

POLITECNICO DI TORINO

**IV Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**Il Manufacturing Execution System.
L'inserimento in azienda per la tracciabilità dei semilavorati**



Relatore
Prof. Maurizio Galetto

Candidato
Francesca Laganà

Aprile 2019

INDICE

• ELENCO ACRONIMI.....	4
• INTRODUZIONE.....	5
• MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM.....	8
1. IL SISTEMA MES.....	8
2. I SISTEMI DI GESTIONE DELLA PRODUZIONE: LIMITI, OBIETTIVI E COMUNICAZIONE.....	9
3. LO STANDARD INTERNAZIONALE ANSI/ISA-95.....	13
4. PARTE 1: MODELLI E TERMINOLOGIA.....	15
4.1. MODELLI GERARCHICI.....	16
4.2. MODELLI A FLUSSO DI DATI (DATA FLOW DIAGRAM).....	19
4.3. LE FUNZIONI AZIENDALI COINVOLTE.....	21
5. PARTE 3: MODELLI DI ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLE OPERAZIONI PRODUTTIVE.....	29
5.1. LE ATTIVITÀ DI PRODUZIONE: GESTIONE E MODELLI.....	29
5.2. LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLA QUALITÀ.....	35
5.3. LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE.....	36
5.4. LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELL'INVENTARIO.....	37
6. VANTAGGI E SVANTAGGI DI UN SISTEMA MES.....	38
• GESTIONE DELLA PRODUZIONE IN ROTOTECH PRIMA DEL MES.....	40
7. IL PROCESSO PRODUTTIVO: LO STAMPAGGIO ROTAZIONALE.....	40
8. LA CREAZIONE DEI PIANI DI PRODUZIONE.....	48
9. LA PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE.....	53
10. LA RACCOLTA DEI DATI DI PRODUZIONE.....	60
11. DIFFICOLTÀ E PROBLEMATICHE RISCOSE.....	67

•	AZIONI PROPEDEUTICHE NECESSARIE PER L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES IN AZIENDA.....	71
	12. REGISTRAZIONE E VALUTAZIONE DEI DATI DI EFFICIENZA.....	71
	12.1. EFFICIENZA MACCHINE.....	72
	12.2. EFFICIENZA FINITURA.....	76
	13. CONTROLLO E REVISIONE DEI CICLI DI LAVORAZIONE.....	82
	14. IL PROGETTO "REALIZZAZIONE DEL SISTEMA MES BusSolA".....	84
	14.1. IL FLUSSO DEI DATI DI PRODUZIONE E LA COMUNICAZIONE TRA I SISTEMI.....	86
	14.2. LA DEFINIZIONE DEI KPI.....	94
•	L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES IN ROTOTECH.....	98
	15. GLI STRUMENTI E LE MACCHINE COINVOLTE.....	98
	16. LE CARATTERISTICHE DELLE MACCHINE E I VANTAGGI ATTESI.....	101
	17. LA GESTIONE DEGLI ORDINI E DELLA PRODUZIONE DOPO L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES.....	108
	17.1. LA COMUNICAZIONE DEL SISTEMA MES BusSolA CON AX E LE MACCHINE COINVOLTE.....	108
	17.2. IL PROCESSO PRODUTTIVO DOPO L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES.....	110
	18. VANTAGGI E SVANTAGGI DEL SISTEMA BusSolA.....	122
•	CONCLUSIONI.....	126
•	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	128

ELENCO ACRONIMI

- **MES:** Manufacturing Execution System
- **MESA:** Manufacturing Execution System Association
- **ANSI:** American National Standard Institute
- **ISA:** International Society of Automation
- **MRP:** Management Requirements Planning
- **ERP:** Enterprise Resource Planning
- **OdP (PF):** Ordini di Produzione per prodotti finiti
- **OdP (RF):** Ordini di Produzione per prodotti prefiniti a robot
- **OdP (ST):** Ordini di Produzione per prodotti stampati
- **PDP:** Piani di produzione
- **DBA:** Distinta Base Automatica
- **MDO:** Manodopera Diretta
- **KPI:** Key Performance Indicators

INTRODUZIONE

Il presente elaborato analizza le proprietà e gli standard caratteristici del Manufacturing Execution System, una tipologia di software industriali che ha l'obiettivo di monitorare e gestire i processi produttivi aziendali. In particolare, sono stati descritti ed esaminati i passaggi che hanno portato all'inserimento del sistema MES all'interno dello stabilimento Rototech di San Gillio con lo scopo di ottenere una tracciabilità dei semilavorati ed una raccolta automatizzata dei dati di produzione.

L'obiettivo di questa tesi di laurea è quella di fornire un'analisi accurata sulle attività svolte per facilitare l'inserimento del Manufacturing Execution System in azienda e sui miglioramenti che il software MES ha apportato sulla gestione della produzione, valutando i vantaggi, ma anche gli svantaggi, dell'impostazione data al nuovo sistema installato in Rototech.

La Rototech s.r.l. nasce nel 1985, il suo fondatore volle diversificare il mercato dell'azienda puntando non alla lavorazione del metallo ma a quella della plastica. Dopo un lungo lavoro di ricerca identificò nello stampaggio rotazionale, tecnologia produttiva molto consolidata a quel tempo negli Stati Uniti ma poco in Italia, un campo di espansione nel quale investire risorse per la ricerca e lo sviluppo industriale.

L'azienda produce ora particolari in plastica, principalmente per il settore automotive, in particolare per il mercato del veicolo industriale, con la tecnologia dello stampaggio rotazionale. È fornitrice di primo montaggio di tubi di aspirazione, snorkel, serbatoi carburante, serbatoi urea e parti di carrozzeria.

La sede legale e operativa è situata a San Gillio, ma Rototech dispone attualmente di sedi produttive anche in Francia (Rotofrance), Russia (Rototech-Kama), Cina (Rototech-Yili) e India (RototechBapl).

Il mercato di sbocco di Rototech è quello dei grandi produttori europei di veicoli industriali e di macchine movimento terra. L'azienda, inoltre, esporta

oltre il 90% del fatturato all'estero, in particolare nei Paesi Bassi, in Francia, Germania, Svezia e Belgio. Tra i suoi clienti si possono trovare, quindi, i più importanti produttori europei ed extra-europei di veicoli industriali: DAF, Scania, Volvo, Daimler e Deutz.

La continua espansione dell'azienda, negli ultimi anni, ha permesso di ampliare lo stabilimento di San Gillio, acquistando macchine di stampaggio automatiche, da aggiungere a quelle tradizionali, e robot di finitura per incrementare la produzione dei banchi e delle linee tradizionali.

Si è reso, dunque, necessario automatizzare il sistema di gestione della produzione tramite l'inserimento del Manufacturing Execution System (MES), ovvero un sistema informativo costruito su misura per Rototech in grado di comunicare direttamente con il sistema di gestione aziendale e con le macchine di produzione coinvolte. La necessità di Rototech era quella di monitorare in tempo reale la produzione e calcolare automaticamente l'efficienza per macchina e per operatore, precedentemente calcolata a mano in base ai dati forniti dalle schede di denuncia di produzione e autocontrollo cartacee compilate dall'operatore assegnato alla postazione di lavoro. L'obiettivo principale, però, era quello di avere una tracciabilità interna dei semilavorati in modo da creare piani e programmi di produzione corretti e di risalire più velocemente alle cause di scarto dei prodotti stampati. Rototech s.r.l., per questo motivo, ha dato avvio al progetto MES "BusSOLA" in collaborazione con un'azienda informatica per la creazione di un sistema che si potesse adattare alla tecnologia dello stampaggio rotazionale e alle modalità di produzione di Rototech. Oltre alla creazione del programma da installare è stata fondamentale la parte organizzativa del progetto: l'analisi del processo produttivo e il flusso dei dati da trasmettere e ricevere, la gestione della comunicazione tra i sistemi e le macchine (caratteristiche delle macchine coinvolte e il contatto con i fornitori), l'organizzazione delle postazioni di lavoro e lo studio dei movimenti dell'operatore.

La tesi è articolata in quattro capitoli:

- Nel primo viene fornita una descrizione teorica del Manufacturing Execution System, vengono analizzate le caratteristiche e gli obiettivi principali e lo standard che le modalità di gestione e il linguaggio di un sistema MES devono rispettare;
- Nel secondo viene analizzato il sistema di gestione della produzione utilizzato precedentemente in Rototech (programmazione della produzione, modalità di raccolta ed elaborazione dei dati) e le difficoltà riscontrate;
- Il terzo capitolo, invece, descrive le attività propedeutiche necessarie per inserire con successo il nuovo sistema di gestione all'interno dello stabilimento (analisi dei dati, controllo e revisione dei cicli di lavoro, analisi del flusso di dati e della comunicazione tra i sistemi e le macchine) e la definizione degli obiettivi da raggiungere;
- Nel quarto capitolo, infine, si procede ad analizzare l'installazione del software MES BusSolA e a descrivere il nuovo processo di produzione adottato, valutando vantaggi e svantaggi del nuovo sistema di gestione della produzione.

La raccolta dati e le attività di analisi sono state svolte direttamente sul campo, lavorando a stretto contatto con il personale, le macchine e gli strumenti fondamentali per le fasi del processo produttivo. Grazie a questo lavoro è stato possibile osservare in modo più approfondito alcuni importanti fattori riguardanti la gestione della produzione, la raccolta dei dati e lo scambio delle informazioni tra i livelli aziendali, andando ad identificare le principali criticità e i vantaggi apportati dall'installazione del nuovo sistema.

MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

1. IL SISTEMA MES

Negli ultimi vent'anni è diventata sempre più importante la rilevazione delle informazioni legate al ciclo produttivo, da queste, infatti, è possibile derivare l'efficienza del sistema di produzione, i suoi punti critici e i costi che ne derivano. Un'efficace raccolta di dati e una corretta gestione delle informazioni comporta un'ottimizzazione delle risorse e dei materiali e una riduzione dei costi di produzione. Per questo motivo sono stati sviluppati sistemi informatici specializzati nella gestione dei processi produttivi come il Manufacturing Execution System.

L'acronimo MES (Manufacturing Execution System) contraddistingue una tipologia di software industriali che hanno il compito di gestire e controllare i processi produttivi aziendali, partendo dal rilascio degli ordini, seguendo tutte le attività di produzione fino al completamento del prodotto finito e il suo inserimento a magazzino.

Questa categoria di Sistemi Informativi ha come obiettivo il monitoraggio e il miglioramento delle performance di breve periodo che, a loro volta, hanno un impatto significativo sulle strategie aziendali e sulle performance a lungo termine elaborate dalla classe dirigente e amministrativa dell'impresa.

La chiave per portare a termine questo obiettivo e per gestire tutti i processi d'impresa è l'analisi accurata delle informazioni che devono, quindi, essere corrette e credibili.

Dalla rilevazione dei dati riferiti al ciclo produttivo, si può dedurre l'efficienza (macchine e operatori) del processo di produzione e di conseguenza si è in grado di individuare in modo più specifico problematiche legate alla gestione del ciclo (tempi, logistica, movimentazioni, carico macchine, addestramento operatori, mancanza di manodopera) e all'ammontare dei costi.

Il Manufacturing Execution System, oltre ad avere l'importante compito di reperire informazioni utili e corrette, può essere anche considerato un sistema

di supporto e controllo della produzione perché si occupa di monitorare e comunicare i dati che caratterizzano sia le attività produttive sia quelle di supporto come manutenzione, inventario e qualità prodotti. Grazie a questo strumento, dunque, è possibile ricostruire in tempo reale l'intero processo produttivo, andando a individuare quali fasi e quali procedimenti sono stati fatti in un determinato arco di tempo preso in considerazione. Sarà, così, più semplice e veloce andare a individuare eventuali criticità e proporre tempestivamente possibili soluzioni e interventi da attuare sulle aree interessate per migliorare le performance specifiche di produzione, le quali potrebbero avere un forte impatto su quelle globali d'impresa.

2.1 SISTEMI DI GESTIONE DELLA PRODUZIONE: LIMITI, OBIETTIVI E COMUNICAZIONE

I primi sistemi di gestione della produzione sono stati gli MRP (Management Requirements Planning) utili all'impresa per prendere in carico gli ordini e pianificare le materie prime e gli strumenti da usare. L'avanzamento della produzione, invece, è inserito volta per volta manualmente nel sistema, causando ritardi e incongruenze anche rilevanti ai fini della comunicazione con il sistema ERP¹. Ne consegue, dunque, una divulgazione delle informazioni che può essere imprecisa o inesatta in tutte le aree aziendali.

Il limite, infatti, più considerevole del MRP è quello di non essere in grado di creare piani di produzione attendibili e che riescano ad integrarsi facilmente alle dinamiche del processo. Tra le cause principali di questo limite ci sono:

- I ritardi nella comunicazione e nello scambio d'informazioni, poiché manca la possibilità di trasmetterle in tempo reale fra le aree di lavoro;
- Il presupposto che le risorse siano infinite e che per un determinato tipo di prodotto il tempo di produzione sia sempre lo stesso.

¹Enterprise Resource Planning: è un sistema che si occupa di mettere in collegamento tutti i processi di business di un'azienda (magazzino, vendite, acquisti).

Quest'ultima causa è particolarmente rilevante per un processo produttivo come quello che si svolge in Rototech, caratterizzato da piccoli lotti, numerose versioni di uno stesso prodotto e una lavorazione in gran parte manuale e influenzata da molte variabili umane che non possono essere standardizzate. Il MES svolge un importante ruolo di collegamento tra il livello decisionale dell'impresa, gestito dai sistemi ERP, e il livello operativo, costituito dalle attività di produzione, riuscendo a superare i limiti di un sistema MRP.

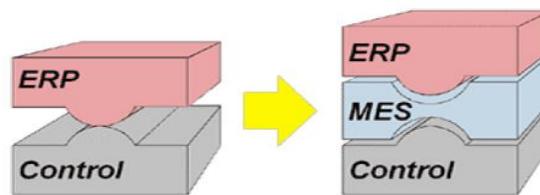


Figura 1: Viene illustrato l'importante ruolo di collegamento del sistema MES tra il livello decisionale, gestito dai sistemi ERP e il livello operativo, composto dalle attività produttive. [1]

Gli obiettivi fondamentali che un sistema MES deve raggiungere sono:

- L'integrazione con il livello di business tramite lo scambio d'informazioni in tempo reale che riduce l'inesattezza e l'imprecisione dei dati trasmessi da un'area all'altra dell'azienda. Le modalità di scambio e la qualità delle informazioni incidono fortemente sull'efficienza generale dell'impresa;
- L'elaborazione di piani di produzione (PDP) attendibili e applicabili alla realtà dell'impresa tramite l'analisi della capacità e la presenza delle risorse (personale, materie prime, strumenti per la lavorazione) e tramite soprattutto il controllo delle attività di stabilimento, avendo chiari i cicli di produzione e i tempi di lavorazione per aggiornarli in caso di miglioramenti o modifiche nei processi. Questo continuo monitoraggio rende l'intero sistema produttivo più flessibile e reattivo ai cambiamenti;

- Il miglioramento delle performance a breve termine (controllo qualità, aumento dell'efficienza macchina e/o operatori, riduzione dei tempi ciclo) tramite l'elaborazione dei KPI² stabiliti dall'azienda.

