



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Collegio di Ingegneria Gestionale – Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea magistrale

**Applicazione metodo MFID per l'ottimizzazione dei flussi di materiale
Caso studio: industrializzazione modulo termico motore veicoli elettrici
“P”**

Sessione di Laurea di Ottobre 2022

Relatore

Prof. Carlo Rafele

Candidato

Chiara Emmolo

A mio padre, il mio angelo custode.

A mia madre, la mia roccia.

Sommario

INTRODUZIONE	10
1. CONTESTO AZIENDALE, PUNTI DI FORZA E DI DEBOLEZZA.....	14
1.1 PROCESS DEVELOPMENT	16
1.2 VISION E MISSION	18
1.3 PRINCIPALI COMPETITORS DI DENSO TS	19
2. ANALISI DEI FLUSSI DI MATERIALE E INFORMAZIONE	21
2.1 IL PENSIERO SNELLO	21
2.2 LE ORIGINI	23
2.3 I CONCETTI DEL LEAN THINKING	24
2.4 I PRINCIPI DEL LEAN THINKING	28
2.5 GLI SPRECHI	31
2.6 KAIZEN	35
2.7 MATERIAL FLOW INFORMATION DIAGRAM	36
2.1 PREPARAZIONE DELL'ANALISI DELLO STATO ATTUALE.....	37
2.2 MAPPATURA DELLO STATO ATTUALE DEL FLUSSO DI MATERIALE	38
2.3 MAPPATURA DELLO STATO ATTUALE DEL FLUSSO DELLE INFORMAZIONI	40
2.4 COMPrensione DEL PROCESSO DELLO STATO ATTUALE	41
2.5 DIMENSIONAMENTO DEL SUPERMARKET	43
2.7 APPLICAZIONE AL SETTORE AMBIENTALE	47
2.8 APPLICAZIONE AL SETTORE ECONOMICO	47
2.9 APPLICAZIONE AL SETTORE INDUSTRIALE	49
3. PROGETTO "P"	51
3.1 MODULI TERMICI	51
3.1.1 Funzionamento di un impianto di raffreddamento	52
3.1.2 Composizione modulo termico "P"	55
3.1.3 Radiatore.....	58
3.1.4 Condensatore	58
3.1.5 Processi di produzione degli scambiatori di calore.....	60
3.2 DENSO POLONIA.....	60
3.3 PROCESSI DEL MODULO "P"	64
3.3.1 Scambiatori	65
3.3.2 Stampaggio	69
3.3.3 Assemblaggio	72
3.4 STRUTTURA DEL PROGETTO	76

3.4.1	Mappatura dei flussi di materiale.....	76
3.4.2	Dati di input	79
3.4.3	Assunzioni industriali	82
3.4.4	Dimensionamento imballi/camion	84
3.4.5	Dimensionamento del numero di camion per asservimento cliente ..	85
3.4.6	Dimensionamento del numero di viaggi	88
3.4.7	Dimensionamento Buffer Buy	89
3.4.8	Dimensionamento WIP Moulding	90
3.4.9	Dimensionamento Buffer Radiator Assy	91
3.4.10	Dimensionamento stock prodotto finito	92
4	RISULTATI.....	95
4.1	DIMENSIONAMENTO IMBALLI/CAMION	95
4.2	NUMERO DI CAMION PER ASSERVIMENTO CLIENTE	96
4.3	DIMENSIONAMENTO DEL NUMERO DI VIAGGI	99
4.4	DIMENSIONAMENTO DEI BUFFER	99
4.5	DIMENSIONAMENTO DELLO STOCK DEL PRODOTTO FINITO	100
4.6	RISULTATI COMPLESSIVI	102
4.7	KPI LOGISTICI	106
5	CONCLUSIONI	108
5.1	GENERALI	108
5.1.1	Applicazione della mappa del flusso di valore per le organizzazioni IT	109
5.2	PERSONALI.....	111

PIANO DI DRAFT DELLA TESI

Titolo proposto:

Applicazione metodo MFID per l'ottimizzazione dei flussi di materiale

Caso studio: industrializzazione modulo termico motore veicoli elettrici "P".

Motivazione:

L'applicazione dell'MFID (Material Flow and Information Diagram) in fase di industrializzazione di un prodotto permette di evitare sprechi (di tempo, materiale, risorse) e di gestire i flussi in conformità con i principi della lean production. In particolare, il caso studio oggetto della presente tesi, applicato allo stabilimento polacco di Tychy, è considerato aziendalemente strategico da questo punto di vista in considerazione dei vincoli di costo, spazio e layout.

Scopo del lavoro di tesi:

L'obiettivo del presente studio è di applicare i principi dell'MFID all'industrializzazione del processo produttivo per la fornitura di Engine Cooling Modules per cliente AUDI, al fine di ottimizzare i flussi di materiale, l'impiego di manodopera indiretta, l'utilizzo dello spazio per i buffer e per lo stoccaggio del prodotto finito.

Obiettivi:

Obiettivi	Metodo/strumenti
Mappatura flussi di materiale	MFID/Visio
Calcolo stock ottimale	Bilancio dei flussi di componenti Concetti di takt time e production rate Associazione imballi per stock Excel
Calcolo manodopera indiretta di logistica	...

PIANO DI RICERCA

- Analisi dell'azienda e del settore di mercato.
- Studio del processo/prodotto oggetto del lavoro di tesi.
- Ricerca bibliografica applicazioni e metodologie MFID/MFA/Value Stream map.
- Analisi delle specificità del contesto industriale a cui applicare l'MFID, identificazione input-output e parametri.
- Delimitazione area industriale per processi a monte ed a valle, integrazione nel layout dello stabilimento.
- Identificazione delle aree nel layout industriale dedicate ai vari sottoprocessi, e punti di contatto tra i settori.
- Studio della Bill of Material del prodotto e associazione di ogni componente all'area di stoccaggio o di produzione specifica.
- Analisi del takt time dei vari sottoprocessi e calcolo del consumo di materia prima/materiali in ingresso, rateo di generazione di WIP, bilancio del prodotto finito in relazione ad assorbimento cliente;

- Schematizzazione tramite VISIO degli stock e dei flussi.
- Studio degli imballi specifici per ogni componente, per il WIP, per il PF, calcolo impilabilità e spazio occupato a terra.
- Calcolo dell'impiego ottimale degli indiretti di logistica, tempificazione tratte e percorsi di asservimento.
- Integrazione dei risultati nel contesto industriale ed aziendale specifico interfacciandoci con personale dello stabilimento, cross check delle assumption ed eventuale revisione.
- Stima dei costi della non-applicazione della metodologia MFID.

OUTLINE PROPOSTO DEL LAVORO DI TESI

L'obiettivo del lavoro di tesi è di applicare le metodologie di analisi dei flussi di materiale al contesto specifico dell'implementazione dei processi produttivi alla base della fornitura verso cliente P dei moduli termico motore della nuova piattaforma di veicoli elettrici.

La parte introduttiva ha lo scopo di trasmettere almeno per sommi capi le nozioni fondamentali della tecnica MFID/MFA che è ampiamente adoperata ormai in svariati campi molto eterogenei tra loro, con un focus sull'utilizzo specifico in ambito industriale. Verrà dedicato spazio all'identificazione dei parametri e degli input/output da considerare per questo contesto specifico, in quanto fondamentale ai fini del raggiungimento dell'obiettivo.

Altresì fondamentale descrivere il contesto aziendale la categoria merceologica dell'azienda DENSO Thermal Systems, con un focus più dettagliato sul prodotto oggetto della tesi, un sottosistema fondamentale all'interno del circuito integrato per la gestione del raffreddamento motore e della climatizzazione abitacolo. Come questo

prodotto è costituito a livello di BOM e di sottoprocessi per la produzione, è un capitolo fondamentale per la successiva analisi.

I flussi di materiale per loro natura devono essere analizzati in relazione all'ambiente circostante e nel contesto di integrazione con i magazzini. Per questo motivo verrà illustrato il layout del nuovo stabilimento DENSO Polonia e gli altri prodotti che l'azienda sta industrializzando in parallelo. Un focus sulle attrezzature/linea di produzione del progetto specifico e dove sono situate all'interno del layout generale è necessario per gettare le basi dei flussi.

Il "core" del lavoro è costituito quindi dalla schematizzazione, anche mediante software VISIO, dei flussi dei componenti e dei WIP (Work in Process, ovvero semilavorati di vario genere) tra i processi a monte e quelli a valle, e dall'identificazione dei relativi buffer di disaccoppiamento e di sicurezza. Un caso specifico è rivestito dal buffer di prodotto finito. Sia i buffer che i flussi sono stati accuratamente calcolati mediante fogli Excel in funzione del tasso di fornitura a cliente finale e del takt time e quindi dell'assorbimento delle attrezzature di produzione.

Una volta mappato il processo e calcolati i buffer ed i flussi, si è proceduto ad una stima di fabbisogno di manodopera indiretta di logistica derivante. Si è cercato di stimare anche l'equivalente fabbisogno di spazio e operatori logistici derivante dal mancato utilizzo delle tecniche MFID, per avere un'idea del ROI relativo all'applicazione sistematica di queste tecniche in ambito aziendale.

La conclusione cita molti altri casi pratici di applicazione potenziale, che potranno essere perseguiti in futuro in particolare in fase di industrializzazione ad avvio.

Introduzione

Il tirocinio è stato svolto presso il settore di supply chain, all'interno dell'azienda DENSO THERMAL SYSTEM, specializzata nella produzione nell'assemblaggio di unità di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata, e di moduli raffreddamento motori.

La Denso TS fa parte del gruppo di Denso Corporation, un produttore internazionale di sistemi integrati e componenti automobilistici, con sede a Kariya, nella prefettura di Aichi, in Giappone. L'azienda fa parte del gruppo Toyota, i suoi principali azionisti sono Toyota e Toyota Industries.

Il gruppo Denso conta 29 società ufficiali in più di 40 località in Europa, dislocate in due "regioni", Sud Europa (di cui fa parte l'HQ di Poirino) e Nord Europa.

La Denso Thermal System Sud Europa comprende accanto all'HQ di Poirino un grande stabilimento produttivo, nonché altri due plant situati in Italia, uno ad Avellino e uno a Cassino, ed anche numerosi siti produttivi dislocati in Spagna, Portogallo, Polonia, Marocco, India. In Nord Europa si annoverano due plant in UK, uno in Repubblica Ceca, uno in Turchia e l'HQ in Germania.

Infine, in South America, ci sono plant produttivi in Brasile ed Argentina.

In Figura 1, è mostrata una cartina del Nord Europa e del Sud Europa con i corrispettivi impianti produttivi. Per ogni stabilimento sopradescritto, inoltre, è possibile avere delle informazioni inerenti ai numeri dei dipendenti e ai metri quadri di estensione, ovvero:

- Betim (BRA), con estensione pari a 15.000 mq, 503 dipendenti;
- Cordoba (ARG), con estensione pari a 4.000 mq, 644 dipendenti;
- Farîdâbad (IND), con estensione pari a 1.500 mq, 371 dipendenti;
- Carmagnola (ITA), con estensione pari a 6.000 mq, 380 dipendenti;
- Avellino (ITA), con estensione pari a 12.000 mq, 560 dipendenti;
- Lisbona (POR), con estensione pari a 7.000 mq, 605 dipendenti;
- Poirino (ITA), con estensione pari a 23.000 mq, 586 dipendenti;

- Vigo (ESP), con estensione pari a 11.000 mq, 555 dipendenti;
- Tychy (POL), con estensione pari a 22.000 mq, 492 dipendenti;

Tutti questi stabilimenti, dal momento che fanno tutti parte della divisione “Thermal”, possiedono la stessa specializzazione, ovvero in design, industrializzazione e produzione di componenti del circuito di climatizzazione e raffreddamento motore del mercato automotive.



Figura 1: Dislocazione dei vari siti produttivi

Il tirocinio è stato svolto nel dipartimento di *process development*, che implica un'azione organica di attività finalizzate al raggiungimento di uno o più obiettivi di *bussiness*. Più nel dettaglio, sviluppare i processi vuol dire re-ingegnerizzarli in termini di velocità, qualità, costi e risultati, partendo da un'attenta analisi della situazione di partenza. Le azioni sono mirate a pianificare, gestire e ottimizzare i processi riguardanti la produzione di un determinato prodotto.

Durante questo periodo ho ricoperto il ruolo di *Material Flow Specialist*, affiancando i miei colleghi principalmente in tre progetti: dimensionamento dello stock di componenti ad alto valore che provengono da fornitori ad alto rischio, creazione di una metodologia per sfruttare le previsioni a lungo termine dei clienti e assicurarsi la fornitura di componenti a copertura, analisi e mappatura intralogistica (MFID/MFA/VSM) per industrializzazione modulo termico motore per veicoli elettrici cliente Audi.

Quest'ultimo è stato il progetto principale al quale mi sono dedicata, in quanto è in fase finale di industrializzazione presso un nuovo stabilimento Denso, situato a Tychy, in Polonia, e quindi richiede un'analisi di dettaglio in tempi brevi. Questa attività comporta numerosi vantaggi, tra cui l'ottimizzazione dello spazio dedicato al buffer, al material handling, al magazzino e all'asservimento delle linee di produzione.

L'elaborato è suddiviso in tre parti, oltre ad una descrizione introduttiva dell'azienda Denso Thermal System S.p.A. La prima parte è dedicata alla panoramica della metodologia MFID/MFA e alle sue principali applicazioni e finalità, la seconda parte verte sulla descrizione dell'applicazione specifica e della scelta della base dati fino alla metodologia seguita per lo studio; questa parte si chiuderà con il capitolo dei risultati, in cui saranno presentati gli *outcome* del progetto e come verranno integrati nella

nuova realtà produttiva dello stabilimento. In ultimo ci sarà un paragrafo in cui saranno esposte le conclusioni insieme a possibili direttrici per sviluppi futuri.

1. Contesto aziendale, punti di forza e di debolezza

DENSO Thermal Systems S.p.A. nasce nel 1987, come Magneti Marelli Climatizzazione, quando il Gruppo Fiat e la Magneti Marelli decidono di dedicarsi al settore nascente della climatizzazione del veicolo. Nel 1990 viene avviata una joint venture con DENSO Corporation (all'epoca Nippondenso), già leader mondiale del settore, che permette all'azienda di iniziare una fase di forte espansione, potenziando le strutture di ricerca, costruendo un patrimonio di tecnologia e competenze, rafforzando la propria presenza sui mercati europei, ampliando e moltiplicando le attività ed i siti produttivi. Nel 2001 DENSO acquisisce l'intera proprietà della Società, che assume la denominazione di DENSO Thermal Systems S.p.A. Questo consente all'azienda di entrare a far parte a pieno titolo del Gruppo, leader assoluto a livello mondiale nel settore dei sistemi termici per autoveicoli. DENSO Thermal Systems S.p.A. progetta, sviluppa, produce e vende sistemi di condizionamento, sistemi di raffreddamento motore, scambiatori di calore, radiatori e compressori per auto e veicoli commerciali e industriali, trattori, macchine movimento terra, autobus; è inoltre attiva nella progettazione di Moduli Plancia e Moduli Frontali integrati per autovetture, per i quali svolge anche l'attività di assemblaggio finale. L'Azienda è in continua espansione e crescita e concentra le proprie attività di ricerca e sviluppo prodotto su un'innovazione continua e una costante attenzione alla Qualità. DENSO Thermal Systems S.p.A. fornisce i suoi prodotti ai maggiori produttori di autoveicoli tra cui: Alfa Romeo, Audi, Citroën, Ferrari, Fiat, General Motors, Iveco, Lancia, Maserati, Mercedes, Opel, Peugeot, Renault, Scania, Seat, Toyota e Volkswagen ed anche Caterpillar, CNH Case New Holland, Lamborghini, Massey Ferguson, Piaggio e Same. DENSO Corporation vanta un posto tra le più potenti, stabili e fruttifere società al mondo, con un fatturato che supera i 42 miliardi di euro e un organico di circa 170.000 dipendenti. Come già accennato in precedenza, Poirino rappresenta l'headquarter di Denso Thermal System S.p.A. Sud Europa; di seguito, in *Figura 1.1*, è riportato l'organigramma aziendale che individua in maniera più specifica le funzioni aziendali e i reciproci rapporti.

Fonte: <https://www.denso.com/it/it/about-us/company-information/dnts/>

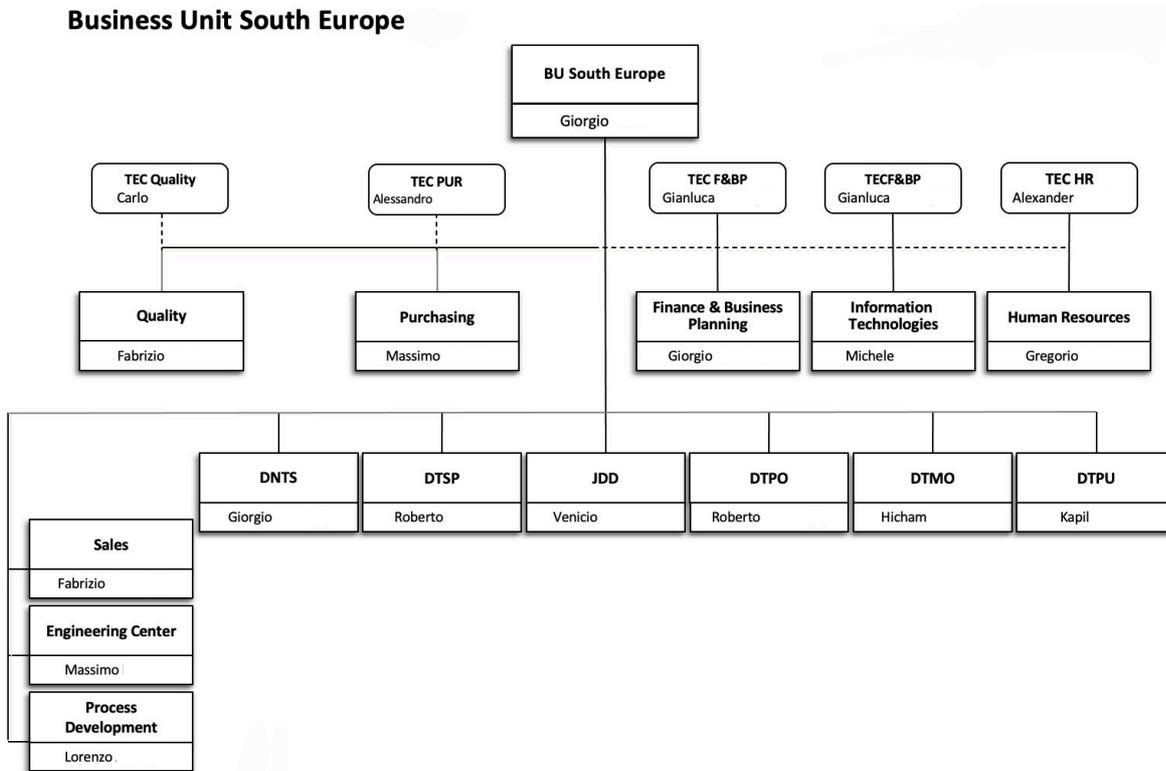


Figura 1.1: Organigramma BU South Europe

Nonostante l'articolata struttura organizzativa dei servizi centrali dell'HQ, manca un dipartimento centrale dedicato esclusivamente alla supply chain. Tuttavia, esistono progetti per studiare alcuni processi tipici di SC di cui si occupano enti, quali, ad esempio, il *Material flow*, ai quali ho partecipato attivamente durante questa attività di tirocinio, dando l'opportuno contributo.

Un ulteriore punto di debolezza attuale, purtroppo, è rappresentato dal fatto che il fatturato è in calo, come mostrato in *Figura 1.2*, dove è possibile individuare una decrescita dall'anno 2018, in cui il fatturato era pari a 677.095.136,00 €, all'anno 2020, in cui invece risulta essere pari a 606.719.033,00 €.

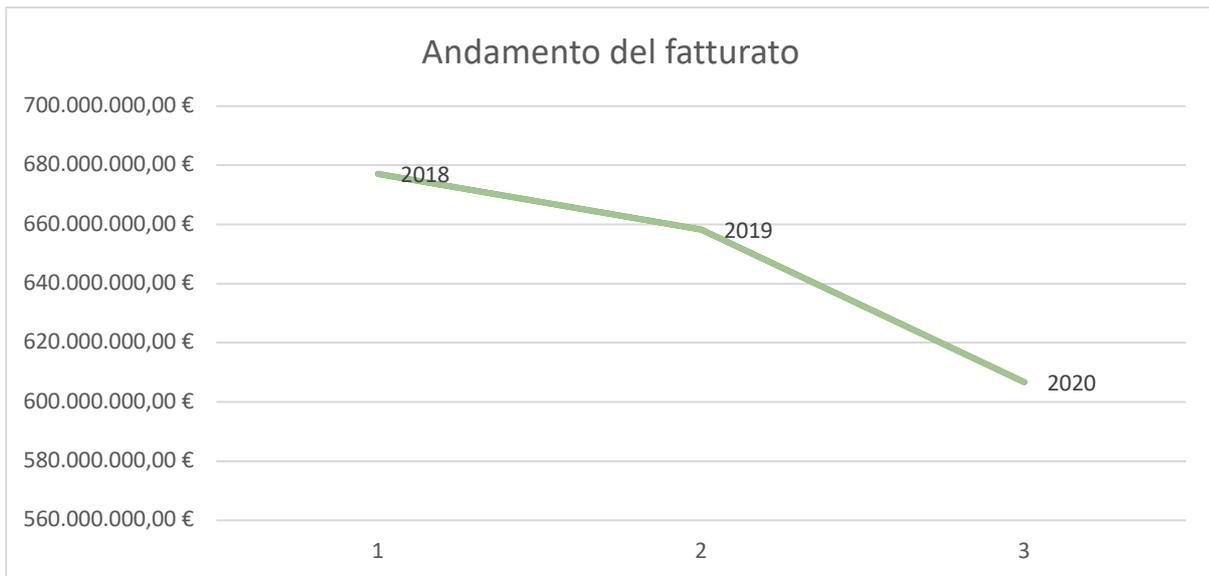


Figura 1.2: Andamento del fatturato nei tre anni di riferimento

1.1 Process Development

Il progetto analizzato è stato svolto nel dipartimento di *Process Development* (PD), più specificatamente nell'ente *TFM* (*Total Flow Management*).

Attraverso le attività del PD si dovrebbe riuscire a definire la combinazione delle diverse variabili e parametri di processo necessarie alla produzione di un determinato prodotto, per passare poi all'industrializzazione vera e propria. Variabili come, per esempio, la tipologia di processo, gli standard qualitativi richiesti, l'asservimento di materie prime e i volumi richiesti dal cliente; da queste variabili vengono poi estrapolati alcuni parametri, come la quantità necessaria di pezzi al giorno e il tempo ciclo che ne deriva, oltre ovviamente al livello di automazione, all'impatto sul layout di fabbrica, ai flussi di materiale.

Al giorno d'oggi risulta chiaro che la qualità dei prodotti non dev'essere testata solo alla fine del processo di produzione o addirittura dal cliente stesso, bensì dev'essere garantita durante tutto il percorso di produzione al fine di compensare l'effetto

bullwhip. Proprio per questa ragione, durante il processo di sviluppo, basato su metodi e procedure ben definiti, in contemporanea vengono portate avanti diverse attività di gestione del rischio dal punto di vista qualitativo (D/P-FMEA, QA Net...).

Il processo che viene ideato, quindi, deve dimostrare non solo di essere in grado di produrre i volumi richiesti con la massima efficienza possibile, ma anche di rispettare quelli che vengono chiamati requisiti minimi di qualità, stabili dal cliente stesso. Per questo motivo, al quale si aggiunge la varietà di prodotti e volumi, la diversità dei materiali richiesti e la diversa collocazione della linea di produzione con i propri limiti di layout, ogni nuovo prodotto richiede un team dedicato che si occupi del progetto, dalla presa in carico della progettazione all'implementazione della linea nello stabilimento di destinazione della nuova linea.

Il dipartimento Process Development South Europe, con *headquarter* a Poirino (TO), presenta una divisione interna in diverse famiglie professionali: Heat Exchangers, Moulding, Assembly, Automation, oltre a enti meno specialistici ma più trasversali, quali proprio il TFM. Nella *Figura 1.2* è riportato l'organigramma del PD.

Process Development

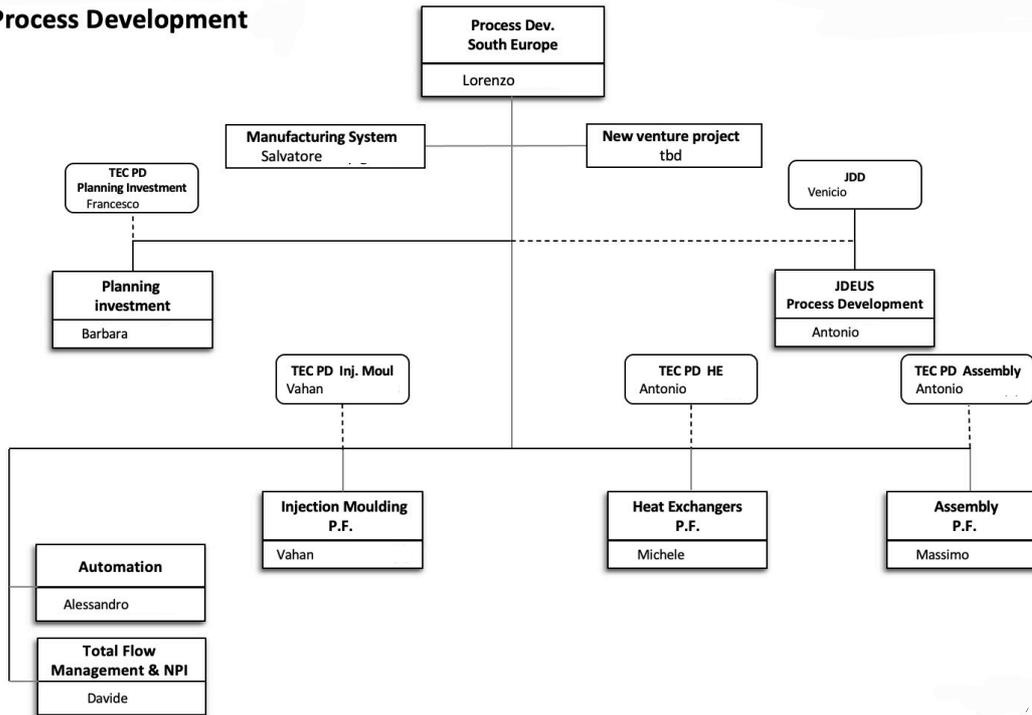


Figura 1.3: Organigramma Process Development

Il team all'interno del quale è stato svolto il progetto, diretto dall'ingegnere Davide Sola, è quello di *Total Flow Management & NP*. Questo distaccamento, come anticipato, interagisce in modo trasversale con gli altri enti del PD in modo da garantire l'armonizzazione dello sviluppo del processo. I sotto-enti che ne fanno parte sono NPI (New Product Introduction, avviamento prodotto), Tempi & Metodi & Ergonomia e Material Flow & Packaging.

1.2 Vision e Mission

La filosofia del colosso giapponese, come sarà descritto nel capitolo successivo, che ha come obiettivo principale quello di assicurare al gruppo la fiducia delle persone in tutto il mondo, è sintetizzata nel motto dell'azienda *"Contributing to a better world by creating value together with a vision for the future"*. Su queste parole DENSO Corporation fonderà la propria strategia di mercato; di fatti è stata una delle poche aziende che è riuscita a mettere il maggior impegno nel contribuire ad un mondo

migliore. Al contrario di molte istituzioni, l'impegno della DENSO non si ferma a grandi campagne di sensibilizzazione, che rimangono comunque fondamentali, ma crea dei veri e propri piani strategici con obiettivi chiari e ben descritti, per poter contribuire attivamente alla salvaguardia ambientale. Ne è un esempio esplicativo il piano "Eco Vision 2025", approvato dal management dell'azienda che pone traguardi notevoli su temi sensibili, come la riduzione delle emissioni e del consumo energetico.

