

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria della  
Produzione industriale e dell'innovazione tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

**PROGETTAZIONE DI PROTOTIPI PER MACCHINE  
DI ESTRUSIONE E OTTIMIZZAZIONE DI PROCESSI  
PRODUTTIVI IN TRELLEBORG SEALING  
SOLUTIONS MALTA**



**Relatore**

Prof.ssa Eleonora Atzeni

**Candidata**

Simona Ventimiglia

Anno Accademico 2018/2019

Alla mia famiglia,

A mia madre, a mio padre, a mia sorella e  
a mia nonna.

Siete sempre con me ovunque io vada.

# Indice

Introduzione.....	1
<b><u>Capitolo 1 – Trelleborg group.....</u></b>	<b>7</b>
1.1. Introduzione.....	7
1.1.1. Trelleborg AB.....	8
1.1.1.1. Missione e Visione aziendale.....	10
1.1.1.2. Struttura aziendale.....	11
1.1.2. Trelleborg Sealing Solutions Malta.....	13
1.1.2.1. Descrizione dell'azienda e principali clienti.....	18
1.1.2.2. Prodotti, mercato di riferimento e servizi principali.....	21
1.1.2.3. Processi operativi principali dell'azienda.....	24
1.1.2.4. Strumenti.....	25
<b><u>Capitolo 2: Studio e valutazione del processo produttivo.....</u></b>	<b>28</b>
2.1. Introduzione.....	28
2.1.1. Pianificazione del processo di analisi.....	29
2.1.2. Scenario attuale.....	31
2.1.3. Problema riscontrato.....	37
2.1.4. Metodologia: SMED.....	45
2.1.4.1. Cenni storici.....	45
2.1.4.2. Single Minute Exchange of Dies.....	45
2.1.4.3. Metodologia.....	50
2.1.4.4. Individuazione e divisione azioni interne ed esterne.....	51
2.1.4.5. Analisi.....	55
<b><u>Capitolo 3: Ottimizzazione del processo produttivo.....</u></b>	<b>57</b>
3.1. Introduzione.....	57

3.1.1. Esternalizzazione delle attività interne.....	58
3.1.2. Miglioramenti nei set-up interni.....	63
3.1.3. Prototipi.....	66
3.1.3.1. Differenti modi di estrusione.....	68
3.1.3.2. Realizzazione prototipi.....	71
3.1.4. Miglioramenti nei set-up esterni.....	74
3.1.5. Flusso delle attività del Changeover.....	77
3.1.6. Analisi economica.....	78
<b><u>Capitolo 4: Considerazioni.....</u></b>	<b>79</b>
4.1. Stato di avanzamento del progetto.....	79
CONCLUSIONI.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	82
SITOGRAFIA.....	83
RINGRAZIAMENTI.....	84
APPENDICE A.....	85

## INTRODUZIONE

Con il presente elaborato si intende analizzare e descrivere tutte le fasi necessarie per l'ottimizzazione del processo produttivo di estrusione presso l'azienda Trelleborg Sealing Solutions con sede Malta. Il materiale principale utilizzato in questo tipo di processo è di tipo polimerico, in particolare le gomme, che dopo essere state sottoposte ad una serie di processi permettono la realizzazione di O-ring, uno dei prodotti principali realizzati dall'azienda. Vengono prodotti oltre 25 milioni di O-ring alla settimana e l'applicazione principale di questo prodotto riguarda soprattutto i settori aerospaziale e automobilistico. Focalizzando l'attenzione su questo processo, l'obiettivo principale è ridurre al minimo gli sprechi di tempo dovuti alla preparazione del *Changeover*, all'effettivo cambio materiale e all'immagazzinamento del prodotto finale, ottimizzando così la produzione ed eliminando tutte le attività che non apportano valore. Il risultato porta ad una modifica della parte finale del pistone della macchina per estrusione riducendo così al minimo la quantità di materiale che rimane dentro il cilindro una volta che il pistone ha terminato la sua corsa. Questa modifica permette di eliminare gli *step* successivi generati dall'ulteriore manipolazione di materiale che rimanendo dentro la macchina genera una perdita di tempo utile di circa 20 minuti rendendo così più snella la produzione.

Il dipartimento nel quale si svolge il seguente caso di studio è il *FIS-Fuel injection systems* ed i principali processi operati dalla suddetta area sono, nel seguente ordine: *Material Extrusion, Compression Moulding, Finishing, Post Curing, Inspection* e *Packaging*. Tali processi sono semiautomatici e vengono impiegati più di 25 operai per *shift*, operanti su 3 turni giornalieri di 8 ore ciascuno.

Il materiale grezzo, la gomma, dapprima immagazzinato negli *stores* giunge alla fase iniziale del processo sotto forma di lamine, dunque viene lavorato nella *Open rubber milling machine* al fine di ricavarne dei *rolls* da utilizzare nella macchina per estrusione. Una volta caricata la macchina con il materiale si dà inizio alla produzione di 2 differenti tipi di preforme: *Slugs* e *Blancks*. Queste preforme serviranno per la fase successiva, il *Compression Moulding*, nel quale attraverso il processo di vulcanizzazione la gomma subirà una modifica nella sua conformazione molecolare perdendo le proprie caratteristiche plastiche e acquisendo quelle elastiche<sup>1</sup>, e aumentando così la resistenza alla trazione e all'elasticità<sup>2</sup>. Successivamente si passa alla fase *Finishing* dove si elimina l'eccessivo residuo di gomma dovuto alla compressione e si finiscono le parti attraverso i seguenti processi di finitura: finitura criogenica, lavaggio centrifugo, lavaggio con media e successiva asciugatura delle parti. Subito dopo si giunge alla fase *Post Curing* nella quale si completerà la corretta vulcanizzazione della gomma in forni statici o rotatori. Le parti a questo punto sono finite e giungono all'area di *Inspection* per appurare che non vi siano difetti. Quest'area è suddivisa in sottosezioni, alcune delle quali semiautomatiche, tra cui *Machine Visual Inspection* e *Squeeze Visual Inspection* e altre manuali, come *Manual Inspection*. Dopo aver passato questa fase la parte è finalmente pronta per arrivare al *Packaging* dove verrà confezionata/imballata e inviata ai vari clienti. Grazie ad un sistema di scansione continua, per ogni lotto di materiale, si ha in tempo reale la quantità di WIP presente nello *shop floor* in modo da mantenere costante il flusso di materiale e la corretta fruizione di informazione. Il dipartimento risulta essere diviso in due aree in base al colore del materiale, in particolare una è dedicata

---

<sup>1</sup> <http://www.treccani.it/enciclopedia/vulcanizzazione/> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>2</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Vulcanizzazione> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

ai materiali neri e l'altra ai colorati ed entrambe seguono la stessa sequenza di operazioni.

La seguente tesi è strutturata in 4 capitoli, ognuno dei quali suddiviso in paragrafi. Il primo capitolo, dopo un'introduzione generale sull'azienda, focalizza l'attenzione sulla sede presso la quale si è svolto il caso di studio, Malta. Vengono descritti brevemente quali sono i settori in cui opera l'impresa, qual è il suo obiettivo e quali i valori principali. Si definiscono le differenti aree di business a cui l'azienda si rivolge e i relativi segmenti di mercato. Si approfondisce il mercato, i prodotti e i servizi principali offerti dall'impresa. Infine, si descrivono le due sedi Trelleborg presenti in territorio maltese, rispettivamente nella città di Ħal-Far e in Marsa, definendo le differenti funzioni. In particolare, si pone l'attenzione sui singoli processi operanti nel dipartimento *FIS*, con sede a Ħal -Far, descrivendo nel dettaglio le principali attività e i relativi strumenti utilizzati. Viene descritto l'intero ciclo di produzione, dal ricevimento dei materiali all'invio al cliente passando per le diverse aree nello stabilimento di produzione. Analizzando l'intero ciclo di produzione si cercano di definire tutte le attività che aggiungono valore o meno al prodotto finale.

Nel secondo capitolo si studia e si valuta il processo in questione, ovvero il procedimento di estrusione del materiale polimerico. Si scompone tale processo e si analizzano nel dettaglio tutte le attività svolte per la produzione delle due preforme: *Slugs* e *Blancks*. Definendo le singole attività, dalle più semplici alle più complesse, si individuano i relativi punti deboli e le possibili soluzioni. Attraverso la metodologia SMED, (dall'inglese *Single Minute Exchange of Die* volta alla riduzione dei tempi di set-up o tempi di cambio produzione), si è cercato dapprima di individuare le azioni esterne ed interne

da monitorare, in seguito si è cercato di convertire il maggior numero di set-up interni in esterni e successivamente si è tentato di ridurre o eliminare tutto ciò che non apportava valore aggiunto al prodotto finito, ovvero i tempi morti di attrezzaggio della macchina. Il fine di questo processo è quello di avere un *Quick Changeover*, ovvero poter passare in modo veloce da una produzione all'altra nello stesso impianto. Ciò permette di controllare tutte le fonti di variazione e le sequenze a non valore aggiunto, eliminando la necessità di regolazioni su attrezzature, strumenti, macchine e impianti<sup>3</sup>. Come risultato si ottiene un miglioramento delle operazioni di set-up interno ed esterno. Si descrive inoltre tutta l'analisi realizzata durante questo processo al fine di creare un database volto ad analizzare statisticamente tutti i dati raccolti.

Nel terzo capitolo vengono analizzate e descritte le possibili cause e individuate le soluzioni disponibili. Si estraggono dal processo tutti i dati necessari ed analizzandoli si evidenziano i *care point* da correggere. Si definiscono soluzioni sia per il processo principale che per quelli secondari in modo da rendere più snella la produzione e più veloce il *Changeover*. Vengono ideati e creati dei prototipi atti alla riduzione di materiale all'interno della macchina per estrusione quando il pistone arriva a fine corsa. Tali prototipi consistono in una contro forma della parte finale del pistone in modo da ridurre al minimo la quantità di materiale da circa 20 kg a 1 kg eliminando così il processo di rimanipolazione del materiale e riducendo i tempi che non apportano valore al prodotto finale. Questi prototipi sono stati realizzati in scala con la stampante 3D attraverso il procedimento di *Material Extrusion*. Il *Material extrusion* è un processo di stampa 3D che è basato su un ugello che deposita un polimero fuso strato dopo strato al fine di creare la geometria del

---

<sup>3</sup> <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/smed.html> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

pezzo<sup>4</sup>. Questo polimero, sotto forma di filamento, è alimentato da una bobina e la testa di estrusione della stampante contenente l'ugello si muove in due dimensioni per depositare un piano orizzontale, o strato, alla volta. Inoltre la testa contenente l'ugello si muove anche verticalmente per il fine di depositare un nuovo livello e tale processo segue fino ad ottenere l'oggetto desiderato<sup>5</sup>.

Altre soluzioni proposte riguardano la possibilità di eliminazione di altre azioni che non apportano valore al processo produttivo, ovvero il processo di formazione dei rotoli di materiale attraverso la *Open rubber milling machine*, spostando questo processo nella sede di Marsa e ricevendo il materiale direttamente in *rolls*. Si è posta l'attenzione anche sull'organizzazione del materiale e sugli utensili necessari vicino la zona di lavoro. Un ambiente più organizzato permette di ridurre gli errori e gli sprechi di tempo dovuti alla ricerca e selezione del materiale e/o utensili da usare. Si sono individuati ulteriori cambi concernenti gli utensili per il recupero del materiale e la pulizia dei macchinari. Viene infine introdotto il nuovo sistema di *automatic feedback* che aggiusta in maniera automatica la pressione da esercitare e la velocità a cui il pistone deve spingersi per ottenere le varie preforma senza il *setting* manuale da parte dell'operaio.

Nel quarto capitolo si descrive la situazione attuale del processo e le successive implementazioni nell'area. Si mettono in risalto gli aspetti critici dell'implementazione delle varie soluzioni e le future sfide, dando risalto ai futuri lavori di ricerca.

Le conclusioni cercano di riassumere i risultati di questa ricerca creando una connessione tra la situazione iniziale e quella attuale. Si spiegano tutti i

---

<sup>4</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa\\_3D](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa_3D) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_filament\\_fabrication](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

risultati ottenuti evidenziando le migliorie apportate alla linea di produzione e la nuova maniera di approcciare il lavoro.

# Capitolo 1

## Trelleborg Group

### 1.1 Introduzione

La società moderna non funzionerebbe senza materiali polimerici o più comunemente noti come gomma e plastica. Oggigiorno, tutto quello che è di comune uso come macchine, utensili e accessori necessita di essere sigillato, ammortizzato e protetto con un materiale resistente, elastico e durevole per poter funzionare adeguatamente.<sup>6</sup> Trelleborg AB è un gruppo industriale globale svedese, leader mondiale nella produzione di prodotti di gomma per ambienti industriali. Il gruppo Trelleborg è attivo nei segmenti di mercato di autovetture, trasporti, agricoltura, infrastrutture, aviazione e offshore (petrolio e gas). L'azienda attiva nell'ingegneria dei polimeri, con sede a Trelleborg, vanta più di 26.000 dipendenti, oltre 100 anni di esistenza, la presenza in più di 50 paesi attorno al mondo e circa 120 strutture manifatturiere. L'impresa ha una grande esperienza nel settore delle gomme industriali e la produzione è diventata sempre più *high tech* al fine di soddisfare le crescenti richieste dei clienti per prodotti capaci di sopportare un uso intenso in ambienti difficili. Trelleborg produce soluzioni in grado di accelerare le prestazioni dei propri clienti in maniera sostenibile ed *eco-friendly*. Considerando il grandissimo utilizzo delle gomme industriali e la crescita della concorrenza in questo settore, risulta necessario e importante riuscire a produrre prodotti economici, di qualità e consegnarli nel minor tempo

---

<sup>6</sup> <https://www.trelleborg.com/en/about-us> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

possibile ai clienti finali. Trelleborg mira ad assicurare *lead time* brevi ai suoi clienti garantendo qualità e aumentando così la propria competitività<sup>7</sup>.

### 1.1.1 Trelleborg AB

Trelleborg AB è un gruppo di ingegneria globale focalizzato sulla tecnologia dei polimeri, con sede a Trelleborg, in Svezia, con circa 26.000 dipendenti e un fatturato annuo di 34 miliardi di corone svedesi.

Fondata nel 1905 con il nome di Trelleborgs Gummifabriks AB da Henry Dunker e Johan Kock, il gruppo diventa rapidamente la principale azienda di produzione di gomma della Scandinavia. Con soli 150 dipendenti inizialmente, la Trelleborgs Gummifabriks inizia a commercializzare pneumatici per biciclette e auto, utilizzando gomme industriali e impermeabili come prodotti principali.

Durante la Prima Guerra Mondiale l'azienda gioca un ruolo fondamentale, diventando in breve tempo un punto di riferimento per le forze di difesa svedesi e concentrando tutta la sua produzione sul soddisfacimento completo delle loro esigenze. Nel 1930 con lo sviluppo del settore automobilistico si assiste ad un cambiamento nei bisogni del mercato, i pneumatici per auto diventano il prodotto più richiesto. L'utilizzo della gomma aumenta in maniera sostanziale anche negli articoli per il tempo libero come materassi ad aria, barche di gomma, bracciali e di conseguenza cambia anche il core business dell'azienda. Il numero degli impiegati sale fino a 1000 e l'azienda si espande. Con l'arrivo della Seconda Guerra Mondiale si assiste ad un nuovo riaggiustamento della produzione in forniture belliche e ciò porta ad una

---

<sup>7</sup><http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1775724&fileOid=1775767> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

nuova ripresa. Attorno agli anni 50' si crea un network globale e viene creato il primo pneumatico invernale al mondo e il primo pneumatico tubeless d'Europa. La percentuale di vendite estere generate dai prodotti di gomma industriali aumenta costantemente passando dal 4% di fatturato attorno agli anni 30' a circa 40% durante gli anni 70' sintomo di gran prosperità e conoscenza a livello mondiale dell'industria a livello mondiale. Attorno al 1975 si assiste ad una riduzione nella produzione di pneumatici per auto e camion a causa degli aumenti dei prezzi dovuti al cambio di produzione verso modelli più all'avanguardia e all'eliminazione della produzione di pneumatici per biciclette. Nel 1977 l'azienda cambia nome e viene registrata con l'attuale nome di Trelleborg AB. Attorno agli anni 80' l'azienda diventa una multinazionale conglomerata in settori dove predominano le attività minerarie e metallurgiche. Il peggioramento delle condizioni economiche negli anni 90' fa in modo che i prezzi dei metalli precipiti e il mercato delle costruzioni svedese crolli spostando nuovamente la produzione verso le gomme industriali. In questi anni viene ridisegnato il logo con tre triangoli vuoti, simbolo dell'espansione del gruppo e dei valori fondamentali dell'azienda quali: *Performance, Innovation e Responsibility*. All'inizio degli anni 2000 iniziano importanti acquisizioni quali Smiths Group Plc, che costituisce l'area di business della Trelleborg Sealing Solutions, portando il fatturato del gruppo Trelleborg a circa 5,5 miliardi di corone svedesi e 6000 dipendenti tra Europa e Nord America. Nel 2005 Trelleborg AB celebra il suo centenario. La crescita nel settore industriale è stata principalmente il risultato di tre importanti acquisizioni di società con sede nel Regno Unito: le operazioni di antivibrazione di Invensys, il business dei componenti automobilistici di Laird Group e le operazioni di Smiths Group Plc all'interno di tenute di precisione basate su polimeri. Trelleborg diventa così una delle più grandi società di

gomma industriali del mondo con una produzione in circa 100 stabilimenti in 40 paesi, le cui vendite ammontano a poco più di 24 miliardi di corone svedesi, con una forza lavoro di circa 21.700 persone.

L'acquisizione della statunitense Reeves Brothers Inc. permette al gruppo di diventare il leader mondiale nel materiale polimerico ad alta precisione e l'acquisizione del Gruppo CRP rende Trelleborg un leader mondiale nel settore dei sistemi e soluzioni polimerici per l'industria petrolifera e del gas offshore. Le vendite crescono fino a 31 miliardi di SEK e la società impiega circa 24000 persone. L'ulteriore acquisizione MacDermid Offset Printing Blankets rafforza la posizione di leadership di Trelleborg nel campo della stampa di tessuti rivestiti con polimero, progettati per diversi usi commerciali. Nel 2014 Trelleborg acquisisce il gruppo Uretek Archer LLC e aumenta la sua presenza nel Nord America con tessuti rivestiti di poliuretano e gomma. Questi prodotti e soluzioni sono utilizzati in diversi segmenti, come l'aerospaziale, l'assistenza sanitaria, le attività ricreative all'aperto, il governo e la difesa accrescendo la presenza dell'azienda in vari settori. Infine, nel 2016 completa l'acquisizione di CGS Holding, una società leader nel settore dei pneumatici agricoli, industriali e speciali, nonché soluzioni polimeriche ingegnerizzate. Tale acquisizione consente alla Trelleborg di quasi raddoppiare le sue vendite di pneumatici agricoli, rafforzando la sua posizione di leader nei pneumatici industriali e aggiungendo nuove posizioni nei segmenti di pneumatici speciali complementari.

