



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

LA TECNOLOGIA SMED

SMED TECHNOLOGY

Relatore: Chiar.mo  
Filippo Emanuele  
Ciarapica

Tesi di Laurea di:  
Laura Gorgoloni

A.A. 2020/2021

# INDICE

<b>CAPITOLO 1: La Lean Manufacturing .....</b>	<b>3</b>
1.1 Il contesto mondiale .....	3
1.2 La storia della Lean Production: Toyota Production System .....	6
1.3 Metodologie della Lean Manufacturing .....	7
<b>CAPITOLO 2: La Tecnologia SMED.....</b>	<b>10</b>
2.1 Cosa è la SMED.....	10
2.2 Fasi concettuali dell'applicazione dello SMED.....	11
2.3 Gli 8 pilastri della tecnologia SMED.....	18
2.4 Confronto con l'approccio tradizionale .....	22
2.5 Il TPM.....	22
2.6 L'OEE: Un indicatore globale di efficienza.....	25
2.7 Aspetti critici della SMED .....	28
<b>CAPITOLO 3: Applicazione della SMED nelle Aziende.....</b>	<b>30</b>
3.1 Applicazione in Donati: Taglio Laser .....	30
3.2 Applicazione delle tecniche SMED nelle sale operatorie.....	38
<b>CAPITOLO 4: Industry 4.0.....</b>	<b>48</b>
4.1 Che cosa è.....	48
4.2 Lean Management e Industry 4.0 .....	48
<b>CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>51</b>

# CAPITOLO 1: La Lean Manufacturing

## 1.1 Il contesto mondiale

Negli ultimi anni a livello mondiale le aziende si sono ritrovate a competere nel mercato sempre più globalizzato. Le aziende occidentali, rispetto quelle dei paesi in via di sviluppo affrontano evidenti svantaggi come:

- L'alto costo del lavoro, dovuto alle spese delle pensioni, la copertura per eventuali infortuni, i contributi ecc.
- La carenza di giovani disposti a lavorare nel manifatturiero.
- La crescita della capacità produttiva dei competitori.
- La tecnologia che può far sembrare i prodotti obsoleti.

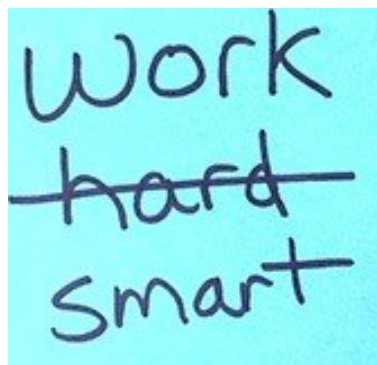
Dovendo affrontare in modo minore queste problematiche, i paesi in via di sviluppo riescono ad offrire i prodotti a prezzi più competitivi e, di conseguenza, le aziende occidentali si trovano a dover continuamente aumentare la propria produttività e qualità, oltre che ad abbassare i prezzi per rimanere competitive.

Non dobbiamo dimenticare che i clienti oggi hanno accesso alle informazioni come mai prima d'ora, divenendo, così, sempre più esigenti e preparati per la ricerca di prodotti nuovi, funzionali ed esteticamente "attraenti" ma, soprattutto raggiungibili con un solo click.

Tutto ciò fa sì che le aziende siano costrette a una riorganizzazione interna che permetta di rispondere con tempestività alle richieste di mercato, rimanendo però competitive con i concorrenti. È proprio la necessità di lavorare in maniera flessibile e dinamica che ha fatto nascere la Lean Manufacturing.

Sebbene questo concetto sia di facile comprensione, la sua attuazione non è poi così immediata. Infatti, affinché un'azienda rimanga competitiva, essa deve assumere un assetto snello e dinamico così da riuscire a reagire tempestivamente alle fluttuazioni della domanda senza però aumentare eccessivamente i costi di produzione o diminuire la qualità del prodotto.

In Italia la Lean Manufacturing, o Lean Production, è conosciuta come produzione snella, la quale si prefigge di ridurre gli sprechi andando a ottimizzare ogni singola operazione della fase produttiva, così da ottenere risultati tipici della produzione di massa e caratterizzati da un'ampissima varietà, ma con un fronte di volumi più bassi. La produzione diversificata comporta operazioni di setup frequenti; tutte le volte che una macchina viene sottoposta a una procedura di attrezzaggio, la sua efficienza produttiva si riduce, andando a generare costi di mancata produzione. Questi costi, a loro volta, aumentano il prezzo di produzione. Così, se si vogliono mantenere i prezzi competitivi, si deve ridurre il margine di profitto.



*Figura 1*

La Lean Production non va intesa come un approccio rigido e univoco, ma come un insieme di tecniche che vanno modulate e adattate alla specifica realtà produttiva, ed è proprio per questo motivo che viene definita come una filosofia, un modo di pensare ed agire che si sta sempre di più radicando nelle realtà aziendali. È una vera e propria logica operativa che si basa sui seguenti principi essenziali:

- Focus sul cliente, l'azienda concentra la sua attenzione verso le esigenze del cliente, andando a identificare il suo significato di valore, le sue necessità e le sue aspettative. Questo perché un'azienda ha senso di esistere solo se c'è qualcuno che compra i suoi prodotti. È essenziale andare a comprendere il valore che il cliente attribuisce ai prodotti così da individuare quali sono gli attributi che hanno un valore percepito maggiore, per poi concentrarsi su di essi.
- Identificazione del flusso di valore, cioè l'insieme delle attività che generano profitto. A tale scopo risulta utile andare a rappresentare il layout per poi riprogettarlo e classificare le sue attività in:
  - quelle che creano valore.
  - quelle che non creano valore ma che sono essenziali alla realizzazione del prodotto.

- quelle attività che non creano valore e che non sono essenziali.

Sono quest'ultime che verranno prontamente eliminate così da comportare un immediato risparmio.

È il cliente colui che innesca il flusso del valore, motivo per cui è essenziale andare incontro a quelle che sono le sue esigenze (logica del pull). Tutto il lavoro dell'azienda è orientato a soddisfare le richieste e i bisogni del cliente in maniera efficace ed efficiente gestendo al meglio le proprie risorse. Dal punto di vista economico ha senso produrre solo il volume di merce tale da coprire le sue richieste. La sovrapproduzione sarebbe infatti solo uno spreco di materiale, tempo e risorse.

- L'eliminazione degli sprechi, cioè di tutte le attività che non aggiungono valore al prodotto o all'azienda stessa. Un'attività viene definita a valore aggiunto solo se trasforma fisicamente il prodotto, se viene eseguita correttamente la prima volta e soddisfa infine i requisiti del cliente. Generalmente l'80% circa delle attività svolte durante il ciclo produttivo non sono a valore aggiunto, il 15% sono sprechi mentre solo il 5% delle attività va ad aggiungere valore al prodotto o servizio che si sta realizzando.
- Creazione di un flusso continuo delle attività, andando a organizzare nella maniera più intelligente possibile quelle che generano valore, le quali devono svolgersi senza interruzioni o rifacimenti.
- Miglioramento continuo. Secondo la filosofia giapponese "Kaizen", non ci si può mai ritenere soddisfatti dei risultati raggiunti. Questi vanno ovviamente celebrati senza però sedersi sugli allori.



**Figura 1: i cinque principi della Lean Production**

## 1.2 La storia della Lean Production: Toyota Production System

La Lean Production affonda le sue radici nel Toyota Production System (TPS), nato nei primi anni '50 presso gli stabilimenti dell'azienda giapponese. Nel secondo dopoguerra l'azienda era ancora una piccola fabbrica schiacciata dalla competizione internazionale e dalla grave crisi economica. In questo contesto storico il modello produttivo fordista era inapplicabile a causa della mancanza di capitali e materie prime, motivo per cui per riuscire ad emergere in tale contesto, l'azienda si vide costretta a sviluppare un proprio sistema produttivo.

Tale sistema, ha rivoluzionato il concetto di creazione del valore portando l'azienda a superare i limiti della produzione di massa e ottenere la netta superiorità sui competitors, portando la produttività dell'azienda a superare del 40% quella delle aziende occidentali.

Il TPS, più che un sistema produttivo, rappresenta una vera e propria filosofia di produzione il cui fine è la soddisfazione del cliente attraverso la differenziazione dei prodotti in base alla sua esigenza, l'eliminazione degli sprechi e delle inefficienze, la capacità di coinvolgimento delle persone e la flessibilità degli impianti. L'obiettivo principale è quello di fare di più con meno, andando a utilizzare le risorse a disposizione e incrementando la produttività della fabbrica.

Tale filosofia si basa sui concetti di muda e di okyakusana.

Con **muda** si intende lo spreco, considerato come una sorta di peccato che va quindi rimosso il prima possibile.

I sette sprechi identificati dall'ingegnere giapponese Taiichi Ohno sono:

1. La sovrapproduzione, la produzione deve essere strettamente collegata alla domanda.
2. La presenza di materie prime e semilavorati fermi in attesa della lavorazione successiva a causa di mancanza di sincronizzazione tra le fasi, tempi morti di produzione o problemi di bilanciamento.
3. La movimentazione dei materiali, siano essi materie prime o semilavorati, da un reparto all'altro.
4. Le scorte.
5. Il processare i materiali più del dovuto.
6. Gli spostamenti del personale non strettamente necessari alla realizzazione del prodotto.

7. I difetti delle materie prime, dei semilavorati o dei prodotti finiti, che portano a rilavorazioni o contestazione da parte del cliente.

Con il termine **okyakusana** si va invece a ridefinire il rapporto con il cliente che va considerato come un ospite divino. L'obiettivo dell'azienda non è più quello di vendere qualcosa, ma comprendere le necessità dell'acquirente e soddisfarle al meglio.

I clienti sono divenuti sempre più esigenti, pretendendo prodotti sempre nuovi, funzionali, differenziati e attraenti. Questo ha reso il mercato moderno sempre più competitivo e mutevole, costringendo le aziende ad abbandonare il loro assetto rigido e statico assumendone uno dinamico e snello. Da qui nasce quella che oggi è chiamata Lean Manufacturing.

Negli anni '70 e '80 il consulente giapponese Shigeo Shingo iniziò a pubblicizzare i dettagli del Toyota Production System senza permesso, motivo per cui i suoi rapporti con la Toyota si interruppero, ma di fatto è solo grazie a lui se in America e poi nel resto del mondo si sono riusciti a conoscere i segreti della azienda giapponese.

Solo negli anni '90 quella che oggi è una vera e propria filosofia di gestione venne studiata e codificata dagli esperti statunitensi Womack, Jones e Ross all'interno del libro "La macchina che ha cambiato il mondo". Questo nuovo sistema organizzativo, per contrapposizione alla produzione di massa, è stato ribattezzato come produzione snella, in inglese "Lean".

### 1.3 Metodologie della Lean Manufacturing

Per massimizzare il rendimento globale di un impianto industriale è necessario intervenire su tutti i tipi di perdite che caratterizzano l'esercizio, così da far sì che le macchine lavorino alle massime potenzialità. Le principali tipologie di perdite negli impianti sono dovute:

- Ai guasti che si presentano sugli impianti. Le macchine sono costituite da organi meccanici in movimento, ognuno di questi può deteriorarsi o rompersi, il che porta a un'interruzione della produzione finché il pezzo non è stato sostituito o riparato.
- Al cambio di attrezzature e regolazioni, anche dette perdite di setup. Durante lo svolgimento delle attività di setup la macchina su cui si opera è ferma e più è complessa l'attività che si deve svolgere maggiori sono i tempi di stop della macchina.
- Alla riduzione di velocità, spesso non si fa lavorare la macchina alla sua velocità ottimale e quindi non si riescono a sfruttare al meglio le sue potenzialità.

- All'inattività e alle microfermate causate da malfunzionamenti temporanei o di lieve entità che non possono essere considerati come guasti, anche se spesso costringono l'operatore a interrompere l'attività produttiva.
- A difetti di qualità e rilavorazioni. Pezzi che presentano difetti di qualità comportano scarti e/o rilavorazioni e conseguentemente un aumento dei costi e spreco di energia, materiale e tempo. Un'attività viene definita a valore aggiunto solamente se modifica il pezzo, viene eseguita correttamente la prima volta e rispetta i requisiti del cliente. Altrimenti si parla di attività senza valore aggiunto ma che comunque assorbe tempo e risorse.
- All'avviamento, eventuali variazioni ambientali come umidità e temperatura rendono problematico l'avviamento portando a prestazioni scarse e non omogenee all'avvio della macchina.



*Figura 2: le sei perdite*

La Lean Production, di fatto, si concretizza nell'applicazione di un insieme di metodi per eliminare gli sprechi durante i processi di produzione. Nel corso degli anni sono stati sviluppati e codificati molteplici strumenti e tecniche per migliorare l'azienda:

- La gestione della produzione che non è determinata a monte, ma è "tirata" a valle dalle richieste del cliente.