L'intero gruppo, a partire dai più alti livelli del management basa le proprie decisioni e azioni su un approccio coscienzioso, che appare chiaro dalle parole del CEO, Koji Arima, *"To deliver a better future to the next generation, we will reconfirm our significance to society and accelerate efforts toward sustainability management, which has acted as our management ideology since our inception"*.

Le linee guida manageriali del gruppo giapponese hanno come obiettivo principale quello di contribuire alla sostenibilità aumentando l'efficienza e riducendo l'impatto ambientale.

1.3 Principali competitors di Denso TS

I principali competitors sul mercato dell'automotive di Denso TS sono i seguenti:

- **BOSCH**, fornitore globale di tecnologia e servizi che opera in quattro settori di attività: Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods ed Energy and Building Technology. Fondata nel 1886, si occupa di **Produzione e industria, Tecnologia** (beni di consumo, nuvola di conglomerati, elettronica, internet delle cose, guida autonoma, sensori);
- **Candela NGK**, produttore di candele per motori a combustione interna, ceramica e prodotti applicabili. Fondata nel 1936, si occupa di **Produzione e industria** (ricambi auto, macchinari, componenti meccanici, sensori);
- **Sistemi di sicurezza Joyson**, precedentemente nota come Key Safety Systems, azienda di sicurezza della mobilità che fornisce componenti, sistemi e soluzioni

tecnologiche critici per la sicurezza. Fondata nel 2003, si occupa di **Automotive e trasporti** (componenti meccanici, sicurezza del veicolo);

- **Magneti Marelli Cofap Fabricadora De Pecas**, progettista e produttore di sistemi e componenti hi-tech per il settore automobilistico; si occupa di **Automotive e trasporti** (ricambi auto, componenti meccanici);
- **Valeo**, fornitore automobilistico e partner delle case automobilistiche che progetta soluzioni per la mobilità intelligente, concentrandosi sulla guida intuitiva e sulla riduzione di emissioni di CO2. Fondata nel 1923, si occupa di **Automotive e trasporti, Produzioni e industria** (ricambi auto, auto connessa, assistenza al conducente, guida autonoma);
- **Tenneco**, azienda che produce, progetta, commercializza e vende prodotti e servizi per veicoli leggeri, camion commerciali, fuoristrada, industriali e aftermarket. Fondata nel 1930, si occupa di **Automotive e trasporti, Produzione e industria** (ricambi auto e distribuzione).

In merito alle share di mercato, è noto come Denso TS risulti essere leader mondiale in questo settore.

2. Analisi dei flussi di materiale e informazione

Il controllo dei flussi fisici ed informativi è un'attività fondamentale per ogni azienda, in quanto assicura che i movimenti dei beni o dei servizi siano accurati, tempestivi, e portino valore. L'inadeguato controllo del flusso può comportare risultati molto variabili ed imprevedibili, come il completamento anticipato o ritardato dei processi o problematiche inerenti alla qualità degli output della trasformazione. Gestire opportunamente il controllo del flusso può significare anche intervenire in svariati punti deboli nelle diverse fasi di processo, per questo risulta necessaria un'analisi e attività di *Gemba Walk*, tecnica di gestione utilizzata dai manager giapponesi per coltivare lo sviluppo sistematico di un'organizzazione andando a verificare dal vivo le capacità dei loro membri di riconoscere le potenzialità delle azioni che compiono nella quotidianità e la predisposizione ad individuare spunti di miglioramento. Quando un'azienda desidera migliorare la propria supply chain, la tecnica dell'MFID/MFA/VSM è di aiuto per il personale che lavora nei vari settori a identificare e analizzare il flusso attuale, in maniera visiva e partecipativa; inoltre, questa tecnica nasce dall'approccio "Lean Thinking" descritto nel prossimo paragrafo.

2.1 Il pensiero snello

Tradotto in italiano come "pensiero snello", il Lean Thinking è un approccio mentale in cui tutto viene progettato e realizzato con lo scopo di risultare efficace ed efficiente (Womack, Jones 1997). Il lavoro è ben distribuito tra tutti coloro che appartengono al sistema in esame e tutti si sentono partecipi di un progetto comune. I principali propositi che si pone sono l'eliminazione degli sprechi e il valore creato da ogni singola attività costituente i processi su cui viene applicato, sulla base di quanto desiderato dal cliente, il tutto cercando di ridurre al minimo le risorse impiegate e i costi sostenuti nella sua realizzazione. È già stato applicato in molte realtà, quali industrie, ospedali, uffici, etc., ma l'ambito in cui è più sviluppato, e da cui ha avuto origine è la produzione, da cui il nome Lean Production. La produzione snella (*lean production*) è un insieme di

principi, metodi e tecniche per la gestione dei processi operativi, che mira ad aumentare il valore percepito dal cliente finale e a ridurre sistematicamente gli sprechi. Questo è possibile solo con il coinvolgimento di persone motivate al miglioramento continuo. Coinvolge tutto ciò che riguarda la produzione e che può essere migliorato attraverso un approccio snello: i processi produttivi, i sistemi di gestione utilizzati, la modalità di circolazione delle informazioni, la riduzione della sovrapproduzione e l'ottimizzazione delle risorse. L'obiettivo della Produzione Snella è "fare sempre di più con sempre di meno" (Hines, Holweg, Rich, 2004): meno tempo, meno spazio, meno sforzo, meno macchine, meno materiali. Altri ambiti in cui si può trovare la filosofia Lean sono ad esempio:

- **Lean Management:** riguarda l'applicazione del pensiero snello dal punto di vista di chi è a capo dell'azienda, guidando le sue scelte e le sue decisioni per arrivare ad una organizzazione ottimale. Il buon Lean manager non è soltanto colui che è in grado di avere uno sguardo pratico, ma è colui che sa anche adottare il giusto punto di vista per l'analisi dei processi e per la valorizzazione di ogni risorsa, dalla materia prima fino alla forza lavoro.
- **Lean Accounting:** è uno strumento che può utilizzare il lean manager. È l'insieme di azioni che permettono di misurare, analizzare e documentare le attività svolte all'interno di un determinato processo. Comprende tutte le metodologie e gli strumenti utili ad analizzare a fondo la propria azienda in cerca di potenziali criticità, per poi elaborare soluzioni adeguate.
- **Lean Manufacturing:** è la definizione più pratica fra tutte le citate poiché riguarda l'atto produttivo vero e proprio. Punta all'ottenimento di risultati positivi valorizzando le risorse e riducendo i costi.

2.2 Le origini

All'inizio del '900, in seguito alla rivoluzione industriale, Henry Ford diede origine ad una nuova idea di produzione, la catena di montaggio, dando vita ad un'era di produzione di massa, in cui l'offerta veniva anteposta alla domanda; ci si concentrava dunque più su quanto bisognasse produrre piuttosto che su quanto e su cosa il cliente volesse realmente acquistare, inducendolo a comprare ciò che il mercato offriva e non ciò che realmente volesse comprare. In merito è celebre la sua frase riguardante il modello di automobile Ford T sulla quale affermò "Avranno l'auto che vorranno, del colore che vorranno, purché sia nera" (Ford, 1922). Tale modello però non prendeva in considerazione il lato umano della produzione, standardizzando le attività e inducendo gli operai a svolgere azioni ripetitive e alienanti. Inoltre, non prestava attenzione alla qualità, al prezzo e al servizio offerto al cliente. Solo nella seconda metà del '900 si assistette ad un cambiamento di pensiero, orientato meno sulla produzione di massa e più sulla flessibilità, cercando comunque di non intaccare la produttività. La crisi dovuta alla Seconda guerra mondiale ha infatti avuto effetti negativi anche nel mondo industriale, facendo sorgere la necessità di ridurre i costi legati alla produzione. Tutto ebbe inizio in Giappone, in modo particolare nella Toyota Motor Corporation. All'epoca a capo dell'azienda vi era Taiichi Ōhno che riuscì a introdurre un nuovo modello industriale; esso comprendeva tutte le esigenze che la situazione dovuta alla crisi richiedeva, ovvero era necessaria una flessibilità e una produttività maggiori, ma a costi più bassi (Ōhno, 1988). Tale modello prese il nome di Toyota Production System (TPS), una metodologia innovativa, incentrata sulla continua ricerca degli sprechi e sull'importanza del coinvolgimento di tutto il personale all'interno dell'azienda. Taiichi Ōhno cercò di introdurre la "produzione livellata": ovvero cercava di ottenere una produzione equilibrata durante l'arco della giornata lavorativa, in maniera tale da mantenere un flusso di produzione costante e continuo. Per riuscire a creare suddetto modello di produzione era necessario dividere la domanda mensile per le ore lavorative; così facendo fu possibile ottenere il quantitativo da produrre ogni ora. In

ogni caso questa operazione matematica non è l'unica in grado di soddisfare le richieste del cliente ottenendo migliori performance, ma è necessario attuare una serie di interventi tali per cui tutto il processo di approvvigionamento debba essere in grado di sostenere un sistema produttivo così strutturato. In conseguenza all'introduzione di questo modello nacque il concetto di Produzione snella o Lean Production. Tale termine venne coniato alla fine degli anni '80 e fu utilizzato per la prima volta nel libro "The Machine that changed the World", tradotto in italiano con "La macchina che ha cambiato il mondo", scritto nel 1991 da James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel T. Roos in conseguenza ad uno studio realizzato nell'ambito dell'International Motor Vehicle Program (IMVP), sviluppato al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston. Il focus del testo era incentrato sul confronto fra la produzione occidentale ancora fortemente di stampo fordista e la produzione orientale, in particolar modo quella giapponese, a dimostrazione del fatto che la prima, nonostante continui affinamenti, fosse ormai superata a favore della seconda, in grado di fornire prodotti di qualità a tempi e costi ridotti (Womack, Jones, 1997).

Fonte: <http://www.openinnovation-platform.net/wp-content/uploads/2014/09/>

2.3 I concetti del lean thinking

Il termine Lean è un acronimo, derivante da quattro parole. Nello specifico:

- Less: indica la diminuzione in ogni campo. Essendo la riduzione degli sprechi l'obiettivo principale della filosofia, questo si può attuare attraverso diminuzione di spazio, stock, movimenti del personale e movimentazioni dei materiali/strumenti, scarti, sovrapproduzione, attesa, rettifiche e costi.
- Enhance: letteralmente significa "accrescere", ed è proprio l'obiettivo prefissato dalla filosofia Lean, ottenere di più con meno risorse e costi inferiori, ridurre inoltre dove è possibile le operazioni sui prodotti. I campi in cui apportare

miglioramento sono svariati, in particolar modo qualità, sicurezza, performance, produttività, flessibilità e servizio offerto.

- Analyse: come intuibile, significa analizzare diversi aspetti. Prima di tutto le competenze a disposizione, i processi, le consegne effettuate e gli sprechi.
- Number control: tutto ciò che viene analizzato deve poi essere controllato e reso in maniera tale da poterne trarre valori numerici. Solo controllando e misurando è possibile confrontare i risultati e implementare processi migliorativi. Gli ambiti su cui si predilige un controllo sono i processi, le performance, i trend, tutto per mezzo di KPI adeguati che aiutino a trovare la giusta causa e il giusto spunto per migliorarsi. Come già accennato, il Lean Thinking deriva dal Toyota Production System (TPS), un modello di produzione che nasce intorno agli anni '50 presso la Toyota, grazie al contributo di Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare dell'ingegnere Taiichi Ōhno. Si fonda su una filosofia differente, e per parecchi anni è stata un'alternativa alla produzione di massa, basata sulla catena di montaggio, di Henry Ford. I fondamenti di questo modello si basano sull'idea di "realizzare di più con meno", ovvero cercare di aumentare in maniera ampia la produttività sfruttando meno risorse possibile, cercando di responsabilizzare maggiormente tutti i livelli di lavoratori presenti in azienda. Si cerca così di eliminare quanto c'è di superfluo nella produzione, a favore quindi della diminuzione dei costi. Quando si parla di costi, essi non si limitano ai meri costi di produzione, ma vengono considerati anche costi amministrativi, di vendita e finanziari, con l'obiettivo di ottenere una diminuzione globale. Scopi secondari del modello riguardano la qualità dei prodotti realizzati ed il rispetto verso le risorse umane coinvolte nei processi di produzione. Nel sistema ideato da Toyota era importante non interrompere mai il flusso produttivo, poiché era anche grazie a questo che la diminuzione dei costi era garantita. Per rendere ciò realizzabile era necessario applicare quattro principi, implementabili grazie ad alcuni metodi e sistemi. I principi sopra citati sono rispettivamente:

- Just in time;
- Controllo della qualità e della quantità;
- Manodopera flessibile sempre a vantaggio del rispetto per l'uomo;
- Creatività e inventiva.

Questi quattro principi sono attuabili grazie allo sfruttamento di alcune tecniche. Infatti, per quanto riguarda il Just in time esso è garantito dall'utilizzo del kanban, ovvero una tecnica della Lean Production (Produzione Snella) che rende possibile il Pull Flow (Flusso Tirato) dei materiali. Il kanban si basa sull'utilizzo di cartellini fisici che consentono la produzione, l'acquisto o la movimentazione dei materiali. L'obiettivo del kanban è di evitare la sovrapproduzione, che è lo spreco più impattante sulle performance di un sistema produttivo. È un metodo operativo per far circolare le informazioni all'interno dell'azienda ed eventualmente tra azienda e fornitori eliminando la necessità di sistemi complessi di programmazione della produzione. Il kanban si configura come un cartellino quadrato che contiene le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo; rappresenta il motore delle attività dell'azienda poiché gestisce in modo automatico la quotidianità degli ordini di lavoro, consentendo ai responsabili di occuparsi di risolvere le criticità e di sviluppare i miglioramenti del sistema. Tornando alle tecniche utilizzate per la messa in pratica dei principi è possibile rispettare le fluttuazioni della domanda usando un adeguato livellamento della produzione, di modo che il flusso produttivo non venga mai interrotto, insieme alla standardizzazione dei cicli di lavoro, fattore importante poiché se non attuato ci si troverebbe di fronte a periodi in cui è necessaria l'introduzione del terzo turno e periodi in cui a causa della domanda ridotta si potrebbe incorrere nella cassaintegrazione. Per quanto riguarda invece gli ultimi due principi è importante migliorare il morale degli operai, anche attraverso la creazione di lavori di gruppo che stimolino la loro creatività e la loro istruzione verso la polivalenza, in modo che ognuno sappia svolgere più mansioni all'interno dell'azienda per una conseguente diminuzione dei costi legati al personale

e alla manodopera, sfruttando le capacità plurime di ogni operaio. Tale principio di polivalenza era stato inserito come primo passo migliorativo da Taiichi Ōhno, il quale aveva ridistribuito internamente agli stabilimenti produttivi i macchinari in maniera tale da disporli in sequenza e, posizionandoli a distanze ravvicinate, era stato in grado di attribuire più operazioni allo stesso operaio, riducendo il bisogno di risorse e ottimizzando i tempi di esecuzione. Infine, la qualità è garantita con l'introduzione di un sistema di gestione funzionale in cui ogni reparto sia in grado di gestire e controllare il proprio operato, anche attraverso un sistema di controllo visivo per attuare il principio del controllo autonomo dei difetti. Riassumendo è proprio dal Toyota Production System che derivano i concetti sviluppati dalla teoria Lean, ovvero ridurre gli sprechi, cercando di prestare maggiore attenzione alle attività che arrecano un valore aggiunto durante tutti i processi aziendali, penalizzando le attività non a valore aggiunto e i tempi cosiddetti "morti" dovuti ad attese o trasporti, cercando di ridurli od eliminarli ove è possibile. Dagli anni '70 e '80 invece si divulgarono un nuovo pensiero e una nuova filosofia di produzione. Sempre in Giappone si sviluppò un nuovo modo di produrre, per merito del quale si assistette ad una risalita e ad una crescita economica; questa tecnica sviluppatasi prese il nome di Just-In-Time (JIT). Il Just In Time, infatti, rappresenta un concetto di derivazione giapponese applicato alla gestione della produzione, delle scorte e della catena di fornitura. Può essere definito come "un sistema produttivo che garantisce la continua e perfetta simmetria tra l'offerta dei beni prodotti e la domanda che proviene dal mercato", ovvero cerca di mantenere l'equilibrio fra domanda e offerta, senza eccedere nella creazione di prodotti non richiesti dal mercato ed evitare dunque sprechi e costi produttivi non necessari. Esso è uno dei principi su cui si fonda il pensiero snello.

2.4 I principi del Lean Thinking

Il Lean Thinking, come suggerisce il nome stesso, non è solo un metodo applicativo, ma una forma mentis, ovvero un vero e proprio modo di pensare. Il pensiero snello permette la partecipazione attiva delle risorse ai processi, integrando l'uso della tecnologia all'attività umana. Si basa sul continuo apprendimento, considerando gli errori e i difetti come spunti per migliorare i processi e non come qualcosa da controllare e punire (Papadopoulou e Ozbayrak, 2005). Le risorse sono molto importanti all'interno dei sistemi. La loro interazione con essi è fondamentale per il pensiero Lean, fondato infatti sull'attribuzione della maggiore responsabilità possibile al livello gerarchico più basso possibile. Attribuendo responsabilità le risorse si sentono parte integranti del sistema riuscendo a fornire un contributo indispensabile. Esso si basa su principi semplici, ma efficaci: il punto di partenza è l'identificazione degli sprechi, con la loro conseguente eliminazione, tutto cercando di sfruttare il minor numero di risorse al minor costo possibile. Si fonda sostanzialmente su cinque principi applicativi:

1. **Value:** identificare il valore. La prima cosa necessaria è l'identificazione del valore, precisamente valutare quali siano le attività e quali di esse siano considerate dal cliente. In poche parole, bisogna valutare ciò che il cliente è disposto a pagare ad un determinato prezzo. Infatti, il cliente e la sua soddisfazione devono i punti chiavi per qualsiasi azienda, ed è su questo che dovrebbero incentrare il proprio focus. Spesso le aziende investono nell'inserimento di risorse apposite che si occupino di capire quale sia la maggior necessità del cliente, ma con scarsi risultati. Questo accade poiché non esiste un "controllore globale" che possa mantenere sotto controllo l'intera Supply Chain. Infatti, come eredità della struttura funzionale derivante da Taylor, ogni singola area opera per il proprio obiettivo, lavorando in maniera ottimale, ma solo per sé stessi, non da un punto di vista generale, mirando alla generazione di valore per il cliente. Per questo motivo come primo principio il pensiero snello si impone la ricerca del valore dal punto di vista del cliente. In questa maniera si potrà investire sulle

risorse, ma nel modo giusto, penalizzando quelle attività che l'azienda stessa magari ritiene indispensabili, ma che il cliente non considera rilevanti, a favore di ciò che il cliente ritenga apportare valore al prodotto che sta acquistando. Investire infatti sulle attività non ritenute di valore può portare a sprechi e perdite di efficienza, con conseguenti perdite in termini di tempi e costi.

2. Value Stream: identificare il flusso del valore. Il secondo passo è analizzare il flusso che segue un prodotto durante la sua creazione. Infatti, esso consiste nell'intera gamma di attività necessaria alla sua creazione, dall'approvvigionamento della materia prima alla sua trasformazione in prodotto finito, fino al giungere di esso al cliente finale. Nel dettaglio il prodotto, bene o servizio che sia, deve attraversare tre diversi processi:

- La definizione del prodotto, dall'ideazione, attraverso una dettagliata progettazione e conseguente "ingegnerizzazione", fino alla realizzazione effettiva. □ la gestione delle informazioni dal ricevimento dell'ordine alla consegna attraverso una programmazione di dettaglio.
- La realizzazione pratica del prodotto o del servizio reso disponibile, cioè "consegnato" al Cliente finale. Per analizzare nel dettaglio tutte le attività si usufruisce di uno strumento grafico, la Value Stream Map, ovvero la mappa del valore, nella quale vengono rappresentate le attività e da essa se ne deduce la loro natura. Infatti, le attività, come anticipato, possono essere di tre tipi: a valore aggiunto, non a valore aggiunto ma indispensabili e non a valore aggiunto e inutili alla catena logistica.

3. Flow: far scorrere il flusso. Una volta identificate le varie fasi che compongono il flusso di valore per un dato prodotto o servizio, eliminando tutte le attività che rappresentano spreco, è necessario far sì che le restanti fasi si ricompongano in un flusso in grado di procedere senza più ostacoli o barriere. L'eliminazione dei colli di bottiglia, ovvero di quelle attività che causano sprechi e che non aggiungono valore, permette lo scorrere fluido del flusso dall'introduzione della materia prima

all'emissione del prodotto finito e ciò è positivo poiché rende più efficace l'esecuzione dei compiti da parte delle risorse. Occorre eseguire ogni progetto, che sia un ordine o la creazione di un prodotto, dall'inizio alla fine in maniera tale che non vi siano tempi di attesa, inattività o errori nello svolgimento dei processi, nelle loro fasi oppure tra una fase e l'altra. Lavorando su questi aspetti, che possono avere grande impatto sulla fluidità del processo, sulle attività a valore e sulla eliminazione degli sprechi, è possibile anche mettere in luce differenze eclatanti fra il tempo complessivo del processo e la somma dei tempi "a valore aggiunto" in cui si eseguono attività che aggiungono valore al prodotto o al servizio.

4. **Pull:** flusso "tirato" dal cliente. L'eliminazione degli sprechi comporta una conseguente diminuzione del Lead Time, ovvero del tempo necessario per la creazione del prodotto, compreso di attese, lavorazioni etc., da quando il prodotto viene ordinato a quando viene consegnato. Grazie a questa riduzione è possibile cambiare metodologia nella logica produttiva, da una basata su pianificazione, definita "push", ad una "pull", dove la creazione del prodotto inizia solo dopo aver ricevuto l'ordine dal cliente. In passato produrre su previsione era senza dubbio conveniente, poiché la domanda sia per quanto riguarda i volumi sia per quanto riguarda il mix di prodotti era molto stabile. Negli ultimi anni invece le preferenze dei consumatori sono variate notevolmente, pretendendo prodotti sempre più personalizzati e costruiti quasi ad hoc, per questo motivo è più appropriato per un'azienda che il flusso sia "tirato" dal cliente e dalla sua domanda, per fare in modo che i prodotti offerti soddisfino al 100% i bisogni di quest'ultimo, focus su cui l'azienda deve incentrare il suo operato. Soddisfare il cliente significa produrre solo quello che vuole, solo quando lo vuole e solo quanto ne vuole. Questa metodologia produttiva dovrebbe essere supportata inoltre dalla logica Just In Time.

5. **Perfection:** perseguire la perfezione. In realtà si può interpretare la perfezione come un asintoto a cui aspirare ma che non si possa mai raggiungere. Infatti,

puntare all'eccellenza aiuta l'azienda a spronarsi ad eseguire sempre meglio i propri processi, è da interpretarsi dunque anche in questo caso come un miglioramento continuo, ovvero *Kaizen*, che compare spesso nella filosofia Lean. Se si sono applicati correttamente i quattro principi precedentemente illustrati, si creano sinergie in grado di mettere in moto un meccanismo che permetta il miglioramento continuo, attraverso eliminazione degli sprechi, riduzione di costi e di tempi.

In sintesi, l'utilizzo dei principi Lean deve essere continuo e sistematico, solo in questa maniera, infatti, si può giungere a continui miglioramenti. Per questo motivo il quinto principio serve a spronare l'azienda, fungendo contemporaneamente da obiettivo da raggiungere e da punto di partenza. Infatti, è dopo di esso che si deve ricominciare la ricerca per fare emergere nuovi sprechi e per poterli eliminare con l'utilizzo delle dovute azioni migliorative. Con l'applicazione della metodologia Lean si segnala un miglioramento in diversi ambiti aziendali, in aggiunta ad un maggiore coinvolgimento e responsabilizzazione: aumenti di produttività dal 20 al 60%, riduzione del work in progress (scorte) dal 30 al 70%, riduzione dei difetti dal 20 al 40%, riduzione dei tempi di set up dal 50 al 80%, riduzione dei metri percorsi dal 40 all'80%, miglioramento qualità e affidabilità delle informazioni.

Fonte: http://www.leancompany.it/lean_history/principi_lean.html

2.5 Gli sprechi

Fondamentale per il pensiero snello è il concetto di spreco. Come già accennato è ritenuto spreco tutto ciò che non fa scorrere in maniera lineare il flusso, ma che provoca blocchi e colli di bottiglia. La sua accezione deriva dal giapponese Muda, ed ha per il pensiero orientale lo stesso significato che ha il termine "peccato" per gli occidentali, ovvero si intende qualcosa che deve essere assolutamente evitato ed

eliminato se presente. Il termine muda identifica ovviamente gli sprechi, ma alcuni secoli fa questo termine aveva un significato più specifico rispetto agli sprechi in generale. Identificava, infatti gli sprechi originati in un contesto di bisogno e mancanza di risorse. Questo permette di capire come il significato di questo termine sia ulteriormente più dispregiativo del solo spreco di risorse. Oltre al sostantivo muda sono meno ricorrenti, ma utilizzati ugualmente dagli esperti di Lean manufacturing altri due termini per identificare degli elementi causa di problemi nel flusso ovvero *Mura*, che significa variabilità e *Muri*, sovraccarico di lavoro superiore alla regolare velocità.. Più dettagliate sono le attività ad esse appartenenti maggiore è la probabilità di identificare gli sprechi e più facilmente è possibile individuarne la causa con il fine ultimo di eliminarli. Per semplificare la ricerca Womack e Jones, che si possono ritenere i fondatori della produzione snella, suddividono gli sprechi in sette categorie,:

1. **Sovraproduzione:** spreco da produzione in eccesso. Tale spreco è identificato nell'eccesso di quantità prodotte di determinati beni, ma non solo, poiché anche la creazione di documentazione superflua costituisce una fonte di spreco e di sovrapproduzione. Tutto ciò che è prodotto in più rispetto alla richiesta del cliente costituisce una sovrapproduzione, cioè una produzione maggiore di quella richiesta e di quella che quindi in conseguenza verrà assorbita dal mercato. Essa determina l'utilizzo di materiale, macchine, manodopera e risorse maggiori di quanto necessario e dunque rappresenta uno spreco. È uno degli sprechi più gravi, poiché la sua presenza ha ripercussioni anche su altre categorie, quali le scorte e i trasporti in particolare. Se infatti è presente produzione eccessiva in aggiunta a quanto il mercato potrà consumare, essa costituirà scorte a magazzino per l'azienda e dunque costi e occupazione di spazi che potrebbero essere sfruttati diversamente in caso di sua assenza. L'ottica produttiva Lean invece è strutturata proprio in maniera tale da evitare tale tipologia di spreco. Essendo basata sulla produzione su commissione, i beni vengono creati solo nel momento in cui un cliente ne fa richiesta, dunque in questo modo non è possibile avere rimanenze e scorte poiché tutto ciò che viene prodotto è

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

2. **Tempo:** spreco da inattività ed attese. Si tratta dello spreco legato alla presenza di manodopera e di macchine in attesa di compiere la propria attività. Le cause più frequenti in questo caso sono legate alla sincronizzazione delle diverse fasi e lavorazioni, alla mancanza di materiali o utensili e alla programmazione della produzione. Se infatti non è presente un'ottima sincronizzazione tra le varie fasi e le attività dei processi, oppure vi sono tempi morti di produzione, o tempi di attesa, questo va ad impattare sull'efficienza generale del sistema. Dunque, tutti i tempi che non sono strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto, nel corso della produzione, e più in generale, le attese fra una attività e l'altra durante tutta la supply chain, sono sprechi veri e propri che vanno eliminati completamente. Bisogna quindi identificare una giusta strategia che possa mettere in atto l'eliminazione completa o almeno la riduzione di questi tempi con l'obiettivo di ridurre l'intero lead time. Non è un'operazione semplice, ma, anche in questo caso, molto performante se messa in atto correttamente.