### **1.1.1.1 Missione e Visione Aziendale**

Come tutte le grandi imprese, Trelleborg Sealing Solutions dà priorità alla competitività e alla qualità dei suoi prodotti e servizi e ciò definisce una

direzione strategica chiara che le permette di raggiungere obiettivi ed inoltre a conseguire una crescita sostenibile attraverso di questi ultimi.

Frutto di tale concezione, è la sua strategia che si compone di: Missione e Visione.

*-La Missione: "Siamo il partner ideale di fornitura nei mercati che serviamo, operando a livello globale attraverso i nostri team localizzati.*

*Costruiamo rapporti a lungo termine con i clienti e con i fornitori, garantendo tecnologia leader ed un eccellente livello di servizio.*

*Siamo determinati a distinguerci."*<sup>8</sup>- Trelleborg Sealing Solutions

*-La Visione: "Siamo un'organizzazione "marketing-driven" nel campo delle soluzioni di tenuta, offriamo ai nostri clienti il meglio in termini di performance e di costi."*<sup>9</sup>- Trelleborg Sealing Solutions

### **1.1.1.2 Struttura aziendale**

Il gruppo Trelleborg, approcciando segmenti di mercato diversi, si è espanso sino a diventare un leader mondiale di gomme industriali in differenti settori.

L'azienda è divisa nelle seguenti aree di business:

- *Trelleborg Coated Systems* per i materiali ricoperti da polimeri
- *Trelleborg Industrial Solution* per i sistemi industriali antivibrazione
- *Trelleborg Offshore & Construction* per il trasporto di petrolio & gas offshore e per le infrastrutture
- *Trelleborg Sealing Solutions* per le guarnizioni di precisione per industrie, aviazione e veicoli

---

<sup>8</sup> <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/tss-vision> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>9</sup> <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/tss-vision> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

- *Trelleborg Wheel Systems* per i pneumatici e le ruote di veicoli agricoli, forestali e di movimentazione materiali

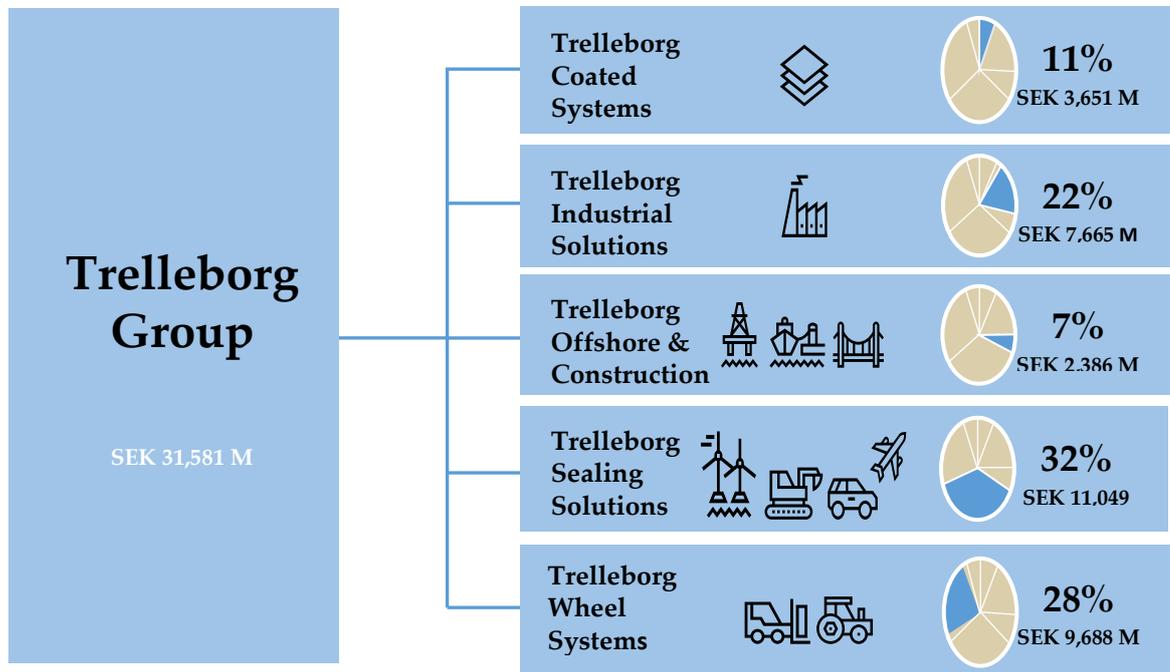


Figura 1 - Fatturato annuo delle differenti aree di business del gruppo Trelleborg

Queste aree di business approcciano segmenti di mercato differenti in relazione al settore che servono

-*Trelleborg Coated Systems* opera nel settore industriale in cui viene richiesto il rivestimento polimerico di tessuti per diverse applicazioni, come il settore dell'aerospazio, dei veicoli leggeri e delle stampe industriali.

-*Trelleborg Industrial Solution* incentra il suo business in aree di applicazione industriale, come i sistemi di tubi flessibili, le soluzioni antivibranti industriali e i sistemi di tenuta stagna industriali, soddisfacendo il segmento Industriale e dei Veicoli leggeri.

-*Trelleborg Offshore & Construction* focalizza l'attenzione su soluzioni basate su polimeri per l'implementazione in ambienti altamente esigenti, come quello della produzione del petrolio e del gas e quello delle infrastrutture.

-*Trelleborg Sealing Solutions* rappresenta invece uno dei principali sviluppatori, produttori e fornitori mondiali di guarnizioni di precisione per settori quali Aerospaziale, Industriale e Automobilistico.

-*Trelleborg Wheel Systems* rappresenta il leader mondiale nella fornitura di pneumatici e ruote complete per macchine agricole e forestali, carrelli elevatori e altri veicoli per la movimentazione di materiali asservendo per la maggior parte il segmento di mercato dell'agricoltura.

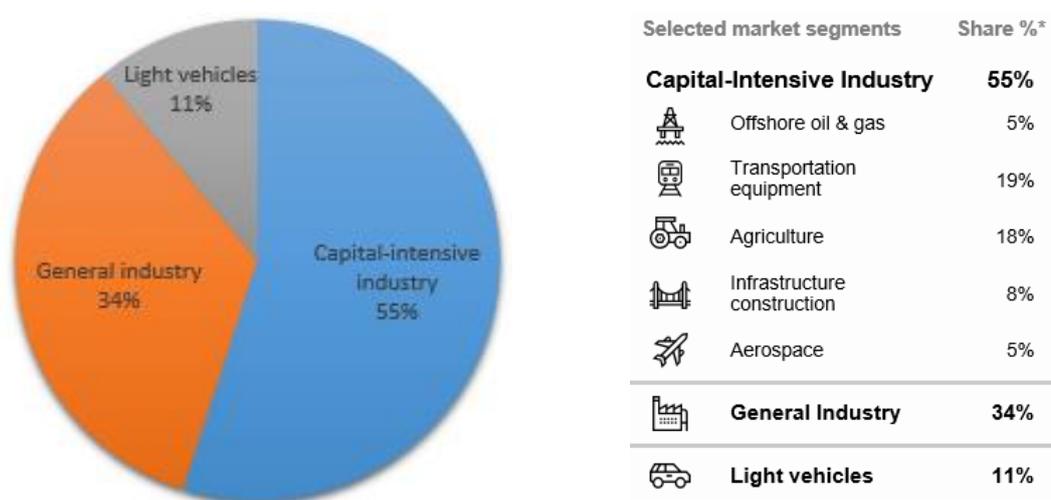


Figura 2 - Segmenti di mercati serviti

## 1.1.2 Trelleborg Sealing Solutions Malta

Trelleborg Sealing Solution è una delle più importanti business aree del gruppo Trelleborg, in quanto rappresenta quella con maggior numero di vendite nette globali (circa 11.049 miliardi di corone svedesi all'anno). Le vendite maggiori si sono riscontrate in Europa con 46% a seguire Nord America con il 28% ed il resto del mondo con il 26%. Sono presenti più di 9 *R&D Centers* nel mondo e questa sezione vanta più di 6.800 dipendenti distribuiti nelle seguenti percentuali: Nord America 23%, Europa 52% e resto del mondo 25%.

I principali segmenti di mercato serviti sono tre: Aerospaziale, Automobilistico e Industriale.

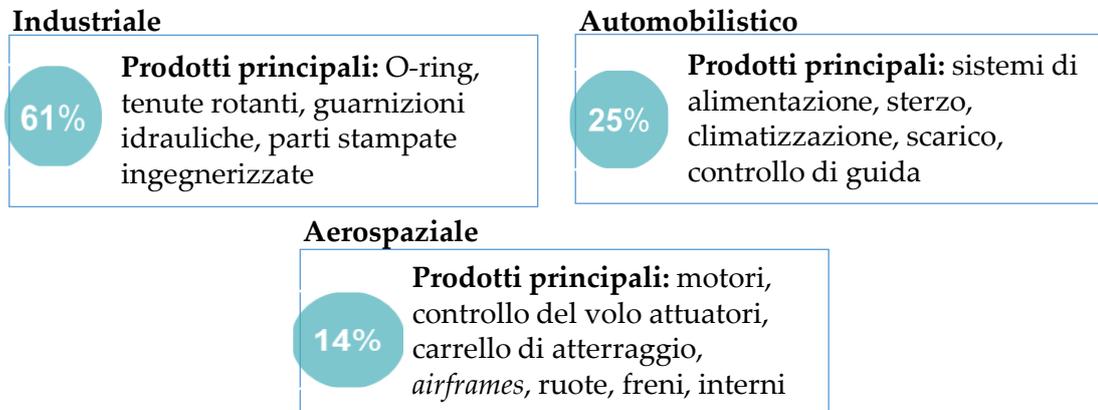


Figura 3 - Prodotti principali in riferimento ai differenti segmenti di mercato

Trelleborg Sealing Solutions ha più di 24 stabilimenti produttivi su quattro continenti, specializzati su singoli gruppi o tipi di prodotto, come tenute in Turcon® o Zurcon®, materiali di formulazione interna ed elementi di guida in Orkot®, Luytex® o Turcite®<sup>10</sup>. Quest' area di business del gruppo Trelleborg è anche nota come "one stop shop" cioè rappresenta un modello di business che offre ai clienti la comodità di soddisfare più esigenze in un'unica posizione, invece di dover "guidare in tutta la città" per ottenere servizi correlati in diversi negozi<sup>11</sup>. Tale area è in grado di fornire servizi di supporto ingegneristico, quali ispezione automatica, disegni personalizzati di vari componenti in base alle necessita del cliente e assistenza ingegneristica, permettendo l'assemblaggio di tenute e di specifici articoli richiesti dal cliente

<sup>10</sup> <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/manufacturing-capabilities> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>11</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/One\\_stop\\_shop](https://en.wikipedia.org/wiki/One_stop_shop) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

e garantendo consegne anticipate grazie a sistemi quali *Kanban*<sup>12</sup>, *DLF*, *Seal Scan*. Infine, la suddetta area fornisce specifici trattamenti quali *Kitting*<sup>13</sup> e imballaggi speciali. Essendo un leader globale in termini di prestazioni, qualità e puntualità, la Trelleborg Sealing Solutions, presenta numerosi clienti di fama globale per i relativi segmenti che serve. Tra i principali clienti nel settore Industriale troviamo Volvo, Iveco, Harley Davidson, nel settore Aerospaziale invece Airbus, Rolls-Royce e Leonardo ed infine in quello Automobilistico Bosch, Continental e Tesla.



Figura 4 - Principali clienti di Trelleborg Sealing Solutions

<sup>12</sup> **Kanban:** Processo produttivo che va da valle a monte e che lavora i pezzi necessari solo nel momento in cui ce n'è bisogno. Il sistema kanban decide la quantità e tipologia da produrre in tutti i processi. Permette di ridurre la sovrapproduzione, producendo soltanto la cosa richiesta, quando e nella quantità richiesta. Con la parola "kanban" si intende una scheda o cartellino che identifica un prodotto o componente ed indica da dove arriva e dove deve andare. Il metodo kanban è un sistema d'informazione che integra la produzione, collegando tutti i processi con la domanda del cliente. <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>13</sup> **Kitting:** Processo in cui gli articoli individualmente separati ma correlati sono raggruppati, confezionati e forniti insieme come un'unica unità. Questo metodo offre un alto tasso di risparmio nei costi di realizzazione. Un esempio tipico: quando si ordina un computer online, un cliente può selezionare memoria, unità, periferiche e software da qualsiasi numero di alternative. Il fornitore assembla queste parti in un kit per essere spedito come un'unica unità. <https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/kitting/> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

24 sono le sedi nel mondo di questa area di *business* ma quella il cui fatturato è maggiore risulta essere la sede di Malta.

*Trelleborg Sealing Solutions* a Malta è un produttore di livello mondiale di soluzioni di tenuta avanzate. Vanta oltre 55 anni di esperienza nella produzione di *O-Ring* e parti modellate ingegnerizzate, con particolare attenzione alle prestazioni tecniche e alla garanzia della qualità. Entra a far parte del gruppo della *Trelleborg* nel 2003 e vanta una produzione di circa 25 milioni di *O-Ring* a settimana per il mercato globale.

*Trelleborg Sealing Solutions* Malta si rivolge ai clienti che fanno parte del settore Automobilistico e Industriale. I prodotti principali includono: iniettori di carburante, pompe e connettori, climatizzatori, freni, unità di controllo elettronico, batterie, compressori d'aria, sistemi per vuoto, turbine eoliche, attrezzature agricole e attrezzature per macchine utensili. La sede presente a Malta è composta da due strutture: una nella città di Hal Far e l'altra in Marsa. L'impianto ad Hal Far produce sigilli di tenuta in gomma e li esporta in tutto il mondo; l'industria automobilistica è il suo mercato principale. La struttura di Marsa, conta solo 27 dipendenti, produce la materia prima utilizzata nella fabbrica di Hal Far e conduce ricerche per altre strutture di *Trelleborg* all'estero.

Questa materia prima è essenzialmente di gomma, ma è necessaria un'attenta lavorazione per garantire le prestazioni dei prodotti su problemi come la resistenza alla temperatura e alle sostanze chimiche, fattori cruciali per i clienti, compresa l'industria automobilistica, dove la sicurezza è di fondamentale importanza.



Figura 5 – Stabilimenti presenti in Malta

Nella sede di Marsa i differenti componenti vengono mescolati insieme per creare nuovi materiali, vengono testati e, una volta approvati, inviati nella sede di Hal Far, dove attraverso un serie di processi si realizzeranno le parti finite.

Trelleborg Malta è una delle sole tre società approvate dal Gruppo Volkswagen a produrre sigilli di tenuta per componenti di refrigerazione delle sue automobili.

L'impianto di Marsa è anche coinvolto nella ricerca di nuove tecnologie, come l'uso di guarnizioni in gomma per auto elettriche e turbine eoliche.

I punti di forza di *Trelleborg Sealing Solutions* Malta sono:

- Ingegnerizzazione e sviluppo materiali
- Focus diretto su prestazioni e qualità
- Automazione, compresi i sistemi di ispezione di visione artificiale e di confezionamento robotizzato
- Progettazione e fabbricazione di utensili *in-house*
- Laboratorio di stampa 3D interno
- Esplorazione continua di nuove tecnologie, tra cui la produzione di gomma-plastica 2K

L'alta qualità e perfezione dei prodotti realizzati dipende dalle 2 certificazioni in possesso dell'azienda quali: IATF 16949<sup>14</sup> e ISO14001<sup>15</sup>, le quali assicurano il

---

<sup>14</sup> **IATF 16949:** 2016 è lo standard internazionale per i sistemi di gestione della qualità automobilistica e contiene al suo interno la ISO 9001. La certificazione IATF 16949 sottolinea lo sviluppo di un sistema di gestione della qualità orientato ai processi che prevede il miglioramento continuo, la prevenzione dei difetti e la riduzione delle variazioni e degli sprechi nella catena di approvvigionamento. L'obiettivo è soddisfare i requisiti dei clienti in modo efficiente ed efficace. <https://www.nqa.com/en-gb/certification/standards/iatf-16949> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>15</sup> **ISO 14001** è lo standard internazionale che specifica i requisiti per un sistema di gestione ambientale efficace (EMS). Fornisce un quadro che un'organizzazione può seguire, piuttosto che stabilire requisiti di prestazioni ambientali. L'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO) definisce un sistema di gestione ambientale come "parte del sistema

miglioramento continuo, la prevenzione dei difetti e la riduzione delle variazioni e degli sprechi nella catena di fornitura.

### **1.1.2.1 Descrizione dell'azienda e principali clienti**

Trelleborg Sealing Solutions a Malta è un produttore di livello mondiale di guarnizioni avanzate. Vanta 50 anni di esperienza nella produzione di *O-Ring* e *Engineered Molded Parts*, con particolare attenzione alle prestazioni tecniche e alla garanzia della qualità.

La compagnia con sede Malta vanta vendite settimanali di 25 milioni di pezzi con un guadagno di circa 51 milioni di euro annuali e la presenza di 550 impiegati distribuiti tra i due stabilimenti. Rappresenta il leader mondiale nella produzione di *O-Ring* di sicurezza e dei materiali combustibili ed è inoltre nota come *one stop shop* in quanto fornisce tutto ciò che è necessario per soddisfare un ordine o una richiesta del cliente, provvedendo a tutti i servizi. L'obiettivo principale della compagnia è di ottenere un volume elevato e materiali specializzati per migliorare le prestazioni tecniche e assicurare la qualità. Inoltre è in grado di offrire una prototipazione rapida, rivestimenti speciali, imballaggi riutilizzabili, test di pulizia e tolleranze speciali.

La sede di Malta presenta due stabilimenti di produzione, uno produce il materiale, occupandosi di creare i mix, testare i materiali ed inoltre, è uno dei 9 centri di ricerca e sviluppo Trelleborg presenti nel mondo con sede Marsa in Malta. Tale stabilimento crea soluzioni personalizzate ogni qualvolta che non si riesce a soddisfare le richieste dei clienti con le soluzioni di tenuta esistenti.

---

di gestione utilizzato per gestire gli aspetti ambientali, adempiere agli obblighi di conformità e affrontare i rischi e le opportunità". Il quadro dello standard ISO 14001 può essere utilizzato con un approccio al controllo continuo (PDCA) e al miglioramento continuo. <https://asq.org/quality-resources/iso-14001> (ultima visualizzazione Giugno 2019)

L'altro stabilimento con sede ad Ħal Far, riceve il materiale creato e testato nella sede di Marsa e, attraverso una serie di processi, produce e spedisce il materiale al cliente finale.