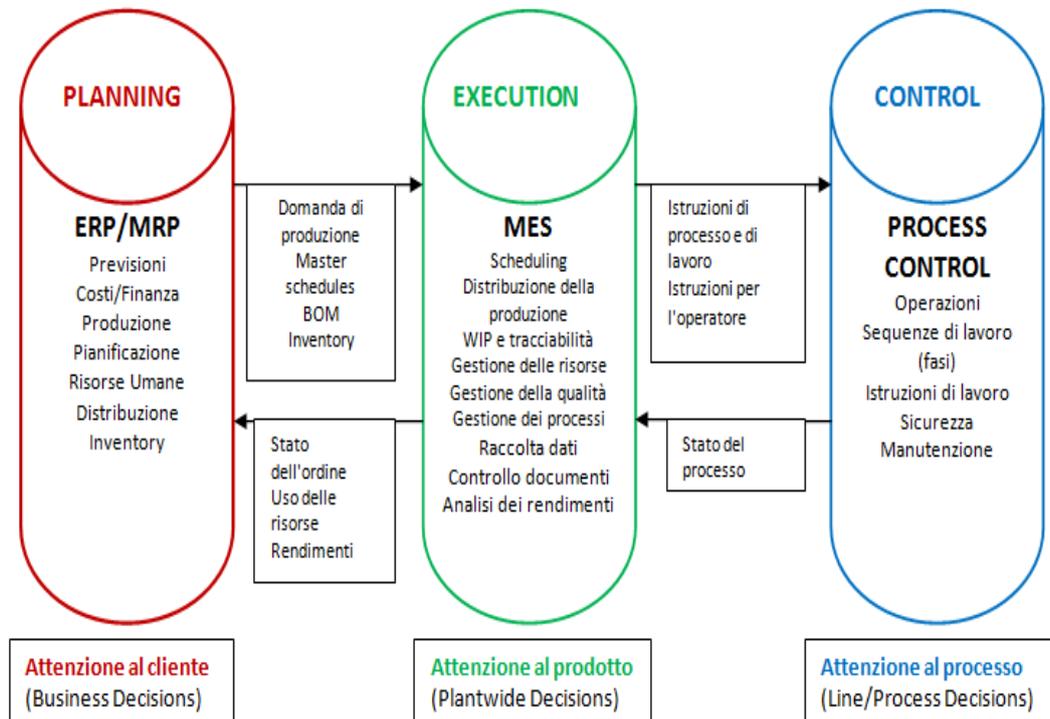


Figura 2: Sono riportati in questo schema le attività che devono svolgere i sistemi di gestione che coesistono all'interno di un'impresa e le informazioni che devono scambiarsi per poter avere risultati efficienti. [9]

Si possono, inoltre, distinguere per un software MES dieci pilastri, che sono indicati dal modello internazionale MESA³ e che corrispondono ai processi che il sistema deve saper gestire [11]:

- 1) La pianificazione delle risorse di produzione.
- 2) La distribuzione della manodopera.

²Indicatori chiave di performance: permettono di misurare le prestazioni di un'attività o di un processo e sono strettamente legati agli obiettivi prefissati dall'impresa.

³Manufacturing Execution System Association, un'associazione di commercio che rappresenta gli sviluppatori e i venditori di sistemi MES e dei prodotti e servizi legati ad essi. Il MESA elabora e fornisce modelli che possano far convergere sotto un unico obiettivo le diverse figure presenti all'interno di un'azienda, in modo da migliorare la comprensione reciproca e le performance collettive.

- 3) La gestione degli ordini e dei piani di produzione (PDP).
- 4) La raccolta manuale dei dati presi sul campo dagli operatori che dovranno essere analizzati e confrontati con i risultati e le performance obiettivo.
- 5) Il controllo dei dati e il collegamento con la tecnologia, tenendo in considerazione i parametri caratteristici delle macchine, ma anche le variabili riconducibili alla componente umana.
- 6) Il monitoraggio sugli avanzamenti di produzione: quantità, tempo, stato dell'ordine e rispetto delle scadenze.
- 7) Il controllo sulla qualità dei prodotti, sui versamenti a magazzino e sulle quantità a stock dei prodotti.
- 8) La tracciabilità dei prodotti finiti ma anche dei semilavorati (WIP) che permette, in caso di difetti e non conformità, di risalire più facilmente alla causa origine del problema e intervenire prontamente solo sulla parte interessata.
- 9) L'analisi dei tempi di inattività, andando a distinguere le attività produttive (cambio macchina, creazione di prove e prototipi, training) da quelle improduttive a non valore aggiunto (riparazioni, attrezzaggio macchina, selezione dei componenti, fermi guasto, pulizia del posto di lavoro, recupero materiale, movimentazione e trasporti, attesa componenti e polveri).
- 10) L'analisi delle performance produttive, confrontando i dati della produzione effettiva con quelli previsti nel piano di produzione.

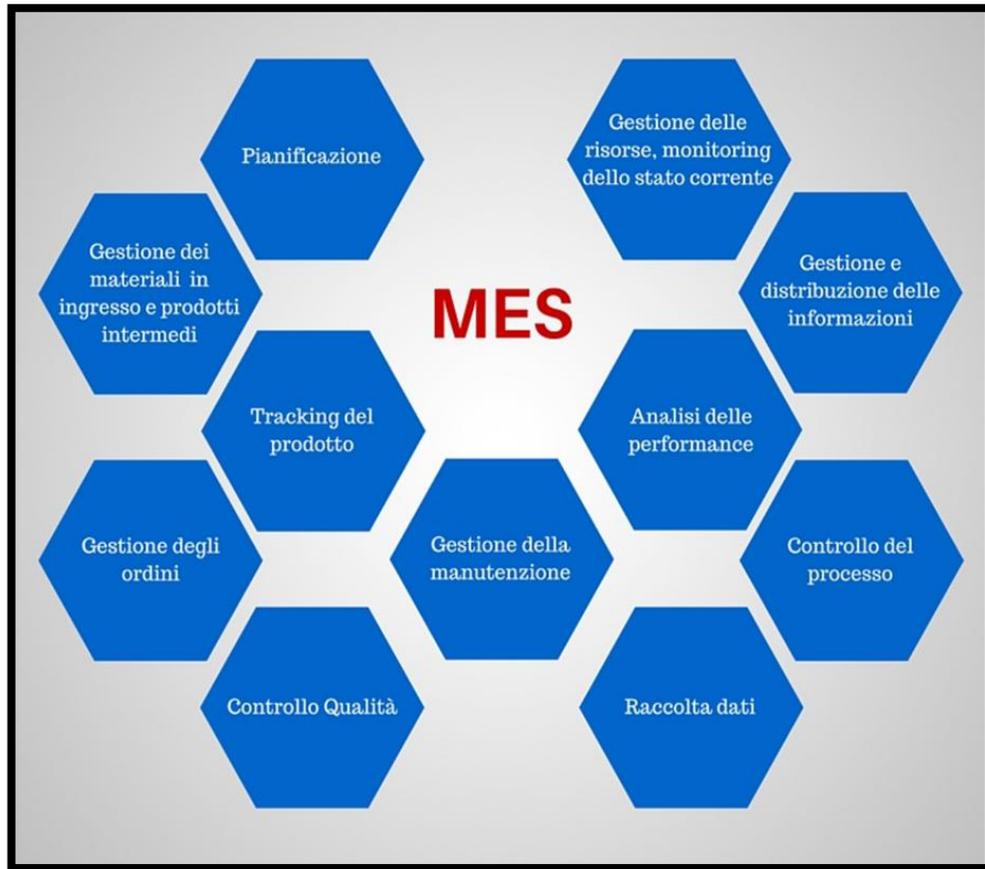


Figura 3: Questa immagine riassume i pilastri del MES descritti precedentemente e che corrispondono ai processi che il sistema deve saper gestire. [9]

3.LO STANDARD INTERNAZIONALE ANSI/ISA – 95

Le modalità di gestione dei processi e il linguaggio utilizzato nei sistemi MES devono rispettare lo Standard Internazionale ANSI/ISA – 95, nato nel 1995 dalla collaborazione tra l’International Society of Automation (ISA)⁴ e l’American National Standards Institute (ANSI)⁵ per fornire modelli e terminologie utili a facilitare la comunicazione tra i sistemi di gestione aziendali e sistemi operativi e a favorire l’integrazione tra ERP e MES.

⁴Società tecnica senza scopo di lucro per coloro che sono interessati alle attività inerenti all’automazione industriale. Si occupa di definire standard, di formare professionisti all’interno del settore e fare studi di ricerca e sviluppo per nuove tecnologie.

⁵Organizzazione privata senza scopo di lucro che si occupa di definire le norme da rispettare nelle industrie americane, il suo obiettivo è quello di promuovere la conformità e l’adesione a standard comuni per accrescere la qualità e la competitività tra le imprese americane.

Si tratta di uno standard molto importante perché può essere applicato a tutte le tipologie di industria e a diversi tipi di processi di produzione (continui o discreti) ed è utile per la comunicazione tra fornitori e produttori, ma anche tra la parte produttiva e quella gestionale dell'impresa. L'ANSI/ISA – 95 è composto di sei parti [14]:

➤ **Parte 1: Modelli e terminologia.**

Questa sezione è composta da terminologia standard e modelli di oggetti utilizzati per il flusso d'informazioni. In questo modo è più facile identificare le varie funzioni aziendali con le attività e le responsabilità ad esse assegnate, ma anche stabilire quali informazioni è necessario che vengano comunicate.

➤ **Parte 2: Attributi dei modelli.**

In questa sezione sono descritti i modelli e le tabelle definiti nella Parte 1 dello standard, sono specificate quali informazioni devono essere inviate dal sistema ERP al MES e viceversa. Gli attributi sono utilizzati per lo scambio d'informazioni tra sistemi e costituiscono il punto di partenza per la creazione di relazioni tra le parti coinvolte nel processo produttivo.

➤ **Parte 3: Modelli di attività di gestione delle operazioni di produzione.**

Questa sezione definisce i modelli di attività di gestione delle operazioni di produzione, che favoriscono l'integrazione tra il sistema aziendale e quello di controllo. Descrive le funzioni e le attività implementate dal MES (produzione, qualità, inventario, magazzino, laboratorio e manutenzione) e le rende confrontabili con quelle di altre imprese.

➤ **Parte 4: Scambio d'informazioni.**

Questa parte descrive il flusso d'informazioni tra le attività di gestione della produzione definite nella Parte 3 dello standard.

➤ **Parte 5: Transazioni da business a produzione.**

Descrive gli scambi d'informazioni tra i sistemi aziendali e quelli di produzione. Questo flusso d'informazioni è fondamentale per la raccolta, il

trasferimento e il recupero di dati che possano consentire una migliore integrazione e comunicazione tra i sistemi di gestione dell'impresa.

➤ **Parte 6: Modello per un servizio di messaggistica.**

Descrive un modello per servizi di messaggistica che consente lo scambio d'informazioni tra le applicazioni che eseguono attività commerciali e produttive (Parte 3).

Le ultime tre parti appartenenti all'ANSI/ISA - 95 sono ancora in fase di sviluppo. Tra le tre sezioni completate verranno analizzate maggiormente la Parte 1 (modelli e terminologia) per definire i modelli e le funzioni aziendali descritti nello standard e la Parte 3 (Modelli di attività di gestione delle operazioni di produzione) che analizzano le attività di produzione che devono essere affrontate in un'azienda.

4.PARTE 1: MODELLI E TERMINOLOGIA

In questa sezione vengono definiti i modelli e la terminologia usata all'interno dello standard. L'obiettivo è di aumentare l'uniformità e la coerenza nella comunicazione, riducendo le possibilità di errore dovute ad incomprensioni e ad interpretazioni dei termini utilizzati.

In questa parte viene evidenziato il limite tra i sistemi di business e i sistemi produttivi, specificando, in particolare le funzioni e le caratteristiche di questi ultimi.

Sono trattati, in particolare:

Modelli gerarchici che caratterizzano, solitamente, l'organizzazione di un'impresa manifatturiera di piccole/medie dimensioni.

Modelli a flusso di dati funzionali che descrivono le funzioni e il flusso di dati scambiati tra i sistemi di controllo e gli altri sistemi presenti all'interno dell'impresa.

Funzioni aziendali sono le attività che l'impresa svolge per creare valore e per ottenere un prodotto che riesca a soddisfare le richieste del cliente.

4.1. MODELLI GERARCHICI

Una struttura organizzativa gerarchica permette di definire chiaramente le funzioni aziendali, identificando con precisione le responsabilità e le posizioni all'interno dell'impresa. È possibile evidenziare quelli che sono i collegamenti tra le attività produttive e gli altri sistemi presenti in azienda tramite due modelli di gerarchia (Gerarchia funzionale, Gerarchia dell'equipaggiamento).

Gerarchia funzionale

La gerarchia funzionale ha l'obiettivo di evidenziare le macro-funzioni aziendali. In questa struttura organizzativa il vertice dell'impresa gode del supporto di uno staff di specialisti, i quali hanno il compito gestire e controllare i processi comuni tra più divisioni aziendali e coordinare le attività che ne fanno parte, contribuendo ad elaborare la strategia comune da adottare. Ogni divisione, inoltre, dovrà occuparsi nello specifico della propria area d'affari. All'interno dello standard ANSI/ISA – 95 è definita l'interfaccia tra le funzioni di controllo e le altre funzioni aziendali, facendo riferimento a cinque modelli gerarchici:

- Livello 4: Business Planning e Logistica. Stabilisce la programmazione dell'impianto (produzione, utilizzo e consumo del materiale, consegna e spedizione).
- Livello 3: Manufacturing Operations Management. Viene definito il flusso di lavoro e il controllo delle attività finalizzate alla produzione (ottimizzazione del processo di produzione, gestione delle operazioni, tracciabilità).
- Livello 2: definisce il monitoraggio e il controllo delle attività fisiche coinvolte nel processo di produzione.
- Livello 1: stabilisce le attività fisiche coinvolte nel processo di produzione (rilevamento dati e manipolazione del materiale).

- Livello 0: costituito dal processo fisico di produzione.

L'ANSI/ISA – 95 si concentra sullo scambio d'informazioni tra i livelli 3 e 4, descrivendo, dunque, l'interfaccia tra le funzioni di controllo e le funzioni di business aziendali.

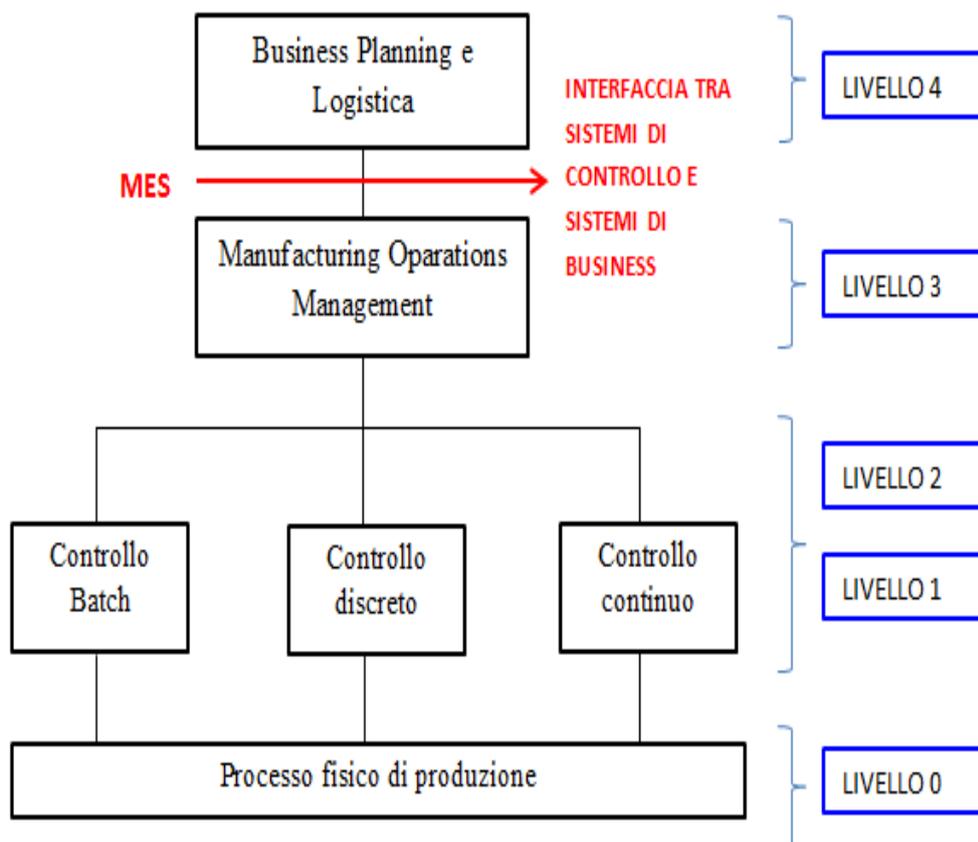


Figura 4: Livelli della gerarchia funzionale e le attività coinvolte per ogni livello. L'interfaccia d'interesse per lo standard ANSI/ISA-95 è stata evidenziata in rosso. [19]

Questo schema mostra i livelli della gerarchia funzionale e le attività coinvolte per ogni livello. Viene evidenziata in rosso, inoltre, l'interfaccia d'interesse. Lo standard ANSI/ISA – 95, infatti, si occuperà di definire e descrivere processi manifatturieri, ovvero tutte le attività appartenenti ai livelli 3, 2, 1 e 0 e le informazioni scambiate con il livello 4.

