

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

Studio di tecniche di EVSM e design for x per migliorare i processi produttivi in azienda metalmeccanica

Study of EVSM techniques and design for x to improve the production processes in the engineering company

Relatore:

Dott. Ing. Germani Michele

Correlatore:

Ing. Marta Rossi

Tesi di Laurea di:

Luigi Albasini

ANNO ACCADEMICO

2018/2019

INDICE

INTRODUZIONE……I

Capitolo 1: Contesto di ricerca……..

1.1 Lean Thinking……..1

1.2 Le 5S Lean……..3

1.3 I 7 Muda……..4

1.4 Quadro normativo……7

Capitolo 2: Metodo……

2.1 Value Stream Mapping……..9

2.2 Energy Value Stream Mapping……..11

Capitolo 3: Caso studio……

3.1 Presentazione azienda……..14

3.2 La linea produttiva……...16

3.3 Layout per prodotto……...17

Capitolo 4: Analisi energetica…….

4.1 Analisi dei dati……..20

4.2 Definizioni di indicatori……..24

4.3 EVSM e TMI……..25

CONCLUSIONE……..II

BIBLIOGRAFIA……...III

L’energia ha da sempre svolto un ruolo fondamentale all’interno delle aziende ma ad oggi ricopre un ruolo di totale protagonista all’interno di esse. Con l’interessamento delle diverse nazioni al problema ambientale sono state emesse diverse norme e leggi che impongono alle industrie di rivedere e sviluppare i loro processi, in modo da migliorare l’efficienza energetica.

Per migliorare la produttività e l’efficienza energetica molte aziende hanno deciso di seguire la filosofia della Lean Manufacturing o Produzione Snella, che ha come obiettivo quello di ridurre i tempi di esecuzione ed eliminare gli sprechi. Questo metodo deriva dal Toyota Production System (TPS) che ha come scopo quello di progettare un processo produttivo basato sul miglioramento continuo. Uno degli strumenti utilizzati per la riduzione degli sprechi e per un miglioramento dell’efficienza produttiva è il Value Stream Mapping (VSM) che è stato reinterpretato dalle industrie in chiave energetica per migliorare anche la gestione di energia di un processo e prende il nome di Energy Value Stream Mapping (EVSM).

In questo lavoro di tesi, vengono prima presentati, i principi su cui si basa la Lean Manufacturing con le normative di riferimento per la gestione dell’energia, seguite dal metodo EVSM e dall’applicazione dello stesso per il caso studio preso in considerazione.

L’obiettivo di questo lavoro è quello di migliorare l’efficienza energetica di una linea produttiva dell’azienda considerata. Grazie al metodo EVSM è possibile studiare ed analizzare tutte le operazioni utilizzate nella linea esaminata per proporre azioni correttive finalizzate ad un miglior dispendio di energia beneficiando, così, di una riduzione di costi in eccesso.

Capitolo 1: Contesto di ricerca

1.1 LEAN THINKING

Il Lean Thinking è un metodo di gestione che ha come obiettivo quello di abbattere gli sprechi e migliorare l'efficienza produttiva riducendo i costi. Attraverso questa filosofia di pensiero si vuole riuscire ad identificare ciò che il cliente desidera in modo da eliminare qualsiasi forma di spreco, creando valore e cercando di migliorarsi continuamente. Il pensiero snello è un'evoluzione del Toyota Production System che si sviluppò in Giappone durante la seconda metà del '900. Durante la crisi del petrolio che colpì l'economia globale nel 1973 la Toyota riuscì a crescere sotto la guida di Taichii Ohono il quale sviluppò il TPS. Alla base del TPS vi è l'idea di utilizzare poche risorse nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare la produttività aziendale. Il termine Lean venne coniato da Womack, Jones e Ross nel libro "La macchina che ha cambiato il mondo" in cui per la prima volta vennero espressi gli elementi chiave del sistema produttivo giapponese[1]. Il lean thinking è quindi una strategia operativa che permette di individuare le attività a valore aggiunto e le attività che non lo generano permettendo all'azienda di recuperare produttività e risorse. Per questo motivo questo tipo di approccio non è solo utilizzato nell'ambito dell'automotive ma è utilizzato efficacemente in diversi ambiti. Nella parte operativa questo modo di pensare è tradotto nei seguenti principi (vedi Figura 1):

- ***Identify Value***: Il primo passo è quello di andare a individuare le attività che apportano valore dal punto di vista del cliente. In questo modo è possibile ottenere un prodotto finito che rispetta le caratteristiche desiderate.
- ***Map the Value Stream*****:** Identificare e analizzare il flusso di valore, classificando le attività in tre categorie differenti:
    - Attività che creano valore o a valore aggiunto (VA)
    - Attività che non creano valore ma sono necessarie ai fini produttivi e vengono definite come attività a non valore aggiunto (NVA)
    - Attività non necessarie ai fini produttivi e che non aggiungono alcun valore al prodotto finito, queste attività corrispondono agli sprechi (W) e devono essere eliminate il prima possibile.

- ***Create Flow*:** Dopo aver individuato il valore e aver differenziato le attività in tre diverse categorie è necessario creare un flusso di tutte quelle attività che generano valore in modo che scorrano senza interruzioni.
- ***Estabilish Pull*:** Impostare l'attività secondo la logica del Pull, solo quando il cliente lo richiede. Questo principio permette di eliminare i lotti e le rimanenze in magazzino facendo in modo che venga acquisita la capacità di gestire, programmare e realizzare solo ciò che viene richiesto dal cliente nel momento in cui lo chiede.
- ***Seek Perfection*:** Inseguire la perfezione tramite un miglioramento continuo (KAIZEN). Quest'ultimo principio vuole incrementare l'efficienza seguendo la metodologia vista nei precedenti principi, dopo aver individuato ed eliminato le attività che non generano valore e che non sono necessarie, il ciclo ricomincia per individuare nuovi sprechi a favore dell'efficienza.

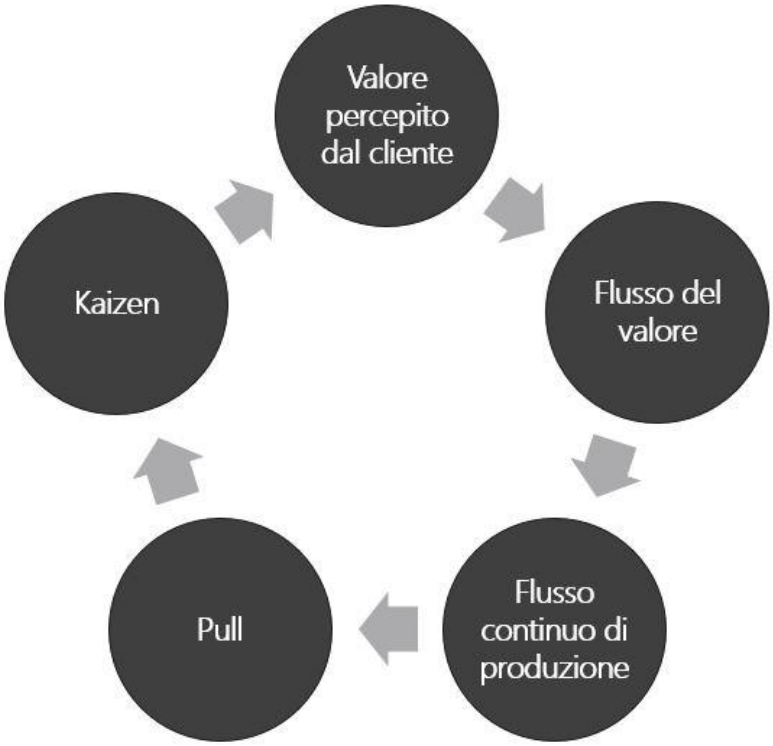


Fig. 1. Principi Lean.

1.2 LE 5S LEAN

La Lean Manufacturing è una metodologia di gestione aziendale che si basa sui principi del Lean Thinking per migliorare l'utilizzo delle risorse all'interno delle industrie favorendo così la creazione di valore per il cliente (Fig. 2). Al fine di migliorare la gestione e l'ordine dell'ambiente lavorativo eliminando gli sprechi, viene utilizzata la tecnica delle 5S che è costituita da regole:

- ***Seiri:*** La prima S è una regola fondamentale sui cui si basa l'intero approccio e viene tradotta con il termine separare. Lo scopo di questa regola è quello di dividere tutto quello che è necessario sul posto di lavoro da ciò che non lo è.
- ***Seiton:*** Lo scopo è quello di organizzare e documentare dove ogni elemento, individuato con la prima S, viene utilizzato e conservato permettendo in questo modo di eliminare i tempi morti che possono portare ad arresti o a ritardi nella produzione.
- ***Seiso:*** Consiste nella pulizia e nell'ispezione dell'ambiente, permettendo così la manutenzione preventiva delle risorse utilizzate. Seiso permette quindi di evitare e prevenire eventuali guasti ed infortuni.
- ***Seiketsu:*** Viene utilizzata per standardizzare ed uniformare quanto realizzato nelle precedenti in modo che si possano monitorare costantemente le attività da svolgere.
- ***Shitsuke:*** Può essere tradotta come disciplina. Il suo obiettivo è quello di automatizzare le azioni delle regole precedenti diventando un'ulteriore azione del processo produttivo.



Fig. 2. Strumento Lean: 5 S.

Dall'analisi di questo metodo è possibile comprendere come le ultime due S, Seiketsu e Shitsuke hanno come scopo quello di standardizzare e migliorare le precedenti, che invece, sono più semplici da realizzare. Per garantire un corretto sviluppo del metodo presentato è quindi necessario monitorare i programmi di lavoro e cercare sempre di migliorare quei procedimenti che permettono di migliorare le attività da svolgere. Alcuni benefici che si possono ottenere con questo metodo di lavoro sono:

- Aumento della produttività.
- Maggiore sicurezza dell'ambiente lavorativo.
- Migliore qualità della produzione.
- Riduzione di guasti dovuti dall'assenza di ispezione continua dei macchinari utilizzati.

Lo strumento delle 5S è un processo di miglioramento continuo che rispecchia i principi alla base della filosofia Lean ed è quindi possibile applicarlo a qualsiasi tipo di attività e non solo ad un singolo impianto produttivo.

1.3 I 7 MUDA DELLA LEAN MANUFACTURING

La Lean Manufacturing è un sistema operativo che si basa sul migliorare l'efficienza produttiva andando ad eliminare tutte quelle attività che nei processi produttivi non generano alcun valore per il cliente e sono visti come sprechi, anche detti MUDA in giapponese [1]. Taiichi Ohno ha riscontrato sette tipologie differenti di MUDA [2]:

- ***Over Production***: La sovrapproduzione è uno degli sprechi più importanti nelle industrie che utilizzano la produzione tradizionale a lotti. In questa strategia produttiva il cliente non è centrale in quanto la produzione non si basa sulla domanda diretta dello stesso, comportando in questo modo, una grande quantità di rimanenze di prodotti finiti o semilavorati, in magazzino. Dal punto di vista Lean questo si traduce come un aumento di costi in eccesso, in un uso errato del posto di lavoro e in un eccessivo aumento dei tempi di produzione. Per questo motivo è necessario produrre solo ciò che viene richiesto dal cliente evitando in questo modo di andare a sprecare risorse fondamentali. Nella pratica per evitare di incorrere nella sovrapproduzione è possibile andare ad agire su alcuni principi di funzionamento quali:

- **Pianificazione della produzione:** Calcolando precisamente la quantità di prodotti da realizzare sulla base degli ordini ricevuti secondo l'ottica del *pull* per poter così pianificare i processi delle linee produttive.
- **Flessibilità dei processi:** I processi utilizzati devono essere progettati in modo da poter garantire un'ottima flessibilità in termini operativi per poter ridurre i costi e i tempi morti.
- **Controllo e stabilità dei processi:** Bisogna cercare di automatizzare il più possibile i processi operativi ottenendo così risultati stabili e ripetitivi nel tempo.
- **Efficienza della produzione:** Saper gestire tutte le risorse all'interno dell'impianto produttivo per aumentare l'efficienza della produzione.

Dal punto di vista del cliente l'eliminazione di questo spreco non si traduce in un valore aggiunto, ma il suo miglioramento permette alle aziende di concentrarsi su ciò che il cliente desidera risparmiando tempo e denaro secondo la visione della Lean Production.

- ***Waiting:*** Tutti i tempi di attesa non necessari al ciclo produttivo di fabbricazione del prodotto generano un'enorme quantità di spreco. Ciò che generano più frequentemente questa tipologia di spreco sono:
- Errori di sincronizzazione delle fasi di lavorazione.
- Ritardi, che possono comprendere sia i prodotti che le lavorazioni stesse o guasti improvvisi.
- Tempi morti causati dall'operatore.

Spesso questi tempi di attesa sono frutto di errori di progettazione o mancanza di personale formato per questo motivo andare a migliorare le cause che generano questi ritardi è difficile e costoso. Dal punto di vista del cliente i tempi di attesa nella produzione del bene o servizio vanno ad influenzare direttamente il tempo di consegna che risulta essere molto importante pertanto alle aziende conviene investire nella riduzione di questi tempi migliorando così la domanda del prodotto.