- Il Total Productive Maintenance (TPM) che riduce i tempi di fermo macchina e i guasti secondo un metodo di manutenzione che ci consente di migliorare l'efficienza degli impianti.
- Il kanban, il sistema a cartellino che aiuta ad abbattere il work in progress.
- L'jidoka, che conferisce all'operatore l'autonomia di fermare la linea nel caso in cui si dovessero presentare problematiche così da poter eliminare il difetto nell'immediato.
- L'organizzazione del posto di lavoro e delle aree di produzione con il metodo delle 5S che focalizza l'attenzione sugli sprechi derivanti dal disordine. Il nome si riferisce ai cinque termini giapponesi che rappresentano le fasi principali della metodologia:
  1. -Seiri (sort), cioè scegliere e separare, andando a eliminare qualsiasi cosa che non serve nella postazione di lavoro.
  2. -Seiton (set in order), sistemare e organizzare in maniera efficiente gli strumenti, le attrezzature e i materiali.
  3. -Seison (shine), controllare l'ordine e pulizia creati.
  4. -Seiketsu (standardize), standardizzare e migliorare, mantenendo l'ordine creato.
  5. -Shitsuke (sustain), sostenere nel tempo, cioè imporsi disciplina e rigore nel proseguo.
- Il livellamento della produzione attraverso il One-piece-flow, cioè la lavorazione di un solo pezzo alla volta, passando così dalla produzione di massa o a lotti, ad una produzione a flusso tirato.
- La riduzione dei tempi di set-up con l'utilizzo della tecnologia SMED, Single Minute Exchange of Die.

## CAPITOLO 2: La Tecnologia SMED

### 2.1 Cosa è la SMED

La SMED è una metodologia integrata nella teoria della Lean Production il cui fine principale è quello di andare a ridurre i tempi di setup. L'acronimo SMED sta per "Single Minute Exchange of Die", che in italiano sarebbe "cambio di stampo in un solo digit". Con digit si intende un numero di minuti espresso da una sola cifra, cioè un tempo inferiore a dieci minuti.

Questo non significa che andando ad applicare correttamente tale metodologia ogni operazione verrà eseguita in meno di dieci minuti, ma solo che i tempi di settaggio o, in generale, di fermo effettivo dell'impianto verranno ridotti al minimo. Infatti, per semplicità solitamente si parla di "quick setup" o "setup reduction", che in italiano sarebbe configurazione rapida o ridotta.

Ridurre i tempi di produzione, ci consente di:

- Semplificare il processo manifatturiero in maniera tale da renderlo più intuitivo e soddisfacente per gli operai e conseguentemente ridurre il turnover, cioè l'avvicinamento della forza lavoro o la sostituzione mediante nuove assunzioni.
- Aumentare la qualità del prodotto, grazie a un maggiore controllo del processo produttivo.
- Aumentare la produttività e conseguentemente anche le consegne agli acquirenti.
- Diminuire i lotti. Solitamente si prediligono produzioni massive perché con tempi di setup elevati il cambio frequente sarebbe troppo costoso. Fra i più noti svantaggi della produzione in larga scala ricordiamo:
  - I costi di immagazzinamento, conservare gli invenduti è una di quelle attività che costa ma non aumenta il valore.
  - Perdita di qualità, i pezzi invenduti con molta probabilità dovranno essere rilavorati.
  - Perdita di tempo, i clienti devono aspettare che l'azienda concluda l'intero lotto e non la quantità che a loro serve effettivamente.
  - Setup non standardizzati, essendo poco frequenti raramente vengono standardizzati e questo li rende difficoltosi e rischiosi.

- Rendere la compagnia più competitiva, alla diminuzione dei costi consegue un aumento dei guadagni a parità di prezzo di vendita.
- Mantenere il numero di dipendenti, non sarà necessario licenziare personale per abbassare i costi.

L'idea fondamentale è quella di eliminare le attività di set-up tradizionale che risultano superflue o non necessarie, andando a riorganizzare razionalmente quelle restanti, le necessarie. I tempi di set-up vengono così ridotti al minimo.

I benefici attesi dall'applicazione delle metodologie SMED possono essere distinti in diretti e indiretti.

Benefici Diretti:

- Aumento della disponibilità della linea.
- Aumento delle capacità e delle performance produttive.
- Miglioramento della qualità del prodotto.
- Maggiore sicurezza del lavoro.

Benefici Indiretti:

- Maggiore flessibilità produttiva.
- Riduzione dell'inventario.
- Riduzione del lead time di produzione.
- Riduzione/eliminazione del lotto economico.
- Riduzione del costo di produzione.

## 2.2 Fasi concettuali dell'applicazione dello SMED

Il programma completo di riduzione del setup si divide in sei semplici passi:

### 1. La fase preliminare: organizzare, osservare e registrare.

Per prima cosa è necessario andare a scegliere l'area di lavoro, cioè quella in cui andare ad applicare il programma di riduzione del setup. Si potrebbe pensare di scegliere l'operazione di setup più semplice, così da non danneggiare troppo la produzione quando le macchine verranno fermate. Così facendo però, il miglioramento ottenibile sarà minimo. D'altro canto,

scegliere il setup più complesso, potrebbe portare a scarsi risultati a causa dell'elevata complessità a fronte della scarsa esperienza del gruppo che potrebbe subirne frustrazione.

Il miglior approccio è quello di scegliere un setup comune in termini di attrezzature, forniture, personale e pezzo realizzato. Così facendo le probabilità di riuscita del processo aumenteranno.

Un ruolo importante nel successo del processo lo ricopre il Group Leader, cioè il manager o il supervisore che si farà carico delle responsabilità. Il Group Leader deve:

- Decidere quale operazione di riduzione del setup affrontare per prima.
- Occuparsi della programmazione e della logistica degli incontri scegliendo quale sia il momento migliore per andare ad applicare le tecniche di riduzione dei tempi di setup, generalmente periodi in cui è previsto un rallentamento della produzione.
- Assicurarci che tutti i suggerimenti del gruppo vengano presi in considerazione.
- Scegliere i componenti che faranno parte del gruppo. Questo dovrà essere formato da circa sei o dodici persone. Teoricamente i membri del gruppo dovrebbero essere volontari, ma raramente questo accade al primo setup, motivo per cui sarà sua responsabilità scegliere le persone che ritiene più adeguate. Il gruppo dovrebbe includere un insieme di impiegati con incarichi e provenienti da aree di lavoro differenti.

Il Group Leader dovrebbe seguire la formula  $\frac{1}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}$ : un terzo del gruppo dovrebbe essere composto dagli operai che solitamente svolgono il lavoro, nonostante generalmente siano troppo attaccati al metodo di produzione vigente; un altro terzo invece sono operai che lavorano in aree differenti da quella in esame ma comunque dotati delle stesse capacità, sono loro che porteranno nuove idee; infine, il terzo gruppo può essere composto da persone che svolgono funzioni amministrative e di supporto.

È essenziale che i membri del gruppo siano interessati alla riuscita dell'operazione di riduzione dei tempi di setup, devono perciò essere informati dei vantaggi che ne deriveranno. Infatti, non solo il loro lavoro sarà migliore, più divertente e più semplice ma grazie all'aumento di qualità, alla maggiore rapidità nell'accontentare i clienti e all'abbassamento dei costi di produzione, il loro lavoro sarà protetto.

Un passo fondamentale per la corretta riuscita della riduzione dei tempi di setup sta nell'eseguire un'istantanea o una linea di base delle pratiche correnti, così che sarà possibile misurare i successi ottenuti. Il miglior modo per raccogliere i dati è eseguire una registrazione

completa delle operazioni di setup. Per formare la squadra che sarà ripresa vengono assegnati i seguenti ruoli:

- Gli operatori di setup, cioè coloro che normalmente svolgono le operazioni di setup. Questi ultimi si faranno riprendere mentre le eseguono. È fondamentale che gli operatori lavorino alla stessa velocità a cui lavorano di solito.
- Un videomaker, è essenziale che questo ruolo venga ricoperto da un operaio e non da un ingegnere che con la sua visione potrebbe intimidire gli operatori. Ovviamente se un'operazione di setup ha tempi di attesa particolarmente lunghi, non sarà necessario filmarla tutta, il video potrà essere interrotto. Il gruppo dovrà controllare ogni tot tempo l'avanzamento e segnare poi il tempo necessario.
- Un assistente del videomaker.
- Un cronometrista, che si occupa di tenere traccia dei tempi necessari alle varie operazioni.
- Uno scrivano, che prende nota di tutte le operazioni che vengono svolte e segna il tempo impiegato a realizzarle in una tabella. Nella tabella viene considerata anche la pausa pranzo.

L'obiettivo della registrazione non è quello di criticare qualcuno o il suo lavoro, ma esplorare ciò che accade durante un'operazione di setup, così da riuscire a comprendere meglio l'operazione e trovare possibili miglioramenti.

Tutte le idee che emergono durante la visione del video vengono generalmente segnate in una lavagna, con l'obiettivo di andarle a trasformare in miglioramenti implementabili.

## 2. Fase 1: separare le operazioni interne da quelle esterne.

Nelle operazioni di setup distinguiamo le operazioni interne da quelle esterne. Definiamo interne (IED- inside exchange of die) le attività che gli operatori devono svolgere mentre la macchina è ferma, esterne (OED- outside exchange of die) quelle che possono essere svolte in ombra, cioè mentre la macchina sta completando il lavoro attuale, come ad esempio preparare gli utensili o i materiali necessari all'operazione successiva controllando che sia tutto pulito e in buono stato.

L'idea è quella di completare la maggior parte delle operazioni necessarie al lavoro di setup successivo mentre la macchina sta ancora eseguendo quello attuale, così da andare a massimizzare il tempo di esecuzione della macchina.

Secondo un detto *“When the chuck turns, the buck turns. The minute the chuck stops, the buck stop”*, che significa *“Finché il mandrino gira, il dollaro gira. Il minuto in cui il mandrino si ferma anche il dollaro si ferma”*. L'unico momento in cui la macchina dovrebbe fermarsi è quando l'operatore esegue su di essa operazioni di cambio attrezzatura o regola alcune sue impostazioni.

In altre parole, si cerca di massimizzare le operazioni esterne e andare a eseguire nel momento giusto le operazioni interne inevitabili.

Infatti, scegliere di svolgere internamente la maggior parte delle operazioni, può far aumentare i tempi passivi del 100%

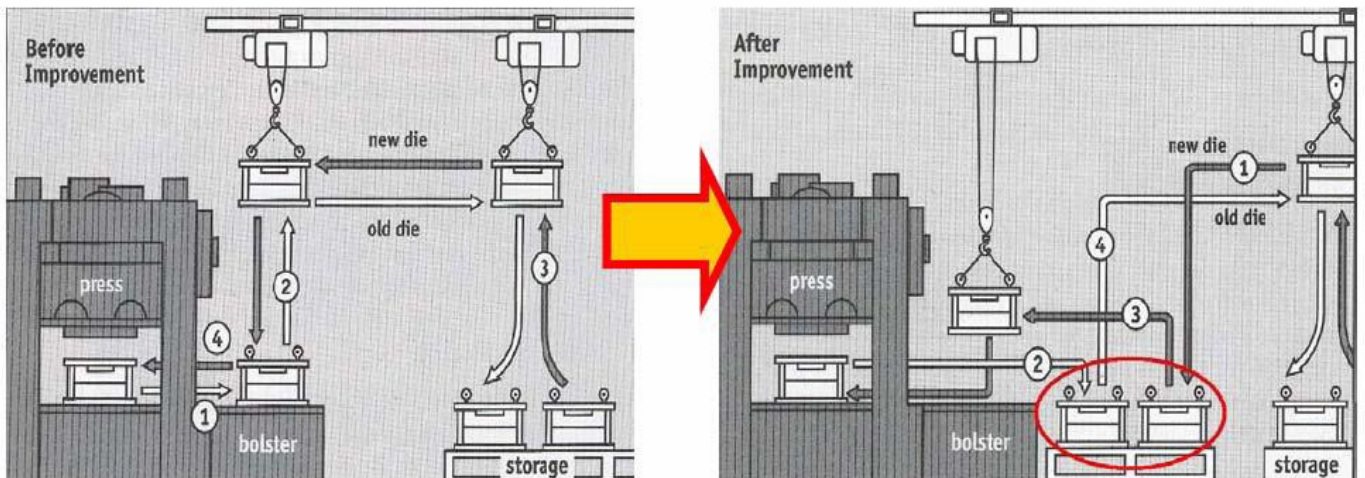
Le attività che possono essere svolte mentre la macchina sta lavorando sono:

- Scegliere le persone per lo svolgimento delle operazioni di setup.
- Preparare parti e strumenti assicurandosi che siano in buono stato.
- Fare riparazioni.
- Portare parti e strumenti presso le macchine.

Esistono tre tecniche per facilitare la separazione delle attività interne da quelle esterne, o comunque evitare che le operazioni esterne diventino interne durante l'esecuzione del setup:

- I. Creare e seguire delle check list scrupolose, così da riuscire a verificare rapidamente se si dispone di tutto il necessario per il prossimo setup. Nella lista vengono elencati: gli operatori, gli strumenti, le parti, i passaggi da eseguire, le variabili e le procedure operative.
- II. Eseguire dei controlli funzionali dopo aver controllato che sia tutto presente. È essenziale verificare lo stato operativo e l'integrità dei prodotti attraverso i controlli funzionali. Questo passaggio va eseguito con sufficiente anticipo, in maniera tale da avere, se necessario, il tempo di eseguire la manutenzione.
- III. Ottimizzare il trasporto delle parti e degli strumenti. Tutte le parti e gli strumenti identificati dalle check list realizzate devono essere presenti a bordo macchina al

momento del setup. Se la movimentazione riguarda parti di dimensioni e peso notevoli, questo punto diviene nevralgico.



**Figura 3: situazione prima e dopo dell'applicazione**

L'immagine mostra come cambiano le operazioni prima e dopo il miglioramento.

