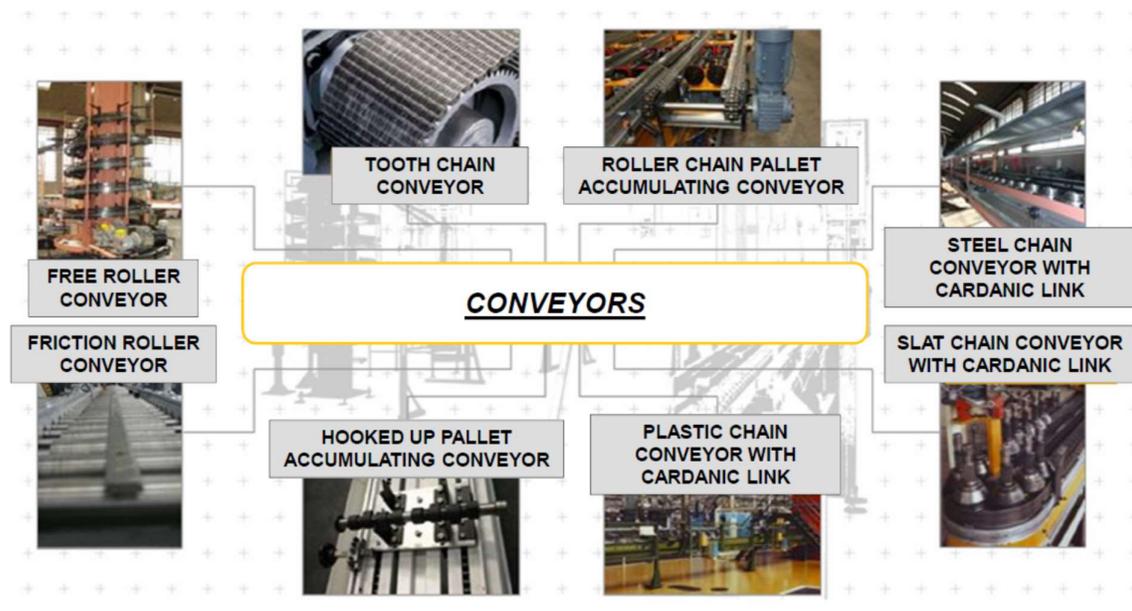


Figura 4: Trasportatori Camel



Figura 5: Trasportatori a portale Camel

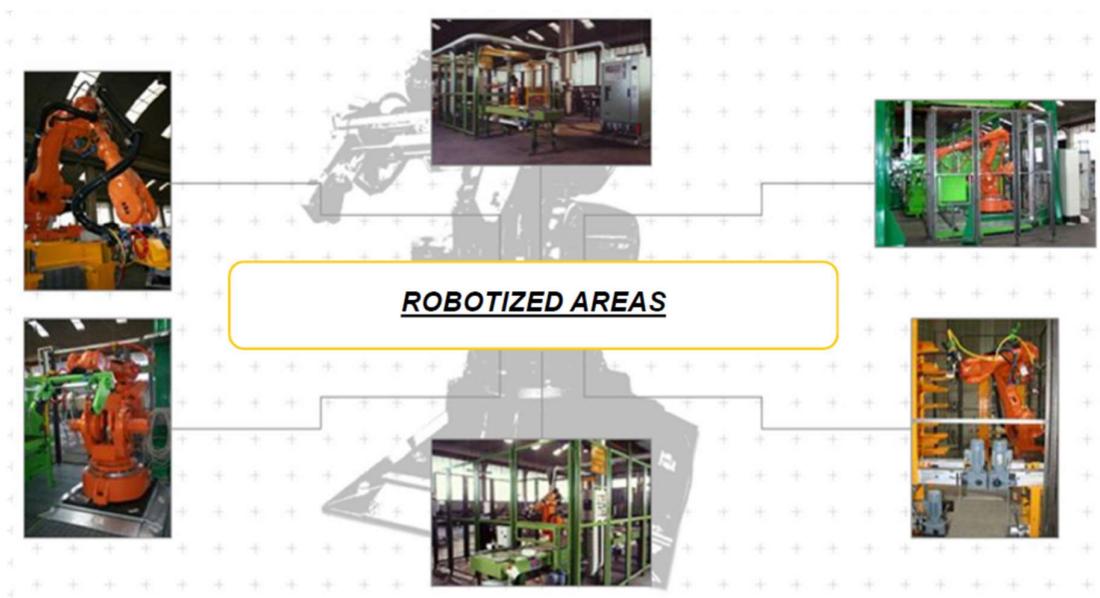


Figura 6: Aree robotizzate Camel



Figura 7: Applicazioni speciali Camel



Engineering & Manufacturing of fully automated Coolant Filtration Systems

Figura 8: Sistemi di filtrazione industriale Camel

Il passaggio al sistema di qualità certificato secondo la UNI EN ISO 9001, allegato in Appendice 1, è stato quindi una naturale conseguenza che testimonia l'impegno di Camel S.p.A. a svolgere tutte le attività e, in particolare, lo sviluppo dei prodotti, la commercializzazione, la produzione e l'assistenza tecnica con i seguenti obiettivi:

- soddisfare le esigenze dei clienti e supportare la loro attività;
- migliorare di continuo prodotti e servizi per mantenerli ai più alti livelli del mercato;
- migliorare l'efficienza dell'organizzazione aziendale.

I prodotti sono personalizzati secondo le particolari esigenze del cliente, ma composti da moduli e componenti standard sin dal 1991.

La strada della standardizzazione ha garantito ai clienti dell'azienda:

- Affidabilità;
- Alto grado di precisione;
- Semplificazione tecnica e funzionale;
- Ottimizzazione dei costi;
- Tempi di consegna ridotti;
- Personalizzazione;
- Eliminazione dei problemi di fornitura delle parti di ricambio.

2.2. Descrizione del contesto aziendale

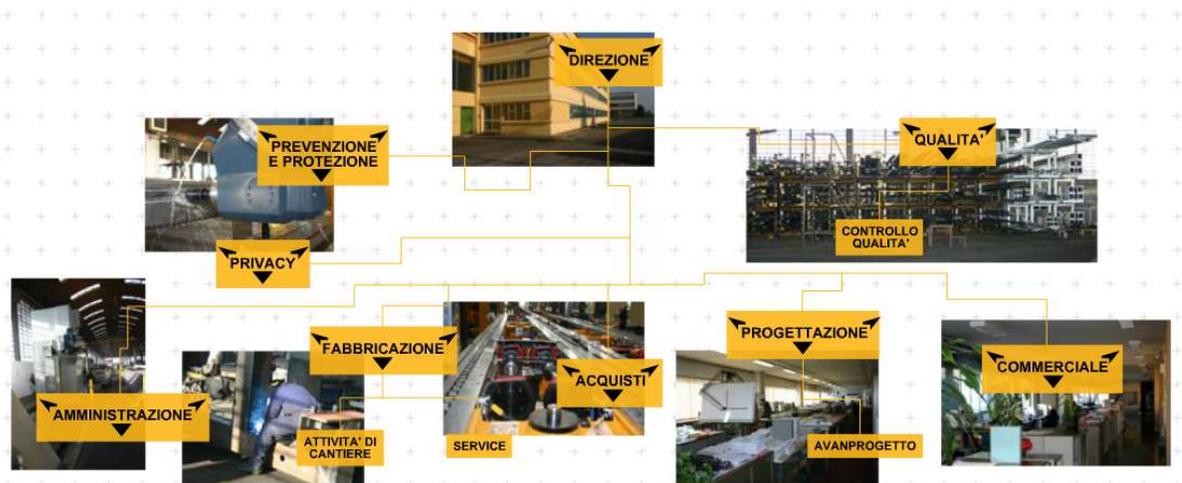


Figura 9 Struttura aziendale

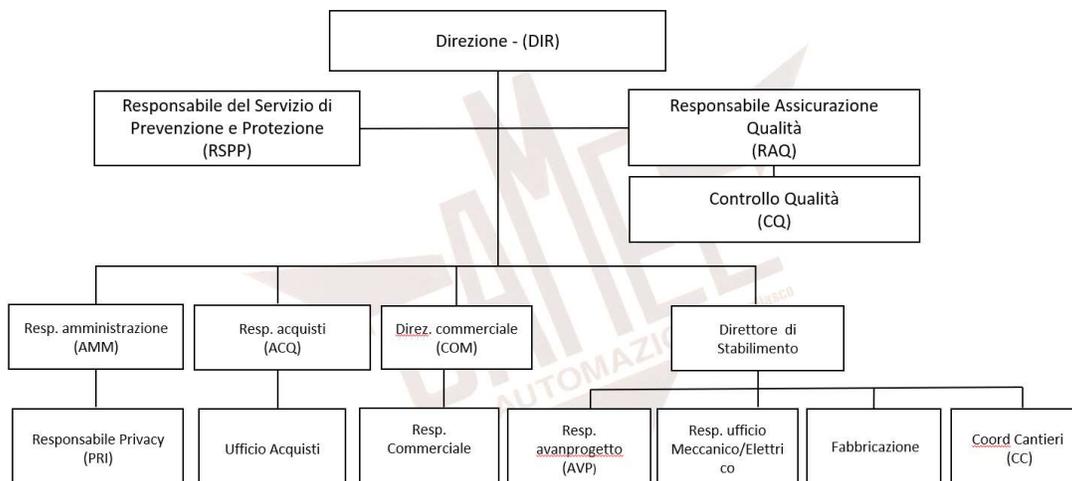


Figura 10: Organigramma aziendale

La compresenza di tutti i reparti aziendali, in figura 9 e figura 10, permette un'evoluzione completa del prodotto attuabile internamente che segue progettazione, fabbricazione, montaggio ed implementazione.

La mia esperienza si è soffermata sul reparto di fabbricazione ed ho avuto la possibilità di assistere, seguire e vivere le dinamiche interne di un comune contesto aziendale, caratterizzato da professionalità, esperienza, determinazione e voglia di progredire, ma anche da disguidi, scontri interni e resistenza al cambiamento.

La necessità di migliorare, di aggiornarsi e di seguire l'onda di evoluzione tecnologica in atto ormai da decenni, viene spesso sminuita e ritenuta inutile e minacciosa da parte di chi è abituato a lavorare alla stessa maniera da anni e, non sentendone il bisogno, non ha avuto modo di sperimentare metodi alternativi.

La resistenza al cambiamento nasce dal timore di abbandonare un metodo consolidato e certo che assicura un noto e fisso rendimento, per andare in una direzione nuova con prospettive di crescita, mettendo in atto metodologie e tecniche scientificamente provate, ma differenti.

Risulta difficoltoso dunque coinvolgere e convincere questi membri del sistema che lo sviluppo tecnologico e l'innovazione aziendale non sono un mezzo per rendere maggiormente complicato il loro modo di lavorare ma, al contrario, uno strumento per facilitare e rendere più efficiente ed efficace il loro operato a parità di tempo, sforzi e con migliori condizioni.

3. Analisi reparto produttivo

La scelta di analizzare il reparto produttivo deriva da una necessità aziendale, emersa per la crescente customizzazione dei prodotti proposti dalla CAMEL AUTOMAZIONI SpA.

L'obiettivo è quello di individuare le criticità accumulate nel corso degli anni di lavoro, analizzarle e proporre delle soluzioni pratiche che permettano di fare una maggiore efficienza sul sistema.

Dopo aver preso coscienza del metodo organizzativo e produttivo, basato su sistemi migliorabili, si è scelto di studiare gli aspetti basilari del flusso produttivo.

Lo studio si è soffermato sullo scheduling organizzativo, sul reparto produttivo di lavorazioni meccaniche con macchinari CNC e sul reparto carpenteria.

3.1. Organizzazione attuale del reparto meccanico

L'organizzazione del reparto produttivo vede l'ufficio fabbricazione gestire e coordinare i reparti produttivi di stabilimento: reparto carpenteria, reparto meccanica, montaggio, verniciature e magazzino.

Attualmente il reparto meccanico è organizzato nel seguente modo: vi è un responsabile addetto alla gestione del reparto e una serie di operai specializzati e non specializzati, ciascuno addetto alla gestione di un macchinario differente.

Il responsabile della meccanica coordina ogni lavorazione, indicando a ciascun operatore il modo in cui effettuarla, consigliando la metodologia di staffaggio del pezzo e, in caso di operatore non specializzato, programmando il macchinario a controllo numerico.

La programmazione dei macchinari avviene sempre a bordo macchina, manualmente, con macchina ferma.

Il parco macchine aziendale è costituito da una serie di macchine tra cui troviamo:

- Centro di lavoro PARPAS P 10A;



Figura 11: Centro di lavoro PARPAS P 10A

- Centro di lavoro PARPAS P 11A;



Figura 12: Centro di lavoro PARPAS P 11A

- Fresatrice OMV BPF 4-3600;



Figura 13: Fresatrice OMV BPF 4-3600

- Fresatrice PARPAS SL-75;



Figura 14: Fresatrice PARPAS SL-75

- Fresatrice/alesatrice I.M. PARPAS ML90;



Figura 15: Fresatrice/alesatrice I.M. PARPAS ML90

- Tornio parallelo FIMP ALFEUCCIO;
- Tornio parallelo CMT URSUS 250 PLUS;
- Rambaudi MS3;
- Rambaudi MS3-P;
- Filettatrice SERR MAC MDR 16;
- Lapidello FAVRETTO.

I primi cinque macchinari elencati sono dei CNC di recente generazione e sono stati sottoposti ad analisi, poiché ritenuto che non fossero sfruttati al 100% delle loro potenzialità. L'ordine di lavorazione dei job è sempre stato gestito esclusivamente per priorità, senza un criterio scientifico che puntasse all'efficienza ed alla saturazione del parco macchine.

Il responsabile della Meccanica, incaricato di registrare il preventivo delle ore di lavoro necessarie a completare ogni singolo oggetto nel suo reparto, compilava tabelle Excel in modo non finalizzato alla raccolta dati, rendendo difficoltosa l'analisi decisionale da parte dell'ufficio produzione.

3.2. Analisi sperimentale dei tempi di attrezzaggio e programmazione

Si è scelto di seguire fisicamente lo sviluppo di alcune lavorazioni effettuate su due famiglie differenti di macchine. In particolare, si è seguito il ciclo di lavoro di 6 botole eseguito presso la ML90 e il ciclo di 58 blocchetti presso la P10. In questo modo è stato possibile dare evidenza agli aspetti critici previsti.

È stata creata una tabella Excel apposita in cui sono stati inseriti i dati rilevati riguardanti il tipo di operazione, il tempo impiegato, l'informazione se l'operazione è svolta internamente (mentre la macchina è ferma, IED: Inside Exchange of Die) o esternamente (OED: Outside Exchange of Die), gli utensili utilizzati e i possibili miglioramenti consigliati dall'operatore durante l'operazione.

3.2.1. Analisi di 6 botole lavorati presso la ML90



Figura 16: Botola da lavorare

1	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Movimentazione grezzi da magazzino a bordo macchina	5	IED	Carroponte	



Figura 17: Movimentazione con carro ponte

2	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Posizionamento punti di fissaggio. Durante l'operazione si è trovata difficoltà per la presenza di impurità nei filetti della vite che impediscono l'avvitamento del dado.	45	IED	Squadra, metro, chiavi ad L, perni a testa esagonale, rondelle, tasselli.	Posizionarli in parallelo ad altri punti di fissaggio sulla banchina, senza rimuovere i primi per eventuali altre lavorazioni. Alternativa, utilizzare una maschera che consenta un fissaggio più rapido.

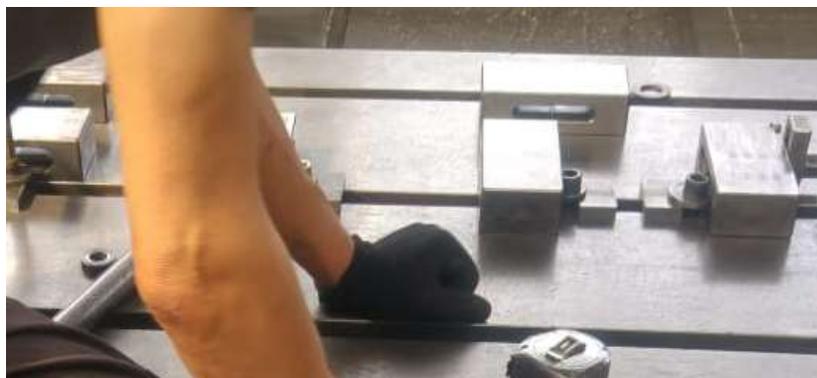


Figura 18: Posizionamento punti di fissaggio

3	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Movimentazione grezzo da bordo macchina e posizionamento in macchina.	15	IED	Carroponte	
4	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Staffaggio	15	IED	Staffe, chiave inglese, viti, dadi, rondelle, martello	Utilizzo di fissaggi rapidi



Figura 19: Staffaggio pezzo

5	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Programmazione	10	IED		CAM
6	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Lavorazione con interruzione per vibrazioni pezzo: spianatura di due superfici, foratura.	2	OED	Fresa, punta da trapano	

7	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Riposizionamento staffaggio per vibrazioni elevate durante la lavorazione. Aggiunta di due staffe.	10	IED	Staffe, chiave inglese, viti, dadi, rondelle, martello	
8	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Lavorazione	40	OED		
9	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Rimozione staffe	10	IED	Staffe, chiave inglese, viti, dadi, rondelle, martello	
10	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Rimozione pezzo da banchina macchina, posizionamento in magazzino e pulizia con aria compressa	10	IED	Carroponte	

3.2.2. Analisi di 58 blocchetti lavorati presso la Parpas P10



Figura 20: Blocchetti da lavorare

1	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Programmazione lavorazione fori effettuata da responsabile meccanica e azzerramento	30	IED		CAM
2	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Limatura superficie pezzo: rimozione delle imperfezioni sulle superfici	0,2	OED	Lima, pietra d'india	



Figura 21: Limatura superficie pezzo

3	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Posizionamento pezzo in macchina e fissaggio nella morsa. Colpo su superficie pezzo con martello per assicurare precisione di contatto.	2	IED	Morsa, martello, chiave tubolare	Morsa con blocchetti calibrati per posizionare il pezzo con maggiore precisione senza l'utilizzo del martello, che può danneggiare il pezzo.



Figura 22: Fissaggio pezzo in morsa

4	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Lavorazione n°1: foratura	10			
5	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Rimozione pezzo con pulizia ad aria compressa	1	OED	Morsa, chiave tubolare	

6	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI
	Azzeramento manuale macchinario per seconda lavorazione	4	OED	Centratore	Puntale di referenza meccanico



Figura 23: Azzeramento

7	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Selezione utensili per lavorazione	6	IED		
8	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Azzeramento manuale utensili	5	OED	Centino	

9	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Programmazione lavorazione asole effettuata da responsabile meccanica	20	IED		CAM
10	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Lavorazione di prova con errore nel programma durante il funzionamento	2			L'errore umano nel programma è stato provocato dalla programmazione manuale a bordo macchina. Il CAM eviterebbe questo tipo di errori.



Figura 24: Pezzo da scartare per errore lavorazione

11	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Risoluzione errore programmazione	20	IED		
12	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Limatura superficie pezzo: rimozione delle imperfezioni sulle superfici	0,2	OED	Lima, pietra d'india	

13	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Posizionamento pezzo in macchina e fissaggio nella morsa. Colpo su superficie pezzo con martello per assicurare precisione di contatto.	2	IED	Morsa, martello, chiave tubolare	
14	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Lavorazione n°2: foratura asole	15			
15	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Rimozione pezzo con pulizia ad aria compressa	1	OED	Morsa, chiave tubolare	
16	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	UTENSILI	MIGLIORAMENTI
	Individuazione e risoluzione di ulteriore errore nella posizione delle asole dovuta ad errore durante la programmazione.	20			CAM

Dall'analisi sperimentale effettuata, risulta evidente come le due famiglie di macchinari siano soggette a problematiche differenti.

La famiglia relativa alla Parpas P10 risente molto dei tempi di programmazione a macchina ferma e degli errori causati dall'utente, ma non dei tempi di set-up, brevi e spesso eseguiti come operazione interne.

La famiglia relativa alla ML90, al contrario, prevede notevoli tempi di attrezzaggio causati dalla movimentazione e fissaggio di elementi di grande dimensione. I tempi di programmazione non risultano onerosi in relazione a quelli di set-up, ma sono dello stesso ordine di grandezza delle altre famiglie.

3.3. Analisi MATLAB degli oggetti lavorati, registrati durante l'anno 2017

Per migliorare l'efficienza del reparto produttivo, si è deciso di individuare gli ulteriori aspetti critici. In particolare, avendo notato un eccessivo tempo di programmazione delle macchine e set-up degli oggetti lavorati nel reparto meccanica, con conseguente fermo macchina, si è deciso di approfondire l'analisi.

Dunque, si è proseguito lo studio effettuando un'analisi attraverso MATLAB dei tempi di setup e di programmazione delle macchine a controllo numerico dell'azienda, attingendo i dati dai preventivi delle ore necessarie alla lavorazione degli oggetti.

Questi, compilati dal responsabile della meccanica, sono stati reperiti dallo storico delle commesse del 2017. I tempi riportati sono previsioni compilate in un modo non predisposto all'analisi.

Il programma MATLAB realizzato è in grado di interfacciarsi con i singoli fogli ed estrapolare da ognuno le informazioni utili, nonché scrivere in automatico un nuovo foglio Excel contenente la totalità di queste informazioni.

È stato programmato un ciclo for che, aprendo in automatico ognuno dei 243 fogli Excel separati, individua le stringhe contenenti le parole SET-UP, PROGRAMMAZIONE, TOT e NUMERO DISEGNO, titoli delle colonne contenenti i dati di interesse, posizionate spesso in ordine differente. Successivamente, i singoli dati presenti nelle colonne individuate vengono convertiti in valore numerico, registrati ed ordinati in una matrice.

Di conseguenza si è aggiunta una funzione che inserisce il valore 0 ogni qual volta la casella dei tempi non sia compilata. Inoltre, dato che la colonna PROGRAMMAZIONE non è presente in ogni foglio, si è aggiunta un ciclo if che imposta una colonna di zeri ogni qual volta questa sia assente.

La tabella ottenuta, contenente l'elenco dei dettagli degli oggetti lavorati nell'arco di un anno, si registra in automatico su un nuovo foglio Excel, fornendo un unico storico semplice da gestire ed analizzare.

Per concludere il programma, una serie di comandi analizza direttamente i dati raccolti plottando una tabella riassuntiva con le informazioni richieste.

In Appendice 2 il listato di comandi necessari a svolgere tali operazioni.

Dall'analisi si sono ottenuti i seguenti risultati:

Numero items analizzati	Ore setup	Ore programmazione	Ore totali
1600	1165	754	8951

Percentuale ore setup [%]	Percentuale ore programmazione [%]	Percentuale ore setup e programmazione [%]	Percentuale ore lavorazione [%]
13	8,4	21,4	78,6

Tabella 1: Risultato analisi storico 2017

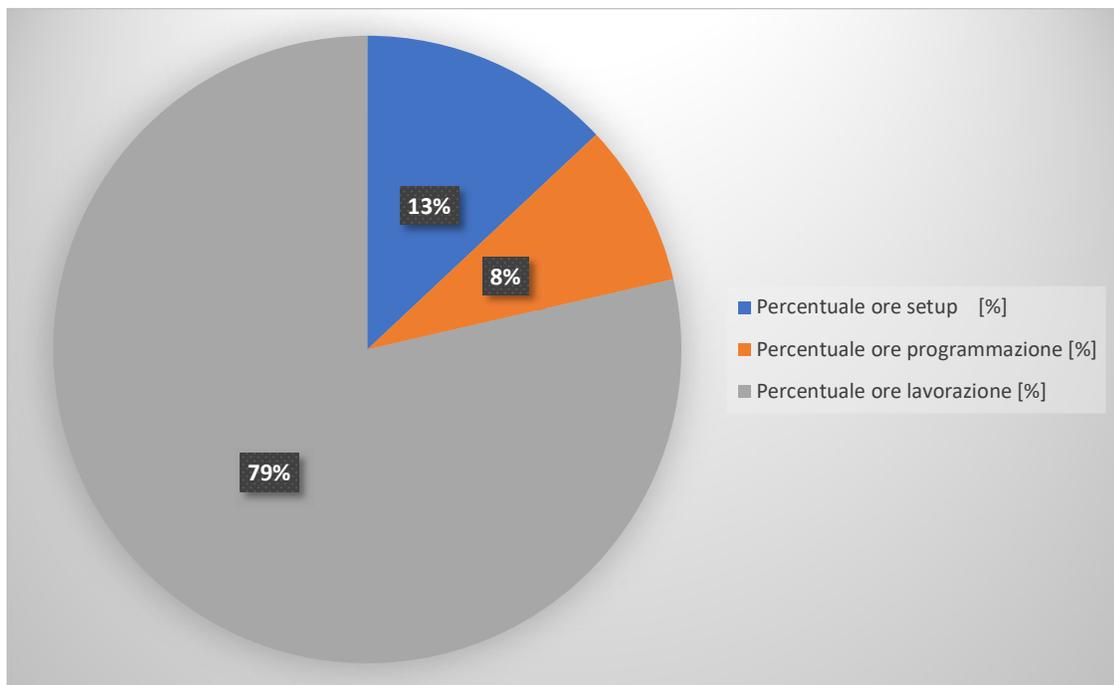


Figura 25: Risultato grafico analisi storico 2017

Considerando che le operazioni di set-up e di programmazione, fino ad ora sono state svolte a macchina ferma, 1919 ore (corrispondenti ad 80 giorni) nel 2017 di fermo macchina è una potenziale perdita economica su cui poter fare efficienza.