Gerarchia di equipaggiamento

La gerarchia di equipaggiamento precisa per ogni livello funzionale l'area responsabile, mostra la gerarchia degli assets fisici utilizzati dall'impresa per le attività manifatturiere, diversamente dalla gerarchia funzionale che invece si occupava di definire i processi e le funzioni per ogni livello.

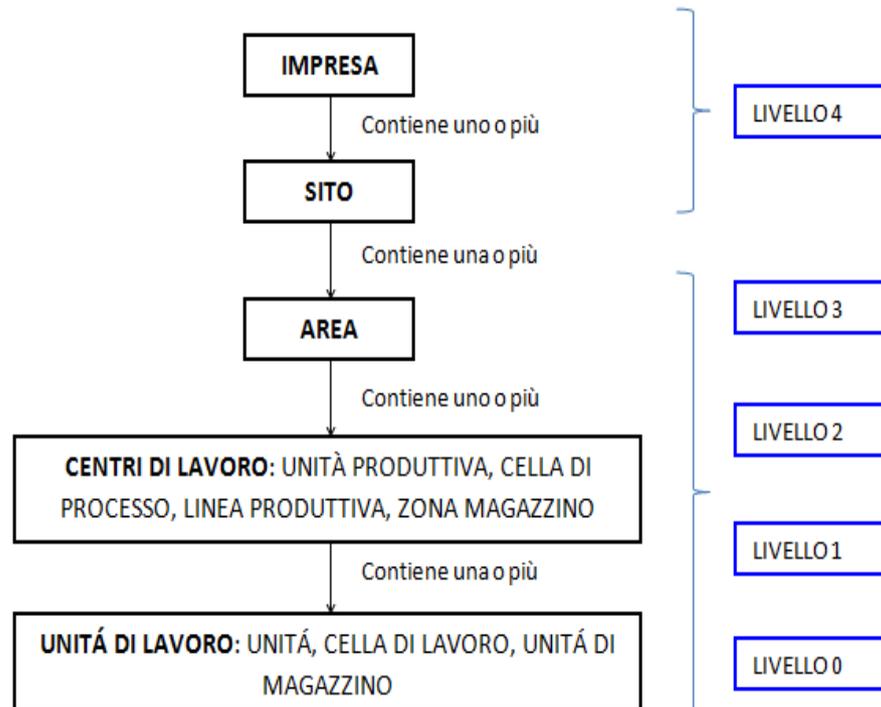


Figura 5: Questo schema mostra le aree di responsabilità del livello 4 e le aree di responsabilità del livello 3 e/o livelli inferiori. Si precisa che un'impresa può contenere uno o più siti, un sito a sua volta può contenere una o più aree e così via per i successivi livelli gerarchici. [18]

L'impresa è l'area responsabile della strategia aziendale e della programmazione della produzione: stabilisce quali prodotti lavorare, in quali siti e le modalità di lavorazione. Un'impresa può essere costituita da uno o più siti.

Un sito è una parte d'impresa caratterizzato da una specifica area geografica e da una capacità produttiva che permette la lavorazione dei prodotti stabiliti dall'impresa. Un sito può essere costituito da una o più aree.

Un'area, dipende dal sito in cui è collocata ed è costituita da uno o più **centri di lavoro**, che rappresentano le funzioni produttive aziendali:

- **Unità produttiva** caratteristica di modelli di produzione continui (grandi quantità di prodotti o produzione di unità simili tra loro).
- **Cella di processo** caratteristica di modelli di produzione a lotti (batch, lotti distinti ma con unità analoghe all'interno di ciascun lotto).
- **Linea produttiva** caratteristica di modelli produttivi discreti (linee o isole di lavorazione, poche quantità o unità altamente personalizzate).
- **Zona magazzino** permette la ricezione, la conservazione, la ricerca e la spedizione dei prodotti in base alla sua capacità e può essere costituito da più unità in base alla differenza dei prodotti che devono essere messi a stock. La capacità del magazzino è un dato molto importante, che deve essere tenuto in considerazione sia per la pianificazione delle attività di business e la logistica (Livello 4) sia per la gestione e il controllo delle attività produttive (Livello 3).

4.2. MODELLI A FLUSSO DI DATI (DATA FLOW DIAGRAM)

I Data Flow Diagram sono molto utilizzati per i sistemi informativi e per la descrizione del flusso di dati perché riescono a definire in modo intuitivo e schematico come vengono elaborate e scambiate le informazioni all'interno del sistema. È fondamentale, dunque, conoscere dove sono conservati i dati, la loro provenienza e affidabilità, a quale destinatario dovranno essere inviati e quali componenti del sistema li elaborano.

I componenti di questo modello sono:

- **Le funzioni** che si occupano dell'elaborazione delle informazioni e che trasformano i dati in ingresso in quelli in uscita.
- **Il flusso di dati** che rappresenta la gestione delle informazioni dal sistema e la loro direzione.
- **Gli archivi** nei quali sono conservati i dati e le informazioni necessarie da elaborare.

- **Gli agenti esterni al sistema** da cui possono provenire i dati o ai quali possono essere destinati.



Figura 6: Semplice esempio di un modello a flusso di dati in cui le informazioni provenienti da un utente esterno vengono inviate (Input) al Sistema che le elabora e le manda (Output) ad un altro utente.

Il MES, per esempio, è il sistema che è in grado di ricevere in input i dati della produzione, di elaborarli, e di mandarli al sistema di gestione aziendale. Il dialogo, in questo caso però, deve essere biunivoco: l'informazione, infatti, deve giungere non solo dalla produzione al sistema di gestione ma anche viceversa, in modo da permettere un dialogo tra i livelli e tra le diverse funzioni aziendali. Il MES, dunque, svolge l'importante ruolo d'intermediario nel dialogo tra il sistema gestionale dell'impresa e il processo produttivo e viceversa.

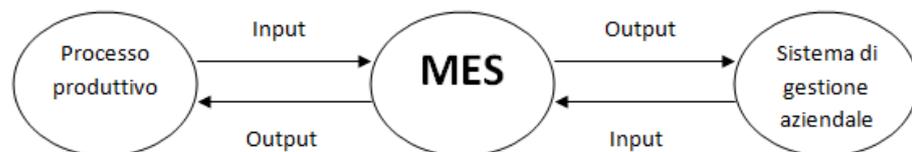


Figura 7: Questo schema mostra il ruolo di intermediario svolto dal MES nel dialogo tra il sistema gestionale dell'impresa e il processo produttivo e viceversa. Il MES dunque garantisce lo scambio di informazioni e di dati di produzione in tempo reale tra la parte gestionale e la parte produttiva dell'impresa.

4.3. LE FUNZIONI AZIENDALI COINVOLTE

Le funzioni aziendali descritte all'interno dello standard ANSI/ISA – 95 sono quelle riguardanti principalmente l'area produttiva dell'impresa e quelle attività fondamentali e di supporto alla produzione.

Lo standard definisce, dunque, le seguenti funzioni aziendali [18]:

- 1) Elaborazione dell'ordine
- 2) Pianificazione della produzione
- 3) Controllo della produzione
- 4) Gestione della manutenzione
- 5) Controllo qualità
- 6) Controllo sui materiali e sul consumo di energia
- 7) Approvvigionamento
- 8) Inventario di produzione
- 9) Contabilità e costi prodotto
- 10) Spedizione del prodotto e sua amministrazione
- 11) Marketing e vendite
- 12) Ricerca e sviluppo prodotto

1) Elaborazione dell'ordine

Comprende le attività di:

- Ricezione dell'ordine, accettazione e conferma;
- Previsione delle vendite, basandosi su dati storici o su dati di mercato;
- Calcolo indicativo dei margini di guadagno;
- Definizione degli ordini di produzione.

Gli ordini di produzione sono utili a gestire i materiali e la loro elaborazione per ottenere prodotti finiti servendosi delle diverse aree produttive aziendali.

Prima di dare l'avvio alla produzione, solitamente, viene eseguita una pianificazione delle forniture in modo da poter elaborare gli ordini di produzione, in base alle richieste del cliente, e gli ordini d'acquisto dei componenti necessari a comporre gli articoli finali.

Le informazioni che un ordine di produzione deve contenere sono:

- Prodotti pianificati per la produzione;
- Materiali e componenti necessari produrre gli articoli finali pianificati;
- Articoli già lavorati;
- Prodotti lavorati in precedenza;
- Materiali usati nelle lavorazioni dei prodotti precedenti.

Gli ordini di produzione sono un punto di riferimento per il controllo della produzione corrente e per la tracciabilità dei prodotti finiti, ma anche per l'elaborazione di piani di produzione futuri.

2) Pianificazione della produzione

Comprende le attività di:

- Ricezione rapida degli ordini di produzione e delle previsioni di vendita, valutando l'impatto di questi sul sistema produttivo aziendale;
- Pianificazione a lungo termine del fabbisogno di materie prime e componenti per la produzione, in accordo con i vincoli esterni (tempi di consegna, caratteristiche del fornitore, affidabilità);
- Schedulazione ottimale per la produzione degli articoli finali (nel caso Rototech ad esempio riguarderebbe il carico ottimale delle macchine di stampaggio, riuscendo a bilanciare il peso degli stampi, il fabbisogno dei pezzi e la saturazione uomo/macchina). La schedulazione deve tenere conto dei vincoli interni (capacità produttiva, colli di bottiglia, caratteristiche delle macchine di stampaggio, tempi);
- Determinazione dei prodotti finiti, pronti per essere venduti al cliente;
- Rispetto delle date di consegna pattuite con il cliente e possibili interventi di miglioramento sul servizio al cliente.

La comunicazione diretta tra la pianificazione della produzione e il controllo manifatturiero è fondamentale in quanto vengono scambiate le informazioni riguardanti la capacità produttiva, il piano di produzione e lo stato dell'ordine corrente.

3) Controllo della produzione

Comprende le attività di:

- Controllo delle modalità di produzione, in accordo con la programmazione, gli standard adottati e le richieste del cliente;
- Realizzazione del piano di produzione e suo aggiornamento in base allo stato di avanzamento della produzione e allo status dell'ordine;
- Richiesta delle materie prime e dei componenti utili per la realizzazione dei prodotti finiti;
- Valutazione della capacità produttiva e segnalazione dei suoi limiti;
- Analisi dello stato delle macchine e degli strumenti utilizzati per la produzione;
- Rispetto delle caratteristiche e dei limiti della qualità;
- Creazione di standard utili per la produzione ed elaborazione d'istruzioni che possano dare un metodo unico di lavoro all'operatore e che gli permettano di utilizzare gli strumenti giusti e compiere solo le operazioni necessarie, evitando le attività a non valore aggiunto.

Tra le attività che rientrano nel controllo della produzione si possono, inoltre, trovare:

- La pianificazione delle operazioni, che deve tenere conto della disponibilità di materie prime, delle macchine e del personale, ma anche della capacità produttiva e di immagazzinamento del sito di lavoro;
- La manutenzione e il supporto tecnico al processo, che comprende la richiesta degli interventi nel rispetto della produzione e delle scadenze;
- Il controllo delle operazioni che deve monitorare lo stato della produzione e i dati derivanti da questa, in modo da poter elaborare eventuali richieste di materiale, strumenti, manodopera e manutenzione, con l'obiettivo di ottimizzare la produzione all'interno di un sito o un'area di lavoro.

4) Gestione della manutenzione

Comprende le attività di:

- Manutenzione per le macchine e le attrezzature presenti nello stabilimento;
- Analisi degli interventi ed elaborazione di un programma di manutenzione preventiva, in modo da riuscire a mantenere in buono stato l'equipaggiamento utile alla produzione ed evitare il più possibile i fermi per guasto e gli imprevisti. Mantenere in buono stato le macchine vuol dire anche riuscire a migliorare la qualità dei prodotti e diminuire la percentuale di scarti.
- Reportistica riguardante gli interventi, i costi della manutenzione e lo stato delle macchine;
- Richiesta di componenti di ricambio e materiale per eseguire gli interventi, in modo da poter agire prontamente in caso di imprevisti.

5) Controllo qualità

Comprende le attività di:

- Definizione di standard di produzione e qualità che siano in linea con i materiali adoperati, con la tecnologia utilizzata dell'impresa e con le richieste del cliente;
- raccolta dei dati e verifica che i prodotti rispettino gli standard di processo stabiliti;
- Analisi delle performance confrontando i dati reali con quelli teorici ed elaborazione di statistiche utili per individuare le problematiche in modo preciso ed intervenire per migliorare la qualità prima della spedizione dei prodotti al cliente.

Una buona gestione della qualità permette di ottenere il massimo dei risultati (efficacia) con il minimo dei costi (efficienza). Non si limita esclusivamente al controllo ex-post del prodotto e al monitoraggio dei processi produttivi, ma raccoglie i dati e li elabora in modo da poter creare delle previsioni sull'andamento dei processi. Per la loro creazione è necessario tenere conto di

una serie di elementi che potrebbero variare il processo produttivo (macchine e strumenti utilizzati, ambiente di lavoro, materiali, personale e metodo di lavorazione). L'utilizzo di statistiche e previsioni aiuta ad organizzare preventivamente il lavoro senza aspettare il verificarsi dell'evento, puntando al miglioramento continuo delle performance.

6) Controllo sui materiali e sul consumo di energia

Comprende le attività di:

- Gestione dell'inventario dei materiali e componenti;
- Verifica della qualità e del trasferimento di energia e materiali;
- Richieste d'acquisto di energia e materie prime facendo riferimento a previsioni di breve e lungo termine;
- Ricezione e controllo qualità dei materiali e dell'energia inviata dai fornitori.

7) Approvvigionamento

Comprende le attività di:

- Elaborazione e invio degli ordini ai fornitori di materie prime, attrezzi e materiali;
- Monitoraggio dello stato degli ordini ed eventuali sollecitazioni;
- Rilascio delle fatture dei materiali in arrivo per eseguire il pagamento e controllo della merce consegnata;
- Raccolta e soddisfacimento delle richieste.

Le attività di approvvigionamento svolte con efficienza contribuiscono a ridurre i costi di produzione, inoltre, il rispetto dei requisiti di tempo, qualità, quantità e costo determinano effetti positivi sulle altre funzioni aziendali.