Inizialmente infatti:

- La pressa viene fermata per estrarre il vecchio stampo e posizionarlo sul pianale.
- Il vecchio stampo viene rimosso dal pianale attraverso una gru, nel caso in cui sia particolarmente pesante, e viene portato nel magazzino.
- Viene prelevato il nuovo stampo dal magazzino e portato fino al pianale.
- Il nuovo stampo viene posizionato nella pressa e si esegue l'operazione di formatura.

La macchina durante le operazioni intermedie è ferma, non produce. Per ridurre i tempi di setup è possibile:

- Prelevare il nuovo stampo e posizionarlo il più vicino possibile alla pressa.
- Fermare la macchina rimuovere il vecchio stampo.
- Posizionare il nuovo stampo all'interno della pressa.
- Portare il vecchio stampo al magazzino, sfruttando il tempo in cui la macchina sta lavorando.

### 3. Fase 2: convertire le operazioni da interne in esterne.

Quando è possibile, il gruppo di riduzione del setup dovrebbe convertire le attività interne in esterne. Separare le attività interne ed esterne, non significa cambiare le attività, ma solamente il momento in cui le attività vengono svolte. Nel momento in cui invece le attività

vengono convertite da interne ad esterne queste vengono modificate. Così facendo i tempi di setup vengono ridotti ulteriormente. I punti fondamentali per la corretta riuscita della conversione sono due:

- I. Analizzare la funzione di ogni singola attività nel setup interno attuale.
- II. Convertire le attività interne in esterne.

Ad esempio, durante i processi di fonderia il fuso viene colato all'interno di una forma. Per evitare che il fuso solidifichi troppo velocemente, e conseguentemente si creino difetti di solidificazione, si è soliti preriscaldare la forma. Effettuare l'attività di preriscaldamento mentre si conclude la fase operativa precedente permette di risparmiare molto tempo.

In generale le tecniche cui è possibile fare ricorso sono:

- La preparazione anticipata delle condizioni operative, come ad esempio temperatura, pressione e posizione del materiale.
- Standardizzare le funzioni essenziali, in maniera tale che queste possano essere eseguite senza che vengano commessi errori.
- Utilizzare sistemi di riferimento per il posizionamento corretto delle parti, come ad esempio cunei, blocchetti o spine.

#### 4. Fase 3: semplificare e snellire le fasi di setup:

Una volta identificate le attività che portano al rallentamento del setup, è tempo di andare a snellire le attività interne ed esterne rimanenti, andando ad analizzare un'altra volta le operazioni eseguite con i nuovi metodi e valutare se possono essere apportati ulteriori miglioramenti. Tuttavia, dopo aver lavorato a lungo allo stesso progetto, è probabile che le persone inizino ad essere a corto di idee. Per aiutare il gruppo è utile ricorrere al "foglio di lavoro per l'analisi del setup". Le domande che vengono poste nel foglio possono aiutare a sollevare discussioni grazie alle quali si arriva a un miglioramento.

Questa tabella è semplice da usare, per ogni riga gli operatori devono andare a rispondere prima alla domanda nella colonna di sinistra e poi alla successiva nella colonna di destra.

Una questione importante è quella della scelta del numero di operatori di setup. In generale, alcuni manager sono riluttanti ad usare più di un operaio, questo perché aumenterebbe il costo di lavoro diretto. D'altro canto, però, i manager non tengono conto del fatto che con due operai i tempi di lavorazione non vengono semplicemente dimezzati, ma diminuiti



ulteriormente, questo perché gli operai non perdono tempo a passare da una zona all'altra del macchinario.

Per far sì che gli operatori lavorino in perfetto sincronismo generalmente si sfruttano delle "carte procedurali" attraverso le quali si va ad indicare la sequenza corretta delle operazioni da svolgere e il tempo necessario a svolgerle.

#### 5. Fase 4: standardizzare i miglioramenti.

Può sembrare banale, ma standardizzare l'attrezzatura è un ottimo modo per risparmiare tempo. Nel caso in cui le operazioni eseguite sono state fruttuose, visto che la maggior parte dei miglioramenti eseguiti in un'area sono applicabili ovunque, il gruppo deve:

- Documentare le nuove procedure creando una lista di controllo per la configurazione che potrà poi essere utilizzata da tutti gli operatori di setup. Questa non ha una forma standardizzata, l'unico requisito che deve però soddisfare è che deve essere facile da comprendere e conseguentemente da usare.
- Formare tutto il personale nelle nuove procedure, andando ad enfatizzare la necessità di seguirle, così da essere sicuri che i miglioramenti ottenuti non vengano persi.
- Creare una lista di controllo, una "to do list". Questo perché il nuovo gruppo potrebbe non essere in grado di concretizzare tutte le migliorie immediatamente e così facendo si eviterà che ci si dimentichi di eseguirle nel futuro prossimo. Questa lista verrà appesa in un luogo visibile a tutti, così da spronare chi di dovere a svolgere il suo compito il prima possibile.

#### 6. Fase 5: celebrare i successi.

Celebrare pubblicamente i successi ottenuti dal gruppo è essenziale, così da invogliare la maggior parte delle persone a usare il programma di riduzione del setup.

Lo psicologo Aubrey C. Daniels, autore del libro *Bringing Out the Best in People*, afferma "you get what you reinforce" cioè "ottiene ciò che rinforzi". Infatti, il rinforzo positivo invoglia le persone a fare il loro meglio, mentre il rinforzo negativo fa sì che le persone facciano solo ciò che è necessario.

## 2.3 Gli 8 pilastri della tecnologia SMED

Lo stesso Shigeo Shingo, riteneva che “il migliore metodo per cambiare è non cambiare nulla”. Infatti, l’approccio proposto dalla tecnologia SMED, non si basa su ingenti investimenti in mezzi e tecnologia bensì sulla semplificazione delle operazioni attraverso semplici accorgimenti che siano di grande effetto. Osservando la produzione prima negli stabilimenti Toyota e successivamente nei cantieri navali Mitsubishi, Shingo ha formalizzato il metodo basandolo su 8 punti essenziali per abbattere i tempi di setup, oggi anche noti come gli 8 pilastri della SMED:

### 1. Separazione dell’IED e OED

Come già detto nel paragrafo precedente, esistono due diverse tipologie di lavorazioni, le interne IED e le esterne OED. Le prime devono essere eseguite necessariamente a macchina ferma, mentre le seconde possono essere effettuate in ombra, cioè mentre la macchina sta lavorando. Le operazioni esterne consistono nel preparare il cambio attrezzatura, le dime, gli attrezzaggi per fissare tutto il materiale necessario e posizzarli accuratamente vicino alla macchina, controllando poi che sia tutto in ordine, pulito e in buono stato di manutenzione. È con queste piccole accortezze che si prevengono i guasti. Le operazioni interne invece devono consistere solamente nella rimozione dell’attrezzatura precedente e nel posizionamento della nuova nel macchinario.

È evidente che massimizzando le operazioni esterne e riducendo all’osso quelle interne, si riesce a ridurre del 30-50% i tempi di setup.

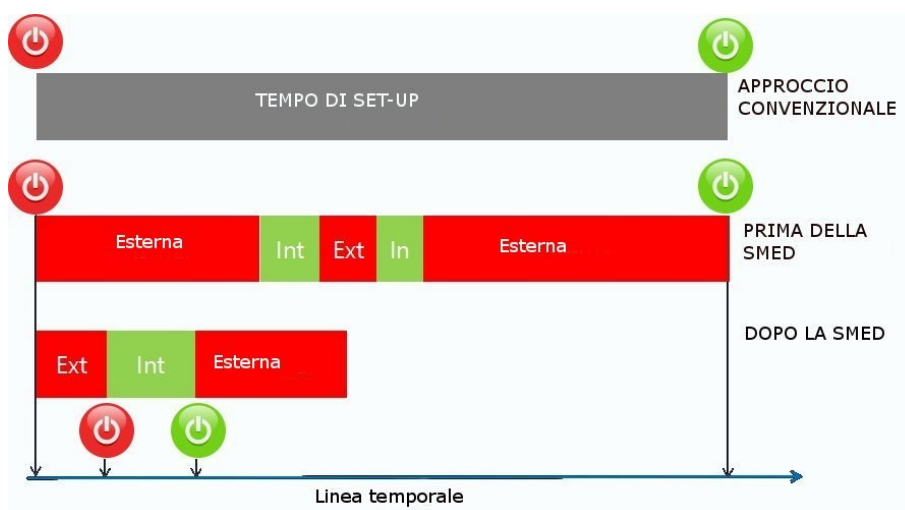


Figura 4: tempo di setup

## 2. Conversione dell'IED con l'OED

Secondo Singho, convertire le operazioni interne con le esterne è l'idea più efficace di tutto il sistema SMED. La conversione consiste in una modifica anche solo in parte dell'operazione così che possa essere eseguita come operazione esterna e non interna.

## 3. Standardizzazione funzionale

La standardizzazione implica notevoli costi e uno studio a monte ben preciso.

Allo stesso tempo però se un processo è stato standardizzato viene eseguito molto più velocemente e i risultati ottenuti sono qualitativamente superiori, senza dimenticarsi del fatto che la standardizzazione consente di migliorare la sicurezza del processo.

## 4. Adozione dei morsetti funzionali

Il metodo di serraggio più utilizzato in ambito industriale è il bullone a cui si riconoscono indubbiamente alcuni pregi come la reperibilità e la standardizzazione ma anche alcuni difetti spesso poco conosciuti e che possono rallentare lo svolgimento delle operazioni interne:

- Il bullone effettua il corretto bloccaggio solamente quando l'ultimo filetto è in presa e per far sì che ciò avvenga devono essere effettuate almeno 15 rotazioni.
- Il bullone perde le capacità di serraggio appena si verifica un allentamento.
- Bulloni e dadi vengono spesso persi dall'operatore, il che comporta uno spreco di tempo e di risorse.
- Spesso i bulloni non sono standardizzati all'interno dello stesso setup.
- Spesso non si conosce la direzione e il valore della forza che si deve contrastare.

I dispositivi scelti al posto dei bulloni si distinguono in tre categorie: One Turn, One Motion e Interlocking Methods.

I primi si basano sull'adozione di bulloni o altri dispositivi come rondelle appositamente modificate per consentire il serraggio con un solo giro; i secondi richiedono una sola azione per il bloccaggio come camme e morsetti mentre nel terzo gruppo sono compresi tutti gli accorgimenti che permettono di sostituire i sistemi di bloccaggio con idonei sistemi di

riferimento che garantiscono allo stesso tempo il corretto posizionamento reciproco dei due elementi.

#### 5. Utilizzo di dime di montaggio

La dima è una forma o uno stampo che viene realizzato per poter riprodurre una spaziatura, il profilo di un oggetto o l'oggetto stesso. L'utilizzo di dime nel montaggio semplifica molto le operazioni nel posizionamento e nell'unione dei pezzi.

#### 6. Operazioni in parallelo

Le operazioni in parallelo, risultano particolarmente convenienti soprattutto se il macchinario in questione è di grosse dimensioni in quanto l'operaio sprecherebbe molto tempo negli spostamenti attorno ad esso. Introdurre un secondo operaio e andare quindi a lavorare in parallelo consente all'operaio di non sprecare tempo negli spostamenti, motivo per cui si ottiene una riduzione dei tempi di lavorazione di oltre la metà.

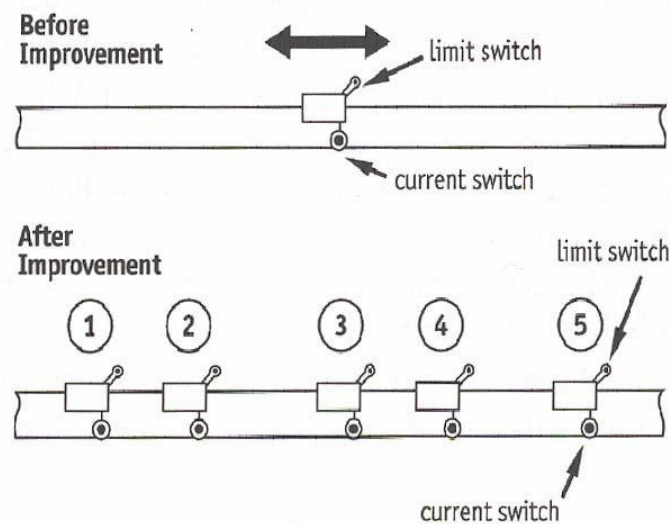
#### 7. Eliminazione degli aggiustamenti

Per capire l'importanza degli aggiustamenti bisogna prima discernere il concetto di appostamento e aggiustamento, funzioni completamente separate, che spesso negli stabilimenti non è compreso con chiarezza. Per rendere il concetto con un esempio l'appostamento è la fase di spostamento di un fine corsa dalla posizione A alla posizione B, può succedere che per vari motivi la nuova posizione non sia quella giusta, allora è necessario spostare ulteriormente il fine corsa procedendo a tentativi (aggiustamento). Il tempo impiegato in questa operazione è notevolmente influenzato dalla professionalità ed esperienza degli operatori a fronte di situazioni sempre diverse. È ovvio che questo aspetto è in netto contrasto con la metodologia S.M.E.D. che invece si propone di eliminare soggettività e dipendenza dei tempi dalle persone rendendo le operazioni di set up intrinsecamente sicure (*poka yoke*) e talmente elementari che chiunque, dopo aver effettuato un minimo addestramento possa svolgerle (Shingeo, 1996).