Questo dato però può essere non attendibile o riduttivo, considerando la difficoltà nel reperire la totalità dei tempi di lavorazione di ciascun oggetto lavorato in un anno, basandosi su tabelle

non predisposte ad un reperimento dati automatizzato. Anche il numero di items analizzati risulta estremamente riduttivo, poiché il reparto meccanica in un anno lavora molti più oggetti.

3.4. Analisi MATLAB degli oggetti lavorati, registrati nell'arco di 2 mesi (12 marzo/12 maggio 2018)

Rimarcando l'inaffidabilità dei dati reperiti nello storico del 2017, si è deciso di considerare i dati riferiti a due mesi (12 marzo /12 maggio 2018), i quali sono maggiormente affidabili poiché registrati periodicamente su nuove tabelle Excel standardizzate, realizzate appositamente per essere analizzate, e poiché la compilazione è stata monitorata con attenzione da parte del responsabile di produzione.

È stato creato dunque un ulteriore programma MATLAB che si interfaccia con i nuovi fogli standard, estrapolando in maniera più semplice, immediata e veritiera le ore di lavorazione preventivate.

Il programma funziona in modo simile al precedente, con la differenza che il ciclo for apre i singoli fogli di commessa registrati su un unico file.

In Appendice 3 è presente il listato.

Dall'analisi risultano i seguenti risultati:

Numero items analizzati	Ore setup	Ore programmazione	Ore totali
646	770	221	4520

Percentuale ore setup [%]	Percentuale ore programmazione [%]	Percentuale ore setup e programmazione [%]	Percentuale ore lavorazione [%]
17,0	4,9	21,9	78,1

Tabella 2: Risultato analisi storico marzo-maggio 2018

Il risultato dell'analisi ha portato ad un totale di 221 ore di programmazione (più di 9 giorni). In aggiunta si considerano i tempi di set-up estrapolati dalla stessa analisi, corrispondenti a 770 ore (32 giorni). Sia le operazioni di programmazione che di set-up considerate, vengono svolte esclusivamente a macchina ferma. Dunque, in 2 mesi di lavoro, considerando le 5 macchine principali, ognuna di esse mediamente è stata ferma in orario di lavoro per circa 44 ore a causa della programmazione manuale a bordo macchina in codice ISO. Lo stesso tempo di fermo vale per ogni operatore non specializzato associato alla singola macchina. A questo dato va aggiunto il tempo necessario al settaggio del macchinario, corrispondente a circa 154 ore di fermo macchina in orario di lavoro per ciascuna di esse. In totale dunque, su 320 ore lavorative a disposizione nell'arco di due mesi, ogni macchina è stata ferma mediamente per 198 ore (62% del tempo a disposizione).

SINGOLA MACCHINA

Ore setup (macchina ferma)	Ore programmazione (macchina ferma)	Ore disponibili al giorno
154	44	8

Ore disponibili in 2 mesi	Ore macchina in funzione	Percentuale ore sfruttate in due mesi rispetto alle disponibili [%]	Percentuale ore macchina ferma in due mesi rispetto alle disponibili [%]
320	121,8	38	62

Tabella 3: Risultato analisi su macchina singola

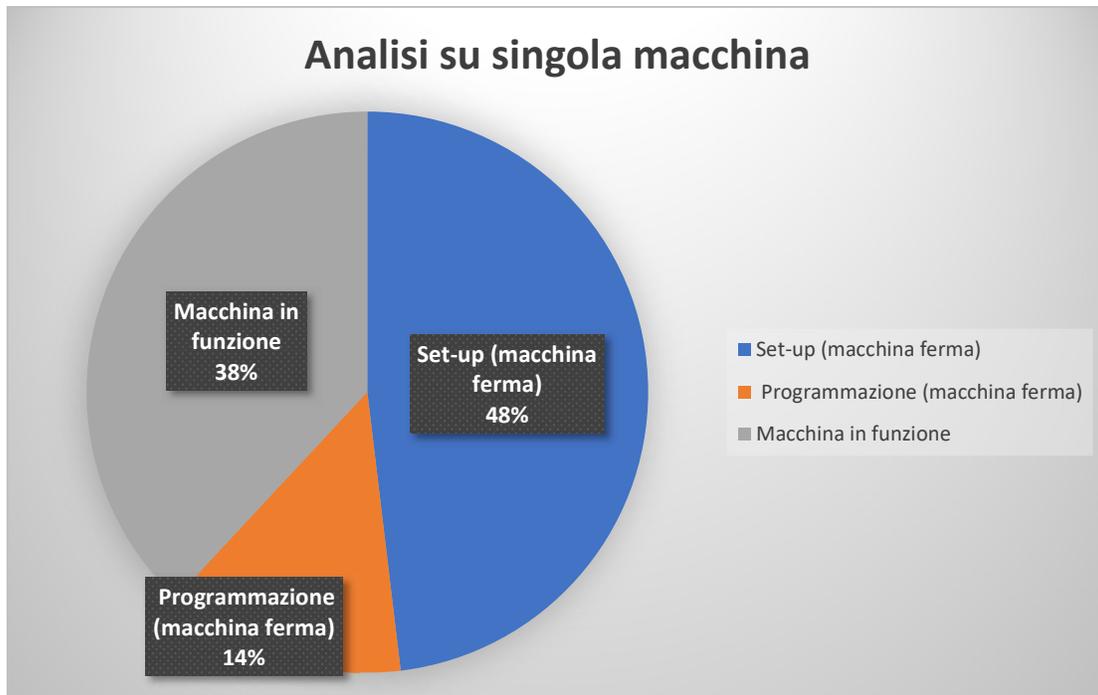


Figura 26: Risultato grafico analisi su macchina singola

3.5. Analisi valori mediati in un anno

Moltiplicando il risultato ottenuto per 6 (quindi considerando 12 mesi), è possibile ottenere i valori medi di ore in cui ciascuna macchina a controllo numerico presente in azienda rimane ferma durante il normale orario di lavoro nell'arco di un anno:

Numero items analizzati	Ore setup	Ore programmazione	Ore totali
3876	4617	1328	27118

Percentuale ore setup [%]	Percentuale ore programmazione [%]	Percentuale ore setup e programmazione [%]	Percentuale ore lavorazione [%]
17,0	4,9	21,9	78,1

Tabella 4: Risultato valori mediati in un anno

Riproponendo la medesima analisi riferita a due mesi, per dodici mesi, risulta dunque che, considerando le 5 macchine principali, ognuna di esse mediamente è stata ferma in orario di lavoro per circa 266 ore (33 giorni) a causa della programmazione manuale a bordo macchina in codice ISO. Va aggiunto il tempo necessario al settaggio del macchinario, corrispondente a circa 923 ore (115 giorni) di fermo macchina in orario di lavoro per ciascuna di esse. In totale dunque, su 1920 ore lavorative (240 giorni) a disposizione nell'arco di dodici mesi, ogni macchina è stata ferma mediamente per 1189 ore (148 giorni).

SINGOLA MACCHINA

Setup (macchina ferma)	Programmazione (macchina ferma)	Disponibilità in 12 mesi	Macchina in funzione
923 ore	266 ore	1920 ore	731 ore
115 giorni	33 giorni	240 giorni	91 giorni

Tabella 5: Tempi impiegati annualmente su macchina singola

Come si evince dai risultati dell'analisi, la programmazione manuale e il settaggio dei pezzi a macchina ferma, hanno un notevole impatto sull'efficienza del reparto produttivo.

Il parco macchine risulta fermo mediamente 148 giorni lavorativi l'anno.

3.6. Inefficienze di maggiore impatto

Dallo studio effettuato risulta evidente come la programmazione ed i set-up delle macchine CNC impatti notevolmente sull'efficienza di produzione, causando fermi macchina di notevole durata.

La programmazione manuale risulta inoltre soggetta all'errore umano con conseguente possibilità di fermo macchina per errori di lavorazione.

L'organizzazione del flusso produttivo, basata sulle priorità per emergenza, non permette una notevole flessibilità e rende difficile la pianificazione.

Questi aspetti, spesso ignorati poiché mai messi in evidenza fino ad ora, contribuiscono ad una perdita economica dell'azienda, o ad una mancata opportunità di guadagno.

3.7. Possibili soluzioni al problema: Scheduling, CAM e SMED

Per ognuna delle tre inefficienze di maggiore impatto si è effettuato uno studio finalizzato a proporre la soluzione più adatta a ciascun problema.

Si è identificato come soluzione all'organizzazione del flusso produttivo uno scheduling programmato e dettagliato, semplificato dall'ausilio di tabelle Excel standardizzate e di un apposito programma MATLAB.

La notevole quantità di tempo impiegata per effettuare la programmazione manuale dei CNC a bordo macchina, dovuta alla mole di particolari diversi tra loro che vengono lanciati in fabbricazione, l'errore umano spesso presente che può compromettere la lavorazione, sono due aspetti che potrebbero essere risolti con l'implementazione di un CAM che migliori la gestione del parco macchine aziendale.

L'elevato tempo impiegato per attrezzare i macchinari, a macchina ferma, potrebbe essere ridotto notevolmente seguendo i consigli della teoria SMED del World Class Manufacturing, che propone una serie di accorgimenti e l'utilizzo di strumenti sostitutivi o ausiliari.

4. Studio di schedulazione ed ottimizzazione del flusso produttivo

Dopo aver preso consapevolezza del metodo organizzativo di produzione aziendale, basato su priorità per emergenza, si è deciso di eseguire degli approfondimenti di scheduling e di planning produttivo.

4.1. Metodo SPT

Schedulazione vuol dire pianificare e programmare nel dettaglio delle attività stabilendone l'ordine e il momento dell'esecuzione.

Un problema di scheduling su macchina singola si basa sulla determinazione dell'ordine di processo degli n job sulla macchina (la quale può eseguire al più un job alla volta), noti i tempi di processo $p_j, j = 1, \dots, n$, degli n job. In questo modo si va ad ottimizzare una assegnata misura di prestazione regolare.

Si assume che:

- tutti i job sono disponibili all'istante $t = 0$;
- i tempi di processo p_j, \dots , sono noti con certezza;
- i job sono eseguiti senza interruzioni e senza intervalli vuoti tra di essi.

Il tempo di completamento (c) è l'istante in cui termina l'ultima operazione di un job, misurato a partire dall'istante 0.

Nel problema su una sola macchina, il tempo totale per completare tutti i job ($Cmax$) non dipende dall'ordinamento, è dato dalla somma dei tempi di processo dei singoli job.

Il tempo di completamento può essere scomposto nella somma di due contributi: $c_j = w_j + p_j$, dove w_j è il tempo di attesa del job j .

In assenza di date di consegna un indicatore di performance è il tempo di completamento medio dei job: $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_j$.

Questo parametro viene minimizzato classificando i job secondo un ordinamento crescente dei rispettivi tempi di lavorazione. Tale regola è detta SPT (Shortest Processing Time).

4.2. Riorganizzazione del flusso produttivo

Si è proposto di riorganizzare il flusso produttivo dei singoli oggetti seguendo la combinazione di priorità e regola SPT, ogni qual volta in cui non si presenti una emergenza di qualsiasi genere.

Quindi i singoli gruppi di ciascuna commessa, ordinati dal responsabile di fabbricazione per priorità, attraverseranno il flusso produttivo seguendo questo ordine. In aggiunta, i singoli oggetti di ciascun gruppo saranno lavorati seguendo il metodo SPT.

L'obiettivo è ottenere la maggior parte di oggetti nel minor tempo possibile, nell'ordine deciso dal responsabile, riuscendo a rispettare così le scadenze di consegna previste, mantenendo un elevato livello di flessibilità della produzione.

Il responsabile di produzione sarà attento alla scelta delle priorità, organizzando i gruppi e programmando il flusso produttivo in modo tale da facilitare il reperimento degli oggetti al Reparto Montaggio. È necessario che i montatori possano lavorare senza interruzione, ricevendo il materiale nell'ordine esatto.

La compresenza di più macchine a controllo numerico eterogenee nel Reparto Meccanica, consente agli elementi più piccoli di essere lavorati su macchine CNC differenti dalle altre che in parallelo lavorano gli oggetti più grandi, sui quali saranno montati i primi.

Dunque, si prevede di ottenere in contemporanea la disponibilità dei vari oggetti necessari al corretto ed ordinato montaggio.

Al fine di implementare tale metodo produttivo è stato necessario riorganizzare la registrazione degli items da lavorare su fogli Excel programmati, standardizzati e univoci.

In questo modo è stato possibile effettuare analisi dettagliate dei tempi necessari a completare le consegne prima delle scadenze e assegnare gli oggetti ai singoli centri di lavoro, in modo tale da saturare il parco macchine.

Il flusso produttivo è dunque partito secondo la combinazione di priorità per gruppi e schema SPT, producendo i singoli items in ordine crescente di ore di lavoro, ed i singoli gruppi di una commessa in ordine di priorità.

Tale organizzazione del flusso non limita affatto l'eventuale variazione dell'ordine di lavoro nel caso di una qualsiasi necessità.

4.3. Programmazione di tabella Excel standardizzata ed automatizzata per reparto Meccanica

Il responsabile della Meccanica, incaricato di registrare il preventivo delle ore di lavoro necessarie a completare ogni singolo oggetto nel suo reparto, compilava tabelle Excel in modo non consono ad un'analisi mirata a realizzare un planning da parte dell'ufficio produzione che tenesse conto dell'elevata flessibilità dell'azienda.

A causa di ciò si è deciso di standardizzare ed unificare i fogli da compilare, creando una tabella standard da poter replicare per ogni commessa. Tale tabella è automatizzata con funzioni che permettono un'immediata analisi della situazione produttiva ed una programmazione della produzione semplificata.

Sono state inserite una serie di celle contenenti funzioni matematiche, studiate appositamente per rendere automatico, efficiente ed immediato il calcolo di dati ed il reperimento di informazioni utili alla pianificazione del flusso produttivo. È possibile così conoscere in maniera automatica un gran numero di informazioni di interesse, quali ad esempio il carico di ore residue per commessa, per gruppo o per macchinario.

In ogni foglio è stata inserita una tabella riassuntiva che si compila automaticamente, fornendo a prima vista le informazioni di essenziale interesse.

Inoltre, per semplificare la compilazione dei fogli sono state aggiunte delle funzioni Macro, scritte in linguaggio Basic, accessibili ed utilizzabili dall'operatore in modo semplice cliccando su un pulsante. Un ulteriore pulsante associato a funzione macro permette il filtraggio degli items ancora da lavorare, ordinandoli automaticamente secondo lo schema SPT precedentemente illustrato.

Grazie all'utilizzo di tabelle e grafici Pivot è possibile inoltre interrogare singolarmente le macchine utensili e conoscere il carico di ore previsto. È possibile individuare subito i macchinari soprasaturi e prendere accorgimenti, come spostare alcuni oggetti e lavorarli in una delle altre macchine analoghe. In tal modo si procede alla saturazione delle macchine utensili disponibili in azienda, uno degli obiettivi principali del flusso produttivo.

Grazie alla programmazione di tale foglio si è ottenuta una doppia efficienza. Oltre a facilitare la registrazione degli oggetti in lavorazione nel reparto Meccanica da parte del responsabile, si è resa immediata l'analisi da parte dell'ufficio produzione.

Le tabelle Pivot, contenenti i job da lavorare in ordine crescente di tempo di lavorazione, vengono posizionate e aggiornate nei pressi di ciascun macchinario aziendale, dando un'informazione costante ed univoca all'operatore.

CAMEC CAMEC Automazioni S.p.A.		FILTRO ORE RESIDUE		RIORDINA		MODULO INSERIMENTO DATI										
n°	DATA	COMMESSA	GRUPPO	GRUPPO	NUMERO DISEGNO	QUANTITA'	MACCHINA	MATERIALE	DIMENSIONE GREZZO	ORE PROGR.	ORE SET-UP	ORE LAVORAZIONE	ORE TOTALI	ORE RESIDUE	DATA FINE LAVORAZIONE	NOTE
1	18/04/2018	697	STD 015-56-000_A										0	0		
2			STD 015-56-000_A	STD 015-55-002	2		e Fresatrice SL-75;	FE	LAM 170X370X50	0,5	3	13	16,5	16,5		
3			STD 015-56-000_A	STD 015-55-007	8		e Fresatrice SL-75;	FE	LAM 160X45X215	0,5	3	22	25,5	25,5		
4			STD 015-56-000_A	STD 015-55-010	4		e Fresatrice SL-75;	FE	LAM 230X20X280	0,5	3	15	18,5	18,5		
5			STD 015-56-000_A	STD 901-05-105	8		i Tornio CNC	MAGA	VITR.COMME.	0,2	0,5	3	3,7	3,7		
6			STD 015-56-000_A	STD 901-04-011	2		h Tornio tradizionale	C40	SCAFFALE MECC	0	0,2	1,5	1,7	1,7		
7			STD 015-56-000_A	STD 015-55-006_C	8		d Centro di lavoro P11A	ALL	ACQ	0,5	1	33	36,5	36,5		
8			STD 015-56-000_A	STD 015-56-004	4		c Centro di lavoro P10A	ALL	ACQ	0,5	1	12,5	14	14		
9			STD 015-56-000_A	STD 015-56-008_B	4		c Centro di lavoro P10A	ALL	ACQ	0,5	0,5	42	43	43		
10			STD 015-56-000_A	STD 015-56-011	4		c Centro di lavoro P10A	ALL	PIATT 80X50X135	0,1	0,5	3	3,6	3,6		
11			STD 015-56-000_A	STD 901-06-019_C	4		e Fresatrice SL-75;	ALL	ACQ	0,7	2	47	49,7	49,7		
12													0	0		
13													0	0		

Figura 27: Tabella Excel standardizzata ed automatizzata

	ORE TOT COMMESSA	908,35	ORE MANCANTI COMMESSA	788,3
NOTE	N° COMMESSA	697		
	DATA	GRUPPO	ORE TOT GRUPPO	ORE MANCANTI
	18/04/2018	STD 015-56-000_A	212,7	212,7
	18/04/2018	STD 016-01-000_B	22,7	22,7
	18/04/2018	STD 902-19-000	12,7	12,7
	18/04/2018	902-03-000	4,5	4,5
	19/04/2018	815-13-000_B	107,3	107,3
	19/04/2018	835-18-000	58,6	58,6
	20/04/2018	STANDARD	11,6	11,6
	21/04/2018	904-01-300	12,2	12,2
	21/04/2018	815-09-000_B	3,1	0
	24/04/2018	102-19-000	77,2	77,2
	24/04/2018	815-09-000	5,1	5,1
	24/04/2018	A 699-63-000	113,75	21,8
	26/04/2018	815-12-000_C	54,1	54,1
	26/04/2018	815-13-000_B	25	0
	05/05/2018	825-01-000_C	22	22
	05/05/2018	825-02-000_B	30,4	30,4
	05/05/2018	835-13-000	33	33

Figura 28: Sintesi di commessa su Tabella Excel standardizzata ed automatizzata

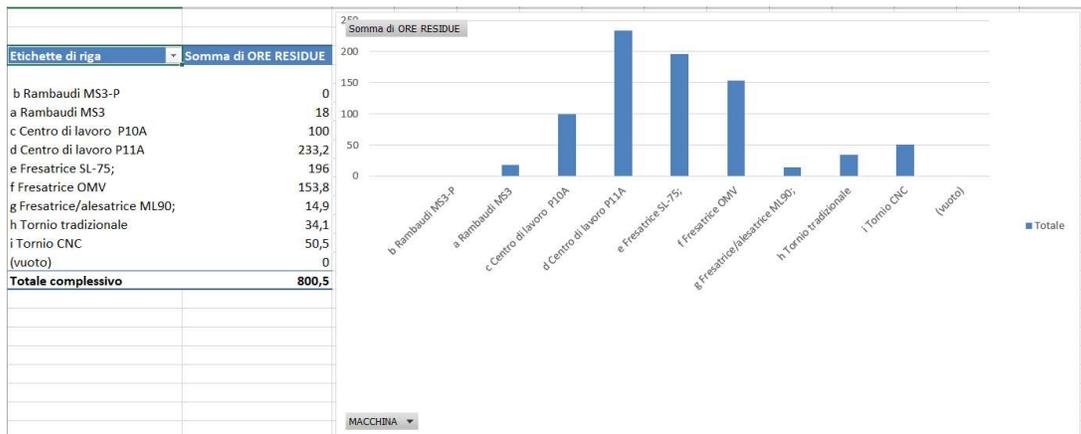


Figura 29: Grafico Pivot distribuzione ore macchinari

4.4. Programmazione di file MATLAB per la pianificazione e la gestione delle commesse

In ausilio alla tabella è stato creato un programma MATLAB che, interfacciandosi con i fogli Excel, permette di monitorare ed analizzare la situazione produttiva complessiva, facilitandone la pianificazione.

Per l'utilizzo tramite i terminali aziendali, il file “.m” è stato successivamente adattato per la lettura tramite GNU Octave, un'applicazione software gratuita per l'analisi numerica in gran parte compatibile con MATLAB.

Il programma, scritto in 250 righe di codice, è di semplice utilizzo per qualsiasi operatore. Quest'ultimo dovrà inserire solamente il nome delle commesse di interesse ed il programma, interrogando le tabelle Excel già compilate dal reparto meccanica, creerà in automatico un nuovo foglio Excel contenente la totalità degli oggetti ancora da lavorare, ordinati secondo la regola SPT.

Per la realizzazione del programma si è ricorso a funzioni MATLAB quali ad esempio “xlsread”, “xlswrite”, e cicli condizionali “if”.

La tabella Excel prodotta viene successivamente analizzata in modo analogo alle stesse del reparto meccanica. Possono essere infatti prodotte tabelle e grafici Pivot che forniscono una visione grafica della situazione complessiva delle commesse selezionate.

In Appendice 4 il programma Matlab convertito in formato leggibile da Octave.

4.5. Utilizzo di Tabelle e grafici Pivot

La tabella Excel ottenuta dal programma MATLAB, contenente la totalità degli items da processare, viene analizzata tramite tabelle e grafici Pivot.

Manipolando le etichette di riga e posizionandole secondo l'ordine più adatto, è possibile avere l'ordine preciso degli oggetti da lavorare in ogni macchina CNC aziendale.

Si consiglia di inserire nel riquadro “somma valori” le ore residue di lavorazione e di posizionare le etichette di riga secondo il seguente ordine:

1. Macchina;
2. Commessa;
3. Priorità;
4. Gruppo;
5. Numero disegno.

Per semplificare ulteriormente questa operazione è stato creato un foglio Excel aggiuntivo, chiamato “PIVOT”, sul quale è stata predisposta la tabella pivot come sopra indicato.

È necessario registrare il foglio del resoconto ottenuto con il nome “XPIVOT”, così che la tabella automatica si aggiorni e fornisca le informazioni di interesse.

In tal modo è possibile avere un resoconto funzionale della situazione produttiva, in cui viene visualizzata la totalità degli oggetti da lavorare ordinati sotto ciascun macchinario seguendo la combinazione di priorità e metodo SPT illustrata nel capitolo 4.2.

815-29-100	3,5
815-29-104	3,5
c Centro di lavoro P10A	18,6
681	18,6
15	5,5
695-20-000	5,5
695-20-002	5,5
18	2,7
815-29-000	2,7
815-28-003	2,7
21	2,5
695-50-000	2,5
695-50-003	2,5
24	7,9
815-29-100	7,9
815-29-112	1,4
815-28-003	2,5
815-29-102	4
d Centro di lavoro P11A	12,4
681	12,4
7	1,4
815-30-000	1,4
904-01-306_A	1,4
13	6,7
102-22-000	6,7

Figura 30: Tabella Pivot macchinari

La creazione di un Grafico Pivot permette un’ulteriore facilitazione nell’organizzazione della produzione, poiché consente una visione di maggiore impatto della situazione produttiva.

Anche in questo caso, manipolando le etichette di riga è possibile ottenere le informazioni grafiche di maggior interesse e modificare la collocazione di oggetti con il fine di saturare il parco macchine e rispettare le date di consegna previste.