3. **Scorte:** spreco da scorte non necessarie. Questo spreco è il più diffuso nelle aziende del nord-est Italia e rappresenta la naturale conseguenza, come già accennato, dello spreco da produzione in eccesso. Sostanzialmente tutto ciò che è stato prodotto dopo una pianificazione viene depositato e stoccato in magazzino in attesa di una possibile, ma non certa, richiesta futura di tali prodotti. Suddetto meccanismo era ritenuto fino a qualche decennio fa un arricchimento dell'azienda e del servizio al cliente, poiché avendo sempre a disposizione il prodotto, esso non doveva attendere la creazione. Oggi invece è all'unanimità classificato come uno spreco, in quanto una simile gestione è ciò che origina l'immobilizzazione di capitali, il deperimento delle merci immagazzinate ed elevati costi di gestione, oltre all'occupazione del magazzino che potrebbe essere utilizzato diversamente, o addirittura ridimensionato. Riassumendo

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

4. **Trasporti:** spreco da trasporti. Riguarda lo spostamento dei prodotti all'interno dello stabilimento o tra diversi stabilimenti. È inevitabile che con la loro presenza il valore della merce trasportata aumenti. Tale attività, oltre a non aumentare il valore dei prodotti e a non essere considerata un valore aggiunto per il cliente, rappresenta uno spreco essendo sempre causa di costi di movimentazione. Spesso può provocare anche costi legati a danni o rotture agli articoli occorsi durante il trasporto. Solitamente questa categoria di sprechi, insieme a quella da scorte non necessarie, sono le più evidenti. È necessario cercare di ottimizzare i trasporti, analizzando concretamente quelli che sono i trasporti essenziali e quelli che possono essere evitati, agendo di conseguenza.

5. **Movimenti:** spreco da movimenti non necessari. Ciò che caratterizza e differenzia tale spreco dal precedente è l'oggetto del movimento; infatti, mentre nel precedente ci si riferiva allo spostamento di prodotti, in questo caso riguarda i movimenti del personale all'interno dello stabilimento. Nonostante questa differenza sostanziale rispetto alla movimentazione delle merci, entrambe sono attività che non accrescono il valore del prodotto e che non interessano al cliente. Un approfondito studio dell'ergonomia ed una corretta progettazione del posto di lavoro sono elementi che nella maggior parte dei casi permettono di evitare questo spreco.

6. **Difetti:** spreco da prodotti difettosi. In questa categoria rientrano tutte le energie e le risorse spese per la realizzazione di prodotti che in qualsiasi modo non soddisfano le specifiche delle richieste del cliente. I difetti possono derivare da diverse fonti, quali errori nella realizzazione degli articoli, spesso giunti anche da terzi, quindi da fornitori, oppure possono essere conseguenza di trasporti malfunzionanti e dunque derivare da urti o sfregamenti nel corso dei viaggi per spostare la merce fra più stabilimenti, possono inoltre derivare anche da errori di progettazione, etc. Insomma, possono essere molteplici le loro cause, ma le conseguenze sono equiparabili. Si tratta in ogni

caso di grossi sprechi, soprattutto in termini di costi, poiché i prodotti fallati dovranno o subire rilavorazioni o essere destinati allo scarto e dunque in ognuna delle due opzioni comportare un costo aggiuntivo per l'azienda. Analizzando la merce sotto ogni punto di vista e ricontrollando tutto il suo ciclo di produzione, è possibile identificare in quale fase è più probabile che si verifichi il difetto, intervenendo sul problema per cercare di ridurlo. Anche in questo caso è quindi opportuna e suggerita un'analisi attenta e dettagliata delle attività svolte durante la produzione, per rilevare quale sia la causa del difetto riscontrato ed eliminarla.

7. **Processi:** spreco che deriva dal processo. In questa categoria rientrano tutte le attività che si compiono durante la produzione e che non aumentano il valore del prodotto. Con un'attenta analisi di tutto il processo è possibile identificare quelle fasi che sono inefficienti all'interno del ciclo di lavoro. Tutto quello che crea rallentamenti del flusso, scarti sui prodotti e incremento dei costi, comporta uno spreco non poco rilevante per l'attività. Serve un costante monitoraggio e analisi per identificare i processi che potrebbero essere eliminati nel caso in cui non portino valore aggiunto ma solo spreco in termini di tempo, spazio, costi e risorse.

2.6 Kaizen

Come tutti i concetti su cui è fondata la filosofia Lean, anche il termine *Kaizen* ha origini in Giappone. È l'unione di due parole, *Kai+Zen*, che letteralmente significano "cambiamento" e "meglio", dunque il loro congiungimento indica il cambiamento verso uno scenario migliorato rispetto alla situazione attuale. Precisamente si intende un miglioramento continuo, differente dall'accezione di miglioramento che finora si era abituati vedere in azienda (Imai, 1986). Infatti, tendenzialmente si crede che quando si attuano dei cambiamenti, introducendo l'innovazione, essi debbano essere radicali, una sorta di rivoluzione che trasforma completamente quanto si è eseguito fino al suo momento, in un qualcosa totalmente nuovo. Il Kaizen invece è l'esatto opposto dell'innovazione, è un cambiamento lento, che a piccoli passi porta a cambiare

ed a migliorare gli aspetti che non funzionano nell'intero processo produttivo, o intera catena logistica, a seconda dell'ambito di riferimento, con il fine di conseguire la perfezione, come suggerito dai principi fondanti il pensiero. È la base del modello Toyota, inventato da Taiichi Ōhno ed è a questo scopo che mirano tutti i suoi insegnamenti per la buona organizzazione aziendale, a partire dall'eliminazione degli sprechi, fino alla gestione ottimale delle risorse a disposizione. Il Kaizen ha uno stretto legame con un'altra metodologia messa a punto in Giappone negli anni Cinquanta, ovvero il Ciclo di Deming, noto anche come PDCA (Plan, Do, Check, Act).

2.7 Material flow information diagram

Il diagramma dei flussi di materiali e informazioni (MFID) rappresenta lo studio dei flussi fisici e di informazioni relativi a risorse naturali e materiali in entrata, in uscita e attraverso un determinato sistema. Esso si basa su conti organizzati metodicamente in unità fisiche ed utilizza il *principio del bilanciamento di massa* per analizzare le relazioni tra i flussi di materiali (compresa l'energia), le attività umane (compresi gli sviluppi economici e commerciali) e i cambiamenti ambientali. Tale principio, enunciato semplicemente, implica che *la somma di tutti gli input in un sistema sia uguale a tutti gli output più la variazione delle scorte*. I flussi di materiale possono essere analizzati a varie scale e con strumenti diversi, a seconda del problema e degli oggetti di interesse dello studio. L'analisi può essere applicata all'insieme di tutte le risorse e prodotti che fluiscono attraverso un sistema fino a singoli elementi chimici. L'MFID è stato applicato in diversi campi, come la medicina, i sistemi sociali e il metabolismo urbano; inoltre, è sempre più applicato all'ecologia industriale ed è diventato un campo di ricerca in rapido sviluppo con una crescente rilevanza politica. La fase intensiva dell'MFID consiste nei seguenti passaggi:

- *value stream mapping* - analisi della situazione attuale;
- *value stream design* - visualizzazione dello stato futuro;

- *action plan* – azioni per apportare i cambiamenti alla supply chain.
- inizia con la visualizzazione dello stato attuale del flusso di materiale, al quale segue la mappatura del flusso di informazioni, come mostrato in *Figura 2.1*. Al termine dell'analisi, sarà possibile evincere le criticità dei vari flussi e da lì conseguirà la fase di ottimizzazione, al fine di ridurre/eliminare gli sprechi, una volta individuata la fonte.

2.8 Preparazione dell'analisi dello stato attuale

Questa fase ha inizio con un'attività nel Gemba della supply chain; se si tratta di una catena di produzione occorre suddividerla per value stream che definiscono le famiglie di prodotto. In questa fase iniziale si dovrebbe eseguire una fase dei cicli logistici *pull*. In alcuni casi non si troverà nulla che possa essere identificato come tale; perciò, il primo passaggio sarà proprio stabilire dove e come dovrebbero esistere tali cicli. Al contrario, in altri casi, gli impianti di produzione possono avere molti cicli logistici. In tal caso, la value stream design dovrà limitarsi a un numero gestibile di cicli logistici. La natura dei cicli logistici e le famiglie di value stream definiranno il campo di applicazione della supply chain design, ovvero la progettazione della stessa. Per chiarire questo concetto, sarebbe opportuno guardare alcuni esempi, in particolare è possibile far riferimento ad un impianto di assemblaggio auto, il campo di applicazione dovrebbe corrispondere alla principale linea di assemblaggio. Trattandosi di una linea enorme, il progetto iniziale dovrebbe concentrarsi solo su una sezione, magari quella relativa alle finiture interne potrebbe essere un buon punto di partenza. Tutti i flussi logistici in ingresso, dal lato fornitura, per questa sezione dovrebbero essere inclusi nel progetto. Il lato consegna, inclusa la consegna dei prodotti finiti, deriva dal ciclo logistico e pertanto può essere lasciato ad un altro progetto, visto che include processi logistici complessi e altri relativi ai clienti. Quindi, in questo caso, il campo di applicazione iniziale della supply chain design dovrebbe essere una sezione della linea e la sua logistica di approvvigionamento. Poiché il lavoro di preparazione consiste nel

definire accuratamente il profilo delle attività, è fondamentale raccogliere i dati corretti. Un'informazione essenziale è una lista di prodotti finiti (per riferimento) che riporti le quantità consegnate e l'ammontare delle scorte per un lasso di tempo significativo (un anno). È necessario altresì avere uno schema del layout insieme ad altre informazioni riguardanti le operazioni che vengono svolte. Durante la fase di preparazione, sarà il progettista a valutare le varie esigenze al fine di ottimizzare il flusso di lavoro durante la settimana di lavoro intensivo. Gli aspetti più importanti della fase di lavorazione sono:

- Guardare il prodotto e comprendere la distinta base dei materiali (*Bill of materials- BOM*) e i processi di fabbricazione;
- Effettuare un tour del Gemba per comprendere i potenziali cicli logistici pull;
- Scegliere il ciclo logistico da mappare;
- Acquisire alcune informazioni di base sui cicli logistici, come ad esempio l'analisi della quantità di un singolo pezzo, gli schemi di layout e qualsiasi altra informazione necessaria a chiarire i punti precedenti;
- Selezionare il project team.

Se il leader dell'azienda e il top management non sono coinvolti, ovvero se non comprendono completamente il processo, eventuali questioni sollevate durante la sua realizzazione potrebbero essere affrontate e il progetto non avrebbe successo. Il risultato conseguente ad un cambio di paradigma sarebbe la lamentale delle persone a fronte di un cambio di abitudini. Per costruire qualcosa di nuovo, occorre dimenticare il vecchio e deve iniziare dalla dirigenza dell'azienda.

2.9 Mappatura dello stato attuale del flusso di materiale

La fase intensiva dell'MFID/MFA/VSM inizia con la visualizzazione dello stato attuale e un'attenta osservazione del Gemba. Ai componenti del project team viene fornita una

breve spiegazione del metodo, dei fogli di raccolta dati che saranno utilizzati per la registrazione della value stream e delle icone utilizzate nel processo di mappatura. Successivamente, vengono organizzati i gruppi di mappatura. Una persona registrerà le fasi del processo e gli altri raccoglieranno le informazioni principali (soprattutto quantificando i materiali in attesa che incontrano mentre si spostano attraverso il processo che è stato selezionato per l'analisi della VSM). Le operazioni che sono parte del processo vengono registrate in un Modulo di Analisi del Processo e comprendono le operazioni a valore aggiunto, i materiali in attesa, controlli qualità e non, trasporto o spostamento. Per questa attività possono occorrere dalle due alle quattro ore. Poi si tornerà in aula e verrà disegnata la mappa dello stato attuale su un ampio foglio di carta, applicato su una parete, aggiungendo le icone appropriate. Il processo della mappa dovrebbe iniziare dalla linea principale o processo *pacemaker*. In molti casi è meglio disegnare uno schizzo della macchina o linea principale al centro del foglio. Il processo continua in questo modo, ovvero con la mappa dei flussi di materiale e delle informazioni, basata sui dati e sulle osservazioni durante il Gemba Tour. Compiuto questo compito, potranno essere aggiunti i dati principali (quantità dei materiali in attesa e altri dati rilevanti, riportando sotto a ogni operazione la casella dei dati), facendo attenzione a non sovraccaricare la mappa con troppe informazioni. Questo tipo di mappatura può essere estremamente utile per dare una chiara visione del flusso e dei suoi principali punti di accumulo. In *Figura 2* è riportato un esempio di mappatura dello stato attuale del flusso di materiale.

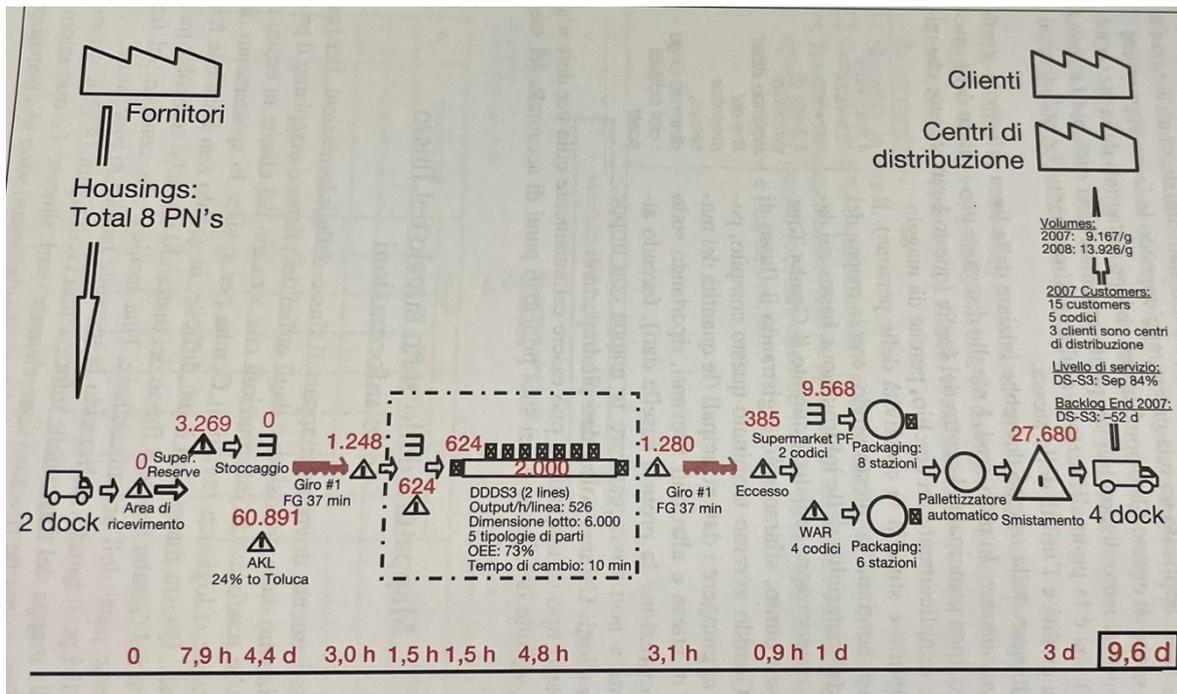


Figura 2: Esempio di mappatura dello stato attuale del flusso di materiale

2.10 Mappatura dello stato attuale del flusso delle informazioni

Il processo che segue è la mappatura del flusso delle informazioni e nasce dalle previsioni e dagli ordini del cliente, le cui informazioni danno il via a ordini di produzione o logistica inviati al Gemba per avviare lo spostamento di materiale. Questa mappatura è più difficile, in quanto non è visibile fisicamente nel Gemba e poiché coinvolge diverse parti dell'organizzazione. Una tecnica utile consiste nel fare un'analisi preliminare, utilizzando la seguente tecnica di mappatura. Nella mappa del flusso di informazioni, presente in *Figura 2.1*, le persone o funzioni coinvolte (i "chi") sono elencate verticalmente. Le operazioni o passaggi o processo delle informazioni (il "che cosa") sono posizionati dopo il loro nome, orizzontalmente. Questa mappa calcola anche il lead time di ciascuna operazione e il lead time totale dell'intero processo. Una sintesi delle informazioni per questa mappa può essere preparata e trasferita su quella principale. Su quest'ultima il flusso delle informazioni è rappresentato da sinistra verso destra. È bene notare che la mappa non deve essere

troppo complessa, in quanto deve risultare comprensibile per tutti; di fatti, il livello di dettaglio deve essere quello di una fotografia, al fine di mostrare in maniera chiara il processo di pianificazione della capacità. Una volta inseriti nella mappa dello stato attuale tutti i dati principali (e anche alcuni KPI, ad esempio, le percentuali di difettosità e i tempi di cambio), il lavoro è completo. I principali tipi di dati sono relativi a:

- La domanda dei clienti (dato necessario per il calcolo del *takt time*, ovvero il tempo di lavorazione di un pezzo);
- Quantità di materiali in attesa (controllata sul Gemba);
- Il livello di servizio al cliente (dati sulle consegne nei tempi previsti);
- Takt time delle macchine;
- Efficienza della manodopera;
- Tempi di cambio lavorazione;
- Tempo di funzionamento (di lavorazione) degli impianti.

Se non ci sono dati sull'efficienza e sui tempi di cambio, occorrerà trascorrere un po' di tempo sul Gemba per raccogliarli. Questo lavoro dovrebbe essere fatto organizzando un team di osservazione dei dati che vada direttamente sul Gemba e osservi le operazioni direttamente con gli operatori. Il risultato sarà una stima dell'efficienza e dei tempi di cambio, nonché delle principali cause di perdita di efficienza. Potrebbe essere utile fare lo stesso per raccogliere i dati sul servizio al cliente.

2.11 Comprensione del processo dello stato attuale

Osservazione e valutazione dei muda

A questo punto, è possibile utilizzare la mappa dello stato attuale per l'ultimo passaggio che è il raggiungimento di una piena comprensione di quanto stia succedendo lungo il flusso della *value stream* e di quali siano i problemi chiave. Il fine dell'esercizio di mappatura della value stream è quello di interpretare ciò che sta

accadendo e diffondere una comprensione comune tra tutte le parti interessate. Le informazioni sulla mappa vengono usate per calcolare il *lead time* totale, nonché il tempo del valore aggiunto. Questo tempo, però, potrebbe includere alcuni *muda*, ovvero *attività a non valore*, quali: muda di difetto, muda di attesa delle persone, muda di movimento delle persone, muda di processo, muda di stock, muda di trasporto dei materiali, muda di sovrapproduzione. Anche se l'obiettivo è la loro minimizzazione/riduzione, essi, comparati al lead time, sono minimi, ecco perché infatti sarà sufficiente una semplice stima, dal momento in cui il lead time totale sarà molto più ampio della peggiore stima alla quale si possa giungere. Ci saranno enormi quantità di materiali in attesa attraverso tutto il flusso. Per una mappa del magazzino questo calcolo può essere più difficile. Il tempo a valore aggiunto può essere una stima della somma delle operazioni di scarico, posizionamento, prelievo e carico. Considerate solo queste attività, in quanto sono realmente necessarie all'adempimento delle funzioni logistiche della supply chain (per rendere disponibili le merci agli utenti di tutto il mondo). La mappa finale dello stato attuale apparirà come quella mostrata in *Figura 2.1*, ovvero la stessa della *Figura 2*, ma con l'aggiunta delle informazioni.

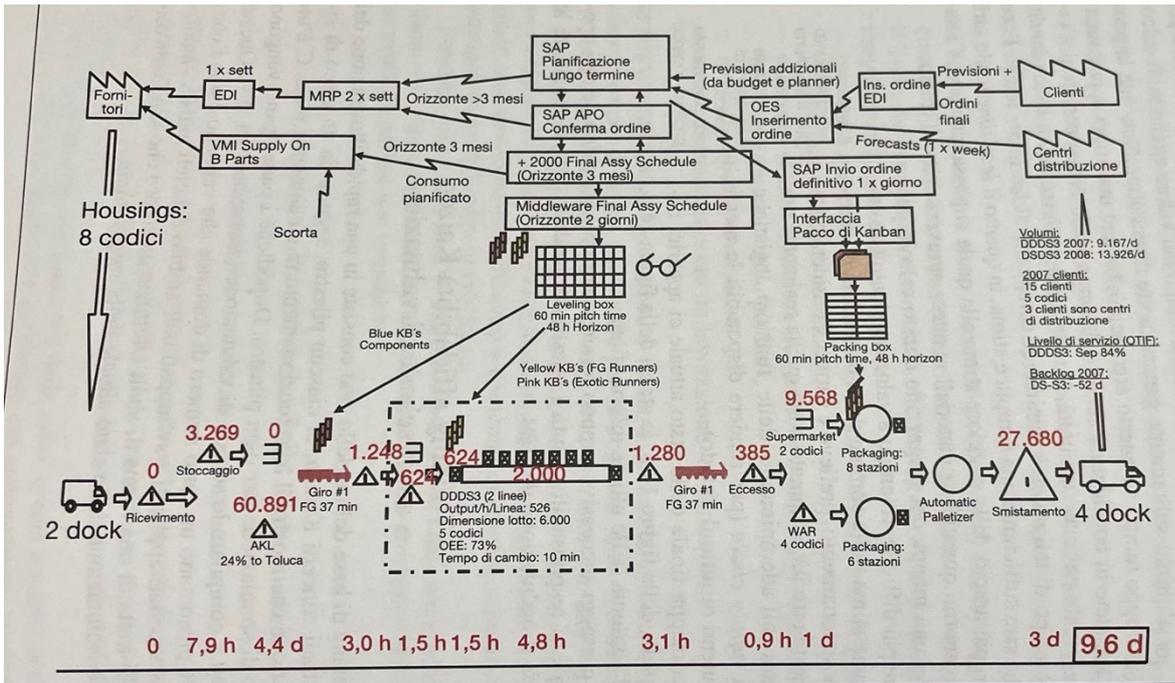


Figura 2.1: Esempio di MFID (flusso di materiale e informazione)

2.12 Dimensionamento del supermarket

La fase successiva alla mappatura dei flussi è il dimensionamento del supermarket, nonché la fase più delicata. Un *supermarket* sarà sempre il punto in cui le merci, alla fine di un ciclo logistico, aspettano le loro destinazioni e quindi la sua dimensione dipenderà principalmente dalle caratteristiche del lead time di questo ciclo logistico. Nella *Figura 2.2* si vede come la dimensione del supermarket dipendano dal ciclo logistico che deve fornire.

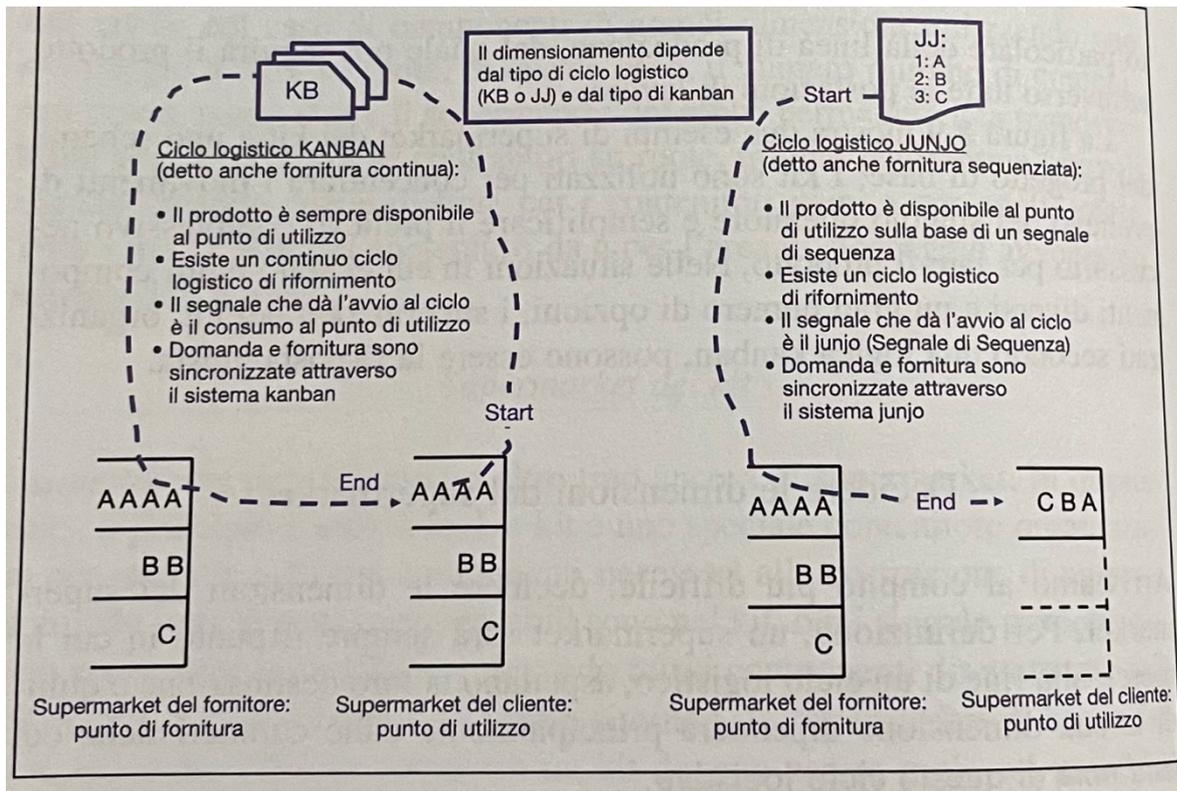


Figura 2.2: Dimensioni del supermarket

Nel caso di ciclo logistico di tipo *junjo*, ovvero in sequenza, le dimensioni del supermarket corrisponderanno all'area necessaria per la sistemazione di un lotto di componenti in sequenza, equivalente al tempo di ciclo dei *mizusumashi*, ovvero uno dei mezzi più efficienti per la creazione del flusso nella logistica interna; a questo punto, la sequenza non è più modificabile. Una situazione più complessa è data dal supermarket di tipo *kanban*, il quale prevede una reintegrazione delle scorte a mano a mano che vengono consumate; quindi, il supermarket dovrà essere progettato per la sistemazione del massimo numero dei pezzi da stoccare. Questo, a sua volta, dipende da due parametri principali:

- Le dimensioni del lotto da produrre o trasportare;
- I tempi di rifornimento;

Il tempo di rifornimento viene utilizzato per definire il punto di innesco per l'ordine di rifornimento di componenti al supermarket. Pertanto, la quantità di pezzi stoccata deve essere sufficientemente grande per servire l'operatore durante il tempo

necessario al trasferimento delle informazioni relative alla richiesta e alla consegna del materiale stesso. Si suppone di aver raggiunto il punto di innesco in un supermarket e di emettere un ordine di ripristino, e che, dopo il rifornimento, non ci sia stato un ulteriore consumo. In questo caso, il quantitativo residuo del supermarket è pari al consumo previsto durante il tempo di rifornimento. Tuttavia, l'impianto utilizzato per realizzare il prodotto può richiedere una quantità minima oppure potrebbe essere necessario avere un carico minimo di trasporto sul camion. In entrambi i casi si riceverà un determinato lotto e in ogni caso occorrerà a stoccarlo. Il massimo spazio di stoccaggio necessario nei supermarket, pertanto, è la quantità di componenti necessari all'operatore durante il processo di rifornimento più la dimensione minima del lotto richiesto. Questo è il motivo per cui i tempi rapidi di cambio tra diversi prodotti e forniture frequenti sono così importanti per mantenere ridotta la dimensione del supermarket e creare un flusso. Esiste, comunque un terzo parametro utilizzato nel calcolo delle dimensioni del supermarket: quello relativo alla frequenza di prelievo dell'operatore. Se la frequenza è bassa, come ad esempio una settimana, probabilmente il supermarket avrà dimensioni maggiori, in quanto dovrà essere grande abbastanza da contenere il massimo punto di stoccaggio che si raggiunge in una settimana. Se invece la frequenza di prelievo sarà elevata, il massimo punto di stoccaggio non sarà raggiunto così spesso. Se si riesce a mantenere alta e costante la frequenza di prelievo, allora le dimensioni del supermarket potranno essere ridotte. A questo punto, si forma un interessante scenario chiamato *Supermarket Size Simulation*, ovvero simulazione delle dimensioni del supermarket, che dimostra gli effetti combinati delle dimensioni del lotto e della frequenza di prelievo. Le conclusioni di questa simulazione sono sintetizzate nella *Figura 2.3*.