- ***Trasporting:*** Questo spreco comprende tutte quelle operazioni di trasporto da un reparto ad un altro o da una posizione ad un'altra. Per cercare di eliminarlo bisogna andare ad analizzare il motivo per cui è necessario il trasporto potendo così intervenire se necessario, sul layout della linea. Facendo questo primo intervento di analisi si può successivamente andare ad ottimizzare il metodo di trasporto che può influire sui costi e sui tempi del prodotto finito.

- ***Inventory:*** Le scorte sono forse tra le più grandi cause di spreco all'interno delle industrie. Bisogna considerare attentamente l'opportunità di ridurre al minimo la presenza di materiali o semilavorati evitando così un utilizzo eccessivo di spazio e un'immobilizzazione del capitale. Andando ad intervenire su questo tipo di spreco è possibile ridurre i costi e lo spazio disponibile che per il cliente si potrebbe tradurre come un miglioramento dei tempi di consegna e in alcuni casi in una riduzione di costi.
- ***Motion:*** A differenza del trasporto che avviene da un'area ad un'altra la movimentazione è un'attività che avviene all'interno dello stesso ciclo di lavorazione in una postazione definita. La movimentazione del prodotto all'interno dello stesso ciclo non costituisce un valore aggiunto al prodotto finito ma è spesso necessaria per la produzione dello stesso. Per questo motivo è molto difficile eliminare questa tipologia di spreco. Tuttavia, è possibile andare a migliorare le movimentazioni per ottenere un aumento della produttività.
- ***Processing defects:*** Tutti i prodotti non conformi alle specifiche di lavorazione vengono definiti scarti. Nella filosofia della Lean Manufacturing viene ritenuto spreco la realizzazione di qualsiasi pezzo difettoso che sia da scartare o che sia possibile rilavorare. Andando ad eliminare gli scarti sarebbe possibile ottenere una forte riduzione dei costi ma ciò non è sempre possibile nei casi reali. Per migliorare la produzione è possibile andare ad analizzare la Forma del prodotto iniziale e tutte quelle attività che subisce per essere trasformato nel prodotto desiderato. Questo spreco è molto importante perché potrebbe accadere che al cliente arrivi un prodotto non conforme o in alcuni casi inutilizzabile.
- ***Over processing:*** L'ultima forma di sprechi individuata è quella intrinseca al processo di fabbricazione e rientrano in questa categoria tutti quegli step che non aggiungono valore al prodotto finito come rallentamenti del flusso produttivo, scarto del prodotto, incremento dei costi e instabilità del risultato. Le cause più comuni sono:

  -Inefficienze organizzative.

  -Mancanza o indisponibilità di risorsa.

  -Carenza di formazione per gli addetti.

  -Assenza di informazioni essenziali.

  -Eccessiva complessità del sistema decisionale.

  -Bassa performance degli impianti.

  -Eccessiva variabilità dei parametri di processo.

  -Eccessiva variabilità dei materiali.

-Attrezzature o strumentazione non adeguata.

Queste cause appena elencate sono solo alcune di quelle che effettivamente provocano un'inadeguatezza dei processi. È bene quindi andare a monitorare costantemente i processi per garantirne un corretto funzionamento e la ripetitività nel tempo [3].

1.4 QUADRO NORMATIVO

Successivamente al Protocollo di Kyoto sono state adottate un insieme di misure pensate dalle UE raggruppate nella Direttiva 2009/29/CE detto anche "Piano 20 20 20". Tale direttiva, erogata nel 2009 e valida fino al 2020 ha lo scopo di ridurre le emissioni di gas serra del 20%, di aumentare del 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili ed infine di portare al 20% il risparmio energetico.

Esistono oggigiorno normative, come la UNI EN ISO 14000, che forniscono una linea guida per tutte quelle aziende che vogliono valutare e diminuire il loro impatto ambientale. Il loro scopo è quello di migliorare o creare un sistema di gestione ambientale tramite mezzi consistenti per conferire informazioni sugli aspetti ambientali dei prodotti [4].

La normativa UNI CEI EN ISO 50001:2010 è stata erogata con il fine di mantenere e migliorare il sistema di gestione dell'energia con l'obiettivo di consentire all'organizzazione un continuo miglioramento della propria prestazione energetica [5]. Tale norma è applicabile a qualunque organizzazione che voglia essere conforme alla propria politica energetica e dimostrarla ad altri tramite autovalutazione e autodichiarazione di conformità. La UNI CEI EN ISO 50001 si basa sull'approccio del Plan-Do-Check-Act (PDCA) del miglioramento continuo (Fig. 3), in cui:

- Plan: è la realizzazione dell'analisi energetica con valori di riferimento, quali gli indicatori di prestazione energetica (EnPIs). Si determinano anche gli obiettivi, i traguardi ed i piani d'azione che portano al miglioramento della prestazione energetica dell'organizzazione.
- Do: è il conseguimento dei piani d'azione della gestione dell'energia.
- Check: è la misura di processi e delle principali caratteristiche delle operazioni determinanti le prestazioni energetiche rispetto alla politica energetica e agli obiettivi.
- Act: è l'avviamento delle azioni per migliorare la prestazione energetica e tutto il sistema di gestione dell'energia.

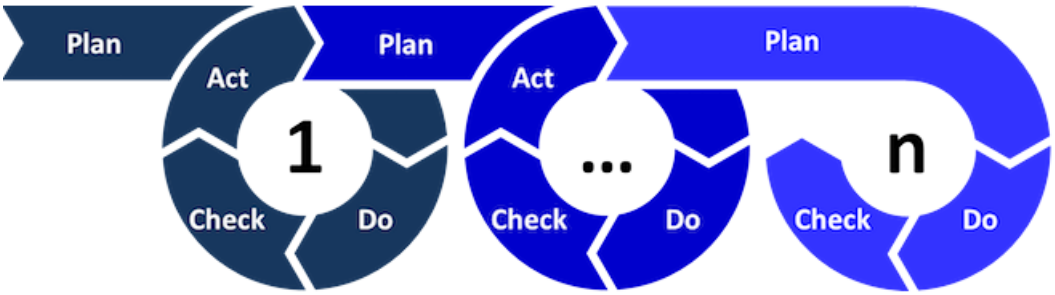


Fig. 3. Approccio ciclico Plan-Do-Check-Act.

Con tale norma si vuole garantire un uso più efficiente delle fonti energetiche disponibili riducendo in gran misura le emissioni di gas serra e di altri impatti ambientali correlati. Non vengono stabiliti dei requisiti assoluti per la prestazione energetica, ma soltanto l'impegno nella politica energetica dell'organizzazione ed i suoi obblighi uniformandosi ai requisiti legislativi applicabili.

Il Decreto-legge 102/2014 definisce un insieme di azioni finalizzate a migliorare l'efficienza energetica in tutti quei settori utili al raggiungimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico al 2020 pari ad una riduzione di 20 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio dei consumi di energia primaria conteggiati dal 2010 [6].

Capitolo 2: Metodo

2.1 Value Stream Mapping

La Value Stream Mapping (VSM) è un metodo di visualizzazione grafica che ha come obiettivo quello di tradurre nella parte operativa la filosofia produttiva di Toyota. Il Value stream sono tutte quelle attività richieste per arrivare alla produzione di qualsiasi bene o servizio, sia se portano un valore aggiunto sia se non creano alcun valore. Com'è nella Lean Manufacturing il Value Stream analizza il flusso delle attività a partire dall'inizio del processo produttivo quando si parla ancora di materiale allo stato grezzo fino ad arrivare al cliente. Partire dalla prospettiva del Value Stream significa lavorare sul quadro generale, non solo sui singoli processi o ottimizzando le parti ma migliorare il tutto [7]. Il VSM è uno strumento che aiuta a vedere e comprendere il flusso di materiale e delle informazioni mentre un prodotto percorre il flusso di valore. Quindi ci permette di seguire il percorso di produzione di un prodotto dal fornitore al cliente disegnando attentamente la rappresentazione visiva di ogni processo. In questo modo è facile comprendere le attività che generano valore e separarle da tutte quelle attività che corrispondono a sprechi. Creare una mappa che rappresenta il flusso di valore infatti, non è altro che un semplice metodo per focalizzarsi su ciò che è veramente necessario eliminando ciò che non lo è.

Per cercare di applicare in maniere corretta questo metodo è necessario concentrarsi volta per volta su una determinata famiglia di prodotti rendendo più chiaro il flusso di valore del processo produttivo. Dove con famiglia di prodotti si intendono tutti quei beni o servizi che per essere prodotti passano all'interno di lavorazioni simili.

La Value Stream Mapping rispecchia per in tutto e per tutto quella che è la filosofia della Lean Thinking volta ad un miglioramento continuo per poter arrivare ad utilizzare il processo produttivo solo quando questo è richiesto dal cliente. Per poter migliorare l'efficienza dei processi la VSM utilizza tutti quegli indicatori appartenenti alla Lean Manufacturing:

- Takt time.
- Flusso continuo.
- Kanban.

Le basi della della mappatura del processo sono [8] :

- ***Selection of a product family***.
- ***Current state map:*** descrive la situazione del prodotto nel flusso di valore.
- ***Future State Map:*** indica il modo in cui si vuole visualizzare il prodotto all'interno del flusso di valore.
- ***Defining a working plan***
- ***Achieving the working plan***

Obiettivi:

- Non focalizzarsi su un singolo processo ma su un flusso.
- Trovare le cause che generano gli sprechi.
- Dare a tutti i dipendenti gli strumenti necessari per comprendere il flusso.

- Visualizzare quali aspetti hanno reso più efficiente il processo.
- Implementare un sistema di Lean Manufacturing.

In questo modo è possibile sia riuscire a creare un'ottima mappa che descriva la situazione attuale per poi utilizzarla per creare una valida future state map che risulta essere ai fini dell'analisi molto più importante della precedente. Anche se non esiste una standardizzazione dei simboli in Fig. 4 è possibile visualizzare alcuni dei simboli utilizzati per creare Value Stream Mapping.

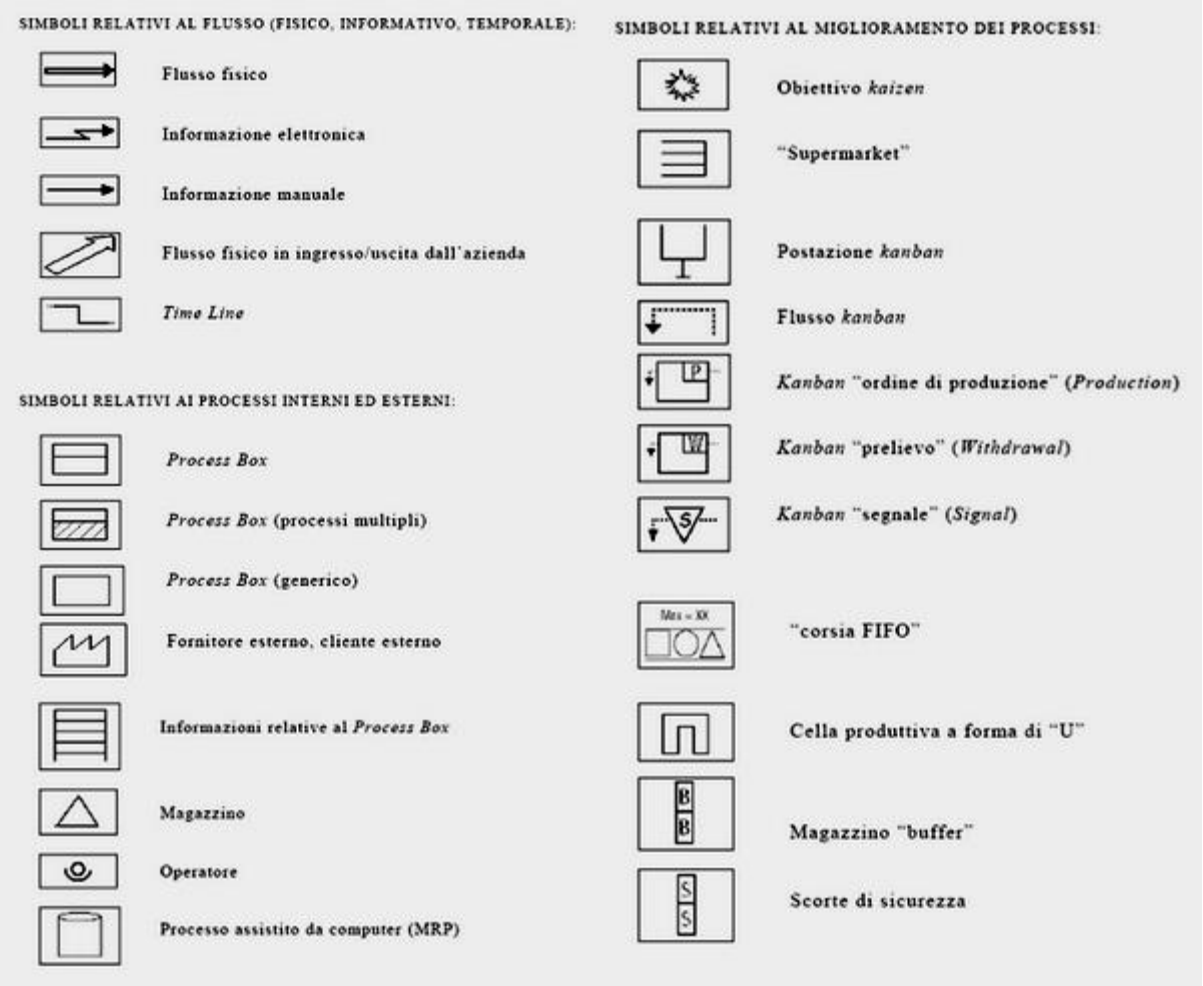


Fig. 4. Leggenda utilizzata per VSM.