La lettera associata a ciascun macchinario consente di ordinarli seguendo uno schema prestabilito. Questo prevede la possibilità di shiftare, in caso di necessità, gli oggetti da lavorare da sinistra verso destra, assumendo che i macchinari di una medesima categoria

posizionati sulla destra possano lavorare gli stessi oggetti della macchina sulla sinistra, ma non viceversa.

In questo modo è possibile distribuire in maniera più omogenea la mole di materiale da lavorare, riducendo i tempi di consegna totali.

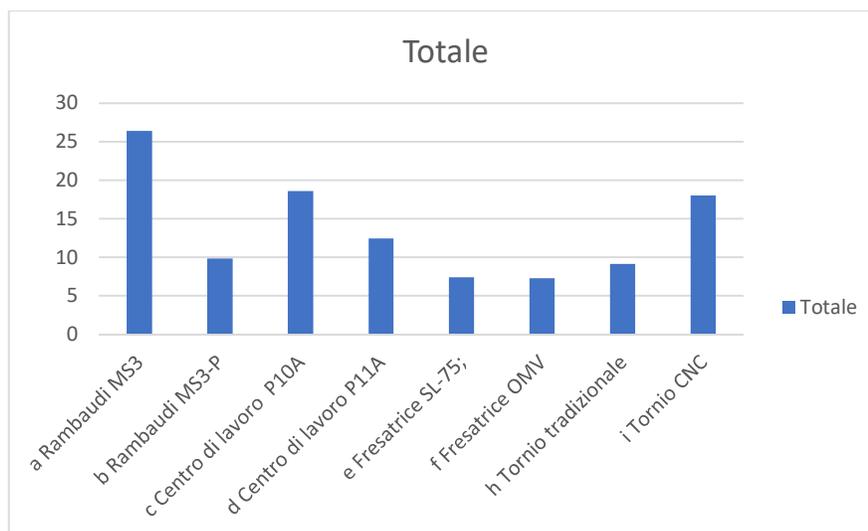


Figura 31: Grafico Pivot distribuzione ore macchinari

4.6. Pianificazione reparto Carpenteria

Per pianificare in maniera più comoda il flusso produttivo nel reparto Carpenteria, già efficace e prestante grazie alla elevata flessibilità degli operatori ma, anche questo difficilmente analizzabile dall'ufficio produzione, si è creata una tabella Pivot ausiliaria.

Quest'ultima, raccogliendo i dati da una tabella Excel in cui vengono registrati tutti i particolari destinati alla fabbricazione, filtra esclusivamente gli oggetti che sono ancora da lavorare in Carpenteria. Questi, allegati alle informazioni necessarie per essere lavorati, sono ordinati seguendo le scadenze e le priorità, programmate dal responsabile di fabbricazione.

La tabella viene stampata e fornita al responsabile di reparto, che prosegue alla fabbricazione dei particolari seguendo l'ordine prestabilito.

In tal modo si cerca di coordinare allo stesso modo il reparto Carpenteria ed il reparto Meccanica, individuando lo stesso ordine prioritario e consentendo un veloce ed efficace flusso produttivo tra i due reparti.

Si è deciso inoltre di fornire un preventivo in ore necessarie alla realizzazione dei singoli oggetti anche in questo reparto, in modo tale da avere una visione dei tempi di completamento

dei particolari. Sommando i tempi preventivati nei due reparti di produzione si può conoscere approssimativamente il tempo di completamento di ogni oggetto e dunque di ogni gruppo di commessa. Si cerca così di raggiungere l'obiettivo di rispettare i tempi di consegna preventivati ed aumentare la flessibilità produttiva, pianificando e coordinando al meglio sia le attività interne che quelle esterne.

Commessa	Data Necessità Contiene	Numero disegno	Denominazione	Q.tà	Data consegna al Reparto	Reparto	Data evasione Reparto
616	24/09/2018	008-01-005	SUPPORTO AVVITATORE	2	11/09/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		008-01-006	SUPPORTO AVVITATORE	2	11/09/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
656	06/08/2018	689-53-035_B	SUPPORTO VASCA SPC PORTALE	2	03/08/2018	CARPENTERIA	
681	09/07/2018	008-09-001_A	SUPPORTO H 1650	1	05/07/2018	CARPENTERIA	
		815-28-009	STAFFA	1	23/07/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		695-90-015	PIASTRA	2	16/07/2018	CARPENTERIA	
		695-22-001	STRUTTURA	2	31/08/2018	CARPENTERIA	
694	30/06/2018	695-22-004	MANGORRENTE	2	31/08/2018	CARPENTERIA	
		FA 702-722-004	COBERTURE VASCA	1	09/05/2018	CARPENTERIA	
		FA 702-722-005	BASE POMPA M.P	1	09/05/2018	CARPENTERIA	
		FA 702-722-012	GANCIO DI SOLLEVAMENTO	4	09/05/2018	CARPENTERIA	
696	30/07/2018	FA 702-729-400	AUTOMAT 1500 LT	1	09/05/2018	CARPENTERIA	
		101-20-011	SUPPORTO CATENA	8	29/06/2018	CARPENTERIA	
		689-40-012	ASTA	1	29/06/2018	CARPENTERIA	
		689-47-102	PIASTRINA	1	29/06/2018	CARPENTERIA	
		689-60-005	STAFFA	8	29/06/2018	CARPENTERIA	
		689-82-001	SUPPORTO	1	26/07/2018	CARPENTERIA	
		801-24-001	PIASTRA	8	29/06/2018	CARPENTERIA	
		008-11-001	PIANTONE PER KTP 700	5	09/08/2018	CARPENTERIA	
		689-90-155	STAFFA	8	23/05/2018	CARPENTERIA	
		689-35-102	STAFFA	1	22/08/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		689-85-012_A	SUPPORTO	2	27/08/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		689-85-054	GUIDA	2	27/08/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		689-85-056	PIASTRA	2	27/08/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
		L 689-64-009	GUIDA ELEMENTO	1	02/07/2018	CARPENTERIA/MECCANICA	
14/09/2018	689-40-101	SUPPORTO	1	03/09/2018	CARPENTERIA/MECCANICA		

Figura 32: Tabella Pivot reparto Carpenteria

4.7. Implementazione di programma online per la gestione del flusso degli oggetti in produzione

Al fine di mantenere sotto controllo la collocazione di ogni oggetto lanciato in produzione all'interno dello stabilimento, si è proposta e sperimentata l'implementazione di un sistema gestionale online gratuito.

Per tale applicazione si è scelto l'utilizzo di Trello, una tra le web application più utilizzate per organizzare le attività in team di lavoro orientati allo smart working. La digitalizzazione del lavoro è una realtà consolidata, ma non sempre si riesce a coniugare la comunicazione e l'organizzazione con la produttività. Per ottimizzare il tempo sul lavoro ed avere una più efficace comunicazione tra i reparti interni dello stabilimento, un software di collaborazione come Trello potrebbe rivelarsi un sistema comodo, intuitivo ed accessibile a tutti.

È infatti possibile registrare in schede su una bacheca condivisa ogni oggetto lanciato in produzione, allegandovi le informazioni utili quali: ciclo produttivo, quantità da produrre, data di necessità in cantiere, commessa di riferimento, disegno DWG, disegno PDF e note aggiuntive.

Ogni scheda viene inserita nel reparto di riferimento e spostata virtualmente in un altro reparto ogni qual volta l'oggetto fisico venga trasferito realmente. Inoltre, spuntando tramite

check list le lavorazioni che il pezzo ha già compiuto, è possibile conoscere l'avanzamento percentuale del suo ciclo produttivo.

Tramite il calendario dell'applicazione, risulta immediato visualizzare gli ordini in scadenza ed effettuare le scelte produttive per rispettare le consegne.

Ogni operazione effettuata viene segnata in un registro attività, con data, ora e utente che la effettuata. Nel registro rimane lo storico delle operazioni ed è possibile accedervi in ogni momento.

Completato il ciclo produttivo, le schede dei singoli oggetti vengono raggruppate ed archiviate.

Tale sistema semplifica la gestione del flusso di produzione degli oggetti, e permette una visualizzazione grafica della condizione produttiva.

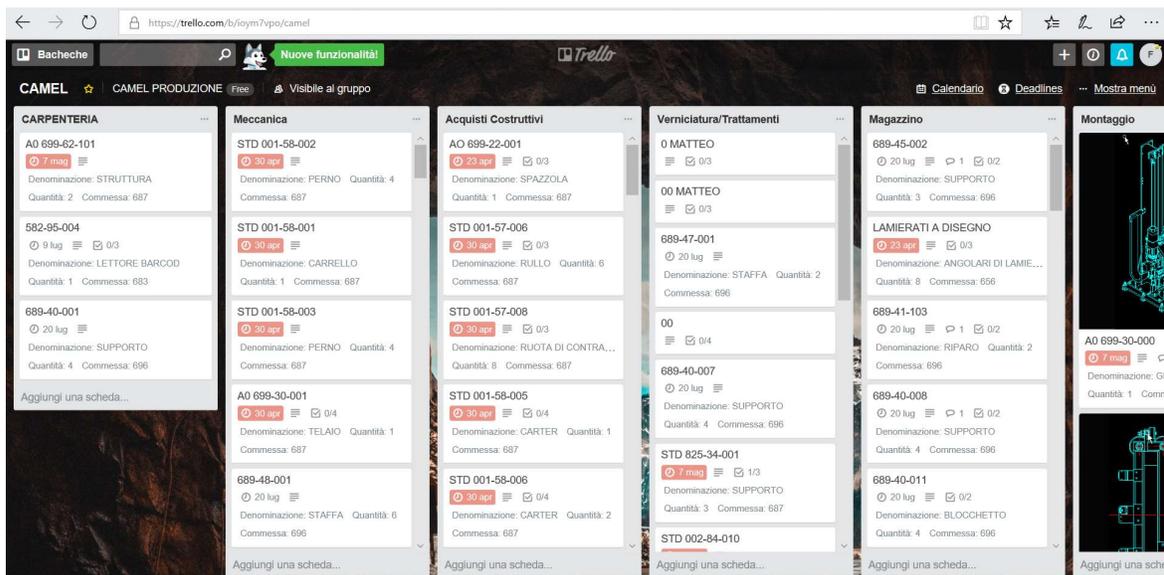


Figura 33: Bacheca online Trello

5. Ottimizzazione dei tempi di programmazione: CAM

Per rimediare al problema degli elevati tempi di programmazione, analizzati nel capitolo 3, si è proposto di sostituire la programmazione manuale a macchina ferma, svolta esclusivamente dall'operatore specializzato, con la programmazione assistita da calcolatore attraverso un software CAM.

Il CAM, acronimo per l'espressione inglese Computer-Aided Manufacturing ("produzione assistita da computer") è un software che analizza un modello geometrico virtuale, bidimensionale o tridimensionale, per generare le istruzioni necessarie a una macchina utensile a controllo numerico computerizzato (CNC) per seguire un "percorso utensile" definito da tali istruzioni.

L'utilizzo di un sistema CAM in azienda comporterebbe il dimezzamento delle ore di programmazione, e dunque un notevole risparmio di lavoro da parte dell'operatore specializzato, addetto a tale operazione. Soprattutto, tale soluzione permetterebbe una programmazione in tempo mascherato durante il normale funzionamento del parco macchine, abbattendo completamente i tempi di fermo macchina, relativi a questa problematica.

Facendo riferimento all'analisi MATLAB degli oggetti lavorati, registrati tra il 12 marzo ed il 12 maggio 2018 (capitolo 3.4) sarebbe possibile ottenere un tale miglioramento:

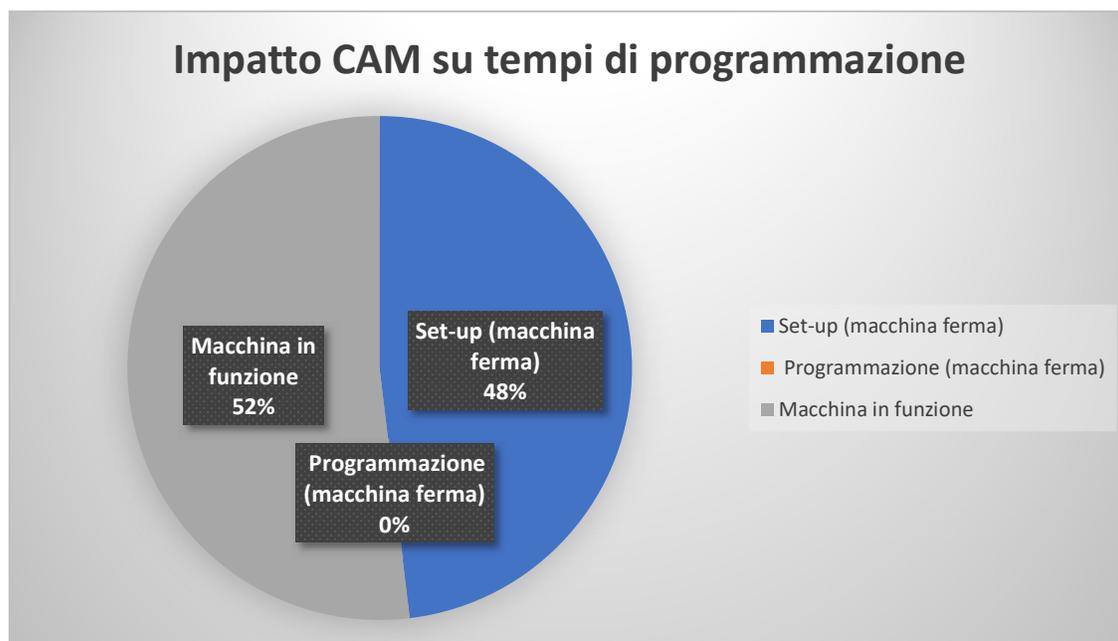


Figura 34: Riduzione tempi programmazione tramite CAM

L'implementazione di un CAM consentirebbe inoltre di ottenere una duplice efficienza. Infatti, sarebbe possibile ridurre notevolmente anche i tempi di set-up. Come verrà illustrato nel capitolo seguente, è possibile convertire la maggior parte delle operazioni svolte internamente (mentre la macchina è ferma, IED: Inside Exchange of Die), in esterne (OED: Outside Exchange of Die). L'utilizzo del CAM faciliterebbe questa operazione, permettendo all'operatore di avere un riepilogo stampato delle operazioni che saranno svolte durante la lavorazione, e dunque dandogli la possibilità di poter settare in anticipo (e in tempo mascherato) i grezzi da lavorare, gli utensili e i sistemi di staffaggio. L'impatto di una simile riorganizzazione del sistema di attrezzaggio macchina avrebbe un impatto notevole sui tempi di fermo macchina. Utilizzando la base della consolidata teoria SMED¹, si mira a convertire per quanto possibile le IED in OED: le uniche fasi che devono essere svolte all'interno del set-up (a macchina ferma), dovrebbero riguardare unicamente lo smontaggio, il montaggio, il centraggio, la regolazione dell'attrezzatura e della macchina. Attraverso questa operazione di conversione di attività IED in OED si ottiene un'importante riduzione del tempo di set-up interno che può arrivare fino al 50%.

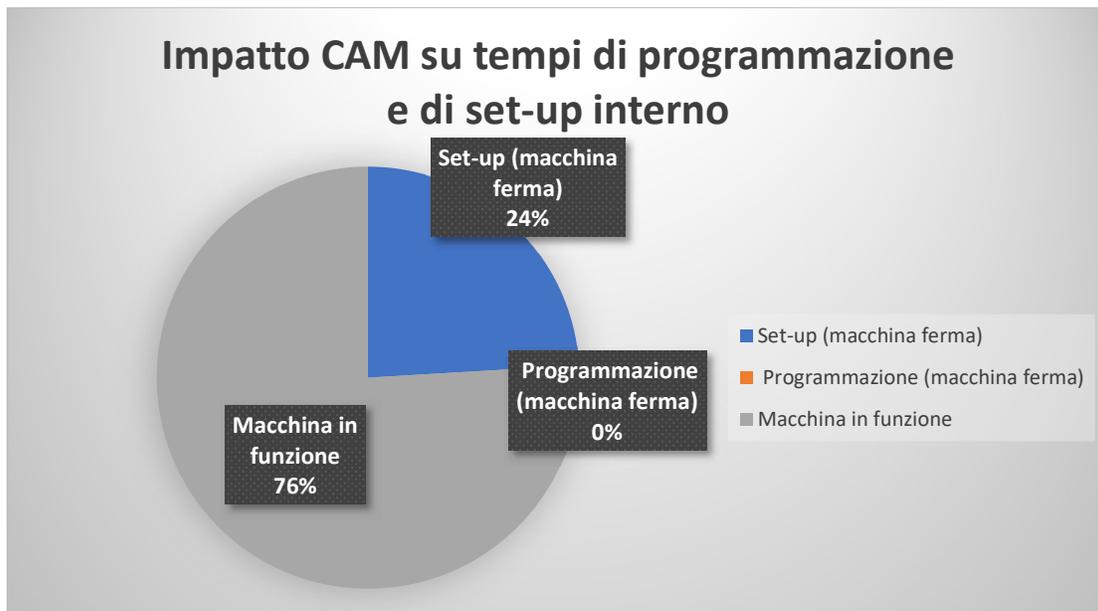


Figura 35: Riduzione tempi di set-up tramite CAM

¹ Lo SMED è una metodologia facente parte dei cosiddetti “lean tools” e quindi inserita nell’approccio complessivo della Lean Production. La tecnica è stata messa a punto in Toyota grazie al contributo dell’ingegner Shigeo Shingo. La sigla SMED – Single Minute Exchange of Die – significa puntare ad ottenere un cambio attrezzatura in pochi minuti. Tale metodologia è oggi applicata con successo in tutti i settori industriali.

In conclusione, implementando un sistema CAM nel reparto produttivo e adoperando le corrette scelte organizzative e di gestione delle macchine, sarebbe possibile ottimizzare lo sfruttamento di queste durante le ore di lavoro, passando dal 38% al 76%, dunque un aumento di efficienza del 100%.

In aggiunta, grazie al dimezzamento dei tempi di programmazione (in tempo mascherato), l'operatore specializzato addetto a tale compito ha a disposizione più tempo per svolgere altre mansioni.

5.1. Incontro con rappresentante CAM

Per valutare la possibilità di implementare un sistema CAM nel reparto produttivo aziendale si è proceduto organizzando un incontro con il Consulente Commerciale per la Produzione e la Qualità di una software house che offre tecnologie a supporto dei processi aziendali.

A seguito dell'incontro sono emerse le seguenti considerazioni:

Punti di criticità:

- Tempi di programmazione lunghi;
- Tempi di attrezzaggio macchina, riferito alla PARPAS, lunghi vista la tipologia di lavoro/articoli;
- Programmazione a bordo macchina, quindi con macchina ferma;

Quando si parla di programmazione a bordo macchina, alcuni problemi sono latenti e possono essere definiti anche fattori di rischio, quali:

- Probabilità d'errore alta;
- Scarsa ottimizzazione del percorso utensile;
- Nessuna possibilità di preventivazione della lavorazione;
- Schedulazione lavori "a vista".

Al momento in azienda sono presenti diversi centri di lavoro CNC, di cui una PARPAS 5 assi a montante mobile, una PARPAS 4 assi, ed alcune CNC 3 assi, tutte con CNC SELCA di diverse serie ed anni.

Le lavorazioni sono tipicamente tutte "Lavorazioni Prismatiche", quindi lavorazioni a livelli di Z, definite in ambito CAM a 2,5 assi.

Attualmente il carico di lavoro, in percentuale, è sicuramente più alto sui centri 3 assi e questo potrebbe giustificare uno start up di progetto proprio su questa configurazione.

L'offerta ricevuta prevede l'installazione di 2 licenze CAM Standalone indipendenti e complementari:

- Licenza 2,5 assi (necessaria per tutti i centri 3 assi verticali);
- Licenza 2,5+2 assi (copertura su tutto il reparto CNC).

Attualmente le macchine non sono connesse a nessun sistema di gestione ed organizzazione dei part program, mettendo così a rischio il patrimonio aziendale, soprattutto in quanto non esiste un sistema di backup.

Il software permette di creare una infrastruttura fissa di collegamento dei CNC verso un Server, offrirà all'operatore la possibilità di caricare/salvare i programmi da bordo macchina, senza muoversi continuamente, organizzando tutto l'archivio attraverso un DB Index, gestendo anche le eventuali revisioni.

Durante l'incontro sono stati inoltre discussi i notevoli vantaggi che la tecnologia CAM comporterebbe al reparto produttivo aziendale.

5.2. Potenzialità offerte da un CAM

Un software CAM permette all'utente di eseguire tra le altre le seguenti principali operazioni:

- Importazione di un modello geometrico da un file in un formato di interscambio, normalmente generato da un programma CAD.
- Impostazione del sistema di coordinate usato dalla macchina utensile.
- Selezione della porzione di modello geometrico da lavorare.
- Definizione di cicli fissi di lavorazione (forature, filettature, svuotamenti di zone cave, spianatura di superfici, contornatura di profili, ecc.), sostanzialmente un ciclo fisso è una tipologia di lavorazione ricorrente che ha come variabile solo l'aspetto dimensionale della zona da lavorare e pertanto gestibile con l'immissione di pochi dati da parte dell'utente.
- Impostazione dei parametri di lavorazione che possono determinare il tipo di finitura superficiale e di tolleranza dimensionale.
- Impostazione dei parametri ausiliari alla lavorazione che possono riguardare la gestione di un determinato assortimento di utensili, le dimensioni e forma dell'utensile/i, la velocità di asportazione di materiale, l'eventuale necessità di refrigerazione utensile, la pianificazione della vita utensile, ecc.

- Generazione delle istruzioni per la macchina utensile, generalmente salvate in un file di testo con ausilio di post processor, un post processor è tipicamente una routine pesantemente personalizzata dal produttore del software ed è indispensabile nella creazione di tale file, il post processor deve tenere conto delle caratteristiche dimensionali, geometriche, dinamiche, di una specifica macchina utensile. Lo stesso percorso utensile calcolato dal software CAM verrà interpretato da due post processor diversi in modo tale che compileranno due file diversi per due macchine utensile diverse, tutto questo è dovuto al fatto che i vari produttori di macchine utensile non utilizzano la stessa sintassi per eseguire la medesima operazione. Il file che si ottiene viene gestito in modo sequenziale dalla macchina ricevente e contiene essenzialmente oltre alle coordinate di posizione, anche tutta una serie di istruzioni ausiliarie che permettono di gestire una quantità di parametri indispensabili al corretto funzionamento della macchina stessa. Si intuisce che questo aspetto del software è di fondamentale importanza per non rendere una applicazione CAM fine a sé stessa.
- Simulazione grafica del percorso utensile generato.
- Invio dei dati al controllo numerico della macchina utensile.
- È possibile eseguire anche un eventuale controllo di collisioni tra macchina utensile e oggetto da lavorare o con eventuali attrezzature di fissaggio.

5.3. Offerta economica

L'offerta economica presentata dall'azienda contattata prevede l'acquisto delle licenze software e componenti hardware, l'implementazione fisica del sistema, la manutenzione dello stesso e la formazione del personale.

In particolare:

- SOFTWARE CAM: € 9.200
- MANUTENZIONI CAM: € 1.380
- POST PROCESSOR CAM: € 3.000
- SERVIZI TECNICI CAM: € 4.250
- SOFTWARE DI RETE: € 3.000
- MANUTENZIONE RETE: € 9.00
- HARDWARE RETE: € 2.100

- SERVIZI TECNICI RETE: € 80,60

TOTALE: € 23.910,60

L'offerta economica dettagliata, con le informazioni su ogni punto del precedente elenco, non è consultabile per privacy dell'azienda in questione. In Appendice 5 invece, è consultabile la brochure con i dettagli dei due prodotti che verrebbero forniti ed implementati.

5.4. Valutazione del Pay Back Period

Si è proceduto con uno scambio di informazioni chiave con il Consulente Commerciale della software house. Sono stati condivisi i dati ottenuti dall'analisi effettuata in precedenza, per ottenere un'informazione approssimativa sui risparmi che l'installazione comporterebbe a lungo termine e sul tempo necessario a recuperare l'investimento.

La condivisione dei dati tra l'azienda e la software company ha portato i seguenti risultati riguardo la potenzialità riduzione di tempi:

- Tempo programmazione: riduzione minima del 50% (pezzi semplici sotto l'ora di programmazione), fino a risultati anche oltre il 75% (particolari mediamente complessi con programmazione manuale oltre l'ora).
- Tempi di set-up: riduzione dal 20% al 40% in base alla complessità; in questo caso sui centri verticali, se opportunamente attrezzati la riduzione di tempo setup può superare il 70%.
- Riduzione errori: 100% totale.
- fermi macchina per programmazione: 100% efficienza recuperata.