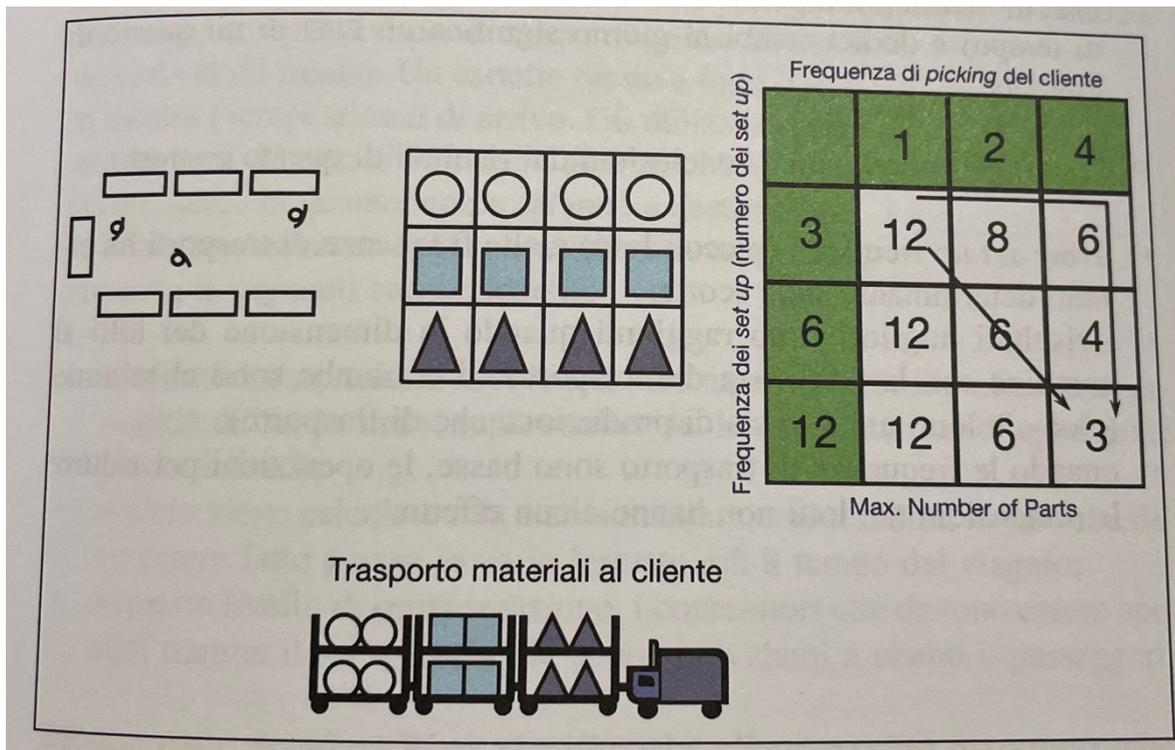


Figura 2.3: Simulazione delle dimensioni del supermarket

Per poter interpretare i risultati mostrati nella tabella, occorre comprenderne il ciclo logistico:

- La simulazione prende in esame il risultato di un giorno di lavoro;
- C'è una cella di produzione che costruisce tre differenti prodotti;
- C'è un supermarket alla fine di quella cella per lo stoccaggio dei tre prodotti;
- I clienti vanno al supermarket una, due o quattro volte al giorno per prelevare ciò di cui hanno bisogno;
- La cella di produzione può essere programmata per fare tre, sei o dodici cambi: tre cambi al giorno significa un EPEI di un giorno (fabbricare tutti e tre prodotti ogni giorno), sei cambi al giorno vuol dire un EPEI di mezza giornata (costruendo tutti e tre i prodotti in questo lasso di tempo) e dodici cambi al giorno significa un EPEI di un quarto di giornata.

Infine, è possibile delineare alcune conclusioni dai risultati di questo contesto:

- Avere set up frequenti (piccoli lotti) e alte frequenze di trasporti ha effetto determinante sulle scorte;
- I risultati migliori sono raggiunti quando la dimensione dei lotti si combina con la frequenza del trasporto ed entrambe sono al minimo (cioè c'è lotto unitario sia di produzione che di trasporto);
- Quando le frequenze di trasporto sono basse, le operazioni per ridurre le dimensioni dei lotti non hanno alcun effetto.

2.13 Applicazione al settore ambientale

L'MFID ripone l'attenzione sulla sostenibilità al fine del contenimento degli impatti ambientali futuri associati alle varie scelte gestionali. Il recupero di materia, in generale, chiede a livello gestionale la capacità di valutare i flussi di materiale che attualmente sono a fine vita e come questi varieranno nel futuro; è altrettanto importante conoscerne gli stock complessivi. Prodotto dell'MFID è una quantificazione delle reali potenzialità di invio alla filiera del recupero. L'MFID, inoltre, è utilizzato in combinazione con l'LCA, metodologia analitica e sistematica che valuta l'impronta ambientale di un prodotto o un servizio lungo il suo intero ciclo di vita, per valutare i flussi e gli impatti dell'industria, con l'obiettivo di fornire dati che consentano di migliorare i carichi ambientali di questi diversi settori. L'MFID è utilizzato per rilevare, modellare e analizzare i flussi, mentre l'LCA è utilizzato per valutare gli impatti del ciclo di vita. Come suggerito dalle norme ISO 14040 [30] e ISO 14044 [131], l'LCA si svolge solitamente in quattro fasi: finalità e obiettivi, inventario, valutazione degli impatti e interpretazione. Questo studio esegue l'inventario utilizzando l'MFID e la valutazione dell'impatto del ciclo di vita seguendo la procedura standard.

2.14 Applicazione al settore economico

I sistemi informativi basati sull'MFID possono migliorare la comprensione delle basi materiali dell'economia e fornire indicazioni sul modo in cui la politica economica

interagisce con i flussi di risorse naturali e materiali. Ciò è utile soprattutto quando la natura spaziale dei flussi non è fondamentale per l'analisi. Possono essere utilizzati, ad esempio, per:

- Misurare aspetti della performance fisica dell'economia e metterla in relazione con la sua performance economica. In questo caso l'MFID è particolarmente utile se utilizzato in combinazione con altre misure di produttività e con la modellistica economica che consente un'ampia forma di contabilità a costi completi su una serie di scale.
- Monitorare il fabbisogno di materiali per le attività volte a sostenere la crescita economica; in questo caso l'AMF è particolarmente utile se utilizzata insieme a un'analisi del fabbisogno energetico delle stesse attività.
- Monitorare il livello di "disaccoppiamento" tra la crescita economica e le pressioni ambientali, cioè il "disaccoppiamento" delle emissioni di inquinanti, dei rifiuti e degli input di risorse primarie dalla produzione economica in tutti i settori. Il disaccoppiamento si ottiene spesso con politiche economiche e ambientali che favoriscono azioni che si concentrano nelle prime fasi del ciclo di vita o della catena di approvvigionamento, in linea con il passaggio da approcci di gestione di tipo end-of-pipe ad approcci di tipo preventivo.

A un livello più dettagliato, l'analisi dell'MFID può anche contribuire utilmente a studi volti a:

- Valutare in che misura le politiche volte a stimolare la crescita economica possano spostare le risorse e le problematiche ambientali tra regioni o Paesi del mondo, tra diversi tipi di media ambientali e nel tempo.
- Aiutare a capire come la legislazione, i programmi governativi e i cambiamenti volontari nell'uso dei materiali abbiano un impatto sulla progettazione e sull'uso di determinati prodotti, e come questo influisca sui modelli di commercio e di fornitura, sugli sviluppi tecnologici e sulle condizioni ambientali. - Aiutare a

comprendere gli effetti di sussidi e tasse sul prezzo di un bene e come questo influisca sull'intero flusso di quel bene, dall'estrazione alla produzione, all'uso del prodotto, al riutilizzo/riciclaggio e allo smaltimento.

- Contribuire a identificare le migliori opportunità per internalizzare gli effetti esterni negativi e sostenere l'applicazione del principio "chi inquina paga" (PPP).
- Valutare i benefici e i costi economici del mantenimento dei materiali nel flusso dei materiali attivi e della riduzione al minimo delle quantità di rifiuti destinati allo smaltimento finale, cogliendo le opportunità di aumento dell'efficienza, di recupero dell'energia e dei materiali e di miglioramento della produttività delle risorse.

2.15 Applicazione al settore industriale

L'MFID applicato al settore industriale mira a ottimizzare la produzione e i percorsi degli usi e dei processi; inoltre, esamina il bilancio degli input e degli output industriali per gli ecosistemi naturali e cerca di controllare l'uso dei materiali e dei processi industriali attraverso pratiche a ciclo chiuso per aumentare l'efficienza della produzione:

- Autosufficienza energetica e dei rifiuti, con reimpianto di vegetazione e sequestro di carbonio sotto forma di energia.
- Dematerializzazione della produzione industriale, ovvero l'ottenimento di beni e servizi da una quantità minore di materia e resa del prodotto più durevole.
- Sistemizzazione dei modelli di utilizzo dell'energia.
- Analisi dell'equilibrio tra input e output del settore e della capacità di resilienza degli ecosistemi naturali.

L'MFID si applica a tutte le fasi della produzione di un'industria: l'estrazione delle risorse di origine naturale, l'ottenimento delle forniture, la fabbricazione dei prodotti

e la distribuzione ai clienti finali. L'inventario secondo l'approccio bottom-up consente di promuovere pratiche di ottimizzazione della produzione e della logistica, aumentando l'efficienza e favorendo la dematerializzazione della produzione.

La *Figura 2.4* mostra una rappresentazione concettuale della modellazione dei sistemi che evidenzia i flussi di materiali con l'estrazione di risorse dall'ambiente naturale, gli ingressi e le uscite di massa di ogni processo e le emissioni e gli scarichi nell'ambiente naturale (litosfera, idrosfera e atmosfera). Quindi, i materiali subiscono processi di trasformazione, utilizzo (quando sono disponibili), dismissione e riciclaggio.

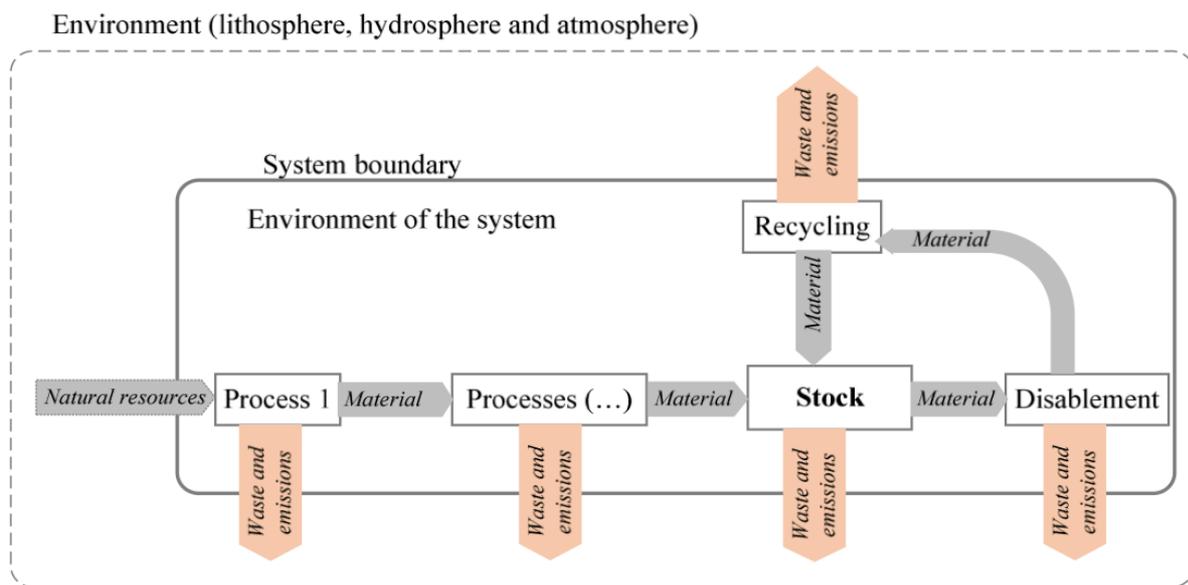


Figura 2.4: Modellazione dei sistemi

3. Progetto “P”

Il progetto analizzato riguarda la piattaforma modulare tramite la quale Audi fa un ulteriore passo avanti verso la mobilità elettrica; il progetto in questione, per motivi di confidenzialità, prenderà il nome di “P”. La Casa tedesca ha diffuso una serie di informazioni su questa architettura che è stata sviluppata in collaborazione con Porsche come erede in versione elettrificata della attuale MLB Evo, anticipando così l'arrivo di una serie di modelli a emissioni zero dei due marchi di lusso. Le auto in questione sono le seguenti: Audi EQ5, EQ6, Audi E7, Audi EQ7, Audi EQ8, EQ9, Audi E8, Porsche eMacan, Porsche eCayenne, Porsche e G3 e Porsche J2.

Per una migliore comprensione del processo, è importante conoscere a fondo il prodotto e la sua composizione.

3.1 Moduli termici

Il gruppo termico motore è un sistema di raffreddamento utilizzato nei veicoli per abbassare la temperatura o mantenerla costante a valori relativamente bassi. A tal fine, un insieme di componenti sono assemblati all'interno di un frame, che, una volta completato, sarà montato nel vano motore del veicolo.

La necessità di un impianto di raffreddamento nasce dal fatto che, quando l'energia contenuta nel carburante si trasforma in potenza disponibile, durante il funzionamento del motore, una parte di essa si disperde sotto forma di calore. Il processo di trasformazione, infatti, fa sì che, per combustione, quasi il 30% dell'energia si disperda. Di per sé questo non sarebbe un problema, ma il motore è stato progettato con determinate caratteristiche strutturali, il che significa che se la temperatura non fosse controllata questo potrebbe compromettere l'integrità strutturale del motore. Il mantenimento della temperatura, al di sotto di certi limiti, serve a garantire, non solo l'affidabilità del motore, ma anche le prestazioni previste.

3.1.1 Funzionamento di un impianto di raffreddamento

L'impianto di raffreddamento, mostrato in *Figura 3*, serve ad assicurare che il motore funzioni sempre entro una determinata temperatura di esercizio, indipendentemente dalla temperatura esterna, dalle condizioni climatiche o dallo sforzo del motore. Il surriscaldamento motore può provocare danni irreparabili, ed è quindi opportuno che ogni componente del circuito di raffreddamento sia in buono stato di salute e funzioni correttamente.

Elemento fondamentale dell'impianto di raffreddamento è il **radiatore**, costituito da un blocco di lamelle metalliche che fanno da scambiatore di calore acqua-aria. Il radiatore è attraversato dal liquido di raffreddamento che ha assorbito il calore del motore e che lo cede all'aria, raffreddandosi e ritornando in circolazione all'interno del motore. È questo continuo scambio di calore a garantire che il calore in eccesso si dissipi nell'aria esterna e che il motore possa mantenere una temperatura idonea senza surriscaldarsi. Il radiatore deve essere a contatto con l'aria esterna e per questo viene montato dietro la calandra. Motore e radiatore sono collegati da manicotti resistenti al calore, all'interno dei quali circola il liquido refrigerante. Generalmente, a questo scambiatore, ne è fissato un altro, ovvero l'**OHX** o **gas cooler**, che ha l'obiettivo di raffreddare il fluido refrigerante (freon) che circola nel circuito della pompa di calore.

Il **liquido di raffreddamento**, fondamentale per il raffreddamento motore, passa per tutti i condotti del monoblocco e della testa del motore, "assorbendone" il calore in eccesso prodotto dalla combustione e portandolo al radiatore dove avviene lo scambio con l'aria esterna. Il liquido di raffreddamento ha dunque un ruolo fondamentale nell'assicurare il raffreddamento del motore. Il meccanismo è semplice: il liquido in entrata, più freddo della temperatura del motore, assorbe e trattiene il calore in eccesso aumentando esso stesso di temperatura e abbassando al contempo quella del

motore. Il liquido caldo viene raffreddato grazie al radiatore per poi venir nuovamente reimmesso in circolo nel motore. Il liquido radiatore non dura all'infinito e con il tempo perde le sue proprietà e deve quindi essere sostituito, così come avviene per i lubrificanti. Il glicole (etilenico o propilenico) contenuto nel liquido nel tempo si degrada, e oltre a perdere efficacia potrebbe andare in ebollizione o addirittura ghiacciarsi, provocando seri danni al motore

La **ventola** "viene in aiuto" del radiatore quando l'aria che lambisce la parte radiante non è più sufficiente a garantire un efficiente scambio di calore. Ciò avviene quando l'auto si muove lentamente o è ferma, mentre, quando il veicolo corre ad una velocità adeguata, il radiatore è in grado di lavorare senza l'aiuto della ventola (essendo attraversato da un forte flusso d'aria). Il gruppo ventola può essere composto da una o due ventole, di tipo *aspirante o premente* (in base alla direzione del flusso rispetto al radiatore). Le ventole, gestite da un'apposita centralina che ne regola velocità di rotazione in base alla temperatura del liquido refrigerante, genera dunque un flusso d'aria forzata che raffredda il radiatore e il liquido circolante in esso. Le ventole vengono azionate dalla centralina anche per togliere calore da altri componenti, come condensatore del clima, cambio automatico, ecc. Con il passare del tempo il motorino elettrico della ventola potrebbe rompersi, rendendo necessario la sostituzione del gruppo ventola.

Il **serbatoio di espansione** è un altro importante componente del circuito di raffreddamento dell'auto. La sua funzione è quella di regolare correttamente il liquido refrigerante all'interno del circuito. La vaschetta di plastica trasparente che costituisce il **serbatoio di espansione**. Questo componente permette di rabboccare il circuito tramite l'apertura di un tappo, mentre dal basso consente al refrigerante di essere prelevato per alimentare l'impianto. La qualità della plastica con cui viene realizzato il serbatoio è importante, visto che deve sopportare stress termici e vibrazioni. Con il

tempo è destinata a degradarsi e in caso di fessurazioni da cui trafile liquido occorre sostituirlo.

Il **tappo del serbatoio di espansione**, insieme al termostato, funge da **valvola di sicurezza** dell'intero sistema di raffreddamento. Esso assicura infatti che la pressione prevista per il sistema di raffreddamento motore sia sempre mantenuta durante la marcia, consentendo all'aria di fuoriuscire in caso di sovrappressione.

Anche quando viene spento il motore, e il circuito si raffredda, la valvola presente nel tappo si apre, consentendo di reintegrare in vaschetta l'aria dall'esterno e mantenendo la pressione corretta.

La **pompa dell'acqua** è il "cuore" del circuito di raffreddamento e serve a far circolare il liquido nel circuito, creando un flusso continuo del liquido dal motore al radiatore e viceversa. Quando il motore è acceso la **pompa dell'acqua** è sempre in funzione: un suo arresto bloccherebbe infatti la circolazione del liquido facendo surriscaldare il motore con conseguenti danni.

Altro componente chiave dell'impianto di raffreddamento è il **termostato**, che ha la funzione di regolare la portata del liquido a seconda della sua temperatura. È costituito da un bulbo in cera che si allunga o si contrae a seconda della temperatura. A temperatura ambiente è chiuso, ma via via che la temperatura del motore aumenta la parte in cera si allunga lasciando passare l'acqua al radiatore prima di rientrare al motore.

Infine, il **sensore di temperatura** consente di misurare la temperatura del liquido radiatore in modo tale da consentire alla centralina di regolare una serie di parametri, tra cui l'iniezione del combustibile. Tutti i motori sono dotati di un sensore di temperatura, la cui resistenza decresce all'aumentare della temperatura.

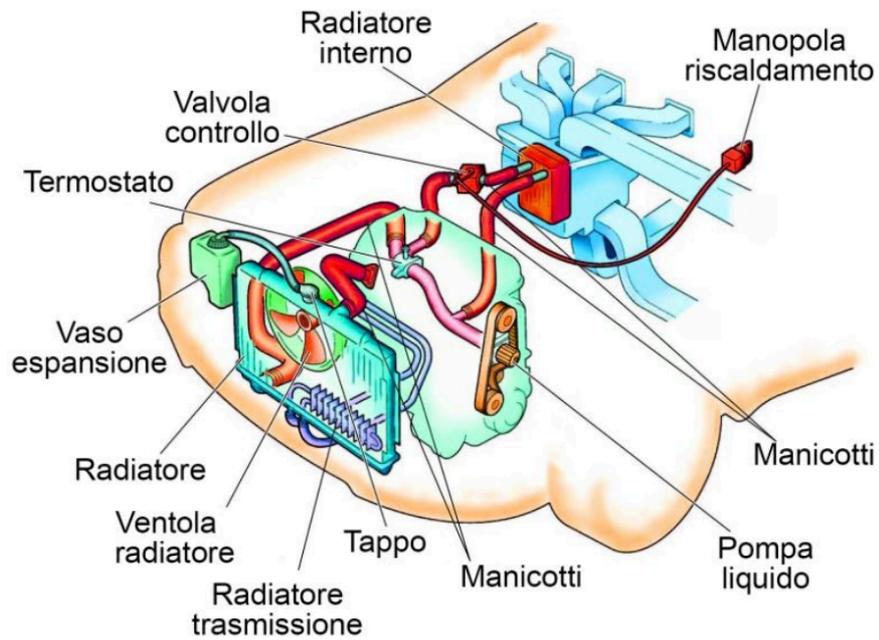


Figura 3: Sistema di raffreddamento motore

3.1.2 Composizione modulo termico "P"

Il modulo termico "P" si presenta come illustrato in *Figura 3.1*.

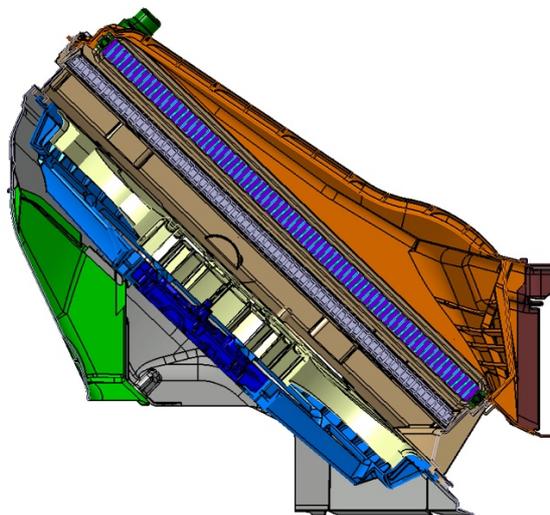


Figura 3.1: Modulo termico

Il modulo è costituito da pochi, ma fondamentali, elementi visibili in *Figura 3.2*, quali:

1. Interfaccia condotti cliente;
2. Condotto entrata aria;
3. Cornice ventola;
4. Elettroventilatore;
5. Convogliatore;
6. Condensatore OHX;
7. Radiatore;
8. Condotti uscita aria;

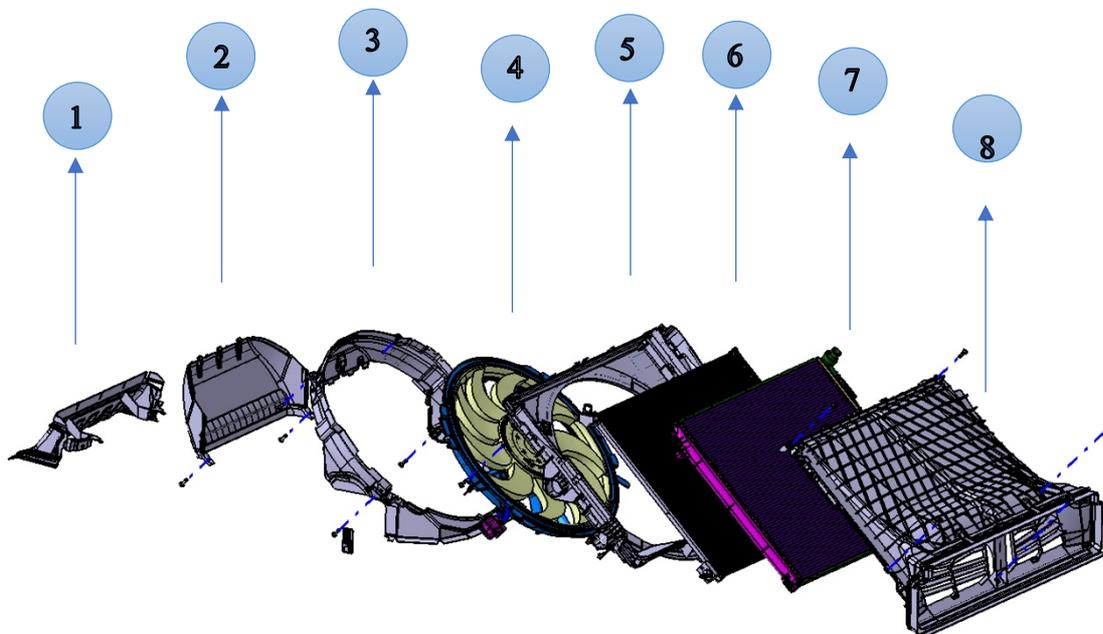


Figura 3.2: Esploso del modulo termico

L'elemento principale è il *Convogliatore*, il quale funge da supporto a tutto il resto dei componenti e dunque permette di mantenere tutto il modulo attaccato alla vettura; di fatti, esso è composto da un materiale semicristallino-cristallino, nonché il PA66 (Poliammide 66), contrariamente alla restante parte dei componenti, costituita, invece, da PP (Polipropilene), materiale morbido, leggero che permette solo il sostegno dei componenti stessi, senza la possibilità di fornire supporto altrui. È bene notare come la struttura dell'*Elettroventola* si interfaccia con il convogliatore, il quale viene fissato tramite un innesto a baionetta e, inoltre, quest'ultimo risulta essere il primo componente ad essere fissato durante la fase di assemblaggio. Il successivo componente assemblato è, invece, la *Cornice della ventola*, fissato tramite cinque viti, al quale viene avvitato, tramite una sola vite, il *Condotto entrata aria*. Durante la fase di assemblaggio, a questo punto, viene ruotato il tutto e successivamente vengono fissati a scatto i due scambiatori, ovvero rispettivamente il *Condensatore* e il *Radiatore*, entrambi sul convogliatore e, infine il *Condotto uscita aria* e che, dapprima, viene anch'esso fissato a scatto sul convogliatore e successivamente avvitato tramite cinque viti. Nell'evoluzione del progetto, al fine di migliorare le prestazioni dell'assemblaggio, si è deciso di procedere verso l'unificazione delle viti, in quanto prima erano due codici differenti. Una volta ottenuto il modulo nella sua totalità, quest'ultimo si interfaccia con la vettura tramite quattro cilindri, due per lato, i quali sono costituiti da supporti in gomma, al fine di smorzare le vibrazioni che la vettura trasmette al modulo e viceversa. Un compito estremamente importante, inoltre, lo riserva la bocca d'aria, la quale permette di fare entrare appunto l'aria che attraversa la sezione, ovvero viene convogliata attraverso radiatore, condensatore e per finire fuoriesce dal vano sotto la vettura, e viene smaltita tramite *l'Interfaccia condotti cliente*. Caratteristiche importanti del modulo da sottolineare, per concludere, sono le interfacce, che vengono distinte in *strutturali*, cioè i punti di fissaggio, e *funzionali*, ovvero tutti i componenti che ne permettono il funzionamento.