Per riuscire a creare una buona mappatura dello stato attuale è necessario andare a seguire il flusso oltre che del materiale, delle informazioni così da riuscire a definire il Lead Time della produzione, cioè il tempo impiegato dal pezzo per attraversare la fabbrica. Diventa inoltre, necessario riuscire a identificare i collegamenti esistenti tra: le aree clienti, i fornitori, i processi produttivi, la programmazione della produzione e la supervisione della stessa all'interno dell'intero sistema aziendale. Solo dopo essere riusciti a creare una buona mappatura dello stato attuale si può andare a cercare di eliminare le imperfezioni che costituiscono il flusso di valore ottenendo così la mappatura dello stato futuro. I parametri necessari da analizzare sono:

- Tempi di set up.
- Quantità di scorte.

- Affidabilità delle macchine.
- Takt time.

Una volta effettuata l'analisi si procede con la creazione di una seconda mappatura che sarà più efficiente della prima. Il fine ultimo di questo processo sarà quello di avere un flusso teso ed equilibrato che possa andare incontro alle esigenze del cliente con rapidità ed efficienza riducendo i costi [9].

2.2 ENERGY VALUE STREAM MAPPING

La Energy Value Stream Map (EVSM) è un metodo di visualizzazione grafica che permette di seguire il flusso dell'energia associato ai processi produttivi. L'EVSM si basa sugli stessi principi del VSM ma invece di andare ad analizzare il flusso del valore prodotto si prende in considerazione il flusso energetico associato a quei processi. L'EVSM deve avere tre caratteristiche fondamentali:

- Creare una mappatura energetica legata a: attività a valore aggiunto (VA), a non valore aggiunto (NVA) e agli sprechi (W), per definire il consumo effettivo rispetto a quello teorico.
- Unire lo schema impiantistico preso in considerazione con la valutazione dei consumi secondo l'ottica della Lean Manufacturing.
- Rendere grafico il flusso energetico per ottenere una migliore comprensione di esso.

Essendo l'EVSM uno strumento della Lean Manufacturing l'obiettivo è quello di arrivare ad un ottimizzazione della linea produttiva tramite l'eliminazione degli sprechi e ciò è possibile attraverso alla riduzione delle attività di spreco e di quelle a non valore aggiunto. Nell' Energy Value Stream Map i 7 Muda vengono rivisitati sotto il profilo energetico:

- ***Over Production:*** Surplus di energia consumata dovuto ad un'inefficienza del sistema di produzione.
- ***Waiting:*** Energia spesa senza alcuna lavorazione.
- ***Trasporting:*** Energia consumata a causa di eccessivi trasporti in termini energetici.
- ***Inventory:*** Energia immagazzinata nelle batterie senza scopo.
- ***Motion:*** Energia usata per svolgere trattamenti interni dei componenti.
- ***Processing Defects:*** Energia spesa per la realizzazione di prodotti non conformi .
- ***Over Processing:*** Energia utilizzata per lavorazioni in eccesso.

In questo modo è possibile andare ad intervenire su quelle attività che utilizzano più energia di quello che effettivamente serve alla lavorazione.

Gli step principali per la realizzazione dell'EVSM sono (Fig. 5):

1. Definire precisamente gli obiettivi da raggiungere in termini dei costi relativi al consumo di energia.
2. Individuare il processo su cui bisogna focalizzare l'attenzione andando ad analizzare i costi produttivi degli anni precedenti.
3. Analizzare tutti i vettori energetici coinvolti nel processo aziendale per poter avere in questo modo un'analisi dettagliata del consumo energetico di ciascun impianto.
4. Indicare la nomenclatura e la simbologia utilizzata per la rappresentazione dei flussi di energia, dei macchinari e degli impianti considerati tenendo sempre presente la necessità di evidenziare le criticità del consumo energetico.
5. Realizzazione della EVSM relativa alla linea produttiva individuata precedentemente.
6. Individuare per ogni fase del progetto tutte le attività a valore aggiunto, a non valore aggiunto e di spreco. In questo modo è possibile visualizzare su quali operazioni bisogna focalizzarsi.
7. Valutazione da parte del team di gestione dell'energia delle anomalie e delle criticità per poter ipotizzare e sviluppare delle azioni correttive volte all'eliminazione dello spreco energetico.
8. Realizzazione di una nuova EVSM in cui vengono valutati i benefici ottenuti dall'applicazione delle azioni correttive ipotizzate.
9. Ripetizione di tale procedimento fino alla completa eliminazione degli sprechi seguendo la filosofia del Lean Thinking.

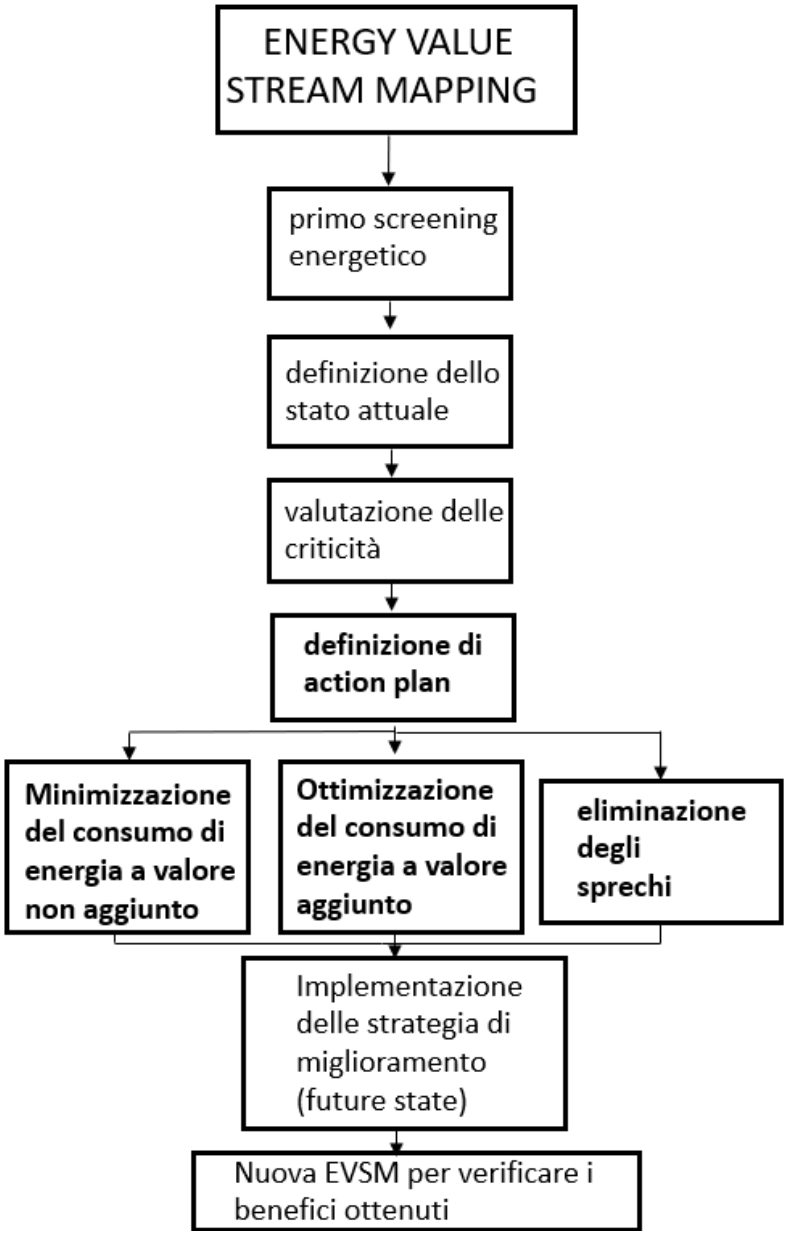

ENERGY VALUE STREAM MAPPING
primo screening energetico
definizione dello stato attuale
valutazione delle criticità
definizione di action plan
Minimizzazione del consumo di energia a valore non aggiunto
Ottimizzazione del consumo di energia a valore aggiunto
eliminazione degli sprechi
Implementazione delle strategia di miglioramento (future state)
Nuova EVSM per verificare i benefici ottenuti

Fig. 5. EVSM.

Capitolo 3: Il Caso Studio

3.1 Presentazione azienda

Lo studio di questo lavoro è stato svolto presso la filiale italiana di Osimo della multinazionale Cebi SPA con sede in Lussemburgo. Dal 1976, anno di fondazione il Gruppo Cebi produce prodotti elettromeccanici per l'industria elettrodomestica ed automobilistica. La gamma di prodotti comprende componenti per il controllo della temperatura e micromotori come sensori di temperatura, motori per ventilatori, attuatori per varie applicazioni o motori DC e motoriduttori. Cebi è il leader mondiale nei sistemi di lavaggio per autoveicoli, tra cui pompe e vari componenti. Leader europeo nei mercati dei sensori di temperatura e dei meccanismi di chiusura. Il Gruppo Cebi è all'avanguardia dell'innovazione. Automazione avanzata, forte integrazione verticale del processo di produzione e sviluppo del prodotto dimostrano il loro impegno continuo nel migliorare le prestazioni. Attualmente l'azienda vanta 3000 dipendenti in tutto il mondo e possiede:

- 11 impianti di produzione.
- 7 centri di ricerca e sviluppo.
- 1 centro di sviluppo automatico delle linee di assemblaggio.
- 13 uffici commerciali.

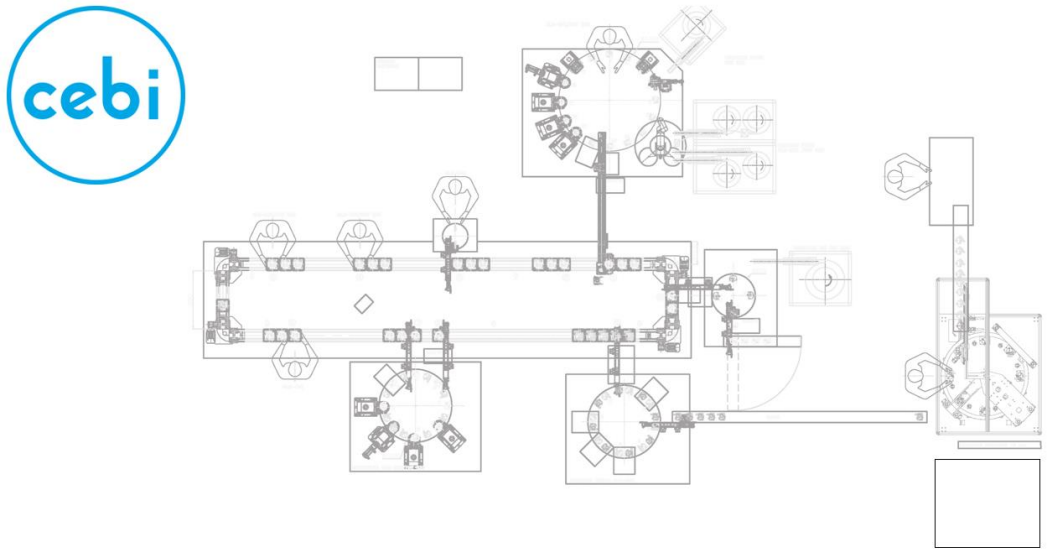


Fig. 6. Linea SECM1.

Circa il 10% dei dipendenti lavora in ricerca e sviluppo è ciò permette all'azienda di avere come focus ultimo l'innovazione.

I fattori principali che definiscono l'azienda come leader del settore sono:

1. Integrazione verticale: Molte operazioni di produzione all'interno del flusso di materiale vengono eseguite internamente, come stampaggio, stampaggio e anche elettronica. Inoltre, le attrezzature per le linee di assemblaggio, altamente automatizzate, vengono progettate e costruite all'interno dell'azienda stessa.
2. Automazione: la maggior parte delle linee di assemblaggio appartenenti al Gruppo Cebi sono semiautomatiche o completamente automatiche. Questa tecnologia avanzata permette di ottenere una notevole flessibilità all'interno della struttura produttiva.
3. Esperienza di lunga data: La lunga esperienza e il know-how, consentono all'azienda di sviluppare prodotti di altissima qualità ed affidabilità.
4. Innovazione: Come uno dei leader mondiali nella produzione di componenti elettromeccanici per l'industria automobilistica e degli elettrodomestici, l'obiettivo aziendale è quello volto alla continua ricerca di miglioramento dei propri prodotti.
5. Certificazioni: Tutti gli impianti di produzione appartenenti al Gruppo cebi sono conformi agli standard:
    - ISO 9001: 2015: Gestione della qualità
    - IATF 16949: 2016: Gestione della qualità
    - ISO 14001: 2015: gestione ambientale

I settori principali in cui Cebi distribuisce i propri prodotti sono:

- Settore automobilistico: In questo settore sono stati sviluppati una vasta gamma di prodotti che migliorano la sicurezza, le prestazioni e il comfort per ogni conducente. I prodotti vengono forniti al 95% delle case automobilistiche mondiali. Grazie a notevoli investimenti nel reparto di ricerca e sviluppo, il Gruppo è leader mondiale per i sistemi di lavaggio, comprese le pompe e gli attuatori del deflettore e leader europeo per sensori di temperatura e meccanismi di chiusura.
- Elettrodomestici: Cebi fornisce i suoi prodotti ad un'alta percentuale di produttori di elettrodomestici focalizzandosi in maggior misura su: motori del ventilatore, interruttori di temperatura e sensori di temperatura.