Convertendo i tempi con i costi si può effettuare una valutazione economica approssimativa.

Assunti i seguenti dati su 2 mesi di monitoraggio:

- n° items: 646
- ore di programmazione: 221
- ore di setup: 770
- ore totali di fermo macchina: 991

Quindi su base annua, facendo riferimento al capitolo 3.5:

- n° items: 3876
- ore di programmazione: 1328
- ore di setup: 4617
- ore totali di fermo macchina: 5945

Assumendo i seguenti costi interni (contabilità analitica):

- Costo medio operatore: 30€/ora
- Costo medio centro di lavoro: 60€/ora

Si avranno i seguenti risparmi minimi:

- Risparmio dato dal tempo di programmazione: $1.328 \cdot 50\% \cdot 30€ = 19.920€$
- Risparmio dato dal tempo di setup: $4.617 \cdot 20\% \cdot 90€$ (somma macchina e uomo) = 83.106€
- Risparmio per fermi macchina (solo programmazione): $1.328 \cdot 50\% \cdot 60€ = 39.840€$

Al netto della riduzione degli errori, e di tutti i vantaggi intrinseci, il risparmio conservativo potrebbe ammontare a circa 140.000€/anno.

Ciò significa che una volta a regime, sarebbe possibile recuperare l'investimento in 2 mesi di lavoro.

Gli ulteriori vantaggi intrinseci sono i seguenti:

- Tempificazione preventiva del lavoro
- Documentazione delle fasi operative preventive
- Studio preventivo delle lavorazioni
- Analisi della disponibilità utensili/attrezzature
- Nessun fermo per attesa programmi
- Programmazione lavori preventiva
- Recepimento modifiche dal modello 3D automatica
- Programmazione veloce dei particolari derivati

Per concludere, in ottica di un eventuale investimento iperammortizzabile, il CAM ed il sistema di collegamento possono essere portati in Super Ammortamento, quindi sarebbe possibile usufruire di un ulteriore beneficio fiscale.

5.5. Alternativa al CAM: programmazione al PC con emulatore di linguaggio ISO

Una ulteriore soluzione, meno efficiente, al problema relativo alla programmazione dei cicli di lavoro dei CNC aziendali, con macchina ferma, può essere l'utilizzo di emulatori di linguaggio ISO. In questo caso l'investimento aziendale sarebbe nullo, poiché questi software sono già presenti in azienda, essendo stati forniti assieme ai macchinari a controllo numerico. L'operatore specializzato, che programma il ciclo di lavoro a bordo macchina durante la lavorazione ferma, dovrebbe programmarlo in tempo mascherato mentre la macchina è in funzione.

Il software emulatore infatti, permette la compilazione del programma da PC, per poi trasferirlo tramite floppy disk al macchinario di interesse.

Nonostante tale operazione permetterebbe di risolvere parzialmente il problema degli elevati tempi di fermo macchina, senza alcun tipo di investimento, ma con una semplice riorganizzazione di mansioni, si andrebbe in contro ad una serie di inconvenienze:

- I tempi totali di programmazione non si ridurrebbero poiché la modalità compilativa del programma rimarrebbe la medesima, in linguaggio ISO. L'operatore specializzato non avrebbe dunque un incremento di tempo a disposizione per poter svolgere altre mansioni.
- La programmazione sarebbe soggetta all'errore di calcolo e di scrittura umano, provocando nel caso ulteriore fermo macchina.
- Il passaggio di informazioni dal PC alla macchina dovrebbe avvenire tramite floppy disk, ormai obsoleti e con una capacità di memoria estremamente limitata.
- La programmazione rimarrebbe complessa, onerosa ed eseguibile solamente da operatori con conoscenze di linguaggio ISO.

Tutti questi problemi sarebbero risolti con l'utilizzo di un CAM.

6. Ottimizzazione dei tempi di set-up

Ci si pone come ulteriore obiettivo di ridurre i tempi di set-up e di cambio produzione, rendendo maggiormente flessibile il sistema produttivo.

La flessibilità, reattività ed efficienza di un sistema produttivo è fortemente influenzata dalla presenza di elevati tempi di attrezzaggio e di cambio produzione delle macchine e degli impianti. Il continuo ridursi delle dimensioni dei lotti e degli ordini di produzione rende questo problema sempre più critico ed importante per le aziende industriali.

Dall'analisi condotta nel capitolo 3, è emerso come l'attrezzaggio delle macchine utensili impatti notevolmente sulla produzione aziendale, portando via il 48% del tempo disponibile in un anno.

Risulta dunque necessario individuare una strategia che consenta di ridurre questi notevoli sprechi, che si potrebbe tradurre in un ingente risparmio economico.

6.1. La metodologia SMED del WCM

Dal mondo Toyota, ci viene in aiuto una tecnica ormai rodata e sperimentata denominata SMED – Single Minute Exchange of Die (attrezzaggio in un tempo inferiore a 10 minuti, cioè in un numero di minuti espresso da una sola cifra). Si tratta di un metodo che punta a ridurre fortemente i tempi di setup in produzione, tipicamente riferito ad applicazioni nell'industria metalmeccanica ed automobilistica, ma applicabile in tutti i settori laddove esistono frequenti cambi di lavorazione che richiedono ogni volta un'adeguata predisposizione e taratura dell'impianto dedicato (a revolution in manufacturing: the smed system, Shingeo Shingo, 1985).

Lo SMED è una metodologia facente parte dei cosiddetti “Lean tools” e quindi inserita nell'approccio complessivo della Lean Production, pilastro fondamentale del World Class Manufacturing, analizzati nel dettaglio nel capitolo 7. La tecnica è stata messa a punto in Toyota grazie al contributo dell'ingegner Shigeo Shingo.

Dalla lettura dell'acronimo non bisogna dedurre che, applicando correttamente tale metodologia, gli impegni di tempo per l'attrezzaggio passino automaticamente da qualche ora ad un solo minuto. Ciò che il nome vuol significare è piuttosto una tensione a ridurre i tempi di fermo effettivo dell'impianto al minimo, per quanto possibile vicino allo zero.

A metà degli anni Cinquanta, quando Shigeo Shingo, (sistema di produzione giapponese Toyota, Shingeo Shingo, 1981) un consulente d'impresa giapponese, sviluppò la metodica

SMED per aziende come Matsushita, Toyota e Bridgestone, si trattava di ridurre i tempi di approntamento mediante una coerente organizzazione del lavoro. Un confronto interessante con la prassi odierna può essere evidenziato dalla sostituzione di una ruota. Una persona mediamente esperta della tecnica la esegue in 10-20 minuti mentre durante il pit-stop in una corsa di formula 1, i tecnici hanno bisogno, per sostituire quattro ruote e fare rifornimento di carburante, solo di un tempo compreso tra 7 e 10 secondi.

Dall'analisi del pit-stop appare evidente quali siano le caratteristiche del metodo Single Minute Exchange of Die: attività standardizzate, precisa suddivisione del lavoro, separazione tra approntamento interno ed esterno, operazioni parallele.

La metodologia ha permesso di superare due concetti su cui si basavano in passato le attività di riattrezzaggio:

- 1 - Effettuare efficientemente ed efficacemente dei set-up richiede tecnici con elevate competenze ed abilità, frutto di anni di addestramento e tirocinio;
- 2 - Produrre a grossi lotti lenisce l'effetto negativo dei set-up sulla produzione e ne controbilancia i relativi costi.

La metodologia SMED è molto semplice: trasformare operazioni di set-up in qualcosa di talmente elementare che "chiunque", purché abbia un minimo di conoscenza tecnica del settore (come un operatore macchina od un assistente di linea), possa eseguirlo correttamente, facilmente e rapidamente. L'attenzione focale, pertanto, è sulla semplificazione delle attività di set-up e sull'adozione di metodi poka-yoke (a prova di stupido) ove necessario.

"... many companies have set up policies designed to raise the skill level of the workers, few have implemented strategies that lower the skill level required by the set-up itself."

"... molte aziende hanno messo in atto politiche designate ad aumentare il livello di abilità dei lavoratori, poche hanno implementato strategie che riducono il livello di competenze richiesto dal set-up stesso".

[Shigeo Shingo, 1981]

Per quanto riguarda il secondo concetto, nell'industria manifatturiera, il lotto economico, sempre di mole ragguardevole, è stato inventato proprio per compensare l'impatto tempi-costi di operazioni di set-up di lunga durata.

L'approccio dello SMED è, ancora una volta, molto semplice: ridurre all'osso la durata di ogni set-up, così da sbarazzarsi del concetto di grosso lotto e lotto economico una volta per tutte.

L'attenzione focale è sull'eliminazione di tutte quelle attività di set-up "tradizionale" superflue o non necessarie, e nella riorganizzazione razionale di tutte quelle (necessarie) restanti, così da ridurre il tempo totale di set-up ai minimi termini.

L'obiettivo finale è un sistema produttivo capace di produrre una grande varietà di prodotti anche a lotti piccolissimi, come vogliono i clienti di oggi.

I risultati attesi dall'applicazione della metodologia sono sia diretti che indiretti, così come evidenziato nella tabella seguente.

RISULTATI ATTESI	
DIRETTI	INDIRETTI
Riduzione dei tempi di fermo linea	Riduzione degli stocks
Riduzione dei tempi di attrezzaggio	Aumento della flessibilità produttiva
Minori errori di attrezzaggio	Razionalizzazione di utensili e
Miglioramento della qualità del prodotto	attrezzature
Maggiore sicurezza del lavoro	

Tabella 6: Risultati attesi da SMED

La metodologia SMED si realizza sostanzialmente in 4 fasi operative.

6.1.1. 1ª fase: Analisi

La prima fase consiste nell'analisi dell'attuale processo di cambio produzione.

Lo scopo della prima fase è quello di analizzare criticamente l'attuale processo di set-up (tempi e metodi di attrezzaggio) ed acquisire fin da subito la consapevolezza che vi sono attività che potrebbero essere fatte in "tempo mascherato" mentre la macchina lavora. Le attività a macchina ferma si definiscono IED (Inside Exchange of Die), le attività che si possono effettuare mentre la macchina lavora si definiscono OED (Outside Exchange of Die). In particolare, nell'analisi si effettuano le seguenti attività:

- descrizione delle operazioni svolte da ogni operatore;
- tempo impiegato per svolgere ogni operazione;
- distinzione tra le attività interna ed esterna (IED/OED);
- elencazione degli utensili utilizzati per svolgere le varie operazioni e loro localizzazione;

- individuazione di criticità/opportunità di miglioramento.

Un esempio applicativo della prima fase è presente nell'analisi effettuata nel capitolo 3.2.

6.1.2. 2^a fase: Conversione IED in OED

La seconda fase, probabilmente la più importante in assoluto, mira a convertire per quanto possibile le IED in OED: le uniche fasi che devono essere svolte all'interno del set-up (a macchina ferma), dovrebbero riguardare unicamente lo smontaggio, il montaggio, il centraggio, la regolazione dell'attrezzatura e della macchina.

Attraverso questa prima operazione di conversione di attività IED in OED si ottiene già un'importante riduzione del tempo di set-up interno che va dal 30% al 50%.

Alcuni esempi di interventi in tal senso:

- preparare in anticipo attrezzature, strumenti di lavoro e di misura, mentre la macchina sta ancora lavorando;
- disporre gli strumenti necessari vicino al punto di utilizzo e nella sequenza di utilizzo;
- duplicare eventualmente gli strumenti di lavoro di uso comune;
- creare carrelli/kit di set-up;

6.1.3. 3^a fase: Modifiche di processo

La terza fase è finalizzata ad individuare e studiare le modifiche necessarie al processo per poter convertire nel modo più efficace possibile le attività "interne" in attività "esterne".

Alcuni esempi di modifiche del processo riguardano:

- lo studio di soluzioni per preparare in anticipo le attrezzature (ad esempio presettaggio degli utensili, aree di lavoro più ergonomiche, carrelli set-up dedicati, ecc.);
- la ridefinizione delle procedure di lavoro (ad esempio rendendo il più possibile le attività eseguibili da un solo operatore);
- la revisione del layout dell'aree di lavoro (ad esempio migliore ergonomia ed efficienza negli spostamenti);
- lo studio di come rendere accessibili alcune aree di lavoro mentre la macchina è in funzione

6.1.4. 4^a fase: Ottimizzazione IED

La quarta ed ultima fase è finalizzata ad ottimizzare la sequenza e i metodi operativi delle attività interne (IED), sia attraverso soluzioni tecniche (metodi ed attrezzature di lavoro), sia attraverso soluzioni organizzative (parallelizzazione di attività).

Di seguito alcuni esempi pratici per ridurre i tempi delle attività interne:

- ottimizzare sequenza e metodi di lavoro;
- standardizzare attrezzature, strumenti di lavoro e sistemi di fissaggio (attrezzature universali);
- sviluppare dispositivi di fissaggio, regolazione e centraggio rapidi (ad esempio le asole a forma di pera, le rondelle a U e le viti con un numero limitato di filetti garantiscono una maggiore velocità di esecuzione delle operazioni)
- utilizzare utensili a cambio rapido;
- eliminare l'esigenza delle registrazioni;
- valutare parallelizzazione di attività (team work);
- addestrare gli operatori;

In generale la standardizzazione e l'impiego di sistemi di fissaggio, regolazione e centraggio "rapidi" garantisce un notevole risparmio di tempo e di costi.

6.2. Analisi attrezzaggio macchine

Il parco macchine aziendale è costituito dai macchinari CNC elencati nel paragrafo 3.1.

Ogni macchinario prevede una metodologia differente di attrezzaggio.

In particolare, è possibile effettuare una suddivisione per famiglie:

- Famiglia 1: Centro di lavoro PARPAS P 10A, Centro di lavoro PARPAS P 11A;
- Famiglia 2: Fresatrice OMV BPF 4-3600, Fresatrice PARPAS SL-75;
- Famiglia 3: Fresatrice/alesatrice I.M. PARPAS ML90.

La famiglia 1, costituita da centri di lavoro a 3 assi, permette la lavorazione di grezzi di piccola dimensione, permette l'esecuzione di lavorazioni in serie di più oggetti con le medesime caratteristiche.

La famiglia 2 e la famiglia 3 sono costituite da fresatrici a 5 assi. Mentre la famiglia 2 permette la lavorazione di pezzi medio-piccoli, la famiglia 3, con una banchina di 15m, ha la possibilità di effettuare lavorazioni di elementi medio-grandi.

L'attrezzaggio di quest'ultima è un'operazione onerosa e delicata, prevede la movimentazione dei pezzi da lavorare tramite carroponte e l'utilizzo di sistemi modulari per il bloccaggio del pezzo.

Questi, economici e combinabili in funzione alla forma dell'oggetto da lavorare, presentano carenze in termini di rigidezza, forza di bloccaggio e compattezza dell'insieme, nonché un notevole impegno di manodopera. La movimentazione, il posizionamento e lo staffaggio di grandi oggetti, va ad impattare notevolmente sui tempi di set-up.

L'attrezzaggio delle famiglie 1 e 2 è molto simile, prevede l'utilizzo di morse meccaniche standardizzate, comode per lavorare pezzi variabili grazie al rapido posizionamento e il facile trasferimento da una macchina all'altra. È necessario che il pezzo lavorato abbia due superfici parallele su cui generare le tensioni di serraggio. La comodità di movimentazione manuale di piccoli oggetti e la rapidità di serraggio tramite morse meccaniche con vite di comando attribuiscono a queste famiglie di macchinari un ridotto tempo di set-up.

I metodi di attrezzaggio delle tre famiglie di macchinari presentano un aspetto comune che va ad impattare sull'efficienza del reparto produttivo: tutte le operazioni di set-up avvengono a macchina ferma.

Dall'analisi svolta sui preventivi dei tempi di programmazione e set-up (paragrafo 2.5), risulta che a causa del set-up interno alla macchina, ciascun CNC dell'azienda è stato fermo mediamente 115 giorni lavorativi l'anno.

L'attrezzaggio della terza famiglia non è migliorabile in modo significativo in quanto prevede la lavorazione di pezzi di grandi dimensioni, spesso differenti tra loro, rendendo difficile un'operazione di presetting esterna. Questa operazione è per giunta impossibilitata dal divieto di sostare sulla banchina durante il normale funzionamento del macchinario.

Al contrario, attuando i giusti accorgimenti, sarebbe possibile effettuare il presetting esterno degli oggetti lavorati dalle altre due famiglie di macchinari.

6.3. Semplificazione delle operazioni di set-up

Una volta esternalizzate le attività individuate, è necessario evidenziare le operazioni anomale e valutarne la possibile eliminazione, o almeno la riduzione dei tempi occorrenti mediante modifiche riguardanti il metodo, le attrezzature o il ricorso a “manualità e occhio”. È fondamentale, in altre parole, analizzare ancora una volta le operazioni eseguite con i nuovi metodi e valutare se possono essere apportati ulteriori miglioramenti. Macchine complesse spesso richiedono operazioni su più lati della macchina. Utilizzare un singolo addetto per eseguire tutte le operazioni di set-up significa perdere una notevole quantità di tempo a causa dei continui movimenti richiesti attorno alla macchina. Utilizzare operazioni in parallelo si concretizza nel dividere le varie attività elementari fra due (o più) operatori che, “responsabili” delle operazioni su diverse aree della macchina, riducendo gli spostamenti intorno alla macchina permettono di diminuire il tempo totale di set up. Anche se il numero totale di ore di lavoro per l’attrezzaggio non cambia, può crescere il tempo di lavoro produttivo della macchina. Se un tempo di attrezzaggio di un’ora fosse ridotto a tre minuti, il secondo addetto sarebbe necessario per tale operazione solo per tre minuti. Per tale motivo spesso si istruiscono degli specialisti nell’attività di attrezzaggio, nuove figure “jolly” che possono lavorare insieme agli addetti macchina (quick changeover for operators).

Per massimizzare l’efficienza e la sicurezza delle attività e per velocizzare la stesura del piano di lavoro è possibile creare le “carte procedurali”. Esse indicano la sequenza corretta delle operazioni da svolgere ed il tempo necessario per ciascuna attività. Inoltre, è possibile indicare il tipo di segnale che i vari operatori addetti al lavoro devono inviare al completamento della singola attività, affinché gli altri possano operare in condizioni di estrema sicurezza (ad esempio, avvisi sonori e/o luminosi).

La metodologia SMED utilizza una serie di dispositivi chiamati sistemi funzionali di bloccaggio (functional clamps) che permettono di ottenere un efficiente fissaggio di oggetti con il minimo sforzo. Tali dispositivi si basano su bulloni opportunamente modificati piuttosto che differenti sistemi di cerniere che possono essere strette o chiuse velocemente. Tali dispositivi possono a volte essere fissati direttamente sulla macchina al fine di evitare smarrimenti e si possono dividere in tre grandi categorie: One-Turn, One-Motion e Interlocking Methods (quick changeover for operators).

6.3.1. Dispositivi One-Turn

Sono dispositivi che si basano su bulloni opportunamente modificati. Il bullone presenta notevoli svantaggi ed è il primo dei sistemi di bloccaggio che deve essere eliminato in favore di sistemi funzionali di bloccaggio veloce.

L'operazione di serraggio con il bullone può essere scomposta in:

- Premere il dado sull'estremità del bullone e avvitare almeno un filetto;
- Girare il dado;
- Serrare il dado con la coppia richiesta in corrispondenza dell'ultimo filetto.

È evidente che l'operazione più difficile è la prima poiché è necessario centrare e inserire il dado in direzione normale all'asse del bullone. È quindi conveniente adottare tutti quei metodi che consentono di eliminare questa prima operazione serrando e allentando il dado senza estrarlo dal bullone. Di seguito si riportano alcuni esempi:

- Dadi e bulloni con fresature alternate (Split thread method).

Si utilizzano 3 intagli longitudinali fresati sul filetto dei bulloni e, in corrispondenza, dei dadi. Quando il dado è applicato al bullone facendo corrispondere le zone filettate rimaste sul dado stesso a quelle fresate del bullone, il dado può essere fissato con un solo "terzo" giro.

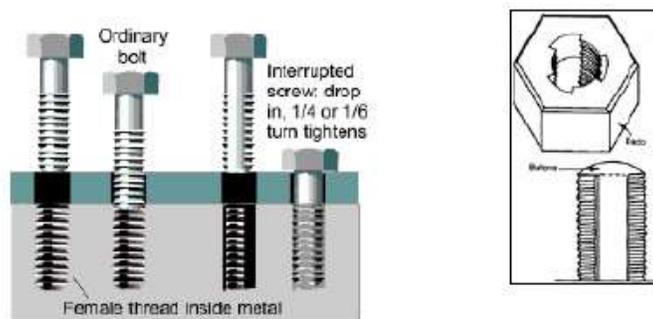


Figura 36: dado e bullone con fresature alterne

- Asole a forma di pera (Pear-shaped hole method).

Realizzazione delle asole dei bulloni a forma di pera. In tal modo, una volta allentato il dado (con un solo giro), il pezzo può essere ruotato e staccato facendo passare la testa esagonale dall'asola senza la necessità di rimuovere completamente dado e bullone.

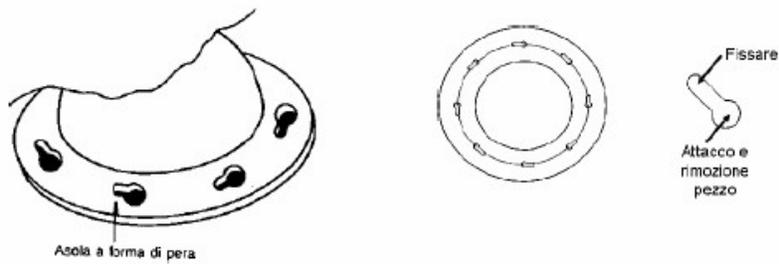


Figura 37: Impiego di asole a forma di pera

- Rosetta a forma di U (U-shaped washer method).

Utilizzo di un bullone di diametro esterno inferiore di quella del diametro interno del pezzo da bloccare, unito a una rosetta a forma di U. Il pezzo può essere estratto molto velocemente allentando il dado di un solo giro, togliendo la rosetta a forma di U e facendo uscire il pezzo senza estrarre completamente il dado.

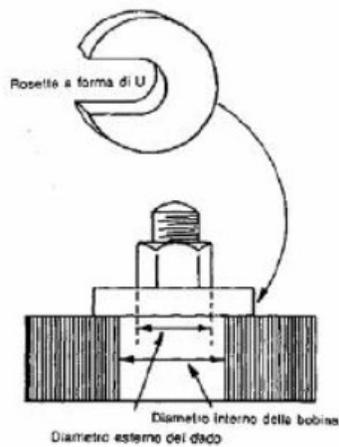


Figura 38: Rosetta a U

6.3.2. Dispositivi One-Motion

Così come indica il nome, i metodi One-Motion permettono di bloccare un oggetto con una sola azione.

- Morsetti rapidi.

Fanno parte degli attrezzi di serraggio rapido e presentano decisivi vantaggi derivanti dall'utilizzo del principio a ginocchiera di cui si fornisce una spiegazione:

- La leva di serraggio si apre in modo tale da liberare completamente il piano di lavoro, cosicché il pezzo in lavorazione possa essere estratto e/o disposto nell'attrezzatura senza difficoltà.
- È sufficiente un piccolo spostamento della leva di comando per avvicinare la leva di serraggio al pezzo in lavorazione. La disposizione dei tre perni, mostra chiaramente che la forza esercitata dalla leva di serraggio è trasmessa alla leva di comando.
- Quando i tre perni sono allineati, viene raggiunta la massima forza di serraggio (punto morto della leva). Nella posizione di massima forza, l'equilibrio del serraggio è instabile, in quanto forze contrarie agenti sulla leva di serraggio possono sganciare l'attrezzo.
- Se nella posizione di bloccaggio, il punto morto della leva viene superato di un certo limite, la leva di serraggio si ferma con un arresto fisso raggiungendo così un serraggio sicuro ed irreversibile.

Sempre sfruttando il principio esposto si possono utilizzare morsetti rapidi verticali, in cui cioè le leve di serraggio e di comando si muovono nella stessa direzione e a serraggio ottenuto la leva di comando si trova in posizione verticale, orizzontali, ad asta di spinta o a tirante. Una gamma rappresentativa è mostrata in Figura 39.



Figura 39: Varie tipologie di morse rapide

- Sistemi magnetici e “a vuoto” (Magnets or vacuum suction).

I sistemi di fissaggio magnetici o ad aspirazione “a vuoto” risultano particolarmente convenienti quando l’intera superficie del pezzo deve essere lavorata e non c’è un alloggiamento per i sistemi di bloccaggio tradizionali. I sistemi “a vuoto” richiedono, evidentemente, una superficie sufficientemente regolare e liscia al fine di evitare infiltrazioni d’aria.