L'aggiustamento si rende necessario quando la precedente operazione non è stata svolta con sufficiente accuratezza e non ha raggiunto l'obiettivo prefissato. Nella maggioranza dei casi ciò è dovuto alla complicatezza dell'operazione da svolgere. Per fronteggiare ciò bisogna

innanzitutto essere in possesso di un metodo che garantisca il raggiungimento dell'obiettivo e che sia allo stesso tempo il più semplice possibile e di rapida esecuzione. "Il metodo più efficace per eliminare l'aggiustamento è non effettuarlo affatto". Il criterio da applicare è quello del minimo comune multiplo (LCM- Least Common Multiple) in opposizione al metodo tradizionale: quest'ultimo propone una regolazione continua che dà solo l'illusione di una maggiore possibilità di scelta e accuratezza ma che in realtà trascina con se più riscontri negativi che benefici.

Un esempio riportato dallo stesso Shingo riguarda lo spostamento di un fine corsa su una rotaia che veniva eseguito azionando una vite e passando quindi per tutti i valori intermedi compresi tra quello di partenza A e quello di arrivo B. La soluzione proposta tendeva invece ad avere un numero limitato di posizionamenti possibili con una manovra di tipo a gradino anziché continua. Questa veniva messa in pratica posizionando diversi fine corsa nelle posizioni di interesse con un interruttore di esclusione dell'alimentazione elettrica in modo tale da eliminare l'azionamento selettivo del fine corsa nella posizione richiesta. Tutto ciò evitava le manovre di spostamento. In questo modo non si è modificato il meccanismo ma solo la funzione.



**Figura 5: eliminazione degli aggiustamenti con il metodo LCM**

## 8. Adozione della meccanizzazione

Prima di affrontare questo ultimo passo, si è già ridotto il tempo di attrezzaggio da ore a minuti adottando le soluzioni previste dagli interventi fino a qui proposti: con questa fase si potrà

ottenere una ulteriore riduzione dei tempi ma con un guadagno percentualmente minore, il che nella maggior parte dei casi non risulta essere determinante. Inoltre, spesso la meccanizzazione comporta investimenti considerevoli quindi prima di intraprendere una strada onerosa è bene verificare di aver applicato in modo ineccepibile le fasi precedenti e poi valutare attentamente i benefici ottenuti grazie all'integrazione dell'automazione.

## 2.4 Confronto con l'approccio tradizionale

Alla base dell'approccio tradizionale nella produzione industriale c'è il paradigma secondo cui per ottenere maggiori risultati in termini di prodotti finiti è necessario ricorrere all'utilizzo di maggiori risorse, siano esse umane o tecnologiche, e maggiori ore di lavoro. Tutto ciò porta ovviamente a un aumento dei costi in termini di attrezzature e di manodopera che, oltre ad essere impiegata in misura maggiore, deve essere altamente qualificata.

L'approccio SMED va invece a sovvertire questa visione puntando per prima cosa a un'ottimizzazione dei processi, alla riduzione degli sprechi e delle inefficienze produttive attraverso un accurato studio dei processi e dei metodi.

La possibilità di investire in tecnologie innovative viene presa in considerazione solo nel caso in cui il miglioramento che comporterebbe risulti essere tale da giustificare l'investimento.

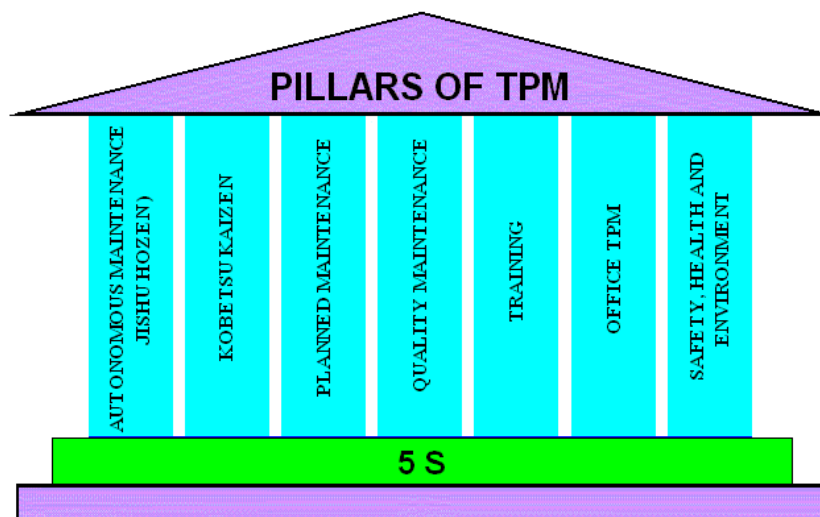
Grazie alla tecnologia SMED, le aziende riescono a superare i limiti caratteristici dell'approccio tradizionale. Infatti, a causa dei lunghi tempi di setup, e conseguentemente degli elevati costi, le aziende si trovavano spesso costrette a scegliere la produzione di massa così da ammortizzare i costi. La scelta di lotti di elevate dimensioni provoca, però, inevitabili problemi relativi a una precisa previsione della domanda, lo spazio per le scorte di materiale e dei prodotti finiti invenduti e l'inevitabile rischio di obsolescenza.

## 2.5 Il TPM

Il Total Productive Maintenance (TPM) è un sistema avanzato di manutenzione messo appunto per minimizzare le fermate indesiderate degli impianti e massimizzare la loro efficienza in termini di qualità, costi, volumi, tempi e sicurezza. L'obiettivo è quindi un miglioramento trasversale dell'azienda, ottenibile attraverso metodologie tecniche e logiche di gestione, coinvolgimento, responsabilizzazione e integrazione delle persone.

È una filosofia di miglioramento continuo e di lavoro in team, finalizzata al coinvolgimento degli operatori che diventano i primi responsabili del funzionamento dell'impianto. Visto che sono loro a utilizzarlo quotidianamente, si presuppone che saranno i primi a notare eventuali anomalie e conseguentemente riusciranno a prevenire il guasto. Il focus viene quindi spostato dall'ottica di riparazione a quello di prevenzione del guasto, per ottenere ciò questa filosofia si avvale di cinque pilastri:

1. Pulizia, la manutenzione di base della macchina consiste nella sua pulizia quotidiana ed è affidata agli operatori che la utilizzano.
2. Individuazione del problema attraverso una formazione specifica, alcune persone vengono addestrate a riconoscere per tempo eventuali problemi che possono presentarsi sul macchinario.
3. Correggere il problema.
4. Perfezionamento, il cui fine è far sì che il problema non si ripresenti in futuro, andando ad esempio a variare i criteri di manutenzione.
5. Protezione, gli strumenti e i macchinari vengono protetti prima, durante e dopo l'utilizzo seguendo le indicazioni fornite dal costruttore o maturate attraverso l'esperienza.



*Figura 6: i pilastri del TPM*

Gli obiettivi fondamentali che si cerca di raggiungere andando ad applicare le logiche del TPM sono:

1. Sviluppare le condizioni ottimali per la nascita di un “sistema uomo-macchina”.
2. Incrementare la qualità totale dell’ambiente di lavoro.

L’uomo e la macchina, in quanto sistema si influenzano vicendevolmente. La qualità del lavoro in uscita non dipende dal singolo contributo delle due componenti, ma dalla capacità con cui queste riescono a integrare i propri sforzi. Affinché una macchina lavori correttamente in termini di potenza, precisione e resistenza, devono esserle garantite le condizioni ideali di lavoro e questo dipende dall’uomo che deve, per prima cosa conoscerle, raggiungerle, mantenerle ed eventualmente ripristinarle. È evidente il ruolo fondamentale che svolge la formazione e la responsabilizzazione dell’operatore.

L’operaio attraverso stimoli costanti e un approccio per fasi, deve cambiare il modo in cui si affaccia al proprio lavoro e superare l’attitudine a scaricare il peso di ciò che accade sugli altri, arrivando così alla manutenzione autonoma.

I sette step che caratterizzano lo sviluppo della manutenzione autonoma sono:

1. Implementare una prima fase di pulizia rimuovendo scarti, sporcizie e utensili in disuso nell’area di lavoro, in maniera tale da sviluppare l’interesse e la responsabilità verso lo stato del macchinario.
2. Eliminare le fonti di contaminazione e le aree inaccessibili, andando a ridurre le cause di scarti e i tempi di pulizia e lubrificazione. Così facendo si imparano le tecniche e i concetti di manutenzione preventiva.
3. Sviluppare standard nelle attività di pulizia e di lubrifica pianificando le attività così da incrementare il livello di responsabilità.
4. Sviluppare un piano di ispezioni generali.
5. Condurre le ispezioni autonomamente attraverso l’utilizzo di checklist.
6. Organizzare le attività e il posto di lavoro.
7. Continuare con la manutenzione autonoma incrementando sempre di più la complessità degli interventi.

L’indicatore basilare del TPM è l’OEE, acronimo di Overall Equipment Effectiveness, un indicatore che va a descrivere l’efficienza globale di un impianto in funzione delle performance di produzione e di manutenzione. Attraverso questo indice è possibile andare a definire le aree, gli andamenti e i



marginari di miglioramento delle performance di una precisa area di lavoro, andando a quantificare ed eliminare ogni perdita produttiva.

Le strategie tipiche del TPM che conducono al raggiungimento degli obiettivi sono:

- Incremento dell'efficienza globale andando ad eliminare le sei diverse tipologie di perdite (citate nel paragrafo 1.3)
- Manutenzione autonoma, definendo e implementando le attività di pulizia e cura dell'area di lavoro. Questo concetto è strettamente collegato a quello delle 5S della filosofia Kaizen.
- Planned Maintenance, andando ad affiancare all'automanutenzione schemi manutentivi sempre più efficaci.
- Continuo sviluppo delle competenze attraverso il monitoraggio e l'incremento dei piani di formazione ad ogni livello.
- Early Equipment Management, coprogettazione con il fornitore al fine di ridurre i tempi di startup e di favorire la stabilità dei nuovi impianti.

## 2.6 L'OEE: Un indicatore globale di efficienza

Per verificare lo stato attuale della gestione produttiva di un impianto e l'efficacia delle soluzioni di miglioramento, torna utile un indicatore numerico denominato "Overall Equipment Effectiveness" (OEE), che tradotto significa Efficienza Globale di Impianto.

L'OEE è un indicatore globale di efficienza semplice e completo per rappresentare la performance di un impianto che interviene a 360 gradi investendo l'intero sistema produttivo.

Utilizzare un indice consente di disporre di un valore attendibile e confrontabile nel tempo da cui trarre le linee guida per un processo strategico di miglioramento continuo, questo perché "non si può gestire ciò che non si può misurare".

I tre fattori che influenzano l'OEE sono:

- Disponibilità, intesa come l'intervallo di tempo in cui il macchinario è effettivamente fruibile (Up Time). Attraverso l'indice di disponibilità  $A$  si tiene conto di tutti gli eventi che fermano la produzione per un periodo di tempo apprezzabile (Down Time). Il tempo pianificato al netto di tali perdite è detto *Operating Time*.

$$A = \frac{\text{tempo disponibile} - \text{downtime totale}}{\text{tempo disponibile} - \text{downtime pianificato}}$$

Le perdite che incidono sulla disponibilità sono:

- eventuali guasti;
  - setup e aggiustamenti;
  - altre perdite legate alla rottura del tagliente dell'utensile, alla manutenzione preventiva o la produzione difettosa dovuta al non essere ancora a regime.
- Performance  $P$  espressa come il rapporto tra la produzione effettiva e quella attesa considerando il *Net Operating Time* cioè *Tempo Produttivo Netto* a disposizione e la velocità della macchina.

$$P = \frac{\text{output effettivo}}{\text{output teorico}}$$

Le perdite che incidono sulla performance sono:

- perdite di velocità, dovute al fatto che la macchina non viene fatta lavorare alla sua velocità ottimale;
  - piccole fermate, eventi che interrompono il flusso produttivo ma non a causa di guasti. Spesso sono dovute a segnali errati a causa di sporco o polvere, pause dell'operatore non definite da contratto. In generale queste rappresentano una tra le maggiori perdite per molti impianti.
- Qualità  $Q$ , espressa come la percentuale di scarti e rilavorazioni sulla produzione totale. Questa tiene conto delle perdite dovute al mancato raggiungimento degli standard di qualità e alle rilavorazioni che si rendono necessarie per sopperire a queste mancanze.

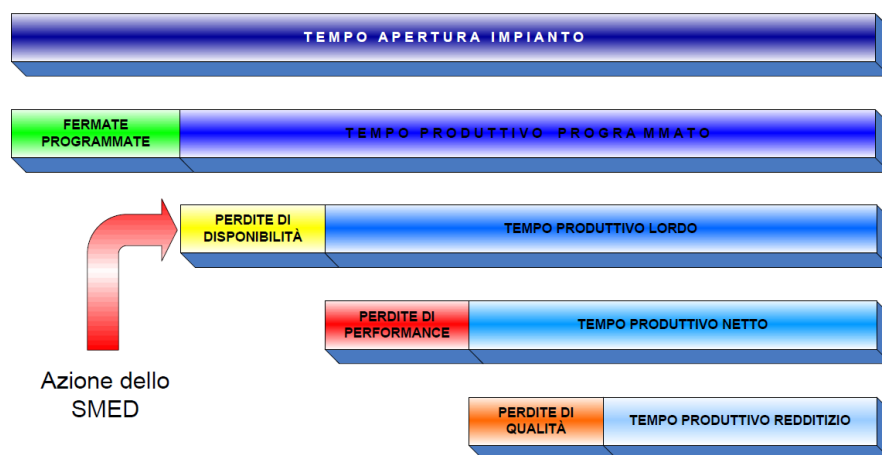
$$Q = \frac{\text{prodotti realizzati} - \text{rigetti}}{\text{prodotti realizzati}}$$

Questa è fortemente legata a:

- scarti e rilavorazioni nel caso in cui i prodotti non abbiano le caratteristiche richieste dal cliente. Scartare un prodotto o rielaborarlo è un enorme spreco di tempo, energia e materiale;
- perdite d'avviamento, la macchina prima di entrare a regime impiega del tempo. Inoltre, è molto probabile che l'operatore commetta errori all'inizio quando ancora è inesperto.