La struttura organizzativa di TSS Malta è suddivisa in due grandi aree: *Manufacturing Units* e *Support Services*. Ognuna delle quali a sua volta è suddivisa in diversi dipartimenti in relazione al tipo di tecnologia usata e al tipo di business di riferimento. Nell'area di *Manufacturing Units* troviamo diversi dipartimenti che lavorano le parti con 2 differenti tecnologie quali *injection moulding*<sup>16</sup> e *compression moulding*<sup>17</sup>. In particolare, l'*injection moulding* è usato nelle sezioni di *Fuel injection & Pumps*, *Braking systems* e *Engine Management* mentre *compression moulding* in *Fuel Connectors*, *Climate Control & Industrial*. *Precision Mouldings* è la sezione in cui è necessaria un'accuratezza elevata per la realizzazione delle parti e per ciò vengono usati dei Robot Industriali che rendono la produzione più rapida e di qualità. Per quanto riguarda l'area di *Support Services*, 3 delle sezioni presenti nella sede di Marsa, quali *Materials Mixing*, *Material R&D* e *Process R&D* si occupano di creare i mix di materiali e sviluppare nuovi prodotti e le altre due, *Toolroom* e *Quality Management*, si occupano rispettivamente della progettazione e fabbricazione di *Tool in-house* per approcciare nuovi business e mantenere sotto controllo la qualità della produzione.

---

<sup>16</sup> **Injection Moulding:** Processo per la produzione di parti iniettando materiale fuso in uno stampo. Il materiale viene immesso in un cilindro riscaldato, miscelato (utilizzando una vite a forma di elica) e iniettato (forzato) in una cavità dello stampo, dove si raffredda e si indurisce fino alla configurazione della cavità. [https://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_moulding](https://en.wikipedia.org/wiki/Injection_moulding) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

<sup>17</sup> **Compression Moulding:** Processo nel quale il materiale di stampaggio, generalmente preriscaldato, viene dapprima posto in una cavità di stampo riscaldata e aperta. Successivamente lo stampo viene chiuso con una forza superiore o un elemento a tappo, viene applicata pressione per forzare il materiale a contatto con tutte le aree dello stampo, mentre il calore e la pressione vengono mantenuti fino a quando il materiale di stampaggio non si è indurito. [https://en.wikipedia.org/wiki/Compression\\_molding](https://en.wikipedia.org/wiki/Compression_molding) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

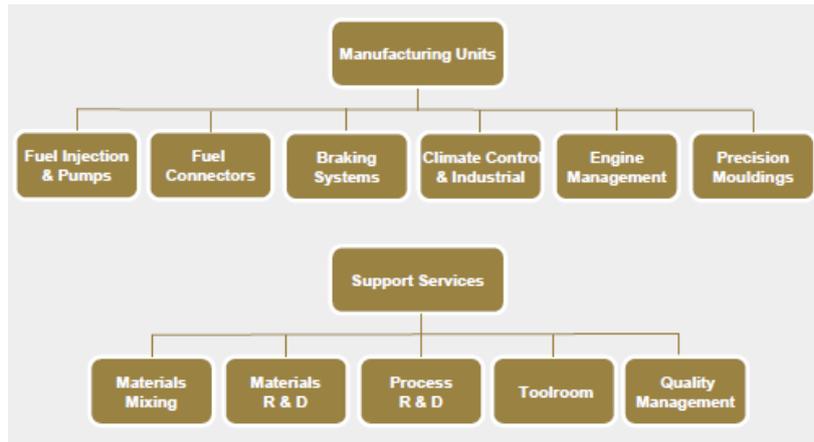


Figura 6 - Struttura organizzativa TSS Malta

Numerosi sono i clienti internazionali, brand rinomati, che si affidano all'esperienza centenaria della compagnia tra cui Continentals, Denso, Bosch, Fiat, Magneti Marelli, Ford e Honeywell.



Figura 7 - Clienti internazionali

La maggior parte di essi ha base in Europa e vanta anni di partnership con l'azienda. Con l'alta qualità dei suoi processi e la puntualità nell'invio dei prodotti Trelleborg Sealing Solutions mira ad accrescere la sua clientela internazionale.

### 1.1.2.2 Prodotti, mercato di riferimento e servizi principali

Tra i prodotti principali vi sono gli *O-Rings*, *Engineered Moulded Parts* e *Forsheda® V-Rings*, le cui applicazioni riguardano soprattutto due settori: Automobilistico e Industriale. Con rispetto a questi due settori, queste sono le maggiori applicazioni: Sistemi di iniezione di carburante, connettori del carburante, unità di controllo elettronico, sistemi di aria condizionata, sistemi di frenatura antibloccaggio compressori e sistemi per vuoto, idraulica e pneumatica, motori elettrici e quadri, macchinari agricoli, attrezzatura per macchine utensili.

O-RINGS	ENGINEERED MOULDED PARTS	FORSHEDA® V-RINGS
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente alla temperatura, operando fino a -40°C /-40°F</li> <li>• Eccezionale resistenza chimica</li> <li>• Materiali conformi al settore</li> <li>• Resistente alla compressione</li> <li>• Riduce al minimo i costi di progettazione</li> <li>• Design compatto</li> <li>• Installazione facile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forme complesse</li> <li>• Funzionalità di progettazione avanzate</li> <li>• Materiali resistenti alla temperatura e agli agenti chimici</li> <li>• Qualità di produzione eccezionale</li> <li>• Stampaggio senza flash e produzione completamente automatizzata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdite di attrito e calore ridotti al minimo</li> <li>• Eccellenti caratteristiche di usura</li> <li>• Lunga durata della guarnizione</li> <li>• Facile da installare senza necessità di smontaggio</li> </ul>

Tabella 1-Caratteristiche prodotti principali

Attraverso un'analisi economica delle vendite del 2018 si nota che circa il 75% di queste risale al settore Automobilistico e 25% al settore Industriale.

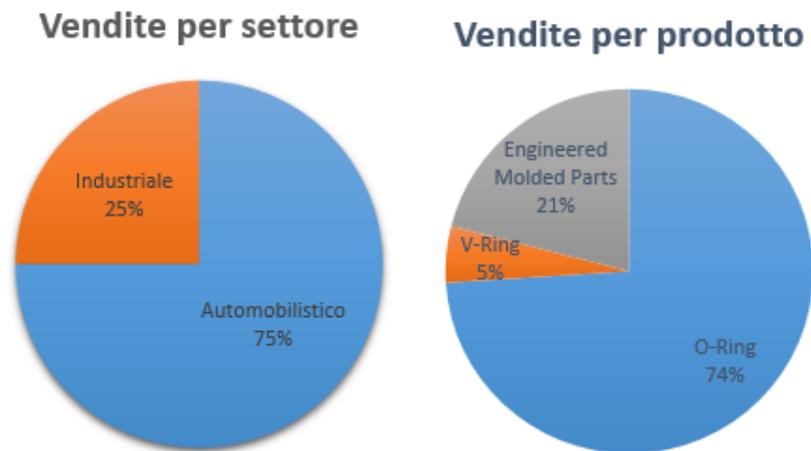


Figura 8 - Vendite per prodotto e settore nel 2018

Un nuovo prodotto risulta essere quello della *Rubber to Plastic* ovvero tramite tale tecnologia avanzata si ha la possibilità di effettuare iniezioni di due componenti nello stesso momento, in modo da consentire la produzione di parti complesse usando la massima precisione.

Questo processo di stampaggio a due colpi, dove due siliconi dissimili o una combinazione di siliconi e materiali termoplastici vengono iniettati in due scatti in un unico strumento utilizzando un processo completamente automatizzato, permette di ottenere numerosi vantaggi dal punto di vista della qualità. Tali soluzioni offrono una maggiore libertà di progettazione ed eliminano la necessità di operazioni secondarie di manipolazione e assemblaggio.

Alcuni dei vantaggi di questa tecnologia sono i seguenti:

- Può integrare più componenti in un'unica soluzione completamente incollata

- Il singolo componente è più robusto rispetto ad un assemblaggio di singole parti
- Fornisce componenti più leggeri
- Si evitano rischi e costi associati all'assemblaggio secondario
- Riduce i costi riducendo il numero di componenti nella catena di approvvigionamento del cliente

I servizi offerti dall'azienda sono molteplici e si adattano alle singole esigenze di ogni cliente. I clienti sono una risorsa preziosa, infatti i loro feedback servono a plasmare il prodotto e a costruire il marchio di un'azienda. Al giorno d'oggi i consumatori non sono solo interessati al prodotto o servizio offerto ma bensì si soffermano su tutti i servizi aggiuntivi di cui possono usufruire. Tra i servizi offerti si hanno:

- *Sviluppo di nuovi materiali*: si cerca di produrre materiali secondo gli standard globali e regionali - inclusi prodotti alimentari, bevande, sanitari, prodotti farmaceutici e requisiti medici
- *Test sui materiali e sui prodotti*: vengono eseguiti test sulla compatibilità dei materiali, basati su una vasta esperienza e un database di supporto, test per applicazioni speciali e prove idrauliche
- *Sviluppo del prodotto*: viene garantito che i componenti siano economici e prodotti in modo identico a livello globale, rispettando tutti i requisiti del caso
- *Analisi*: Vengono eseguite analisi di Tolleranza, di prestazioni di tenuta e vengono definite le modalità di errore con cause principali annesse

### 1.1.2.3 Processi operativi principali dell'azienda

I processi operativi principali svolti nei vari dipartimenti di TSS Malta sono i seguenti: *Tooling*, *Compounding*, *Compression*, *Injection*, *Punching*, *Cryogenic*, *Inspection* e *Packing*.

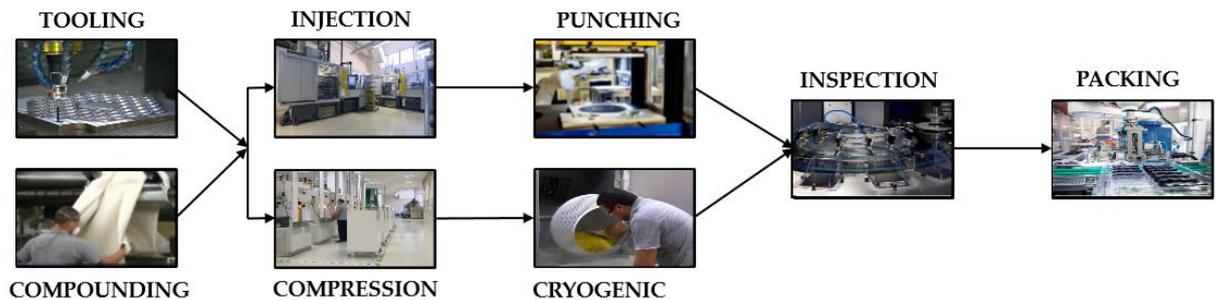


Figura 9 - Processi operativi principali

Il primo processo è il *Tooling*, nel quale, dopo aver ricevuto l'ordine dal cliente si inizia la progettazione e fabbricazione degli strumenti necessari alla produzione del pezzo. Si passa da una prima fase di prototipazione nel laboratorio 3D alla creazione effettiva del *Tool* attraverso CNC, ottenendo l'oggetto finito attraverso utensili che asportano materiale dal blocco di materiale grezzo iniziale.

Contemporaneamente si esegue un altro processo il *Compounding* dove si produce il materiale necessario alla produzione nello stabilimento di Marsa. Dopo aver creato e testato vari mix di materiali differenti si passa alla produzione del materiale. Il mix di materiale viene dapprima lavorato e manipolato nella *Open rubber milling machine* affinché diventi omogeneo, successivamente tagliato delle giuste dimensioni e spedito allo stabilimento di Hal Far per continuare il ciclo produttivo.

Dopo queste due prime fasi si giunge a 2 diversi processi *Compression* e *Injection*, che sfruttando 2 diverse tecnologie permettono la realizzazione di semilavorati. I due processi principali differiscono per attività svolte in quanto

la *Compression* involucra prevede l'utilizzo di forni, macchine per la manipolazione del materiale e macchinari per l'estrusione e per la compressione, invece l'*Injection* è realizzata con un solo macchinario e permette lo stampaggio ad iniezione. Durante questi *steps* avviene il processo di vulcanizzazione della gomma aumentando così la resistenza ai cambiamenti di temperatura, alle abrasioni, agli agenti chimici del materiale.

Successivamente dopo questi due processi si giunge alla rimozione della gomma vulcanizzata in eccesso attraverso il *Punching* o il *Cryogenic*, in riferimento al trattamento che la parte ha ricevuto nella fase precedente. Il *Punching* prevede la rimozione della gomma in eccesso attraverso una macchina punzonatrice, mentre il *Cryogenic* prevede il trattamento della parte a temperature criogeniche e migliora la resistenza della parte.

Infine, quando le parti sono ultimate giungono all'*Inspection* dove vengono analizzate per eliminare i difetti di produzione. Questo processo prevede l'utilizzo di alcune macchine semiautomatiche tra cui *Machine Visual Inspection* e *Squeeze Visual Inspection* e altre manuali come *Manual Inspection*.

Infine, le parti che hanno passato l'ispezione giungono all'ultimo processo ovvero il *Packing*, attraverso il quale, dopo essere state opportunamente imballate e pesate, verranno spedite al cliente finale.

#### **1.1.2.4 Strumenti**

Focalizzando l'attenzione nel dipartimento *FIS-Fuel Injection Systems* e sui processi operanti nella suddetta area, con particolare attenzione al processo di estrusione, si descrivono brevemente il funzionamento degli strumenti/macchinari utilizzati.

## Macchina per estrusione



Figura 10 - Barwell, macchina per estrusione

Il materiale riscaldato posto all'interno della macchina viene compresso da una parte dal pistone in modo da farlo fluire attraverso un foro (matrice) avente sezione uguale al semilavorato che si desidera ottenere. La forza necessaria all'estrusione decresce in modo costante con la diminuzione della quantità di materiale da estrudere all'interno del cilindro. Il macchinario è fornito del sistema di *automatic feedback system* ed in base al peso delle singole parti estruse è in grado di aggiustare la pressione e la velocità che il pistone esercita nel materiale ed inoltre la velocità della lama che taglia le parti. Trellebor Sealing Solutions grazie a questo macchinario produce due preforme: *Slugs* e *Blancks*.



Figura 11 – Rappresentazione, da sinistra a destra, di Slug e Blanck

## Open Rubber Milling machine



*Figura 12 – Open Rubber Milling machine*

Il materiale viene posto tra due rotoli riscaldati che, ruotando in maniera opposta l'uno all'altro, intrappolano il materiale riscaldandolo a sua volta. La distanza iniziale di questi due rotoli è ampia in modo da consentire la presa del materiale. Appena il materiale inizia a fluire tra i rotoli, il gap viene ristretto fino allo spessore desiderato e inizierà la realizzazione dei rotoli. Infine, il materiale convertito in rotoli verrà usato nel successivo macchinario, ovvero la macchina per estrusione.



*Figura 13 - Rappresentazione di rolls*

## Capitolo 2

### Studio e valutazione del processo produttivo

#### 2.1 Introduzione

Il caso studio prende luogo nel dipartimento *FIS-Fuel injection systems* dello stabilimento di *Trelleborg Sealing Solutions* con sede a Hal Far, Malta. Come detto in precedenza, la sede produttiva è composta da 4 grandi dipartimenti ma si è deciso di porre l'attenzione su tale area in quanto rappresenta quella con più alto livello di vendite.

Analizzando la catena produttiva del suddetto dipartimento sono stati individuati i seguenti processi produttivi principali che in ordine sono:

- *Material Extrusion* e creazione delle preforme: *Blancks & Slugs*
- *Compression moulding* per vulcanizzare la gomma
- *Finishing* per la rimozione del materiale in eccesso
- *Post cure* per ottenere la parte finita
- *Inspection* per il controllo di qualità
- *Packaging* per l'invio al cliente finale

Ognuno di questi processi è formato da una serie di attività secondarie necessarie al corretto svolgimento dell'intera catena di produzione.

Oltre a questi processi, per assicurare l'invio del prodotto finito al cliente, sono necessari altre operazioni in *background* come la creazione dell'ordine, la richiesta e la realizzazione del *tool* e del materiale necessario per l'ordine, il

coordinamento delle singole operazioni, la raccolta delle informazioni per calcolo WIP, Servizio al cliente e coordinamento con lo *Shipping*.

Lo scopo di questo studio è l'ottimizzazione della catena produttiva analizzando i singoli processi produttivi principali e rendendoli più performanti.

### **2.1.1 Pianificazione del processo di analisi**

Analizzare i processi aziendali richiede un'attenta pianificazione dei passi da compiere per garantire la buona riuscita del progetto rispettando le scadenze e mantenendo il controllo. Per assicurare il controllo è necessario porre degli obiettivi e analizzare e verificare il compimento degli stessi. Ottenere una mappatura dei processi, senza dubbio, richiede grande sforzo, impegno e organizzazione ed è perciò che risulta estremamente importante definire il "processo di analisi dei processi" affinché non vi siano mai incomprensioni e incertezze su come portare a termine il lavoro, mantenendo così il controllo del progetto. Vengono usate varie modalità di analisi e mappature dei processi, molte delle quali a volte insistono sul miglioramento continuo dei processi e quindi di una "mappatura continua" che evolve nel tempo in funzione dei piccoli miglioramenti che si succedono giorno per giorno all'interno delle singole attività e operazioni dell'azienda (Di Leva et al.). È una buona pratica aziendale valutare e comprendere i processi che permettono di offrire valore al mercato di riferimento (Ostinelli, 1995). In questo modo si identificano le possibili aree di miglioramento di efficienza e si riconoscono le modalità reali con le quali l'organizzazione opera al suo interno. Conoscere in maniera ottimale e dettagliata il funzionamento dei processi interni, permette al management di poter controllare il lavoro anche dopo che è stato svolto.

Le fasi fondamentali per la mappatura dei processi e il processo di analisi, sono principalmente tre:

- La prima fase è l'“analisi”, che prevede il raccoglimento dei dati per analizzare a fondo la struttura dell'azienda, le sue principali attività e i mezzi.
- La seconda fase è la “diagnosi”, che armonizza tutti i dati precedentemente raccolti e analizzandoli, rileva le criticità. Si Analizzano i processi da migliorare, quelli a valore aggiunto e quelle che devono essere modificati interamente o in parte.
- La terza ed ultima fase è la “terapia”, che prevede la ricerca di soluzioni alle varie problematiche individuate, che eventualmente verranno messe in pratica valutando alla fine i risultati raggiunti.