8) Inventario di produzione

Comprende le attività di:

- Gestione dell'inventario dei prodotti finiti;

- Elaborazione di un rapporto per supportare la pianificazione della produzione, considerando gli articoli a stock e producendo solo il necessario per soddisfare l'ordine cliente;
- Gestione delle riserve in base alla produzione e alla vendita del prodotto. Per i prodotti high runner (richieste di grandi quantità, importanza del cliente, alti margini di guadagno), infatti, viene stabilita una scorta minima a magazzino, in modo tale da poter riuscire sempre a soddisfare l'ordine del cliente. La scorta minima, in caso di riduzione, dovrà essere prontamente risanata;
- Organizzazione delle spedizioni prodotti in accordo con l'area amministrativa;
- Calcolo dei costi del magazzino, considerando sia le perdite che gli articoli prodotti come riserva/scorta di sicurezza.

9) Contabilità e costi prodotto

Comprende le attività di:

- Calcolo e analisi di tutti i costi di produzione e divulgazione dei report per eventuali modifiche e miglioramenti;
- Suddivisione dei costi dettagliata in base alle materie prime, manodopera, energia e loro distribuzione nelle aree produttive;
- Impostazione dei prossimi obiettivi di costo (prodotti finiti, materie prime, energia e manodopera);
- Confronto con i costi reali riscontrati e le performance obiettivo, in modo tale da avere anche un riscontro economico delle attività produttive.

10) Spedizione del prodotto e sua amministrazione

Comprende le attività di:

- Organizzazione del trasporto in accordo con il soddisfacimento delle richieste e degli ordini cliente;

- Accordo sui costi e sulle modalità di trasporto con il cliente e con le imprese competenti;
- Documentazione inerente al trasporto dei prodotti;
- Accettazione dei carichi e rilascio dei prodotti destinati alla spedizione ed emissione delle fatture;
- Invio a sistema della conferma di avvenuta spedizione e chiusura dell'ordine cliente;
- Elaborazione e analisi dei costi di spedizione in rapporto ai costi finali del prodotto.

11) Marketing e vendite

Comprende le attività di:

- Previsione delle vendite e analisi dei requisiti standard del prodotto che sono stati richiesti dal cliente;
- Analisi dei requisiti aggiuntivi che potrebbero maggiormente soddisfare le richieste del cliente;
- Previsioni sulle tendenze di mercato;
- Pianificazione delle vendite;
- Contatto diretto con i clienti.

Per un prodotto nuovo da lanciare sul mercato sono fondamentali delle analisi più approfondite riguardo l'andamento del mercato e i bisogni del cliente, mentre per un prodotto già esistente sarà necessario pianificare le vendite e seguirne gli sviluppi per reagire prontamente ad eventuali modifiche e variazioni di mercato.

12) Ricerca e sviluppo prodotto

Comprende le attività di:

- Ricerca e definizione dei requisiti del prodotto e del processo di lavorazione, in base alle analisi sui bisogni del cliente e l'andamento di mercato;

- Sviluppo di un nuovo prodotto con caratteristiche in linea con le richieste del cliente.

Svolgere con attenzione queste attività è fondamentale all'interno di un mercato competitivo, in quanto i prodotti hanno un ciclo di vita sempre più breve e alle aziende viene richiesta sempre più velocemente una versione nuova del prodotto o un prodotto nuovo che garantisca prestazioni migliori e costi ridotti. Per questo motivo le imprese hanno la necessità di investire maggiormente nell'evoluzione tecnologica, ottimizzando i costi di progettazione e migliorando la rapidità di adattamento al mercato e l'efficienza di produzione.

Tra le funzioni aziendali elencate vi è uno scambio di dati utili per lo svolgimento delle attività di controllo della produzione e delle operazioni manifatturiere, queste informazioni devono essere divulgate sia al sistema di gestione aziendale sia al sistema che si occupa della gestione e del controllo della produzione:

- indicazioni riguardanti la capacità produttiva dell'impresa, utili per elaborare i piani di produzione, per verificare la disponibilità e lo stato delle macchine e delle attrezzature e coordinare le attività produttive con quelle di manutenzione;
- informazioni richieste dalla produzione, quali la lista dei materiali (materie prime, componenti, WIP, documentazione di arrivo e spedizione), delle risorse (energia, manodopera, attrezzature, macchinari) e delle modalità (standard, operazioni, istruzioni lavoro) utili per produrre l'articolo finale;
- dati riguardanti la produzione attuale (pianificazione della produzione attuale, storico di produzione di un bene specifico, inventario di produzione e dei materiali/componenti utilizzati per l'articolo finale).

5. PARTE 3: MODELLI DI ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLE OPERAZIONI PRODUTTIVE

Questa sezione definisce i modelli di attività di gestione delle operazioni di produzione, che favoriscono l'integrazione tra il sistema aziendale e quello di controllo. Nella parte 3 dello standard ANSI/ISA - 95 vengono identificate, inoltre, le informazioni che devono essere scambiate all'interno del livello 3 del modello gerarchico funzionale (Manufacturing Operations Management).

Le funzioni descritte in questa sezione sono quelle che saranno gestite e coordinate dal sistema MES: produzione, qualità, manutenzione e inventario.

Tra le attività di manufacturing da gestire rientrano anche quelle di supporto alla produzione come la sicurezza dell'ambiente lavorativo, la trasmissione e la validità dei dati e delle informazioni, la gestione della documentazione e degli eventi che coinvolgono l'azienda e che influenzano indirettamente, ma in modo significativo la produzione.

5.1. LE ATTIVITÀ DI PRODUZIONE: GESTIONE E MODELLI

Le attività di produzione trasformano le materie prime in prodotti finiti, aggiungendo valore tramite l'utilizzo di risorse materiali (macchine, attrezzature, componenti...) e immateriali (lavorazioni, energia...) in modo da rendere il bene finale adatto a soddisfare le richieste e i bisogni del mercato e dei clienti.

Il modello per la gestione delle operazioni di produzione prevede lo svolgimento di alcune attività specifiche e lo scambio di informazioni tra di esse. In particolare si possono distinguere le seguenti operazioni:

- Definizione del prodotto e sua gestione;
- Gestione delle risorse dedicate alla produzione;
- Pianificazione dettagliata della produzione;
- Tracciabilità;

- Gestione dell'assegnazione dei prodotti alle macchine e ai banchi/linee di lavoro;
- Esecuzione della produzione e sua gestione;
- Raccolta dei dati di produzione;
- Analisi delle performance confrontando i risultati reali con quelli previsti dagli obiettivi aziendali.

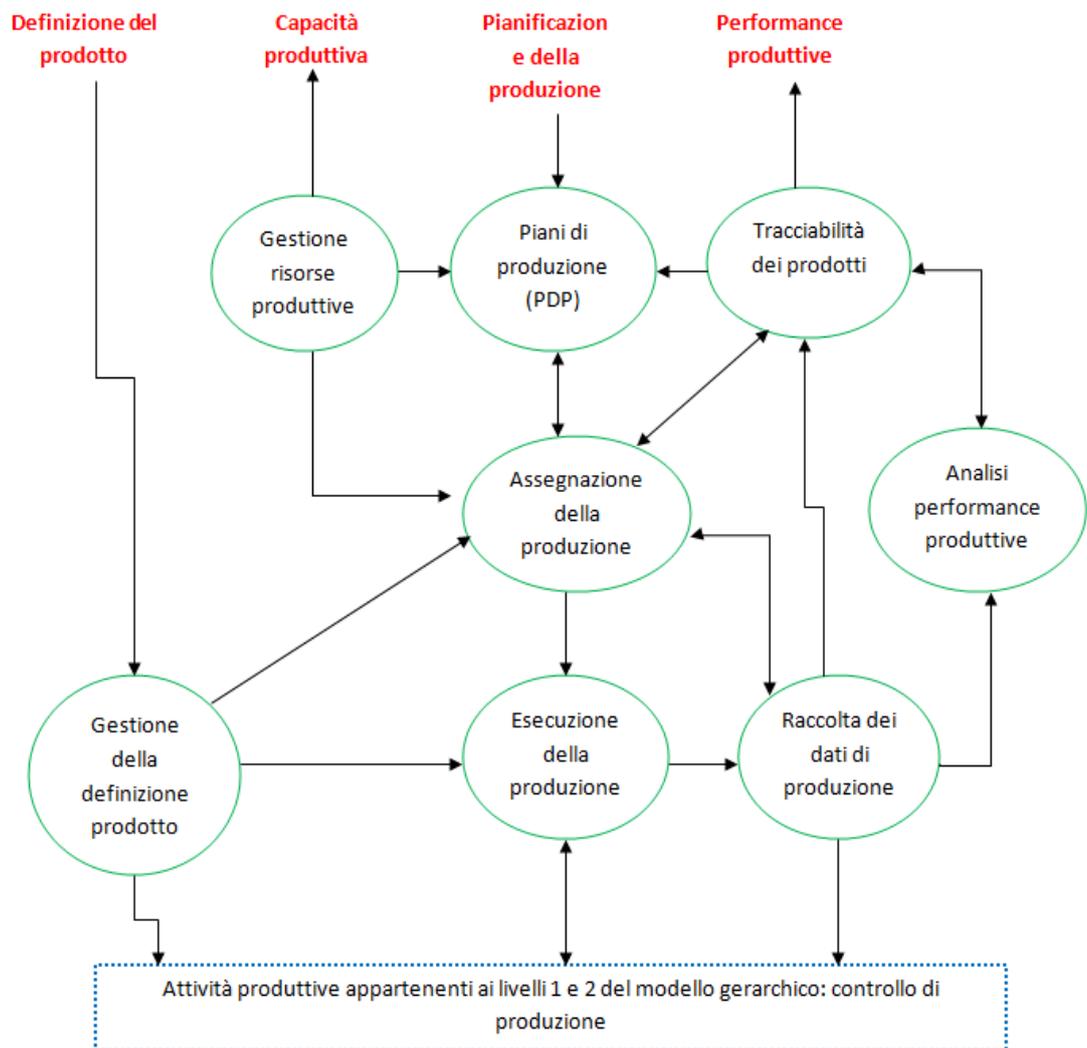


Figura 8: Illustrazione del modello per la gestione delle operazioni di produzione. [19]

Il modello illustrato precedentemente mostra un possibile flusso di dati tra le attività produttive, partendo dalla definizione del prodotto e dall'analisi della disponibilità delle risorse per poi pianificare nel dettaglio la schedulazione

(assegnazione) ed eseguendo la produzione. La tracciabilità del prodotto sarà utile per il controllo qualità e per risalire alle cause origine del problema, mentre la raccolta dati è fondamentale per l'analisi delle efficienze e delle performance produttive in base agli obiettivi che erano stati prefissati dall'impresa.

Il flusso di informazioni e di operazioni manifatturiere descritto avviene all'interno del livello 3 del modello gerarchico funzionale (Manufacturing Operations Management) ed è molto importante per chiarire le attività da svolgere e le responsabilità ad esse collegate. I dati dovranno essere poi trasmessi ai livelli 1 e 2 del sistema, che si occuperanno del controllo delle operazioni produttive (controllo batch, controllo discreto, controllo continuo).

La gestione della definizione prodotto

Si occupa delle informazioni riguardanti la composizione di un prodotto (materie prime, WIP, componenti e quantità) e delle sue modalità di produzione (istruzioni lavoro, diagrammi/struttura del prodotto, ricette, possibili nuove versioni). Si occupa, inoltre, di definire i nuovi prodotti da immettere sul mercato e di gestire i rapporti con il livello 4 (Business Planning e Logistica) operando in accordo con i KPI e gli obiettivi stabiliti dall'azienda.

La definizione del prodotto deve tenere in considerazione le esigenze del cliente, deve elaborare il processo di produzione e verificare che questo possa essere messo in pratica e deve stabilire i materiali e le lavorazioni necessarie a soddisfare i requisiti prefissati.

Una volta individuate le distinte basi del prodotto e le tecniche di lavorazione necessarie, i dati dovranno essere trasmessi a chi si occupa dell'attività di scheduling, in modo da assegnare le risorse adatte, e dell'attività di esecuzione della produzione, così da poter avviare e seguire il processo.

La gestione delle risorse produttive

Si occupa di gestire le informazioni e le attività che coinvolgono le risorse utili alle operazioni di produzione (manodopera, materiali, energia, attrezzature e

macchine) e ne verifica la disponibilità per le lavorazioni assegnate dal piano produttivo. Ha, inoltre, il compito di coordinare le risorse con le attività di manutenzione e qualità, in modo da poter garantire la continuità della produzione, ma anche un prodotto finito conforme e che non necessiti di riparazioni e ulteriori lavorazioni. È importante, anche, mantenere le informazioni sul monitoraggio dell'equipaggiamento (capacità e interventi di manutenzione), sulla formazione del personale (certificazioni, livello di competenza e abilità) e sul materiale/energia da utilizzare (disponibilità, modalità di approvvigionamento, qualità).

I piani di produzione

Hanno il compito di determinare l'uso ottimale delle risorse, partendo dai dati e dai programmi gestiti al livello 4 (Business Planning e Logistica) con l'obiettivo di soddisfare i requisiti del prodotto e di rispettare i vincoli di disponibilità delle risorse e la loro capacità.

Un piano di produzione dettagliato deve contenere informazioni specifiche riguardanti gli ordini di lavoro, i tempi, le risorse utili, le analisi sui colli di bottiglia e un primo confronto tra la produzione effettiva e quella prevista.

L'assegnazione della produzione

Si occupa di stabilire quale risorsa (macchina, operatore, materiale, energia e scorta) sarà utilizzato per eseguire una determinata lavorazione, rispettando il piano dettagliato di produzione prestabilito. Le informazioni relative all'assegnazione saranno messe a disposizione per la raccolta dei dati e per l'esecuzione ed il controllo dei dati di produzione (livello 1 e 2).

Un compito fondamentale di questa macro attività è quello di gestire gli imprevisti che possono far variare il flusso di lavoro programmato dal piano di produzione, questi cambiamenti dovranno essere comunicati a chi si occupa dell'esecuzione della produzione, della manutenzione e della qualità dei prodotti, in modo tale da poter organizzare le operazioni in caso di impossibilità di soddisfare i requisiti stabiliti dalla PDP.

L'esecuzione della produzione

La gestione dell'esecuzione della produzione è costituita da attività che permettono di dirigere le lavorazioni all'interno dello stabilimento seguendo le assegnazioni di produzione e memorizzando i dati relativi alla qualità dei pezzi prodotti (scarti, non conformità, riparazioni), ai tempi di lavoro e al consumo dei materiali. Le analisi su queste informazioni permettono di individuare lo stato in cui si trova l'ordine assegnato.

Un ulteriore compito di questa macro attività è quella di coordinare i processi manuali e automatici per avere una comunicazione efficace tra macchine e personale ed essere, dunque, aggiornati in caso di imprevisti e variazioni di programma. Bisogna, inoltre, accertarsi che le risorse utilizzate siano adatte a portare a termine i compiti assegnati e che le lavorazioni rispettino gli standard di produzione e di qualità concordati.

La tracciabilità dei prodotti

Si occupa di monitorare la produzione in modo da ricostruire i dati dall'inizio alla fine della lavorazione dei lotti o dei singoli prodotti ed essere aggiornati prontamente sul consumo dei materiali, sui costi, sulle condizioni degli impianti dedicati, sul personale assegnato, sul processo produttivo e sulle movimentazioni.

La tracciabilità svolge l'importante ruolo di fornire le risposte e le motivazioni di un determinato andamento della produzione al livello 4 di Business.