- Ventilazione: Le soluzioni personalizzate dell'azienda per la messa in moto dell'aria sono utilizzate in applicazioni residenziali e industriali, che vanno dai motori a rotore alle pompe di condensa.
- E-Mobility: Con quasi 20 anni di esperienza nel mercato dei componenti per i veicoli elettrici, Cebi ha acquisito una vasta conoscenza in questo campo. Il mercato aziendale della mobilità elettrica comprende prodotti sia per i veicoli ibridi che elettrici tra cui: pompe per vuoto, caricabatterie, convertitori CC/CC e motori a trazione.

In Figura 6 è mostrata la linea produttiva SECM1 del Gruppo Cebi su cui verterà lo studio di tesi.

3.2 La linea produttiva

La linea produttiva studiata in questo lavoro di tesi viene utilizzata per la realizzazione di componenti per diverse case automobilistiche ed è essenzialmente composta da un nastro trasportatore di forma rettangolare, al quale sono collegati 4 stazioni principali:

- OP010-020
- OP90
- OP100
- "Piastra + 2 avvitatori".

Mentre le stazioni OP90 e OP100 sono totalmente automatizzate, nelle operazioni OP010-20 e OP100 si avrà la presenza di un addetto alla linea di produzione che sarà inoltre presente nelle seguenti operazioni totalmente manuali che sono rispettivamente le seguenti:

- OP40
- OP60
- OP70
- OP80
- OP120

Ciò che veramente caratterizza questa linea produttiva è la sua flessibilità, infatti, può produrre 3 pezzi differenti fra di loro ma appartenenti alla stessa cella produttiva. A seconda del prodotto che si vuole realizzare la linea modifica la sua configurazione al fine di ottenere il pezzo desiderato.

In seguito verranno illustrate le diverse configurazioni della linea in esame prendendo in esame i tre prodotti: F1, F2, VW.

3.3 Layout per prodotto

In Figura 7 possiamo vedere com'è costituita la linea di montaggio per il prodotto F1. Il pezzo parte dalla stazione OP10-OP20 fino ad arrivare alla stazione OP90 dove viene spostata attraverso un nastro trasportatore alla stazione "Piastra+2 avvitatori" senza passare nella stazione OP100. In seguito, il pezzo percorre le stazioni OP110 e OP120 dove avviene il collaudo seguito dall'imballaggio.

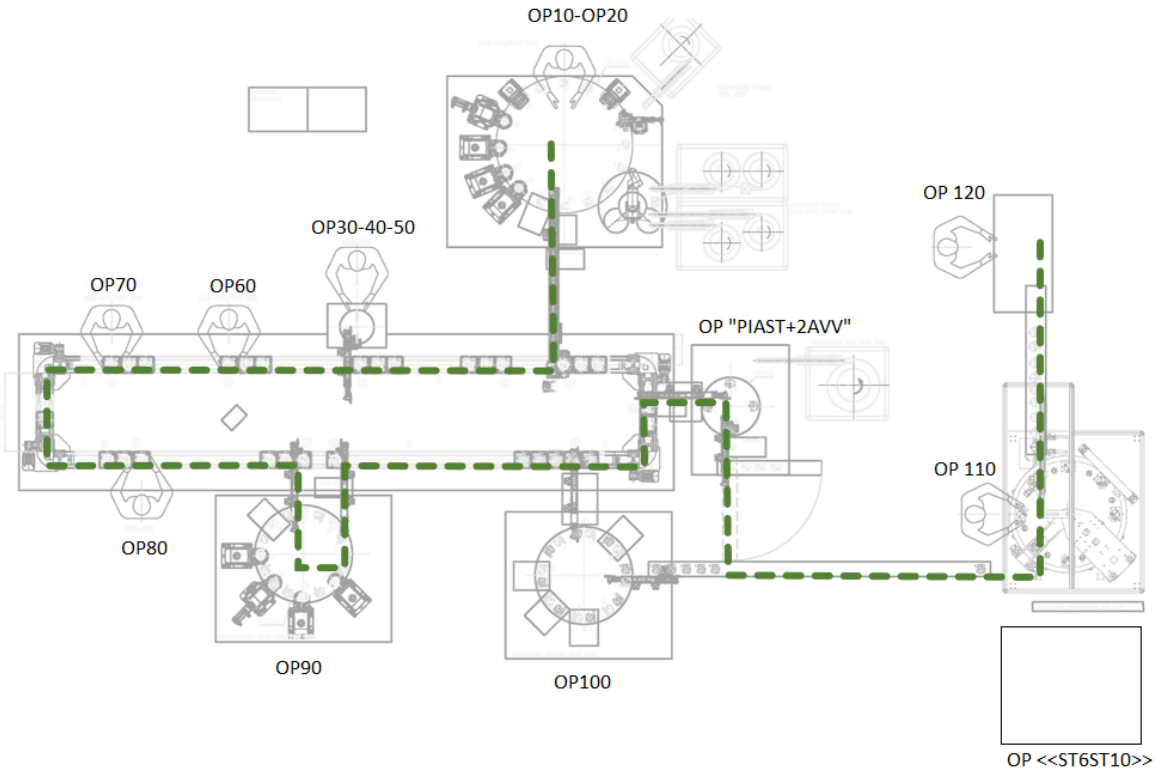


Fig. 7. Layout della linea produttiva per il prodotto F1.

Per il prodotto VW, a differenza del prodotto F1, il pezzo non passa per la stazione “Piastra+2 avvitatori” ma prima di arrivare alla stazione OP110 di collaudo passa per la stazione OP100. In questo modo è possibile notare come in funzione del pezzo da lavorare cambi il percorso eseguito all’interno della stessa linea produttiva (Fig. 8).

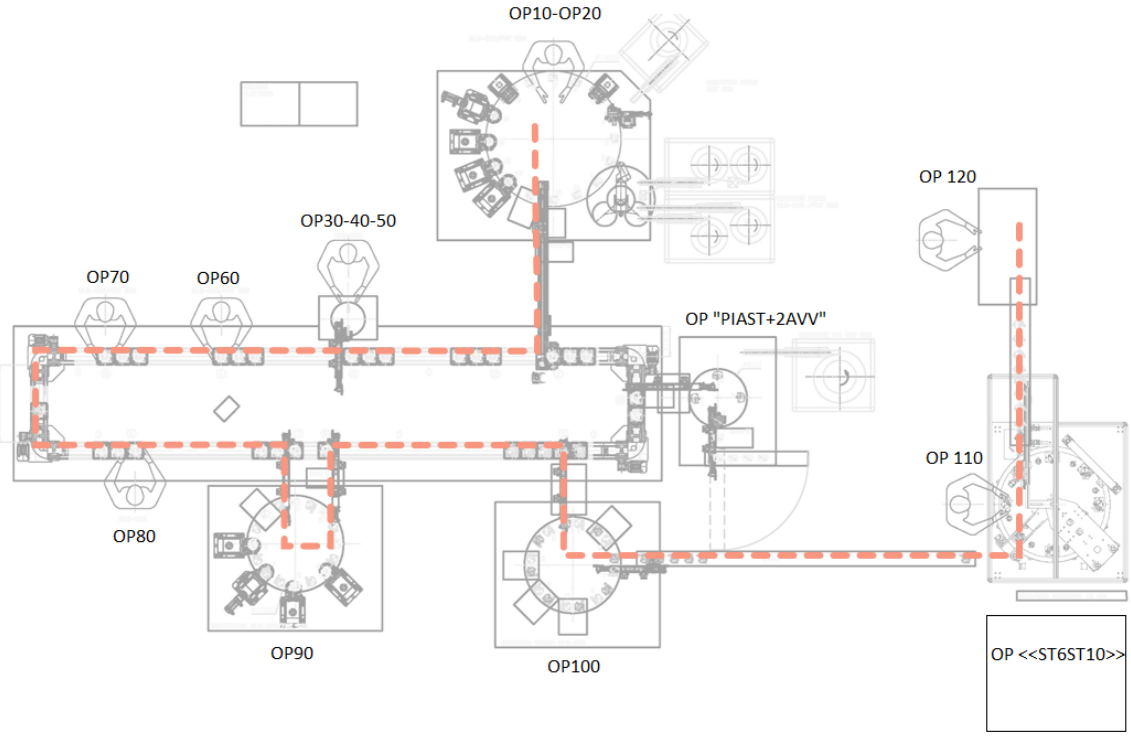


Fig. 8. Layout della linea produttiva per il prodotto VW.

La linea in Figura 9 rappresenta il flusso del pezzo per il prodotto F2. Partendo dalla stazione OP10-OP20 il pezzo segue lo stesso percorso descritto in precedenza per il prodotto F1 ma esegue una variazione passando nella stazione “ST6T10” dove subisce ulteriori lavorazioni prima di arrivare alle stazioni finali di collaudo e imballaggio.

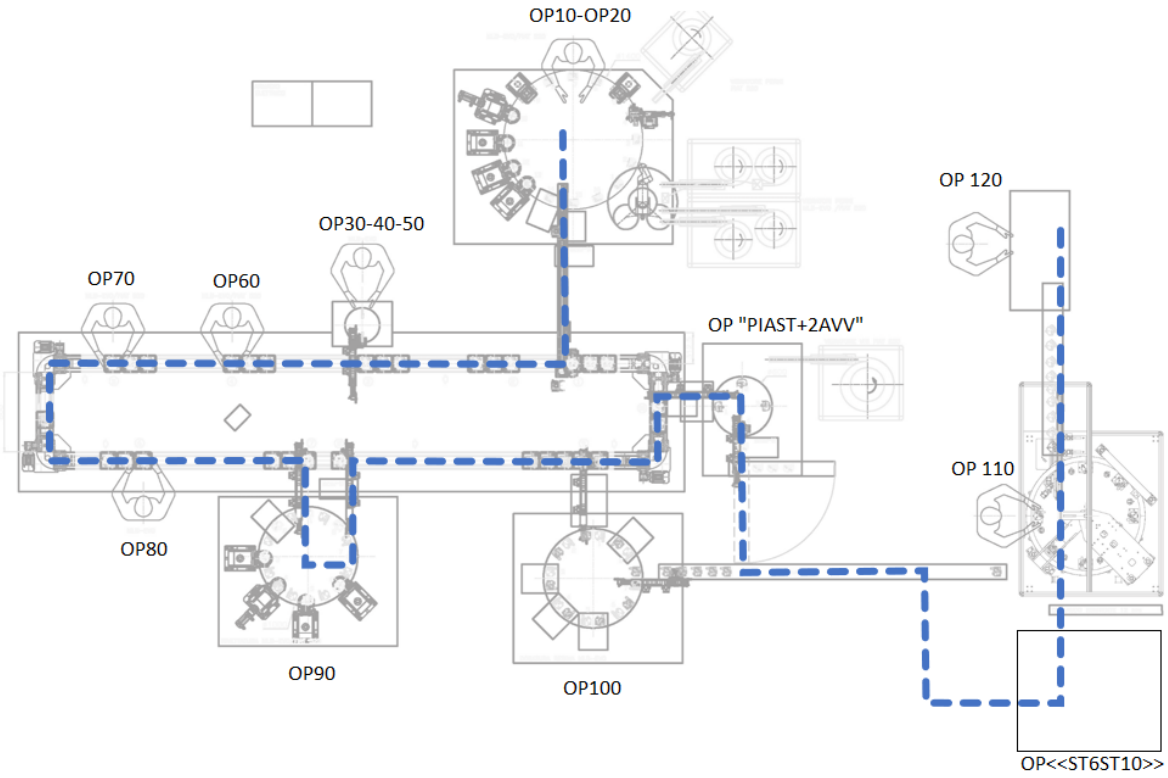


Fig. 9. Layout della linea produttiva per il prodotto F2.

Capitolo 4: Analisi Energetica

4.1 Analisi dei dati

In questo lavoro, volto all'analisi energetica tramite il metodo dell'EVSM, è stata analizzata l'energia elettrica della linea SECM1, come vettore energetico. Per poter fornire un risultato preciso è fondamentale che la raccolta dati avvenga correttamente, poiché la mancanza di alcuni valori o di dati errati può compromettere il lavoro svolto. Ottenere risultati reali del vettore energetico considerato, per tutti i processi, è quasi impossibile per questo motivo bisogna andare a considerare prima le attività più energivore per passare successivamente a quelle meno influenti. La raccolta dati viene effettuata per mezzo della campagna di misura, che verrà utilizzata per calcolare i consumi energetici delle tre tipologie di prodotti realizzati, sulla linea di produzione presa in esame. Per ottenere delle misurazioni precise e affidabili, per una corretta realizzazione dell'EVSM, è raccomandabile:

- Concentrarsi su un vettore energetico, in questo caso l'energia elettrica, e organizzare le misurazioni in base al consumo energetico.
- Programmare la raccolta dati con i responsabili alla manutenzione, per ottenere campagne di misura in tempi più brevi.
- Effettuare le misurazioni ad inizio turno, in quanto esiste la possibilità che il processo produttivo debba essere fermato. Inoltre si ha la possibilità di raccogliere i dati ad impianto spento, all'avviamento e magari in stand-by.