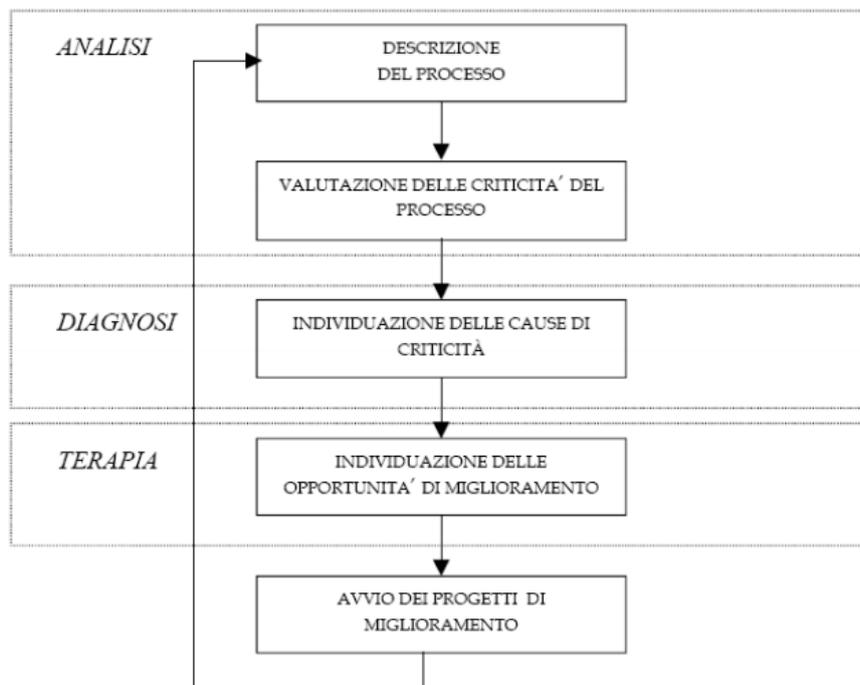


Figura 14 - Diagramma a blocchi di un tipico processo di analisi, fonte: Sito Università Carlo Cattaneo

Per migliorare la qualità dei processi è necessario seguire un metodo scientifico di analisi che, attraverso l'analisi delle criticità permetta di individuare e verificare possibili soluzioni alle varie problematiche. Si è affrontata un'analisi dettagliata dei processi dell'azienda seguendo tale approccio metodologico e sono state analizzate le 6 fasi fondamentali:

- Raccolta dati
- Identificazione del problema
- Identificazione di soluzioni alternative
- Analisi di fattibilità e scelta della migliore alternativa
- Implementazione della soluzione e verifica dei risultati
- Revisione dell'intero processo (se necessario)

A seguito verranno descritti e mappati i processi principali aventi luogo nel dipartimento *FIS*, si indenteranno le criticità e si individueranno le opportunità di miglioramento.

### **2.1.2 Scenario attuale**

I processi produttivi svolti nel dipartimento *FIS* sono essenziali per la realizzazione dell'ordine e del successivo invio al cliente.

Ognuno di questi processi è formato da una serie di attività secondarie, che coordinate tra loro, permettono il corretto avanzamento della catena produttiva.

È stato possibile individuare i processi di livello inferiore grazie ad una profonda analisi del principale macro-processo che avviene nel dipartimento, ovvero la produzione di O-Rings. Nella seguente pagina viene presentata la Tabella dei processi, nella quale sono presenti i macro-processi, i sotto-processi e le principali attività svolte nel dipartimento *FIS*.

MACROPROCESS	PROCESSES	PRINCIPAL ACTIVITIES
O-Rings production	Material Extrusion	Cleaning of the Barweel machinery
		Collect materials
		Create the rolls in the <i>Open</i> Rubber Milling Machine
		Loading the Barwell machinery
		Creation of Preform
		Temporary storage
	Compression Moulding	Setting of the machine
		Loading the machinery
		Starting the machinery
		Collect the material
		Quality check
		Temporary storage
	Finishing	Cryogenic finishing
		Centrifugal washing
		Media finishing
		Drying parts
		Temporary storage
	Post cure	Static or rotatory ovens
		Temporary storage
	Inspection	Machine Visual Inspection
		Squeeze Visual Inspection
		Visual Inspection
		Temporary storage
	Packaging	Packaging and labelling of boxes
Temporary storage		

Tabella 2 - Tabella dei processi

Analizzando i vari processi nel dettaglio, il primo processo, ovvero quello di *Material Extrusion*, risulta essere composto da diverse attività secondarie quali: la pulizia della macchina per estrusione per evitare contaminazioni di materiali differenti; prelevamento del materiale nel magazzino; la lavorazione del materiale nella *Open rubber milling machine* e il ricavo dei rotoli; il caricamento della macchina per estrusione con i rotoli di materiale, la realizzazione delle preforme e l'immagazzinamento temporaneo.

Con riferimento al secondo processo, *Compression Moulding*, si identificano le seguenti attività: il settaggio iniziale della macchina dove si inizializzano temperatura di lavorazione, *cure time*, numero di ventilazione e pressione; il funzionamento della macchina che prevede il posizionamento iniziale del materiale, la chiusura della macchina per la lavorazione, successivo rilascio e la raccolta del materiale, controllo della qualità con ispezione visiva e immagazzinamento temporaneo.

Considerando il terzo processo, il *Finishing*, si definiscono le seguenti attività secondarie: la prima attività è la finitura criogenica<sup>18</sup>, che sfruttando le proprietà dell'azoto permette l'eliminazione delle bave di stampaggio prodotte dal processo precedente, ovvero il *Compression Moulding*. Successivamente si procede con il lavaggio centrifugo nel quale le parti vengono inserite all'interno di una piccola lavatrice e lavate sfruttando l'azione centrifuga della stessa, poi si giunge al lavaggio con media<sup>19</sup> che prevede il lavaggio delle parti con acqua e particolari materiali di dimensioni

---

<sup>18</sup> **Cryogenic finishing:** è un metodo di lavaggio che sfrutta le temperature basse dell'azoto. Il processo si svolge all'interno di una particolare lavatrice in cui le bave delle guarnizioni o degli o-ring si irrigidiscono e si staccano urtando tra di loro dentro la macchina. L'azoto favorisce la creazione di un ambiente inerte ed elimina così la possibilità di innesco di incendi.

<sup>19</sup> **Media finishing:** L'obiettivo principale di questo tipo di finitura è di rimuovere le bave e i residui rimasti con la compressione. I "media" hanno la forma sferica o cubica normalmente di ceramica o resina che strofinando contro le superfici aiutano la pulizia e la finitura della parte. Il processo utilizza un agente liquido durante il lavaggio per evitare eventuali danneggiamenti come ad esempio l'acqua.

variabili in base al *finish* che si vuole ottenere. Infine, ultima attività di questo processo è l'asciugatura delle parti con macchinari che, sfruttando la forza centrifuga, asportano via l'acqua dalle parti lasciando le parti asciutte. Segue il successivo immagazzinamento temporaneo.

Il quarto processo *Post cure* prevede la realizzazione di una sola attività ovvero il passaggio in forni statici o rotatori delle parti. Viene definita una determinata temperatura per ogni tipo di materiale affinché avvenga la corretta vulcanizzazione delle parti ed il pezzo possa passare alla fase successiva di ispezione. Con questo processo si completa la vulcanizzazione della parte e la gomma così aumenta la resistenza agli agenti atmosferici e si degrada con meno facilità rispetto alla gomma naturale. L'attività successiva è l'immagazzinamento temporaneo in attesa del seguente processo.

Il successivo processo è quello di *Inspection*, dove nel quale le parti vengono ispezionate una per una per individuare eventuali difetti. Varie attività si susseguono prima che la parte passi al successivo processo, tra cui: in primo luogo si assiste ad una Ispezione visuale semiautomatica effettuata da una macchina a CNC che elabora le immagini ricevute tramite una videocamera e decide se scartare o meno il pezzo. Questo processo viene eseguito confrontando il pezzo con un database presente in memoria. L'immagine ricevuta da 6 fotocamere viene messa a paragone con quelle in memoria ed infine la parte viene classificata come "good", "bad", "uncertain". Le parti incerte verranno inviate al controllo manuale per un'ulteriore ispezione. Successivamente si ha la *Squeeze Visual Inspection* dove le singole parti vengono schiacciate e strizzate per identificare possibili danni ed anomalie non rilevabili altrimenti. Ed infine la *Manual Inspection* permette di osservare anomalie non rilevabili con il solo uso dei macchinari. Le parti vengono

analizzate più volte con l'aiuto di lenti di ingrandimento ed infine approvate o rigettate.

Ultimo processo è il *Packaging* nel quale la parte viene pesata, imballata ed etichettata per la spedizione al cliente. Si provvede al corretto immagazzinamento di tale parte in attesa della data di consegna al cliente.

Il passaggio delle parti tra un processo e l'altro avviene tramite lotti di materiale immagazzinati con etichette alla fine di ogni lavorazione. Attraverso un sistema di scansione continua, per ogni lotto di materiale si ha in tempo reale la quantità di WIP presente nello *shop floor* in modo da mantenere costante il flusso di materiale e la corretta fruizione di informazione. In questo modo generando un *track* costante degli elementi si evitano problemi dovuti al non corretto immagazzinamento e quindi agli eventuali ritardi nella catena di produzione.

Il controllo di qualità è presente lungo tutta la catena produttiva e non soltanto negli ultimi *steps*. Ogni operatore delle macchine di compressione ha l'obbligo di realizzare una prima scrematura riguardo la propria produzione diminuendo così l'afflusso di materiale difettoso lungo la catena di produzione. Questo permette di guadagnare tempo utile sia nella sezione di Ispezione ma anche nella zona di compressione in quanto si è in grado di individuare e agire tempestivamente sulla causa del difetto evitando lunghe attese, cicli non necessari di ispezione ed eventuali lamentele del cliente.

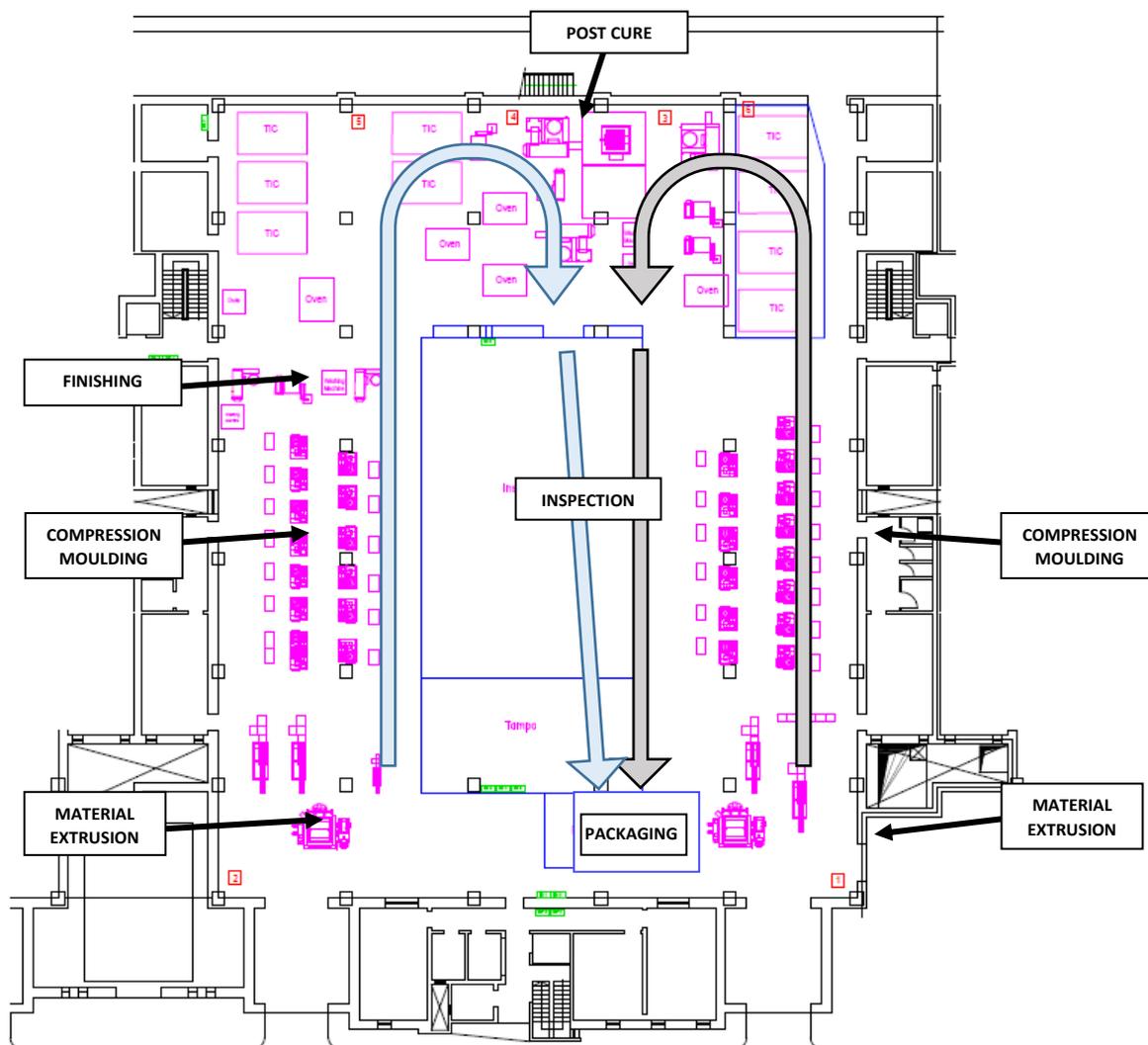


Figura 15 - FIS layout e flusso del materiale

Nella Figura 15 viene anche il flusso di materiale che attraversa la pianta di produzione e vengono individuate le due aree di produzione, rispettivamente quella riservata ai materiali colorati a sinistra e quella destinata ai materiali neri a destra. Entrambi i flussi iniziano con il primo processo, ovvero il *Material Extrusion* e terminano con il Packaging ed il rispettivo immagazzinamento fino alla data di consegna del cliente. Entrambi i flussi seguono lo stesso percorso lavorando in parallelo, è quindi necessario un grande sforzo di pianificazione per evitare eventuali fermi di produzione e/o rallentamenti.

### 2.1.3 Problema riscontrato

Dopo aver analizzato la sequenza delle operazioni svolte nello *shopfloor* e determinato nello specifico le singole attività secondarie necessarie per il corretto funzionamento dei processi, si è passato ad analizzare le criticità dell'intero processo produttivo.

Si sono analizzati gli sprechi ed i *downtime* realizzati ad ogni *step* per cercare di focalizzare l'attenzione solo sulle operazioni critiche.

Si è proceduto osservando i singoli processi per un periodo di 3 settimane creando delle tabelle riportanti le quantità di materiale sprecato o rilavorato per ogni ciclo di esecuzione, i *downtime* e le cause di ogni operazione, di seguito viene allegata la tabella.

In questo modo si è potuto osservare analiticamente le aree che necessitavano di maggiore controllo.

	<b>Waste/ Reuse of material [kg]</b>	<b>Downtime [m]</b>	<b>Cause</b>
<b>Material Extrusion</b>	20	20	– Cleaning of the machine
<b>Compression Moulding</b>	0,15	0	–
<b>Finishing</b>	0,10	4	– Change of media
<b>Post cure</b>	0	0	–
<b>Inspection</b>	0,30	0	–
<b>Packaging</b>	0	0	–

Tabella 3 - Analisi degli sprechi nei processi principali

Dalla Tabella 3 si osserva che il processo più significativo riguarda quello dell'area di *Material Extrusion* presentando per ciclo produttivo un alto valore

di riutilizzo di materiale e di fermo produzione. Tale evento è dovuto alla pulizia del cilindro della macchina per estrusione quando avviene il *Changeover* per evitare contaminazioni tra materiali differenti. Il materiale che rimane dentro il cilindro della macchina alla fine della corsa del pistone è di circa 20 kg e il processo di pulizia del cilindro dura circa 20 minuti. Per quanto riguarda il processo di *Finishing* si osserva che per ciclo di produzione avviene un fermo produzione di circa 4 minuti dovuto al cambio del materiale usato durante il *media finishing*. Invece con riferimento allo spreco di materiale si è calcolato circa 0,10 kg a fine processo dovuto a parti difettose. Altri dati rilevanti riguardano l'area del *Compression Moulding* dove si è riscontrato circa 0,15 kg di materiale a ciclo di produzione dovuto ad anomalie nelle preforme. Anomalie intese in forma, dimensioni e peso dovute a problemi con il settaggio della macchina per estrusione. Infine per quanto riguarda il processo di *Inspection* si è calcolato circa 0,30 kg dovuto agli scarti di produzione.

<b>Compound</b>	<b>Kg</b>	<b>Price [€]</b>	<b>Price per Kg [€]</b>
AC0392WS	7	354.84	50.69
AC0395WS	97	3,362.02	34.66
AC0401WS	97	4,965.01	51.19
AC2541EXP	29.52	463.95	15.72
AC2663	86	482.46	5.61
AC2666I	196.01	2,853.51	14.56
AC2668	198	2,822.69	14.26
AC2777	1,611.05	25,963.71	16.12
AC2777I	761.28	13,629.20	17.90
AC2888	85	1,102.67	12.97
AC9700	123.69	1,784.63	14.43
AC9704	21	463.15	22.05
AC9707	104.14	1,658.41	15.92
AC9708	86	1,579.41	18.37

AC9710	38	765.69	20.15
AC9711	209.95	3,483.22	16.59
AC9721	254	4,956.76	19.51
AC9722	319.75	5,599.58	17.51
AC9734	286	5,601.74	19.59
AC9744	10	130.37	13.04
AC9751	468	6,387.99	13.65
AC9751C41	67	936.77	13.98
AC9752	227	4,125.72	18.17
AC9754	25	346.52	13.86
AC9761	1	60.39	60.39
AC9770	298.29	4,346.35	14.57
AC9774I	42	1,024.35	24.39
AC9775	93.6	1,483.65	15.85
AC9777	84.61	4,214.36	49.81
AC9779	52	848.45	16.32
AC9780	31	486.22	15.68
AC9781	6	875.99	146.00
AC9787A	1,087.38	44,612.24	41.03
AC9787AI	1,211.00	50,225.48	41.47
AC9788	54	781.83	14.48
AC9790	85.69	1,397.56	16.31
AC9798I	59	1,421.15	24.09
AC9800I	54	976.95	18.09
AC9802	58	750.7	12.94
AC9808	530.46	21,346.81	40.24
AC9811	284.92	7,802.57	27.39
AC9812I	562.6	7,804.65	13.87
AC9815	132	2,368.18	17.94
AC9817	16.37	238.87	14.59
AC9826	142	3,844.27	27.07
AC9827	6	105.52	17.59
AC9829	119.2	2,138.80	17.94
AC9830	598.31	13,659.97	22.83
AC9832	354	9,036.91	25.53
AC9861	34	863.76	25.40

AC9862	518	66,115.59	127.64
AC9865	581.48	68,382.60	117.60
AC9868	109	6,478.57	59.44
AC9882	47	3,321.19	70.66
AC9883	108.13	13,082.26	120.99
AC9888	184	2,703.42	14.69
AC9889	25	692.44	27.70
AC9891	142.38	5,177.38	36.36
ACVC303	73	4,019.23	55.06
<b>Total</b>	<b>13,192.82</b>	<b>446,508.70</b>	<b>33.84</b>

Tabella 4 - Costi materiali

Considerando un costo medio per Kg di materiale di circa 33,84 € si può notare come qualsiasi spreco gravi sulla linea di produzione e quindi si è identificato come processo critico quello di *Material Extrusion* che presenta il maggior numero di sprechi e *downtimes*.