La raccolta dei dati di produzione

Ha il compito di raccogliere e gestire i dati della produzione quali informazioni sui processi (quantità, pesi, unità, proprietà, temperature) e sulle attrezzature (sensori, rilevatori di stato, strumenti di misura).

I dati da prendere in considerazione possono essere il risultato di modelli o di azioni dell'operatore, possono provenire dal lavoratore o dalle attrezzature utilizzate, possono essere dati di processo o di transazione.

Grazie a queste attività è possibile ricostruire e mantenere le informazioni passate per la tracciabilità del prodotto e per l'analisi di processo e della qualità.

La raccolta dei dati, inoltre, consente di creare le interfacce per i software di gestione della produzione come il Manufacturing Execution System, così da permettere all'azienda una raccolta dati automatica e una comunicazione semplice ed immediata con l'operatore assegnato ad una determinata postazione o parte del processo.

L'analisi delle performance produttive

Si occupa di analizzare i dati raccolti riguardanti le performance del processo produttivo con lo scopo di verificare l'affidabilità dei tempi e dei cicli di produzione, l'efficienza delle macchine/del personale e l'utilizzo di queste ultime. Le informazioni sulla produzione reale vengono poi rapportate con gli obiettivi che l'impresa si era imposta, con le scadenze da rispettare, con la variabilità del processo e con le previsioni future. Da questi confronti vengono, dunque, ottenuti degli indici di performance (KPI) utili ad evidenziare su quali dati è stata svolta l'analisi e sui quali bisogna lavorare per ottimizzare la produzione e l'uso delle risorse ad essa dedicate. I KPI permettono, così, di poter osservare i dati passati e fare delle previsioni sulle prestazioni future.

Oltre ai KPI, esistono altre attività che permettono di svolgere l'analisi delle performance produttive:

- Tracciabilità delle risorse: analisi dei dati storici delle risorse utilizzate nei processi produttivi (consumo dei materiali, unità prodotte, pezzi a magazzino, movimentazioni, uso delle attrezzature e della manodopera)
- Analisi di processo: elaborazione delle informazioni riguardanti il processo produttivo, le performance e l'andamento. Ha l'obiettivo di analizzare gli eventi ed individuarne la causa origine, elaborare una possibile soluzione e metterla in pratica per ottimizzare la produzione.
- Simulazione: inserimento di possibili variabilità nel processo e analisi delle reazioni di quest'ultimo ai cambiamenti, in modo tale da poterne

prevedere le prestazioni future e non essere impreparati nel caso in cui si verificassero alcuni avvenimenti produttivi.

5.2.LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLA QUALITÀ

Le attività di gestione della qualità si occupano di coordinare ed eseguire le operazioni che permettono di definire e monitorare le caratteristiche e le proprietà dei semilavorati e dei prodotti finiti, in modo tale che rispettino gli standard qualitativi imposti dall'impresa e richiesti dal cliente.

Le informazioni derivanti da queste attività saranno utili alla produzione per individuare le aree critiche, con una certa quantità di pezzi non conformi o difettosi, risalire alla causa origine ed intervenire su di essa per risolvere a monte le problematiche riscontrate.

Tra le operazioni che vengono svolte ci sono:

- Analisi e monitoraggio delle materie prime e dei componenti che andranno a comporre l'articolo finale, ma anche delle attrezzature e delle risorse impiegate per la produzione. Vengono effettuati dei test che permettono di valutare l'utilizzo dei materiali e le forniture e verificare che la loro qualità sia aderente agli standard aziendali.
- Analisi e monitoraggio del prodotto finito, il quale deve rispettare gli standard qualitativi dell'azienda o le richieste del cliente per essere mandato avanti nel processo produttivo.
- Gestione delle richieste dei test di qualità, che possono provenire sia dal livello 4 di Business, sia dal livello 2 di controllo delle attività manifatturiere.
- Definizione dei test di qualità, indicando su quali materiali, risorse e prodotti verrà svolto e le procedure da seguire per ottenere dei risultati non alterati e coerenti con il processo produttivo.
- Analisi e gestione delle informazioni dei test di qualità riguardo lo stato dei materiali, delle risorse e dei prodotti. Questi dati, inseriti manualmente o provenienti da rilevazioni automatiche, devono essere

comunicati sia ai livelli 1 e 2, che si occupano rispettivamente del processo fisico e del controllo della produzione, sia al livello 4 che gestisce il rapporto con il cliente ed elabora costi riferiti al controllo e alla perdita di qualità. Dall'analisi dei dati di qualità si può individuare l'andamento della produzione e gli indicatori critici di qualità (tempo medio di realizzazione di un prodotto, costo delle rilavorazioni, numero di processi fuori controllo, tempo di fermi macchina per guasti, quantità di pezzi difettosi all'interno di un lotto), confrontando le performance reali con gli obiettivi previsti dall'azienda.

5.3. LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE

Le attività di gestione delle operazioni manutentive si occupano di assicurare che gli strumenti e le risorse dell'azienda siano disponibili per la produzione, questo viene fatto tramite la manutenzione correttiva (non pianificata ma successiva al verificarsi di un evento/guasto), la manutenzione preventiva (pianificata e che dovrebbe prevenire il verificarsi di eventi/guasti) e l'ottimizzazione dell'efficienza (interventi per migliorare le prestazioni di strumenti e risorse disponibili).

Tra le attività che vengono svolte ci sono:

- Gestione delle richieste di manutenzione provenienti sia dal livello 4 di Business sia dai livelli 2 e 3 di controllo delle operazioni di produzione. L'analisi delle richieste prevede anche di individuare delle priorità e, in base a queste, poter pianificare gli interventi e le risorse da assegnare.
- Definizione della manutenzione da svolgere, consultando documenti, schemi di equipaggiamento, manuali e procedure operative standard.
- Gestione delle risorse (stato, disponibilità, capacità) e l'assegnazione degli ordini di lavoro per migliorare la qualità e la quantità di prodotti finiti in uscita ma con costi minori. Le risorse impiegate nella manutenzione devono essere adeguate e certificate per poter svolgere i lavori assegnati.

- Coordinamento e monitoraggio delle operazioni manutentive al fine di assicurare che le attività rispettino gli standard di qualità, le procedure e i regolamenti imposti dall'azienda. Il monitoraggio, inoltre, permette di aggiornare la documentazione riferita allo stato di salute dell'equipaggiamento e alla sua utilizzabilità.
- Raccolta dei dati provenienti dagli interventi di manutenzione e analisi delle informazioni derivanti per poter fare delle previsioni sui futuri interventi, ma soprattutto per poter gestire la produzione e la qualità degli articoli (tracciabilità delle risorse).

5.4. LE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELL'INVENTARIO

Le attività di gestione dell'inventario si occupano di tenere traccia delle movimentazioni, dell'immagazzinamento e del trasferimento dei materiali, dei semilavorati e dei prodotti finiti.

Tra le operazioni che vengono svolte ci sono:

- Definizione dell'inventario con regole e documentazioni associate alla movimentazione e allo stoccaggio dei materiali e dei prodotti. È importante, inoltre, comunicare la capacità dell'inventario per organizzare la produzione e le risorse da dedicare.
- Gestione delle richieste di stoccaggio e delle risorse da assegnare (muletti, carrelli, personale, contenitori).
- Scambio di informazioni riguardanti lo stato dell'ordine, la dimensione del lotto da poter gestire in magazzino e imprevisti che potrebbero rallentare la conclusione e la consegna dell'ordine al cliente.
- L'analisi dei materiali ricevuti, che permette di verificare la qualità delle materie prime e dei componenti acquistati e l'affidabilità dei fornitori.
- L'analisi dei prodotti finiti con la tracciabilità dei materiali utilizzati, del processo produttivo utilizzato e delle risorse impiegate.

Quest'ultima attività è fondamentale nel momento in cui vengano riscontrati dei problemi su un lotto, su semilavorati o articoli finali. Infatti, la tracciabilità dei prodotti permette di risalire alla causa origine del problema e poter intervenire prontamente per evitare resi dal cliente, alta percentuale di scarti e costi della produzione elevati. Il Manufacturing Execution System (MES), oltre alla gestione delle attività produttive, contribuisce a creare uno storico delle operazioni e a favorire la tracciabilità dei prodotti con l'obiettivo di migliorare la gestione del magazzino, la qualità dei materiali e degli articoli finali, l'organizzazione della manutenzione e il consumo di scorte.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI DI UN SISTEMA MES

Vantaggi[1],[18]

- Presenza di uno standard (ANSI/ISA-95) che descrive nello specifico le funzioni coinvolte, le caratteristiche principali e gli obiettivi generali che un sistema MES deve raggiungere.
- Disponibilità in tempo reale dei dati riguardanti l'avanzamento della produzione (quantità e tempi) e la possibilità di controllare il processo produttivo e le risorse coinvolte ed agire prontamente nel caso in cui si verificassero degli imprevisti (fermi, guasti, allarmi, mancanza di materiale).
- Riduzione dei tempi ciclo di produzione e tempi di set-up più rapidi grazie ad un sistema più automatizzato e alla definizione e all'aggiornamento continuo dei tempi di lavorazione.
- Miglioramento delle performance produttive grazie all'identificazione dei colli di bottiglia e all'analisi degli scarti e delle rilavorazioni, la riduzione di questi ultimi è un obiettivo del Manufacturing Execution System con conseguente aumento dell'efficienza del processo di produzione.
- Gestione della tracciabilità con la creazione di uno storico delle informazioni e conseguente miglioramento della qualità dei prodotti, in

quanto si è in grado di risalire alla causa origine dei difetti e delle non conformità in breve tempo, riducendo la presenza di scarti e di possibili reclami da parte del cliente con conseguenti benefici in termini di costi.

- Inserimento automatico dei dati più rapido e preciso ed eliminazione di possibili errori e dimenticanze derivanti da un sistema manuale di raccolta e registrazione delle informazioni relative alla produzione. Riduzione dei documenti cartacei di trasmissione tra i reparti dell'azienda, che rischiavano di rovinarsi con il tempo o di essere persi.
- Riduzione dei costi relativi all'immobilizzazione delle giacenze di materie prime e di semilavorati. Con un sistema MES, infatti, sarà possibile tenere traccia del consumo di componenti, materie prime, WIP e scorte. In base all'aggiornamento continuo dei dati verranno prodotti solo gli articoli necessari alla consegna al cliente (tenendo sempre conto della scorta minima stabilita con la direzione) e verranno ordinati prontamente i componenti e le materie prime le cui quantità, dopo il consumo, sono scese al di sotto della scorta minima di sicurezza a magazzino.
- Integrazione con i sistemi di business (gestione della produzione) e dialogo con le macchine dedicate alla produzione.

Svantaggi[1],[18]

- Questi sistemi sono altamente personalizzati per ogni azienda e non adattabili ad altre situazioni. Per questo motivo i tempi di sviluppo e progettazione sono lunghi e i costi più elevati.
- I dati che vengono raccolti dal sistema MES devono essere affidabili e corrispondenti alla realtà per essere utili al miglioramento del processo produttivo.
- L'introduzione e l'implementazione del Manufacturing Execution System all'interno di un'azienda potrebbe comportare un cambiamento radicale delle politiche di produzione e un diverso procedimento di lavorazione e riconoscimento prodotti per gli operatori. Questo

potrebbe causare una difficoltà di inserimento del sistema, periodi di formazione per operatori e impiegati e un'iniziale rallentamento delle attività.

GESTIONE DELLA PRODUZIONE IN ROTOTECH PRIMA DEL MES

7. IL PROCESSO PRODUTTIVO: LO STAMPAGGIO ROTAZIONALE

L'attività lavorativa svolta dalla "ROTOTECH" si sintetizza in due distinte fasi.

PRIMA FASE - STAMPAGGIO

La tecnologia dello stampaggio rotazionale permette di ottenere, tramite l'utilizzo di stampi generalmente composti da due semi-gusci, dei corpi cavi da cui realizzare tubi, serbatoi e altri contenitori o condotti con una cavità interna.

La materia prima utilizzata per i prodotti è la polvere in plastica di polietilene, polipropilene, nylon e altro materiale plastico.

La fase di stampaggio nella tecnologia rotazionale avviene tramite l'utilizzo di macchinari che sono composti da tre postazioni:

- La prima postazione è quella di carico, composta solitamente da una pedana che permette agli operatori di raggiungere gli stampi installati sulle braccia, le quali ruotano a 360° gradi permettendo agli stampi di arrivare a tutte le postazioni dell'impianto e di distribuire successivamente il materiale plastico in maniera uniforme. In generale gli stampi sono montati su delle ruote installate sui bracci, in questo modo è possibile stampare sulla stessa macchina diversi prodotti contemporaneamente. In questa fase l'operatore introduce all'interno dello stampo la polvere di materiale plastico tramite dei secchi che contengono la quantità necessaria alla produzione di un articolo identificato con un codice. Solitamente la polvere viene prelevata da cassoni posti a bordo di questa postazione e pesata tramite l'utilizzo di

bilance elettroniche. L'azienda sta installando dei sistemi di dosatura composti da tubazioni che prelevano le polveri e le trasportano all'interno di dosatori automatici, che si occupano di pesare le materie prime (polveri e materiale plastico) e di introdurle direttamente nello stampo. Questi sistemi permetteranno alla Rototech di ottimizzare il flusso produttivo (riduzione dei tempi di dosaggio delle polveri e delle rilavorazioni dovute alla quantità errata di materiale inserito) e di ridurre gli sprechi di polvere. L'operatore, inoltre, installa sugli stampi anche dei componenti, solitamente inserti, che vengono così stampati all'interno del prodotto. Una volta caricati tutti gli stampi, gli stessi vengono chiusi ed il braccio viene traslato alla postazione successiva.

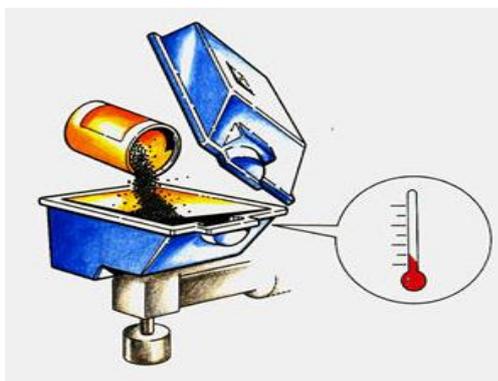


Figura 9: Illustrazione dell'attività di carico stampo svolta dagli operatori assegnati alla prima postazione. [5]



Figura 10: Secchi di polvere di materiale plastico già pesata a bordo macchina pronta da inserire nello stampo.



Figura 11: Ruote installate sui bracci delle macchine che consentono di montare più stampi e di produrre contemporaneamente più pezzi.



Figura 12: Esempio di stampi che possono essere montati sui bracci delle macchine tradizionali. Un tipo di stampo può essere assegnato ad una sola macchina principale e ad una macchina di riserva, in base al tipo di codice prodotto e alla conformazione dello stampo stesso.

Figura 13: Esempio di stampo tradizionale per la produzione di serbatoi urea.



- La seconda postazione è composta da una camera di riscaldamento (forno), nella quale vengono introdotte le braccia con gli stampi. Una volta chiuso, il forno viene acceso per rendere caldi gli stampi tramite l'utilizzo di riscaldatori alimentati a gas metano, raggiungendo una temperatura tale che permetta la fusione della polvere all'interno (250°C). Successivamente il braccio inizia a ruotare a 360 gradi, sia in senso orizzontale che verticale (da qui il nome di stampaggio rotazionale), in modo tale che la polvere fusa aderisca allo stampo e riesca a comporre una forma cava all'interno. I componenti montati nella fase precedente, inoltre, sono fissati alla superficie esterna del prodotto grazie proprio alla polvere fusa, in questo modo non potranno

essere estratti, agevolando, quindi, il montaggio finale del prodotto al telaio del veicolo a cui è assegnato. Il tempo di cottura può variare in base alla materia prima utilizzata, alle dimensioni dello stampo e allo spessore del prodotto, generalmente in Rototech i tempi variano tra i 15 minuti, per stampi tradizionali e di piccole dimensioni, e i 22 minuti per serbatoi più grandi e con numerosi inserti. Una volta trascorsi i minuti necessari per la cottura il braccio viene traslato nella postazione successiva.