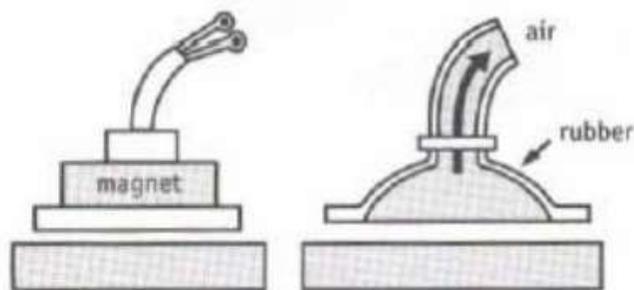


Figura 40: Fissaggio magnetico (a sinistra) e sottovuoto (a destra)

- Sistemi di bloccaggio a molla (Spring stops): L'elasticità di una molla può essere utilizzata per assicurare un oggetto mediante semplici meccanismi di espansione. L'estrazione delle parti è altrettanto semplice: nel caso di piccole forze in gioco basta applicare una trazione sufficiente a far rientrare le spine di fermo (spesso si tratta di sfere, proprio per agevolare le fasi di inserimento ed estrazione). I sistemi a molla generalmente sono più adatti al riferimento ed al posizionamento piuttosto che al bloccaggio delle parti. In questi casi è necessario considerare la direzione e il modulo delle forze in gioco, provvedendo alla creazione di opportuni sistemi per bilanciarle efficacemente.

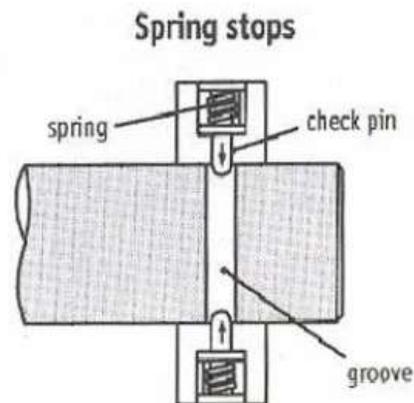


Figura 41: Bloccaggio a molla

6.3.3. Interlocking Methods

I sistemi di connessione possono essere semplicemente descritti come metodi per adattare e congiungere due parti insieme senza l'utilizzo di cerniere e senza necessità di garantire il serraggio. Nella maggior parte dei casi si tratta di sistemi con superfici accoppiate (scanalature, code di rondine, ecc.).

Talvolta, studiando adeguatamente l'entità delle forze in gioco, è possibile sostituire sistemi di serraggio come bulloni con sistemi di riferimento costituiti da spine o da scanalature opportunamente sagomate (quick changeover for operators). In questo modo le fasi di inserimento ed estrazione sono estremamente rapide e precise. Inoltre, tenuto conto della direzione delle forze in gioco, è evidente che tale sistema garantisce sempre il corretto posizionamento.

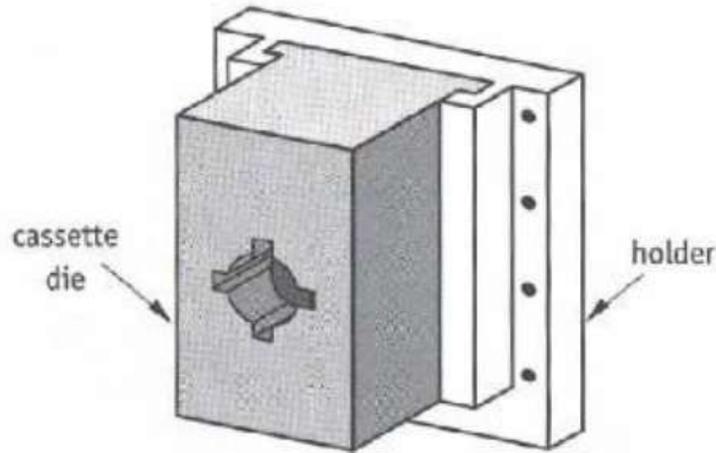


Figura 42: Bloccaggio con cava a T

Sempre all'interno di questa fase è fondamentale anche ridurre gli aggiustamenti necessari durante i set-up dato che sperimentalmente aggiustamenti e test ricoprono il 50% del tempo complessivo di set-up. La loro eliminazione permette, dunque, un notevole incremento delle prestazioni ed un risparmio sensibile di tempo. L'obiettivo ideale che si propone lo SMED è quello di eliminare, e non semplicemente ridurre, la necessità di ricorrere agli aggiustamenti (quick changeover for operators). Generalmente, questi ultimi sono inevitabili a causa di errori di dimensionamento, di centraggio o, comunque, di inadeguatezze nel set-up interno. Quindi la loro rimozione deve cominciare a monte, con una revisione del processo di set-up interno. Un punto cruciale riguarda la completa eliminazione dei settaggi basati sull'intuito o sull'esperienza degli operatori. Infatti, tutte queste situazioni mancano della precisione necessaria per cominciare a lavorare subito e senza alcun problema.

Tre tecniche pratiche per eliminare gli aggiustamenti sono:

- Usare scale numeriche graduate e settaggi standardizzati: nei casi più semplici si possono utilizzare scale graduate visuali, blocchetti spaziatori standardizzati o gauges graduati con precisioni fino a 0.01 mm, ma per applicazioni in cui sia necessaria una estrema precisione o una maggiore velocità di rilevazione di posizioni e spostamenti si può fare ricorso ai sistemi di rilevamento numerici digitali.
- Visualizzare centri e piani di riferimento: sulle macchine i centri ed i piani di riferimento non sono visibili come sui disegni. Generalmente vengono ricercati mediante un dispendioso processo per tentativi (con una conseguente fortissima incidenza di errori di posizionamento). Ad esempio, per centrare un pezzo su una

fresatrice in modo rapido e preciso, è possibile utilizzare un sistema di blocchetti opportunamente installati sulla testa della fresatrice e sulla tavola porta pezzo.

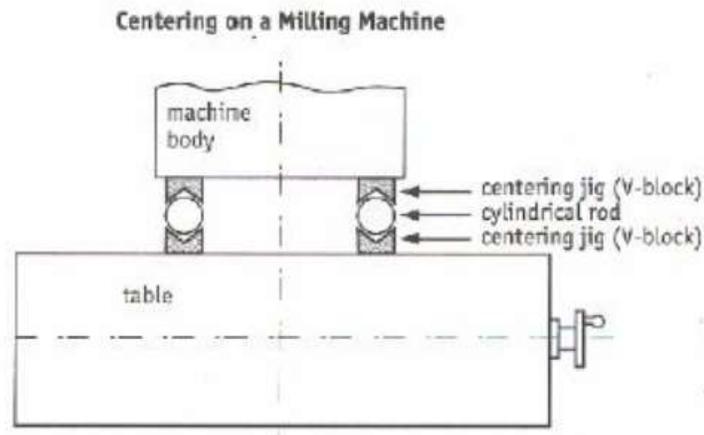


Figura 43: Centraggio con blocchetti a V

Come mostrato in Figura 43, due blocchetti a V sono fissati sulla superficie parallela alla tavola della testa della fresatrice, altri due, identici, sulla tavola porta pezzo. Due blocchetti cilindrici vengono inseriti tra i V-blocks, in modo da garantire il perfetto centraggio del pezzo rispetto alla macchina.

- Utilizzare il sistema “Least Common Multiple” (LCM): molte operazioni coinvolgono gli stessi meccanismi e si differenziano solamente per dimensioni e/o percorsi. Pertanto, è necessario eseguire un set-up ogni volta che cambiano le dimensioni dei pezzi o i percorsi che gli utensili devono seguire durante la lavorazione. Il sistema del “minimo comune multiplo” intende ridurre la necessità di aggiustamenti incorporando nelle macchine il numero di meccanismi necessario per svolgere tutte le funzioni previste.

Un ultimo, ma non meno importante, miglioramento che può essere apportato durante l'applicazione di questa fase è la creazione di sistemi visuali. Le perdite associate con la ricerca delle attrezzature e con il disordine in genere devono essere eliminate, ad esempio, utilizzando metodologie di “Visual Placement”.

6.4. Miglioramenti ottenibili

Effettuando un attento studio dell'attrezzaggio dei macchinari, seguendo le quattro fasi della metodologia SMED, sarebbe possibile ridurre notevolmente i tempi di set-up in produzione ottenendo un cambio di attrezzatura in pochi minuti.

Tale studio non richiede l'investimento di capitale da parte dell'azienda e sarebbe in grado di apportare un notevole risparmio economico.

I miglioramenti ottenibili dall'applicazione dello SMED potrebbero essere condotti parallelamente all'implementazione del CAM. Come descritto nel capitolo 4, infatti, l'utilizzo di un software CAM, oltre ai notevoli vantaggi analizzati, permetterebbe all'operatore di avere un riepilogo stampato delle operazioni che saranno svolte durante la lavorazione. Dunque, gli darebbe la possibilità di poter settare in anticipo (e in tempo mascherato) i grezzi da lavorare, gli utensili e i sistemi di staffaggio.

La sola operazione di conversione di attività IED in OED, attuabile in maniera indipendente dalla presenza di un CAM, comporta un'importante riduzione del tempo di set-up interno che può arrivare fino al 50%.

Dai dati analizzati nel capitolo 3, risulta che per 4.617 ore l'anno (192 giorni) i macchinari sono fermi a causa del set-up interno. Se si riuscisse a seguire e mettere in pratica la metodologia SMED, ottenendo una riduzione dei tempi del 50%, sarebbe possibile ottenere una riduzione notevole di costi. Considerando infatti il costo interno medio di un operatore pari a 30€/ora e il costo interno medio di un centro di lavoro pari a 60€/ora, si potrebbe ottenere un risparmio pari a:

$$4.617 \cdot 50\% \cdot 90\text{€ (somma macchina e uomo)} = 207.765\text{€}$$

L'ottimizzazione del sistema produttivo e la riduzione di notevoli tempi morti, dannosi per l'efficienza aziendale, con conseguente notevole risparmio di denaro, sarebbe un'operazione relativamente semplice da realizzare.

Seguendo le quattro fasi della teoria SMED, elencate in precedenza, sarebbe possibile condurre un'analisi ed una ricerca di soluzioni mirata a tale scopo.

In particolare, sarebbe consigliabile incominciare lo studio analizzando l'attuale processo di set-up (tempi e metodi di attrezzaggio) ed individuando le attività che potrebbero essere realizzate in "tempo mascherato" mentre la macchina lavora. Un metodo utile potrebbe essere lo stesso utilizzato nell'analisi svolta nel capitolo 3.2. Tale operazione potrebbe essere condotta individuando un numero consistente di oggetti destinati al flusso produttivo, seguendo ed appuntandosi le varie fasi del ciclo di lavoro con i relativi tempi e criticità. È

consigliabile utilizzare tabelle predisposte al reperimento dei dati come la seguente, da compilare a bordo macchina affiancati dall'operatore.

1	OPERAZIONE	TEMPO [min]	IED/OED	ATTREZZI	MIGLIORAMENTI

Tabella 7: Tabella predisposta ad analisi SMED

Una volta reperita una mole di dati sufficiente, risulta semplice individuare le operazioni critiche che necessitano un maggiore dispendio di tempo e di energia. Si prosegue quindi con le altre tre fasi dello SMED. Si mira a convertire per quanto possibile le IED in OED, si individuano e si studiano le modifiche necessarie da effettuare al processo, ed infine si mira ad ottimizzare la sequenza e i metodi operativi delle attività interne (IED), sia attraverso soluzioni tecniche (metodi ed attrezzature di lavoro), sia attraverso soluzioni organizzative (parallelizzazione di attività).

Infine, va precisato che per poter mettere in atto una rivoluzione del modo di lavorare in un'azienda abituata a seguire gli stessi metodi da decenni, è necessario coinvolgere gli operatori e convincerli dell'efficacia e dell'utilità di una tale rivoluzione.

7. WORLD CLASS MANUFACTURING

L'analisi condotta nel capitolo 3 ha consentito di individuare una serie di punti critici, fonti di perdita economica aziendale. Questi, se affrontati in maniera costruttiva attuando le soluzioni consigliate nei capitoli successivi, potrebbero permettere un grosso risparmio di tempo, denaro e sfruttamento delle risorse e dei macchinari.

Alcune delle soluzioni proposte, come la teoria SMED analizzata nel capitolo precedente, fanno parte di un modello di gestione più ampio e consolidato chiamato World Class Manufacturing (W.C.M.). Questo modello è in grado di supportare manager e imprenditori nella ricerca delle opportunità di crescita partendo dalle inefficienze che ne limitano il flusso del valore: inefficienze che rappresentano una vera e propria opportunità di risanamento, rilancio e sviluppo aziendale.

Il W.C.M. qualifica molti tra i più importanti costruttori di beni e servizi mondiali.

La metodologia TPM (Total Productive Maintenance), le logiche Lean Manufacturing (Produzione snella) ed il Total Quality Management, sono stati integrati, e sono la base del W.C.M. che, pur basandosi su moltissimi concetti del TPM / TQM si differenzia da questi in quanto alla base della scelta delle strategie e degli impianti "critici" (in gergo detti "da aggredire") vi è il cosiddetto Cost Deployment. Ciò significa che il gruppo di lavoro affronta le problematiche, siano esse manutentive, logistiche, qualitative, di sicurezza, organizzative, di organizzazione del posto di lavoro, sulla base della loro incidenza economica. Le attività di tutti i team sono orientate alla realizzazione di progetti (Kaizen) i cui obiettivi sono: zero difetti, zero guasti, zero incidenti e zero scorte, finalizzate ad una generale riduzione dei costi dello stabilimento.

Questa nuova metodologia si sta diffondendo laddove si vuole controllare e ridurre i costi produttivi in maniera sistemica e con metodi riferibili ed oggettivabili.

La strategia del W.C.M. è stata sviluppata negli Stati Uniti negli anni 90, in Italia arriva attorno al 2005 nel gruppo FIAT (oggi FCA) del quale si sta rivelando una delle ragioni della recente svolta positiva.

Alla base del W.C.M. ci sono 10 Pillar (pilastri) tecnici:

- SA Safety - Sicurezza del Posto di lavoro
- CD Cost Deployment - Fonti di perdita economica
- FI Focus Improvement - Miglioramento Focalizzato di uno specifico problema
- AM + WO Autonomous Maintenance - Workplace Organization
- PM Professional Maintenance - Manutenzione professionale

- QC Quality Control - Controllo Qualitativo
- L&CS Logistic / Customer Services
- EEM + EPM Early Equipment Management, Early Product Management - Strategia di acquisizione dei mezzi di lavoro / processi
- PD People Development - Sviluppo delle competenze del personale
- ENV Enviroment - Ambiente e sfruttamento servomezzi energetici



Figura 44: 10 Pillar WCM

Gli strumenti (tools) utilizzati nella metodologia sono molteplici, elenchiamo solo i più diffusi:

- OPL One Point Lesson
- SOP Standard Operating Procedure
- SMP Standard Manutentive Procedure
- 4M MAN/METHOD/MATERIAL/MACHINE metodo di scomposizione del problema per identificare le aree sensibili
- 5W 5 WHY porsi ed iterare domande sul perché di un fenomeno

- 5W+1H WHAT/WHERE/WHEN/WHICH/WHO/HOW posizionare il fenomeno nell'ambito di questi item
- 3M valutazione oggettiva del posto di lavoro
- KAIZEN progetti specifici di miglioramento
- KPI Key Performance Indicators - Indicatori oggettivi dei risultati
- KAI Indicatori delle attività (vedi Kaizen)

Si è scelto di analizzare di seguito alcune tra le numerose metodologie proposte dalla W.C.M. cercando di individuare quali tra queste, se implementate correttamente, potessero dare valore aggiunto alla struttura aziendale riducendo gli sprechi ed aumentando l'efficienza produttiva.

7.1. Total Productive Maintenance

Il TPM – Total Productive Maintenance (Manutenzione Produttiva Totale) è un approccio globale al Sistema Manutenzione che tende a massimizzare la capacità produttiva degli impianti, rispettando un corretto equilibrio fra costi di manutenzione ed efficienza globale degli impianti produttivi.

Il TPM è di fatto uno degli approcci principali all'interno del Toyota Production System e quindi del modello di Lean Production (produzione snella), puntando soprattutto alla riduzione di tutte le possibili “perdite di produzione”, quali:

- perdite per fermate (guasti, cambi produzione, riattrezzaggi, ecc.)
- perdite per velocità (rallentamenti, microfermate, ecc.)
- perdite per qualità (scarti, ecc.)

La sua implementazione diventa necessaria ed essenziale nelle aziende capital intensive ed in particolare in quelle aziende che producono su più turni produttivi con impianti che devono garantire la massima efficienza produttiva, attraverso lo sviluppo delle politiche di manutenzione preventiva e migliorativa a scapito della manutenzione correttiva/a guasto.

La manutenzione autonoma e preventiva sono anche due pilastri chiave del sistema W.C.M. del Gruppo Fiat.

I 5 principi guida su cui si basa un progetto TPM in azienda, sono:

- 1° principio: Monitorare e migliorare l'Efficienza Globale degli Impianti

- 2° principio: Sviluppare la manutenzione autonoma (condurre correttamente gli impianti)
- 3° principio: Sviluppare la manutenzione preventiva (anticipare e prevenire i guasti)
- 4° principio: Sviluppare la manutenzione migliorativa (analizzare sistematicamente i guasti e le perdite di produzione)
- 5° principio: Prevenire la manutenzione (progettare gli impianti in ottica TPM)

7.1.1. 1° principio: Monitorare e migliorare l'Efficienza Globale degli Impianti

Il TPM punta al monitoraggio ed al miglioramento dell'Efficienza Globale degli Impianti (OEE = Overall Equipment Effectiveness), cioè il rapporto tra:

- il tempo durante il quale l'impianto ha prodotto "pezzi buoni" considerando il "tempo ciclo" ottimale di puro valore aggiunto (tempo operativo a valore aggiunto);
- il tempo durante il quale l'impianto è stato impegnato per la produzione (tempo disponibile).

Nello schema seguente viene visualizzato il "gap" normalmente esistente tra tempo disponibile e tempo operativo a valore aggiunto e le 6 tipologie di perdite di produzione possibili (6 big losses):

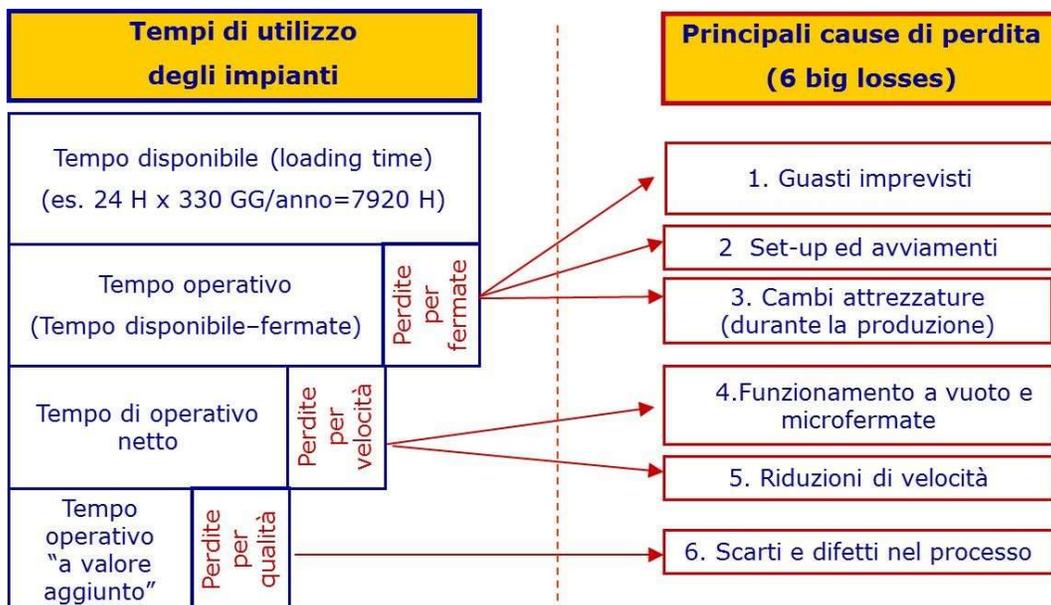


Figura 45: Le 6 big losses del TPM

Le 6 big losses nate in Toyota con il modello TPM sono:

- Perdite per fermate:
 1. perdite per guasti
 2. perdite per set-up e cambi di produzione
 3. perdite per cambi e regolazioni nel processo
- Perdite di velocità:
 4. perdite per funzionamento a vuoto e microfermate
 5. perdite per riduzione di velocità (velocità inferiore allo standard)
- Perdite per qualità:
 6. perdite per difetti e scarti nel processo.

7.1.2. 2° principio: Sviluppare la manutenzione autonoma

Uno dei pilastri del TPM è costituito dalla manutenzione autonoma.

La manutenzione autonoma punta al coinvolgimento del personale di produzione nelle attività di pulizia, ispezione, manutenzione e di corretta conduzione degli impianti, al fine di evitare i guasti ed i malfunzionamenti.

L'obiettivo della manutenzione autonoma è quello di mantenere l'impianto nelle sue condizioni ottimali di funzionamento per ridurre le cause di guasto ed evitare il deterioramento accelerato dei componenti.

L'introduzione della manutenzione autonoma comporta inoltre una revisione del ruolo del Servizio Manutenzione che, alleggerito dai compiti di manutenzione di base ed operativa, può dedicarsi maggiormente ad interventi di tipo più specialistico.

La realizzazione della manutenzione autonoma si articola in 7 passi in logica sequenziale secondo lo schema riportato nella pagina seguente:

Livello	Passo	Obiettivi		
1	1. Pulizia iniziale e ispezione	<ul style="list-style-type: none"> • Scoprire le anomalie • Trovare le fonti di sporco • Capire il verso significato della pulizia "Pulizia è ispezione" 		
	<ol style="list-style-type: none"> 1.1 Pulizia iniziale della macchina e cartellinatura 1.2 Attivazione della cartellinatura continua (con monitoraggio) 1.3 Pulizie successive 			
	2. Eliminare le fonti di sporco e le aree difficili da pulire	<ol style="list-style-type: none"> 2.1 Segnalazione delle fonti di sporco e delle aree difficili da pulire con cartellini 2.2 Eliminazione delle fonti di sporco e delle aree difficili da pulire 2.3 Monitoraggio dei problemi trovati/risolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminare le fonti di contaminazione • Migliorare le aree inaccessibili per pulizia e ispezione 	
	3. Creazione e mantenimento degli standard di pulizia e lubrificazione	<ol style="list-style-type: none"> 3.1 Creazione e mantenimento dello standard di pulizia 3.2 Studio del sistema di lubrificazione 3.3 Semplificazione delle operazioni di lubrificazione 3.4 Creazione e mantenimento dello standard di lubrificazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantire il mantenimento delle condizioni di base della macchina 	
	4. Ispezione generale	<ol style="list-style-type: none"> 4.1 Studio della macchina da parte dei leader 4.2 Addestramento degli operatori 4.3 Applicazione di quanto imparato sulla macchina ed evidenziazione dei problemi 4.4 Promozione del controllo visivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantire il mantenimento delle condizioni di base e delle condizioni ottimali della macchina 	
	3	5. Ispezione autonoma	<ol style="list-style-type: none"> 5.1 Integrazione degli standard di pulizia e lubrificazione con gli standard di ispezione generale 5.2 Preparazione dei fogli di controllo per l'ispezione autonoma 5.3 Miglioramento del controllo visivo e dell'operabilità 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantire il mantenimento delle condizioni di base e delle condizioni ottimali della macchina migliorando gli standard
		6. Standardizzazione	<ol style="list-style-type: none"> 6.1 Standardizzazione dei controlli e sistematizzazione della gestione della manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento continuo degli standard • Miglioramento di affidabilità, manutenibilità, operabilità delle macchine
		4	7. Programma di Manutenzione Autonoma totalmente implementato (Gestione Autonoma)	

7.1.3. 3° principio: Sviluppare la manutenzione preventiva

Uno dei pilastri del TPM è proprio il potenziamento delle politiche di manutenzione preventiva.

Infatti una volta eliminati alcuni interventi “a basso valore aggiunto” da parte della struttura Manutentiva, come conseguenza dell’avvio della manutenzione autonoma, diventa importante focalizzare le risorse specializzate presenti nell’area Manutenzione in interventi di manutenzione preventiva realizzati anche attraverso l’utilizzo di sistemi diagnostici.

Attraverso gli interventi di manutenzione preventiva si potrà anticipare e prevenire l’insorgere dei guasti, evitando pesanti fermate alla produzione.

7.1.4. 4° principio: Sviluppare la manutenzione migliorativa

Nel TPM è fondamentale avviare un processo di costante analisi dei guasti e delle perdite di produzione al fine di individuare le modifiche tecniche e le migliorie da apportare agli impianti.

Tali interventi, oltre che migliorare l’affidabilità degli impianti saranno anche finalizzati a migliorare le prestazioni, l’efficienza e la sicurezza d’uso, nonché la loro manutenibilità, contribuendo al miglioramento dell’OEE ed alla riduzione dei costi totali di produzione.