	<b>Waste/ Reuse of material [kg]</b>	<b>Price [€]</b>	<b>Total [€]</b>
<b>Material Extrusion</b>	20	33,84	676.80
<b>Compression Moulding</b>	0,15	33,84	5.08
<b>Finishing</b>	0,10	33,84	3.38
<b>Post cure</b>	0	33,84	-
<b>Inspection</b>	0,30	33,84	10.15
<b>Packaging</b>	0	33,84	-

Tabella 5 - Costi totali derivati dagli sprechi

Dalla Tabella 5 è possibile osservare come l'operazione di *Material Extrusion* risulti essere quella più gravosa in termini economici e quindi quella da monitorare.

Si è deciso di scomporre ulteriormente questo processo in modo da analizzarlo in maniera più dettagliata e definire quale attività secondaria necessita maggior controllo.

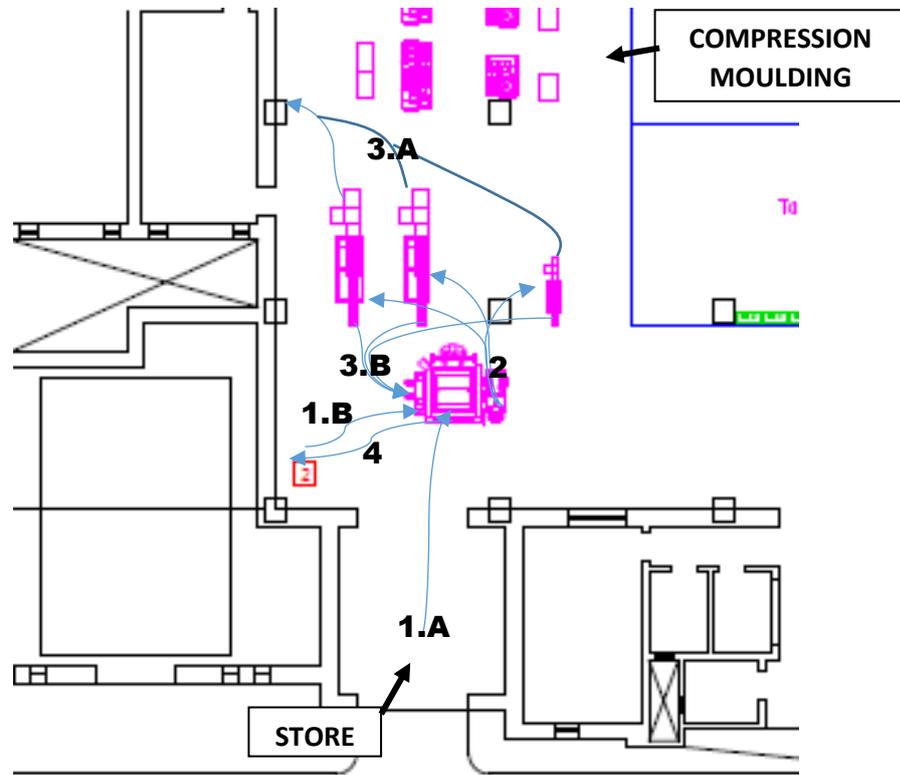


Figura 16 - Flusso di materiale nell'area di Material Extrusion

Nella Figura 16 si è analizzato il flusso di materiale nell'area di *Material Extrusion*. Il materiale in lamine fluisce dallo *store* (1.A), e da magazzini temporanei (1.B) alla *Open rubber milling machine* e viene lavorato per convertire la sua forma in rotoli. Successivamente il materiale viene trasportato sino alle macchine per estrusione (2) dove si provvederà a caricarlo nelle macchine per procedere con la produzione. Le preforme realizzate dalle macchine vengono immagazzinate in magazzini temporanei (3.A) per essere successivamente lavorate nell'area del *Compression Moulding*. Il materiale che rimane all'interno del cilindro della macchina per estrusione, quando il

pistone ha finito la sua corsa, viene trasportato nuovamente nella *Open rubber milling machine* (3.B) e rilavorato per ridurlo nuovamente in lamine. Infine viene immagazzinato in magazzini temporanei (4) per il prossimo utilizzo. Questa rilavorazione innecessaria del materiale rimasto dentro la macchina per estrusione causa una perdita di produzione importante se viene considerata ciclica ed inoltre crea un aumento di WIP nello *shopfloor* generando dei magazzini temporanei non necessari.

Dopo aver analizzato il flusso di materiale nella pianta di produzione si sono analizzate nel dettaglio le singole attività registrando il tempo utilizzato per compiere ognuna di queste e poter individuare le attività critiche.

N	MAIN STEPS	FROM	TO
1	Removing head from the Barwell		
2	Milling of head		
3	Store of excess material		
4	Clean the piston		
5	Clean spider		
6	Assemble die & corepin on Barwell		
7	Get MO from Planning Board		
8	Collect material and leave it near Barwell		
9	Mill the material		
10	Load the Barwell		
11	Start-Up Barwell (including adjust. to produce right weight)		
12	Weigh parts every 30 mins & record SPC		
13.1	Slugs scooped into polyethylene bags		
13.2	Blanks are trayed manually		
14	Collect trays & label them		
15	Place on shelves		
16	Identity with labels (at the end)		

Tabella 6 – Attività principali area Material Extrusion

Nella Tabella 6, vengono descritte tutte le attività necessarie per la realizzazione delle preforme. Il processo inizia con la rimozione del materiale rimasto dentro la macchina alla fine della corsa del pistone (1),

successivamente viene trasportato alla *Open rubber milling machine* per la laminarlo (2) ed infine immagazzinarlo (3). Si procede con la pulizia del pistone (4) e delle varie componenti della matrice (5) assemblandoli infine nella macchina (6). L'operatore conoscendo il *manufacturer order* (MO)<sup>20</sup> (7) colleziona il materiale nel magazzino (8). Come si può notare, è presente un ciclo di ripetizione dall'operazione 9 alla 12 in quanto, a volte, bisogna caricare più spesso la macchina per completare la produzione. Quindi si procede lavorando il materiale alla *Open rubber milling machine* (9) e con i rotoli di materiale ricavati da questa operazione si carica la macchina per estrusione (10). Settare la macchina (11) e prendere dei campioni ogni 40 minuti per verificare il corretto settaggio della macchina (12). Successivamente si procede a collezionare le preforme (13.1), (13.2) e si dispongono nei vassoi etichettandole (14). Infine si immagazzinano (15) e si etichettano con il numero seriale finale (16). Dopo aver monitorato, osservato e raccolto i dati della produzione si è provveduto ad elaborare i dati e come mostrato nella Figura 17 le attività (4) e (9) risultano critiche e senza apporto di valore al prodotto finale. Le attività (1), (2) e (3) comportano in media una perdita di 18:57 minuti e sono dovute al materiale che rimane inutilizzato dentro il cilindro della macchina per estrusione.

---

<sup>20</sup> **Manufacturer order:** È un ordine richiesto per la produzione di articoli e può essere un ordine interno, ovvero prodotto dalla stessa società (come in questo caso), o subappaltato, ovvero prodotto da terzi.

N	MAIN STEPS	PART NUMBER											
		A9413442666	A2.970389787A	A2.940139862	A2420569865	A9258652777	A9406239808	A2025289770	A9099992666	A2027389770AC	A2025109711	A2008129711	
1	Removing head from the Barwell	00:04:00	00:12:00	00:03:00	00:09:00	00:12:00	00:13:00	00:11:00	00:14:00	00:10:00	00:09:00	00:09:00	
2	Milling of head	00:04:00	00:10:00	00:02:00	00:06:00	00:11:00	00:13:00	00:11:00	00:12:00	00:07:00	00:06:00	00:06:00	
3	Store of excess material	00:01:00	00:01:30	00:01:00	00:01:00	00:02:00	00:01:00	00:02:00	00:01:00	00:01:00	00:02:00	00:02:00	
4	Clean the piston	00:16:00	00:20:00	00:11:00	00:11:00	00:17:00	00:18:00	00:16:00	00:18:00	00:15:00	00:16:00	00:16:00	
5	Clean spider	00:04:00	00:04:00	00:08:00	00:03:00	00:02:00	00:03:00	00:02:00	00:04:00	00:03:00	00:02:00	00:02:00	
6	Assemble die & corepin on Barwell	00:03:00	00:07:00	00:06:00	00:03:00	00:06:00	00:05:00	00:04:00	00:03:00	00:04:00	00:04:00	00:04:00	
7	Get MO from Planning Board	00:01:00	00:01:00	00:02:00	00:02:00	00:01:00	00:01:00	00:02:00	00:01:00	00:02:00	00:01:00	00:01:00	
8	Collect material and leave it near Barwell	00:07:00	00:08:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:05:00	00:06:00	00:03:00	00:02:00	00:04:00	00:04:00	
9	Mill the material	00:22:00	00:22:00	00:23:00	00:20:00	00:18:00	00:21:00	00:20:00	00:22:00	00:18:00	00:17:00	00:17:00	
10	Load the Barwell	00:03:00	00:02:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:03:00	00:04:00	00:02:00	00:02:00	00:03:00	00:03:00	
11	Start-Up Barwell (including adjust. to produce right weight)	00:01:00	00:07:00	00:02:00	00:06:00	00:03:00	00:05:00	00:08:00	00:02:00	00:04:00	00:03:00	00:03:00	
12	Weigh parts every 30 mins & record SPC	00:12:00	00:20:00	00:50:00	00:15:00	00:30:00	00:18:00	00:12:00	00:23:00	00:27:00	00:21:00	00:21:00	
13.1	Slugs scooped into polyethylene bags	00:10:00	00:12:00	00:47:00	00:29:00	NO	00:35:00	NO	NO	NO	NO	00:23:00	
13.2	Blanks are trayed manually	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
14	Collect trays & label them	00:11:00	00:02:00	SAMPLE	00:02:00	00:03:00	00:05:00	00:04:00	00:07:00	00:05:00	00:06:00	00:06:00	
15	Place on shelves	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	
16	Identity with labels (at the end)	00:01:00	00:01:00	00:00:00	00:01:00	00:01:00	00:01:00	00:00:00	00:01:00	00:01:00	00:00:00	00:00:00	

Figura 17 - Durata attività

## **2.1.4 Metodologia: SMED**

### **2.1.4.1 Cenni storici**

La metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die) fu creata ed applicata la prima volta alla fine degli anni cinquanta in uno stabilimento giapponese della Toyota dall'ingegnere Shigeo Shingō<sup>21</sup>. Il problema che riscontrò fu l'incapacità di lavorare con la massima efficienza nell'impianto industriale e quindi non raggiungere il target di produzione fissato.

Per cambiare la produzione tra un componente e l'altro, nello stesso impianto, erano necessarie numerose ore di set-up andando a discapito della produzione che ne risentiva copiosamente. Shigeo calcolò l'efficienza delle singole macchine analizzando tutte le operazioni svolte a macchina ferma e decise di ridurle del 50% aumentando così la capacità di produzione<sup>22</sup>.

Questa metodologia si è ampiamente diffusa in svariati settori come quello dell'industria automobilistica e in tutti quelli in cui la riduzione dei costi ha molta importanza, per esempio quelli in cui il fattore chiave di acquisto (del prodotto) è il prezzo. In tale modo, l'efficienza produttiva è un fattore critico di successo per l'azienda.

### **2.1.4.2 Single Minute Exchange of Dies**

La metodologia SMED è uno strumento il cui scopo è la riduzione dei costi associati allo spreco generato dalla cattiva gestione del processo produttivo. Brevi tempi di configurazione sono necessari per garantire un alto livello di

---

<sup>21</sup> Shigeo Shingo (1909,1990) era un ingegnere meccanico giapponese, famoso per essere uno dei leader nelle pratiche di produzione nel sistema di produzione Toyota.

<sup>22</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute\\_exchange\\_of\\_die](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute_exchange_of_die) (ultima visualizzazione Giugno 2019)

produzione, infatti alti tempi di set-up<sup>23</sup>, ovvero cambio produzione tra un prodotto ed il prossimo, vengono considerati degli sprechi.

Molte aziende in giro il mondo stanno implementando concetti snelli e sistemi di produzione basati sul cliente. La globalizzazione del mercato, personalizzazione dei prodotti e il continuo sforzo per una migliore efficienza delle attrezzature di produzione sono le principali forze motrici di questo fenomeno (Womack et al., 1992).

Ci sono molti motivi per migliorare i tempi di installazione, e Van Goubegen (Goubegen et al., 2002 a) classifica queste ragioni in tre gruppi principali:

*Flessibilità*: a causa di un numero crescente di prodotti e varianti di prodotto da offrire al cliente e una diminuzione delle quantità di ordini corrispondenti, un'azienda deve essere in grado di reagire rapidamente per rimanere competitiva nel mercato.

*Capacità del collo di bottiglia*: specialmente su queste macchine, ogni minuto perso è sprecato. I tempi di set-up devono essere ridotti al minimo per massimizzare la capacità disponibile per la produzione.

*Riduzione dei costi*: poiché i costi di produzione diretti sono legati alle prestazioni delle macchine, il calcolo dell'efficienza complessiva delle apparecchiature (OEE) (Nakkajima, 1988) può facilmente mostrare l'impatto della riduzione del setup sulle prestazioni complessive della macchina.

SMED è una metodologia per re-ingegnerizzare sistematicamente i processi di set-up, riducendone radicalmente la durata ed è composta da tre attività principali:

---

<sup>23</sup> **Set-up**: E' definito come il tempo trascorso tra l'ultimo prodotto A che lascia la macchina e il primo buon prodotto B che esce. La "qualità" di un set -up è determinata da tre elementi: attrezzature e strumenti di lavoro, l'organizzazione del lavoro e il metodo utilizzato

- Nella prima fase, le attività di set-up sono differenziate in base al fatto che possano essere eseguite mentre la macchina è in esecuzione (attività esterne) o mentre la macchina è ferma (compiti interni). Se le attività sono esterne si cerca di svolgerle senza fermare la macchina, come per esempio preparando in anticipo attrezzature e strumenti necessari per il cambio di produzione.
- Nella seconda fase, le modifiche tecniche consentono di svolgere alcune delle attività interne in maniera esterna. Le modifiche possono includere modifiche al design di macchine, processi e persino prodotti.
- Nella fase finale di SMED, si cerca di rendere veloci tutte le attività di configurazione della macchina, sia interne che esterne. I miglioramenti alla configurazione interna danno risparmio di manodopera e meno fermi macchina. Il miglioramento delle attività esterne non migliora direttamente il tempo di inattività, ma libera gli operatori per altre attività.

Le modifiche tipiche includono la sostituzione di attrezzature generali e dispositivi che richiedono una regolazione minima o nulla; usando la codifica a colori e layout spaziale per rendere gli oggetti più facili da trovare e più difficili da fare errori; pre-stazionamento o pre-caricamento di materiali grezzi per il prossimo lotto.

L'obiettivo principale di questa metodologia è di analizzare tutte le operazioni, classificarle e cercare di convertire le operazioni interne in esterne e a sua volta studiare le operazioni interne per poterle ridurre al massimo con il minor investimento possibile. Una volta che la macchina è ferma l'operaio non si deve separare da quella per realizzare operazioni esterne. L'obiettivo è di standardizzare i processi in modo da realizzare rapidamente i cambi con la

minor quantità di movimento, così da perfezionare il metodo e il processo di migioria continua della impresa.

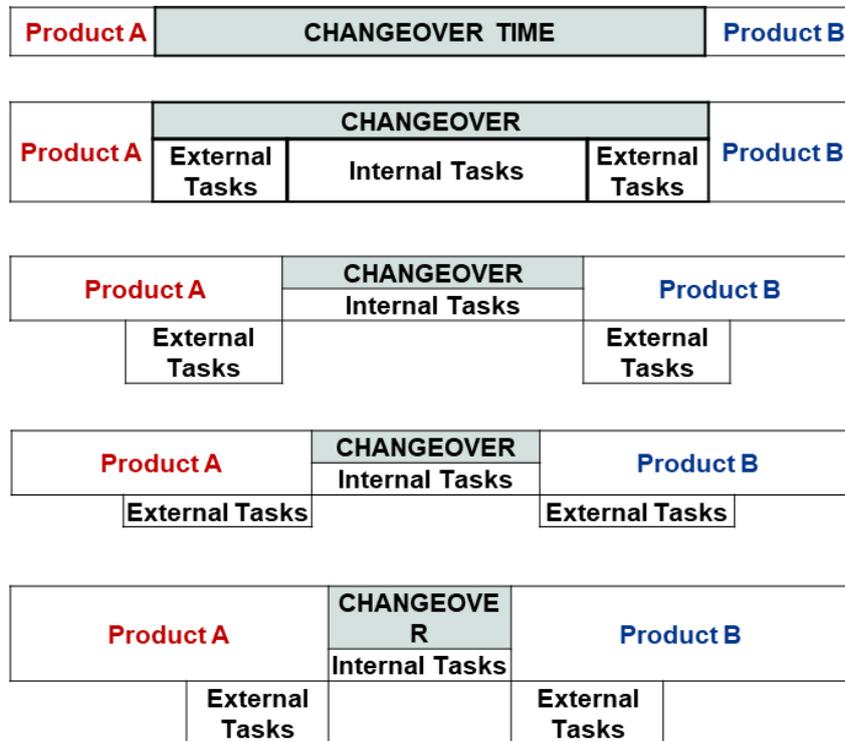


Figura 18 - Fasi principali della metodologia SMED

Come è possibile notare dalla Figura 18 le macro fasi principali della metodologia SMED sono 3:

- 1- Identificazione delle operazioni interne ed esterne
- 2- Convertire azioni interne in esterne
- 3- Ridurre il più possibile le azioni interne e quelle esterne

*-Identificazione e separazione delle operazioni interne ed esterne:* In questa prima fase si cerca di individuare ogni fase del processo di *Changeover* con attenzione alle seguenti attività:

- Individuare i tipi di cambio descrivendo ogni attività svolta dall'operaio
- Registrare i tempi di cambio
- Studiare le condizioni attuali di cambio

*-Convertire le azioni interne in esterne:*

Dopo aver individuato le azioni interne ed esterne si procede con quelle operazioni che è possibile realizzare con la macchina in funzione e realizzare delle prove pertinenti. Bisogna tenere in considerazione alcuni aspetti:

- Rivalutare i passi per evitare di considerare interne alcune attività che non lo sono
- Eliminare le operazioni di aggiustamento in quanto rappresentano normalmente il 50% - 70% del tempo di preparazione interna
- Definire possibili migliorie

*- Ridurre il più possibile le azioni interne e quelle esterne:*

Si perfezionano tutte le operazioni di *set-up*, includendo ogni operazione elementare. Dopo aver applicato le migliorie ridisegnare il nuovo flusso di materiale nello *shopfloor*.

Questi *step* mirano ad ottenere come risultato finale la classificazione e la trasformazione delle operazioni da Interne ad Esterne, evitare spostamenti, tempi di attesa e ricerca, situando tutto quello serve vicino alla macchina, sequenziare tutte le operazioni del cambio di produzione, utilizzare strumenti che facilitino il cambio e semplificare al massimo gli aggiustamenti di produzione.