L'analisi dell'OEE comincia con la definizione del *Plant Operating Time* (*Tempo Apertura Impianto*), il tempo in cui le attrezzature sono accese e disponibili a svolgere la propria funzione. Da questo

intervallo vanno sottratti i tempi relativi ai cosiddetti *Planned Shut Down (Fermi Programmati)*, cioè intervalli di tempo che vanno esclusi dall'analisi di efficienza in quanto frutto di una scelta consapevole di interrompere la produzione; il tempo rimanente è detto *Planned Production Time (Tempo Produttivo Programmato)*. A partire da questo intervallo l'OEE analizza il sistema produttivo al fine di ridurre o eliminare tutte le perdite di efficienza e di produttività che avvengono. Sottraendo dal *Planned Production Time* quelli che abbiamo appena definito come *Operating Time* e *Net Operating Time* si ottiene il *Fully Productive Time (Tempo Produttivo Reddito)*, ovvero il tempo che l'OEE punta a massimizzare.



**Figura 7: influenza delle perdite sui tempi**

Il calcolo dell'OEE è ottenuto andando semplicemente a moltiplicare questi tre fattori:

$$OEE = A \times P \times Q$$

Affinché l'indice sia il più alto possibile tutti e tre i valori devono essere elevati, il che significa che solo un impianto in cui tutte le risorse sono sfruttate al meglio può raggiungere un indice elevato.

L'OEE ci consente di:

- identificare le maggiori cause di perdite;
- costituire un appropriato percorso per individuare i problemi che caratterizzano una macchina e migliorarne le sue capacità;
- conoscere il rendimento attuale;
- valutare lo stato dei macchinari presenti in fabbrica.

Questo però è un indice di efficacia dell'impianto che va solo a considerare le perdite interne ad esso e non quelle esterne, come ad esempio scioperi, mancanza di ordini, assenza di materie prime, informazioni o energia.

Come tutti gli indici sintetici, anche l'OEE ha criticità e può causare delle incomprensioni:

- L'indice non dice nulla sui costi attuali delle risorse, le soluzioni da intraprendere o costi futuri che queste implicano. I dati forniti vanno quindi analizzati considerando il contesto produttivo e soprattutto il rapporto costi/benefici che emerge dall'eliminare quelle inefficienze che l'OEE mostra soltanto.
- Non si è sicuri di aver classificato in maniera precisa i vari intervalli di tempo.
- L'indice deve essere costantemente aggiornato nel caso in cui i tempi di fermo vengano modificati.

Concludendo, l'OEE è molto utile se si vuole monitorare nel tempo le performance di un impianto, ma se l'obiettivo è quello di utilizzarlo come parametro di confronto tra differenti risorse produttive, questo richiede estrema cautela.

## 2.7 Aspetti critici della SMED

Per sua natura la SMED ha lo scopo di ottenere il massimo dalla creatività del gruppo piuttosto che investire in nuovi macchinari. Il gruppo deve avere quindi la giusta mentalità per affrontare la situazione che deve essere assimilata a quella del cantiere in demolizione. Le spese devono essere eseguite in extremis, sono azioni straordinarie dove possibile si riutilizzano le risorse interne all'azienda.

Il vero costo sta quindi nel togliere personale dalla produzione per un periodo di tempo e farlo ragionare su come migliorare le condizioni di lavoro.

Questo è un approccio nuovo, che si basa sulla creatività e l'adozione di sistemi semplici ma efficaci, affinché i risultati ottenuti siano degni di nota è essenziale che nella squadra ci sia:

- Collaborazione e coinvolgimento, è fondamentale che tutti gli operatori vengano coinvolti all'interno del progetto in maniera tale da andare a sfruttare al meglio le loro conoscenze dei macchinari. È infatti possibile che loro abbiano sviluppato soluzioni rudimentali che possono essere usate come base di partenza per il miglioramento. L'operazione di condivisione è molto delicata, perché non è raro che gli operatori più esperti si sentano

derubati delle loro conoscenze maturate in anni di lavoro. Il Group Leader deve assicurarsi che vengano prese in considerazione le idee di tutti, così che i diretti interessati si daranno da fare e cercheranno di migliorarle pur di vederle attuate. Nel caso in cui invece le idee vengano imposte dall'alto, si corre il rischio che le persone che andranno ad attuarle non siano particolarmente interessate a realizzarle.

- Gradualità, i migliori risultati si ottengono con un approccio graduale e sistematico. Quella che si sta realizzando è una vera e propria rivoluzione per le aziende che deve essere attraversata gradualmente così da prevenire l'insorgere fenomeni di riluttanza o resistenza. È essenziale scegliere la giusta sfida da affrontare, né troppo semplice, né troppo complessa, e soprattutto coinvolgere le persone chiave nell'accettazione dei nuovi metodi.
- Umiltà, come già detto più volte la spesa economica deve essere l'ultima cosa da fare. Sebbene la tentazione di comprare nuovi macchinari possa essere forte. Prima dell'investimento tecnologico infatti vengono l'energia mentale, le soluzioni semplici ed economiche e il lavoro di gruppo.

## CAPITOLO 3: Applicazione della SMED nelle Aziende

### 3.1 Applicazione in Donati: Taglio Laser

La macchina dedicata al taglio laser è una tra le più innovative e redditizie per l'azienda. Infatti, un'ora di produzione della macchina rende circa il triplo rispetto a una qualsiasi stazione di saldatura. Poiché questa è quasi sempre saturata di lavoro e subisce un elevato numero di setup, riuscire a diminuire i tempi di attrezzaggio genererebbe ulteriori ore disponibili alla lavorazione e conseguentemente un maggiore fatturato.

#### **Il processo tradizionale:**

Il taglio laser viene eseguito da una macchina a controllo numerico andando a caricare i programmi di esecuzione che forniscono informazioni al macchinario come le traiettorie e la velocità di movimentazione.

La macchina lavora automaticamente. Il compito dell'operatore durante la fase di produzione consiste nel controllare i parametri e nel caricare e scaricare i pezzi. Questi vengono prelevati da un contenitore che si trova a bordo del macchinario e poi fissati su una maschera di saldatura posta sul tavolo di lavoro. Una volta controllato che sia tutto pronto, l'operatore dà il via alla lavorazione controllando lo svolgimento così da essere pronto a intervenire nel caso in cui qualcosa dovesse andare storto. Finita l'operazione di taglio rimuove il pezzo dalla maschera di saldatura e lo ripone in un apposito contenitore, ripetendo il processo fino a terminare il lotto.

Una volta terminato il lotto è necessario cambiare l'attrezzatura, questa operazione si articola in fasi precise:

- Rimozione della maschera dal banco. Nel caso in cui la maschera sia di dimensioni contenute l'operatore la trasporta a mano fino allo scaffale apposito all'interno del reparto e la posiziona nel primo posto libero, se invece è particolarmente ingombrante e pesante si utilizza un muletto.
- Recupero della maschera necessaria alla successiva lavorazione, siccome le maschere una volta realizzate, vengono depositate negli scaffali indistintamente, l'operazione di recupero

può trasformarsi in una vera e propria caccia al tesoro. Una volta prelevata l'operatore va a posizionarla sul banco di lavoro seguendo le indicazioni riportate sulla maschera stessa e poi la blocca con dei morsetti.

- Setup del laser. È la fase più complessa. Affinché la macchina esegua la lavorazione memorizzata nel programma deve essere regolata andando a settare lo zero del pezzo, cioè il punto da cui inizierà la lavorazione.
- Avvio della lavorazione, una volta dato il consenso alla macchina per l'inizio del taglio, l'operatore deve prestare grande attenzione allo svolgimento della lavorazione sul primo pezzo così da verificare che non siano stati commessi errori nell'immissione dei dati nel programma o nel settaggio dello zero del pezzo. Un errore potrebbe causare un urto tra il pezzo e la macchina che è particolarmente delicata e costosa.

Il processo appena descritto è obsoleto e caratterizzato da tempi di settaggio particolarmente elevati motivo per cui proprio in quest'area di lavoro vengono applicate le tecnologie SMED.

#### **Fase preliminare:**

Come già spiegato, durante la fase preliminare si vanno ad esaminare nello specifico le varie azioni che vengono compiute durante il setup e la loro durata, andando a riprendere il tutto con una telecamera. In questo caso sono state eseguite tre registrazioni per poter determinare i tempi medi di attrezzaggio e di installazione delle maschere con condizioni operative, operatori e maschere differenti da caso a caso. I tempi ottenuti sono una media. Cercare di andare ancora di più nel dettaglio, andando a misurare i tempi di ogni operazione, sarebbe un inutile spreco di tempo e di risorse.

La prima rilevazione è stata effettuata durante il cambio di un'attrezzatura molto utilizzata eseguita dall'operatore più esperto affiancato da un tirocinante.

Alcune operazioni di smontaggio, fissaggio e prelievo della maschera sono state svolte in parallelo. Questo setup, sebbene sia stato eseguito in maniera esemplare, può essere migliorato soprattutto nella fase di impostazione delle coordinate che, come si può ben notare, ha richiesto quasi la metà del tempo di attrezzaggio della macchina.

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	descrizione
00.15	1	00.15	2,6	smontaggio maschera
01.00	2	00.45	7,8	deposito e prelevamento
02.30	3	01.30	15,5	fissaggio nuova maschera
04.13	4	01.43	17,8	rimozione pallet PF e avvicinamento nuovo materiale
08.45	5	04.32	46,9	impostazione coordinate di riferimento
09.40	6	00.55	9,5	montaggio tip e pulizia

*Figura 8: prima rilevazione dei tempi*

Il secondo set up studiato è sicuramente più rappresentativo del primo in quanto è stato effettuato da un operatore più giovane e meno esperto con l'aiuto dello stesso tirocinante che ha svolto alcune operazioni in parallelo. Questa volta l'operatore si è trovato a dover effettuare il montaggio di una maschera utilizzata raramente, il che ha fatto scaturire alcuni problemi.

La fase di impostazione delle coordinate di riferimento è infatti durata molto di più a causa di una non chiara indicazione riportata sulla maschera stessa del numero di programma di lavorazione. Per questo motivo l'operatore ha dovuto chiamare l'ufficio tecnico ed aspettare che arrivasse qualcuno a districare la questione che è stata risolta dopo 20 minuti.

Risolto questo problema, l'attrezzaggio è proseguito, e una volta concluso ci si è accorti che qualcosa non permetteva il corretto avviamento. Essendo la maschera molto ingombrante e occupando quasi tutto il banco di lavoro, non era stata posizionata accuratamente sul piano e quindi alcuni movimenti del programma di taglio risultavano andare fuori dall'area di lavoro. Per questo motivo è stato necessario un ulteriore consulto con l'ufficio tecnico e, una volta focalizzato il problema, si è provveduto a smontare la maschera, traslarla di alcuni centimetri sul banco di lavoro, fissarla, cambiare il tip, riferirla su tre punti, richiamare il programma ed effettuare il set up del software: l'avvio della lavorazione è avvenuto dopo circa 50 minuti dopo l'ultimo pezzo lavorato del lotto precedente.

Quanto avvenuto evidenzia come, durante un cambio di attrezzatura, si possano sovrapporre contemporaneamente problemi di natura diversa.



tempo progr.	# fase	Durata fase	%	descrizione
00.50	1	00.50	3,1	smontaggio maschera
02.40	2	01.50	6,8	deposito e prelevamento
03.50	3	01.10	4,3	fissaggio nuova maschera
23.50	4	20.00	74,1	impostazione coordinate di riferimento
24.46	5	00.56	3,5	montaggio tip
26.05	6	01.19	4,9	reperimento materiale
27.00	7	00.55	3,4	avvio macchina
50.00	8	23.00		riposizionamento e avvio

*Figura 9: seconda rilevazione dei tempi*

Infine, nella terza e ultima rilevazione dei tempi, si è effettuata un'analisi molto simile alla prima, utilizzando gli stessi operatori e la stessa maschera, ma, nonostante ciò, i tempi sono saliti di molto.

I tempi di impostazione delle coordinate di riferimento sono rimasti gli stessi, ad aumentare sono stati quelli di smontaggio del tip e di avvicinamento del materiale da lavorare. Questo perché intorno alla macchina erano presenti alcuni contenitori da rimuovere con il muletto per permettere l'avvicinamento del materiale per la successiva lavorazione.

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	Descrizione
01.55	1	01.55	13,5	smontaggio tip e calibrazione
02.25	2	00.30	3,5	smontaggio maschera
03.00	3	00.35	4,1	deposito maschera
06.00	4	03.00	21,2	avvicinamento cassoni con muletto
06.40	5	00.40	4,7	prelievo maschera
07.55	6	01.15	8,8	bloccaggio
12.40	7	04.45	33,5	Impostazione coordinate riferimento
13.00	8	00.20	2,4	cambio tip
14.10	9	01.10	8,2	avvio programma

*Figura 10: terza rilevazione dei tempi*

### **Fase 1: Separare le operazioni interne ed esterne**

È il momento di andare a distinguere le operazioni che devono essere eseguite a macchina ferma da quelle che, invece, possono essere effettuate in ombra alla lavorazione. Prendendo in esame le operazioni che caratterizzano il terzo setup, si può osservare come in un primo momento vengono eseguite tutte internamente, in quanto avvengono a macchina ferma.