7.1.5. 5° principio: Prevenire la manutenzione

Ultimo in ordine di implementazione, ma forse primo in ordine di importanza è il principio di “prevenzione della manutenzione” attraverso una progettazione degli impianti in ottica TPM.

Questo principio comporta la corretta scelta, progettazione e messa in funzione degli impianti in modo da evitare il più possibile i costi di manutenzione nel loro ciclo di vita. Questo è uno dei punti più difficili da implementare in quanto richiede uno sforzo a monte da parte di tutte le funzioni coinvolte nella scelta e successivo utilizzo degli impianti produttivi.

Le aziende industriali in questi anni hanno sicuramente trascurato il loro Sistema Manutenzione, senza considerare che i risparmi in attività manutenzione degli impianti si traducono tutti, prima o poi, in maggiori perdite di produzioni e quindi maggiori costi.

Se vogliamo veramente ridurre i costi di produzione dobbiamo ritornare a ripensare le nostre politiche di manutenzione, sviluppando le attività di manutenzione autonoma, preventiva e migliorativa a scapito della ormai troppo frequente manutenzione a guasto.

7.2. Lean Manufacturing

La Lean Manufacturing o Lean Production, letteralmente tradotta con "produzione snella" è l'insieme dei concetti che rappresentano il Process Management, la gestione del processo, proveniente dal Toyota Production System (TPS). È un sistema molto attuale e moderno che permette di ottenere risultati concreti di successo per le aziende, in un mercato sempre più competitivo.

Il consolidato sistema di produzione Toyota è esplicitamente rinomato grazie al suo costante e incessante impegno nell'eliminazione degli sprechi. A monte, vi è l'identificazione di questi, in un numero di sette, a opera di Taiichi Ohno, ingegnere giapponese, membro del consiglio esecutivo dell'azienda automobilistica e padre putativo del TPS. Il successo della Toyota è stato il motore che ha acceso l'interesse sulle modalità utilizzate, che hanno consentito all'azienda di procedere su un percorso lineare di successo, capace di concretizzare, stabilizzare e ottimizzare le logiche gestionali, attraverso un sistema produttivo di tipo "pull" e una tecnica produttiva "just in time".

Quello che fa la Lean Manufacturing è mettere al centro dell'attenzione il cliente e il valore da lui espressamente percepito. Non è più una logica di tipo "push", ma "pull", in quanto è il cliente che "tira" la produzione stessa.

Il sistema "Just in time" è capace di assicurare quella perfetta simmetria tra l'offerta dei beni prodotti e la domanda generata dal mercato. Il concetto che lo anima si concentra sull'idea della produzione-consegna di merci finite al momento giusto, incorporate in sottogruppi, mentre i materiali acquistati vengono trasformati in parti. In questo modo si assume una direzione completamente opposta a quella della produzione di massa: il Just in time permette di immettere sul mercato prodotti in serie brevi e diversificate, capaci di plasmarsi e adattarsi ai flussi continui della domanda. Sarà quindi la produzione a trascinare il mercato, non viceversa.

Un concetto e una filosofia ritrovata oggi anche nelle strategie di marketing aziendale, che si concentrano molto di più su ciò che il cliente cerca e su ciò che l'azienda è in grado di fornire nel momento in cui l'utente ha effettivamente bisogno di qualcosa.

Se è vero che tutto ruota intorno a lui, bisogna basarsi su questo per identificare quelli che sono gli sprechi che non portano effettivo valore aggiunto all'azienda, e quindi al cliente finale.

I 7 sprechi della Lean Production, chiamati MUDA in giapponese, che rappresentano le modalità in cui le aziende sprecano il loro denaro sono i seguenti:

1. sovrapproduzione;
2. materie prime e semilavorati fermi in attesa della lavorazione successiva;
3. movimentazioni dei materiali;
4. scorte;
5. processare i materiali più del dovuto;
6. spostamenti del personale;
7. difetti.

La loro riduzione non fa altro che migliorare il valore del cliente finale. Una delle chiavi di accesso per capire il successo di questo metodo risiede nella struttura, che permette di mantenere costante le stesse eliminazioni, senza possibilità di pausa. I vantaggi sono una qualità ottimale, sempre in crescita, unita a tempi e costi di produzione notevolmente ridotti. Di seguito vengono esaminati i sette sprechi singolarmente.

7.2.1. Sovrapproduzione

Se si produce a lotti, secondo una logica non direttamente collegata agli ordini ricevuti, si rischia di avere una rimanenza di una quantità variabile di prodotti. La Lean Production si basa sul fatto che la produzione deve essere strettamente collegata alla domanda, proprio per evitare stoccaggi e rimanenze.

Una delle tecniche operative Lean che rispettano questo principio è il sistema Kanban.

Per fare in modo che non si verifichi sovrapproduzione, deve sussistere una certa flessibilità dei processi e grande efficienza nell'organizzazione generale. Inoltre, saper pianificare correttamente la produzione in modo da calcolare la quantità precisa di prodotti da produrre a seconda degli ordini ricevuti, risulta un altro elemento rilevante per garantire una produzione snella.

A questo punto risulta evidente che questo spreco è il più importante e il più difficile da ridurre, perché si va a toccare punti di intervento delicati e complessi allo stesso tempo.

Diventa necessario intervenire sull'organizzazione delle risorse umane e produttive, ma anche sui processi stessi di produzione.

Per garantire efficienza ed efficacia produttiva, oltre ad una buona strategia di lavoro occorre un supporto di tipo informatico capace di garantire il mantenimento dei cambiamenti positivi avvenuti.

Mai sottovalutare la potenza e l'importanza di un ERP (Enterprise Resource Planning), letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa", un software di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, gestione magazzino, contabilità ecc.) valido, innovativo, efficiente e completo.

7.2.2. Tempo

Se viene a mancare un'ottima sincronizzazione tra le varie fasi del processo, oppure vi sono tempi morti di produzione, o ancora tempi di attesa dovuti a problemi di bilanciamento, questo va ad impattare sull'efficienza generale del sistema.

Tutti quei tempi che non sono strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto, sono sprechi veri e propri che vanno eliminati completamente.

In questo caso bisogna studiare una strategia valida che possa eliminare tutti quei ritardi non necessari nel flusso produttivo. Operazione non semplice anche in questo caso, ma molto performante se messa in atto correttamente.

7.2.3. Scorte

Troppe scorte equivalgono a troppi sprechi inutili. Se lungo il processo rimangono scorte di materie prime o semilavorati, gli sprechi generati si riflettono su tutto il sistema produttivo, comportando danni inutili e perdita di valore.

Bisogna ridurre al minimo la scorta di pezzi e materiali tra una fase e l'altra, minimizzando quello che è il Capitale Fermo nel processo.

7.2.4. Trasporti

Qui si raccolgono tutte le operazioni di trasporto da un reparto ad un altro, perché a tutti gli effetti i trasporti sono una lavorazione aggiuntiva che se non è ottimizzata, comporta uno spreco di tempo e risorse.

Mantenersi in un'ottica di continua ottimizzazione significa analizzare concretamente quelli che sono i trasporti necessari e quelli che possono essere evitati, agendo di conseguenza, risulta essere la strategia migliore.

7.2.5. Movimenti

Tutto quello che non aggiunge valore alla produzione, deve essere eliminato sul nascere. In questo caso non parliamo di movimenti legati al trasporto delle risorse, ma piuttosto di quei movimenti all'interno del ciclo di lavorazione.

Minimizzare i movimenti di uomo, macchina e prodotto all'interno del ciclo stesso, garantisce efficienza a tutti gli effetti e di conseguenza, un sostanziale aumento di produttività.

7.2.6. Difetti

Trascurare i pezzi difettosi segnalati dal cliente, significa perdere l'opportunità di ottimizzare la produzione eliminando uno degli sprechi più comuni.

Analizzando il pezzo sotto ogni punto di vista e ricontrollando tutto il suo ciclo di produzione, è possibile identificare in quale fase è più probabile che si verifichi il difetto, intervenendo sul problema per cercare di ridurlo.

In questo modo si vanno a minimizzare i problemi intrinseci al pezzo stesso.

Controllare dunque sia partendo dall'interno quali sono le cause che hanno generato i difetti, ma anche analizzando i problemi riscontrati dal cliente stesso sul prodotto, per cercare di capire come si sono generati i difetti riscontrati e su quali aree è opportuno intervenire.

7.2.7. Processi

Con un'attenta analisi di tutto il processo è possibile identificare quelle fasi che sono inefficienti all'interno del ciclo di lavoro. Tutto quello che crea rallentamenti del flusso, scarti sui prodotti e incremento dei costi, comporta uno spreco non poco rilevante per l'attività.

Serve un costante monitoraggio e analisi per identificare i processi che potrebbero essere eliminati nel caso in cui non portano valore aggiunto ma solo spreco in termini di tempo, spazio, costi e risorse.

La Lean manufacturing è quindi un'efficace e certificata variazione sul tema dell'efficienza, basata sul raggiungimento del massimo risultato riferito alla gestione dei flussi, dalla riduzione di sprechi e dall'uso empirico utile a determinare ciò che davvero conta, senza accettare dogmaticamente idee precedenti

7.3. Le 5S

La metodologia 5S racchiude in cinque passaggi un metodo sistematico e ripetibile per l'ottimizzazione degli standard di lavoro e quindi per il miglioramento delle performance operative. (Galgano, 2002)

Nato dalla tradizione giapponese dell'eliminazione di tutto ciò che è spreco (Muda), l'obiettivo è quello di eliminare tutto ciò che non è strettamente funzionale all'attività svolta, indipendentemente dall'attività stessa. È un approccio definito di house-keeping, cioè finalizzato a mettere in ordine il posto di lavoro.

Il termine Metodo 5S trae spunto dalle iniziali della pronuncia occidentalizzata delle cinque parole giapponesi che sintetizzano i cinque passi che danno il ritmo alla metodologia:

- Seiri - separare: separa ciò che ti serve da ciò che non è funzionale all'attività e quindi crea disturbo e disordine, quindi spreco di tempo o di risorse; un termine alternativo con la S è scarta.
- Seiton - riordinare: metti a posto tutto quello che è utile, il vecchio motto "ogni cosa al suo posto e un posto per ogni cosa"; un termine alternativo con la S è sistema.
- Seiso - pulire: tieni tale ordine costante e pulisci, un ambiente pulito ed ordinato è un ambiente che "non nasconde" le inefficienze (una logica molto in linea con il Total Quality Management); un termine alternativo con la S è spazza.
- Seiketsu - sistematizzare o standardizzare: definisci delle metodologie ripetitive e canonizzate da utilizzare per continuare queste attività di razionalizzazione delle risorse e degli spazi lavorativi;
- Shitsuke - diffondere o sostenere: fai che questo modo di pensare ed agire sia pervasivo per tutte le attività aziendali.



Figura 46: Le 5S

Il quinto passo (shitsuke) può anche essere inteso come allargamento delle 5S da esperimenti pilota ad altre attività che possono goderne.

Questa metodologia investe quindi un atteggiamento aziendale di miglioramento continuo, in modo che ogni giorno sia un giorno per il miglioramento e per scoprire altri “muda” ed eliminarli: infatti se i primi tre passi possono essere svolti con poco sforzo, il cuore del miglioramento e del sistema è negli ultimi due che rendono l'attività costante e strutturale.

7.4. Indicatori di prestazione per la produzione Camel SpA

Un buon punto di partenza per indirizzare l'organizzazione aziendale verso un'ottica WCM potrebbe essere individuare degli indicatori di prestazione che consentano di monitorare l'efficienza dei processi produttivi, del livello di servizio e della qualità dei processi.

Inoltre, sarebbe possibile quantificare costantemente i miglioramenti apportati dalle soluzioni studiate ed implementate.

I KPI (Key Performance Indicators) sono delle variabili che le aziende usano per misurare, tracciare e analizzare le performance produttive. Questi dati sono solitamente utilizzati per valutare i successi di un'azienda in base agli obiettivi prefissati.

Il WCM prevede tre KPI indispensabili per monitorare la produzione:

- **EFFICIENZA (OEE):** già trattato nel paragrafo 7.1.1, indica l'efficienza generale dell'impianto. È una metrica ottenuta attraverso più variabili ed è l'indicatore più

"esigente" in quanto è condizionato da tutte le tipologie di inefficienze che portano ad una minore produttività.

- WIP/SCARTI: indicatore di Work In Process, misura il numero di pezzi (o di lotti) che sono in corso di lavorazione, sospesi per diversi motivi. È utilizzato per valutare le prestazioni del sistema: a parità di lotti prodotti, si preferisce la soluzione che corrisponde al più basso livello di WIP; l'azienda in questo modo può ridurre i costi dovuti all'immobilizzazione delle giacenze di materie prime e di semilavorati.
- SERVIZIO (LEAD TIME e RITARDI): il Lead time (o "tempo di attraversamento") è l'intervallo di tempo necessario per soddisfare la richiesta di un cliente. Quanto più questo tempo è basso tanto più l'azienda è veloce e flessibile. Questo KPI insieme al monitoraggio dei ritardi permette, se forniti di un sistema di pianificazione della produzione, di valutare eventuali ritardi e ripianificare la produzione degli ordini.

Un indicatore utile per l'ufficio produzione dell'azienda Camel SpA potrebbe dare informazioni sul rispetto dei tempi di consegna delle commesse. Avendo già a disposizione la totalità delle ore preventivate dai vari reparti per completare il ciclo produttivo, sarebbe possibile dare una previsione sui tempi di completamento delle commesse. Questi preventivi possono essere confrontati con i consuntivi dei tempi realmente impiegati.

Un tale indicatore potrebbe essere definito sia per i singoli reparti, fornendo informazioni sull'efficienza di ciascuno di essi, sia sull'intero sviluppo della commessa. Consentirebbe inoltre di identificare eventuali ritardi e la loro origine legata ad errori di lavorazione, errori di processo o valutazione errata di preventivi.

Considerando i due reparti principali di Carpenteria e Meccanica si può definire il seguente indicatore di performance, che indica il ritardo percentuale di consegna rispetto al tempo preventivato da ciascun reparto:

$$I_r = \frac{T_{consuntivo} - T_{preventivo}}{T_{preventivo}} \cdot 100\%$$

Indicando con il pedice "r" il reparto di interesse e con T i tempi in ore di preventivi e consuntivi.

Lo stesso indice può essere utilizzato per valutare il ritardo percentuale delle singole commesse o dei singoli gruppi realizzati.

In questo caso è necessario sommare le ore preventivate dai singoli reparti per effettuare una commessa (o un gruppo) e sottrarle alla somma di quelle calcolate in consuntivo, per poi dividerle per le prime:

$$I_{commessa/gruppo} = \frac{(T_{consuntivo,mecc} + T_{consuntivo,carp}) - (T_{preventivo,mecc} + T_{preventivo,carp})}{T_{preventivo,mecc} + T_{preventivo,carp}} \cdot 100\%$$

Monitorando questi indici è possibile aggiornare in tempo reale l'eventuale ritardo di consegna e apportare eventuali azioni correttive.

L'obiettivo è far tendere tale indice a 0%, minimizzando i ritardi di consegna.

La totalità di questi dati, accumulati nel tempo, può permettere una pianificazione più accurata del flusso produttivo, consentendo di rispettare le scadenze richieste dai clienti e puntare al miglioramento continuo del sistema aziendale.

8. Conclusioni e sviluppi futuri

Lo sviluppo dell'analisi sul sistema produttivo condotta in questo studio, realizzata attraverso l'utilizzo sincronizzato e complementare di MATLAB ed Excel, ha consentito di individuare una serie di aspetti migliorabili.

In particolare, ci si è soffermati sul metodo organizzativo del flusso produttivo, non sufficientemente flessibile e non predisposto alla pianificazione computerizzata, nonché sulla programmazione manuale e l'attrezzaggio a macchina ferma dei macchinari a controllo numerico per lavorazioni meccaniche.

Ciascuno di questi aspetti è stato analizzato singolarmente seguendo una ricerca tra le migliori soluzioni attuabili, facendo attenzione ad individuare quali fossero quelle maggiormente adatte al tipo di produzione richiesto dall'azienda, basato su progetti adattabili, versatili e customizzabili da parte del cliente.

Le competenze trasversali acquisite durante il percorso di studi hanno consentito la ricerca di soluzioni in settori eterogenei dell'ingegneria che vanno dallo scheduling e la programmazione computerizzata, sino alle lavorazioni meccaniche e l'attrezzaggio dei macchinari. Queste competenze, associate alla flessibilità e all'approccio adattativo ed innovativo puramente ingegneristico, hanno reso possibile la realizzazione di soluzioni ad hoc per ciascuna necessità presentata. Indispensabile e di fondamentale importanza si è dimostrata la corposa e solida competenza ingegneristica fornita dall'azienda, grazie alla professionalità ed elevata formazione del personale.

La scelta di seguire l'approccio del World Class Manufacturing ha indirizzato lo studio verso un'ottica di miglioramento dell'efficienza produttiva e di una produzione snella e flessibile. Alcune delle soluzioni proposte in questo studio sono state già messe in pratica dall'azienda, come l'utilizzo delle tabelle automatizzate e standardizzate per la gestione degli oggetti da lavorare, e dei programmi realizzati appositamente per la pianificazione del flusso produttivo. La contrattazione con la Software house per l'implementazione del CAM nel reparto di lavorazioni meccaniche è ancora in corso, dunque non è stato possibile confermarne l'efficacia.

Ci potrebbero essere molte strade percorribili per dare seguito e continuità al progetto.

Innanzitutto, sarebbe consigliabile seguire e mettere in pratica la metodologia SMED illustrata dettagliatamente nel capitolo 6 per ottenere una riduzione dei tempi di attrezzaggio dei macchinari CNC, con conseguente incremento di produttività.

Di pari passo, seguendo i pilastri del WCM, si potrebbe proseguire con altri studi e miglioramenti non solo in ambito produttivo, come già consigliato nel capitolo 7, ma anche negli altri reparti dell'azienda. Esempi potrebbero essere lo studio sulla manutenzione seguendo il TPM, oppure la sicurezza sul posto di lavoro, primo pilastro del WCM.

È giusto ricordare che i promotori dello sviluppo e dell'innovazione aziendale, spesso considerati visionari, hanno la grande responsabilità di coinvolgere i membri del sistema restii al cambiamento e allo sviluppo tecnologico, affinché questi possano collaborare con il fine ultimo e comune di miglioramento continuo e benefico sia per l'azienda che per il personale.

La resistenza al cambiamento nasce dal timore di abbandonare un metodo consolidato e certo che assicura un noto e fisso rendimento, per andare in una direzione nuova con prospettive di crescita, mettendo in atto metodologie e tecniche scientificamente provate, ma differenti.

Risulta difficoltoso dunque coinvolgere e convincere tali membri del sistema che lo sviluppo tecnologico e l'innovazione aziendale non sono un mezzo per rendere maggiormente complicato il loro modo di lavorare ma, al contrario, uno strumento per facilitare e rendere più efficiente ed efficace il loro operato a parità di tempo, sforzi e con migliori condizioni.

L'impegno della CAMEL SPA nel proseguire lungo questa direzione di cambiamento, innovazione, snellimento e costante incremento di efficienza, può permettere di mantenere la posizione di leader a livello italiano ed europeo nella progettazione e costruzione di impianti di automazione e robotizzazione nel settore automotive.

Bibliografia

- [1] www.camelspa.com/
- [2] <https://oggiscienza.it/2017/01/20/quarta-rivoluzione-industriale-innovazione/>
- [3] Iuliano L., Dispense di “Scheduling” del corso di Sistemi Integrati di Produzione, Politecnico di Torino, Torino, 2017.
- [4] Galgano, Le tre rivoluzioni, seconda appendice “le principali tecniche della produzione snella”, Gruppo Galgano e associati, 2002.
- [5] Shigeo Shingo, Il sistema di produzione Toyota dal punto di vista dell’industrial engineering, Franco Angeli, 1985.
- [6] The productivity press development team, Quick changeover for operators: the SMED system, Productivity inc., 1996.
- [7] Shigeo Shingo, A revolution in manufacturing: the SMED system, Productivity press, 1985.
- [8] E. Bohn, “Setup Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and Sophisticated Methods”, The Information Storage Industry Center, University of California, San Diego
- [9] www.leanmanufacturing.it
- [10] <https://oggiscienza.it/2017/01/20/quarta-rivoluzione-industriale-innovazione/>
- [11] <https://www.mitconsulting.it/la-metodologia-smed/>
- [12] <https://www.logisticaefficiente.it>

Appendice 1



CERTIFICATO

n. 1109 QM

Si attesta che il sistema di gestione
This is to certify that the management system of

CAMEL S.p.A.

Sede Legale ed Operativa/Registered and Operative Unit
Via Rivalta, 9 - 10095 GRUGLIASCO (TO)

È conforme ai requisiti della norma/*Fulfills the standard*

UNI EN ISO 9001:2015

Questo certificato è valido per il seguente campo di applicazione
This certificate is valid for the following products/services

**Progettazione, fabbricazione e montaggio di sistemi di
automazione industriale.**

Settore EA/EA Scope
18/19

L'uso e la validità del presente certificato sono soggetti al rispetto del Regolamento Globe per la certificazione dei sistemi di gestione.
La validità è subordinata a sorveglianza annuale e al riesame completo del sistema di gestione con periodicità triennale.
Use and validity of this certificate are subject to compliance with Globe Conditions for certification. Its validity is dependent on yearly surveillance audits and on a complete review of the management system every three years.