### 2.1.4.3 Metodologia

Il tipo di investigazione utilizzato è di tipo descrittivo<sup>24</sup> per cui si cerca di descrivere e dettagliare i processi, macchinari le attività svolte nell'impresa durante il processo di set-up. Con questo progetto si cerca di migliorare la gestione del processo produttivo e ridurre gli sprechi derivati da una cattiva amministrazione.

Per quanto riguarda la raccolta dei dati si è provveduto a registrarli e a collezionarli in un periodo di tempo compreso tra Giugno 2018 a Settembre 2018. I dati registrati concernono i tempi di esecuzione delle singole attività svolte nell'area di riferimento, ovvero *Extrusion Material*. Si effettuerà l'osservazione diretta del processo di estrusione e si elencheranno tutte le attività svolte dall'operatore con il rispettivo tempo di esecuzione. Si usano strumenti quali il *Spaghetti Diagram* per determinare tutte le azioni svolte dagli operatori e supporti video per esaminando attentamente e direttamente il processo nel luogo in cui si svolge. In questo modo si otterrà una visione più ampia e più accurata dell'intero processo di estrusione.

I passi seguiti per sviluppare questa metodologia sono i seguenti:

---

<sup>24</sup> **Ricerca descrittiva:** La ricerca descrittiva o il metodo di ricerca descrittiva è la procedura utilizzata nella scienza per descrivere le caratteristiche del fenomeno, del soggetto o della popolazione da studiare. Questo tipo di ricerca non include l'uso di ipotesi o previsioni, ma la ricerca delle caratteristiche del fenomeno studiato che interessano il ricercatore.

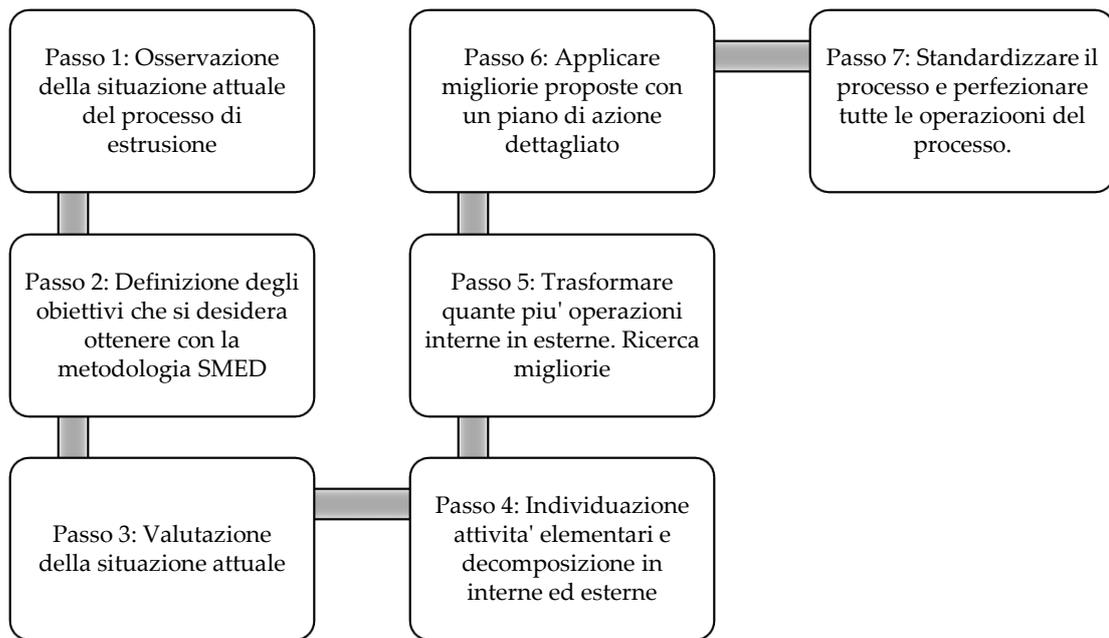


Tabella 5 - Passi principali della metodologia

#### 2.1.4.4 Identificazione e divisione tra operazioni interne ed esterne

Lo scopo di queste prime due fasi è di analizzare criticamente il processo, cercando di individuare sin da subito le attività che potrebbero essere svolte mentre la macchina lavora. Per effettuare un'analisi più efficace e precisa si può ricorrere all'utilizzo di una videocamera

Per analizzare con maggior dettaglio le condizioni attuali di produzione si è provveduto ad analizzarle con il cronometro, intervistare gli operai, filmare tutto il processo e riguardare i video ed infine scattare foto.

Durante la prima fase si definiscono le operazioni principali del processo che si sta analizzando. Come precedentemente discusso nel paragrafo 2.1.2 (Tabella 2), si è provveduto ad analizzare il processo produttivo interrogando gli operai sulle singole operazioni svolte e osservando lo svolgimento delle varie attività.

Si è redatta una lista con le attività principali ed in seguito si è registrato il tempo necessario per realizzarle. Per avere un'idea generale e consistente dei tempi usati per ogni attività sono stati presi dei dati relativi a differenti materiali utilizzati nello *shopfloor*. Nella Figura 15 vengono rappresentate le durate di ogni attività in relazione ad ogni materiale utilizzato. Successivamente si sono analizzate nel dettaglio le singole operazioni cercando di descrivere tutti i movimenti realizzati dall'operaio. La seguente Figura mostra lo stato attuale delle operazioni.

MAIN ACTIVITIES	ACTIVITIES	TIMINGS	AVERAGES
Removing core pin and die	take the tools and the jig to disassemble the core pin and die	00:01:30	00:06:00
	Open rubber milling machine	00:00:30	
	Unscrew the screws	00:01:00	
	use the jig to disassemble die	00:01:00	
	use the jig to disassemble the core pin	00:02:00	
Cleaning of core pin and die	clean the core pin	00:01:10	00:03:27
	clean the die	00:01:12	
	put them on the tray	00:00:45	
	store them	00:00:20	
Removing head of material	Take the tools and the jig necessary to remove the head of material	00:01:30	00:09:38
	with the help of the piston push the material outwards	00:01:00	
	stop the piston	00:00:10	
	With the help of the tools push the material outside	00:02:40	
	close a bit the door of the machine	00:01:00	
	start the piston again	00:00:55	
	stop the piston	00:00:10	
	take the material	00:01:00	
place it in the cart	00:00:43		
Mill the head of material	take the material with the cart close to the Open rubber milling machine	00:00:30	00:07:49
	switch on the machine	00:00:40	
	place the material	00:02:40	
	adjust the speed of the machine	00:00:20	
	lamine the material	00:03:00	
	switched off the machine	00:00:39	
Store the excess of material	put the material on the cart	00:00:30	00:01:30
	carry it to the temporary store	00:00:30	
	store it	00:00:30	

Cleaning the piston	take the tool to clean the piston	00:01:00	00:15:11
	insert it into the machine	00:01:04	
	clean it	00:10:07	
	remove the tool	00:01:00	
	put the tool back	00:01:00	
	clean the floor	00:01:00	
Place core pin and die	collect core pin and die	00:01:00	00:04:33
	carry them close to the machine	00:00:30	
	mount the core pin	00:01:30	
	mount the die	00:01:00	
	screw the screws	00:00:33	
Collect the material	take the cart	00:00:30	00:03:38
	take the MO	00:00:10	
	go to the stores	00:00:28	
	collect the material	00:02:00	
	carry the material with the cart to the Open milling machine	00:00:30	
Mill the material for rolls	switched on the machine	00:00:50	00:21:11
	set the machine	00:03:10	
	place the material	00:12:11	
	create rolls	00:04:00	
	place them into the cart	00:00:30	
	carry them to the extrusion machine	00:00:30	
Load the rolls in the Barwell	place the rolls on the machine	00:01:20	00:02:11
	push them to the bottom	00:00:30	
	close the machine	00:00:21	
Adjust the production till the next good parts	adjust the speed of the machine	00:00:40	00:04:49
	adjust the pressure	00:00:30	
	adjust the temperature	00:00:30	
	adjust the knife	00:00:40	
	start the production	00:00:20	
	take sample and weight them	00:00:23	
	continuing adjusting the parameters till reach the target	00:01:46	
Collect trays	go to temporary stores	00:00:30	00:01:10
	collect trays	00:00:20	
	go back to the machine	00:00:20	
Tray the Preforms	start tray the material	00:31:00	00:31:42
	switched of the machine	00:00:42	
Label the tray	create the labels	00:02:00	00:03:32
	put it on the trays	00:01:32	
Store material	take the trays with the cart	00:00:20	00:00:55
	carry them to the temporary store	00:00:20	
	store them	00:00:15	

Tabella 6 - Tempi medi attività principali

Nella Tabella 6 sono stati riportati i valori del tempo medio utilizzato per compiere ogni attività. Si osserva che il tempo totale dedicato al Changeover è di 01:19:57, circa 80 minuti, tempo in cui la macchina rimane ferma e si hanno perdite di produzione ed efficienza.

Infine si è provveduto a filmare il processo e ad analizzarlo nel dettaglio in modo da riuscire ad individuare e definire le operazioni interne e quelle esterne. Filmare ogni attività aiuta ad individuare in maniera facile e diretta quali sono le attività che potrebbero essere esternalizzate e compiute mentre la macchina è ancora in funzione.

**Operazioni interne:** attività che si devono realizzare con la macchina spenta in quanto comportano l'utilizzo

**Operazioni Esterne:** attività che possono essere fatte con la macchina in funzione ma è necessario pianificare tutte le azioni con anticipo.

Si è deciso di focalizzarsi solo su le attività relative al *Changeover* escludendo *Collect trays*, *Tray the Preforms*, *Label the tray* e *Store the material* che riguardano maggiormente la produzione.

MAIN ACTIVITIES	Removing head of material	Mill the head of material	Store the excess of material	Cleaning the piston	Removing corepin and die	Cleaning of corepin and die
INTERNAL	X			X	X	
EXTERNAL		X	X			X

MAIN ACTIVITIES	Place corepin and die	Collect the material	Mill the material for rolls	Load the rolls in the Barwell	Adjust the production till the next good part
INTERNAL	X			X	X
EXTERNAL		X	X		

Figura 19 - Individuazione attività interne ed esterne

In Figura 19 è possibile osservare come le attività sono state divise in interne ed esterne.

Ognuna di queste attività prevede l'utilizzo di strumenti adatti per compiere le varie operazioni. Questa strumentazione, se posta vicina al luogo di lavoro, apporta una notevole riduzione di tempo e aumenta l'efficienza dell'operazione.

Sono necessari carrelli per il trasporto materiale, *tool* per disassemblare componenti che necessitano pulizia, spazzole e utensili per la pulizia delle singole parti, vassoi per collezionare le Preforme, fogli di plastica per evitare contaminazioni delle parti e etichette per immagazzinare i vassoi.

### 2.1.4.5 Analisi

Con quest'analisi iniziale dei processi si è notato come il tempo dedicato al Changeover, cioè il passaggio dalla produzione di un prodotto A a quella di un prodotto B, gravi sull'efficienza della linea di produzione.

Tempi lunghi di cambio produzione non sono accettabili se si vuole rimanere competitivi nel mercato di riferimento. Inoltre sprechi ed eccessive rilavorazioni gravano sul fattore economico causando perdite rilevanti alla compagnia.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di ottenere una diminuzione del 25% sul tempo totale utilizzato per il Changeover e rendere il processo più snello ed efficiente riducendo tutte le attività che non apportano valore.

## **Capitolo 3**

### **Ottimizzazione del processo produttivo**

#### **3.1 Introduzione**

Lo scopo dell'ottimizzazione dei processi produttivi è ridurre o eliminare la perdita di tempo e risorse, spese non necessarie, ostacoli ed errori, raggiungendo l'obiettivo del processo. Un processo inefficiente e non ottimizzato non genererà mai i risultati più efficienti. È perciò che un'azienda dovrebbe sempre mirare a un processo di migioria continua da applicare a tutte le fasi in modo da risultare sempre competitiva nel mercato di riferimento.

In questo capitolo, grazie al completamento delle varie fasi della metodologia SMED, si individuano possibili soluzioni in grado di diminuire il tempo dedicato al Changeover. Il tempo di set-up, di attrezzaggio macchina, è un tempo che non apporta valore aggiunto al prodotto finale ed è per questo che deve essere il più breve possibile. Riducendo questo tempo il processo diventerà più snello ed efficiente.

Si inizierà analizzando le rimanenti fasi dello SMED, cercando di esternalizzare quante più operazioni interne, in questo modo la macchina resterà in funzione più a lungo e le varie attività verranno eseguite in background. Verranno proposte varie miglorie riguardanti tutta l'area in questione in modo da ottimizzare il flusso di materiale all'interno della stessa e aumentando l'efficienza del processo in generale. Queste proposte sono mirate alla riduzione degli sprechi nell'area e ad una miglior utilizzazione dei macchinari.

### 3.1.1 Esternalizzazione delle attività interne

Si è proceduto con il successivo *step* della metodologia SMED, ovvero *Convertire le azioni interne in esterne*, analizzando tutte le attività considerate interne e cercando di valutare quali azioni fosse possibile esternalizzare.

Esternalizzare le azioni interne permette di ridurre i tempi di *Changeover* in quanto consente di eseguire delle attività in *background* mentre la macchina sta lavorando. In questo modo si aumenta l'efficienza della macchina e, di conseguenza, la produzione.

La durata attuale di tutte le operazioni interne è mostrata nella Figura 20.

MAIN ACTIVITIES	Removing head of material	Place corepin and die	Cleaning the piston	Removing corepin and die	Load the rolls in the Barwell	Adjust the production till the next good part	
INTERNAL	X	X	X	X	X	X	TOTAL TIME
TIMINGS	00:09:38	00:04:33	00:15:11	00:06:00	00:02:11	00:04:49	00:42:22

Figura 20 - Durata totale operazioni interne

Successivamente si è proceduto analizzando tutte le attività interne, cercando di determinare quali fossero facilmente esternalizzabili applicando tutti i principi base della metodologia SMED.

MAIN INTERNAL ACTIVITIES	ACTIVITIES	TIMINGS	EXTERNALIZING YES/NO	HOW
Removing core pin and die	take the tools and the jig to disassemble the core pin and die	00.01.30	YES	Using a SMED cart
	open the machine	00.00.57	NO	
	Unscrew the screws	00.00.33	NO	
	use the jig to disassemble die	00.01.00	NO	
	use the jig to disassemble the core pin	00.02.00	NO	

Removing head of material	Take the tools and the jig necessary to remove the head of material	00.01.30	YES	Using a SMED cart
	with the help of the piston push the material outwards	00.01.30	NO	
	stop the piston	00.00.10	NO	
	With the help of the tools push the material outside	00.02.40	NO	
	close a bit the door of the machine	00.01.00	NO	
	start the piston again	00.00.55	NO	
	stop the piston	00.00.10	NO	
	take the material	00.01.00	NO	
	place it in the cart	00.00.43	NO	
Cleaning the piston	take the tool to clean the piston	00.01.30	NO	
	insert it into the machine	00.01.04	NO	
	clean it	00.10.07	NO	
	remove the tool	00.01.00	NO	
	put the tool back	00.01.30	NO	
Place core pin and die	collect core pin and die	00.01.00	YES	Using a SMED cart
	carry them close to the machine	00.00.30	YES	Using a SMED cart
	mount the core pin	00.01.30	NO	
	mount the die	00.01.00	NO	
	screw the screws	00.00.33	NO	
Load the rolls in the Barwell	place the rolls on the machine	00.01.20	NO	
	push them to the bottom	00.00.30	NO	
	close the machine	00.00.21	NO	
Adjust the production till the next good parts	adjust the speed of the machine	00.00.40	YES	Using feedback system to automatize adjustment
	adjust the pressure	00.00.30	YES	Using feedback system to automatize adjustment
	adjust the temperature	00.00.30	YES	Using feedback system to automatize adjustment
	adjust the knife	00.00.40	YES	Using feedback system to automatize adjustment
	start the production	00.00.20	NO	
	take sample and weight them	00.00.23	NO	
	continuing adjusting the parameters till reach the target	00.01.46	YES	Using feedback system to automatize adjustment

*Tabella 7 - Convertire azioni interne in esterne*

La Tabella 7 analizza tutte le attività elementari delle azioni interne ed in base a queste, suggerisce in che modo ridurre il tempo destinato al cambio produzione.

In questa prima analisi sono proposti cambiamenti considerando la possibilità di esternalizzare alcune delle attività della lista. Si sono valutate 2 possibili soluzioni in questa fase *Removing die and core pin*, e si è provveduto a suggerire due migliorie:

-La prima riguarda l'utilizzo dello *SMED cart* per ridurre i tempi di ricerca degli strumenti necessari per disassemblare, assemblare e fissare componenti della macchina per estrusione.

Avere tutti gli strumenti e gli attrezzi necessari vicini al posto di lavoro, ordinati e classificati, permette di ridurre il tempo destinato alla ricerca degli stessi nell'area di lavoro. Con questo semplice cambio si permette di ridurre il tempo utilizzato per questa attività a 0 minuti. Questa attività richiedeva 1.30 minuti in quanto ogni operaio aveva la propria cassetta degli attrezzi con utensili non standard e quindi non completa del necessario per svolgere l'attività di cambio produzione. Ciò faceva in modo che risultasse necessario abbandonare l'operazione di set-up una volta iniziata per andare alla ricerca degli strumenti essenziali. Con il carrello SMED, l'operaio ha tutto il necessario vicino la macchina e può svolgere questa attività senza sprechi di tempo. Per la realizzazione di questi carrelli è risultato necessario lavorare con gli operai addetti al set-up e con i supervisor di produzione in modo da avere una lista dettagliata di tutti gli utensili necessari per ogni tipo di cambio produzione. Ogni carrello è dotato di *shadowboard* in modo da rendere visivamente più semplice notare l'assenza di qualche strumento prima dell'inizio del set-up.



Figura 21 - Esempi di SMED cart

-La seconda miglioria riguarda l'implementazione dell'*automatic feedack system*, ovvero un sistema che è in grado di aggiustare i parametri della produzione in maniera automatica. La situazione attuale prevede che prima di partire con la produzione l'operaio debba aggiustare, la velocità e la pressione esercitata dal pistone, la temperatura della macchina e la precisione della lama. Tutte queste operazioni richiedono un tempo totale pari a 2.86 che si ridurrebbe a 0.50 con l'applicazione di questo software. Nel database vengono caricati tutti i parametri adatti ai vari tipi di prodotto che si intendono realizzare, una volta completato il caricamento di tutti questi dati, la macchina è pronta per una produzione automatica. In pratica, ciò consiste nell'inserire nel software il tipo di *part number* che si intende produrre e quest'ultimo automaticamente aggiusterà tutti i parametri automaticamente. Questo sistema è collegato ad una bilancia, quando si inizia la produzione basterà prendere dei campioni di prodotto e pesarli per controllare che siano dentro le specifiche. In caso di risposta negativa la macchina provvederà a sistemare uno o tutti i parametri al fine di ottenere il componente in tolleranza. Questo software permette di aggiustare i parametri molto velocemente e soprattutto

senza l'aiuto manuale dell'operaio che, essendo libero può iniziare la successiva azione, ovvero iniziare ad immagazzinare le preforme per il successivo macro processo, il *Compression Moulding*.