1	smontaggio tip e calibrazione
2	smontaggio maschera
3	deposito maschera
4	avvicinamento cassoni con muletto
5	prelievo maschera
6	bloccaggio
7	impostazione coordinate riferimento
8	cambio tip
9	avvio programma

*Figura 11: fasi setup*

### **Fase 2: Conversione da attrezzamento interno a attrezzamento esterno**

Come già detto le tre tecniche per la coretta esecuzione di questa fase sono:

- Preparazione anticipata delle condizioni operative
- Standardizzazione delle funzioni essenziali
- Utilizzazione dei sistemi di riferimento per il posizionamento corretto delle parti

È infatti essenziale iniziare le operazioni di setup avendo a disposizione tutto il necessario per poter svolgere le varie operazioni senza interrompere poi l'attività.

Si è già visto che la fase più critica del setup è quella di impostazione delle coordinate di riferimento; perciò, si cercherà di trovare possibili metodi per ridurla il più possibile o eliminarla del tutto. Se le maschere fossero posizionate sul banco di lavoro sempre nella stessa posizione memorizzata dal processore della macchina, basterebbe richiamare il tipo di maschera, e la macchina conoscerebbe già lo zero del pezzo senza doverlo andare a calcolare tramite la memorizzazione dei tre punti.

Per realizzare questa idea, in primo luogo, è necessario individuare un sistema che permetta di avere dei riferimenti fisici sul banco in modo da trovare la posizione cercata e che garantisca una

sufficiente precisione di posizionamento. La precisione della lavorazione laser è dell'ordine dei centesimi di millimetro, e avere una precisione di posizione non sufficientemente elevata significherebbe perdere tutti i benefici derivanti dall'utilizzo del taglio laser. La soluzione è stata individuata andando a realizzare un piano con una griglia di fori determinati univocamente da una combinazione alfanumerica fissato sopra il piano di lavoro esistente. Andando inoltre a realizzare su ogni maschera tre fori in corrispondenza di un foro sul piano sottostante, sarà possibile eseguire un corretto bloccaggio sul piano orizzontale.

Così facendo si ottiene:

- Drastica riduzione dei tempi di piazzamento della maschera
- Esclusione di una possibilità di errore nel posizionamento
- Riduzione dell'utilizzo dei sistemi di bloccaggio
- Indipendenza dei tempi di attrezzaggio dall'operatore

Di contro però:

- La rimozione degli sfridi è difficoltosa essendo particolarmente ingombranti
- Adattamento a maschere con incastri ad hoc
- Il piano di riferimento è costoso da realizzare
- Bisogna adattare il programma di esecuzione

### **Fase 3: Semplificazione delle operazioni di setup**

Grazie alla fase precedente si è già riusciti ad abbattere notevolmente i tempi di setup, ma è possibile adottare altri accorgimenti per diminuire ulteriormente i tempi di attrezzaggio. Ad esempio, per semplificare le operazioni, in maniera tale da velocizzare ed evitare il verificarsi di errori si può:

- Indicare chiaramente il programma. Il numero del programma da richiamare è solitamente segnato con un pennarello indelebile sulla maschera insieme al codice del prodotto. Questi due spesso non coincidono perché quando le maschere vengono progettate e realizzate non si ha il codice definitivo, e solitamente se ne assegna uno casuale, che però poi non viene più aggiornato.

Inoltre, le maschere giacciono per lunghi periodi nella scaffalatura esterna, motivo per cui tendono a corrodersi. Non solo la corrosione può rendere illeggibile il codice, ma anche residui metallici o oli che si depositano sopra la maschera durante il processo di taglio.

Risulta perciò essenziale andare a riorganizzare la catalogazione delle maschere attraverso l'utilizzo di una targa in metallo o un altro materiale inalterabile che riporti il numero della maschera, il programma da richiamare, l'anno di costruzione e il cliente.

- Ordinare gli scaffali. Le maschere vengono posizionate negli scaffali in maniera del tutto casuale. In un'ottica SMED questo è impensabile, infatti ogni cosa deve essere chiaramente individuabile e avere un suo posto ben preciso. Un'ottima soluzione può essere di andare a dividere in ripiani gli scaffali assegnando ad ogni ripiano un colore identificativo del cliente, andando a effettuare anche sulle maschere un contrassegno a vernice.
- Creare una tabella scaffale/macchina contenente in modo sintetico le informazioni relative al posizionamento e deposito delle maschere che sarà posizionata a bordo macchina.
- Istituire schede posizionamento. Oltre alla tabella appena descritta, si può andare a realizzare un fascicolo per ogni maschera contenente tutte le informazioni già citate nella tabella con l'aggiunta della procedura dettagliata del posizionamento, una foto della maschera, l'indicazione visuale dello scaffale di stoccaggio e un campo a disposizione per gli operatori per mantenere aggiornata la scheda con informazioni utili.

#### **Fase 4: Documentazione del nuovo processo**

Il nuovo setup si articola nelle seguenti fasi:

1. Smontaggio della maschera, svincolandola dal piano di lavoro una volta che si ha terminato la produzione. Per farlo si va ad allentare, rimuovere e depositare sul banco a bordo macchina le morse e poi si sfilano i perni di riferimento grazie all'apposita testa zigrinata e per evitare che vengano smarriti si depositano nella cassetta a bordo macchina.
2. Deposito e prelevamento. La maschera viene depositata nel suo scaffale in base al colore e viene prelevata quando necessario.
3. Riferimento con spine sul piano. Accanto ad ogni foro sulla maschera è presente un'etichetta che indica il corrispondente foro sulla tavola, inoltre nel fascicolo che si trova a bordo macchina è presente una scheda che riporta chiaramente le modalità di posizionamento e una figura della maschera correttamente piazzata. L'operatore preleva la vaschetta le spine e le inserisce nei fori.

4. Bloccaggio con le morse della maschera al piano.
5. Avvicinamento del materiale da lavorare, in questa fase si devono avvicinare alla macchina i cassoni contenenti il materiale lavorato e quello per la successiva lavorazione. Affinché questo processo venga svolto senza intoppi è necessario che non vengano depositati pallet o altro materiale che possa impedire il passaggio nell'area circostante.
6. Il tip della testa laser viene cambiato solo nel caso in cui si cambia il materiale che viene lavorato.
7. Impostazione del programma e avvio. L'operatore si reca davanti al terminale di controllo e richiama il programma di esecuzione della lavorazione, controlla i parametri e se è tutto nella norma si avvia la lavorazione.

tempo progr.	# fase	Durata fase	%	Descrizione
00.30	1	00.30	9,0	smontaggio maschera
01.30	2	01.00	17,9	deposito e prelevamento
01.55	3	00.25	7,5	riferimento con spine sul piano
02.45	4	00.50	14,9	bloccaggio con morse
04.15	5	01.30	26,9	avvicinamento materiale da lavorare
04.35	6	00.20	6,0	eventuale cambio tip
05.35	7	01.00	17,9	impostazione programma e avvio

**Figura 12: rilevazione dei tempi dopo l'applicazione della SMED**

### Costi:

Le soluzioni adottate per migliorare il setup sono per definizione economiche, pratiche e semplici da utilizzare, ottenute attraverso la collaborazione dei componenti dal team di sviluppo. Il preventivo di spesa per realizzare il piano reticolare è di circa 659,50€.

### Risultati:

I tempi di attrezzaggio del primo setup prima dell'applicazione delle tecniche SMED erano di oltre 14', che si sono poi ridotti a 5'30" andando a ridurre di circa il 60% i tempi necessari alla procedura.

È interessante andare a calcolare il payback period dei soldi investiti nell'attrezzatura. Siccome ad ogni setup si vanno a risparmiare circa 8'30", considerando che la macchina effettua in media 22

setup alla settimana e che un'ora di produzione rende in media all'azienda 120€. Il periodo di tempo nel quale l'investimento sarà recuperato grazie alla maggiore produzione resa disponibile dalla diminuzione del tempo di attrezzamento è:

$$BEP = \left[ \frac{659,50\text{€}}{\frac{8,5\text{min} \times 120\text{€/h}}{60\text{min}}} \right] = 39 \text{ setup}$$

$$BEP = \frac{39 \text{ setup}}{22 \text{ setup/settimana}} = 1,8 \text{ settimane}$$

Trascorso questo periodo di tempo per ogni setup effettuato si avranno a disposizione 8,5 minuti di produzione. Considerando che la macchina lavora su un unico turno di 8 ore al giorno per un totale di 40 ore il tempo produttivo in più sarà pari a:

$$\text{Ore lavorazione} = 40 - \frac{14 \times 22}{60} = 34,86 \text{ h}$$

$$\text{Ore lavorazione}_{\text{smed}} = 40 - \frac{5,5 \times 22}{60} = 37,98 \text{ h}$$

$$\Delta \text{produttività} = \frac{37,98}{34,86} = +9\%$$

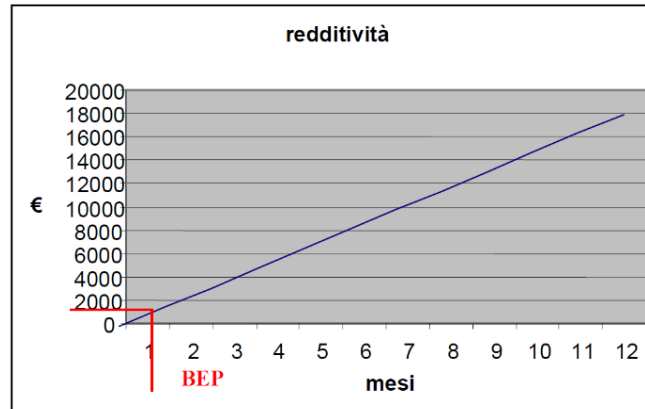


Figura 13: BEP

### 3.2 Applicazione delle tecniche SMED nelle sale operatorie

La metodologia SMED, come strumento per ridurre i tempi di settaggio, non necessariamente deve essere applicata al settore manifatturiero. Nell'ultimo decennio non sono stati rari i casi in cui si è cercato di adottare la pratica SMED anche nel mondo della sanità, partendo dagli Stati Uniti e Canada, per arrivare poi in Europa e quindi anche in Italia.

Ovviamente le tecniche che caratterizzano la SMED devono essere adattate e personalizzate per i servizi sanitari. Le problematiche maggiori stanno nel fatto che gli interventi sui percorsi dei pazienti sono interdipartimentali e si devono coordinare team multidisciplinari, generalmente composti da due ingegneri gestionali, un infermiere, un tecnico, un medico di direzione sanitaria e un economista della direzione amministrativa. È fondamentale che sia coinvolto tutto il personale a tutti i livelli, in altre parole non solo lo staff sanitario, ma anche la direzione e il management.

In Italia la prima azienda a decidere di implementare la tecnica SMED all'interno del blocco operatorio è stata l'Azienda Ospedaliera Universitaria Senese (AOUS). Quest'ultima è un complesso ospedaliero ad alta specializzazione di rilievo nazionale, noto per la propria dedizione all'attività assistenziale, a quella didattica e alla ricerca. L'azienda tratta ogni anno circa 35.000 pazienti in regime di ricovero, eroga 3.200.000 prestazioni e il servizio di emergenza gestisce circa 50.000 pazienti all'anno.

L'obiettivo principale è quello di ridurre i tempi di cambio-paziente in sala così da riuscire ad aumentare la disponibilità del blocco operatorio. Infatti, grazie ad una migliore organizzazione del *workflow*, i tempi di turnover verrebbero ridotti significativamente riuscendo così a ridurre gli interventi rimandati, concludere le operazioni all'orario previsto, aumentare la soddisfazione del paziente e migliorare le performance dei percorsi diagnostico-terapeutici. In altre parole, la corretta applicazione delle tecniche SMED consente di aumentare l'efficienza dell'azienda ospedaliera.

Il concetto di efficienza è strettamente legato a quello di produzione e può essere inteso come la capacità di minimizzare il tempo richiesto per svolgere una determinata attività o per raggiungere un certo livello di output. Questa modalità di misura non è particolarmente adatta ai processi sanitari, infatti, potrebbe portare a interpretazioni ambigue visto che i processi sono molto complessi e caratterizzati da una moltitudine di input e output. Inoltre, bisogna tener conto del fatto che il concetto di efficienza varia sensibilmente tra i professionisti sanitari: per un chirurgo la definizione di efficienza varia significativamente rispetto a quella di un anestesista o un infermiere, la cui idea differisce a sua volta da quella della direzione aziendale.

L'efficienza della sala operatoria è quel valore che viene massimizzato quando l'inefficienza dei tempi di sala operatoria viene minimizzato.

Le performance di una sala operatoria possono essere misurate attraverso sette indicatori tra loro correlati:

- 1) Il costo del personale rispetto la produttività della sala operatoria.
- 2) Il ritardo di inizio dell'intervento rispetto all'orario di inizio programmato.
- 3) Il tasso di cancellazione degli interventi il giorno stesso nel quale erano previsti.
- 4) I ritardi di ammissione alla PACE a causa della congestione.
- 5) Il margine di contribuzione medio per ora di sala operatoria.
- 6) Il tempo di turnover, inteso come il tempo che intercorre tra il momento in cui un paziente esce dalla sala operatoria e il momento nel quale il paziente successivo entra.
- 7) Errore di predizione della durata degli interventi per seduta.