Prima Emissione/First Issue 11/04/2006
Emissione Corrente/Current Issue 09/04/2018
Scadenza/Expiry Date 08/04/2021

Globe General Manager
(dott. Paola De Piccoli)



SGQ N° 128 A
SGA N° 050 D

Membro di MIA DA per gli schemi di accreditamento
SGQ, SGA, PRD, PRS, ISP, LAB e LAT, di MIA DAF per
gli schemi di accreditamento SGQ, SGA, SGI, FSM e
PRD

Signatory of EA MIA for the accreditation schemes
QMS, EMS, PRD, PRS, INSP, TL and CL, of DAF MIA for
the accreditation schemes QMS, EMS, ISMS, FSMS
and PRD

Appendice 2

```
% APRIRE CARTELLA TESI
clc
clear all
path(path, 'C:\Users\fabio\Desktop\TESI');
ab=dir('setup');
bb=struct2cell(ab);
fogli=(bb(1, :))';
fogli(1)=[];
fogli(1)=[];
tab=zeros(1597,3); % sarà la matrice finale in cui inserire a sx i
SET-UP e a dx le ore TOT
nomi= num2cell(zeros(1597,1));
quant=zeros(244,1);
quant2=zeros(244,1);
paper=num2cell(zeros(1597,1));
%%
% APRIRE CARTELLA SET-UP
path(path, 'C:\Users\fabio\Desktop\TESI\setup');
for i=1:243;
name=fogli(i,1);
[NUM, TXT, RAW]=xlsread(name{1});
a=TXT(1, :); % riga con nomi colonne in cui cercare SET-UP e TOT
% ORE SET-UP
idx = strfind(a, 'SET'); % cerco stringa SET in vettore a
b=cellfun('isempty', idx); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c=find(b==0); % trovo indice colonna SET-UP
d=RAW(:, c);
d(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e=cell2mat(d); % trasformo in vettore con tempi SET-UP
f=isnan(e);
e(f)=[]; % rimuovo i NaN dal vettore
% ORE PROGRAMMAZIONE
idx3 = strfind(a, 'PROG'); % cerco stringa SET in vettore a
b3=cellfun('isempty', idx3); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
if all(b3)== 0 % restituirebbe 1 se b3 è fosse un vettore di
zeri, quindi che non c'è la colonna PROGRAMMAZIONE
c3=find(b3==0); % trovo indice colonna PROG
d3=RAW(:, c3);
d3(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e3=cell2mat(d3); % trasformo in vettore con tempi PROG
f3=e3(f==0);
else
f3=zeros(size(e,1),1);
end
% ORE TOT
idx2 = strfind(a, 'TOT'); % cerco stringa TOT in vettore a
b2=cellfun('isempty', idx2); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c2=find(b2==0); % trovo indice colonna TOT
d2=RAW(:, c2);
```

```

d2(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e2=cell2mat(d2); % trasformo in vettore con tempi SET-UP
f2=e2(f==0); % prendo tempi TOT dei corrispettivi SET-UP
dim=size(e,1);
% NOME ITEMS
idx4 = strfind(a,'NUM'); % cerco stringa NUM in vettore a
b4=cellfun('isempty',idx4); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c4=find(b4==0);% trovo indice colonna NUMERO DISEGNO
d4=RAW(:,c4);
d4(1)=[]; %elimino cella con scritta NUMERO DISEGNO per lasciare
solo quelle numeriche
% e4=cell2str(d4); % trasformo in vettore con NUMERI DISEGNO
f4=d4(f==0); % prendo NOMI dei corrispettivi SET-UP
dim=size(e);
quant(i+1,1)=dim(1); %vettore con numero items per ciclo (il primo
metto zero)
quant2(i+1,1)=sum(quant(1:i+1)); %vettore con numero progressivo
% RAGGRUPPO
for j=1:dim;
    cont=j+quant2(i,1)%contatore di items
    tab(cont,1)=e(j,1); % ore SET-UP
    tab(cont,2)=f3(j,1); % ore PROGR
    tab(cont,3)=f2(j,1); % ore TOT
    nomi(cont,1)=f4(j,1); % NOMI items
    paper(cont,1)=name;
end
% riassunto=[num2cell(tab) fogli];
% % riassunto(i,:)
end
% converto in ore e metto 10 minuti ai tempi pari a zero
tab(tab==0)=0.5; %metto 10 minuti ai tempi pari a zero
tab(tab<1)=tab(tab<1).*5/3; % converto in ore
studio=[nomi num2cell(tab) paper];
%%
RIASSUNTO=[{'num disegno', 'ore set-up', 'ore porgrammazione', 'ore
totali di lavorazione', 'foglio di lavoro'}; studio];
xlswrite('STORICO',RIASSUNTO,'foglio 1');
%% Elaborazione dati
somme=sum(tab,1,'omitnan');
somma_ore_setup=somme(1,1);
somma_ore_programmazione=somme(1,2);
somma_ore_totali=somme(1,3);
percentuale_ore_setup=somma_ore_setup/somma_ore_totali*100;
percentuale_ore_programmazione=somma_ore_programmazione/somma_ore_to
tali*100;
percentuale_ore_setup_e_programmazione=(somma_ore_setup+somma_ore_pr
ogrammazione)/somma_ore_totali*100;
numero_items_analizzati=cont;
RISULT=table(numero_items_analizzati,somma_ore_setup,somma_ore_prog
rammazione,somma_ore_totali,percentuale_ore_setup,percentuale_ore_pro
grammazione,percentuale_ore_setup_e_programmazione)

```

Appendice 3

```
% APRIRE CARTELLA TESI
clc
clear all
path(path, 'C:\Users\fabio\Desktop\TESI');
fogli=[683; 628; 693; 691; 696; 650; 690; 687; 656; 657; 697];
tab=zeros(646,3); % sarà la matrice finale in cui inserire a sx i
SET-UP e a dx le ore TOT
nomi= num2cell(zeros(646,1));
quant=zeros(11,1);
quant2=zeros(11,1);
paper=zeros(646,1);
%%
% APRIRE CARTELLA SET-UP
path(path, 'C:\Users\fabio\Desktop\TESI');
for i=1:11;
name=fogli(i,1);
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsx', num2str(name), 'A2
:U594');
a=TXT(1,:); % riga con nomi colonne in cui cercare SET-UP e TOT
% ORE SET-UP
idx = strfind(a, 'SET'); % cerco stringa SET in vettore a
b=cellfun('isempty',idx); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c=find(b==0); % trovo indice colonna SET-UP
d=RAW(:,c);
d(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e=cell2mat(d); % trasformo in vettore con tempi SET-UP
f=isnan(e);
e(f)=[]; % rimuovo i NaN dal vettore
% ORE PROGRAMMAZIONE
idx3 = strfind(a, 'PROG'); % cerco stringa SET in vettore a
b3=cellfun('isempty',idx3); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
if all(b3)== 0 % restituirebbe 1 se b3 è fosse un vettore di
zeri, quindi che non c'è la colonna PROGRAMMAZIONE
c3=find(b3==0); % trovo indice colonna PROG
d3=RAW(:,c3);
d3(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e3=cell2mat(d3); % trasformo in vettore con tempi PROG
f3=e3(f==0);
else
f3=zeros(size(e,1),1);
end
% ORE TOT
idx2 = strfind(a, 'TOT'); % cerco stringa TOT in vettore a
b2=cellfun('isempty',idx2); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c2=find(b2==0); % trovo indice colonna TOT
d2=RAW(:,c2);
d2(1)=[]; %elimino cella con scritta SET-UP per lasciare solo quelle
numeriche
e2=cell2mat(d2); % trasformo in vettore con tempi SET-UP
```

```

f2=e2(f==0); % prendo tempi TOT dei corrispettivi SET-UP
dim=size(e,1);
% NOME ITEMS
idx4 = strfind(a,'NUM'); % cerco stringa NUM in vettore a
b4=cellfun('isempty',idx4); % vettore con 0 in corrispondenza di idx
c4=find(b4==0);% trovo indice colonna NUMERO DISEGNO
d4=RAW(:,c4);
d4(1)=[]; %elimino cella con scritta NUMERO DISEGNO per lasciare
solo quelle numeriche
% e4=cell2str(d4); % trasformo in vettore con NUMERI DISEGNO
f4=d4(f==0); % prendo NOMI dei corrispettivi SET-UP
dim=size(e);
quant(i+1,1)=dim(1); %vettore con numero items per ciclo (il primo
metto zero)
quant2(i+1,1)=sum(quant(1:i+1)); %vettore con numero progressivo
% RAGGRUPPO
for j=1:dim;
    cont=j+quant2(i,1)%contatore di items
    tab(cont,1)=e(j,1); % ore SET-UP
    tab(cont,2)=f3(j,1); % ore PROGR
    tab(cont,3)=f2(j,1); % ore TOT
    nomi(cont,1)=f4(j,1); % NOMI items
    paper(cont,1)=name;
end
% riassunto=[num2cell(tab) fogli];
% % riassunto(i,:)
end
% converto in ore e metto 10 minuti ai tempi pari a zero
tab(tab==0)=0.166667; %metto 10 minuti ai tempi pari a zero
% tab(tab<1)=tab(tab<1).*5/3; % converto in ore
studio=[nomi num2cell(tab) num2cell(paper)];
%% Scrittura su nuovo file Excel
RIASSUNTO=[{'num disegno', 'ore set-up', 'ore programmazione', 'ore
totali di lavorazione', 'foglio di lavoro'}; studio];
xlswrite('MARZO-APRILE-MAGGIO',RIASSUNTO,'RIASSUNTO');
%% Elaborazione dati
somme=sum(tab,1,'omitnan');
somma_ore_setup=somme(1,1);
somma_ore_programmazione=somme(1,2);
somma_ore_totali=somme(1,3);
percentuale_ore_setup=somma_ore_setup/somma_ore_totali*100;
percentuale_ore_programmazione=somma_ore_programmazione/somma_ore_to
tali*100;
percentuale_ore_setup_e_programmazione=(somma_ore_setup+somma_ore_pr
ogrammazione)/somma_ore_totali*100;
numero_items_analizzati=cont;
RISULT=table(numero_items_analizzati,somma_ore_setup,somma_ore_prog
rammazione,somma_ore_totali,percentuale_ore_setup,percentuale_ore_pro
grammazione,percentuale_ore_setup_e_programmazione)

```

Appendice 4

```
% Ordina le righe del foglio 'numero commessa' del file
'REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsxm'
% per ore di lavoro residue in ordine crescente, eliminando le righe
con
% ore residue pari a 0 (quindi items già lavorati), ed aggiungendo un
foglio
% chiamato 'RIASSUNTO' sullo stesso file excel.
pkg load io;
clc
clear all
%%
n1=input('Inserire numero commessa (nome foglio su file excel): ');
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsxm',num2str(n1),'A2:X
2000');
A=RAW;
campi=A(1,:);
valori_a= A;
valori_a(1,:)=[];
a=cell2mat(valori_a(:,15));
[dummy,idx]=sort(a);
valori_ordinati_a=valori_a(idx,:);
m1_a=NaN(size(valori_ordinati_a));
m_a=valori_ordinati_a(:,15);
M_a=cell2mat(m_a);
idx_a=find(M_a ~= 0);
valori_ordinati_fin_a=valori_ordinati_a(idx_a,:);
%%
n2=input('Inserire numero della seconda commessa (nome foglio su
file excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire
0: ');
if n2==0;
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_fin_a;
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_1');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsxm',num2str(n2),'A2:X
2000');
B=RAW;
valori_b= B;
valori_b(1,:)=[];
b=cell2mat(valori_b(:,15));
[dummy,idx]=sort(b);
valori_ordinati_b=valori_b(idx,:);
m1_b=NaN(size(valori_ordinati_b));
m_b=valori_ordinati_b(:,15);
M_b=cell2mat(m_b);
```

```

idx_b=find(M_b ~= 0);
valori_ordinati_fin_b=valori_ordinati_b(idx_b,:);
%%
n3=input('Inserire numero della terza commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n3==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_2');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsx',num2str(n3),'A2:X
2000');
C=RAW;
valori_c= C;
valori_c(1,:)=[];
c=cell2mat(valori_c(:,15));
[dummy,idx]=sort(c);
valori_ordinati_c=valori_c(idx,:);
m1_c=NaN(size(valori_ordinati_c));
m_c=valori_ordinati_c(:,15);
M_c=cell2mat(m_c);
idx_c=find(M_c ~= 0);
valori_ordinati_fin_c=valori_ordinati_c(idx_c,:);
%%
n4=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n4==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_3');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsx',num2str(n4),'A2:X
2000');
D=RAW;
valori_d= D;
valori_d(1,:)=[];
d=cell2mat(valori_d(:,15));
[dummy,idx]=sort(d);
valori_ordinati_d=valori_d(idx,:);

```

```

m1_d=NaN(size(valori_ordinati_d));
m_d=valori_ordinati_d(:,15);
M_d=cell2mat(m_d);
idx_d=find(M_d ~= 0);
valori_ordinati_fin_d=valori_ordinati_d(idx_d,:);
%%
n5=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n5==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_4');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsx',num2str(n5),'A2:X
2000');
E=RAW;
valori_e= E;
valori_e(1,:)=[];
e=cell2mat(valori_e(:,15));
[dummy,idx]=sort(e);
valori_ordinati_e=valori_e(idx,:);
m1_e=NaN(size(valori_ordinati_e));
m_e=valori_ordinati_e(:,15);
M_e=cell2mat(m_e);
idx_e=find(M_e ~= 0);
valori_ordinati_fin_e=valori_ordinati_e(idx_e,:);
%%
n6=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n6==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d;valori_ordinati_fin_e];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_4');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsx',num2str(n6),'A2:X
2000');
F=RAW;
valori_f= F;

```

```

valori_f(1,:)=[];
f=cell2mat(valori_f(:,15));
[dummy,idx]=sort(f);
valori_ordinati_f=valori_f(idx,:);
m1_f=NaN(size(valori_ordinati_f));
m_f=valori_ordinati_f(:,15);
M_f=cell2mat(m_f);
idx_f=find(M_f ~= 0);
valori_ordinati_fin_f=valori_ordinati_f(idx_f,:);
%%
n7=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n7==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d;valori_ordinati_fin_e;valo
ri_ordinati_fin_f];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_4');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[NUM,TXT,RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsm',num2str(n7),'A2:X
2000');
G=RAW;
valori_g= G;
valori_g(1,:)=[];
g=cell2mat(valori_g(:,15));
[dummy,idx]=sort(g);
valori_ordinati_g=valori_g(idx,:);
m1_g=NaN(size(valori_ordinati_g));
m_g=valori_ordinati_g(:,15);
M_g=cell2mat(m_g);
idx_g=find(M_g ~= 0);
valori_ordinati_fin_g=valori_ordinati_g(idx_g,:);
%%
n8=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n8==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d;valori_ordinati_fin_e;valo
ri_ordinati_fin_f;valori_ordinati_fin_g];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_4');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

```

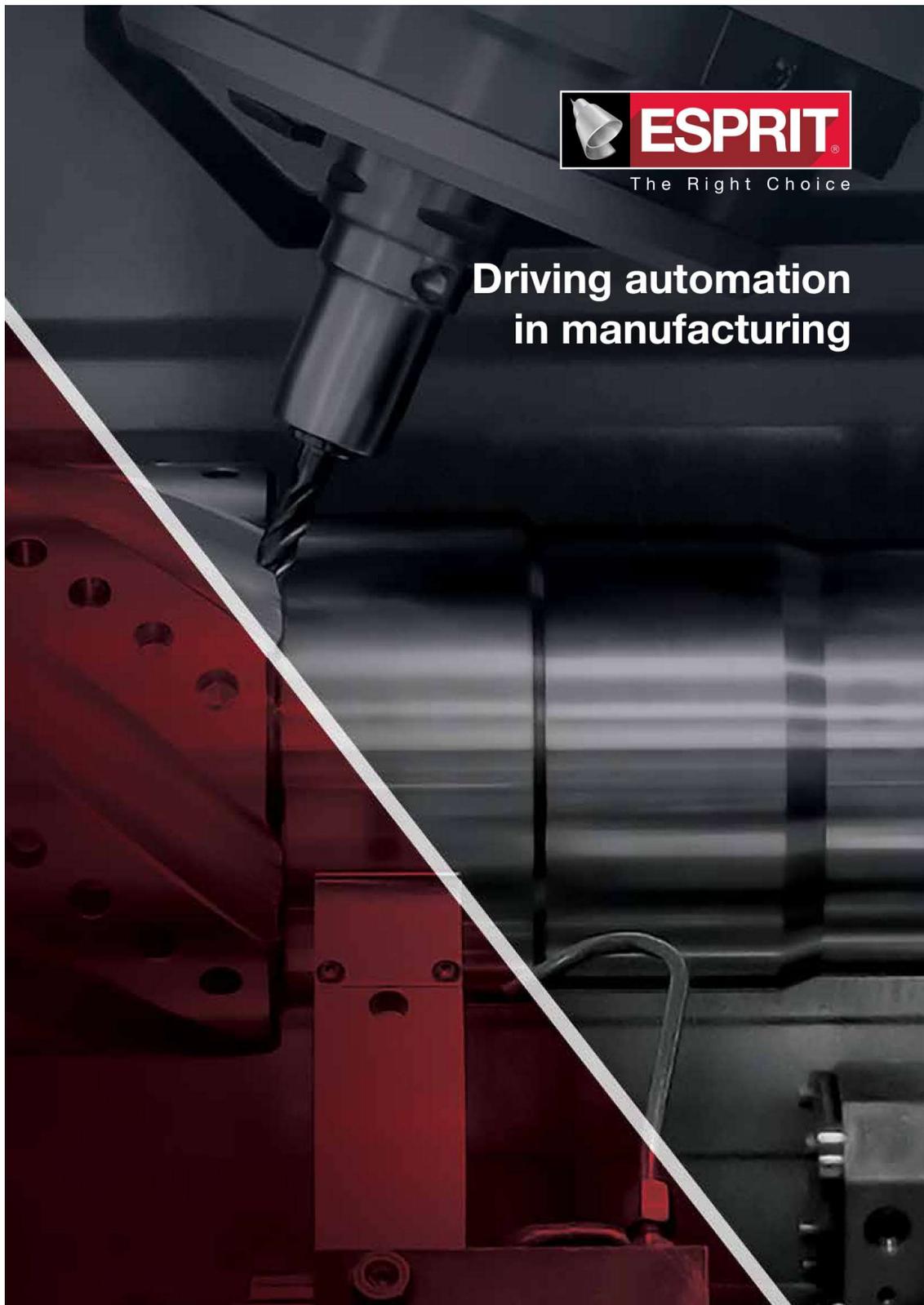
```

    else
[ NUM, TXT, RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsm',num2str(n8),'A2:X
2000');
H=RAW;
valori_h= H;
valori_h(1,:)=[];
h=cell2mat(valori_h(:,15));
[dummy,idx]=sort(h);
valori_ordinati_h=valori_h(idx,:);
m1_h=NaN(size(valori_ordinati_h));
m_h=valori_ordinati_h(:,15);
M_h=cell2mat(m_h);
idx_h=find(M_h ~= 0);
valori_ordinati_fin_h=valori_ordinati_h(idx_h,:);
%%
n9=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su file
excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire 0: ');
if n9==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d;valori_ordinati_fin_e;valo
ri_ordinati_fin_f;valori_ordinati_fin_g;valori_ordinati_fin_h];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));
[dummy,idx]=sort(x);
valori_ordinati_fin=valori_ordinati_finx(idx,:);
%%
RIASSUNTO=[campi;valori_ordinati_fin];
xlswrite(date(),RIASSUNTO,'RIASSUNTO_4');
disp('Nella cartella è stato aggiunto un file chiamato RIASSUNTO che
ordina gli items da lavorare per ordine crescente di ore di
lavorazione residue')

    else
[ NUM, TXT, RAW]=xlsread('REPARTO_MECCANICA_NEW.xlsm',num2str(n9),'A2:X
2000');
I=RAW;
valori_i= I;
valori_i(1,:)=[];
i=cell2mat(valori_i(:,15));
[dummy,idx]=sort(i);
valori_ordinati_i=valori_i(idx,:);
m1_i=NaN(size(valori_ordinati_i));
m_i=valori_ordinati_i(:,15);
M_i=cell2mat(m_i);
idx_i=find(M_i ~= 0);
valori_ordinati_fin_i=valori_ordinati_i(idx_i,:);
%%
n10=input('Inserire numero della quarta commessa (nome foglio su
file excel); altrimenti, se si vuole terminare la ricerca inserire
0: ');
if n10==0;
valori_ordinati_finx=[valori_ordinati_fin_a;valori_ordinati_fin_b;va
lori_ordinati_fin_c;valori_ordinati_fin_d;valori_ordinati_fin_e;valo
ri_ordinati_fin_f;valori_ordinati_fin_g;valori_ordinati_fin_h;valori
_ordinati_fin_i];
x=cell2mat(valori_ordinati_finx(:,15));

```


Appendice 5



Ispirati dalla visione del potenziale tecnologico, alimentati dalla passione, impegnati nell'eccellenza.

ESPRIT è un potente sistema CAM per la programmazione CNC, l'ottimizzazione e la simulazione, con il supporto dell'intero processo produttivo. Con post processor certificati dal costruttore, ESPRIT vince le sfide più difficili con soluzioni automatiche. ESPRIT è la soluzione di produzione intelligente per qualsiasi lavorazione. Con un eccellente supporto tecnico, ESPRIT ti permette di iniziare rapidamente e continuare a lavorare in massima efficienza.

ESPRIT è l'unico sistema CAM di cui avrai mai bisogno.



Un sistema CAM con ampie funzionalità

ESPRIT offre una programmazione, ottimizzazione e simulazione ad alte prestazioni per supportare tutti i processi produttivi - dal file CAD al pezzo finito. La funzionalità completa di ESPRIT comprendono la programmazione per la fresatura di 2-5 assi, la tornitura 2-22 assi, elettroerosione a filo da 2 a 5 assi e le macchine utensili multitasking a fantina mobile, tornio-fresa e con asse B.

Macchine digitali certificate dal costruttore

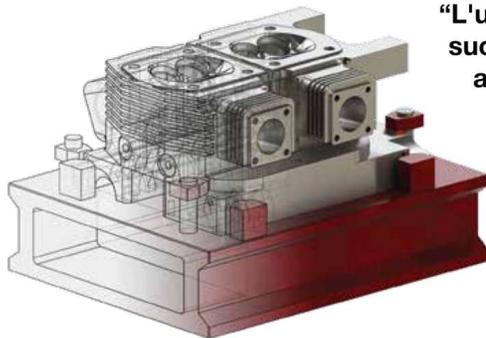
Con le macchine digitali - ESPRIT, emulatori di controllo, parametri macchina e postprocessori - il sistema offre una simulazione accurata e un codice CNC ottimizzato per macchina utensile. I post-processori certificati dal costruttore sono disponibili per ogni tua macchina utensile che saranno così alimentate con codice CNC senza alcuna necessità di modifica, per sfruttare al meglio l'investimento nella tua macchina utensile.

Supporto tecnico eccellente

I servizi di formazione, consulenza e programmazione globali ti aiutano a iniziare rapidamente. I tecnici ESPRIT si assicurano le tue operazioni procedano in massima efficienza. I nostri specialisti vanno oltre il software per comprendere e supportare i processi completi, il flusso di lavoro e le macchine utensili.

Piattaforme di automazione e servizi di ingegneria

ESPRIT risolve sfide uniche con soluzioni di automazione su misura e applicazioni create utilizzando l'API del software. Prova la potenza di ESPRIT tramite le API per eliminare le attività ripetitive, fornire elevati gradi di automazione e facilitare il flusso di dati in entrata e un uscita dal sistema CAM.



“L'unico modo in cui una società può avere successo nella produzione è quello di restare all'avanguardia della tecnologia ed è con soluzioni come ESPRIT che ci danno la possibilità di competere .”

— Kevin Reed, CEO di Innovative Mounts



Lavorazioni ad alte prestazioni

Massimizzazione dell'utilizzo della macchina per parti di alto valore e lavorazioni complesse

ESPRIT® SolidMill® per fresatura 2-5 assi

ESPRIT offre cicli di produzione per fresatura tradizionale di produzione 2,5 assi e posizionata 3+2, così come lavorazioni ad alta velocità per 3-, 4- e 5 assi simultanei, fornendoti tutta la potente programmazione CNC di cui avrai bisogno.

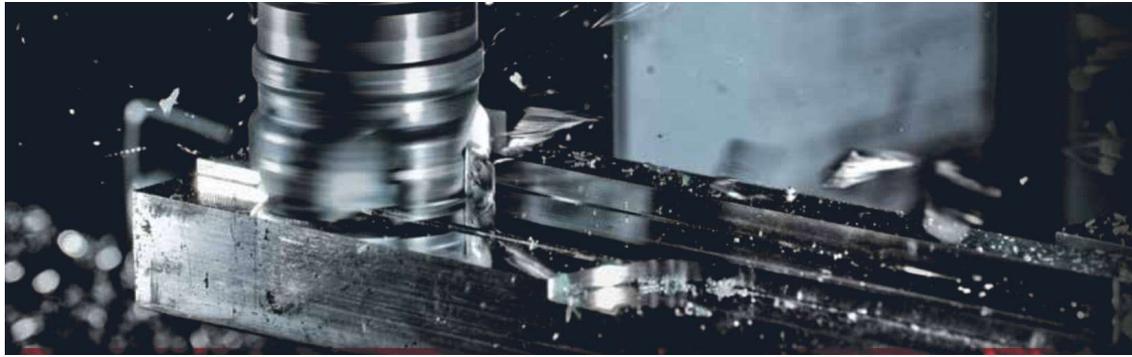
ESPRIT SolidTurn® per tornitura 2-22 assi

SolidTurn offre una suite completa di cicli per sfaccatura, ssgrossatura, tornitura, scanalatura e foratura. Combinando i moduli SolidMill and SolidTurn con la movimentazione del pezzo, potrai trarre il massimo vantaggio dalla tua macchina multitasking e realizzare simultaneamente operazioni di fresatura e tornitura in un singolo piazzamento.

ESPRIT SwissTurn® per fantina mobile

Tutta la potenza dei moduli ESPRIT's SolidMill e SolidTurn è disponibile per la tua fantina mobile. ESPRIT raccoglie ogni esigenza della fantina mobile — alimentazione barra, assi collineari, stazioni porta utensili, calcolo tempo ciclo, etc. — fornendoti flessibilità, simulazione accurata e codice macchina ottimizzato.





Cicli di lavorazione adattivi

Lavorazione ad alte prestazioni, compresa la ProfitMilling® per sgrossatura in alta velocità e la ProfitTurning™ for tornitura, sfacciatura, e lavorazione di gole, permettono un tempo ciclo più veloce e una vita utensile più lunga grazie all'ottimizzazione dell'impegno utensile e alle velocità di taglio.

Percorso utensile con grezzo dinamico

In risposta ai diversi piazzamenti o processi, ESPRIT® ottimizza i percorsi utensili in base allo stato del grezzo, eliminando percorso in aria e minimizzando i riposizionamenti — ottimizzando così il tempo in macchina.

Generatore link automatici

Usando la rappresentazione digitale della macchina, ESPRIT gestisce automaticamente i movimenti rapidi fra le passate. I movimenti lineari e rotativi fra le operazioni sono realizzati automaticamente e in sicurezza.

Sincronizzazione e ottimizzazione

Lavorazioni sincronizzate, sequenziali e parallele ottimizzano il tempo ciclo per macchine multi mandrino e multi torretta permettendo di ottenere il massimo da tali macchine.

ESPRIT per elettroerosione a filo

ESPRIT semplifica drasticamente il processo di programmazione per l'elettroerosione a filo, incrementando significativamente l'accuratezza del pezzo e diminuendo la complessità del codice macchina. Il database di conoscenza acquisite di ESPRIT supporta ogni tipo di ciclo per tagli ordinari e sformati e per ogni tipo applicazione.