Figura 22 - Automatic Feedback system

Con queste conversioni delle azioni da interne ad esterne si riesce a risparmiare 08:36 minuti arrivando ad un tempo totale di 33:46 per le azioni interne come mostrato nella Figura 23.

MAIN ACTIVITIES	Removing head of material	Place corepin and die	Cleaning the piston	Removing corepin and die	Load the rolls in the Barwell	Adjust the production till the next good part	
INTERNAL	X	X	X	X	X	X	TOTAL TIME
TIMINGS	00:08:08	00:03:03	00:15:11	00:04:30	00:02:11	00:00:43	00:33:46

Figura 23 - Tempo attività interne

Esternalizzare alcune attività riduce i tempi per le operazioni interne e di conseguenza si avrà una riduzione del tempo destinato al Changeover che giunge a 01:12:11.

### 3.1.2 Miglioramenti nei set-up interni

Dopo aver esternalizzato quante più attività possibili si passa alla successiva fase dello SMED, ovvero cercare delle possibili migliorie sulle rimanenti attività interne.

MAIN INTERNAL ACTIVITIES	ACTIVITIES	TIMINGS	OPTIMIZING YES/NO	HOW
Removing core pin and die	open the machine	00.00.57	NO	
	Unscrew the screws	00.00.33	YES	Using different modality of closure
	use the jig to disassemble die	00.01.00	NO	
	use the jig to disassemble the core pin	00.02.00	NO	
Removing head of material	with the help of the piston push the material outwards	00.01.30	YES	modification in the piston
	stop the piston	00.00.10	YES	
	With the help of the tools push the material outside	00.02.40	YES	
	close a bit the door of the machine	00.01.00	YES	
	start the piston again	00.00.55	YES	
	stop the piston	00.00.10	YES	
	take the material	00.01.00	YES	
	place it in the cart	00.00.43	YES	
Cleaning the piston	take the tool to clean the piston	00.01.30	YES	Place it closer
	insert it into the machine	00.01.04	NO	
	clean it	00.10.07	NO	
	remove the tool	00.01.00	NO	
	put the tool back	00.01.30	NO	
Place core pin and die	mount the core pin	00.01.30	NO	
	mount the die	00.01.00	NO	
	screw the screws	00.00.33	YES	Using different modality of closure
Load the rolls in the Barwell	place the rolls on the machine	00.01.20	NO	
	push them to the bottom	00.00.30	NO	
	close the machine	00.00.21	NO	
Adjust the production till the next good parts	start the production	00.00.20	NO	
	take sample and weight them	00.00.23	NO	

Tabella 8 - Ottimizzazioni delle attività interne

Nella Tabella 8 vengono mostrate le ottimizzazioni proposte per ridurre il tempo dedicato allo svolgimento delle attività interne.

-L'utilizzo di differenti modalità di chiusura e apertura dello sportello di sicurezza della macchina.

Prima di poter accedere al vano contenente la matrice e il core pin la macchina è dotata di uno sportello di sicurezza che delimita la zona di accesso quando la macchina è in funzione. Questo vano contiene anche la lama che permette di realizzare le preforme ed è quindi necessario avere una struttura che delimiti la zona a cui è possibile accedere o meno. È stato suggerito l'utilizzo di un gancio che al posto di tre viti da svitare permette un'apertura più semplice e rapida riducendo il tempo impiegato a svolgere quest'attività a soli 00.00.05 secondi.



Figura 24 – Gancio

-Il riposizionamento del *Tool* vicino la zona di utilizzo.

Nella fase di *Cleaning the piston* viene utilizzato un particolare *tool*, *clean industrial pipe*, per la pulizia dell'interno del pistone, composto da una spazzola rotante azionata da un motore e un lungo asse necessario per permettere al *tool* di arrivare fino alla fine del pistone. E' fondamentale la

pulizia del pistone al fine di evitare contaminazioni durante il cambio di produzione. Essendo molto pesante risulta difficile da manovrare e la posizione fisica dello strumento all'interno della pianta di produzione determina uno spreco di tempo considerevole. Si è perciò ridefinito un suo spazio vicino l'area di interesse, garantendo una riduzione del tempo dedicato alla collezione del *tool* pari a 00:00:30.



Figura 25 - Clean industrial pipe

-La modifica al pistone della macchina per estrusione

Con riferimento alla fase successiva, *Removing head of material*, è stata considerata la possibilità di modificare la parte finale del pistone della macchina per estrusione realizzando su di essa una contro forma della parte finale della macchina contenente la matrice. In questo modo si ridurrebbe al minimo la quantità di materiale rimanente dentro il pistone da circa 20 kg a circa 1 kg, eliminando il processo di rimozione della *head of material*, *mill the*

*head of material, store the excess material* riducendo così i tempi che non apportano valore al prodotto finale. Tale modifica oltre a ridurre i tempi di changeover permetterebbe di guadagnare anche più spazio in pianta di produzione in quanto si eliminano i magazzini temporanei dove si immagazzina il materiale rilavorato. Nel paragrafo successivo verranno descritte le fase preparatorie per la realizzazione dei prototipi ed i primi risultati ottenuti.

La possibilità di eliminare questi 3 processi permetterebbe di ridurre il tempo totale di Changeover da 01:12:11 a 00:54:16.

### 3.1.3 Prototipi

Nel precedente capitolo è stata introdotta la miglioria concernente le modifiche da realizzare nella parte finale del pistone della macchina per estrusione.

Analizzando dettagliatamente il *Changeover* si è notato che il materiale che rimanente dentro il cilindro della macchina ha come forma quella della parte finale della macchina per estrusione contenente la matrice.



Figura 26 - Da sinistra: la parte finale del pistone (*dummy block*), di seguito la *head of material* che rimane dentro la macchina e la parte finale contenente la matrice

Il materiale che rimane dentro il macchinario ha un peso di circa 20 kg e necessita di essere rilavorato nella *Open rubber milling machine* prima di essere correttamente immagazzinato. Tutte queste operazioni non apportano valore al prodotto finale ed è perciò che l'attenzione si è posta su di esse.

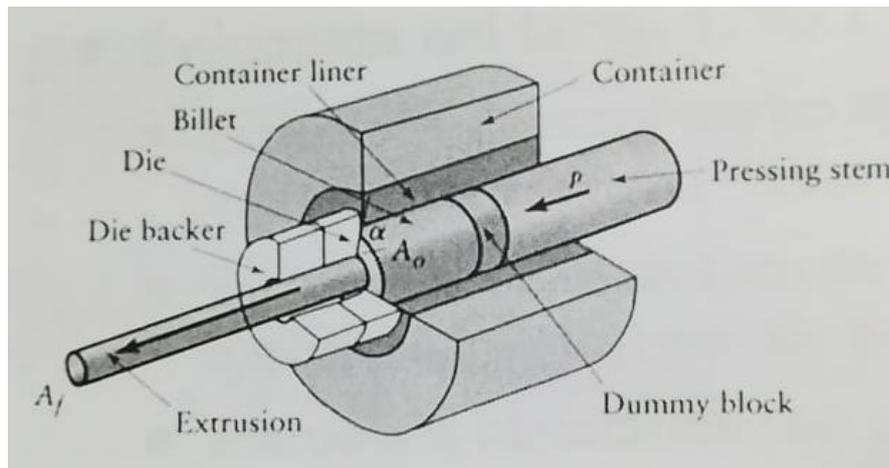


Figura 27 - Processo di estrusione all'interno della macchina

La modifica che si intende realizzare riguarda il *Dummy block* creando una forma conica per ridurre l'eccesso di materiale che rimane dentro la macchina.

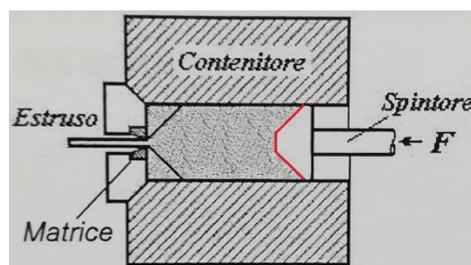


Figura 28- Vista laterale

Come si può notare dalla Figura 28, la parte finale del pistone o spintore risulta avere una contro forma della parte finale della corsa contenente la matrice. Si è provveduto alla realizzazione di diversi disegni per i vari prototipi realizzati in scala con la stampante 3D. Vari sono gli scopi per la realizzazione

di prototipi ma in questo caso il fine ultimo è di creare dei prototipi concettuali che permettano di valutare la geometria del pezzo e di analizzare eventuali problemi tecnici.

	Conceptual prototype	Functional prototype	Technical prototype	Pre-series prototype
AIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometry evaluation</li> <li>• Assembly Test</li> <li>• Analysis of technical issues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluation of performances by functional tests</li> <li>• Optimization of the product for its function</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluation of product performances and process</li> <li>• Optimization of fabrication techniques</li> </ul>	Final evaluation of the product (only small changes are admitted)
MATERIAL	Any	Similar	Very Similar	Final
FABRICATION TECHNIQUE	Any	Any	Similar	Final

Figura 29 - Differenti scopi per la prototipazione

Il materiale polimerico utilizzato per la creazione dei prototipi è il PLA<sup>25</sup>. Per la realizzazione di questi modelli si è provveduto a prendere le misure sulla macchina in questione ed a cercare innovativi modi per attaccare il componente alla macchina.

### 3.1.3.1 Differenti modi di estrusione

Il processo per la realizzazione del prototipo inizia con un modello di software che descrive completamente la geometria esterna del pezzo. Si possono utilizzare quasi tutti i software CAD per la modellizzazione solida, ricordando che l'output deve essere un solido o una superficie 3D. Successivamente, bisogna convertire questo documento in un file STL

<sup>25</sup> PLA (Acido Polilattico) materiale biodegradabile e compostabile derivante da zuccheri presenti nel mais, barbabietola e canna da zucchero.

(*Standard Triangulation Language*)<sup>26</sup> che provvede a descrivere le superfici chiuse esterne del modello CAD originale e costituisce la base per il calcolo delle porzioni in cui verrà suddiviso. A questo punto il file STL che descrive la parte viene trasferito alla stampante 3D. Il file subisce delle manipolazioni in modo da trovare la dimensione corretta, la posizione e l'orientamento per la costruzione del pezzo e tre sono quindi le fasi principali: *support*, *slicing*, *part orientation*. I supporti sono un mezzo normalmente usato per tenere in posizione particolari geometrie. Vengono generalmente calcolati e aggiunti alla parte dal software del sistema e può essere formato dello stesso materiale della parte o di un materiale diverso. I supporti vengono rimossi meccanicamente o dissolti nelle operazioni secondarie prima che la parte possa essere utilizzata. Lo *slicing* viene effettuato dal file stl che divide la parte in vari piani e fette ed infine si ha la *Part Orientation* che indica lungo quale direzione si costruirà il pezzo. Vengono realizzate tutte le sezioni fino alla creazione del prototipo e alla rimozione di tutti i supporti con successiva finitura.

I vantaggi di questo tipo di manifattura sono innumerevoli:

- Libertà, ergonomia nel design del pezzo
- Leggerezza nella struttura
- Customizzazione del prodotto
- Un' unica macchina, illimitate forme
- No uso a particolari strumenti
- Intervento ridotto degli operai
- Tempo e costo relazionati con la dimensione e non con la complessità

---

<sup>26</sup> **STL**: Rappresenta l'estensione di un file per la prototipazione rapida. L'estensione .stl rappresenta un solido la cui superficie viene descritta in triangoli.  
[https://it.wikipedia.org/wiki/STL\\_\(formato\\_di\\_file\)](https://it.wikipedia.org/wiki/STL_(formato_di_file)) (Ultima visualizzazione Giugno 2019)

Sono anche presenti dei limiti quali:

- Tasso di costruzione basso
- Le dimensioni della macchina limitano le dimensioni del pezzo
- La velocità della macchina è limitata
- Superfici troppo complesse necessitano di troppe strutture
- Finitura superficiale richiesta
- Numero limitato di materiali polimerici disponibili

Numerosi sono i diversi processi per la realizzazione dei prototipi in accordo con il materiale usato.

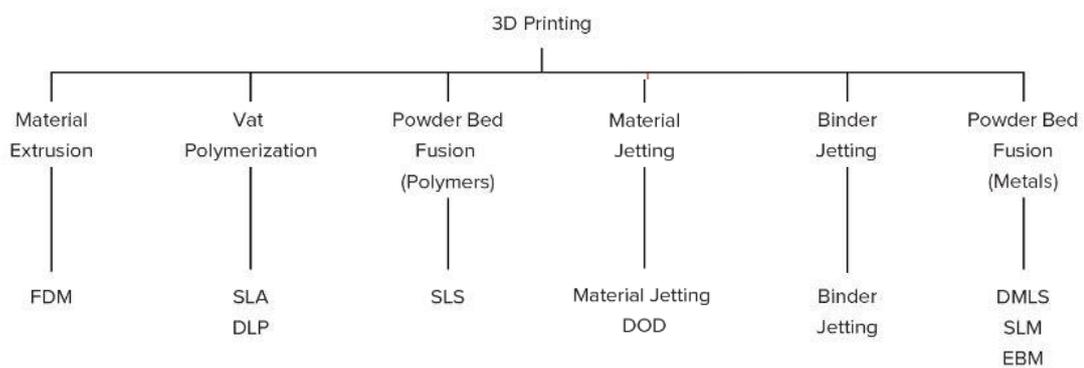


Figura 30 - I diversi processi del 3D printing (fonte: <https://www.3dhubs.com>)

*Vat Photopolymerization*: processo realizzato con polimeri o materiali ceramici la cui principale applicazione è la realizzazione di oggetti fisici da testare prima della reale produzione industriale. Tale processo è realizzato da un polimero liquido in un vasca che viene solidificato selettivamente grazie ad un fascio luminoso che attiva la polimerizzazione.

*Material Jetting*: processo realizzato con materiali fotopolimerici termoindurenti (acrilici) che si presentano in forma liquida la cui principale applicazione è in campo medico. Questo processo prevede una testina di

stampa che dispensa goccioline di un materiale fotosensibile che solidifica sotto la luce ultravioletta (UV), creando una parte strato per strato.

*Binder jetting*: processo realizzato con metalli, sabbia e ceramica in forma granulare la cui applicazione riguarda la fabbricazione di prototipi a colori e la produzione di grandi stampi e parti metalliche stampate 3D a basso costo. In questo processo un legante viene depositato selettivamente sul letto di polvere, unendo insieme queste aree per formare una parte solida uno strato alla volta.

*Material extrusion*: i materiali utilizzati sono polimeri termoplastici e sono disponibili in forma di filamento e l'applicazione principale è la prototipazione. Con questo processo un oggetto è costruito depositando selettivamente materiale fuso in un percorso predeterminato strato per strato.

*Powder bed fusion*: i materiali utilizzati sono polimeri termoplastici che si presentano in forma granulare in SLS<sup>27</sup> e metalli in forma granulare per SLM<sup>28</sup> e DMLS<sup>29</sup>. In tale processo un laser sintetizza in modo selettivo le particelle di una polvere polimerica, fondendole insieme e costruendo una parte strato per strato.

### **3.1.3.2 Realizzazione prototipi**

Per la realizzazione dei prototipi si è provveduto ad usare il processo di *Material extrusion* ed il materiale impiegato è il PLA. Sono prototipi concettuali il cui scopo è quello di osservare il prodotto in 3D studiando la geometria e osservando possibili problemi tecnici. Questi tipi di prototipi sono forti e

---

<sup>27</sup> **SLS**: Selective Laser Sintering

<sup>28</sup> **SLM**: Selective Laser Melting

<sup>29</sup> **DMLS**: Direct Metal Laser Sintering

durevoli ma hanno delle limitazioni circa le caratteristiche funzionali. Per la creazione dei prototipi, come prima accennato, si è provveduto a prendere le misure dell'attuale macchina e a riportarle in scala 3x, in quanto le dimensioni della stampante non permettevano la riproduzione di oggetti di dimensioni superiori. Seguendo le indicazioni fornite dalle misurazioni si è provveduto alla realizzazione dei disegni tecnici e alla successiva realizzazione dei prototipi con la stampante 3D. Varie sono state le prove e i successivi aggiustamenti dovuti a cambiamenti nelle dimensioni e nella forma fino al raggiungimento di quelle più adatte (ALLEGATO A).



*Figura 31 - Prototipi*

Lo scopo dei suddetti prototipi è stato quello di emulare la forma del materiale che rimane dentro la macchina alla fine della corsa del pistone in modo da ridurre lo spreco e le rilavorazioni al minimo, se non azzerarle.



*Figura 32 - Da sinistra: head of material e di seguito prototipi finali*

La prototipazione concettuale aiuta a verificare, prima della realizzazione del prodotto finale, se le caratteristiche tecniche e dimensionali corrispondono a quelle desiderate e permette di intervenire con delle modifiche senza sprechi di investimenti. Ciò serve ad esprimere meglio un concetto e descriverlo in maniera completa. Inoltre, si è pensato di cambiare la parte finale del pistone come mostrato in Figura 33.



*Figura 33 - Modifiche nella parte finale del pistone*

Questa filettatura permetterà di accogliere la parte superiore del prototipo  
Ovvero la contro forma della parte finale della macchina per estrusione  
contenente la matrice.

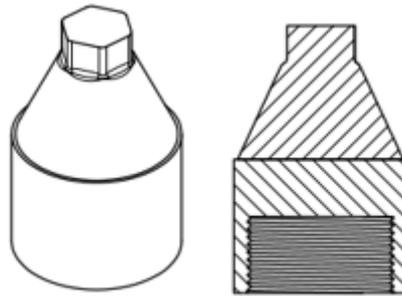


Figura 34 - Parte superiore del prototipo

### 3.1.4 Miglioramenti nei set-up esterni

Con riferimento alle attività esterne si è pensato ad ulteriori modifiche da poter realizzare per ottimizzare e ridurre il tempo destinato al *Changeover*.  
Analizzando le operazioni esterne svolte si è cercato di focalizzare l'attenzione sulle operazioni che non apportano valore al prodotto finale, come il processo effettuato dalla *Open rubber milling machine* per convertire le lamine di materiale in rotoli pronti per essere inseriti all'interno della macchina per estrusione.

Considerando che il materiale utilizzato nella pianta di produzione di Hal-Far arriva dallo stabilimento di Marsa in lamine, si è pensato di spostare la realizzazione dei rotoli direttamente dove viene creato il mix di materiale.

Il processo effettuato dalla *Open rubber milling machine* ha un duplice compito ovvero la realizzazione dei rotoli di materiale e il riscaldamento degli stessi.