3.1.3 Radiatore

Per motivi di confidenzialità, è mostrato in *Figura 3.3* un esempio di radiatore generico, componente principale del sistema di raffreddamento ed ha il ruolo di rilasciare all'atmosfera il calore raccolto dal liquido refrigerante nelle varie parti del motore. Per aumentare la dissipazione del calore, ad esso sono fissate delle alette di metallo che, assorbendo calore dai tubi per conduzione, lo diffondono nell'ambiente per convezione. Il metallo che costituisce tubi e alette, normalmente alluminio e rame, deve offrire, non solo leggerezza e lavorabilità quando lo spessore è ridotto, ma soprattutto buona conducibilità termica. I radiatori DENSO sono in grado di soddisfare qualsiasi esigenza operativa, anche nelle condizioni ambientali più difficili.



Figura 3.3: Radiatore

3.1.4 Condensatore

Altro modulo termico, di notevole importanza, risulta essere il condensatore, che, per motivi di confidenzialità, ne è mostrato in *Figura 3.4* uno generico. Esso è posto nella parte anteriore della vettura, davanti al radiatore. Il suo compito, nel caso di motori termici e di motori elettrici, è quello di permettere il passaggio del refrigerante proveniente dal compressore dallo stato gassoso allo stato liquido. Tale passaggio

avviene in quanto il condensatore è attraversato da aria a più bassa temperatura che permette la condensazione del gas. Come tutti i componenti A/C DENSO, i condensatori sono progettati e realizzati in modo da consentire una perfetta integrazione con il sistema originale di climatizzazione del veicolo.



Figura 3.4: Condensatore

I Condensatori DENSO offrono qualità OEM, la gamma comprende tipologie diverse per avere la configurazione ottimale per ciascuna applicazione. Sono prodotti con le migliori leghe di alluminio, a garanzia di totale affidabilità e resistenza alla corrosione, inoltre l'eccellente design delle alette garantisce maggiore capacità di scambio termico e massima condensazione del refrigerante. I condensatori sono, inoltre, progettati in modo da disperdere gli accumuli di polvere, permettendo al sistema di climatizzazione di operare al massimo livello di efficienza con la minima manutenzione e assicurando anni di servizio senza problemi.

3.1.5 Processi di produzione degli scambiatori di calore

La DENSO produce internamente gli scambiatori di calore utilizzando i due processi disponibili:

- Saldobrasatura, che, come dice la parola stessa, realizza il contatto con una saldatura utilizzando forni continui ad atmosfera controllata.
- Mandrinatura, che realizza il contatto per deformazione meccanica su linee automatiche.

Nel primo caso il contatto è più stretto e ciò garantisce una trasmissione del calore più efficiente, ma i costi di produzione sono molto più elevati rispetto alla seconda tipologia. Nel caso della mandrinatura, invece, i radiatori hanno un rapporto prestazioni/costo migliore. La capacità di DENSO di stimare in anticipo le prestazioni permette di scegliere gli scambiatori più adatti ad ogni veicolo.

In particolare, la necessità di sviluppare un nuovo prodotto innovativo ed efficiente nasce dal fatto che, negli anni, le dimensioni del vano motore sono andate via via riducendosi. Questo, sommato alle grandi quantità di calore che è necessario dissipare, ha complicato la costruzione del gruppo, rendendo di fatto sempre più difficile la disposizione dei componenti interni.

3.2 Denso Polonia

L'impianto DTPO si trova nella periferia della Città di Tychy, come mostrato in *Figura 3.5*. Oggi DENSO Thermal Systems Polska impiega circa 500 dipendenti.



Figura 3.5: Impianto DTPO

L'impianto DTPO nasce per la produzione e per la vendita di ricambi e accessori per auto, in particolare, sistemi di riscaldamento (riscaldatori e condizionatori d'aria), cruscotti, moduli "front end" e moduli di raffreddamento del motore per automobili/autovetture. Alle origini, era situato all'interno del comprensorio di FCA, poiché quest'ultima, nel proprio stabilimento in Polonia, produceva con una logica JIS, secondo la quale la merce necessitata doveva essere fornita non solo al tempo previsto, ma anche nella giusta sequenza; dunque, emergeva la necessità di avere a disposizione in maniere immediata i componenti da assemblare sulla plancia e sul front end. Nel corso dell'anno 2018, Denso, però, divenne fornitore del modulo CMP (modulo per le vetture medie di PSA, allora non facente parte di Fiat), dunque era impossibilitata nel produrre questo tipo di prodotto all'interno del comprensorio Fiat, motivo per il quale prese in affitto lo stabilimento SEGRO, pari a 3000 mq, al fine di spostare la produzione, però, mantenendo allo stesso tempo la produzione per Fiat all'interno del suo comprensorio. In seguito, Denso, decise di ampliare lo stabilimento a seguito dell'acquisizione di nuovi clienti e del conseguente aumento di volumi

produttivi; perciò, si adibì alla produzione di nuovi componenti, oltre al fatto che Stellantis decise di spostare l'asse produttivo dal Sud Europa al Nord Europa. Il nuovo stabilimento, sotto il nome di Panattoni, si estende per 22.048 mq ed è situato vicino al comprensorio FCA, come mostrato in Figura 3.6.



Figura 3.6: Panoramica stabilimento Panattoni

In Figura 3.7 è mostrato lo Stabilimento Panattoni dall'esterno.



Figura 3.7: Stabilimento Panattoni

In Figura 3.8, invece, è mostrato il Layout.

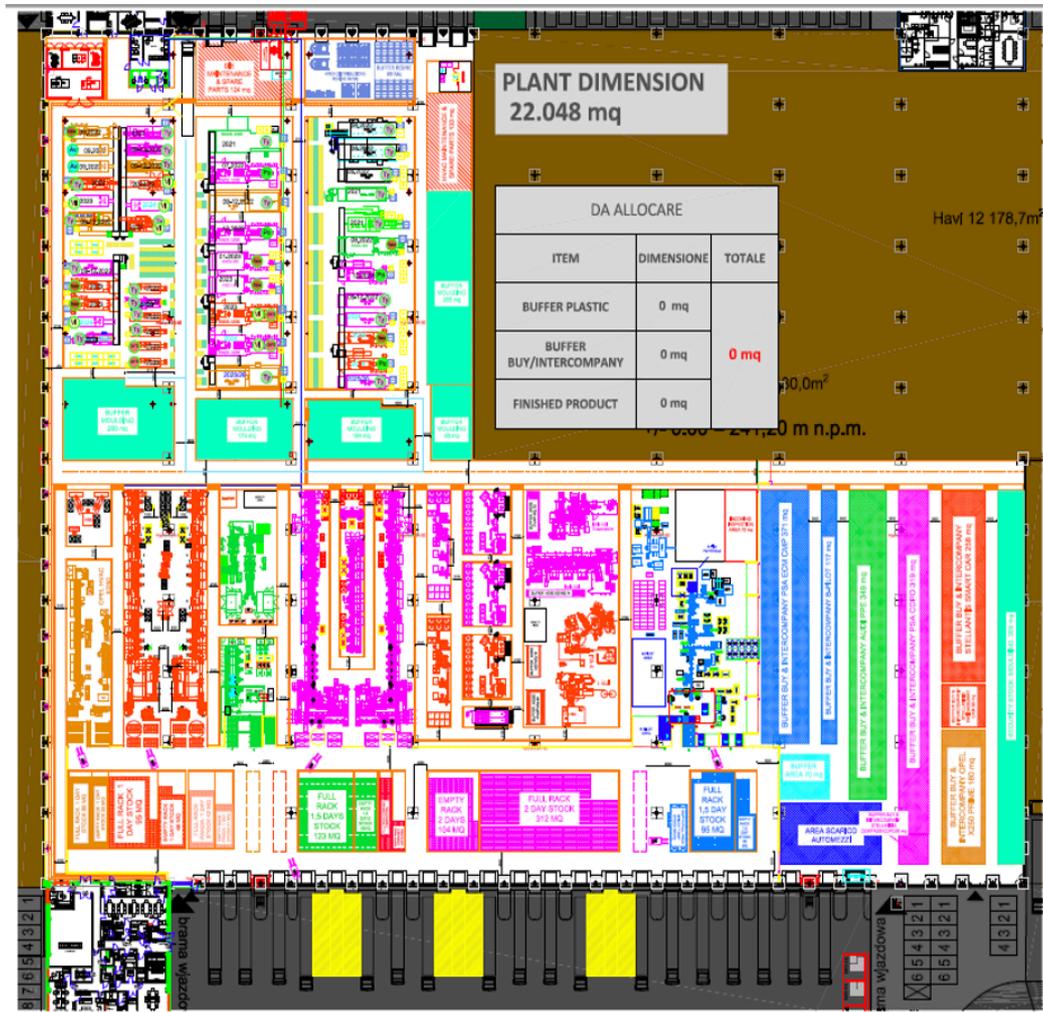


Figura 3.8: Layout Panattoni

In questo stabilimento, ad oggi, vengono prodotti i componenti per:

- Gruppo climatizzazione Audi e Porsche (“P”), i cui clienti sono situati in: Ingolstadt DE, Neckarsulm DE, Leipzig DE, Zuffenhasuen DE, Bratislava SK, HBPO Koshing, HBPO Meerane;
- Gruppo climatizzazione per PSA (Stellantis), che include le autovetture 3008, 5008, Berlingo e Puntini, i cui clienti sono situati in: Eisenach DE, Rennes FR, Sochaux FR;

- Gruppo climatizzazione per Opel (Stellantis), che include le autovetture Ducato, Jumper e Puntini, i cui clienti sono situati in Gliwice PL;
- Gruppo climatizzazione per Smart Car (Stellantis), che include le autovetture Nuova Panda e Nuova C3, i cui clienti sono situati in: Trnava SK e Poissy FR.

Ad oggi, DTPO è stata attivamente coinvolta nel WCM - World Class Manufacturing, impegnandosi costantemente per il miglioramento continuo dell'impianto e rafforzando la propria posizione nella moderna industria automobilistica. Denso Thermal Systems, in quanto entità appartenente alle strutture del Gruppo internazionale Denso, implementa il concetto di Responsabilità Sociale d'Impresa (CSR), ovvero la costruzione di un'immagine di un'entità affidabile, che contrasta vari fenomeni sociali negativi. L'implementazione dei principi della CSR nella strategia aziendale favorisce la creazione di un vantaggio competitivo a lungo termine e di relazioni con l'ambiente sociale di Denso e dei suoi stakeholder.

3.3 Processi del modulo "P"

In *Figura 3.9*, all'interno del layout precedentemente esposto, sono stati evidenziati i processi a monte del modulo "P", in particolare: scambiatori, stampaggio e assemblaggio.

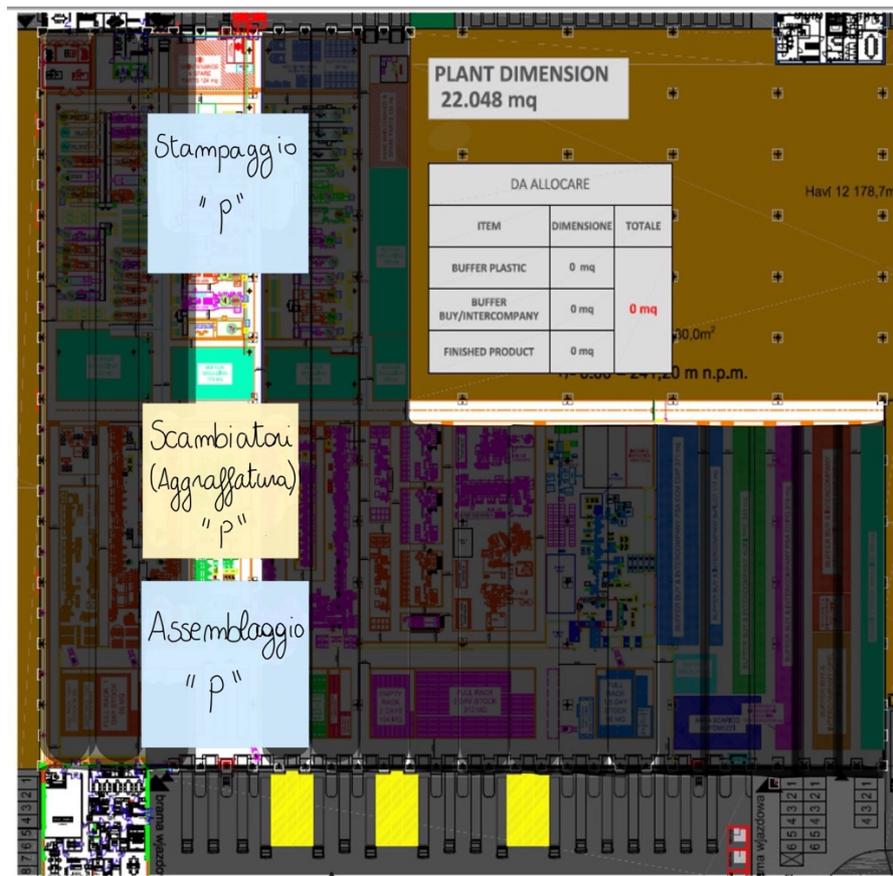


Figura 3.9: Processi a monte del modulo "P"

3.3.1 Scambiatori

Gli **scambiatori** di calore coinvolti nei moduli termici, come precedentemente esposto, sono il radiatore e il condensatore.

Il radiatore è costituito da *tubi* di coil di alluminio, ottenuti tramite lo stampaggio, i quali vengono formati, elettrosaldati (oppure piegati) e infine tagliati a misura; successivamente sono depositati all'interno dei buffer e, nel momento in cui devono essere assemblati, vengono prelevati e assemblati assieme alle *alette*, anch'esse formate da coil di alluminio, srotolati, formati, compattati e tagliati a misura, in modo da formare una sequenza ripetitiva di aletta-tubo. In seguito, il processo prevede

un'operazione di saldobrasatura, la quale permette di chiudere tutti i giochi tra alette, tubi e *fianchetti*, questi ultimi posti su staffe, le quali permettono di mantenere in maniera orizzontale il pezzo. I fianchetti, inoltre, vengono posti sulla parte superiore e inferiore del prodotto finale, che prende il nome di **core** o **pacco radiante**.

Il processo di assemblaggio successivo permette di assemblare il pacco radiante con *due collettori*, posizionati invece a destra e a sinistra del pacco, i quali contengono due *guarnizioni*, le quali, a loro volta vengono pressate tramite un processo di aggraffatura per far sì che vengano inserite nelle vasche.

In *Figura 3.10* è mostrato un esempio di come è costituito un radiatore.

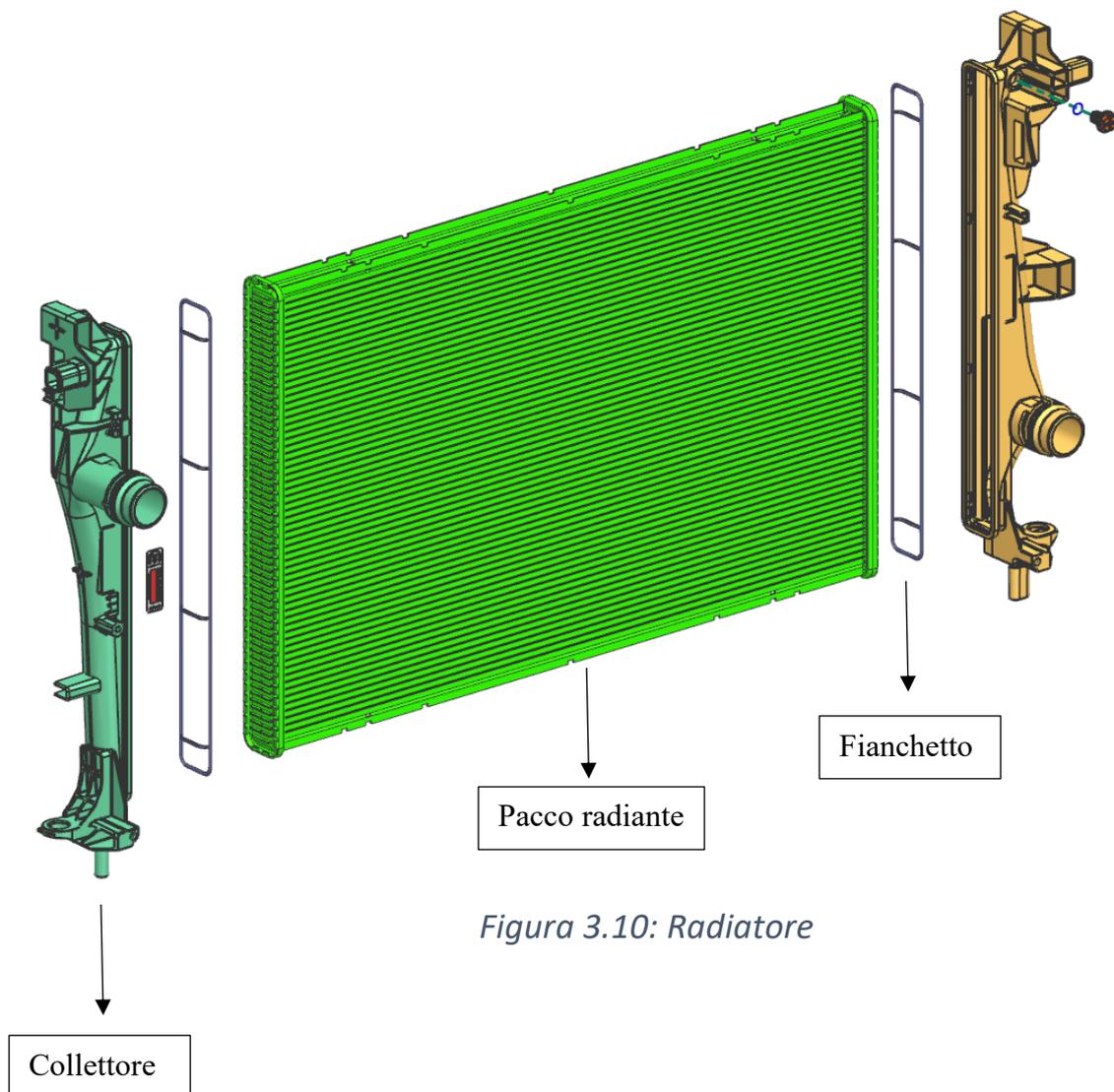


Figura 3.10: Radiatore

Il condensatore viene prodotto allo stesso modo, l'unica differenza sta nel tubo, in quanto risulta essere un prodotto di tipo *buy*, dunque si ottiene per estrusione; invece, le alette differiscono da quelle del radiatore solo per la diversa forma geometrica; anche qui è ripetuta la sequenza aletta-tubo. A livello di componenti, il condensatore manca dei collettori, in quanto questi ultimi sono sostituiti da un *tubo distributore chiuso* o *tubo multiport*, che non necessita di vasche aggraffate. All'interno del distributore si trova un corpo filtro, il quale è attaccato al condensatore e sigillato a seguito della brasatura. In *Figura 3.11* è mostrato un condensatore nel suo complesso, mentre in *Figura 3.12* vi è un esploso con i vari componenti che lo costituiscono.

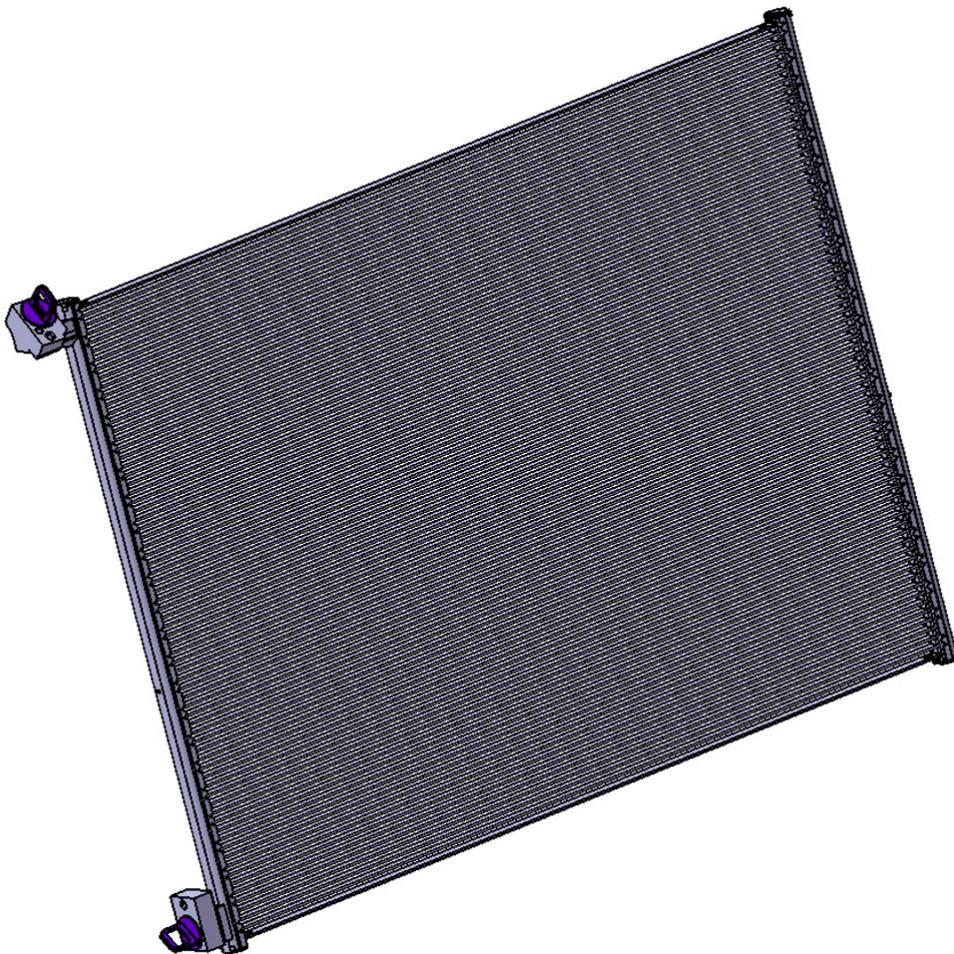


Figura 3.11: Condensatore

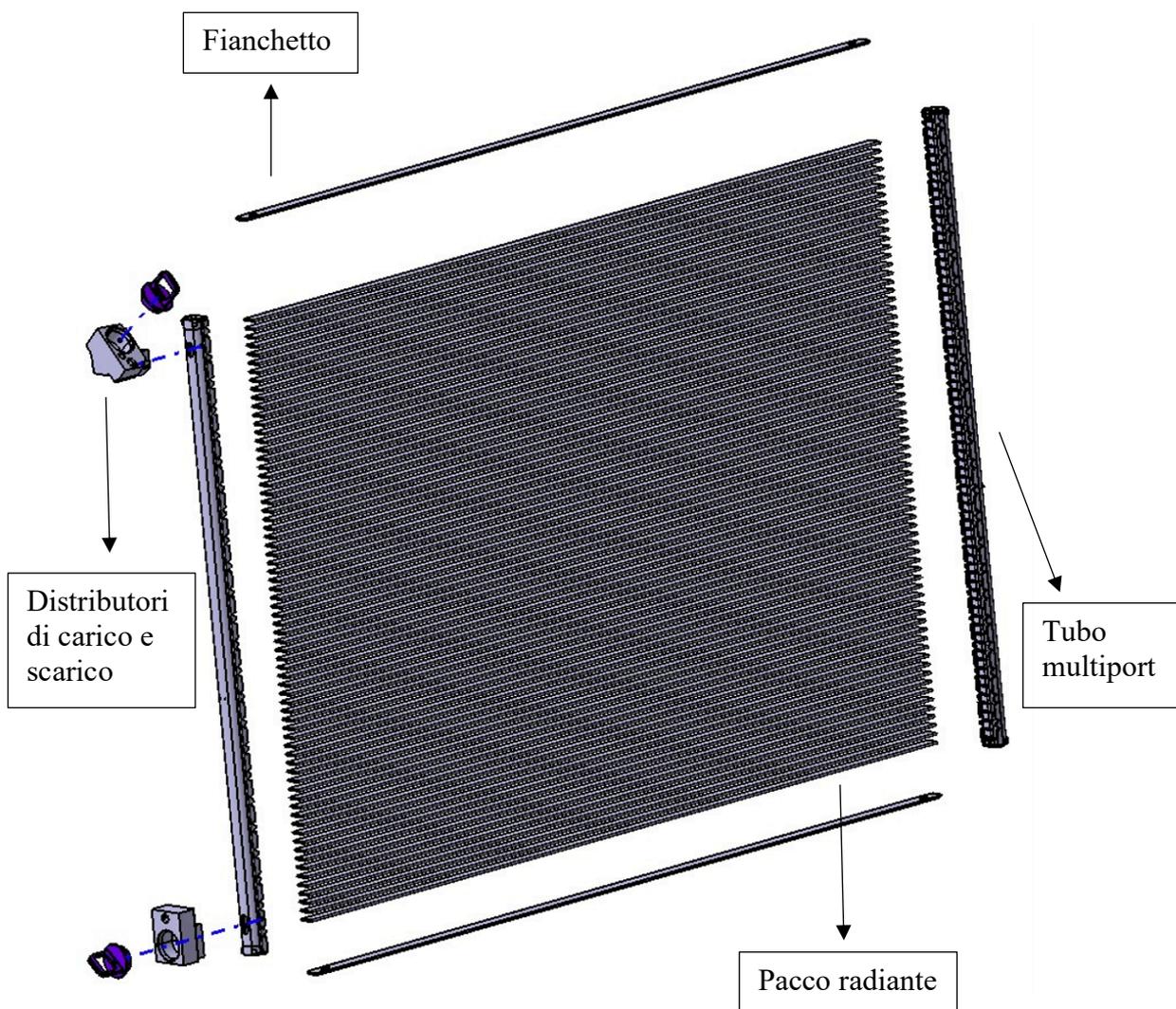


Figura 3.12: Esploso del condensatore

Nel caso specifico di "P", il pacco radiante viene spedito direttamente dallo stabilimento di Poirino e in seguito assemblato in Polonia, mentre il condensatore viene direttamente acquistato dalla Repubblica Ceca, in particolare da DMCZ - Liberec. Il processo dedicato a "P" è mostrato in *Figura 3.13*.