L'energia elettrica è il vettore energetico più utilizzato all'interno delle industrie ed è anche uno dei più difficili da misurare. Esistono vari modi di ricavare dati per questo vettore:

1. ***Acquisizione Manuale:*** Questo tipo di lettura è possibile effettuarla a monte dei singoli impianti o reparti dove sono presenti i contatori degli stessi. Questi ultimi sono situati all'interno di cabine o nei quadri elettrici e registrano unicamente l'energia attiva consumata. Per poter calcolare la potenza media di utilizzo è necessari calcolare l'energia consumata di acquisizioni consecutive in un intervallo di tempo ben definito. Essendo questo un metodo molto approssimativo è consigliabile confrontare la grandezza ottenuta con i dati di targa della macchina.

2. ***Acquisizione tramite strumenti portatili:*** Un metodo molto più efficace del precedente avviene per mezzo di una pinza amperometrica portatile, che permette di esportare i dati su fogli di calcolo. Per l'utilizzo di questo strumento è necessaria la presenza di un responsabile agli impianti elettrici poiché può esserci la possibilità di dover scollegare il quadro elettrico per poter collegare il dispositivo. Ciò va ad interferire con la produzione poiché è necessario lo spegnimento della macchina per questo motivo è consigliabile effettuare questa misurazione prima dell'inizio del turno lavorativo.
3. ***Stima:*** In mancanza di altre possibilità o per processi poco impattanti sui consumi, può essere effettuata una stima partendo dai dati di targa della macchina. Per ottenere un buon risultato bisogna conoscere il numero di ore lavorative giornaliere e la potenza di lavoro ottenendo così l'energia consumata.

Utilizzando questi metodi è stato possibile calcolare la potenza di lavorazione in kW, di ciascuna postazione della linea produttiva SECM1, per ciascuno dei prodotti presi in esame (F1,VW,F2).

Dopo aver raccolto i dati relativi al vettore energetico si è andati a raccogliere e classificare i tempi, in secondi, di ogni singola operazione della linea analizzata sotto forma di :

- Tempi a valore aggiunto (VA).
- Tempi di non valore aggiunto (NVA).
- Tempi di spreco (W).

Avendo ottenuto dalla campagna di misurazione sia i tempi che la potenza è stato possibile calcolare l'energia consumata, di ciascuna lavorazione, per tutte le postazioni della linea di produzione suddivisa in:

- Energia consumata a valore aggiunto (VA).
- Energia consumata a non valore aggiunto (NVA).
- Energia consumata di spreco (W).

Per mezzo di questa classificazione e dell'utilizzo di una tabella di riepilogo della produzione giornaliera in una settimana lavorativa, si è realizzata una tabella finale settimanale in cui sono sommati i valori di ciascun prodotto (Fig. 10). Successivamente, un'analisi più dettagliata è stata conseguita per ciascun prodotto (Fig. 11-13). Per ciascuna tabella sono stati calcolati i seguenti valori:

- Energia consumata a valore aggiunto (VA).
- Energia consumata a non valore aggiunto (NVA).
- Energia consumata di spreco (W).
- Percentuale di energia a valore aggiunto (VA%).
- Percentuale di energia a non valore aggiunto (NVA%).
- Percentuale di energia di spreco (W%).

Per un'analisi più approfondita, in questo studio sono stati calcolati i valori sopra citati per la realizzazione di tabelle giornaliere della settimana lavorativa. In ogni tabella sono stati calcolati anche i valori di :

- Total Muda Index (TMI).
- Cost Index (CI).

	OP10/20	MOVI.	OP30/40/50	OP60	OP70	OP80	OP90	P.+2AVV.	POSTAZIONE ST6T010	OP100	OP110	OP120
VA	141,933749	43,3560662	0	0	0	0	72,6976353	5,13548889	7,0642	408,8773928	0	0
NVA	287,847579	223,126715	9,64988	18,1919465	13,0896531	13,1163642	194,803422	16,3995864	150,231381	6,253333333	0,563473714	20,86330424
W	177,125424	135,356362	0,40750889	0,62423487	0,44915578	0,45007232	164,909987	20,5825809	35,55361621	80,95633136	0,019334926	0,715899311
VA%	23,3864179	10,7894084	0	0	0	0	16,8121597	12,1931972	3,663069436	82,42049185	0	0
NVA%	47,4286335	55,5263764	95,9481641	96,6824572	96,6824572	96,6824574	45,0505195	38,937557	77,9009626	1,260531441	96,68245721	96,68245721
W%	29,1849486	33,6842152	4,05183585	3,31754279	3,31754279	3,31754265	38,1373208	48,8692458	18,43596796	16,31897671	3,317542787	3,317542787
CI	95,2843601	63,0887454	1,57901006	2,95414047	2,125593	2,12993054	67,888534	6,61247202	30,27732396	77,88566803	0,091500956	3,387934958
TMI	100,809453	77,5327918	1,64298895	3,05214534	2,19611045	2,20059189	82,3658733	9,03766547	34,75016231	26,40206138	0,09453654	3,50033115

Fig. 10. Tabella finale settimanale totale.

OP010/OP020	OP030/OP040/OP050	OP060	OP070	OP080	OP090	PIASTRA+2 AVVIATORI	OP100	OP110	OP120	MOV.	KWh
64,09090133	0	0	0	0	31,7373213	5,135488889	0	0	0	15,61188622	VA
132,3028028	0	6,994535867	5,03277911	5,04305009	106,140613	13,47524174	0	0,216647356	8,021633644	118,9684275	NVA
2,635333333	0	0	0	0	2,63533333	2,635333333	0	0	0	0	NVA
44,21478556	0	0	0	0	66,4222984	15,40646667	0	0	0	66,11416908	W
0,632333333	0	0	0	0	0,63233333	0,632333333	0	0	0	0	W
7,847632607	0	0,1794208	0,12909867	0,12936213	5,24062094	0,872594389	0	0,005557344	0,205767467	1,695931987	W
25,46080432	0	0	0	0	14,9135577	13,45867652	0	0	0	7,713747828	VA%
53,60563523	0	97,498998	97,498998	97,498998	51,1144695	42,2213003	0	97,498998	97,498998	58,7816511	NVA%
20,93356044	0	2,501002004	2,501002	2,501002	33,9719729	44,32002318	0	2,501002004	2,501002004	33,50460107	W%
39,52063486	0	1,126311197	0,81041481	0,81206872	33,4109377	5,990720962	0	0,034886138	1,291701974	31,77529512	CI
37,73143934	0	1,154480262	0,8306833	0,83237857	39,7785329	7,839538125	0	0,035758641	1,324007467	39,97041485	TMI

Fig. 11. Tabella settimanale prodotto F1.

OP010/OP020	OP030/OP040/OP050	OP060	OP070	OP080	OP090	OP100	OP110	OP120	MOV.	KWh
33,76224	0	0	0	0	19,13194	408,8773928	0	0	20,538696	VA
55,05493468	9,64988	6,3866904	4,595416	4,6047919	0,460299	0	0,197820072	7,3245304	21,78910943	NVA
6,253333333	0	0	0	0	6,253333	6,253333333	0	0	0	NVA
33,76224	0	0	0	0	36,73509	59,25759316	0	0	57,64421837	W
1,929666667	0	0	0	0	1,929667	1,929666667	0	0	0	W
5,176458264	0,407508889	0,269706267	0,194061778	0,1944577	2,378671	19,76907153	0,008353828	0,309310711	2,434282227	W
24,8363395	0	0	0	0	28,60252	82,42049185	0	0	20,05608521	VA%
45,09987959	95,94816415	95,94816415	95,94816415	95,948164	10,03698	1,260531441	95,94816415	95,94816415	21,27711689	NVA%
30,06378091	4,051835853	4,051835853	4,051835853	4,0518359	61,36051	16,31897671	4,051835853	4,051835853	58,6667979	W%
21,34240305	1,579010056	1,045054277	0,751948011	0,7534822	10,50157	77,88566803	0,032369302	1,198513054	16,07779005	CI
22,45806467	1,642988951	1,087398161	0,78241571	0,7840121	13,94168	26,40206138	0,033680853	1,247074836	22,28553937	TMI

Fig. 12. Tabella settimanale prodotto VW.

PO010/OP020	OP030/OP040/OP050	OP060	OP070	OP080	OP090	PIASTRA+2AVVIATORI	POSTAZIONE ST6ST10	OP100	OP110	MOVIMENTAZIONI	OP120	KWh
44,080608	0	0	0	0	21,82838	0	7,0642	0	0	7,205484	0	VA
89,14150853	0	4,8107202	3,461458	3,4685222	76,85418	0,289011294	147,7717143	0	0,149006286	82,36918	5,51714	NVA
2,459666667	0	0	0	0	2,459667	0	2,459666667	0	0	0	0	NVA
75,33847303	0	0	0	0	45,6841	3,5321	28,2568	0	0	7,205484	0	W
0,632333333	0	0	0	0	0,632333	0	0,632333333	0	0	0	0	W
7,59150075	0	0,1751078	0,125995333	0,126252467	5,254874	0,139086533	6,664482878	0	0,005423754	0,262276	0,200821	W
20,10572232	0	0	0	0	14,29368	0	3,663069436	0	0	7,425087	0	VA%
41,7804535	0	96,48788927	96,48788927	96,48788927	51,93636	7,297900424	77,9009626	0	96,48788927	84,87956	96,48789	NVA%
38,11382418	0	3,512110727	3,512110727	3,512110727	33,76997	92,70209958	18,43596796	0	3,512110727	7,695356	3,512111	W%
34,42132218	0	0,782774996	0,563230173	0,564379623	23,97602	0,621751059	30,27732396	0	0,024245516	15,23566	0,89772	CI
40,61994894	0	0,810266921	0,583011441	0,58420126	28,64566	1,198127344	34,75016231	0	0,025097046	15,27684	0,929249	TMI

Fig. 13. Tabella settimanale prodotto F2.

4.2 Definizioni di indicatori

Il Total Muda Index definito come TMI è un indicatore di quali attività consumano più energia sotto forma di spreco. E' possibile calcolare il TMI con la seguente equazione (Eq. 1):

$$TMI = (2 * W + NVA)\ C \qquad (1)$$

Dove:

W= Energia consumata di spreco

NVA= Energia consumata di non valore aggiunto

C= Fattore di costo

Calcolato per ogni lavorazione di ogni postazione permette di individuare quali attività sono più dispendiose dal punto di vista energetico. In questo modo è possibile definire quali sono le attività che richiedono un intervento in tempi brevi per migliorare l'efficienza produttiva.

Il Cost Index indicato come CI è un indicatore di costo dell'energia consumata totale calcolato come (Eq. 2):

$$CI = (\ VA + NVA + W)\ C \qquad (2)$$

Dove:

VA= Energia consumata a valore aggiunto

NVA= Energia consumata di non valore aggiunto

W= Energia consumata di spreco

C= Fattore di costo

Calcolando i costi di ogni operazione permette di intervenire sulle attività più onerose rendendo il prodotto competitivo sul mercato.

4.3 EVSM e TMI

Dopo aver calcolato i dati necessari è stato sviluppato l'EVSM. La Figura 14 mostra l'EVSM derivante dall'analisi dei dati della tabella finale settimanale in cui sono stati sommati i dati raccolti per i tre prodotti considerati. Sulla linea produttiva sono mostrati i flussi dei prodotti attraverso le varie postazioni, indicati nel seguente modo:

- F1 in verde.
- VW in rosso.
- F2 in blu.

I valori di:

- VA% in verde.
- NVA% in giallo.
- W% in rosso.
- TMI

Sono stati riportati per ogni postazione in dei box colorati, per avere secondo la modalità dell'EVSM una visualizzazione grafica dei dati. Salta subito all'occhio come le postazioni OP10-OP20, OP90, OP "Piastra+2 avvitatori" e le operazioni di movimentazione siano quelle più energivore e anche le più onerose mentre nella postazione OP100 risulta esserci una buona componente energetica a valore aggiunto.

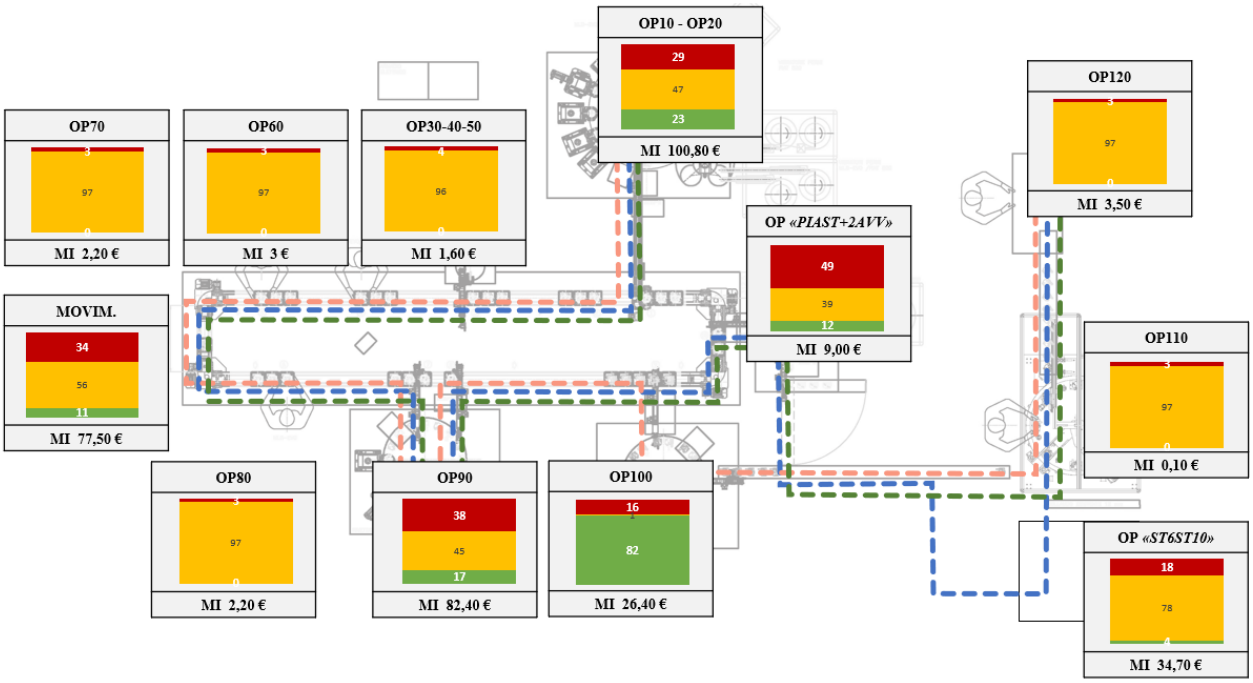


Fig. 14. EVSM totale settimanale.