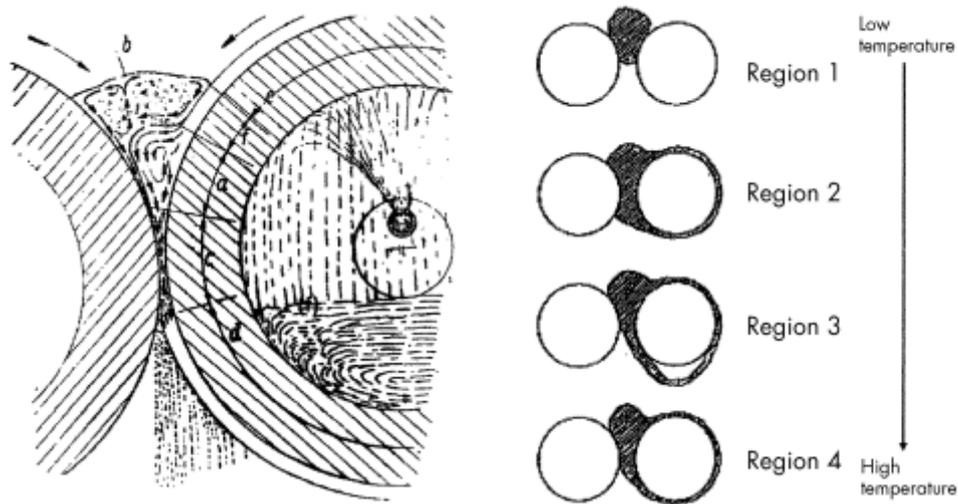


Figure 35 – Lavorazione della gomma nella *Open rubber milling machine* (fonte: *Mill Behaviour of Rubber on Two Roll Mill with Temperature- Hiroyuki Ohtsuka<sup>1</sup> and Michiharu Toh*)

Riscaldare il materiale è di estrema importanza in quanto permette la corretta realizzazione delle Preforme una volta caricati i rotoli di materiale nella macchina per estrusione. La macchina per estrusione lavora a temperature di circa 85°C in media. Il materiale lavorato nella *Open rubber milling machine* riscaldandosi, raggiunge una temperatura media di 80 °C, successivamente si creano i rotoli di materiale ed infine vengono inseriti nella macchina per estrusione.

Si sono condotte delle valutazioni considerando i *long runner* di produzione, in particolare focalizzandosi su tre *compounds* 9711,9800 e 9808. Si è richiesta la produzione a Marsa dei rotoli e come metodo di riscaldamento si è deciso di usare dei forni industriali.

Si sono raccolti i dati durante tre settimane studiando il comportamento della gomma con il riscaldamento avvenuto dentro il forno. Il *setting* del forno prevedeva una temperatura di 85°C per una permanenza media dei rotoli di materiale all'interno del forno pari a 5 ore.



Figura 36 - Posizionamento dei rolli di materiale all'interno del forno industriale

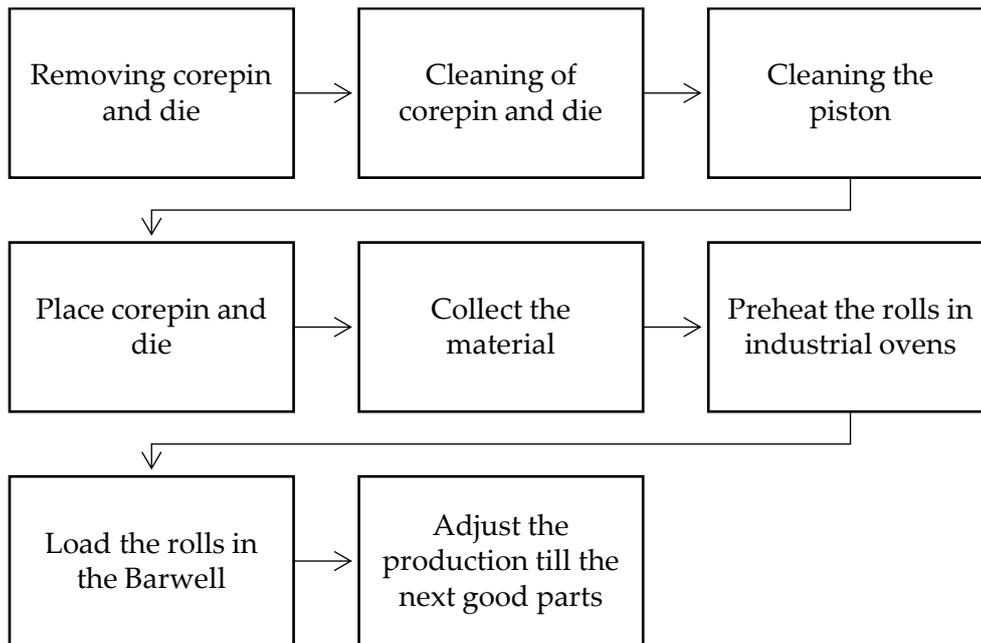
Ciò prevedeva che prima del reale utilizzo, gli operai dovevano organizzare il lavoro in anticipo ed era necessaria una certa coordinazione con il team manager al fine di gestire al meglio la produzione garantendo continuità. I rolli dopo aver trascorso 5 ore all'interno del forno raggiungono sia esternamente che internamente, una temperatura media di 85°C, il che li rende adatti al proseguimento del flusso di operazioni. Non si sono riscontrati problemi durante la produzione, le varie parti non risentivano del processo di riscaldamento del materiale. Ciò ha consentito di espandere le valutazioni sugli altri materiali in uso in pianta. Tale miglioria potrebbe apportare un'ulteriore riduzione del tempo di Changeover rendendo innecessaria l'operazione che avviene nella *Open rubber milling machine* riducendo ulteriormente il tempo di set-up di 21:11 minuti.

Mill the material for rolls	switched on the machine	00:00:50	00:21:11
	set the machine	00:03:10	
	place the material	00:12:11	
	create rolls	00:04:00	
	place them into the carriage	00:00:30	
	carry them to the estrusion machine	00:00:30	

Figure 37 - Attività elementari della creazione dei rolli di materiale

### 3.1.5 Flusso delle attività del Changeover

Il flusso del processo di Changeover è cambiato e la seguente tabella mostra come è articolato.



*Tabella 9 - Flusso delle attività durante il Changeover*

La tabella 10 riassume le attuali riduzioni di tempo con i cambi effettuati, comprensivi di esternalizzazione delle azioni interne e delle successive migliorie proposte.

<b>Changeover</b>	01:19:57
<b>Changeover with externalization</b>	01:12:11
<b>Changeover with improving on internal activities</b>	00:54:16
<b>Changeover with reduction of external activities</b>	00:33:05

*Tabella 10 - Riepilogo riduzione Changeover*

Si raggiunge un decremento del tempo totale di *Changeover* maggiore al 25%, riuscendo così a raggiungere l'obiettivo.

### 3.1.6 Analisi economica

Si è infine calcolato l'aspetto economico della riduzione del tempo di *Changeover*, considerando un prezzo medio per O-Ring di € 0,10 e una produzione media oraria della macchina per estrusione di circa 9000 pezzi.

Average cost of O-Rings	€ 0.10
Hourly volume produced in FIS	9000
Initial Changeover Time	01:19:57
Final Changeover Time	00:33:05
Amount lost during initial Changeover	12000
Amount lost during final Changeover	4950
Losses with initial changeover time	€ 1,200.00
Losses with final changeover time	€ 495.00

Tabella 11 - Totale perdite generate dal tempo impiegato per il *Changeover*

Si sono calcolate le quantità totali di mancata produzione derivate tra i 2 *Changeover* ed infine i costi associati ad esse. Con la riduzione del tempo di *Changeover* si riesce ad arrivare ad una diminuzione del 58,75 % delle perdite di guadagno totali.

## Capitolo 4

### Considerazioni future

#### **4.1 Stato di avanzamento del progetto**

Considerando le varie modifiche proposte e i miglioramenti definiti nel capitolo precedente si è notato come il tempo di *Changeover* potesse diminuire considerevolmente di oltre il 25% rispetto a quello iniziale.

Alcune modifiche proposte risultano di facile implementazione, come l'adozione di carrelli SMED, il riposizionamento vicino la zona di utilizzo del *Tool* per la pulizia del cilindro della macchina per estrusione, la differente modalità di chiusura e apertura dello sportello di sicurezza della macchina per estrusione e il sistema di feedback automatico. Tali migliorie hanno avuto un rapido consenso garantendo la quasi immediata implementazione nel luogo di lavoro.

Per quanto concerne la modifica del pistone proposta per la macchina di estrusione ed il cambiamento della modalità di caricamento dei Barwell, ovvero i rotoli preriscaldati in forni industriali piuttosto che lavorati con la *Open rubber Milling Machine*, il percorso è differente.

Infatti, i progetti risultano essere tuttavia in fase di approvazione. Sono state realizzate varie riunioni con i dipartimenti di Health and Safety e con i referenti della azienda di Marsa per discutere su varie problematiche che potrebbero insorgere e per definire il nuovo Action Plan.

## CONCLUSIONE

Questo studio mostra che la metodologia SMED può essere efficacemente applicata per ridurre le attività di set-up svolte in uno stabilimento manifatturiero.

Concetti come flessibilità, velocità e precisione risultano essere di fondamentale importanza se lo scopo è l'ottimizzazione della gestione dei processi di produzione. Per applicarli è necessario cambiare la modalità di organizzazione, passando da un'impostazione più tradizionale ad una più aperta ed innovativa dove la flessibilità dipende dal fattore umano e da una buona ingegnerizzazione. Al giorno d'oggi di vitale importanza per un'azienda che vuole rimanere competitiva nel mercato, è la flessibilità che garantisce la completa soddisfazione della domanda dei clienti sempre più esigenti. Per focalizzarsi sulla flessibilità è necessario che un'azienda sia disposta ad investire in attività che mirano alla diminuzione dei tempi di *set-up*, esternalizzando quando possibile, la maggior parte delle attività interne attraverso operazioni di pre-setting esterno o attraverso l'utilizzo della metodologia SMED.

Questo progetto ha permesso di analizzare ed evidenziare tutte le iterazioni fra i vari reparti e avere un ampio respiro e controllo sui processi produttivi svoltisi nello stabilimento. Inoltre ha permesso il raggiungimento di obiettivi aziendali, quali l'aumento della produttività e una riduzione delle perdite economiche.

Introdurre la metodologia SMED nel dipartimento *FIS-Fuel Injection Systems* ha permesso di ottimizzare i processi garantendo tempi di cambio produzione molto brevi ma soprattutto ha consentito di formare gli operai sulle conseguenze di set-up elevati e sui criteri per ridurli. L'aiuto fornito dagli

operai durante questo periodo è stato realmente prezioso in quanto conoscendo in prima persona i differenti macchinari hanno fornito consigli utili per l'implementazione delle varie migliorie. Hanno risposto bene al cambio dei processi produttivi anche perché le nuove procedure sono state redatte con il loro contributo.

I risultati ottenuti con l'implementazione delle migliorie suggerite nei capitoli precedenti sono stati abbastanza soddisfacenti, in quanto hanno permesso di aumentare la produttività nel dipartimento in questione e ridurre gli sprechi di produzione.

Si è ottenuto una riduzione del tempo di set-up del 58,75% andando oltre il target prestabilito del 25%. In questo modo è aumentata la produttività e sono diminuite le perdite economiche dovute al fermo macchina.

Attualmente solo parte delle migliorie sono state applicate nell'impianto mentre altre aspettano l'approvazione e le successive fasi per la finale implementazione.

In conclusione, solo un processo di miglioria continua può portare ad avere grandi risultati. Standardizzare e ottimizzare i processi, ridurre gli sprechi, lavorare in un ambiente ordinato, rispettare le istruzioni e una continua formazione del personale sono la base di un'azienda che mira al futuro e che cerca di farlo in maniera efficiente.

## BIBLIOGRAFIA

- Hiroyuki Ohtsuka<sup>1</sup> and Michiharu Toh, *Mill Behaviour of Rubber on Two Roll Mill with Temperature*, Japan, 2015
- Pearson H.C., In "Rubber Machinery", The India Rubber World, New York, p.59 1915
- The Productivity Press Development Team, *SMED. La chiave della flessibilità*, Firenze, 2013
- Chris Rauwendal, *Polymer Extrusion 5E*, Germany, 1986
- E. Pedemonte, *Fondamenti di struttura, proprietà e tecnologia dei polimeri*, 2011
- Urs B. Meyer, Simone E. Creux, Andrea K. Weber Marin *Process Oriented Analysis: Design and Optimization of Industrial Production Systems*, 2006

## SITOGRAFIA

- <http://www.treccani.it/enciclopedia/vulcanizzazione/>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Vulcanizzazione>
- <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/smed.html>
- [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa\\_3D](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa_3D)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_filament\\_fabrication](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication)
- <https://www.trelleborg.com/en/about--us>
- <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=1775724&fileOId=1775767>
- <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/tss-vision>
- <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/tss-vision>
- <https://www.tss.trelleborg.com/it-it/about-us/manufacturing-capabilities>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/One\\_stop\\_shop](https://en.wikipedia.org/wiki/One_stop_shop)
- <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html>
- <https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/kitting/>
- <https://www.nqa.com/en-gb/certification/standards/iatf-16949>
- <https://asq.org/quality-resources/iso-14001>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_moulding](https://en.wikipedia.org/wiki/Injection_moulding)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Compression\\_molding](https://en.wikipedia.org/wiki/Compression_molding)
- <https://www.3dhubs.com>
- [https://it.wikipedia.org/wiki/STL\\_\(formato\\_di\\_file\)](https://it.wikipedia.org/wiki/STL_(formato_di_file))
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute\\_exchange\\_of\\_die](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute_exchange_of_die)

## RINGRAZIAMENTI

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

*Innanzitutto, vorrei ringraziare la Prof.ssa Eleonora Atzeni, relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi, e per tutto l'aiuto fornito durante la stesura.*

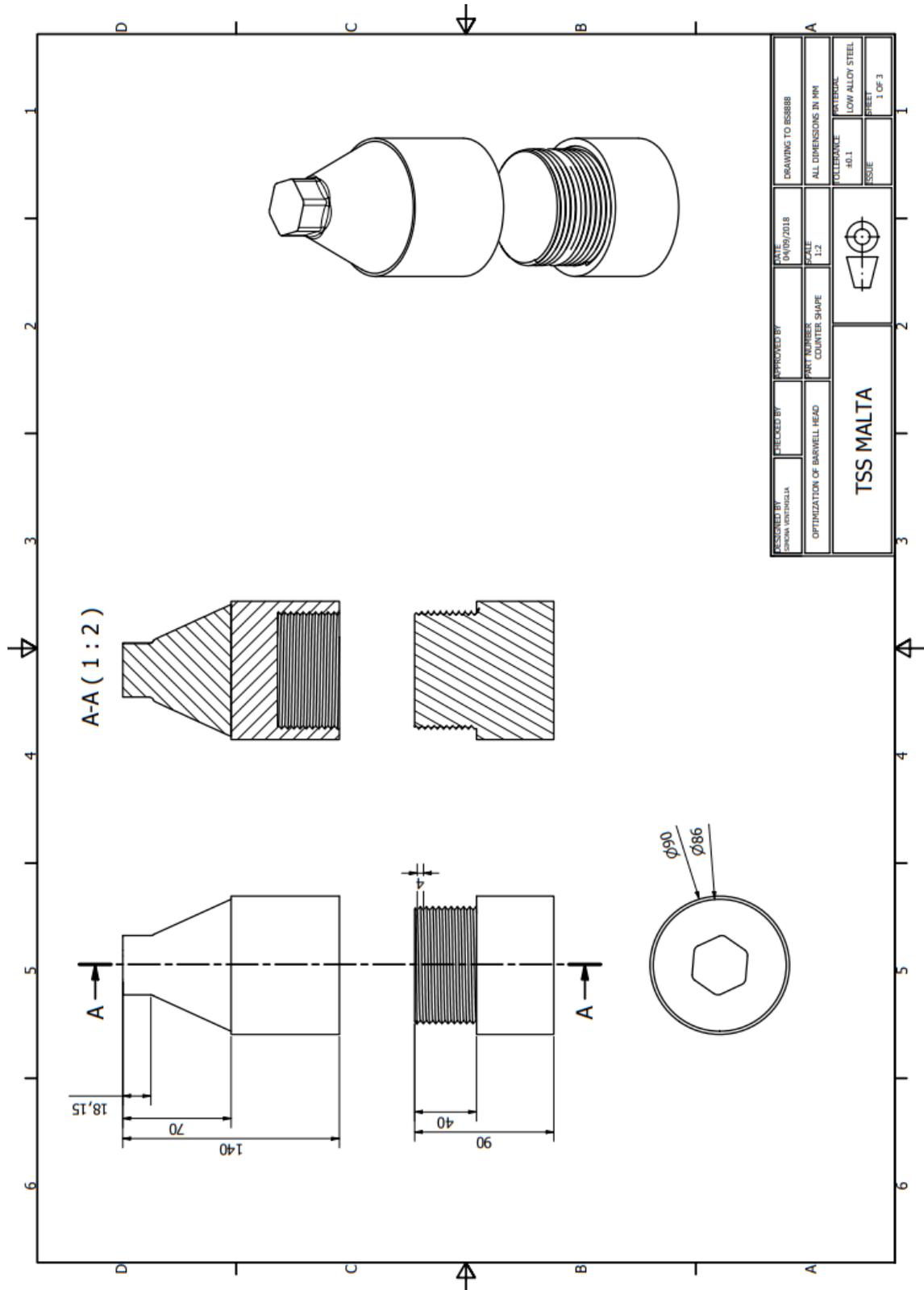
*Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia. Grazie per supportarmi in ogni mia scelta, per darmi fiducia e per credere sempre in me. Senza il vostro aiuto probabilmente non sarei quella che sono.*

*Un sentito ringraziamento è destinato a mia sorella, per la sua sconfinata pazienza e per la sua costante presenza nella mia vita. Grazie per il tuo sostegno e le belle parole, i momenti difficili si azzerano in un momento con te.*

*Un caloroso ringraziamento va a mia nonna per la comprensione, l'amore che mi dimostra, per i consigli e la sconfinata saggezza.*

*Desidero inoltre ringraziare i miei amici storici, Antonella, Eugenio, Roberta e Serena. Grazie per essere sempre presenti nonostante le grandi distanze che ci separano. Grazie per l'appoggio, le lunghe chiacchiere e per tutti i momenti condivisi. Grazie di continuare a far parte della mia vita dopo tutto questo tempo.*

# APPENDICE A



DESIGNED BY DIPLOMA VENTURIELLA	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE 04/09/2018	DRAWING TO BS8888
OPTIMIZATION OF BARWELL HEAD		PART NUMBER COUNTER SHAPE	SCALE 1:2	ALL DIMENSIONS IN MM
TSS MALTA				TOLERANCE
				±0.1
				MATERIAL LOW ALLOY STEEL
				SHEET 1 OF 3