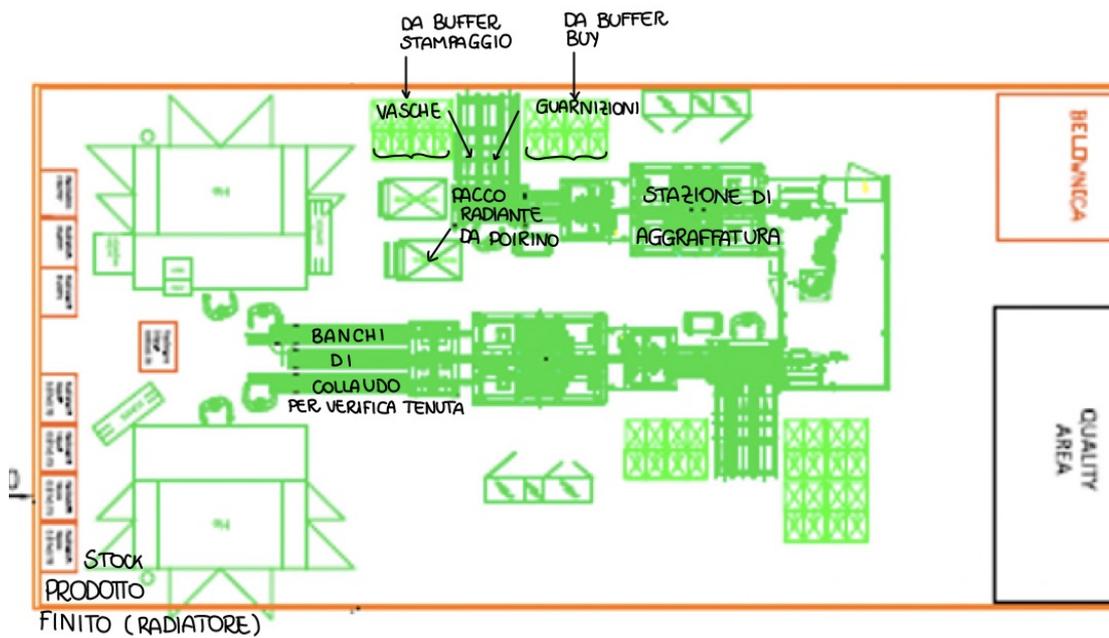
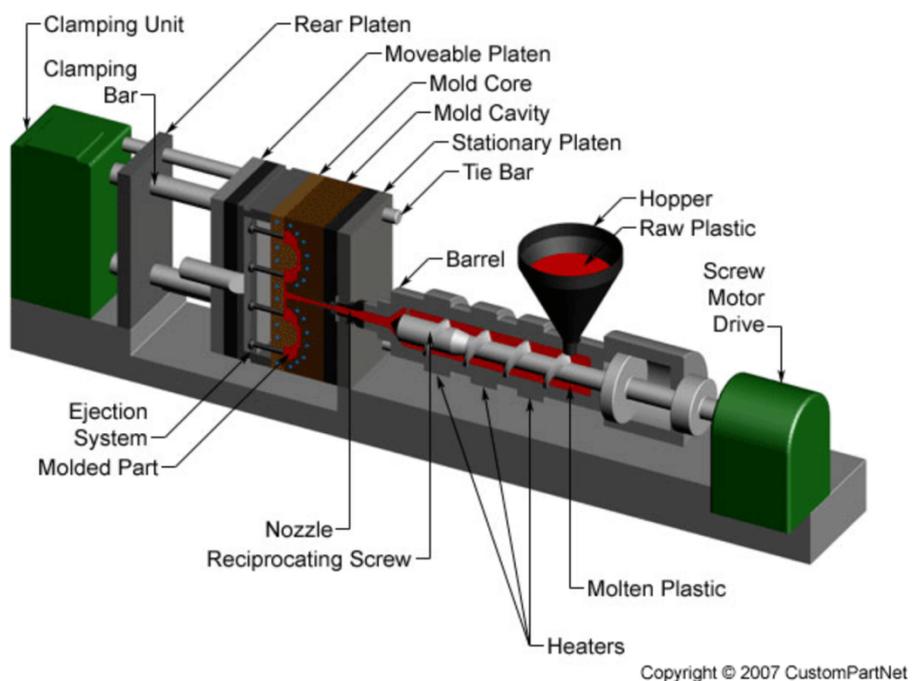


Figura 3.13: Aggraffatura Radiatore

3.3.2 Stampaggio

Il primo processo che sta a monte, nel caso di Audi PPE, è lo **stampaggio** di materiale plastico/termo-plastico, come mostrato in *Figura 3.14*.



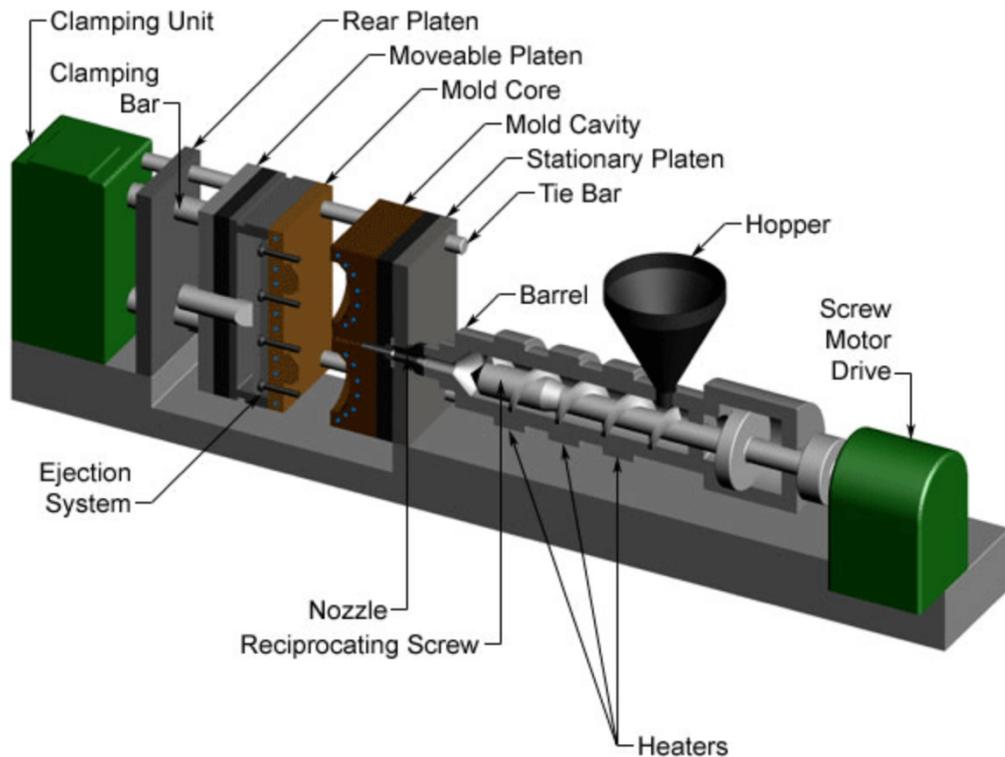


Figura 3.14: Stampaggio a iniezione

La materia prima è acquistata dai fornitori direttamente sottoforma di cilindri o parallelepipedi, i quali vengono caricati, tramite opportuni sistemi automatizzati, sulla *tramoggia* (hopper) della pressa che immette il materiale nella *vite di plastificazione*, la quale, tramite dei *riscaldatori* (heaters), trasforma, con un movimento ruotante, il materiale plastico in materiale visco-elastico, caratterizzato, dunque, da una viscosità minore, ad una temperatura che oscilla tra i 200 e i 300 gradi, a seconda della dimensione del particolare. A questo punto lo stampo è chiuso ed inizia l'iniezione vera e propria, caratterizzata da una durata che va dai due ai quattro secondi, durante la quale viene effettuata una pressione sulla vite (100 MPa) e il materiale è diretto verso la cavità dello stampo, con il risultato di ottenere una struttura più compatta e uniforme rispetto a quelle da colata.

In *Figura 3.15* è rappresentato uno spaccato dello stampo a iniezione.

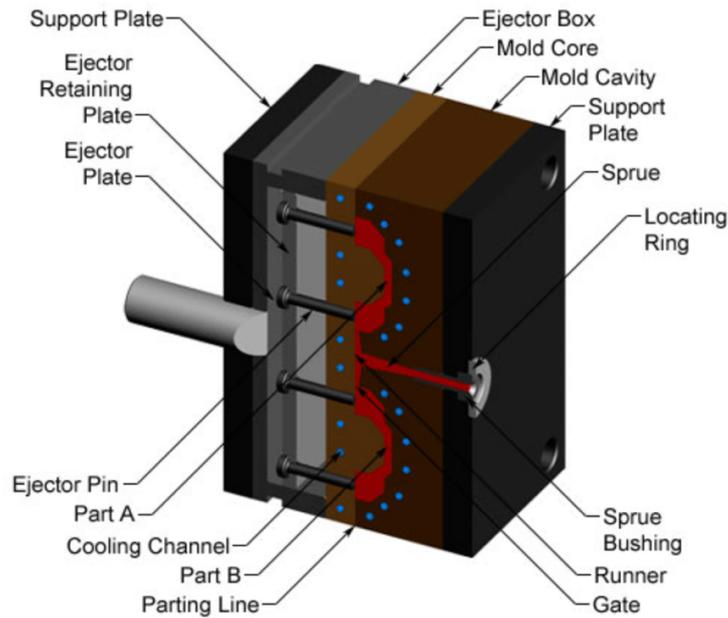


Figura 3.15: Spaccato dello stampo a iniezione

A seguito di ciò, il punto di iniezione è chiuso ed inizia la fase di raffreddamento, caratterizzato da una durata pari a 5-6 secondi per materiali di grandi dimensioni e 2-3 secondi per materiali di piccole dimensioni, grazie al salto termico causato dallo stampo che possiede una temperatura inferiore a quella del materiale che sta all'interno, in seguito al quale il materiale si solidifica. Anche al termine di questa fase, viene effettuato un aumento di pressione, in quanto un materiale termoplastico, quando si solidifica, subisce una contrazione del volume pari circa al 20% dello stesso, ma, tramite questo aumento, il ritiro si riduce a circa l'1%. Al termine dello stampaggio, lo stampo viene aperto ed è prelevato il pezzo o tramite caduta o tramite sistemi manuali, se il particolare è di piccole dimensioni. Il prelievo viene, ovviamente, accompagnato da un controllo visivo e, tramite cadenze, da controllo qualità, per valutare in che modo stia procedendo lo stampaggio e per lo scarto di eventuali pezzi difettosi. Se il prodotto risulta conforme, quest'ultimo viene stoccato per fasi successive, come movimentazione interna e assemblaggio.

Nel caso del modulo “P”, i materiali plastici in questione sono pari a sette, mentre gli stampi dedicati sono pari a cinque, di cui tre di questi sono mono cavità, i restanti a 1+1 cavità. Per componenti piuttosto grandi, come ad esempio i condotti uscita aria, si necessita di una pressa di 1300 Tonnellate, mentre per il convogliatore e per la cornice ventola è adatta una pressa di 900 Tonnellate, per radiatore e vasche una pressa di 580 Tonnellate ed infine per componenti di piccole dimensioni, come ad esempio l’interfaccia condotti cliente, una pressa di 400 Tonnellate.

Ulteriori novità recentemente apportate all’interno dello stabilimento Panattoni, relative alle presse, consistono nell’introduzione degli stampi Two-shot. Questa scelta è stata dettata dal fatto che alcuni componenti, come condotti uscita aria e interfaccia condotti cliente, che si interfacciano con la carrozzeria, necessitano di guarnizioni per la tenuta dell’aria, dunque, per evitare costi ingenti relativi a stampi dedicati a due materiali differenti, si è deciso di stampare due materiali in uno stampo solo, in due fasi successive, ovvero, dapprima avviene l’iniezione della parte rigida e successivamente dell’elastomero, a seguito, però, del raffreddamento del materiale termoplastico; in questo modo i due materiali differenti si legano, grazie a particolari legami chimici, in quanto entrambi posseggono una base comune, nonché il polipropilene.

3.3.3 Assemblaggio

L’ultimo processo a monte di interesse è l’**assemblaggio** dei componenti, il quale consiste in processi standardizzati per ogni stazione di lavoro, ovvero processi che comprendono le stesse trasformazioni, svolte in maniera ciclica, e che avvengono con gli stessi tempi; dunque, in ogni stazione viene eseguito un determinato numero di operazioni standard. Il motivo per il quale si è scelto di ricorrere ad operazioni standard è legato a questioni di ergonomia, qualità e di tempo. L’attrezzatura standard delle

varie operazioni è il *pallet*, un telaio che aggancia il primo componente e di seguito, man mano che si procede con l'assemblaggio, tutti i successivi. Naturalmente, dal momento che le operazioni sono svolte manualmente, vi è un'alta probabilità di commettere errore; per questo motivo, le operazioni svolte dall'operatore sono gestite da sistemi informativi che forniscono all'operatore un elenco ordinato delle varie operazioni da svolgere e rilasciano un feedback nel momento in cui l'operatore conclude un'operazione, in modo tale da capire se è stata svolta correttamente e, in caso positivo, proseguire con le operazioni successive.

Il concetto che sta alla base di ciò è il **poka-yoke**, dal giapponese *yokeru* (evitare) e *poka* (gli errori di distrazione), termine utilizzato per indicare una scelta progettuale o un'apparecchiatura che, ponendo dei limiti al modo in cui un'operazione può essere compiuta, forza l'utilizzatore ad una corretta esecuzione della stessa. Il sistema di supervisione interagisce con l'operatore tramite un raggio laser che si infrange sui componenti nel momento in cui questi ultimi vengono posti sul pallet e da lì, prendono inizio le varie operazioni e, nel caso in cui qualcosa non andasse, ad esempio un componente disposto in maniera errata o una vite mancante, il sistema lo evidenzia e fa presente il problema all'operatore tramite uno schermo. In caso di mancanza di errori, il sistema continua comunque ad essere di supporto all'operatore.

In *Figura 3.16*, è raffigurato un banco di assemblaggio, nel quale sono presenti tre postazioni, rispettivamente M10, M20 e M30, mentre le postazioni M40A e M40B sono dedicate al *collaudo*, ciclo di lavorazione automatico che prova le funzionalità del prodotto. Il ciclo di lavorazione avviene in maniera seguente: il pezzo arriva alla prima stazione, viene lavorato e, se le lavorazioni relative a quella postazione non sono state tutte effettuate, il pezzo rimane bloccato grazie al sistema del poka-yoke, nel caso in cui invece sono state tutte effettuate e in maniera corretta, il pezzo viene fatto scorrere tramite un nastro verso la stazione successiva, fino ad arrivare all'ultima

stazione, dalla quale esce il prodotto finito che viene diretto verso il collaudo, nel quale viene effettuato un controllo non a campione, bensì a tappeto dei prodotti; da quel momento in poi, lo stesso ciclo ricomincia per il pezzo successivo.

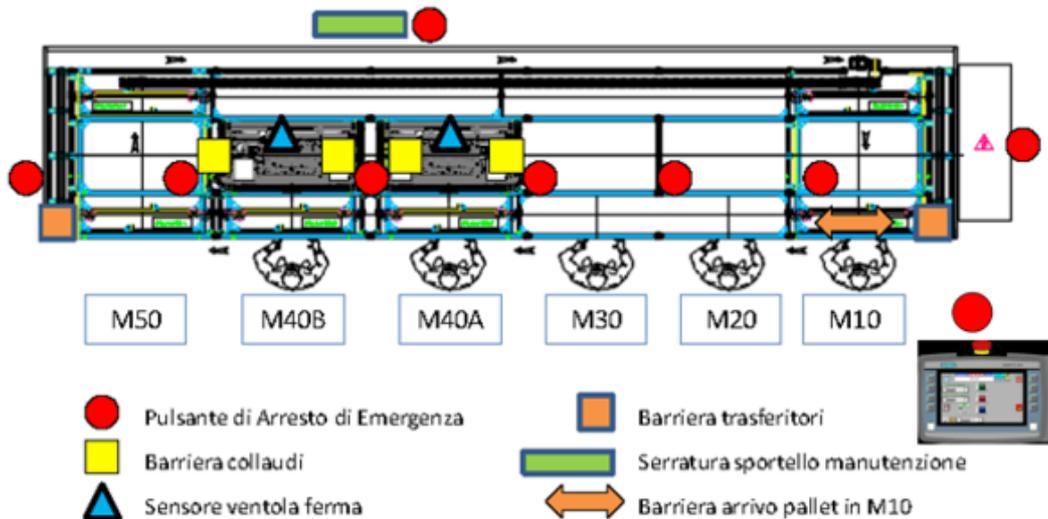


Figura 3.16: Banco di assemblaggio

Staccato dall'assemblaggio vi è il banco di *re-work*, grazie al quale i pezzi di scarto non vengono buttati, bensì rilavorati. Grazie al sistema poka-yoke, il pezzo difettoso, dopo l'assemblaggio non viene mandato al collaudo, ma direttamente al banco di rilavorazione, nel quale vi è un personale specializzato che conosce bene il prodotto; quindi, capta abbastanza celermente la difettosità e ne deduce l'impatto che potrebbe avere sul prodotto finale. Gli operatori del *re-work*, in seguito alla riparazione, spediscono il prodotto verso il banco di collaudo. In *Figura 3.17* sono mostrati i banchi di assemblaggio, collaudo e *re-work*.

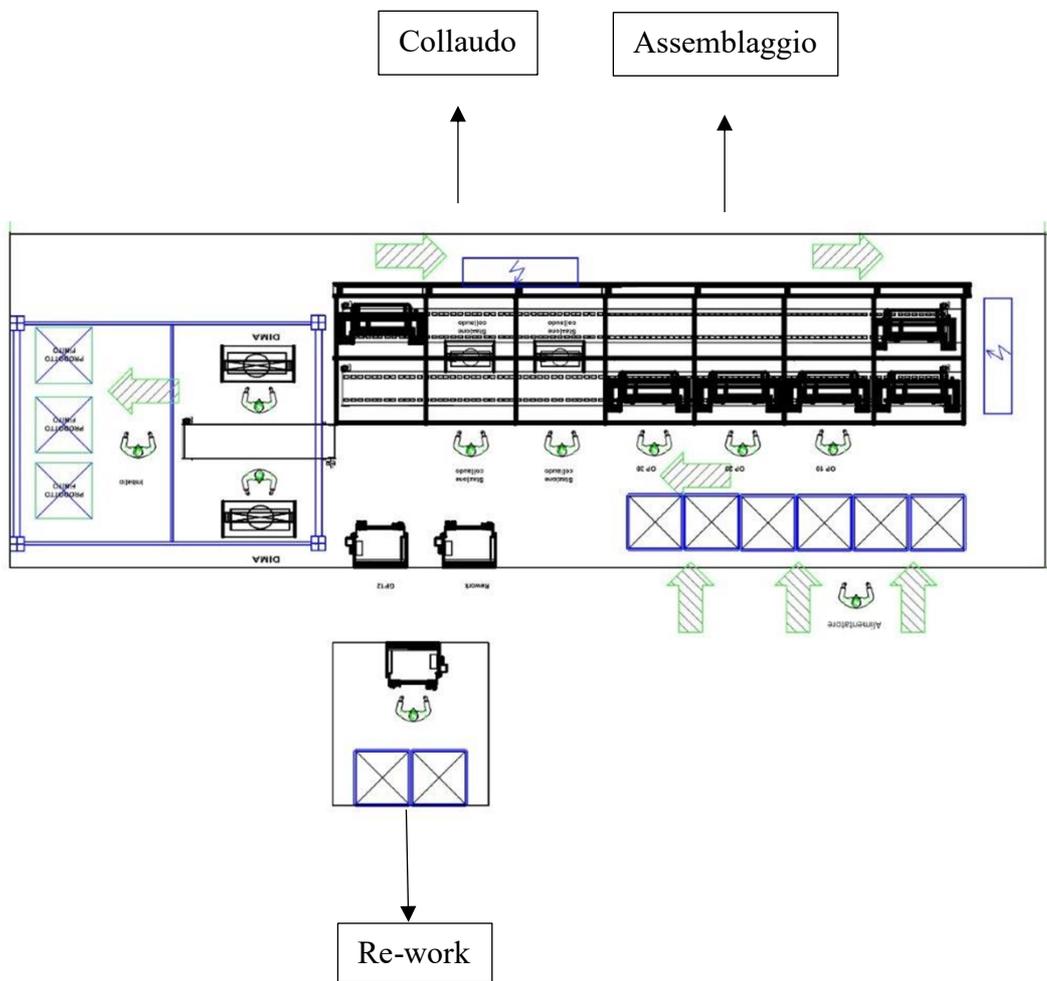


Figura 3.17: Banco di assemblaggio, collaudo e re-work

Nel caso di "P", i tre banchi sono disposti secondo la Figura 3.17 nello stabilimento Panattoni.

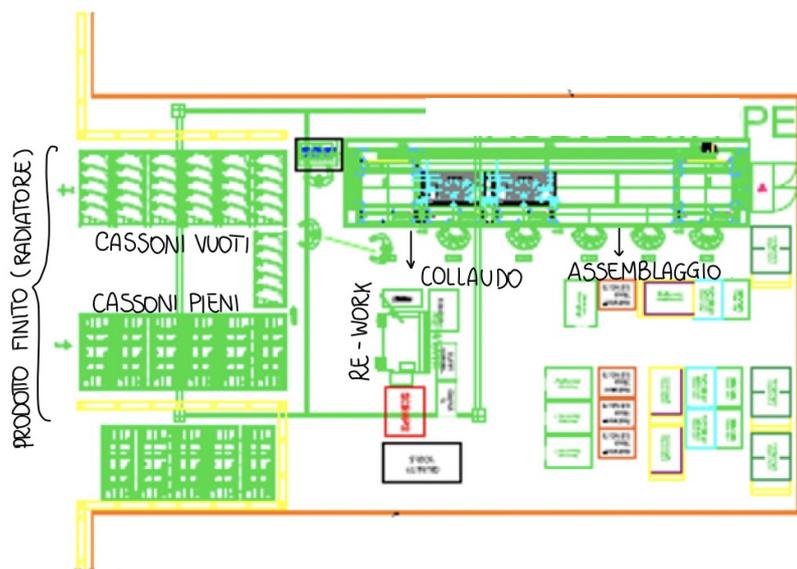


Figura 3.17: Disposizione dei tre banchi per "P"

3.4 Struttura del progetto

3.4.1 Mappatura dei flussi di materiale

Una volta visto nel dettaglio il modulo “P”, oggetto dell’analisi dei flussi di materiale e informazioni, il primo step è la mappatura dei tre processi sopradescritti mediante l’uso del tool *Microsoft Visio*, come mostrato in *Figura 3.18*, mentre in *Figura 3.19* è mostrato lo stock di prodotto finito e la conseguente fase di imballaggi e spedizione verso i corrispettivi clienti.

I fornitori dei vari componenti del modulo si suddividono in due categorie: fornitori di *materiali plastici* e fornitori di *prodotti di tipo buy*. I materiali plastici non sono solamente utili al progetto “P”, bensì anche ad altri e sono: Condotti uscita aria, cornice ventola, condotto entrata aria, convogliatore e le vasche.

I fornitori di prodotti buy sono: BOSCH Polonia per l’elettroventilatore/elettroventola, Hutchinson per le guarnizioni, DMCZ - Liberec CZ per il condensatore (gas cooler) e DNTS Poirino, per il blocco radiante. Questi ultimi due, essendo anch’essi stabilimenti DENSO, forniscono dei prodotti di tipo intercompany. Questa decisione è stata dettata dal fatto che, a fronte di trade-off tra macchinari addetti alla produzione di questi tipi di prodotti e la consegna proveniente da altri stabilimenti, è stata scelta quest’ultima, in quanto risultava conveniente a livello di costi, dal momento in cui risultavano minori.

L’individuazione del flusso del materiale è abbastanza lineare: i materiali plastici consegnati dai fornitori sono riposti in appositi buffer, successivamente vengono trasportati da carrellisti verso lo stampaggio (Moulding Machine) e infine depositati all’interno di un buffer dedicato (WIP Moulding); da qui si dipartono tre flussi:

- uno dedicato all'assemblaggio di un componente diverso dal modulo, l'*airguide*, ovvero il condotto di aerazione montato direttamente dal cliente;
- uno comprendente le due vasche, diretto verso l'aggraffatura (CR1),
- uno comprendente i condotti uscita aria, convogliatore, cornice ventola e condotto entrata aria, diretto verso l'assemblaggio (ASSY).

I materiali di tipo buy, una volta ricevuti dai corrispettivi fornitori e depositati negli appositi buffer, vengono trasportati da due tipologie di carrellisti, ovvero:

- un primo gruppo dedicato al trasporto del blocco radiante e delle guarnizioni verso l'aggraffatura (CR1), durante la quale a questi ultimi vengono aggraffate le vasche; il prodotto finito di questa operazione è il radiatore, il quale viene trasportato, sempre mediante carrellisti dedicati, verso un buffer, dal quale poi altri carrellisti lo preleveranno per portarlo all'assemblaggio del prodotto finale, ovvero il modulo termico motore;
- un secondo gruppo, invece dedicato al trasporto del condensatore e dell'elettroventilatore verso l'assemblaggio, durante il quale questi ultimi vengono assemblati al radiatore, proveniente dall'aggraffatura, e ai condotti uscita aria, convogliatore, cornice ventola e condotto entrata aria, provenienti dal buffer dedicato allo stampaggio.

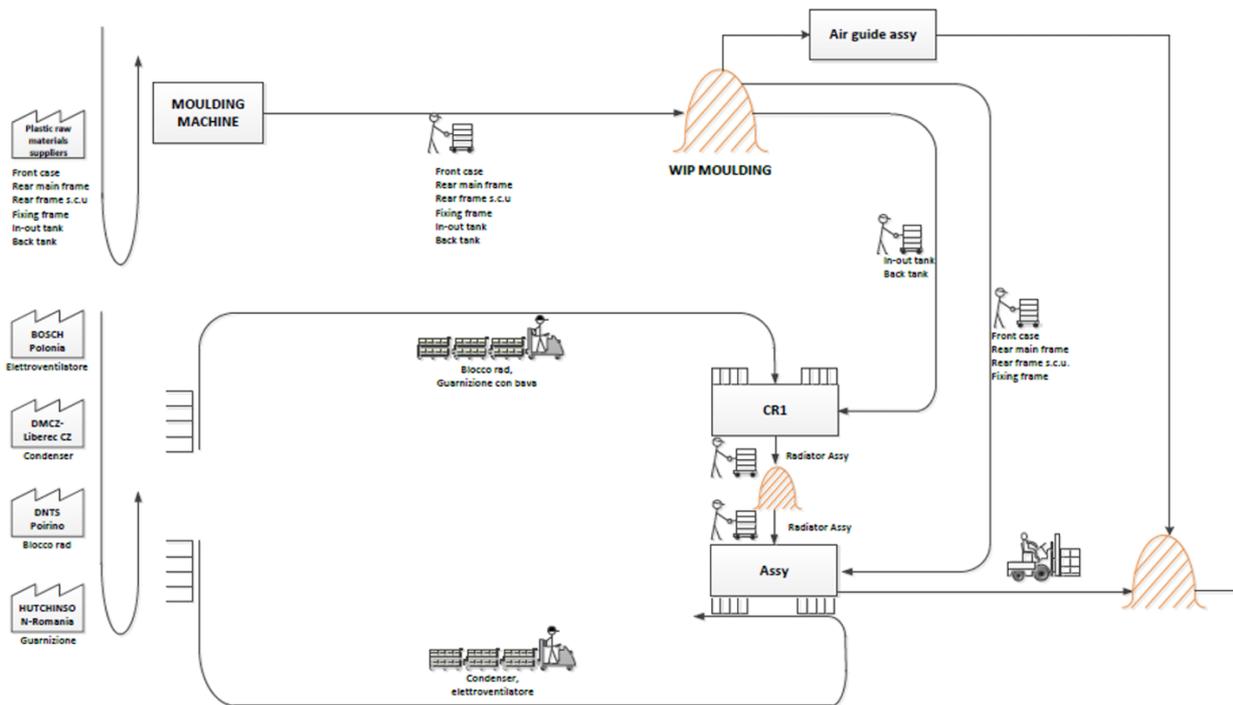


Figura 3.18: Mappatura dei tre processi

Al termine delle operazioni di stampaggio, aggraffatura e assemblaggio, il prodotto finito derivante, ovvero il modulo, è trasportato assieme all'airguide verso un unico buffer dedicato al prodotto finito, mediante appositi carrellisti. Da qui vi è lo stock di prodotto finito, in modo tale da poter asservire i clienti finali. Anche questi ultimi si suddividono in due categorie, in base al prodotto finito che acquistano:

- HBPO – Koshing e HBPO – Meerane, per il modulo;
- INGOLSTADT – DE, LEIPZIG – DE, BRATISLAVA – SK, ZUFFENHAUSEN – DE e NECKARSULM – DE, per l'airguide.

Inoltre, è bene notare come sia stata adottata la logica degli imballi ritornabili vuoti, ovvero, in seguito alla consegna del prodotto finito, gli imballi vengono tornati indietro, al fine di diminuire lo spreco e l'inquinamento, dato all'elevato utilizzo di plastica. Ovviamente, per fare ciò, è utilizzato un materiale alquanto robusto, in modo tale da non risultare obsoleto già dopo poche consegne.