Leggendo la mappa relativa ai valori settimanali del prodotto F1, in Figura 15, si noti come siano elevate le attività a non valore aggiunto. Queste attività sono però necessarie per il corretto funzionamento della linea. Come nel grafico precedente risulta evidente il costo e il consumo di energia sprecata per le attività di movimentazione e nelle postazioni OP10-OP20 e OP90.

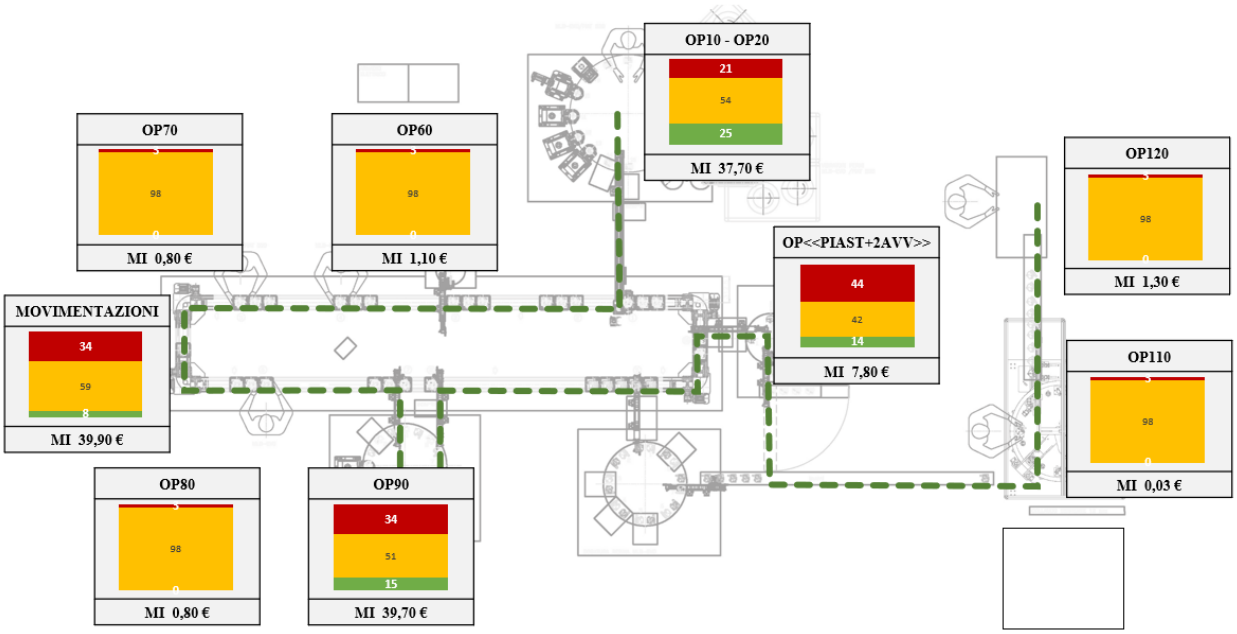


Fig. 15. EVSM settimanale prodotto F1.

Nella Figura 16 in cui è rappresentato l'EVSM settimanale del prodotto VW la postazione OP100 si differenzia dalle altre per un notevole consumo di energia per attività che conferiscono valore aggiunto al prodotto finito.

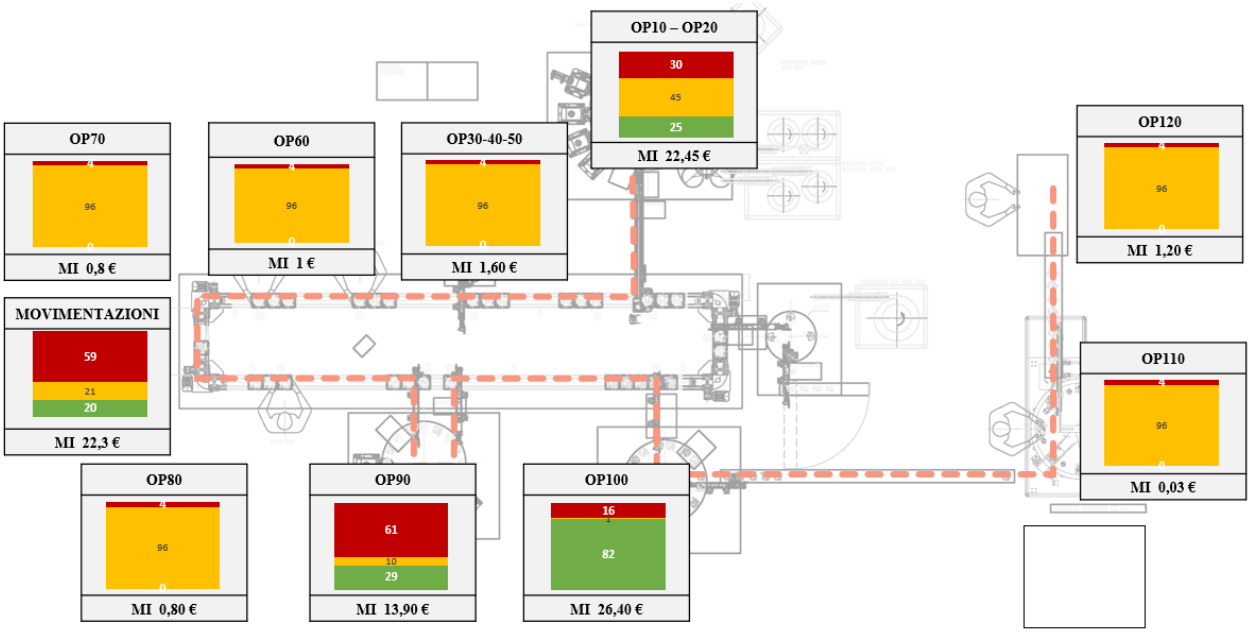


Fig. 16. EVSM settimanale prodotto VW.

L’analisi energetica svolta con il metodo dell’EVSM ci mostra come per il prodotto F2 non sia quasi presente la componente energetica a valore aggiunto ma sia preponderante la parte energetica a non valore aggiunto con un picco di energia consumata di spreco nell’operazione OP “Piastra+2avvitatori” (Fig. 17).

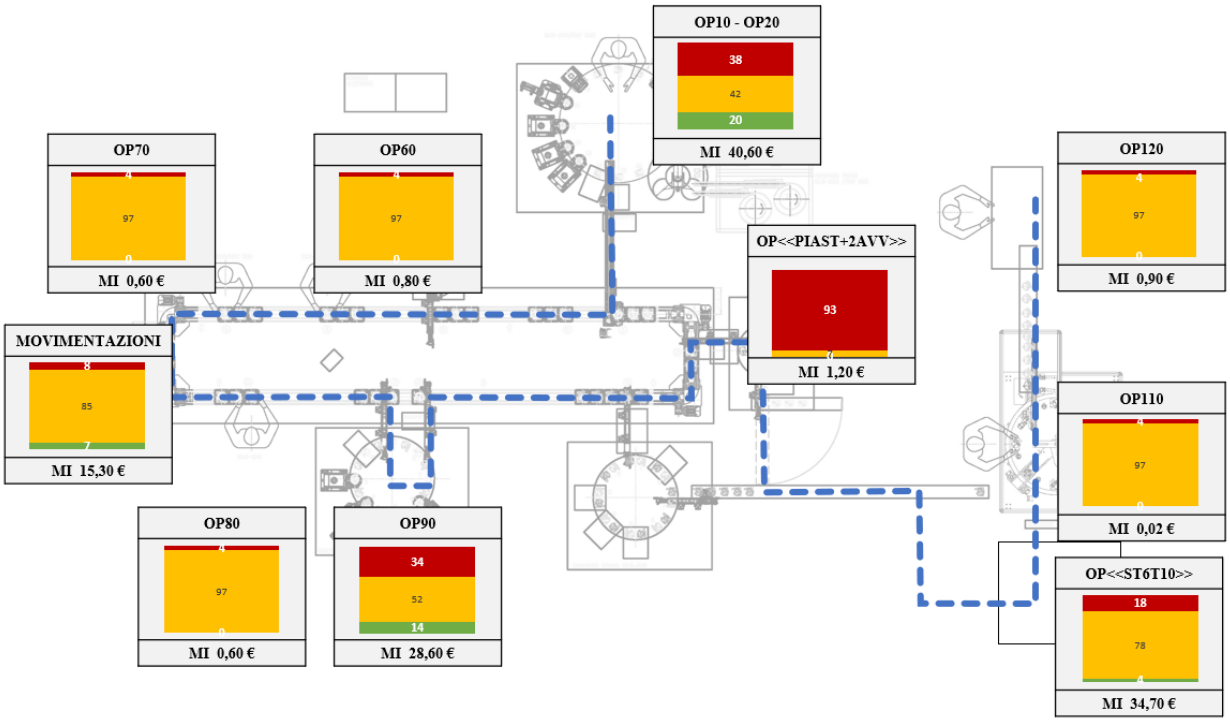


Fig. 17. EVSM settimanale prodotto F2.

Dopo aver utilizzato l’EVSM per studiare complessivamente l’efficienza energetica settimanale della linea produttiva, per ciascuno dei prodotti considerati, lo stesso metodo è stato impiegato per un’analisi più approfondita. In questa successiva analisi sono stati calcolati i valori di energia e di costo per ogni giornata di una settimana lavorativa. Da tale studio si evince come il lunedì e il giovedì siano le giornate in cui vi è un eccessivo consumo di energia e pertanto sono quelle in cui si dovrà effettuare un’azione correttiva. Di seguito sono illustrati i risultati del metodo EVSM (Fig. 18-23).

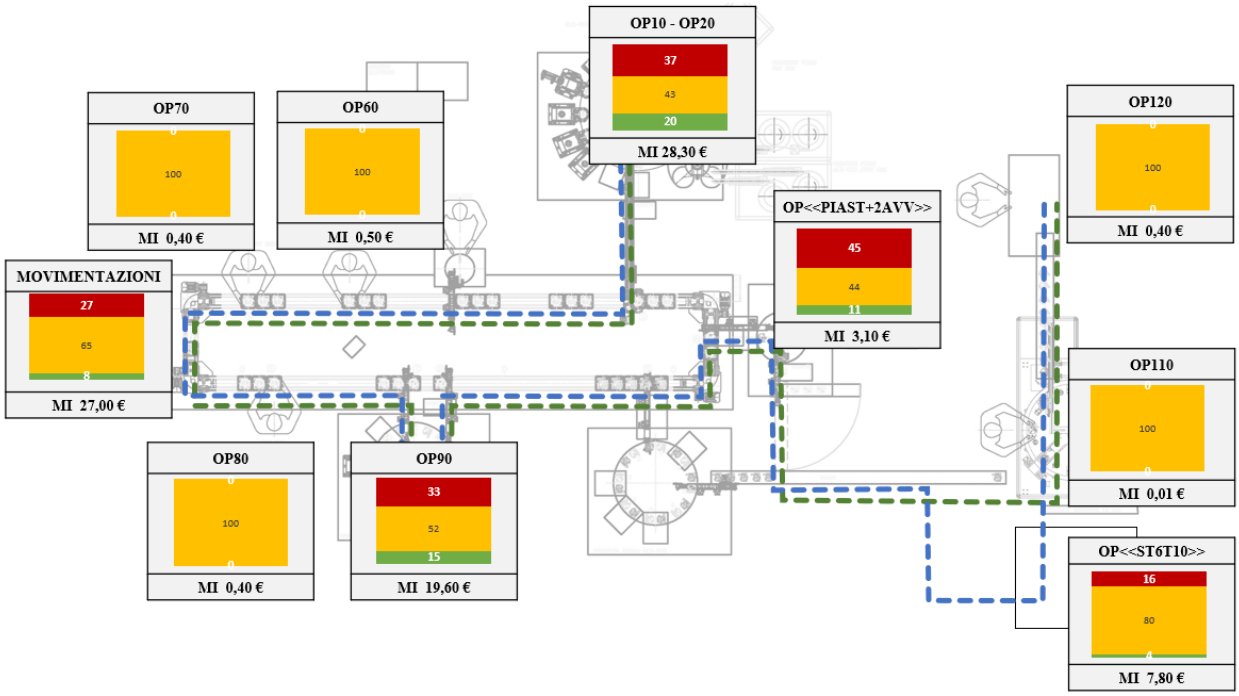


Fig. 18. EVSM settimana lavorativa: lunedì.