Attraverso il monitoraggio di questi indicatori, si riesce ad eseguire una fotografia oggettiva e completa del livello di performance di ogni sala operatoria, così da conoscere i suoi punti di forza e quelli deboli su cui è necessario andare a lavorare.

La sala operatoria è una delle aree più complesse all'interno della struttura ospedaliera e conoscerla in questi termini è essenziale non solo a causa delle complessità tecnologiche, impiantistiche e strutturali, ma anche delle criticità organizzative e gestionali. A causa della sempre maggiore multidisciplinarietà l'organizzazione risulta più complessa, il che comporta un aumento dei costi di mantenimento, motivo per cui diviene essenziale abbattere i costi fissi di struttura massimizzandone l'utilizzo.

La piastra operatoria dell'AOUS nasce nei primi anni Ottanta, è costituita da sette sale operatorie e ospita due dipartimenti ad alta specializzazione: il Dipartimento di Neuroscienze e il Dipartimento Cuore e Grossi Vasi, all'interno del quale operano due équipes dedicate al trapianto di cuore e al trapianto di polmone. Le implementazioni chirurgiche e le conseguenti tecnologie strumentali che hanno caratterizzato gli ultimi decenni hanno condizionato fortemente lo sviluppo della piastra soprattutto a causa della multidisciplinarietà e la conseguente necessità a organizzare gli spazi e le attrezzature condivise.

#### **Situazione di partenza e obiettivi:**

Il flusso delle attività all'interno di un blocco operatorio può essere generalizzato come la successione delle seguenti attività:

- Trasferimento del paziente dal reparto di degenza al blocco operatorio.



- Ingresso del paziente nel blocco operatorio.
- Trasferimento del paziente nell'area dedicata alla preparazione anestesiologicala e conseguente preparazione.
- Ingresso del paziente in sala operatoria.
- Induzione anestesiologicala.
- Preparazione del campo operatorio.
- Incisione della cute.
- Intervento chirurgico.
- Sutura della cute.
- Smantellamento del campo operatorio.
- Risveglio del paziente.
- Trasferimento del paziente nell'area dedicata al monitoraggio post-operatorio.
- Trasferimento del paziente dal blocco operatorio al reparto di degenza.

La principale criticità è legata alla conformazione strutturale. Il layout non prevede un'area polmone per la preparazione anestesiologicala e/o per il risveglio e monitoraggio del paziente operato, il che comporta inevitabilmente una dilatazione del tempo necessario a liberare la sala operatoria.

Altri fattori che vanno a influire sull'utilizzo del tempo di sala operatoria sono le attività didattiche, i colli di bottiglia, il trasporto del paziente, l'accuratezza nella schedulazione dei casi chirurgici, la preparazione delle attrezzature, la disponibilità delle risorse umane e l'organizzazione del lavoro. Secondo uno studio condotto su un ospedale universitario pubblico, si è visto che il tempo di sala operatoria "sprecato" può ammontare a circa il 15% del totale e questo spreco è solitamente legato a un'inappropriata preparazione del paziente, indisponibilità del chirurgo o altri componenti dell'équipe, la riassegnazione della sala per un intervento di urgenza, a ritardi nel trasporto del paziente in sala operatori o alla congestione della PACU (Post-Anesthesia Care Unit).

Non è raro utilizzare come misura della produttività di un percorso chirurgico il tempo di turnover tra due casi chirurgici consecutivi. Generalmente in questo lasso temporale vengono eseguite una serie di attività di supporto necessarie al ripristino della sala come:

- Lo sgombero di ferri chirurgici e biancheria sporca dalla sala.
- La sanificazione di tutte le superfici e le attrezzature presenti.

- Il riallestimento della sala per l'intervento successivo, portando al suo interno eventuali apparecchiature necessarie e tutto lo strumentario chirurgico necessario all'esecuzione dell'intervento.
- L'organizzazione e la preparazione di tutto lo strumentario sterile sopra il tavolo-madre.

Mentre in sala vengono eseguite queste attività, solitamente all'esterno della sala viene preparato il paziente successivo. Per prima cosa il paziente viene identificato e registrato al suo ingresso nel blocco operatorio, vengono effettuate tutte le verifiche necessarie a garantire la sicurezza del paziente e la correttezza della procedura e, per completare la preparazione, si evidenziano gli opportuni accessi vascolari. Prima di condurre il paziente in sala, se si dispone di una sala attigua a quella operatoria, si esegue l'anestesia al paziente.

La fase di turnover richiede un alto livello organizzativo e di sincronia tra le diverse attività da condurre in parallelo e i relativi professionisti che le devono svolgere. Andando ad organizzare adeguatamente il workflow, è possibile ridurre i tempi di ripristino della sala, al contrario i tempi anestesiológicos non possono in alcun modo essere compressi.

Se, come in questo caso, la piastra operatoria non è dotata né di un recovery room né di sale di induzione, il tempo di turnover sarà influenzato dalla tipologia di anestesia indotta al paziente, l'anestesia loco-regionale comporta tempi molto più lunghi rispetto quelli di anestesia generale. Perciò per normalizzare la misurazione dell'efficienza del cambio-paziente, non si è preso come indicatore il tempo di turnover, ma il tempo che intercorre tra la fine della sutura di un paziente e l'incisione della cute del successivo. Si tengono conto, perciò, di tutte le attività che si verificano tra la fine di intervento, inteso come ultimo punto di sutura sulla cute del paziente, e l'inizio dell'intervento successivo, rappresentato dall'incisione della cute, motivo per cui questo intervallo di tempo è stato definito come tempo cute-cute.

La situazione iniziale è stata valutata prendendo in considerazione 859 interventi in elezione eseguiti dalla chirurgia vascolare nei 18 mesi precedenti all'inizio del progetto SMED. I tempi che intercorrevano tra un intervento e il successivo sono stati calcolati direttamente dal registro operatorio, nel quale sono riportate tutte le informazioni di carattere clinico assistenziale essenziali all'intervento, tra cui anche tutti i tempi che caratterizzano il percorso del paziente all'interno del blocco operatorio precedentemente citato.

Di questi 859 interventi sono stati eliminati dal set di dati i valori inferiori a 10 minuti e superiori a 180, considerati outliers dovuti a errori della registrazione o a situazioni contingenti capaci di alterare il flusso programmato dalle attività; e sono rimasti 442 tempi di setup.

Partendo da questi dati il team SMED si è dato l'obiettivo di ridurre il tempo medio di setup di 15 minuti, andando ad applicare la tecnica al cambio considerato come worstcase in termini di tempi di setup; cioè il passaggio da un intervento di chirurgia tradizionale open a un intervento con tecnica ibrida.

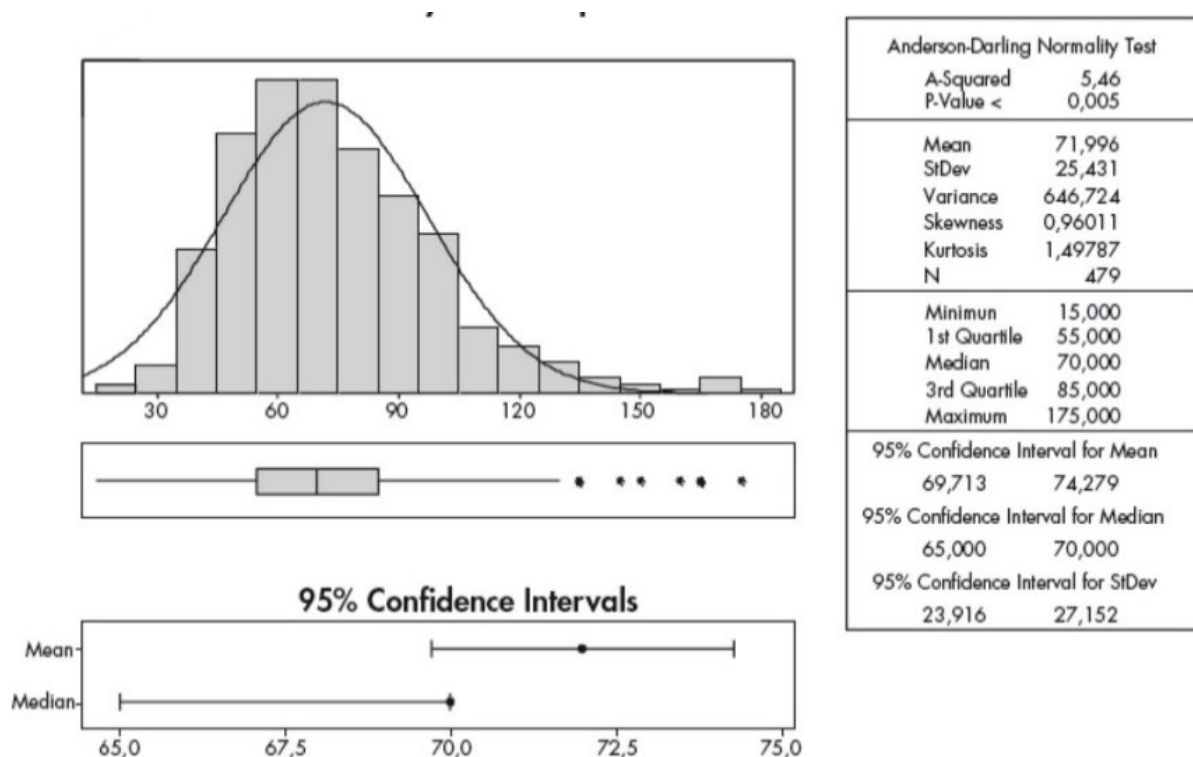


Figura 14: tempo di setup prima dell'applicazione della SMED

### Metodi e Implementazione:

Per la corretta riuscita della metodologia SMED è necessario seguire i passi fondamentali:

- Individuare un team di professionisti direttamente coinvolti nelle attività del processo composto da due chirurghi, un medico anestesista, il coordinatore infermieristico, tre infermieri strumentisti esperti e due operatori sociosanitari esperti.
- Formazione del team riguardo la tecnica SMED.
- Scelta del caso da analizzare, nel caso specifico, come già detto, si è scelto il caso peggiore.

- Esecuzione del filmato del tempo di setup con inizio dall'ultimo punto di sutura della cute del primo paziente fino al taglio cute del paziente successivo. Il filmato è stato eseguito con una telecamera fissa all'interno della sala operatoria e una mobile per riprendere le attività eseguite al di fuori della sala operatoria.
- Sbobinamento del filmato. Il team si riunisce per visionare il filmato e riflettere sul processo, cercando di individuare possibili contromisure o migliorie.
- Implementazione delle contromisure individuate.
- Esecuzione di un secondo filmato una volta che sono state applicate tutte le idee emerse.
- Sbobinamento della nuova ripresa.

Tutte le idee che emergono durante la revisione del video vengono utilizzate cercando di migliorare il setup, i vari miglioramenti proposti possono essere riassunti in:

- Interventi sul layout, è stata inserita una parete divisoria scorrevole così da creare una zona polmone che consente di ospitare contemporaneamente due pazienti in sala operatoria.
- Interventi sull'ordine e l'ergonomia degli ambienti, attraverso l'applicazione della tecnica delle 5S in sala, presala e nell'area lavaggio. Ad esempio, siccome Chirurgia Toracica e Chirurgia Vascolare condividono la stessa sala, per rivedere l'organizzazione e la quantità dei presidi presenti in camera operatoria sono stati allestiti due differenti cargo.
- Interventi sui carichi di lavoro, si è evidenziato il carico di lavoro eccessivo per l'OSS, motivo per cui la sequenza delle attività svolte durante il setup è stata profondamente rivista attraverso il metodo Elimina, Combina, Semplifica, Sequenzia: alcune attività sono state combinate insieme, ad altre è stato cambiato l'ordine in sequenza, altre sono state semplificate, con l'obiettivo di aumentare le attività da effettuare a sala occupata e di ridurre quindi i tempi di interscambio.
- Interventi di standardizzazione del metodo, sono state create due istruzioni operative, due flowchart e otto checklist e sistemi visuali per standardizzare e condividere le nuove modalità operative con tutti i professionisti afferenti alla sala.

### **Risultati:**

La scelta di applicare la metodologia SMED in ambito sanitario ha portato a una profonda riorganizzazione del blocco operatorio, modificando variabili quali il tempo, gli spazi, gli spostamenti, la sequenza delle attività e i materiali.

La riduzione media del tempo necessario al passaggio da un paziente al successivo comporta diversi benefici tra cui:

- Aumentare la disponibilità del blocco operatorio.
- La media degli interventi realizzati a seduta sale da 4,14 a 4,47.
- Nei 18 mesi precedenti al progetto, la percentuale di sedute terminate oltre l'orario previsto di chiusura della sala operatoria è stata del 19%, con uno sforamento medio pari a 50 minuti. Dopo il progetto SMED nonostante la percentuale sia aumentata arrivando fino al 22%, lo sforamento medio è passato a 32 minuti.
- È innegabile il ritorno economico, sapendo infatti che il costo di una sala operatoria è di circa 58 € al minuto, l'ospedale risparmierà circa 337920 € annui.