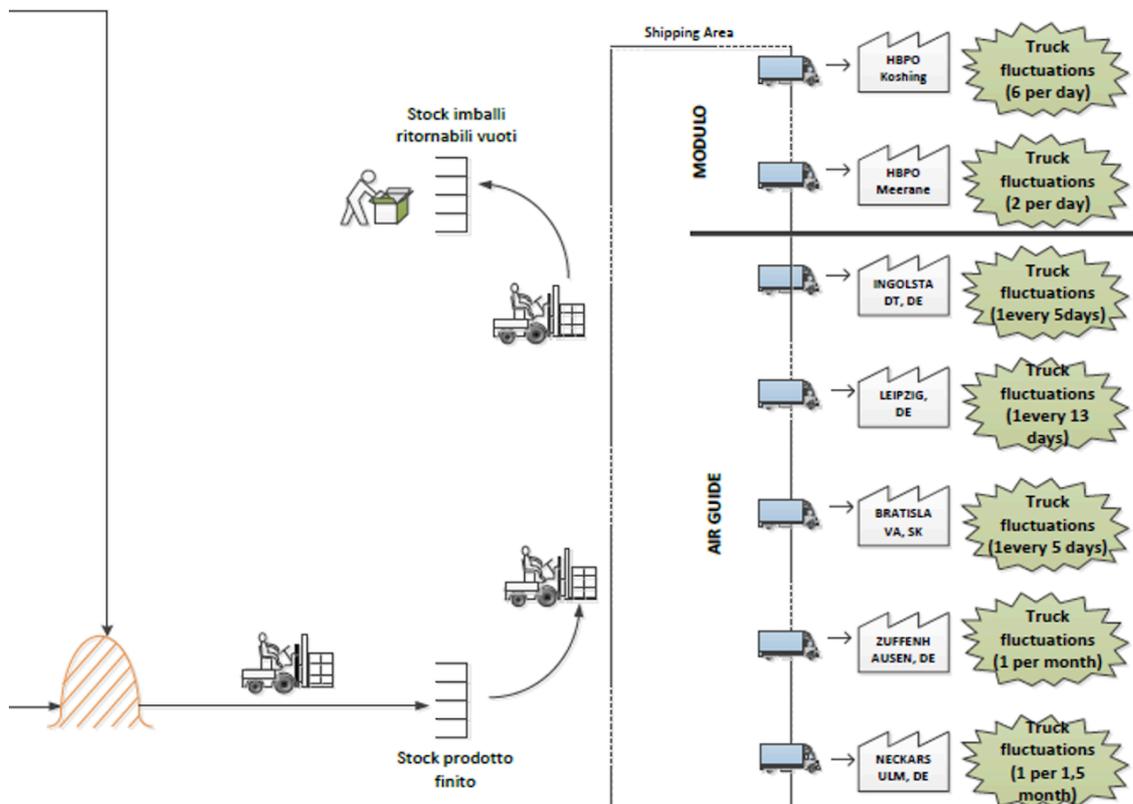


Figura 3.19: Mappatura prodotto finito

Il flusso delle informazioni, data l'elevata complessità, non è stato rappresentato, però segue un andamento "backward", ovvero, dal fabbisogno del cliente, sono state recuperate tutte le informazioni, a ritroso, relative ai singoli fabbisogni dei vari componenti del modulo e dell'airguide.

3.4.2 Dati di input

Per il dimensionamento del buffer buy, wip moulding, radiator assy e stock prodotto finito è stato utilizzato il tool Excel, a partire dai dati di input che sono stati forniti dall'azienda, quali:

- Takt time delle macchine: tempo (in secondi) impiegato dalle singole macchine per la lavorazione di un pezzo; esso è stato calcolato sulla base del fabbisogno dei clienti e, in base alla macchina utilizzata, è pari a:

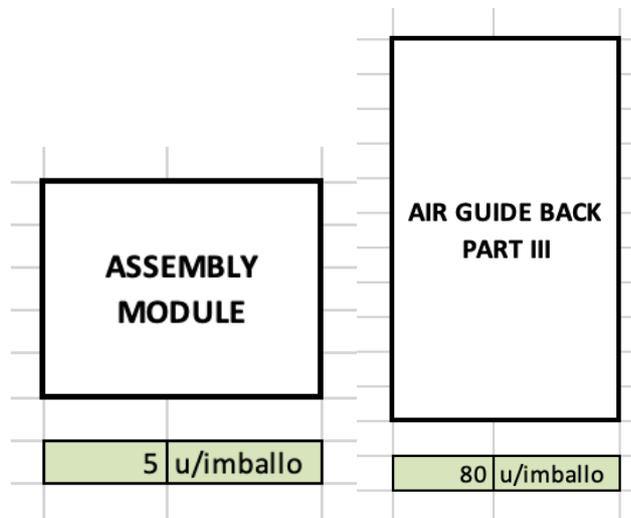
- Assy: 42 secondi;
 - CR1: 17 secondi;
 - Moulding – Imm 1300T: 56 secondi;
 - Moulding – Imm 900T (per cornice ventola): 45 secondi;
 - Moulding – Imm 900T (per convogliatore): 48 secondi;
 - Moulding – Imm 580T: 47 secondi;
- Autonomia a imballo delle macchine: tempo (in minuti) impiegato dalle singole macchine per la lavorazione di un intero imballo, utile per il numero di trip (viaggi) effettuati dai carrellisti; esso è calcolato come il numero di pezzi a imballo per il takt time della macchina;
 - Volumi produttivi clienti finali: in base al fabbisogno dei clienti è stato possibile calcolare il dimensionamento dello stock prodotti finiti;
 - Definizione imballo dei singoli componenti: esso include dimensione imballo, dimensione imballo al mq, numero pezzi a imballo e impilabilità dell'imballo, grazie ai quali è stato possibile dimensionare tutti i buffer, in modo da ottimizzare tutti gli spazi disponibili;

MODULO	FLUSSO		DEFINIZIONE IMBALLO			
Componenti	Da	A	Dimensione imballo	Dimensione imballo al mq	N.ro pezzi a imballo	Impilabilità
Condensatore	Buffer buy	Assy M20	1200x800x650	0,96	18	3
Elettroventilatore	Buffer buy	Assy M10	1200x1000x730	1,2	24	2
Blocco Rad	Buffer buy	CR1	1200x800x650	0,96	26	3
Guarizione EPDM	Buffer buy	CR1	600x400x220	0,24	153	5
Condotti uscita aria	Imm 1300T	WIP Moulding	1200x800x1600	0,96	16	0
Cornice ventola	Imm 900T	WIP Moulding	1000x700	0,7	8	0
Condotto entrata aria			1200x1000x900	1,2	60	2
Convogliatore	Imm 900T	WIP Moulding	1000x700	0,7	16	0
Vasca 1	Imm 580T	WIP Moulding	600x400x220	0,24	12	5
Vasca 2	Imm 580T	WIP Moulding	600x400x220	0,24	42	5
Condotti uscita aria	WIP Moulding	Assy M30	1200x800x1600	0,96	16	0
Cornice ventola	WIP Moulding	Assy M10	1000x700	0,7	8	0
Condotto entrata aria			1200x1000x900	1,2	60	2
Convogliatore	WIP Moulding	Assy M10	1000x700	0,7	16	0
Vasca 1	WIP Moulding	CR1	600x400x220	0,24	12	5
Vasca 2	WIP Moulding	CR1	600x400x220	0,24	42	5
Radiatore (radiator assy)	CR1	Assy	900x700	0,63	16	0

- Definizione imballo del modulo e dell'airguide: esso include lunghezza, larghezza, altezza e numero di unità a imballo, in modo tale da ripartire in

maniera esatta i fabbisogni dei clienti e riuscire ad ottimizzare il numero di viaggi per l'asservimento del prodotto finito ai vari clienti.

Dimensioni imballo (MODULO):	1,91	lunghezza (m/u)	1,55665	dim 2D
	0,815	larghezza (m/u)		
	0,75	altezza (m/u)		
Dimensioni imballo (AIR GUIDE):	1,01	lunghezza (m/u)	1,2221	dim 2D
	1,21	larghezza (m/u)		
	0,99	altezza (m/u)		



- Dimensioni camion (maxi-trailer): altezza, larghezza e lunghezza utili al fine del riempimento di tutto il camion per il trasporto dei prodotti finiti ai vari clienti, dal momento che sono full-track, ovvero viaggiano a carico completo;

Tipologia camion:	Maxitrailer	13,6	lunghezza (m)
		2,48	larghezza (m)
		3	altezza (m)

- Lead time del fornitore dei prodotti buy: esso risulta pari a due giorni, uguale per tutti e quattro i componenti, utile al fine del calcolo della scorta di sicurezza per il dimensionamento del buffer buy.

3.4.3 Assunzioni industriali

Di seguito sono elencate le assunzioni industriali effettuate al fine di ottenere una buona ottimizzazione delle criticità individuate tramite l'MFID e anche per rendere i calcoli, successivamente effettuati, meno complicati possibili.

- Tempi lavorativi: cinque settimane lavorative corrispondenti a 5 giorni lavorativi a settimana, nonché a 235 giorni lavorativi annui;
- Turni lavorativi: i calcoli per il numero di trip sono stati calcolati sulla base di due scenari: il primo denominato “turno di lavoro teorico”, il quale prevede 8 ore lavorative al giorno, pari a 480 minuti, corrispondenti a 28.800 secondi; il secondo scenario denominato “turno di lavoro effettivo”, più realistico, dal momento in cui include le pause degli operatori, che prevede 7,5 ore lavorative al giorno, pari a 450 minuti, corrispondenti a 27.000 secondi; inoltre un giorno lavorativo corrisponde a due turni effettivi.
- Volumi produttivi: a causa dell'oscillazione della domanda e della sua previsione, sono stati raccolti i dati relativi ai vari volumi dei vari clienti ed è stato scelto l'anno in cui si prevede che si verifichi il picco delle vendite, in modo tale da evitare il fenomeno dello stock-out.

Per il modulo:

Destinazione	Distanza (km)	Ciclo logistico (giorni)	Volume										
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031		
HBPO Kösching	845	12	26.358,52	210.866,25	270.523,65	271.315,01	263.332,79	239.952,15	213.447,25	132.255,40	17.002,23		
HBPO Meerane	571	10	13.641,48	103.433,75	66.700,35	50.084,99	53.467,21	59.647,85	55.952,75	35.144,60	5.497,77		
			40.000,00	314.300,00	337.224,00	321.400,00	316.800,00	299.600,00	269.400,00	167.400,00	22.500,00	totale	
												337.224,00	max annuo
												1.435,00	max giornaliero

Per l'airguide:

			Volume										
Destinazione	Distanza (km)	Ciclo logistico (giorni)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031		
INGOLSTAD T, DE	839	12	26.358,52	185.155,31	146.314,43	127.905,40	123.851,96	114.591,71	95.203,09	13.316,56	-		
LEIPZIG, DE	578	10	13.641,48	103.433,75	66.700,35	46.946,79	41.722,56	37.757,97	34.363,38	17.482,85	2.116,49		
BRATISLAVA , SK	379	10	-	16.964,26	109.159,76	128.515,27	124.538,11	111.187,05	102.688,18	103.449,19	15.463,09		
ZUFFENHAU SEN, DE	958	12	-	-	-	3.128,20	11.744,65	21.889,88	21.589,38	17.661,75	3.381,28		
NECKARSUL M, DE	931	12	-	8.746,68	15.049,46	14.894,35	14.942,72	14.173,38	15.555,98	15.489,66	1.539,14		
			40.000,00	314.300,00	337.224,00	321.390,01	316.800,00	299.599,99	269.400,01	167.400,01	22.500,00	totale	
												337.224,00	max annuo
												1.435,00	max giornaliero

Inoltre, l'anno di picco considerato, in entrambi i casi, è quello cumulato.

- Trip: i carrellisti trasportano i componenti sui carrelli a un imballo alla volta;
- Buffer: piazzati il più possibile vicino alle macchine in maniera tale da accelerare i viaggi dei carrellisti e non creare tempi morti durante i quali sarebbe possibile effettuare delle lavorazioni;
- Turni di lavorazione delle macchine:
 - Dal momento che il takt time dell'Assy è minore di quello della CR1, il che vuol dire che lavora molto più lentamente, si è deciso di far lavorare la prima su due turni e mezzo (effettivi), mentre la seconda su un turno (effettivo), in modo tale da avere abbastanza spazio per il buffer che sta tra le due macchine e risparmiare sui costi che potrebbe avere la CR1 per una sovrapproduzione;
 - Dato che lo stampaggio di materie plastiche è dedicato anche ad altri componenti di altri progetti, si è deciso di far lavorare la pressa su un turno di lavoro teorico e non su un turno di lavoro effettivo come per le altre macchine di lavorazione;
- Scorta di sicurezza: supposta pari a mezzo turno per tutti i buffer;
- Giorni di stock prodotto finito: nella pratica, dal momento in cui in teoria gli spazi risultano gestiti male, come sarà dimostrato nel prossimo paragrafo, è stato supposto di porli pari a uno per tutti i clienti.

3.4.4 Dimensionamento imballi/camion

MODULO

Il primo step consiste nel calcolo del numero degli imballi in lunghezza, larghezza e altezza all'interno del camion; ciò è stato effettuato tramite il rapporto rispettivamente tra le tre dimensioni del camion e le tre dell'imballo del modulo. In seguito, sono stati calcolati il numero di imballi/camion e il numero di unità/camion nel seguente modo:

1. **N.ro imballi/camion** = N.ro imballi lunghezza * N.ro imballi larghezza * N.ro imballi altezza;
2. **N.ro unità/camion** = (N.ro imballi/camion) / (N.ro unità/imballo).

ASSEMBLY MODULE	N.ro unità/imballo	5
	N.ro imballi per lunghezza	7,12041885
	N.ro imballi per larghezza	3,04294479
	N.ro imballi per altezza	4,00
	N.ro imballi/camion	86,6681656
	N.ro unità/camion	433,340828

AIR GUIDE

Per l'airguide il procedimento è il medesimo, l'unico dato di input che cambia sono le unità/imballo, che, in questo caso risultano essere pari a 80 e non a 5.

AIR GUIDE BACK PART III	N.ro unità/imballo	80
	N.ro imballi per lunghezza	13,4653465
	N.ro imballi per larghezza	2,04958678
	N.ro imballi per altezza	3,03030303
	N.ro imballi/camion	83,6315036
	N.ro unità/camion	6690,52029

In questo modo, al fine di sfruttare al meglio lo spazio del camion, si è arrivati al numero preciso di unità che possono starne all'interno, ovvero: 433 unità per il modulo e 6690 unità per l'airguide.

3.4.5 Dimensionamento del numero di camion per asservimento cliente

MODULO

Il secondo step, invece, consiste nella definizione del numero preciso di camion/giorno per ogni cliente; per fare ciò, dall'anno di picco cumulato, si è estrapolato il fabbisogno annuale per ognuno di essi e conseguentemente quello giornaliero. In seguito, è stato calcolato il numero di camion/giorno nel seguente modo:

$$\text{N.ro camion/giorno} = \text{Fabbisogno giornaliero} / (\text{N.ro unità/camion}).$$

Da questi calcoli si evince che per lo stabilimento HBPO Kösching si necessita di tre camion al giorno, mentre per lo stabilimento HBPO Meerane di uno al giorno.

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2025	
HBPO Kösching	Fabbisogno annuale	270.523,65	
	Fabbisogno giornaliero	1151,164468	
	N.ro unità/camion	433,3408281	
	N.ro camion/giorno	2,656487443	3
Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2025	
HBPO Meerane	Fabbisogno annuale	66.700,35	
	Fabbisogno giornaliero	283,8312766	
	N.ro unità/camion	433,3408281	
	N.ro camion/giorno	0,654983925	1

AIRGUIDE

Per l'airguide il procedimento è analogo. Ovviamente, trasportando più unità all'interno del camion, rispetto al modulo, la frequenza di asservimento risulta minore ed è pari a:

- 1 camion ogni 11 giorni per INGLOSTDADT;
- 1 camion ogni 24 giorni per LEIPZIG;
- 1 camion ogni 15 giorni per BRATISLAVA;
- Nessun camion per ZUFFENHAUSEN, poiché il progetto non è ancora stato avviato.
- 1 camion ogni 105 giorni per NECKARSULM.

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2024		
INGOLSTADT, DE	Fabbisogno annuale	146.314,43		
	Fabbisogno giornaliero	622,6145957		
	N.ro unità/camion	6690,520292		
	N.ro camion/giorno	0,093059219	10,74584556	1 CAMION OGNI 11 GG

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2024		
LEIPZIG, DE	Fabbisogno annuale	66.700,35		
	Fabbisogno giornaliero	283,8312766		
	N.ro unità/camion	6690,520292		
	N.ro camion/giorno	0,0424229	23,57217419	1 CAMION OGNI 24 GG

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2026		
BRATISLAVA, SK	Fabbisogno annuale	109.159,76		
	Fabbisogno giornaliero	464,509617		
	N.ro unità/camion	6690,520292		
	N.ro camion/giorno	0,069428026	14,40340533	1 CAMION OGNI 15GG

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2028		
ZUFFENHAUSEN, DE	Fabbisogno annuale	0		
	Fabbisogno giornaliero	0		
	N.ro unità/camion	6690,520292		
	N.ro camion/giorno	0	0	PROGETTO NON ANCORA AVVIATO

Destinazione	ANNO DI PICCO VENDITE	2029		
NECKARSULM, DE	Fabbisogno annuale	15.049,46		
	Fabbisogno giornaliero	64,04025532		
	N.ro unità/camion	6690,520292		
	N.ro camion/giorno	0,00957179	104,4736667	1 CAMION OGNI 105 GG (8,5 MESI)

3.4.6 Dimensionamento del numero di viaggi

Il terzo step consiste nel calcolo del numero di viaggi (trip) effettuati dai carrellisti per ogni tipologia di flusso, diversa per determinati tipi di componenti, la quale, una volta nota grazie alla mappatura del flusso di materiali già sopra descritta, è stato possibile calcolare i seguenti parametri:

- N.ro di trip/h = 60 minuti/autonomia a imballo;
- N.ro trip/turno teorico = N.ro trip/h * numero ore turno teorico;
- N.ro trip/turno effettivo = N.ro trip/h * numero ore turno effettivo;

Componenti	FLUSSO		TRIP		
	Da	A	N.ro trip/h	N.ro trip/turno lav. Teorico	N.ro trip/turno lav. Effettivo
Condensatore	Buffer buy	Assy M20	4,761904762		35,71428571
Elettroventilatore	Buffer buy	Assy M10	3,571428571		26,78571429
Blocco Rad	Buffer buy	CR1	8,14479638		61,08597285
Guarizione EPDM	Buffer buy	CR1	1,384083045		10,38062284
Condotti uscita aria	Imm 1300T	WIP Moulding	4,017857143	32,14285714	
Cornice ventola			10	80	
Condotto entrata aria	Imm 900T	WIP Moulding	1,333333333	10,66666667	
Convogliatore	Imm 900T	WIP Moulding	4,6875	37,5	
Vasca 1	Imm 580T	WIP Moulding	6,382978723	51,06382979	
Vasca 2	Imm 580T	WIP Moulding	1,823708207	14,58966565	
Condotti uscita aria	WIP Moulding	Assy M30	5,357142857		40,17857143
Cornice ventola			10,71428571		80,35714286
Condotto entrata aria	WIP Moulding	Assy M10	1,428571429		10,71428571
Convogliatore	WIP Moulding	Assy M10	5,357142857		40,17857143
Vasca 1	WIP Moulding	CR1	17,64705882		132,3529412
Vasca 2	WIP Moulding	CR1	5,042016807		37,81512605
Radiatore (radiator assy)	CR1	Assy	5,357142857	1	40,17857143

È bene puntualizzare il fatto che i trip per turno teorico sono stati calcolati solo per quei componenti provenienti dalla pressa di stampaggio, poiché risulta essere l'unico macchinario a lavorare per un turno teorico e non effettivo.

3.4.7 Dimensionamento Buffer Buy

Il quarto step prevede il dimensionamento del Buffer Buy, mediante l'utilizzo dei seguenti dati:

- **Coefficiente di utilizzo**, nonché il numero di unità del corrispettivo componente utilizzate per una unità di prodotto finito; in questo caso risulta essere uguale a uno per il condensatore, elettroventilatore e blocco radiante, mentre per le guarnizioni è pari a due.
- **Numero di pezzi richiesti al giorno**, ovvero il fabbisogno giornaliero per ogni componente, derivante dal picco cumulato già precedentemente esplicitato nelle assunzioni industriali, moltiplicato per il coefficiente di utilizzo del rispettivo componente;
- **Numero di pezzi/turno**, output del rapporto tra il fabbisogno giornaliero e il numero di turni delle rispettive macchine; nel caso del condensatore e dell'elettroventilatore, dal momento che sono diretti verso la CR1, il fabbisogno giornaliero è stato rapportato a due turni e mezzo, mentre nel caso del blocco radiante e della guarnizione, diretti verso l'Assy, il fabbisogno giornaliero è stato rapportato ad un turno.
- **Scorta di sicurezza (S.S.)**, calcolata su due giorni lavorativi a causa del lead time di trasporto dei fornitori, anch'essa precedentemente esplicitato nelle assunzioni industriali;
- **Scorta totale in pezzi**, ottenuta dalla somma tra N.ro di pezzi richiesti al giorno, N.ro di pezzi/turno e S.S. su 2 giorni;
- **Dimensioni totali imballi al metro quadro (o scorta totale di imballi impilati)**, pari a: $(\text{Scorta totale in pezzi} / \text{n.ro unità a imballo}) / \text{impilabilità}$;
- **Dimensioni imballi totale al metro quadro**, pari a: $\text{Dimensioni totali imballi al metro quadro} * \text{dimensione imballo al metro quadro}$.

Calcolando per ogni componente quest'ultimo parametro ed effettuandone la somma per tutti, si arriva alla determinazione della **dimensione teorica** del buffer, la quale differisce **dell'effettiva** poiché quest'ultima considera lo spazio tra un imballo e l'altro pari al 10% del buffer stesso e i corridoi pari invece al 20%.

In seguito allo svolgimento di tutti i calcoli, la dimensione teorica è pari a circa 283 mq, mentre quella pratica a 367 mq. La logica di produzione utilizzata è la PULL, in quanto si tratta di componenti che vengono acquistati in seguito all'ordine dei clienti perché sono abbastanza costosi e risulterebbe troppo rischioso far partire la produzione di elevati volumi, se poi questi non vengono realmente utilizzati, in quanto sono dedicati a specifici prodotti finiti.

LOGICA PULL	DIMENSIONAMENTO BUFFER BUY						
Componenti	Coefficiente di utilizzo	N.ro pezzi richiesti/giorno	N.ro pezzi/turno	S.S su 2 giorni (LT fornitori)	Scorta totale in pezzi	Dimensioni tot imballi mq	Dimensioni imballi tot al mq
Condensatore	1	1434,996	573,9984	2869,992	4878,9864	90,3516	86,737536
Elettroventilatore	1	1434,996	573,9984	2869,992	4878,9864	101,64555	121,97466
Blocco rad	1	1434,996	1434,996	2869,992	5739,984	73,58953846	70,64595692
Guarnizione EPDM	2	2869,992	2869,992	5739,984	11479,968	15,00649412	3,601558588
						Dimensione tot BB teorica in mq	282,9597115
						Dimensione tot BB effettiva in mq	367,847625

3.4.8 Dimensionamento WIP Moulding

Allo stesso modo è stato effettuato il calcolo per il dimensionamento del WIP Moulding, con l'unica differenza che la S.S. è stata stimata su circa mezzo turno, in modo tale da non avere fenomeni né di over stock né di stock out, giusto per far fronte a situazioni nelle quali potrebbe esserci un guasto delle presse oppure un eccessivo dispendio di tempo per effettuare il setup. A seguito dei calcoli effettuati, le **dimensioni teoriche** del buffer sono pari a 142 mq circa, mentre le **effettive** sono pari a 185 mq. Un appunto, inoltre, deve essere fatto sulla logica di produzione della pressa, ovvero

si produce secondo una logica di tipo PUSH, dal momento in cui sono dei prodotti ad alto consumo e permettono di sfruttare le economie di scala.

LOGICA PUSH	DIMENSIONAMENTO WIP MOULDING					
Componenti	Coefficiente di utilizzo	N.ro pezzi prodotti/turno	S.S su 1/2 turno	Scorta totale in pezzi	Scorta totale di imballi impilati	Dimensioni tot imballi mq
Condotti uscita aria	1	514,2857143	257,1428571	771,4285714	48,21428571	46,28571429
Cornice ventola	1	320	160	480	60	42
Condotto entrata aria	1	320	160	480	8	9,6
Convogliatore	1	600	300	900	56,25	39,375
Vasca 1	1	612,7659574	306,3829787	919,1489362	15,31914894	3,676595745
Vasca 2	1	612,7659574	306,3829787	919,1489362	4,376899696	1,050455927
					Dimensione tot WIP MOULDING teorica in mq	141,987766
					Dimensione tot WIP MOULDING effettiva in mq	184,5840957

3.4.9 Dimensionamento Buffer Radiator Assy

Infine, allo stesso identico modo è stato dimensionato il Buffer Radiator assy, ponendo la scorta di sicurezza sempre pari a mezzo turno. Le dimensioni totali **teoriche** sono pari a 38 mq, spazio uguale circa a 7 carrelli pieni/vuoti, mentre quelle **effettive** risultano essere pari a 50 mq.

DIMENSIONAMENTO BUFFER RADIATOR ASSY						
Componenti	Coefficiente di utilizzo	N.ro pezzi prodotti/turno	S.S su 1/2 turno	Scorta totale in pezzi	Scorta totale imballi impilati	Dimensioni imballi tot al mq
Radiatore (radiator assy)	1	642,8571429	321,4285714	964,2857143	60,26785714	37,96875
					Dimensione tot BUFFER RADIATOR ASSY teorica in mq	37,96875
					Dimensione tot BUFFER RADIATOR ASSY effettiva in mq	49,359375

3.4.10 Dimensionamento stock prodotto finito

Per il calcolo del dimensionamento dello stock prodotto finito, ovvero per il modulo e per l'airguide, si è proceduto in una maniera diversa, ovvero avendo già calcolato in precedenza i camion utili al giorno per l'asservimento dei clienti, sono stati calcolati i corrispettivi giorni di stock, in maniera tale da non avere mai stock out di prodotti e di conseguenza non perdere il cliente. Dati importanti per il dimensionamento dello stock sono:

- **Fabbisogno dei giorni di stock**, ottenuti tramite i camion al giorno necessari per ogni cliente, moltiplicati per i giorni di stock;
- **N.ro imballi**, ottenuti tramite il rapporto tra Fabbisogno dei giorni di stock e il numero di unità/camion.
- **Dimensione stock totale al metro quadro**, dato dal prodotto tra il numero di imballi e le dimensioni standard al mq dei due tipi di imballi, ovvero uno per il modulo e uno per l'airguide.

Procedendo allo stesso modo per tutti i componenti ed effettuando la somma totale tra tutte le dimensioni dello stock totale al metro quadro, si è arrivato al calcolo della dimensione **teorica** del buffer pari a 512 mq e quella **effettiva** pari a 665 mq.

TEORIA		DIMENSIONAMENTO STOCK PRODOTTO FINITO (MODULO E AIR GUIDE)				
Clienti	Camion/giorno	Giorni di stock	Fabbisogno gg di stock	N.ro imballi	Dimensione stock totale mq	
HPBO KÖSHING	3	0,33	383,7214894	76,74429787	53,72100851	
HPBO MEERANE	1	1	283,8312766	56,76625532	39,73637872	
INGOLSTADT, DE	1 ogni 11 gg	11	6848,760553	85,60950691	104,6233784	
LEIPZIG, DE	1 ogni 24 gg	24	6811,950638	85,14938298	104,0610609	
BRATISLAVA, SK	1 ogni 15 gg	15	6967,644255	87,09555319	106,4394756	
ZUFFENH AUSEN, DE	0	0	0	0	0	
NECKARSULM, DE	1 ogni 105 gg	105	6724,226809	84,05283511	102,7209698	
					Dimensione tot BB teorica in mq	511,3022719
Dai calcoli si evince chiaramente che, a causa dei giorni di stock mal gestiti, lo spazio risulta di conseguenza ripartito in maniera errata, in quanto lo stock del modulo sarebbe pari a circa a 1/5, mentre la restante parte occupata dallo stock dell'air guide. A seguito sono stati effettuati ulteriori calcoli, dimensionando in maniera più equa i giorni di stock.					Dimensione tot BB effettiva in mq	664,6929535

Però, dai calcoli effettuati, a causa dei giorni di stock mal gestiti, lo spazio del buffer risulta ripartito in maniera errata, in quanto lo stock del modulo, componente di grandi dimensioni, è pari a solo 1/5, mentre la restante parte sarebbe occupata dallo stock dell'airguide. Per questo motivo, è stato effettuato uno stock secondo una soluzione più "pratica", in modo da ripartire lo spazio in maniera equa, fissando per ogni cliente i giorni di stock pari a 1 per tutti; questa soluzione, però, deve essere coerente con la disponibilità del cambio di frequenza dei ritiri dell'air guide da parte dei clienti, i quali potrebbero non essere disponibili e, in quel caso, bisognerebbe ricorrere alla soluzione teorica di partenza.