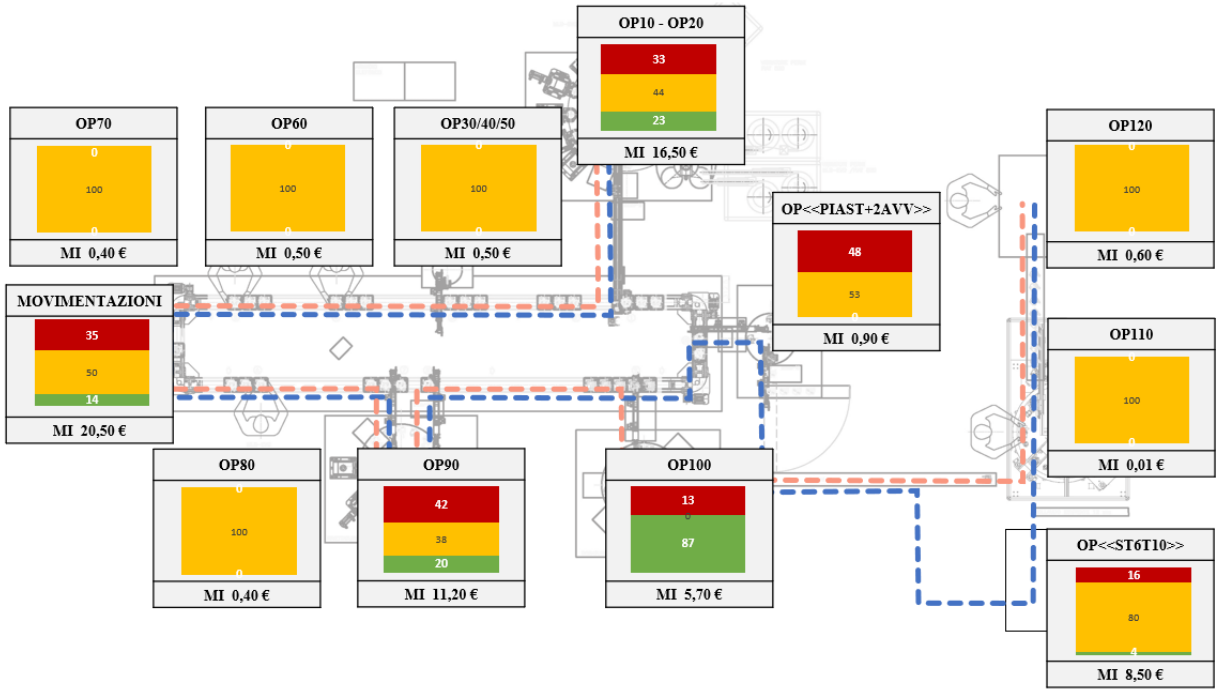


Fig. 19. EVSM settimana lavorativa: martedì.

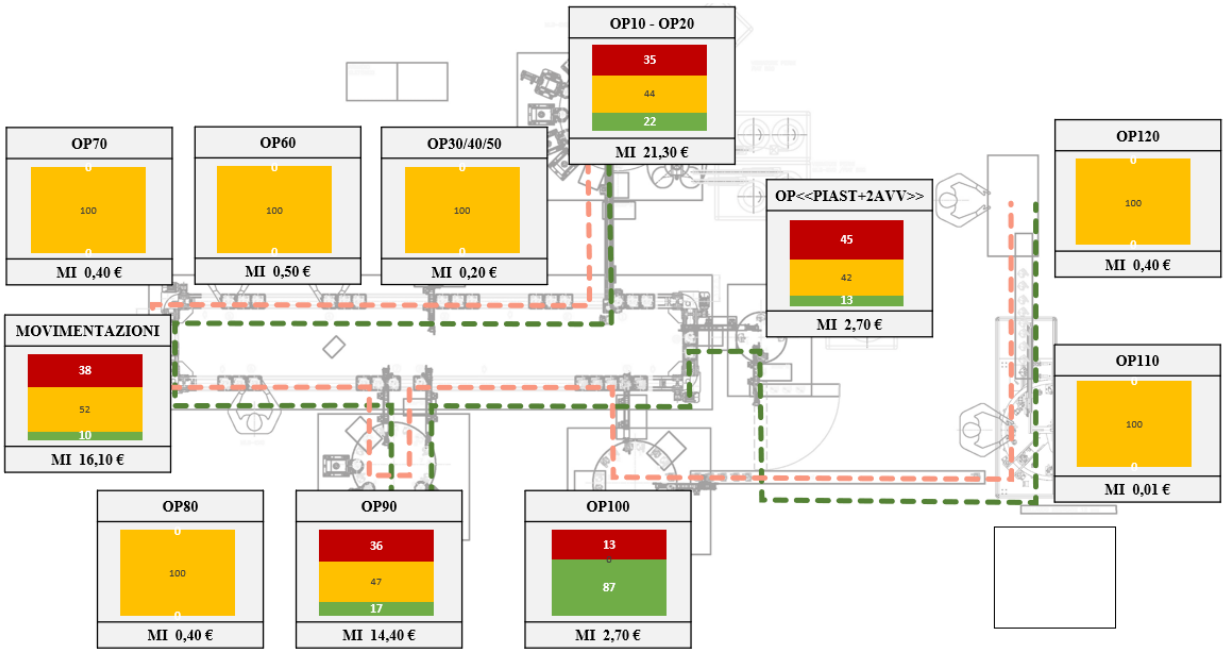


Fig. 20. EVSM settimana lavorativa: mercoledì.

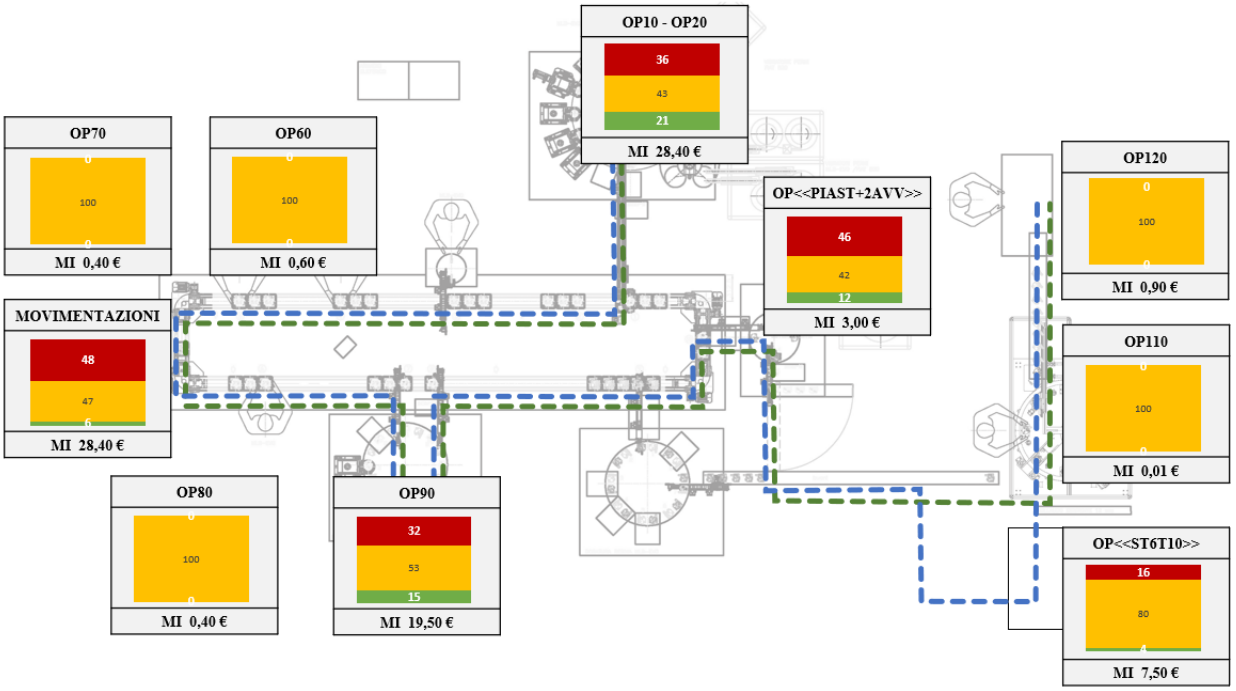


Fig. 21. EVSM settimana lavorativa: giovedì.

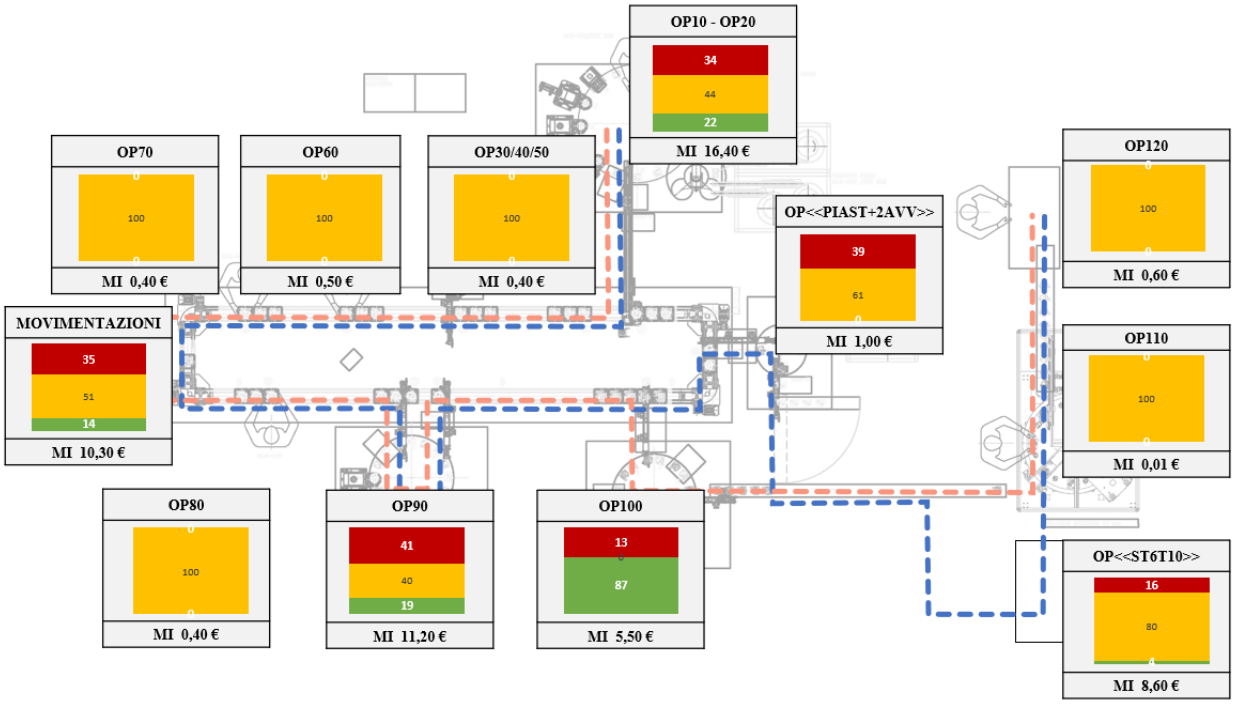


Fig. 22. EVSM settimana lavorativa: venerdì.

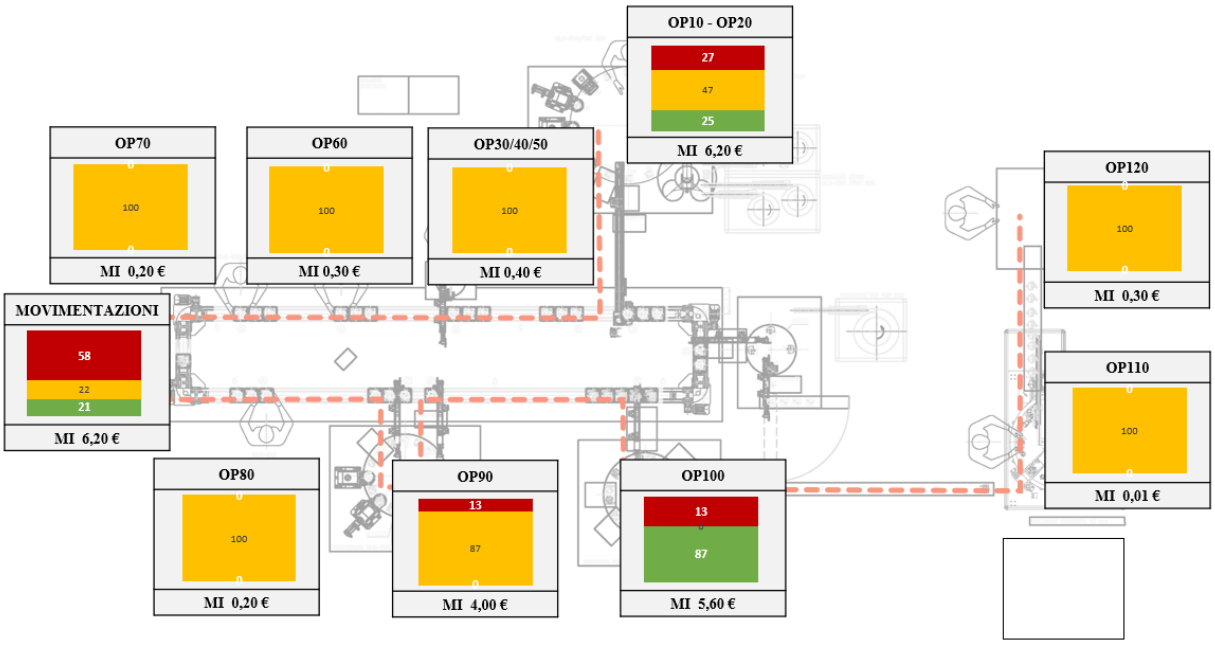


Fig. 23. EVSM settimana lavorativa: sabato.