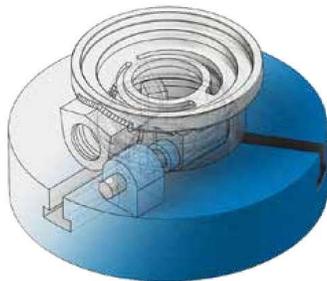




Una manufacturing platform intelligente per Industry 4.0

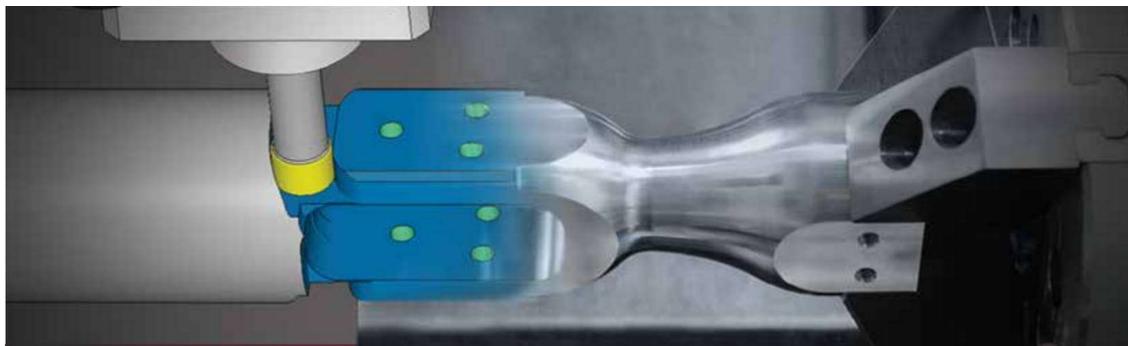
Digital twin del tuo ambiente macchina

ESPRIT® ti permette di creare un digital twin (gemello digitale) delle tue macchine utensili per la programmazione, ottimizzazione e simulazione. Le parti da lavorare e gli utensili sono preparati virtualmente con il risultato finale di una simulazione coerente e migliori percorsi utensili. Qualunque cosa vedrai nello schermo, sarà quello che vedrai anche nella realtà dell'officina.



Digital thread per il discrete manufacturing

Con ESPRIT, un digital thread (filo digitale) connette insieme ogni passo del flusso di lavoro, assicurando così che tutto il processo di lavorazione sia connesso. ESPRIT importa i dati da tutti i software CAD e genera codice cnc ottimizzato per ogni macchina con istruzioni di piazzamento e dati utensili che sono trasmessi al software di gestione in officina per la gestione delle risorse.



Machine awareness

Un software che riconosca l'ambiente macchina rappresenta un cambiamento fondamentale nel modo in cui il percorso utensile è generato con una vita utensile allungata e un tempo macchina ridotto. A differenza dei CAM tradizionali, il riconoscimento della cinematica e della dinamica della macchina vengono usati per il piazzamento, la programmazione l'ottimizzazione e la simulazione. Con il riconoscimento dell'ambiente macchina (machine awareness), i programmatori CAM prendono scelte migliori per il percorso utensile con il risultato finale di prestazioni migliorate.

Artificial intelligence (AI)

ESPRIT KnowledgeBase™ semplifica la programmazione delle parti selezionando automaticamente i processi ottimali - cicli di lavorazione, utensili da taglio e condizioni di lavorazione - per le feature delle parti basate su best practice comprovate. Poiché la programmazione è più prevedibile e coerente, gli operatori delle macchine incontrano meno problemi e le macchine producono parti di qualità superiore.

Cloud-enabled

L'integrazione con database basati su cloud, come MachiningCloud®, facilita l'accesso a conoscenze, dati sui prodotti, risorse e controlli di processo per macchine, utensili da taglio e staffaggi. Questi database abilitati per il cloud suggeriscono avanzamenti e velocità di taglio raccomandati dalla fabbrica e forniscono dati sui prodotti continuamente aggiornati per migliorare la programmazione e la simulazione.



Additive manufacturing

L'ESPRIT Additive Suite guida sia i sistemi di fusione a letto di polveri che le macchine per la deposizione diretta di metalli. Questa potente suite offre un controllo completo sul processo di produzione additiva e offre file di lavoro ottimizzati per la macchina. Per macchine ibride (macchine CNC con capacità additive) ESPRIT supporta la combinazione di processi additivi e sottrattivi in un unico programma. Per macchine additive dedicate, ESPRIT offre un flusso di lavoro Part-to-Build™ (in attesa di brevetto) che guida rapidamente il processo di costruzione dal file CAD alla parte stampata.

L'unico sistema CAM di cui avrai mai bisogno

Lavorazioni ad alta performance

- ▶ Fresatura 2-5 assi
- ▶ Tornitura 2-22 assi
- ▶ Elettroerosione a filo 2-5 assi
- ▶ Percorsi utensili in alta velocità per 2-5 assi simultanei
- ▶ Macchine multitasking a fantina mobile, tornio-fresa e con asse B

Hybrid manufacturing

- ▶ Combinazione di processi additivi e di asportazione
- ▶ Macchine per direct energy deposition e direct metal deposition

3D printing / additive manufacturing

- ▶ Part-to-Build™ workflow con transizione veloce dal CAD alla parte finale stampata
- ▶ Letto di polveri, stampanti binder jetting e material jetting

Americas:

 espritcam.com
 + 1 800 627 8479

Italia:

 espritcam.it
 + 39 055 23 42 286

India:

 espritcam.com
 + 91 44 2262 2694

Giappone:

 espritcam.jp
 + 81 45 228 9021

Cina:

 espritcam.com/cn
 + 86 10 58691865

Sud Corea:

 espritcam.kr
 + 82 2 2109 0282



The Right Choice

 esprit.italy@dptechnology.com

© 2017 DP Technology Corp. All rights reserved U.S Patents 6,907,313 ; 7,058,472. Other U.S and foreign patents pending



ALYANTE® PowerSuite

Soluzioni e servizi per l'officina
meccanica

www.teamsystem.com

 TeamSystem®

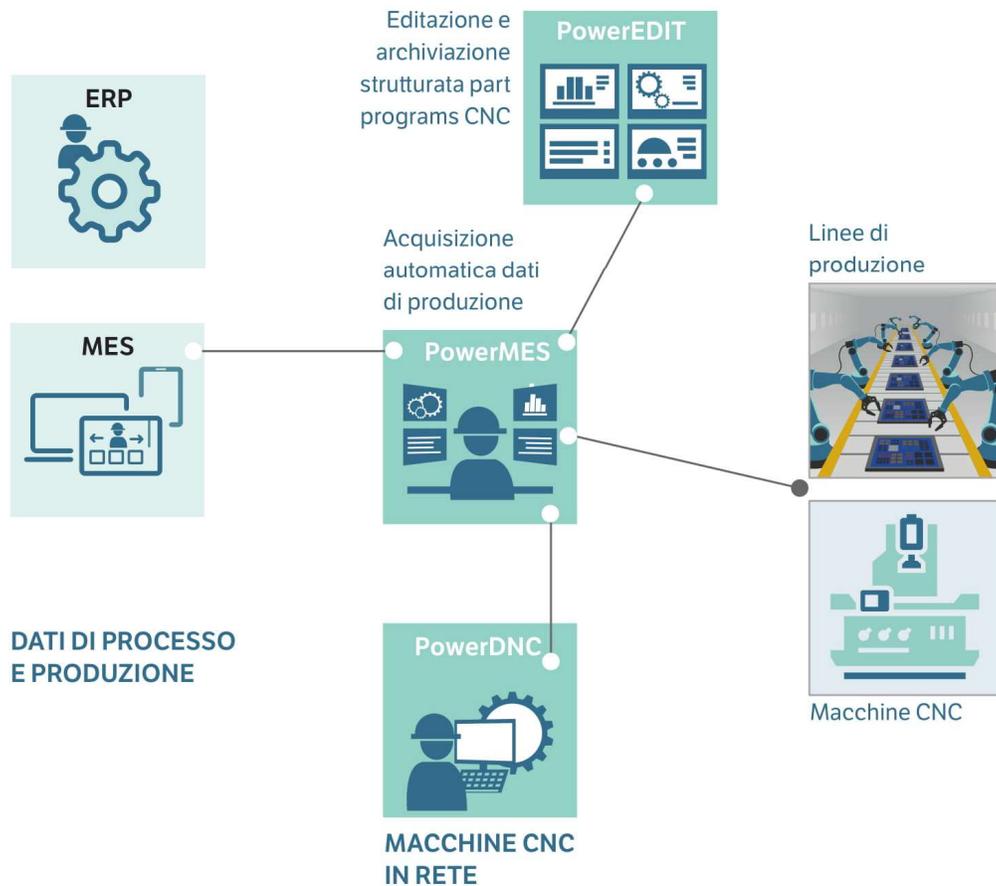
TeamSystem affianca l'azienda manifatturiera con soluzioni pensate per l'Industry 4.0. Sviluppiamo software dedicati all'ambiente produttivo, utilizzando tecniche e strumenti all'avanguardia. I nostri software sono completamente personalizzabili per adeguarsi alle esigenze dei nostri clienti.

PowerSuite

Le macchine utensili e tutti i reparti produttivi di un'azienda meccanica necessitano sempre più di dati per essere efficienti e migliorare la produttività.

PowerSuite è la soluzione ideale per gestire tutte le informazioni necessarie al funzionamento delle officine meccaniche con impianti a controllo numerico.

La soluzione PowerSuite, nei suoi moduli PowerDNC, PowerEDIT, PowerDOC, PowerSIM e PowerMES, è uno strumento completo e innovativo per la gestione snella dei reparti di lavorazione meccanica, integrandoli realmente con il resto dell'azienda: un risparmio di tempi e, quindi, di costi nel setup degli impianti produttivi.



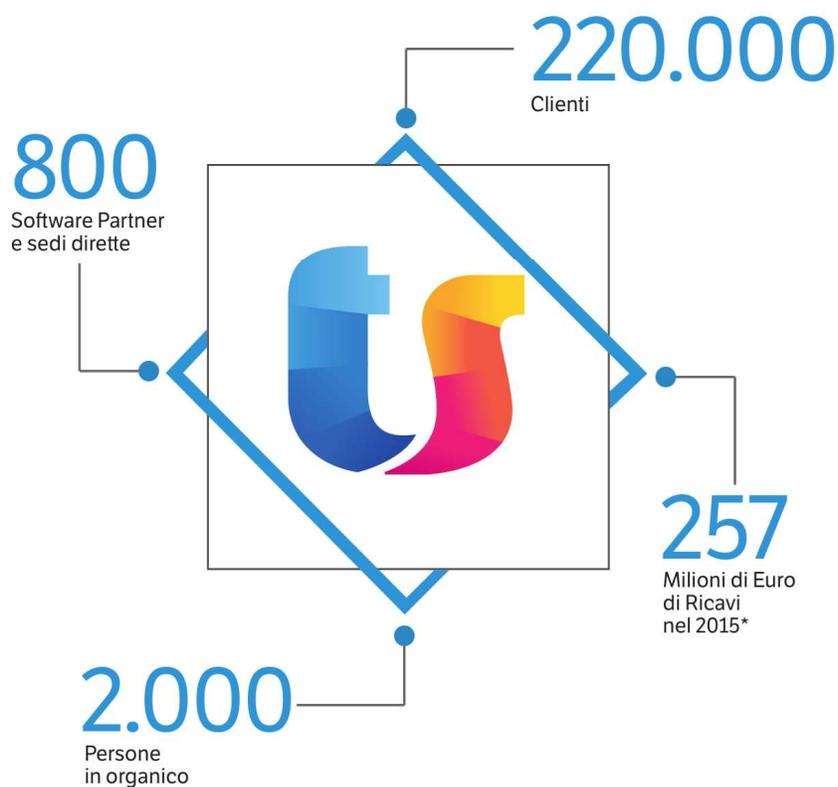
I numeri TeamSystem

Il gruppo **TeamSystem** è leader in Italia nei software gestionali/ERP e nei servizi di formazione rivolti ad Aziende, Artigiani, Professionisti (commercialisti, consulenti del lavoro, avvocati, amministratori di condominio, liberi professionisti) e Associazioni.

Da oltre trent'anni presente sul mercato del Software Gestionale italiano.

Questi i numeri che rappresentano un gruppo in costante crescita, con un consolidato know how alle spalle, in grado di affiancare i propri clienti con soluzioni e servizi che permettono di essere più competitivi sul mercato.

Integrando le competenze delle diverse società che lo compongono, il gruppo TeamSystem fornisce a professionisti ed aziende una suite completa di prodotti, servizi e contenuti, spaziando dalla consulenza ai software gestionali, all'education e alla formazione manageriale e professionale.



* dati proforma 2015, TeamSystem e società controllate

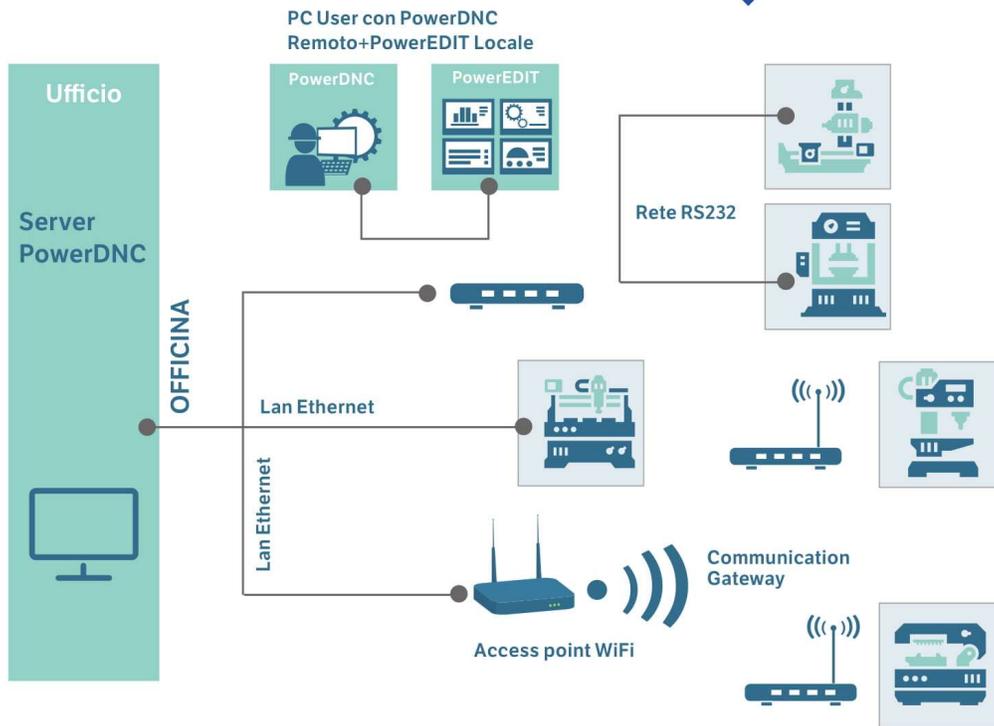


PowerDNC

È il modulo della suite che consente di mettere in rete con il resto dell'azienda le macchine a Controllo Numerico (CNC) in officina. Funziona con ogni tipo di connessione disponibile sul CNC: seriale o ethernet. Il cablaggio può utilizzare cavi esistenti o essere fatto wireless senza alcun problema. PowerDNC consente all'operatore di dialogare con l'ufficio per caricare e scaricare programmi, e/o dati di presettaggio utensili, rimanendo tranquillamente a bordo macchina. PowerDNC ha inoltre la capacità di gestire eventi connessi all'uscita e all'entrata del dato nel CNC, permettendo all'organizzazione aziendale di acquisire e gestire informazioni legate al processo di setup del CNC.

VANTAGGI:

- Collegare tutte le tipologie di CNC
- Gestire in modo flessibile i part program e i relativi archivi
- Ridurre gli spostamenti degli operatori durante il setup del CNC
- Lettura degli eventi di comunicazione con i CNC sempre puntuale
 - Comunicare ai responsabili in modo automatico informazioni relative al setup e alla modifica di part program



Hardware utilizzato

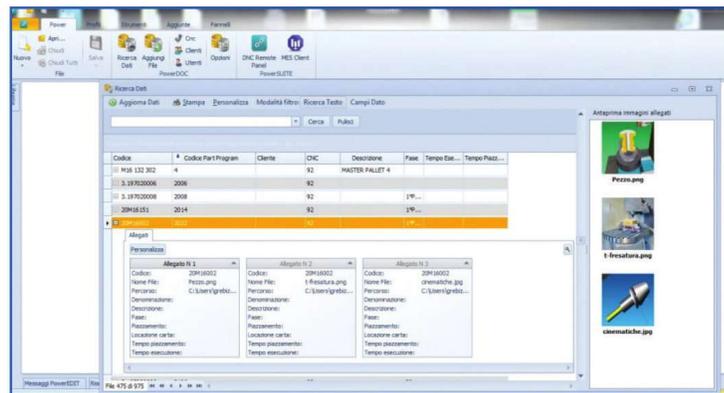
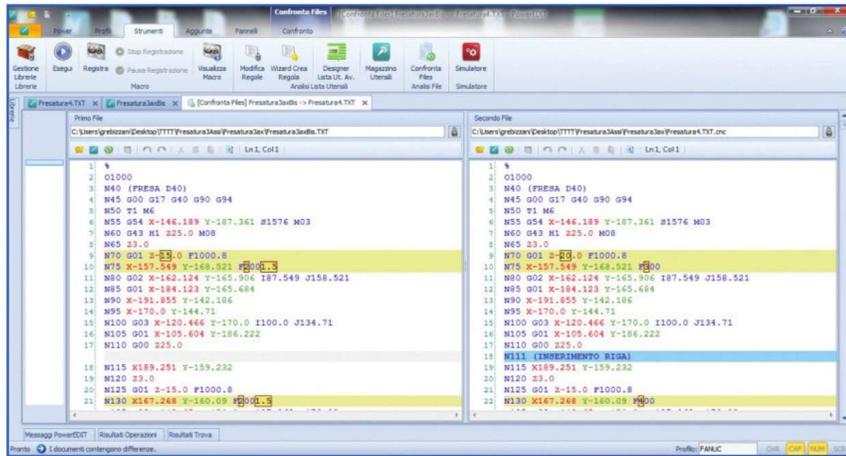
- Schede PCI
- Convertitori ethernet/seriale multiporta
- Dispositivi ethernet lan e wi-fi
- Dispositivi wi-fi ethernet/seriale

PowerEDIT

È il modulo dedicato alla gestione dei part-program. Con PowerEDIT è possibile scrivere, modificare, confrontare, rinumerare, convertire part-program a base iso di ogni tipologia, anche utilizzando macro di semplice realizzazione che non richiedono competenze di programmazione. Tutte le funzioni di un normale editor Windows sono solo la base di partenza di PowerEDIT: la soluzione si completa con funzioni di aiuto alla programmazione, personalizzabili dall'utente e di configurazione dei diversi profili di editing a seconda dei controlli presenti in officina. Le funzionalità avanzate di PowerEDIT consentono inoltre la programmazione di ogni tipo di funzione, macro e programmi parametrici.

VANTAGGI:

- Creazione part program per qualunque CNC
- Gestione profili diversi per ogni tipologia di CNC
- Creazione macro da semplici a complesse
- Generazione automatica di liste utensili anche con dati utente esterni al part program
- Confronta file innovativo ed estremamente potente
- Gestione stampe personalizzate



PowerDOC

GESTIONE DOCUMENTALE

La soluzione PDM semplice ed efficace per la gestione strutturata e integrata delle informazioni necessarie al setup e alla produzione della macchina a controllo numerico.



VANTAGGI:

- Archiviazione di tutte le informazioni utili al setup completamente sotto controllo
- Ricerca semplice ed immediata di tutte le informazioni e dei documenti necessari al setup
- Gestione allegati con anteprima delle immagini
- Gestione personalizzazione stampe direttamente dall'operatore
 - Gestione delle revisioni automatica o governabile dall'utente
 - Procedura di workflow per l'approvazione delle modifiche e dei nuovi part program

PowerSIM

VANTAGGI:

- Riduzione dei tempi di prova pezzo
- Riduzione degli errori di programmazione
 - Calcolo di preventivi affidabili
- Ottimo strumento di formazione per programmazione manuale

PowerSIM è il modulo nativamente integrato con PowerEDIT per gestire le simulazioni grafiche.

A fronte di un programma scritto da un CAM o editato a mano in macchina o su editor, PowerSIM consente di verificare in modo rapido ed efficace il percorso utensile sia in 2D (filare) che in 3D (asportazione materiale).

Non richiede importazioni di modelli solidi dall'esterno, né del grezzo, né dell'attrezzatura, né della cinematica macchina. Possiede un DB utensili precaricato e consente una semplice definizione della catena utensili per singola macchina.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- Definizione semplice di ogni macchina da simulare (Origini e Catena utensili)
- Fresatura 2/3/4/5 assi anche in continuo
- Tornitura con assi motorizzati
- Simulazione sottoprogrammi
- Gestione Macro (cicli dedicati del controllo)
- Gestione programmazione parametrica
- Visualizzazione percorsi utensili
- Asportazione materiale dal grezzo
- Stima tempo di lavorazione
- Simulazione passo passo e per singole parti di programma
- Modifica sintassi ed immediata ri-simulazione
- Gestione fresatura orizzontale multipiezzo
- Contiene PowerWRITER per la conversione in ISO di scritte da eseguire sul pezzo

PowerMES

PowerMES è la soluzione più semplice e immediata per monitorare in tempo reale e in modo omogeneo efficienza e rendimento degli impianti produttivi, anche di marche e tecnologie diverse.

È il modulo della suite che acquisisce i dati di produzione in tempo reale dagli impianti produttivi, ed è pronto al dialogo nativo con ALYANTE MES, la soluzione MES di TeamSystem.

La versione standard è in grado di acquisire conta pezzi, tempo pezzo unitario e fermi macchina; tramite semplici personalizzazioni si possono ottenere molte altre informazioni. La peculiarità di ottenere le informazioni direttamente dal programma di lavoro consente l'acquisizione dei dati anche nei casi più complessi di architetture multipallets.

VANTAGGI:

- Può essere utilizzata l'architettura HW di PowerDNC
- Gestione puntuale delle problematiche multipallets
- Interfaccia nativa verso Shop Floor Monitor
- Fruibilità immediata e semplificata dei dati in uscita dai CNC



MONITOR WEB

Sinottico di monitoraggio realtime per visualizzare lo stato delle proprie risorse. Accessibile da qualunque luogo, con qualsiasi dispositivo connesso a internet (PC, tablet, smartphone, ecc.).

FANUC31	SIEMENS840	HEIDENHAIN
54	6	59
N-1993445 / 10	/	N-1258963 / 20
RE: 81% EF: 71%	RE: 67% EF: 9%	RE: 92% EF: 91%
MACC12	TS5AX	TSDIXI
34	39	0
N-236689 / 10	N-1233445 / 10	N-1258963 / 20
RE: 82% EF: 76%	RE: 84% EF: 76%	RE: 0% EF: 0%

Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro, vorrei ringraziare tutti coloro i quali hanno contribuito con il loro sostegno al raggiungimento di questo importante traguardo.

Innanzitutto, vorrei ringraziare la Prof.ssa Daniela Anna Misul per l'opportunità che mi ha permesso di cogliere, i suggerimenti dati, la pazienza e la disponibilità dimostrata durante il mio intero percorso formativo.

Ringrazio l'Ing. Luca Spataro, promotore di questo lavoro, persona fondamentale e di ispirazione per la mia crescita personale e la mia formazione sia nel contesto professionale che sociale.

Ringrazio il Sig. Giancarlo Cannizzo e l'Ing. Paolo Giachello per i validi consigli e il forte sostegno che mi hanno dimostrato durante la fase finale del mio percorso.

Un ringraziamento particolare va ai miei coinquilini che si sono rivelati dei fratelli e dei punti di riferimento, hanno condiviso con me tutto questo percorso, motivandomi sempre e sorreggendomi in ogni momento di difficoltà.

Ringrazio anche tutti gli altri colleghi universitari, che in poco tempo sono diventati dei veri amici su cui poter fare affidamento.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia, ai miei genitori che mi hanno permesso di raggiungere questo obiettivo dandomi fiducia, sostenendomi e incoraggiandomi in ogni momento, a mia sorella Lucia che ha saputo darmi sempre saggi consigli, ai miei nonni e ai miei zii che hanno seguito con interesse e gioia il mio percorso.

Ringrazio l'amico fraterno, nonché collega, Pasquale che, anche se distante fisicamente, è riuscito ad essermi sempre vicino, sostenendomi e consigliandomi nelle mie scelte.

Ringrazio inoltre tutti i miei migliori amici che hanno gioito e festeggiato con me ogni mio successo, presenti in ogni momento e sui quali ho sempre potuto contare.

Vorrei ringraziare infine tutti quelli che hanno seguito il mio percorso, che hanno creduto in me e che gioiscono per l'obiettivo raggiunto.