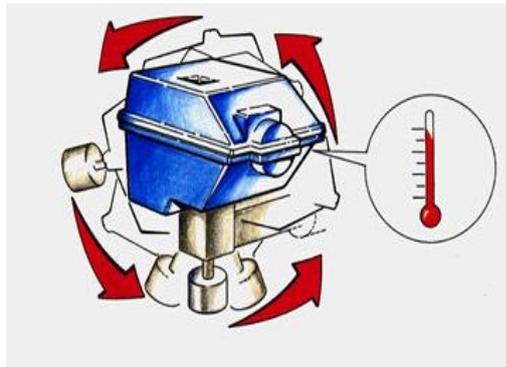


Figura 14: Illustrazione della rotazione dello stampo all'interno del forno (seconda postazione). [5]

- La terza postazione è composta da una camera di raffreddamento, all'interno della quale gli stampi vengono raffreddati tramite l'utilizzo di potenti ventilatori (in media per circa 20 minuti). Questo procedimento permette di stabilizzare la polvere fusa e di consentire l'estrazione del prodotto dallo stampo. Infatti, nella fase precedente il materiale plastico aveva subito, con il calore, una dilatazione, mentre il raffreddamento stabilizza la forma e definisce in un primo momento le dimensioni del prodotto stampato.

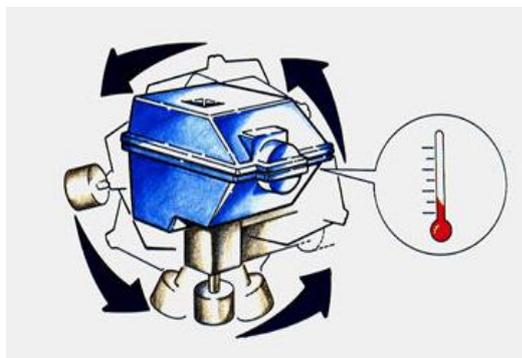


Figura 15: Illustrazione della rotazione dello stampo all'interno della camera di raffreddamento (terza postazione). [5]

- L'ultima postazione, invece, è caratterizzata dall'attività di scarico poiché gli stampi, usciti dalla camera di raffreddamento, vengono aperti e i prodotti all'interno vengono estratti. Si procede, se necessario, all'operazione di sbavatura del materiale che si viene a depositare in corrispondenza della linea di giunzione dei due semi-gusci. Gli stampati, infine, vengono inseriti all'interno di conformatori che permettono al prodotto ancora caldo di rispettare le tolleranze imposte dall'ufficio tecnico e dal cliente finale.

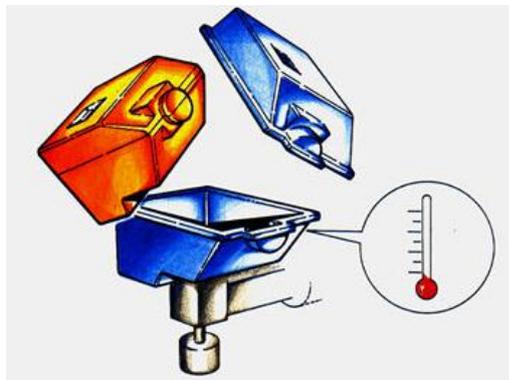


Figura 16: Illustrazione dell'attività di scarico stampo svolta dall'operatore assegnato all'ultima postazione. [5]

Negli ultimi anni alle macchine di stampaggio tradizionali sono stati aggiunti due nuove tipologie di macchinari automatici:

1. **Leonardo**, costituiti da un blocco unico macchina/stampo, che ruota a 360° riscaldato elettricamente da tubi dentro i quali scorre dell'olio. Questa tipologia di macchina occupa meno spazio all'interno dello stabilimento e viene alimentata automaticamente da dei dosatori, i prodotti, alla fine del ciclo lavoro, vengono, inoltre, scaricati senza alcun intervento da parte degli addetti. L'operatore dovrà intervenire solo nel caso in cui si verificano delle problematiche o vengano richiesti dei componenti e il porta inserti debba essere caricato.



Figura 17: Illustrazione della macchina di stampaggio rotazionale automatica Leonardo presente in Rototech. [22]

2. **Smart**, costituiti da un blocco unico macchina/stampo che viene riscaldato da serpentine elettriche. Come le Leonardo, invece, anche questi macchinari sono automatizzati.



Figura 18: Illustrazione della macchina di stampaggio rotazionale automatica Smart presente in Rototech. [22]

SECONDA FASE - FINITURA, ASSEMBLAGGIO ED IMBALLAGGIO

In questa fase sono effettuate le operazioni sugli stampati. Le lavorazioni variano a seconda della tipologia di prodotto trattato:

- Per tutti i tubi e i condotti, il prodotto stampato viene sottoposto all'operazione di alesatura⁶ tramite macchine apposite o grazie all'utilizzo di robot. Si procede al taglio dei "cappellotti" di testa e di coda per dare forma al tubo. In questa fase, solitamente, vengono introdotti degli anelli alle estremità per permettere al cliente di far aderire il prodotto ad altri tubi o al telaio del veicolo industriale;



Figura 19: Condotta aria con anelli e inserti [2]

- Per le carenature o prodotti di carrozzeria, il prodotto stampato viene installato su maschere poste su appositi banchi dove vengono sottoposti alle operazioni di levigatura o di foratura di asole. Per ottimizzare il flusso produttivo, per i codici high runner o per gli articoli che richiedono diverse operazioni di taglio e foratura, vengono utilizzati dei robot per la finitura del pezzo.

⁶ Operazione meccanica eseguita per correggere il diametro dei fori. Le alesatrici, con un movimento rotatorio, allargano man mano il diametro, portandolo al valore corretto.



Figura 20: Parti di carrozzeria per macchine movimento a terra. [2]

- Per i serbatoi carburante e urea, la linea di finitura è più articolata, in quanto inizialmente il prodotto stampato viene riempito d'aria ed introdotto in vasche piene d'acqua per verificare l'esistenza di perdite. Dopo questo test (collaudo in vasca) vengono eseguite, se necessario, le operazioni di foratura e alesatura. Per completare la finitura del prodotto, inoltre, vengono installati diversi componenti quali staffe, paratie esterne, tappi e filtri. Questi ultimi, in particolare, prima di essere installati vengono testati per verificarne il corretto funzionamento.



Figura 21: Serbatoio carburante per veicolo industriale. [2]



Figura 22: Serbatoio urea per veicolo industriale. [2]

Al termine delle operazioni di finitura i prodotti vengono inseriti in cassoni e in contenitori, generalmente forniti dal cliente, secondo unità di imballo definite precedentemente con lo stesso. A questo punto vengono portati in un'area specifica dove, in alcuni casi, viene fatta un'ulteriore operazione di controllo sulla qualità, denominata "firewall", e a riscontro positivo le casse vengono

sigillate e trasferite al magazzino dei prodotti finiti, all'interno del quale vengono stoccati prima della spedizione al cliente.

Una parte importante del fatturato di Rototech è la vendita ai clienti di stampi e attrezzature necessari alla produzione dei particolari che verranno a loro volta venduti.

In fase di preventivo vengono offerte al cliente anche le attrezzature necessarie alla produzione che possono variare da prodotto a prodotto in base sia alla quantità annua da produrre, in questo caso vengono offerti più stampi, sia al ciclo di finitura, in questo caso può essere necessaria la realizzazione di maschere, posaggi e calibri.

Gli stampi sopra citati sono realizzati da fornitori esterni, mentre le attrezzature possono essere anche prodotte internamente. Al termine della loro realizzazione, dopo l'approvazione da parte del cliente dei pezzi prototipali, le attrezzature vengono fatturate al cliente e rimangono presso Rototech per la produzione non solo degli articoli di serie ma anche per i ricambi.

8. LA CREAZIONE DEI PIANI DI PRODUZIONE

Un piano di produzione (PDP) è il punto di partenza del processo di produzione industriale. Si tratta di un documento in cui sono elencati gli articoli che l'impresa deve produrre per soddisfare le richieste dei clienti. Seguire il piano di produzione consente, inoltre, all'azienda di rispettare le scadenze, stabilire priorità e diminuire gli sprechi di risorse.

In Rototech i piani di produzione sono creati con cadenza settimanale, il venerdì mattina, in particolare, viene programmata la produzione per la settimana successiva, tenendo in considerazione la scorta minima stabilita, quest'ultima è calcolata su un fabbisogno di tre mesi, in base alla richiesta media giornaliera. Per la tecnologia di stampaggio utilizzata la programmazione settimanale è sufficiente a gestire e soddisfare gli ordini dei clienti. È fondamentale però fare delle previsioni, in quanto gli ordini dei

clienti non sono stabili ma presentano dei picchi e dei cali di produzione regolari nel tempo. Viene effettuata, quindi, un'analisi storica dei dati per poter organizzare al meglio le attività produttive e non essere impreparati sulle richieste del cliente.

La creazione della PDP coinvolge la Logistica, il sistema gestionale (AX) e la Produzione, quest'ultima sia per quanto riguarda lo scheduling e l'organizzazione delle risorse, sia per quanto riguarda le attività manifatturiere.

Una volta che l'ordine dal cliente viene ricevuto, viene fatta un'analisi sui tempi, costi e risorse e si procede all'accettazione/rifiuto della consegna.

Se l'analisi ha esito positivo l'ordine viene accettato ed inserito all'interno del sistema gestionale, che genera automaticamente degli Ordini di Produzione (OdP) per i prodotti finiti, basandosi sulle richieste fatte dai clienti. Viene lanciato, quindi, su AX un MRP (Manufacturing Requirements Planning), strumento in grado di pianificare la produzione per le settimane successive ricevendo come input lo stato di avanzamento della produzione, gli OdP, la situazione delle scorte (giacenze a magazzino e scorta minima da rispettare), la domanda di mercato, i tempi di produzione e di approvvigionamento ed eventuali previsioni di vendita, rilasciando come output una proposta di Piano della Produzione per i prodotti finiti. Un limite delMRP, però, è quello di non essere in grado di integrarsi facilmente nelle dinamiche del processo produttivo, in quanto considera che la capacità e le risorse siano infinite. Il PDP elaborato dal Manufacturing Requirements Planning, dunque, viene corretto manualmente da chi si occupa della programmazione della produzione, tenendo in considerazione la capacità e la disponibilità delle risorse, la quantità di pezzi già stampati ma non ancora finiti e la priorità dei prodotti.

Il programmatore, per avere un quadro realistico dello stato della produzione aziendale, il giorno prima del lancio del MRP (solitamente il giovedì) deve:

- Ispezionare lo stabilimento, contando a mano i pezzi per ogni linea e per ogni macchina. Questo accade perché non si dispone di una tracciabilità dei semilavorati. Infatti viene tenuta traccia solo delle materie prime e dei componenti e del prodotto finito nel momento in

cui è versato a magazzino. Si tratta, dunque, di un metodo dispendioso e poco preciso di valutare l'avanzamento della produzione;



Figure 23 e 24: Semilavorati presenti all'interno dello stabilimento e posizionati all'interno di scatole di cartone o in ceste che il programmatore deve contare a mano prima di elaborare un piano di produzione per la settimana successiva.

- Valutare quanti pezzi sono già stati stampati ma ancora da finire e quanti, invece, devono essere stampati. Questa distinzione è importante per la programmazione della produzione (tempi e quantità) e l'organizzazione del carico macchine. Il processo di finitura di un prodotto, infatti, ha dei tempi più brevi rispetto al processo di stampaggio, composto da fasi delicate di cottura e raffreddamento con

tempistiche da rispettare per la buona riuscita del pezzo.

- Distinguere tre tipologie di prodotti, che devono essere gestiti in maniera differente, sia in fase di pianificazione che in quella di programmazione della produzione:
 - 1) **Alto rotanti (high runner)** che hanno la precedenza nella produzione per quantità, fedeltà al cliente e benefici economici.
 - 2) **Basso rotanti(lotti economici)** con quantità molto piccole richieste dal cliente. Stampare e finire piccole quantità, però, è una perdita per l'azienda sia in termini economici ma soprattutto in termini di tempo (carico/scarico dello stampo dal braccio della macchina), per questo motivo si stabilisce un lotto minimo di prodotti da stampare che possa essere conveniente per l'azienda.
 - 3) **Prodotti intermediche** vengono alternati sulle macchine e per i quali bisogna guardare una pianificazione a lungo termine.
- Segnalare eventuali problemi temporanei di disponibilità delle risorse (guasti stampo, fermi macchina) che non permettono di rispettare le richieste del cliente.

Una volta corretto il documento riferito al Piano Principale di Produzione e stabilite le quantità esatte di prodotti finiti da produrre, vengono generate le Richieste d'Acquisto (RdA) delle materie prime e dei componenti, basandosi sulle caratteristiche dei fornitori e sulle richieste del PDP e rispettando la scorta minima stabilita dall'azienda. Anche in questo caso su AX viene lanciato un MRP per materie prime e componenti che dovrà essere corretto manualmente in rispetto della capacità dell'azienda e dei fornitori. Una volta decisi i codici da stampare e produrre nella settimana si inizia a programmare (caricamento macchine, saturazione degli stampi, saturazione uomo e fabbisogno della manodopera).