Nelle Figure 24-26, sono espressi i valori di TMI per ogni singola lavorazione del processo produttivo di ciascun prodotto. Si può notare facilmente che le operazioni di rullatura e di movimentazione su piastra rotante siano quelle a maggior dispendio energetico per tutti e tre i prodotti.

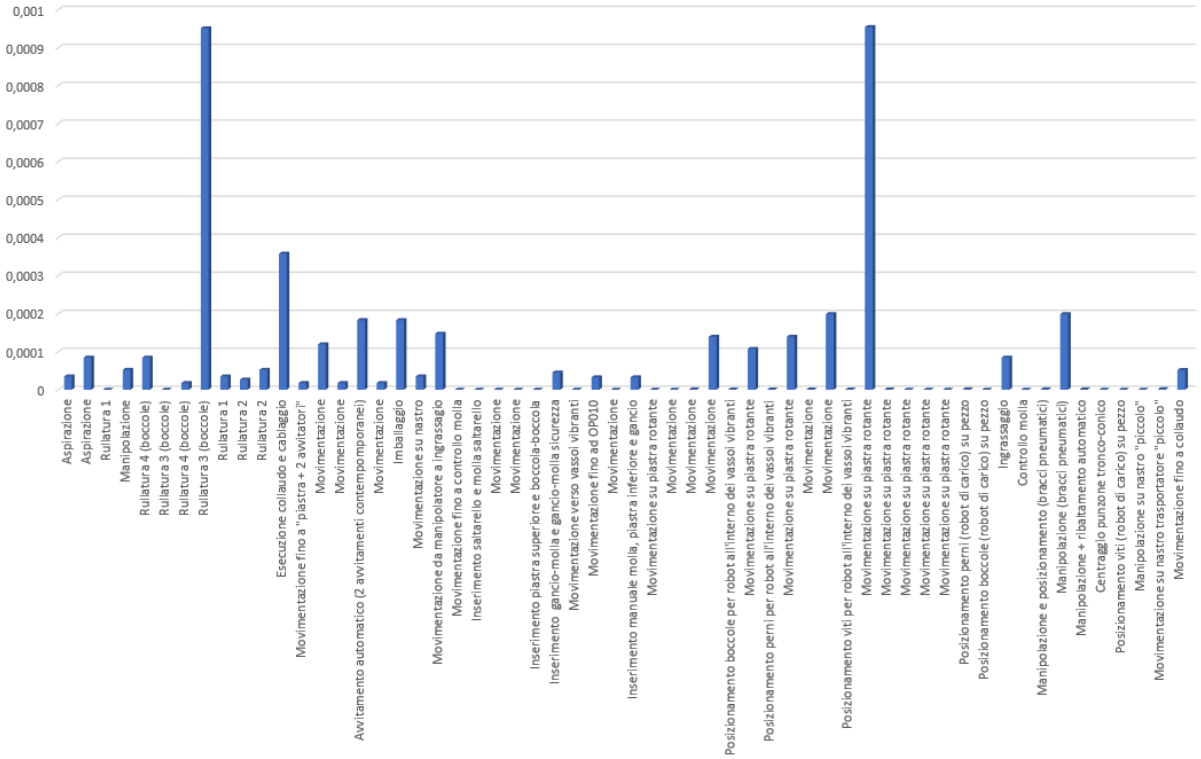


Fig. 24. TMI prodotto F1.

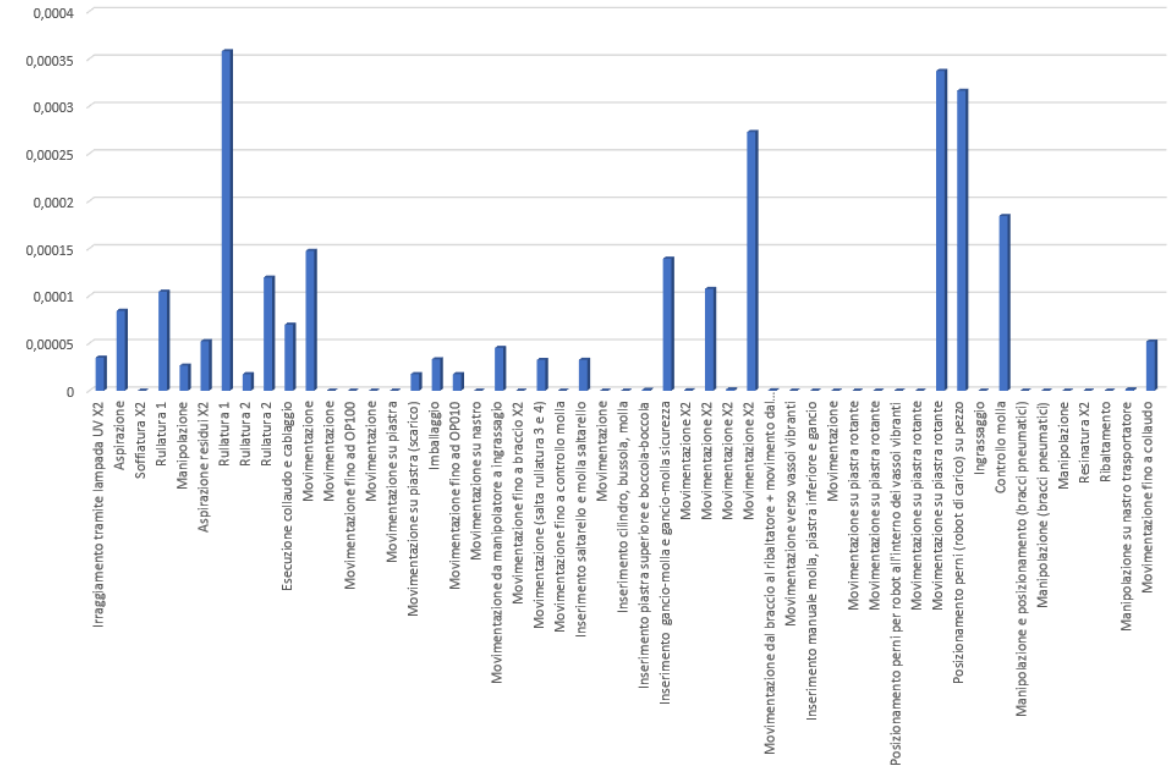


Fig. 25. TMI prodotto VW.

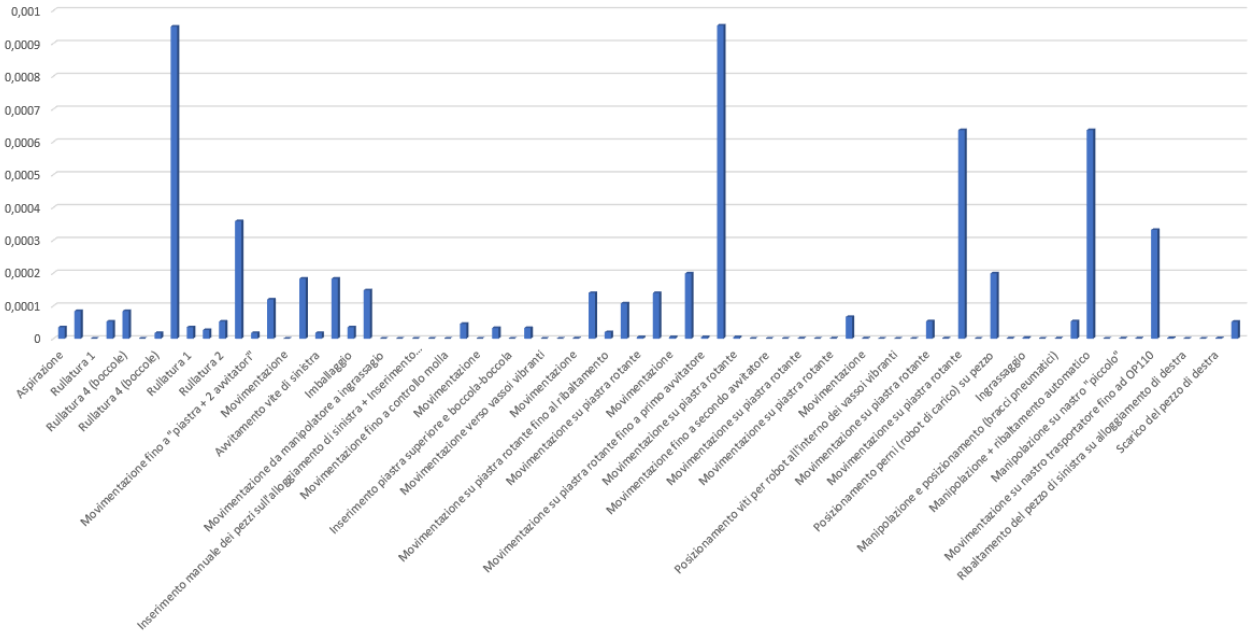


Fig. 26. TMI prodotto F2

CONCLUSIONI

Oggigiorno le aziende necessitano strumenti quanto più rapidi ed efficienti per conoscere la quantità e la qualità di energia impiegata nei propri processi produttivi. Pertanto, lo studio di tale lavoro è finalizzato al raggiungimento di un'analisi energetica per definire in questo modo il reale consumo della linea considerata all'interno dell'azienda. Nello studio svolto si è analizzato l'andamento energetico per prodotto per poi focalizzarsi sulle inefficienze energetiche del ciclo produttivo durante la settimana lavorativa. Grazie al metodo dell'EVSM ed il calcolo del TMI è stato possibile analizzare ed evidenziare notevoli criticità presenti nel caso studio. In particolare, le operazioni di rullatura e di manipolazione risultano essere le più energivore. Di conseguenza, nella fase di non utilizzo della macchina, si consiglia di sospendere tali operazioni nelle postazioni precedentemente individuate. Il consumo energetico dovuto all' operazione di rullatura può essere drasticamente ridotto, andando a sostituire il funzionamento continuo evitando in questo modo il consumo di energia quando non necessario passando ad un funzionamento intermittente. L' operazione di manipolazione, invece, potrebbe essere sostituita da un nastro trasportatore circolare entrante ed uscente dalla stazione di lavoro.

Nel caso in cui le proposte suggerite non siano soddisfacenti per l'azienda, si consiglia di attuare un funzionamento intermittente dei macchinari, riducendo in tal modo l'elevato consumo di energia e di costi. È necessario automatizzare il più possibile tali operazioni secondo l'ottica della Lean Manufacturing per un migliore dispendio di energia a valore aggiunto ed eliminando il consumo di energia sprecata.

Nonostante l'elevato potenziale della Lean Manufacturing, essa è ancora poco diffusa nelle aziende italiane. Come dimostra questo studio di tesi, gli strumenti Lean, se utilizzati correttamente presentano un elevato potenziale. Negli ultimi dieci anni le aziende manifatturiere italiane stanno cercando di migliorare i loro processi, sistemi e tecnologia con il fine di essere dinamiche, flessibili e capaci di soddisfare i cambiamenti in atto nel mercato. Le crescenti esigenze sotto il profilo dell'energia e dell'impatto sull'ambiente impongono alle aziende di rivedere la propria organizzazione su questi aspetti. Grazie al modo di agire del Lean Thinking e all'utilizzo dell'EVSM come strumento Lean è possibile andare a migliorare l'efficienza dei processi produttivi aziendali come dimostrato in questo studio.

BIBLIOGRAFIA

[1] Melton, Trish. The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. Chemical engineering research and design 83.6 (2005): 662-673.

[2] Hines, Peter, and Nick Rich. The seven value stream mapping tools. International journal of operations & production management 17.1 (1997): 46-64.

[3] Graziadei, Giovanni. Lean Manifacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi. HOEPLI EDITORE, 2006.

[4] UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione LE NORME DELLA SERIE ISO 14000 PER LA GESTIONE AMBIENTALE E LA NUOVA UNI EN ISO 14001:2004.

[5] ISO 50001:2011 Energy Management System, International Organization for Standardization, Geneva.

[6] D.L. 102/2014: Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

[7] Rother, Mike, and John Shook. Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute, 2003.

[8] Serrano Lasa, Ibon, Carlos Ochoa Laburu, and Rodolfo de Castro Vila. "An evaluation of the value stream mapping tool." Business process management journal 14.1 (2008): 39-52.

[9] Chiarini, Andrea. Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics e Toyota Production System e Lean Agile Scrum: Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics e Toyota Production System e Lean Agile Scrum. FrancoAngeli, 2016.

https://www.cebi.com/en

https://leanmanufacturing10.com/it/5s

https://www.considi.it/lean-thinking/