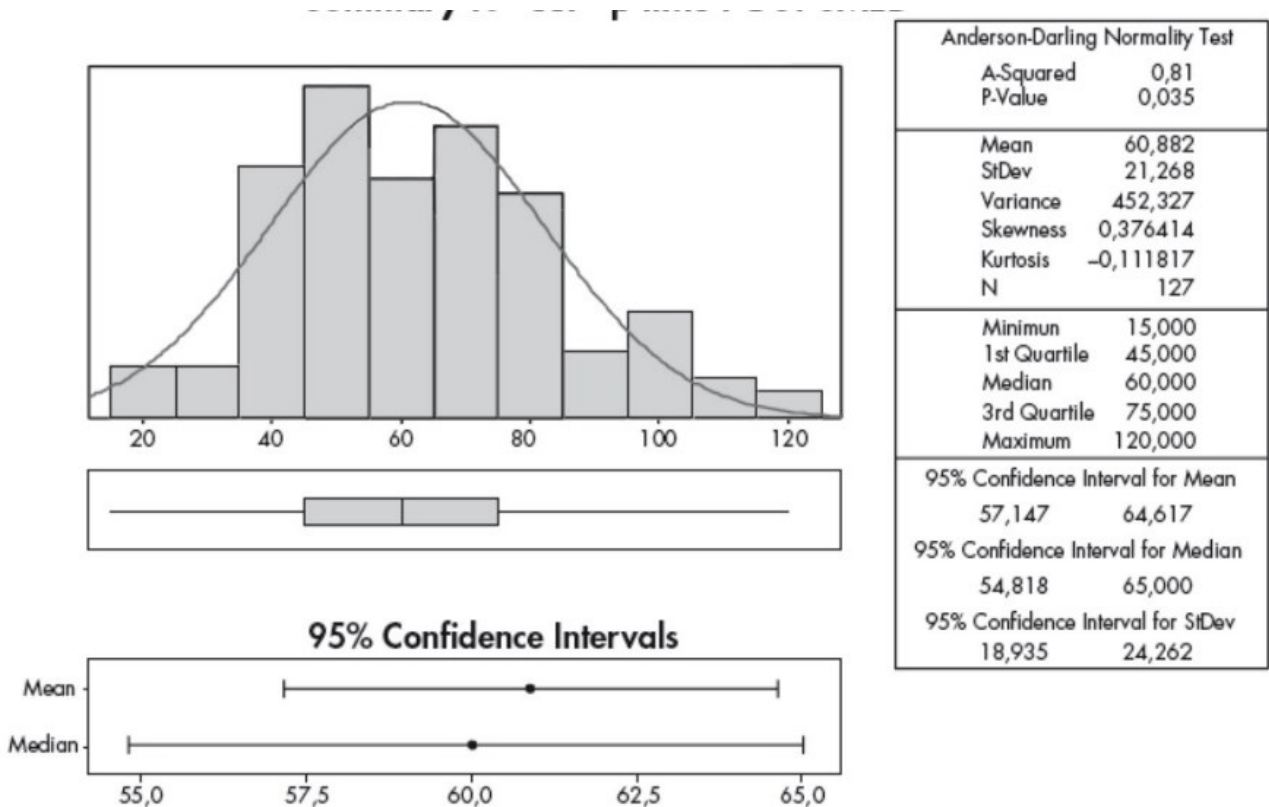


Figura 15: tempo di setup dopo l'applicazione dello SMED

Altro beneficio ottenuto è la diminuzione della variabilità dei tempi di setup da un caso all'altro, in altre parole si può parlare di standardizzazione del processo di setup.

Dal punto di vista del layout, l'inserimento della parete divisoria mobile ha consentito di anticipare la presa in carico del paziente successivo. Così facendo l'OSS riesce a programmare meglio le sue attività e l'anestesista può iniziare la preparazione anestesiologicala già nell'ambiente contiguo alla sala operatoria, mentre l'operazione precedente è ancora in corso.

Per quanto riguarda la revisione degli spazi e dei materiali, questa ha reso le operazioni di pulizia e riattrezzaggio più agevoli. Il personale si trova a dover gestire un numero ridotto di arredi e può organizzare più facilmente l'approvvigionamento dei carrelli.

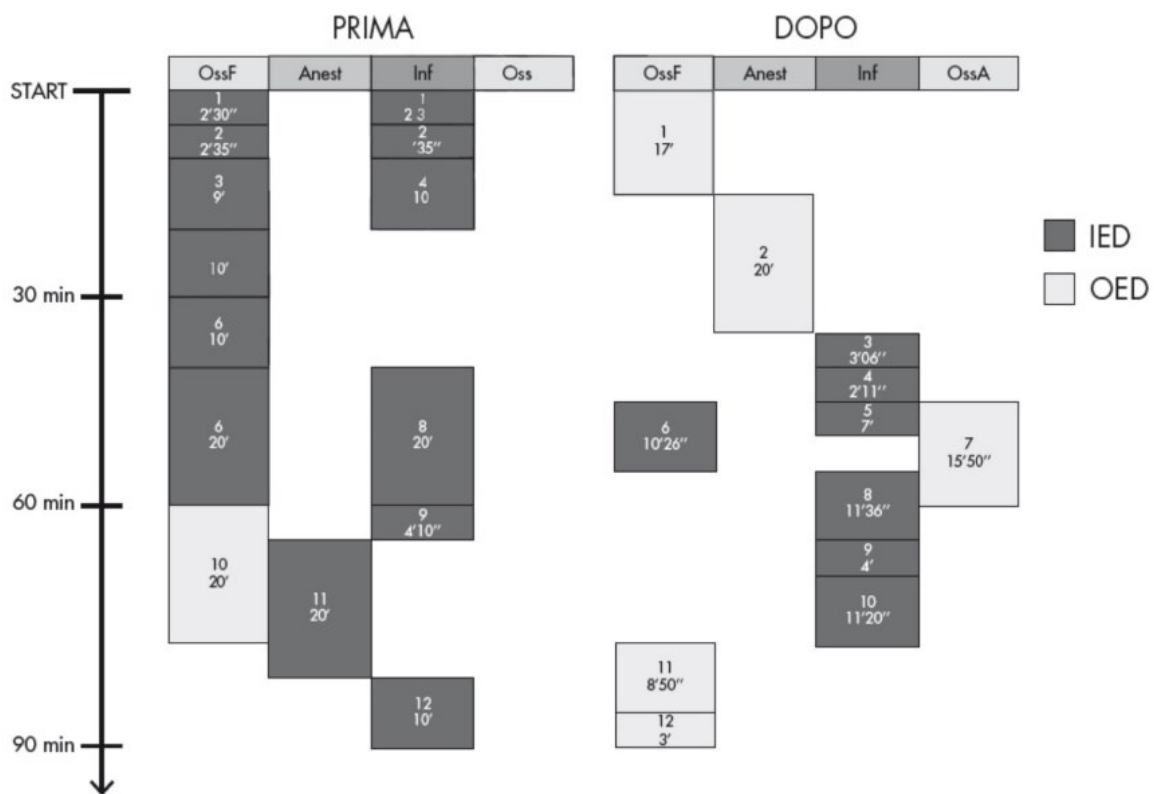


Figura 16: distribuzione delle attività prima e dopo la SMED

Grazie all'applicazione delle tecniche SMED si è ottenuto non solo un miglioramento in termini di riduzione del tempo di setup, ma anche rispetto all'organizzazione del flusso delle attività. Inoltre, grazie alla revisione dei carichi di lavoro, gli operatori di sala, nonostante continuino a svolgere le stesse attività, lavorano secondo una sequenza temporale bilanciata ed equilibrata.

La figura che più ha beneficiato di questa riorganizzazione è l'OSS. Prima dell'applicazione delle tecniche SMED per ogni cambio effettuava tutte le attività di propria competenza per 80 minuti consecutivi, vincolando i tempi di setup alle sue capacità di gestione. Ora le attività sono state redistribuite in due blocchi da 35 minuti intervallati da 20 minuti di pausa, in questo modo il benessere e la qualità lavorativa sono migliorati di molto e anche il livello di performance rimane alto.

Il miglioramento sulla componente umana, ottenuto mettendo al centro i bisogni degli operatori, fa sì che questi ultimi lavorino con soddisfazione e benessere, migliorando così il clima lavorativo. La classica équipe di sala si è trasformata in un vero e proprio team, anche grazie a quello che è stato un vero e proprio abbattimento della scala gerarchica. La soddisfazione e il benessere organizzativo si riversano sul paziente, che beneficia dei risultati ottenuti.

## CAPITOLO 4: Industry 4.0

### 4.1 Che cosa è

Il termine industria 4.0 è stato coniato nel 2011 durante la Fiera di Hannover, in Germania, per introdurre il piano industriale del governo tedesco il cui obiettivo era quello di ammodernare il loro sistema produttivo e riportare la manifattura ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

I risultati ottenuti dalla Germania a livello produttivo sono stati tali da ispirare molti altri paesi, tra cui anche l'Italia, a seguire le loro orme. Alla base di questa metodologia c'è l'integrazione di tecnologie produttive al fine migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la qualità produttiva degli impianti coinvolti.

L'industria 4.0 è vista come un nuovo orizzonte di una produzione e di una distribuzione che diventano più smart vale a dire più intelligenti, più veloci ed efficienti grazie a una combinazione tecnologica di automazione, informazione, connessione e programmazione.

### 4.2 Lean Management e Industry 4.0

Sia il Lean Management che l'Industry 4.0 sono paradigmi che operano nel contesto odierno, che abbiamo già detto essere caratterizzato da un'elevata complessità a causa della variabilità che caratterizza i bisogni dei clienti, con obiettivi in comune come l'incremento del valore aggiunto, il miglioramento delle condizioni di lavoro e l'aumento della qualità produttiva. Possiamo quindi definire il Lean Management e l'Industry 4.0 come due approcci differenti ad un problema comune.

Il Lean Management è un approccio focalizzato sull'implementazione di metodi e cambiamenti organizzativi ottenibili attraverso l'impegno e lo sviluppo continuo degli operatori coinvolti. Il suo fine ultimo è quello di andare a ridurre il più possibile gli sprechi e le perdite andando a focalizzarsi su quelle che sono le attività a valore aggiunto e cercando di standardizzare i processi. L'idea di fondo è quella di fare di più con meno, cercando quindi di migliorare ciò che si ha già prima di andare a investire soldi in macchinari costosi.



Al contrario l'approccio dell'Industry 4.0 ha come obiettivo la digitalizzazione dell'azienda. Non cerca di ridurre la complessità dei processi ma vuole gestirla attraverso l'utilizzo di macchinari sempre più costosi e potenti.

A prescindere da questa differenza di approcci una maggiore digitalizzazione dell'azienda può impattare su alcune metodologie della Lean Manufacturing. Ad esempio, l'Additive Manufacturing (AM) è utile alla metodologia SMED, questo perché i processi di AM non essendo di tipo product specific, consentono di abbattere i tempi di settaggio della macchina andando a modificare il pezzo senza la necessità di realizzare un nuovo setup.

## CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

Come già detto in precedenza, la SMED è una delle tecniche principali necessarie a trasformare un'azienda in una Lean Company, rendendola così maggiormente competitiva nel mercato odierno.

La SMED è stata più volte definita come una filosofia di pensiero il cui obiettivo è quello di ridurre i tempi di setup. I dubbi sulla sua efficacia sono perciò leciti. La migliore risposta ai timori sono i numeri: “numeri, dati e fatti”, questo è l'imperativo che guida ogni progetto e che meglio dimostra la validità della tecnica adottata. Motivo per cui ho scelto, in questo breve scritto, di riportare alcuni esempi che ne dimostrassero l'efficacia in maniera oggettiva.

Le difficoltà che si possono incontrare sono per lo più legate alla fase iniziale. È necessario eseguire uno studio approfondito del caso, il che richiede tempo e impegno da parte del Group Leader in primis, ma anche di tutto il team. Tutti gli interventi devono essere pianificati in un'ottica di piccoli passi, andando a inseguire obiettivi ravvicinati tra loro senza però mai perdere di vista il traguardo finale.

È fondamentale ricordare che, nonostante i buoni risultati ottenuti, in virtù del concetto di evoluzione continua, non ci si può mai accontentare di quanto realizzato: tanto è stato fatto ma molto è ancora da fare. Tutto ciò significa che la “caccia agli sprechi” va continuata andando ad ampliare il campo di analisi ad altri processi.

## BIBLIOGRAFIA

### Testi consultati:

Alessandro Lupi, Applicazione della metodologia SMED in Donati costruzioni metalliche, Anno Accademico 2007-2008

Lorenzo Baioni, Metodi e strumenti di Supplier Integration sviluppati all'interno di una Lean Company: il caso BIESSE S.p.A, Anno Accademico 2009-2010

Giovanni Schito, La metodologia SMED: una rassegna della letteratura, Anno Accademico 2011-2012

Andrea Sarro, Miglioramento continuo e gestione snella presupposti per Industry 4.0: il caso Colorificio San Marco, 2018-2019

Antonio Mallia, L'impatto di Industry 4.0 sul Lean Manufacturing, 2017-2018

### Libri consultati:

Fletcher Birmingham e Jim Jelinek, Quick Changeover Simplified (The Manager's Guide to Increasing Profits with SMED), 2006.

### Link:

<https://lorenzogovoni.com/smed-ridurre-i-tempi-di-attrezzaggio/>

<https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/smed.html>

<http://tesi.cab.unipd.it/35594/1/TESI.pdf>

<https://crossnova.com/le-guide-operative/lean-thinking-metodologia-smed/>