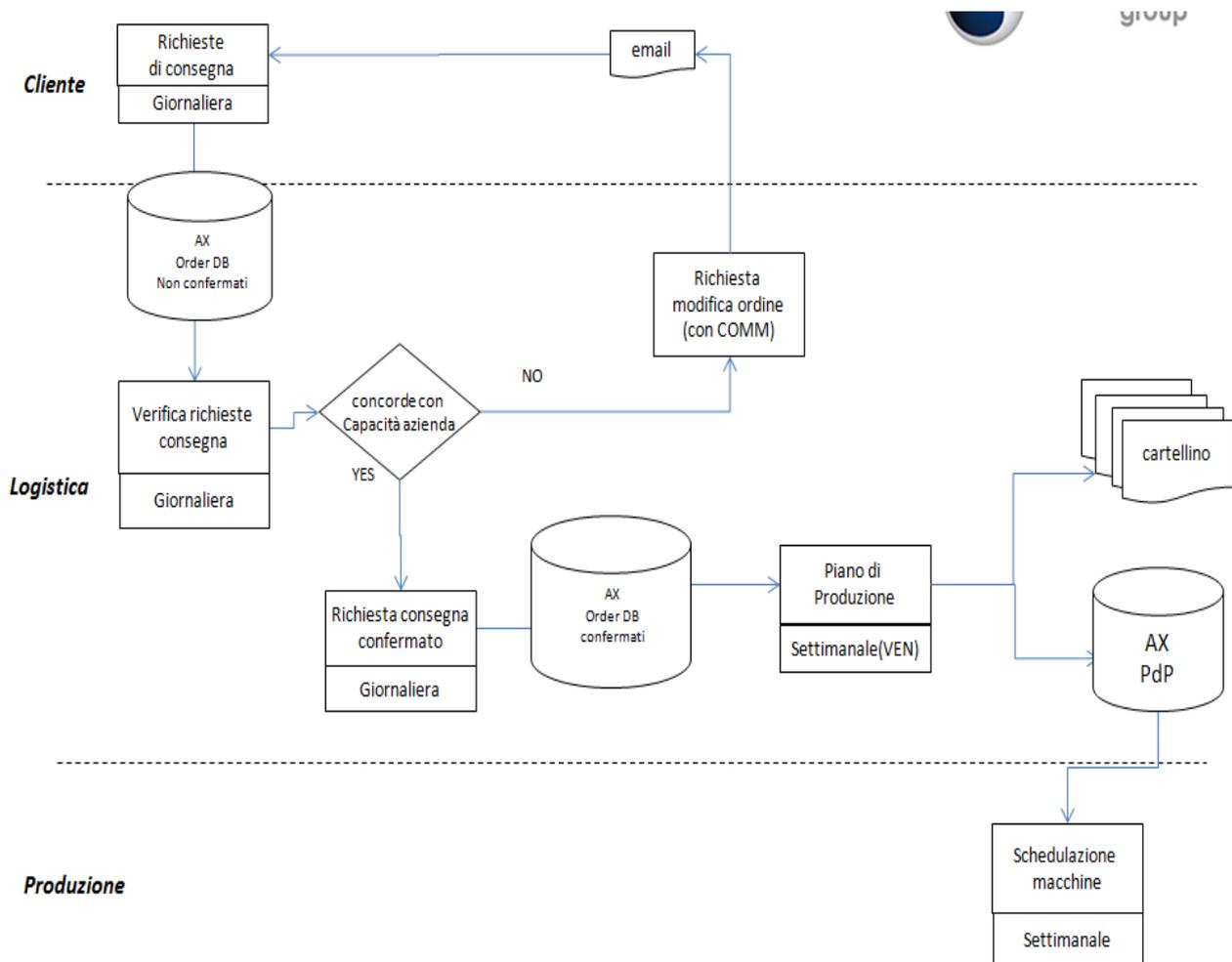


Figura 25: Flowchart che riassume le attività previste per la pianificazione della produzione descritte precedentemente. Viene qui definito un flusso di informazioni che coinvolge il cliente, l'area logistica dell'azienda e la produzione. Viene anche precisata per ogni attività prevista la cadenza e i tempi necessari. [5]

9. LA PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE

La programmazione della produzione è costituita da un insieme di decisioni e attività che hanno l'obiettivo di coordinare le richieste di mercato con le potenzialità dell'area produttiva aziendale, tenendo in considerazione le caratteristiche e i vincoli del sistema (capacità produttiva, layout di stabilimento, processo produttivo adottato, tipologia e tecnologia delle macchine, saturazione uomo/macchina). Vengono qui decisi quali codici produrre, le loro quantità, i tempi di produzione e l'assegnazione alle macchine di stampaggio e alle linee di finitura.

La programmazione, però, è un'attività complessa perché è necessario gestire alcune variabili fondamentali per la produzione quali: quantità dei prodotti e standard qualitativi, milestones da rispettare per la consegna al cliente e tempi intermedi, ore di manodopera impiegata e ore macchina, risorse disponibili per la produzione e risorse finanziarie, costi diretti e indiretti per la produzione.

Per Rototech questa fase è fondamentale perché è in questo momento che i codici dei prodotti, i loro stampi e le loro quantità vengono assegnati ai bracci delle macchine per la produzione.

Chi si occupa della programmazione dovrà coordinare quattro aspetti molto importanti:

1. Il caricamento delle macchine;
2. La saturazione degli stampi;
3. La saturazione delle macchine;
4. Il fabbisogno di manodopera.

Il caricamento delle macchine

L'assegnazione degli stampi alle macchine è un'attività fondamentale. Bisogna precisare che uno stampo può essere montato, e quindi assegnato, al massimo su due macchine, una principale e una alternativa, nel caso in cui la principale sia guasta o abbia in corso interventi di manutenzione. È necessario per un buon funzionamento delle macchine, per il loro mantenimento e per la qualità

dei prodotti che i bracci siano equilibrati come peso e che non vi siano sbilanciamenti che possano penalizzare, durante la rotazione, la distribuzione omogenea della polvere. Uno sbilanciamento tra pesi sulle macchine dedicate allo stampaggio rotazionale porta, inoltre, più velocemente all'usura dei giunti dei bracci e al loro malfunzionamento, con conseguente riduzione della capacità produttiva, peggioramento della qualità degli stampati e diminuzione dell'efficienza macchina. In assenza di stampi su alcuni bracci, infatti, vengono posizionati dei pesi adatti al bilanciamento della macchina.

Attualmente in Rototech la programmazione della produzione e, in particolare, la gestione del caricamento delle macchine viene svolta manualmente dal programmatore con l'aiuto di fogli di calcolo aggiornati settimanalmente.

Ogni foglio di calcolo è riferito ad una macchina di stampaggio ed è suddiviso in tabelle contenenti i dati di ogni braccio della pressa per ogni giorno lavorativo della settimana.

Pers. necessarie: 2	Macchina 1850B	Week 47
----------------------------	-----------------------	----------------

Tabella1: Indicazione presente sul foglio di calcolo corrispondente ad una determinata macchina di stampaggio (es. Macchina 1850B), viene specificata la settimana di produzione programmata (es. Week 47) e il numero di persone necessarie a lavorare su quella macchina in quella settimana di lavoro, la quantità di persone necessaria varia a seconda della tipologia di stampi montati e del carico macchina programmato.

Ad esempio per la macchina 1850B, avente tre bracci, sono necessari, per la settimana 47, due operatori per lavorare in maniera ottimale (Tabella 1).

		Lunedì				
Braccio	TFmax	Codice	T.Uomo	T.Forno	T.Finitura	N.Pezzi
1	20		0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034620	16,4	20	11,3	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		G060620	8,1	20	4	6
		G040620	9,1	20	4,6	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
Totale Tempo Uomo			17		20	0
2	20		0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034529	16,4	20	11,4	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034520	16,4	20	11,3	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0
Totale Tempo Uomo			16,4		23	0
3	30		0	0	0	0
			0	0	0	0
		G073929	7	20	2,4	6
		G119220	7,2	30	5,06	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		G073929	7	20	2,4	6
		G060620	8,1	20	4	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
Totale Tempo Uomo			15		14	

Tabella 2: programmazione della produzione giornaliera per una macchina di stampaggio (es Macchina 1850B)

Tempo uomo	48,4
Tempo macchina	71,5
Tempo finitura	57
Saturazione uomo	68%
Giri previsti	6
Tempo tot. finitura	342
Tempo totale per turno (min)	923

Tabella 3: risultati derivanti dall'elaborazione dei dati presenti in tabella 2 utili per il calcolo del carico macchina e della saturazione dell'operatore assegnato

Come mostrato nella Tabella 2, su ogni braccio disponibile vengono programmati i codici da produrre per ogni giorno lavorativo della settimana, tenendo in considerazione:

- Il tempo uomo dedicato allo stampaggio, che indica il tempo fisico in cui gli operatori caricano e scaricano lo stampo in postazione. La somma dei tempi totali uomo per ogni braccio, già diviso per il numero di persone che lavorano sulla macchina, darà il tempo totale che ogni addetto dedica all'operazione di stampaggio (in questo caso 48,4).
- Il tempo forno, che indica il tempo di cottura dello stampo, utile a dare la cadenza alla macchina. Viene precisato, inoltre, per ogni braccio, il tempo massimo di cottura (T_{Fmax}), la cui somma darà il tempo totale della macchina (70), al quale viene ulteriormente aggiunto il tempo di transazione dei bracci $0,5 \cdot n^{\circ} \text{bracci}$ (in questo caso $0,5 \cdot 3 = 1,5$). Bisogna, inoltre, verificare che gli stampi posizionati sullo stesso braccio non abbiano tempi e temperature di cottura molto diversi tra loro. Per i tempi il range tollerabile è $t-1 \leq t \leq t+1$, mentre per le temperature la tolleranza è $T-15^{\circ}C \leq T \leq T+15^{\circ}C$.
- Il tempo uomo di finitura, che indica il tempo impiegato dall'operatore per le operazioni di prefinitura (sbavatura e pulizia) e finitura (alesatura, taglio, foratura, collaudo, lucidatura e imballo) del codice stampato, per ottenere il prodotto finito. La somma dei tempi totali di finitura darà il tempo totale necessario per trasformare i codici stampati in prodotti finiti (in questo caso 57 circa).
- La saturazione dell'uomo ottenuta dividendo il tempo uomo (dedicato allo stampaggio) per il tempo macchina.

$$\text{Saturazione uomo} = \frac{T_{\text{uomo di carico /scarico}}}{T_{\text{macchina}}} 100$$

In questo caso $(48/71,5) \cdot 100 = 68\%$

Il valore di saturazione uomo non deve superare mai il 90%, in quanto in questo calcolo non vengono tenute in considerazione alcune variabili umane. Bisogna, inoltre, verificare per ogni braccio che il tempo uomo di carico/scarico sia sempre minore del tempo forno. Se così non fosse il braccio sarebbe soprassaturo e la cadenza della macchina sarebbe

dettata dal tempo uomo. In questo caso è la macchina che aspetta l'uomo e non viceversa, l'operatore detta i tempi della pressa, causando rallentamenti, disefficienza e perdita di energia e gas.

- L'occupazione dello stampo sul braccio, utile per il posizionamento degli stampi con l'obiettivo di raggiungere la massima occupazione del braccio compatibile con la saturazione dell'uomo.
- Giri previsti per ogni turno, ovvero quante volte i bracci (tre in questo caso) riescono a compiere un giro completo in un turno da otto ore lavorative. Ogni bracciata corrisponde ad un pezzo stampato del codice assegnato.

$$Giri\ previsti = \frac{480}{\max(T_{uomo}; T_{macchina})} 90\%$$

Dove 90% è la saturazione della macchina impostata per ogni turno e imposta come obiettivo minimo di lavorazione.

Il tempo totale di lavoro per due operatori dedicati, in questo caso, alla macchina 1850B, sarà di 923 minuti in cui è compreso sia il tempo di stampaggio che quello di finitura dei codici assegnati.

La saturazione degli stampi

Gli stampi per Rototech rappresentano la capacità produttiva di stabilimento. Grazie ad essi, infatti, è possibile realizzare il prodotto richiesto dal cliente. La creazione degli stampi è affidata a fornitori esterni e, oltre ad essere costosa per l'azienda, ha tempi di realizzazione lunghi (dai 6 ai 12 mesi). Diventa, dunque, fondamentale in fase di programmazione della produzione intercettare i picchi e utilizzare in maniera ottimale gli stampi, senza ricorrere alla creazione di un nuovo stampo per aumentare la capacità produttiva. Bisogna, inoltre, controllare periodicamente gli stampi per evitarne l'usura, quest'ultima, di conseguenza, potrebbe portare rallentamenti in fase di estrazione del pezzo e un peggioramento sulla qualità degli stampati.

La saturazione delle macchine

La saturazione delle macchine è il risultato della somma dell'occupazione di ogni stampo sui bracci disponibili del macchinario di stampaggio. Ogni stampo ha il suo valore di occupazione (0,08;0,125;0,16; 0,25; 0,33; 0,50) e la somma di questi non deve mai superare 3, se la macchina presa in considerazione è dotata di tre bracci, 4 se i bracci della pressa analizzata sono quattro.

$$0 \leq \text{Saturazione macchina} \leq 4$$

Saturare al massimo la macchina è rischioso per l'azienda, soprattutto per lo stampaggio rotazionale, il cui contributo della manodopera è fondamentale nella produzione e nel funzionamento dei macchinari. Le variabili umane, quindi, incidono molto sull'andamento del processo. Avere una saturazione della macchina al di sopra del 85%, infatti, porterebbe un sovraccarico per gli operatori che, non riuscendo a stare ai ritmi della macchina, rallenterebbero il processo accumulando ritardi e facendo lavorare in maniera inefficiente la pressa, con conseguente spreco di energia e gas.

Il fabbisogno di manodopera

La maggior parte delle lavorazioni e dei procedimenti caratteristici dello stampaggio rotazionale sono ancora svolti manualmente dagli operatori con il contributo di macchinari ed attrezzature che, però, non sono completamente automatizzate. La manodopera è, quindi, fondamentale per Rototech sia per la fase di stampaggio (sbavatura, carico/scarico macchina, cambio stampi, gestione dei bracci in fase di riscaldamento e raffreddamento) che per quella di finitura (alesatura, foratura, taglio, collaudo, pulizia, lucidatura e imballo).

Anche per il calcolo del fabbisogno di manodopera il programmatore e il responsabile delle risorse umane utilizzano un foglio di calcolo che viene aggiornato manualmente ogni mese.

Vengono inizialmente calcolate, per ogni mese, le ore necessarie per completare gli ordini richiesti dai clienti (Ore portafoglio ordini) utilizzando la formula:

$$\text{Ore portafoglio ordini } (h) = Q. \text{tà pezzi richiesti} \cdot T_{\text{ciclo per pezzo}}$$

Le ore dedicate allo stampaggio e alla finitura, inoltre, sono trattate separatamente. Per ottenere il fabbisogno di ore giornaliere (per lo stampaggio e per la finitura), le ore mensili vengono suddivise per i giorni lavorativi presenti nel mese considerato. Viene, infine, ricavato il fabbisogno di MDO giornaliera sia per lo stampaggio che per la finitura dividendo il fabbisogno di ore giornaliere per 7,25 (il netto delle ore lavorate per ogni turno).

$$Fab.MDO_{tot.giorno} = \frac{Fab.MDO_{st.giorno}}{7,25} + \frac{Fab.MDO_{fin.giorno}}{7,25}$$

	OTTOBRE		NOVEMBRE		DICEMBRE	
	Stampaggio	Finitura	Stampaggio	Finitura	Stampaggio	Finitura
giorni lavorativi	23	23	21	21	20	20
Ore portafoglio ordini	4363	5742	4363	5742	4363	5742
	43%	57%	43%	57%	43%	57%
Calcolo Fabbisogno MDO						
Fabbisogno Ore giorno (nette)	190	250	208	273	218	287
Fabbisogno MDO giorno	26	34	29	38	30	40
Fabbisogno MDO giorno (TOTALE)		61		66		70
Presenze in RTT TOT alla data	54	71	54	71	54	71
		125		125		125
Maggiorazioni						
Ferie e permessi	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Maggiorazione per ferie e permessi	1,6	2,1	1,6	2,1	1,6	2,1
Prestiti (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Maggiorazione per Prestiti	1,6	2,1	1,6	2,1	1,6	2,1
Mutua mese (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Maggiorazione Mutua	2,2	2,8	2,2	2,8	2,2	2,8
Legge 104 (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Maggiorazioni per Legge 104	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7
Ferie pianificate (%)	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Maggiorazione ferie pianificate	4,9	6,4	4,9	6,4	4,9	6,4
totale assenti	11	14	11	14	11	14
	20%	20%	20%	20%	20%	20%
TOT MDO Disponibile	43	57	43	57	43	57
		100		100		100
Efficienza mese(%)	60%	50%	60%	50%	60%	50%
perdita per efficienza	17	28	17	28	17	28
Straordinari	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6
Fabbisogno MDO lordo	54	76	56	80	58	82
		130		136		139

Tabella 4: procedimenti per calcolare il fabbisogno di MDO giornaliera netta e lorda all'interno dell'azienda.