PRATICA		DIMENSIONAMENTO STOCK PRODOTTO FINITO (MODULO E AIR GUIDE)				
Clienti	Camion/giorno	Giorni di stock	Fabbisogno gg di stock	N.ro imballi	Dimensione stock totale mq	
HPBO KÖSHING	3	1	1151,164468	230,2328936	119,4640113	
HPBO MEERANE	1	1	283,8312766	56,76625532	88,36519134	
INGOLSTA DT, DE	1 ogni 11 gg	1	622,6145957	58,37011835	71,33412164	
LEIPZIG, DE	1 ogni 24 gg	1	283,8312766	26,60918218	32,51908154	
BRATISLA VA, SK	1 ogni 15 gg	1	464,509617	43,5477766	53,21973778	
ZUFFENH AUSEN, DE	0	1	0	0	0	
NECKARS ULM, DE	1 ogni 105 gg	1	64,04025532	6,003773936	7,337212127	
					Dimensione tot BB teorica in mq	372,2393557
					Dimensione tot BB effettiva in mq	483,9111624
		Questa soluzione ovviamente, però, deve essere coerente con la disponibilità del cambio frequenza dei ritiri dell'air guide da parte dei clienti.				

4 Risultati

In questo capitolo verranno trattati nel dettaglio i risultati derivanti dall'analisi della mappatura del flusso di materiali e informazioni, relativi a:

- Dimensionamento imballi/camion;
- Numero di camion per asservimento cliente;
- Dimensionamento del numero di viaggi;
- Dimensionamento buffer;
- Dimensionamento stock prodotto finito.

La validità di un progetto dipende, oltre che dalla sua efficacia e funzionalità, soprattutto dai benefici economici che da esso possono derivare. In questo modo l'analisi dei risultati evidenzia maggiormente, e in maniera sintetica, i vantaggi che emergono dalla razionalizzazione e ottimizzazione di spazi, tempi, mezzi e risorse umane.

4.1 Dimensionamento imballi/camion

Attraverso l'ottimizzazione degli spazi relativi ai camion si evitano due fattori a rischio, ovvero l'*obsolescenza*, nel caso in cui il calcolo del numero degli imballi sia superiore a quello previsto, mentre, nel caso opposto, si può verificare la *perdita del cliente* che non viene soddisfatto nelle sue richieste per mancanza di merce nel momento contingente. Ipotizzando che il costo unitario relativo al modulo sia pari a 150€ e quello relativo all'air guide corrisponda a 30€, nel caso dell'obsolescenza, la perdita economica corrisponde al prodotto tra il costo unitario e il numero di pezzi in eccedenza, mentre, nel caso di perdita del cliente, il deficit economico risulta essere pari al prezzo unitario per il numero di unità non consegnate, ipotizzando che nel caso del modulo il prezzo unitario sia 200€, mentre nel caso dell'airguide sia pari a 50€. Nella tabella sottostante viene riportato un modello esemplificativo di quanto sopra descritto, considerando 5 u/imballo per il modulo e 80 u/imballo per l'airguide, come precedentemente esposto.

	MODULO	AIRGUIDE	
u/imballo	5	80	
costo/u	150,00 €	30,00 €	
prezzo/u	200,00 €	50,00 €	
costo/imballo	750,00 €	2.400,00 €	obsolescenza
prezzo/imballo	1.000,00 €	4.000,00 €	cliente perso

4.2 Numero di camion per asservimento cliente

Relativamente all'analisi condotta per il calcolo del numero di camion al fine dell'asservimento per il cliente, in caso di mancata ottimizzazione, potevano essere riscontrati due tipi di problemi, ovvero in un caso *più camion richiesti del necessario*, nonché viaggi, consumo del carburante superflui, investimenti per camion superflui e richiesta in più, non necessaria, del personale; invece, nel caso di *deficit di camion necessari*, la merce, non potendo essere trasportata dai clienti per mancanza di mezzi, avrebbe rischiato l'obsolescenza, con conseguente insoddisfazione del cliente, nonché la perdita dello stesso. Nella tabella sottostante viene riportato un modello esemplificativo di quanto sopra descritto, considerando i seguenti dati:

- 5u/imballo per il modulo e 80 u/imballo per l'airguide;
- Costo del modulo pari a 150€/u;
- Prezzo del modulo pari a 200€/u;
- Costo dell'airguide pari a 30€/u,
- Prezzo dell'airguide pari a 50€/u;
- 0,35€/km per il consumo di carburante;
- 13€/h per la manodopera, ovvero per il personale addetto ai trasporti.
- 180.000 € per investimento singolo camion.

Per facilitare i calcoli, sono stati presi in considerazione due soli clienti, uno per ogni tipo di prodotto finito.

	Destinazione	Distanza [km]	Distanza [h]
MODULO	HBPO Köshing	845	7
	Costo carburante [€/km]	Costo carburante totale [€]	
	0,35 €	295,75 €	
	Costo personale [€/h]	Costo personale viaggio [€/viaggio]	Costo personale 2 viaggi [€]
	13	91	182
		NB: 1 viaggio = andata	
		2 viaggi = andata e ritorno	
MODULO	u/imballo	5	
	costo/u	150,00 €	
	prezzo/u	200,00 €	
	costo/imballo	750,00 €	obsolescenza
	prezzo/imballo	1.000,00 €	cliente perso

AIRGUIDE	Destinazione	Distanza [km]	Distanza [h]
	Ingolstadt, DE	839	7
Costo carburante [€/km]		Costo carburante totale [€]	
0,35 €		293,65 €	
Costo personale [€/h]	Costo personale viaggio [€/viaggio]		Costo personale 2 viaggi [€]
13	91		182
NB: 1 viaggio = andata			
2 viaggi = andata e ritorno			
AIRGUIDE	u/imballo	80	
	costo/u	30,00 €	
	prezzo/u	50,00 €	
	costo/imballo	2.400,00 €	obsolescenza
	prezzo/imballo	4.000,00 €	cliente perso

Alla luce di ciò, per quantificare con esattezza la perdita economica totale relativa al consumo di carburante, sarebbe opportuno moltiplicare il costo del carburante totale, ovvero 295,75€, per il numero di volte in più con cui viene percorsa la distanza relativa del cliente di riferimento; mentre, per quantificare il costo totale di manodopera in eccesso, bisogna moltiplicare il costo personale 2 viaggi, ovvero 182€, per il numero totale del personale addetto in più; inoltre per quantificare la perdita economica complessiva riguardo l'investimento su camion in più non necessari, bisogna moltiplicare il numero di essi superfluo per il costo di investimento di un camion.

4.3 Dimensionamento del numero di viaggi

Attraverso l'ottimizzazione del numero di viaggi condotti dai carrellisti si ha un risparmio sul tempo; dunque, sul personale addetto a questi tipi di trasporti. Considerando una retribuzione unitaria pari a 25€/h, e un turno lavorativo pari a 8h/giorno, il risparmio che si avrebbe sui *costi non necessari per il trasporto*, ovvero se si considerassero erroneamente dei viaggi in più non necessari, dei diversi componenti, sarebbe pari a: $25€/h * 8h/carrellista * \text{numero totale di carrellisti in più}$. È bene evidenziare come il risultato possa essere una stima generale, in quanto il turno potrebbe cambiare in base al componente da trasportare, in relazione alla macchina che lo lavora, come già precedentemente esposto nel capitolo 3.

Lo scenario in cui, invece, vengano considerati dei carrellisti in meno, non rappresenta un problema, in quanto facilmente risolvibile mediante l'assunzione di nuovi carrellisti.

4.4 Dimensionamento dei Buffer

Relativamente all'analisi condotta per il dimensionamento dei buffer, il vantaggio della corrispettiva ottimizzazione consiste nell'evitare due fenomeni che porterebbero al fallimento dell'azienda, ovvero, in un caso l'*overstock* di merce e nel secondo caso lo *stockout* della stessa. Il primo si manifesta nel momento in cui si progettano, erroneamente, dei magazzini troppo grandi, dove, conseguentemente, finirebbe merce in eccesso rispetto alla richiesta giornaliera, e, per obsolescenza, verrebbe buttata via; nel secondo caso, invece, con magazzini troppo piccoli, non si avrebbe abbastanza merce e di conseguenza non sarebbe soddisfatto il cliente. Entrambi i fenomeni rappresentano una perdita economica. Nella tabella sottostante è riportato un esempio nel caso delle vasche utili al fine della creazione del radiatore. Ipotizzando che il costo unitario relativo ad una vasca sia pari a 8€, nel caso di *overstock*, la perdita economica corrisponde al prodotto tra il costo unitario e il numero di pezzi in eccedenza, mentre, nel caso di *stockout*, il deficit economico risulta essere pari al

prezzo unitario per il numero di unità non consegnate, ipotizzando il prezzo unitario di una vasca sia 15€. Nella tabella sottostante viene riportato un modello esemplificativo di quanto sopra descritto, considerando, per esempio, 100 unità in eccedenza e 100 unità in difetto e considerando, come dato di input, che le unità a imballo sono pari a 12; questo ragionamento varrebbe per tutti i tipi di componenti.

	VASCA
u/imballo	12
costo/u	8,00 €
prezzo/u	15,00 €
costo/imballo	96,00 €
prezzo/imballo	180,00 €
imballi in eccedenza	100
imballi in difetto	100
costo overstock	9.600,00 €
costo stockout	18.000,00 €

4.5 Dimensionamento dello stock del prodotto finito

Infine, relativamente allo stock del prodotto finito, i problemi ai quali si andrebbe incontro se non si ricorresse all'ottimizzazione sarebbero i medesimi del caso precedente, ovvero *overstock* e *stockout*, i quali, però, sono legati, stavolta, ai costi in eccesso relativi a personale in più richiesto rispetto al necessario e maggiori costi per il consumo di carburante, in quanto, sulla base dello stock del prodotto finito, vengono

AIRGUIDE	Destinazione	Distanza [km]	Distanza [h]
	Ingolstadt, DE	839	7
Costo carburante [€/km]		Costo carburante totale [€]	
0,35 €		293,65 €	
Costo personale [€/h]	Costo personale viaggio [€/viaggio]		Costo personale 2 viaggi [€]
13	91		182
NB: 1 viaggio = andata			
2 viaggi = andata e ritorno			
AIRGUIDE	u/imballo	80	
	costo/u	30,00 €	
	prezzo/u	50,00 €	
	costo/imballo	2.400,00 €	obsolescenza
	prezzo/imballo	4.000,00 €	cliente perso

Anche qui, per quantificare con esattezza la perdita economica totale relativa al consumo di carburante, sarebbe opportuno moltiplicare il costo del carburante totale, ovvero 295,75€, per il numero di volte in più con cui viene percorsa la distanza relativa del cliente di riferimento; mentre, per quantificare il costo totale di manodopera in eccesso, bisogna moltiplicare il costo personale 2 viaggi, ovvero 182€, per il numero totale del personale addetto in più.

4.6 Risultati complessivi

Alla luce di quanto descritto, è possibile ottenere una visione sul risparmio totale dello scenario futuro, nonché dello scenario “to be”. Di seguito saranno elencate i rispettivi risparmi per ogni ottimizzazione effettuata all’interno dello stabilimento, tenendo in considerazione, però, che sia stato calcolato, nel caso di imballi, il risparmio unitario,

dunque per ottenere il risparmio totale, bisognerebbe moltiplicare l'unitario per il numero di imballi in questione. Per ottenere una stima, verranno presi in considerazione i seguenti dati a livello esemplificativo:

- 10 carrellisti totali in più per **“Dimensionamento numero di viaggi”**;
- 1000 imballi in eccedenza/difetto in un anno del componente **“Vasca”** per **“Dimensionamento Buffer”**;
- 10 imballi/camion in eccedenza/difetto per **“Dimensionamento imballi/camion”**;
- Per **“Dimensionamento stock prodotto finito”**:
 - 10 imballi/camion in eccedenza/difetto – modulo e airguide;
 - 50 dipendenti addetti al trasporto;
 - 30 volte in più di distanza percorsa all'anno per airguide;
 - 40 volte in più di distanza percorsa all'anno per modulo;
- Per **“Numero camion per asservimento cliente”**:
 - 10 imballi/camion in eccedenza/difetto – modulo e airguide;
 - 50 dipendenti in più addetti al trasporto;
 - 30 volte in più di distanza percorsa all'anno per airguide;
 - 40 volte in più di distanza percorsa all'anno per modulo;
 - 12 camion in più non necessari/anno per airguide;
 - 21 camion in più non necessari/anno per modulo;

Dimensionamento numero di viaggi	
Numero Carrellisti	10
Ore lavorative al giorno	8
Giorni lavorativi/anno	235
Retribuzione oraria	25
RISPARMIO TOTALE	470.000,00 €

Dimensionamento Buffer (es: Vasca)	
Imballi in eccedenza/anno	1000
Costo overstock	9.600,00 €
Imballi in difetto/anno	1000
Costo stockout	18.000,00 €
RISPARMIO TOTALE OVERSTOCK	96.000,00 €
RISPARMIO TOALE STOCKOUT	180.000,00 €

Dimensionamento imballi/camion	AIRGUIDE	MODULO	
Costo/imballo	2.400,00 €	750,00 €	
Prezzo/imballo	4.000,00 €	1.000,00 €	
Imballi in eccedenza/difetto a camion	10	10	
Camion/giorno HBPO K. (modulo)		3	
Camion/giorno Inglostdadt (airguide)	0,272727273		
Giorni lavorativi	235	235	
Camion/anno HBPO K.		705	
Camion/anno Inglostdadt	64,09090909		
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno HBPO K.		7050	
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno Inglostdadt	640,9090909		
RISPARMIO TOTALE IMBALLI IN ECCEDEENZA	1.538.181,82 €	5.287.500,00 €	6.825.681,82 €
RISPARMIO TOALE IMBALLI IN DIFETTO	2.563.636,36 €	7.050.000,00 €	9.613.636,36 €

Dimensionamento stock prodotto finito	AIRGUIDE	MODULO	
Costo/imballo (obsolescenza)	2.400,00 €	750,00 €	
Prezzo/imballo (cliente perso) modulo	4.000,00 €	1.000,00 €	
Imballi in eccedenza/camion	10	10	
Camion/giorno HBPO K.		3	
Camion/giorno Inglostdadt	0,272727273		
Giorni lavorativi	235	235	
Camion/anno HBPO K. (modulo)		705	
Camion/anno Inglostdadt (airguide)	64,09090909		
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno HBPO K.		7050	
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno Inglostdadt	640,9090909		
RISPARMIO TOTALE IMBALLI IN ECCEDEENZA	1.538.181,82 €	5.287.500,00 €	6.825.681,82 €
RISPARMIO TOALE IMBALLI IN DIFETTO	2.563.636,36 €	7.050.000,00 €	9.613.636,36 €
Costo carburante	295,75 €	295,75 €	
N.ro di volte in più con cui viene percorsa la distanza all'anno	30	40	
Costo del personale A/R	182,00 €	182,00 €	
N.ro dipendenti addetti al trasporto	50	50	
RISPARMIO TOTALE CARBURANTE IN ECCESSO	8.872,50 €	11.830,00 €	20.702,50 €
RISPARMIO TOTALE MANODOPERA IN ECCESSO	9.100,00 €	9.100,00 €	18.200,00 €

Numero camion per asservimento cliente	AIRGUIDE	MODULO	
Costo/imballo (obsolescenza)	2.400,00 €	750,00 €	
Prezzo/imballo (cliente perso) modulo	4.000,00 €	1.000,00 €	
Imballi in eccedenza/camion	10	10	
Camion/giorno HBPO K.		3	
Camion/giorno Inglostadt	0,272727273		
Giorni lavorativi	235	235	
Camion/anno HBPO K. (modulo)		705	
Camion/anno Inglostadt (airguide)	64,09090909		
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno HBPO K.		7050	
Imballi in eccedenza/difetto totali 1 anno Inglostadt	640,9090909		
RISPARMIO TOTALE IMBALLI IN ECCEDEZZA	1.538.181,82 €	5.287.500,00 €	6.825.681,82 €
RISPARMIO TOALE IMBALLI IN DIFETTO	2.563.636,36 €	7.050.000,00 €	9.613.636,36 €
Costo carburante	295,75 €	295,75 €	
N.ro di volte in più con cui viene percorsa la distanza all'anno	30	40	
Costo del personale A/R	182,00 €	182,00 €	
N.ro dipendenti addetti al trasporto	50	50	
RISPARMIO TOTALE CARBURANTE IN ECCESSO	8.872,50 €	11.830,00 €	20.702,50 €
RISPARMIO TOTALE MANODOPERA IN ECCESSO	9.100,00 €	9.100,00 €	18.200,00 €
Costo investimento singolo camion	180.000,00 €	180.000,00 €	
Camion in più non necessari/anno	12	21	
RISPARMIO TOTALE INVESTIMENTO CAMION	2.160.000,00 €	3.780.000,00 €	5.940.000,00 €

Il risparmio totale ottenuto in un anno, grazie all'ottimizzazione, risulta essere pari a:

- Caso eccesso

	RISPARMIO TOTALE
Dimensionamento numero viaggi	470.000,00 €
Dimensionamento Buffer	96.000,00 €
Dimensionamento stock prodotto finito	6.864.584,32 €
Dimensionamento imballi/camion	6.825.681,82 €
N.ro camion per asservimento cliente	12.804.584,32 €
	27.060.850,46 €

- Caso difetto

	RISPARMIO TOTALE
Dimensionamento numero viaggi	/
Dimensionamento Buffer	180.000,00 €
Dimensionamento stock prodotto finito	9.613.636,36 €
Dimensionamento imballi/camion	9.613.636,36 €
N.ro camion per asservimento cliente	9.613.636,36 €
	29.020.909,08 €

A fronte di tali risultati, il modello risulta essere robusto.

4.7 KPI logistici

I KPI, acronimo dell'espressione inglese *Key Performance Indicators*, sono indicatori chiave di prestazione usati dalle imprese per misurare obiettivamente il rendimento dei propri processi. Trattandosi di informazioni critiche a livello strategico, permettono di stabilire una gerarchia di priorità operative e organizzative atte a mantenere la performance e migliorarla. I **KPI di magazzino** sono essenziali sia per valutare i risultati, sia per lavorare sui livelli di *responsiveness*, ovvero sulla capacità di adattarsi in tempo reale alle oscillazioni della domanda. Da qui l'importanza dei KPI che, se studiati in combinazione con gli **indici di riferimento di settore** e quando vengono estrapolati mediante un software di gestione del magazzino, forniscono alle aziende la "via" da percorrere per **ottimizzare i processi logistici**. Tra essi si annoverano:

- % rotazione delle scorte (per dimensionamento buffer, stock e imballi);
- % valore magazzino (per dimensionamento buffer, stock e imballi);
- % valore merce al mq (per dimensionamento buffer, stock e imballi);
- % di riduzione di emissione CO2 (per riduzione camion non necessari);

Indicatori	Formula utilizzata	Valore pre - ottimizzazione	Valore post - ottimizzazione
% rotazione delle scorte	$\frac{\text{costo tot del venduto}}{\text{rimanenze totali di magazzino}} \cdot 100$	70%	100%
% valore magazzino	$\frac{\text{valore di magazzino fine anno}}{\text{valore medio di magazzino}} \cdot 100$	8%-10%	<2%

% valore merce al mq	$\frac{\text{valore totale merce}}{\text{superficie magazzino}} 100$	80%	100%
% di riduzione di emissione CO2	$\frac{\text{emissioni pre ott} - \text{emissioni post ott}}{\text{emissioni pre ott}} 100$	0%	50%

Si è ritenuto opportuno inserire questi KPI assieme ai corrispettivi valori target pre e post ottimizzazione, in maniera tale da avere in maniera visibile i miglioramenti e i benefici apportati.

5 Conclusioni

In questo capitolo verranno trattate brevemente le conclusioni generali del lavoro di tesi, includendo le personali che sono state raggiunte a seguito dell'attività di tirocinio svolta all'interno dell'azienda.

5.1 Generali

Il lavoro di tesi è stato concepito sulla base di un'attenta analisi, tramite il *Gemba Walk*, dello stato attuale - *as is* - dello stabilimento Panattoni al fine di apportare le modifiche necessarie, in modo tale da poter procedere verso l'ottimizzazione dello spazio, del tempo e delle risorse, ovvero di come si vorrebbe che fosse lo stabilimento - *to be* - al termine di questo progetto. Ovviamente, per eseguire ciò, sono state incontrate diverse difficoltà, a causa dell'elevato grado di peculiarità richiesto per le varie analisi; nonostante ciò, però, è stato permesso, ugualmente, il raggiungimento dell'obiettivo in quanto il team addetto, guidato dal corrispettivo manager, ha rispettato ed eseguito il compito che gli spettava, come discusso nel capitolo 2, tramite la suddivisione del lavoro e la perfetta armonia tra i vari sottogruppi del team. Per eseguire le correzioni necessarie e procedere verso la strada dell'ottimizzazione, sono stati applicati i principi della Lean production ad ogni singolo processo, attuati e, nel caso, ricorretti fino a che non si fosse raggiunto il miglioramento massimo possibile.

Un fattore che appare evidente da questo elaborato è l'elevato livello di standardizzazione della mappatura del flusso di materiali e informazioni secondo la logica Kaizen. Questa caratteristica è comune alle multinazionali, e anche più nel dettaglio ad aziende relativamente sviluppate; la DENSO non fa eccezione, si può notare come questo approccio sia alla base della sua gestione tutti i dipartimenti, ma, qual è il motivo che sta dietro questa scelta?

La spiegazione è da cercarsi nel significato di standardizzazione; infatti, analizzando cosa rappresenta questo approccio in qualunque processo, si nota come renda del tutto prevedibile una situazione altrimenti sconosciuta. Questo si nota per esempio nella decisione di affrontare un qualunque progetto, seguendo determinate fasi, chiare e molto dettagliate, rispettando regole ferree e precedentemente decise. Un approccio così porta inevitabilmente al susseguirsi di eventi prevedibili e, per tanto, controllabili. Ed ecco come appare evidente il motivo di questa scelta. È fondamentale, per qualunque azienda, ma a maggior ragione per quelle di grosse dimensioni, avere sotto controllo tutto il possibile, pur essendo consapevoli che non si possa arrivare a prevedere il 100% di quello che succederà. Tutti i team che collaborano a progetti di dimensioni notevoli, come l'industrializzazione di un nuovo prodotto, sono in grado di gestire in anticipo molte delle problematiche inevitabili. Questo comporta uno snellimento e una semplificazione notevole del progetto.

A proposito di questo aspetto, va sottolineato come proprio nel caso specifico, questo sia stato essenziale. Infatti, i motivi legati alla scelta di un concept conosciuto e già sperimentato, risiedono proprio nel fatto che, per via dell'imprevedibilità del panorama mondiale, sia assolutamente necessario riuscire a tenere sotto controllo, cosa che si riflette anche da un punto di vista economico, la maggior parte degli aspetti possibile.

5.1.1 Applicazione della mappa del flusso di valore per le organizzazioni IT

Uno dei progetti futuri previsti è l'applicazione della mappa del flusso di valore per le organizzazioni IT, le quali sono spesso interessate a misurare i tempi di ciclo, l'impatto sul business e altre metriche di consegna e qualità.

Per apprendere al meglio la necessità di tale progetto futuro, si pone come esempio l'analisi di un flusso di valore legato a un prodotto con più team di sviluppo agili che lavorano sui miglioramenti e diversi team operativi IT coinvolti nelle funzioni di supporto. La misurazione del flusso mostra i passaggi dal momento in cui le

caratteristiche (e i difetti) vengono progettati, sviluppati e quindi rilasciati ai clienti. La misurazione della tempistica di ogni fase aiuta a identificare i colli di bottiglia del processo. I team possono anche trovare modi per aumentare la velocità e migliorare i tempi di ciclo.

La misurazione del flusso di valore e delle metriche collegate spesso richiede l'acquisizione di dati da più sistemi. Sono disponibili strumenti come **Planview** per la gestione del portafoglio di progetti, **Jira Software** per un'agile collaborazione dei team, **Git** per l'acquisizione delle modifiche al codice, **Jenkins** per l'automazione di CI/CD, **Micro Focus UFT One** per l'automazione dei test, **Resolve** per l'automazione dell'infrastruttura e **Cherwell** per la gestione del service desk IT. Questi strumenti esaminano diversi aspetti, quali funzionalità, difetti, gestione del rischio, e i loro dati possono essere estratti, abbinati e normalizzati per produrre metriche del flusso di valore.

Un approccio consiste nell'**utilizzare un mix di integrazione dei dati e strumenti di gestione** per centralizzare i dati e quindi sviluppare dashboard con uno strumento BI come Tableau o Power BI. Questo approccio fai-da-te può essere adottato quando l'IT opera con pochi strumenti e una forte governance dei processi IT garantisce un'adeguata qualità dei dati. Ma richiede comunque personale dedicato per implementare e supportare integrazione dei dati, database e dashboard. Questa è una sfida per la maggior parte delle organizzazioni IT a corto di personale per gestire le normali esigenze aziendali e le funzioni critiche di gestione e supporto della tecnologia.

5.2 Personali

Il mio lavoro in questi mesi è stato, personalmente, estremamente appagante e stimolante. La gestione di un progetto di questa portata è stata un'esperienza unica da cui ho appreso tantissimo, non solo lavorativamente parlando.

Infatti, molti aspetti che rendono efficiente questo tipo di lavoro, sono applicabili nella vita in generale. La precisione, la puntualità, l'organizzazione, la capacità di chiedere aiuto e la condivisione dei diversi background, che risultano essere essenziali per il successo di ogni progetto, sono aspetti altresì rilevanti da un punto di vista umano.

Questa attività di tirocinio è stata formativa, non solo a livello professionale, ma anche a livello personale, poiché mi ha dato modo di crescere, di prendere in carico molte responsabilità e di non avere paura nell'affrontarle, perché è soprattutto dagli sbagli che si apprende e si migliora. Ho imparato ad analizzare per bene le situazioni, a gestire lo stress e anche a porre delle soluzioni a tutti i problemi che insorgono quotidianamente. Inoltre, sento di essere stata una parte attiva ai vari progetti e il mio profitto, a riguardo, reputo sia stato positivo, soprattutto grazie al mio capo, l'ingegner Davide Sola, il quale si è dimostrato totalmente disponibile a spiegazioni e chiarimenti e che mi ha supportato sin dal primo giorno che ho iniziato il tirocinio in questa azienda. Infine, ho imparato a confrontarmi con i colleghi del mio team, anch'essi molto accoglienti e disponibili, i quali hanno contribuito all'arricchimento del mio bagaglio culturale relativo a questa esperienza.

Tirando le somme di quest'esperienza, non posso che ritenermi soddisfatta sotto ogni aspetto.

Sitografia

1. <https://www.denso.com/global/en/csr/csr-policy/top-message/>
2. <http://www.denso-ts.com/>
3. <https://www.denso.com/it/it/about-us/company-information/dnts/>
4. <https://www.denso.com/it/it/c-csr/>
5. <https://www.denso.com/global/en/csr/environment>
6. <https://www.hella.com/techworld/it/Tecnica/Raffreddamento-auto/Raffreddamento-del-motore-2800/>
7. <https://serialparts.com/impianto-raffreddamento-auto/>

Bibliografia

Total Flow Management – Euclides A. Coimbra.