Al fabbisogno di manodopera netta giornaliera, però, viene aggiunto altro personale per sopperire ad eventuali assenze e prestiti che potrebbero verificarsi nel corso del mese analizzato. Il numero di operatori da aggiungere viene deciso osservando le motivazioni principali di assenteismo e delle percentuali fisse, stabilite dall'azienda, di personale che potrebbe essere coinvolto in esse ogni giorno, come mostrato nella Tabella 4. Le principali cause di assenza del personale riscontrate in azienda sono: ferie e permessi (che incidono per il 3% sulla maggiorazione della manodopera netta giornaliera), prestiti ad altri enti (3%), mutua (4%), operatori e impiegati con Legge 104 (1%) e ferie pianificate (9%). L'aggiunta del personale, però, comporta una perdita di efficienza per lo stabilimento, in quanto gli operatori non saranno completamente saturi. Il fabbisogno di MDO lorda giornaliera, infine, viene calcolata sommando il fabbisogno di MDO netta giornaliera, il totale degli assenti secondo le motivazioni prese in considerazione, la perdita per efficienza e il personale necessario per svolgere gli straordinari.

10. LA RACCOLTA DEI DATI DI PRODUZIONE

Una volta decisi quali codici produrre, le loro quantità, su quali macchine devono essere stampati, i loro tempi di lavorazione e il materiale da utilizzare, si possono iniziare le operazioni manifatturiere. In questa fase, oltre agli operatori che si occupano fisicamente della produzione, sono fondamentali le figure del capoturno e dei joker. I primi hanno il compito di organizzare il turno di lavoro e le postazioni di stampaggio e finitura, assegnando ad ogni macchina e ad ogni linea/banco gli operatori che ritiene più adatti ad un determinato tipo di operazione. Per il controllo e la gestione delle attività all'interno dello stabilimento il capoturno è affiancato dai joker, i quali si occupano di rifornire di strumenti e componenti le postazioni di lavoro e di monitorare l'andamento delle attività nel turno.

La raccolta dei dati è molto importante per controllare l'andamento della produzione dell'azienda, soprattutto in Rototech dove le macchine non sono

ancora completamente automatizzate e, fino al momento dell'inserimento del MES, non esisteva un sistema per la tracciabilità dei semilavorati.

Le informazioni riguardanti le fasi di stampaggio e di finitura, trattate separatamente, vengono inserite manualmente dall'operatore assegnato alla macchina o al banco di finitura. L'operatore ha, dunque, il compito, durante il suo turno di lavoro, di compilare un foglio prestampato di denuncia e autocontrollo (in fase di stampaggio o in finitura) in cui vengono dichiarati i codici dei pezzi prodotti, le quantità e il tempo impiegato in attività non produttive. A fine turno i fogli prestampati devono essere consegnati al capoturno che dovrà controllarli e verificarne la veridicità.

STAMPAGGIO

Gli operatori addetti allo stampaggio, durante il turno di lavoro, hanno il compito di compilare un foglio prestampato di "Denuncia di stampaggio e autocontrollo in produzione" costituito da quattro parti, come mostrato nella figura di seguito.

rototech group		DENUNCIA DI Stampaggio e Autocontrollo in produzione				MD_PRO_02 rev.07	Verifica C.T.																																																																																																																																																																																																																																															
Data: 00/00/00		Ore: Squadra 1	Firme	Ore: Squadra 2 (cambio)	Firme	Data: 01/04/16																																																																																																																																																																																																																																																
Macchina: 02600 A	Turno: 1	ROSSI		VERDI																																																																																																																																																																																																																																																		
		BIANCHI																																																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Braccio</th> <th>Stampi</th> <th>Pezzi</th> <th>Braccio</th> <th>Stampi</th> <th>Pezzi</th> <th>Braccio</th> <th>Stampi</th> <th>Pezzi</th> <th>Braccio</th> <th>Stampi</th> <th>Pezzi</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>Codice Num</th> <th>OK NC</th> <th>2</th> <th>Codice Num</th> <th>OK NC</th> <th>3</th> <th>Codice Num</th> <th>OK NC</th> <th>4</th> <th>Codice Num</th> <th>OK NC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>G04542000</td> <td>XX</td> <td>Temperatura</td> <td></td> <td></td> <td>Temperatura</td> <td></td> <td></td> <td>Temperatura</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>300 °C</td> <td>H03702000</td> <td>XX</td> <td>300 °C</td> <td></td> <td></td> <td>300 °C</td> <td></td> <td></td> <td>300 °C</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tempi ciclo</td> <td>H03682000</td> <td>XX</td> <td>Tempi ciclo</td> <td></td> <td></td> <td>Tempi ciclo</td> <td></td> <td></td> <td>Tempi ciclo</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>G06102000</td> <td>X</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi	1	Codice Num	OK NC	2	Codice Num	OK NC	3	Codice Num	OK NC	4	Codice Num	OK NC	Temperatura	G04542000	XX	Temperatura			Temperatura			Temperatura			300 °C	H03702000	XX	300 °C			300 °C			300 °C			Tempi ciclo	H03682000	XX	Tempi ciclo			Tempi ciclo			Tempi ciclo			15	G06102000	X	15			15			15			15			15			15			15			15			15			15			15																																																																																																																																																	
Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi	Braccio	Stampi	Pezzi																																																																																																																																																																																																																																											
1	Codice Num	OK NC	2	Codice Num	OK NC	3	Codice Num	OK NC	4	Codice Num	OK NC																																																																																																																																																																																																																																											
Temperatura	G04542000	XX	Temperatura			Temperatura			Temperatura																																																																																																																																																																																																																																													
300 °C	H03702000	XX	300 °C			300 °C			300 °C																																																																																																																																																																																																																																													
Tempi ciclo	H03682000	XX	Tempi ciclo			Tempi ciclo			Tempi ciclo																																																																																																																																																																																																																																													
15	G06102000	X	15			15			15																																																																																																																																																																																																																																													
15			15			15			15																																																																																																																																																																																																																																													
15			15			15			15																																																																																																																																																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (min)</th> <th>START</th> <th>15</th> <th>30</th> <th>45</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Braccio 1</td> <td>13.55</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Braccio 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Braccio 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Braccio 4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Tempo (min)	START	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	Braccio 1	13.55																			Braccio 2																				Braccio 3																				Braccio 4																																																																																																																																																														
Tempo (min)	START	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45																																																																																																																																																																																																																																			
Braccio 1	13.55																																																																																																																																																																																																																																																					
Braccio 2																																																																																																																																																																																																																																																						
Braccio 3																																																																																																																																																																																																																																																						
Braccio 4																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cause di fermo</th> <th>15</th> <th>30</th> <th>45</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cambio squadra</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bypass</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fermata voluta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cambio stampi</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pulizia stampo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Guasto Stampo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Guasto Macchina</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Attesa polvere</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Attesa comp.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Controlli a ciclo</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Cause di fermo	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	Cambio squadra																				Bypass																				Fermata voluta																				Cambio stampi																				Pulizia stampo																				Guasto Stampo																				Guasto Macchina																				Attesa polvere																				Attesa comp.																				Controlli a ciclo																																							
Cause di fermo	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45																																																																																																																																																																																																																																				
Cambio squadra																																																																																																																																																																																																																																																						
Bypass																																																																																																																																																																																																																																																						
Fermata voluta																																																																																																																																																																																																																																																						
Cambio stampi																																																																																																																																																																																																																																																						
Pulizia stampo																																																																																																																																																																																																																																																						
Guasto Stampo																																																																																																																																																																																																																																																						
Guasto Macchina																																																																																																																																																																																																																																																						
Attesa polvere																																																																																																																																																																																																																																																						
Attesa comp.																																																																																																																																																																																																																																																						
Controlli a ciclo																																																																																																																																																																																																																																																						
		Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore	Firma	N°operatore																																																																																																																																																																																																																																			
		BIANCHI	18																																																																																																																																																																																																																																																			

Figura26: Scheda di denuncia di stampaggio e autocontrollo in produzione compilata dagli operatori assegnati alle macchine. [5]

- 1) Caselle per l'inserimento della data di compilazione, la macchina su cui si sta lavorando, il turno e i nomi delle persone che compongono la squadra principale (Squadra 1) assegnata alla pressa per quel giorno. Sono inseriti, inoltre, i nomi degli operatori assegnati ad altre operazioni ma che, durante le ore di lavoro, hanno dato il cambio alla macchina (Squadra 2). Sia per i componenti della Squadra 1 che per quelli della Squadra 2 viene richiesto di precisare le ore lavorative impiegate su una determinata postazione, in quanto non vi è altro modo per ricostruirne gli spostamenti e calcolare in maniera meno approssimativa l'efficienza dell'operatore.
- 2) Per ogni braccio della macchina vengono inseriti i parametri caratteristici: temperatura e tempi ciclo (forno, pre-raffreddamento e raffreddamento). Vengono, inoltre, trascritti i codici prodotti e il numero di pezzi stampati per ogni codice (per ogni pezzo stampato viene inserita una X).
- 3) Per ogni braccio viene inserita l'ora di avvio e viene tracciata un segmento, lungo quanto il tempo ciclo inserito nella parte 2 (ogni quadratino ha un valore di 5 minuti), per indicare ogni bracciata che viene effettuata. Ad ogni bracciata dovrebbe corrispondere un pezzo prodotto, se invece le crocette inserite nella parte 2 non dovessero concordare con le bracciate inserite nella parte 3 allora i pezzi stampati sono stati valutati come scarto.
- 4) Elenco di attività improduttive che hanno rallentato la produzione e che non hanno permesso alla macchina di lavorare alla sua massima efficienza. L'operatore deve essere in grado di distinguere le problematiche riscontrate e di segnalare i tempi di inattività con un segmento, tenendo conto che ogni quadratino ha un valore di 5 minuti. Le attività improduttive più frequenti sono:
 - **Cambio squadra:** la squadra del turno successivo tarda ad arrivare;
 - **Bypass:** il braccio effettua il giro macchina ma non contiene alcuno stampo e, quindi, non viene prodotto alcun pezzo. Questo può avvenire

nel caso in cui un braccio sia rotto, per mancanza di materie prime e componenti oppure per la realizzazione di prototipi che hanno procedimenti e tempi ciclo diversi rispetto ai codici in produzione.

- **Fermata voluta:** programmata dalla manutenzione o per interventi delle case produttrici;
- **Cambio stampi:** attività necessaria ma non a valore aggiunto;
- **Pulizia stampi:** attività necessaria ma non a valore aggiunto;
- **Guasto stampo;**
- **Guasto macchina;**
- **Attesa polvere;**
- **Attesa componenti.**

FINITURA E IMBALLO

Gli operatori addetti alla finitura e all'imballo dei prodotti finiti, durante il turno di lavoro, hanno il compito di compilare un foglio prestampato di "Denuncia di finitura e autocontrollo" come quello mostrato nella figura di seguito.

OPERARIO:		TIMBRO:	DATA:	TURNO:	ORE PRESENZA:	BANCO DI FINITURA:														
ROSSI		18	00/00/00	1	8	6														
CODICE:	P.Z. ora	OPERAZIONE:	1*ORA		2*ORA		3*ORA		4*ORA		5*ORA		6*ORA		7*ORA		8*ORA		TOTALE	PZ SCARTO
			RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.	RIPARATI	CONF.		
G04540000	13	90	2	10	3	8													23	
H03702000	20	70					5	10		20	20		20	2	15		20		112	
Controlli previsti a ciclo				ROSSI		ROSSI		ROSSI		ROSSI		ROSSI		ROSSI						
TEMPO			5	10	15								10							
DIFETTO			9	9	4								9							
LAVORI NON A CICLO			TEMPO		OSSERVAZIONI:															
1	Selezione																			
2	Movimentazione e trasporti																			
3	Pulizia posto di lavoro																			
4	Attrezzaggio macchina																			
5	Recupero per mancanza materiale																			
6	Prove e prototipi																			
7	Mancanza energia elettrica																			
8	Manutenzione																			
9	Riparazioni																			
FIRMA OPERATORE: ROSSI																FIRMA CAPOTURNO:				

Figura 27: Scheda di Denuncia di finitura e autocontrollo compilata dall'operatore assegnato alla linea o al banco di finitura. [5]

DETTAGLIO OPERAZIONI DI VERSAMENTO

5	BENESTARE 1° PEZZO
10	SBAVATURA + FORATURA
15	CONFORMATURA / VERIFICA SU DIMA
20	COLLAUDO IN VASCA C/O STAMPAGGIO
25	DOSATURA POLVERI
30	PREFINITURA (PULIZIA INTERNA)
35	TIMBRATURA / STOCCAGGIO PROVV
40	ATTREZZAGGIO
50	TAGLIO SEGA CIRCOLARE
60	VARIE (PRE-MONTAGGIO FILTRI)
65	CARICO/SCARICO ROBOT
66	T.M. ROBOT
67	OP. FINITURA A ROBOT + IMBALLO
70	ALESATURA
80	MONTAGGIO
85	COLLAUDO IN VASCA C/O FINITURA
86	CONTROLLO DIMENSIONALE/INTERASSE
90	FINITURA
95	PREPARAZIONE E CHIUSURA IMBALLO
100	TEMPO FORNO STAMPAGGIO
110	LAVORAZIONE PEZZI E RITORNO C/O RTT
230	CARICO E SCARICO STAMPO
235	POKA YOKE PORTA INSERTI

Figura 28: Elenco delle operazioni di stampaggio e di finitura, ognuna di queste è identificata da un numero stabilito dall'azienda e dal responsabile tempi e metodi. Ogni postazione di lavoro è dotata di questo elenco, in modo da permettere all'operatore di compilare la propria scheda inserendo il numero corretto corrispondente all'operazione effettuata.

L'operatore deve inserire inizialmente il suo nome, il numero di matricola (timbro), la data di compilazione, il turno, le ore di presenza all'interno dello stabilimento e il banco o la linea di finitura su cui ha lavorato. Successivamente deve trascrivere i codici lavorati, la quantità dei pezzi da finire in un ora (calcolati in fase di programmazione ed inseriti nel piano di produzione) e le operazioni effettuate che in Rototech sono contrassegnate da un numero (identificazione stabilita dall'azienda e dal responsabile tempi e metodi) ad esempio il numero 70 corrisponde all'operazione di alesatura, mentre il 90 alla finitura. Ogni ora, l'operatore deve tenere il conto sia dei pezzi buoni che ha confezionato, inserendo la quantità nell'apposita casella, sia dei pezzi che ha

riparato inserendoli nella casella successiva. A fine turno (generalmente 8 ore) il lavoratore deve inserire, infine, la somma dei pezzi di scarto prodotti e dei pezzi buoni confezionati da inserire a magazzino.

All'interno della scheda si può notare l'elenco delle operazioni non a ciclo che vengono riscontrate più frequentemente in azienda. Si tratta, dunque, di attività non a valore aggiunto che penalizzano la produzione e intaccano negativamente l'efficienza della linea/banco di finitura (tempo improduttivo). L'operatore deve essere in grado di distinguere le problematiche riscontrate e di segnalare i tempi di inattività all'interno dell'apposita casella.

Le operazioni non a ciclo più frequenti sono:

- **Selezione:** monitorare i codici stampati, selezionare solo i pezzi buoni su cui fare le attività di finitura e rimuovere dalla cesta gli scarti, operazione che dovrebbe essere svolta già in fase di stampaggio.
- **Movimentazione e trasporti:** l'operatore è costretto a spostarsi o a trasportare del materiale all'interno dello stabilimento per poter effettuare tutte le operazioni di finitura necessarie, questo, però, toglie del tempo alle attività produttive.
- **Pulizia del posto di lavoro:** attività necessaria ma non a valore aggiunto.
- **Attrezzaggio:** l'operatore prima di iniziare le attività di finitura non ha a disposizione tutti gli strumenti necessari sul banco di lavorazione e quindi deve procurarseli andando a chiedere al capoturno e ai joker. L'attrezzaggio, inoltre, è frequente nel caso in cui le operazioni di finitura siano affidate ai robot. Questi ultimi, per portare a termine le lavorazioni su codici differenti, infatti, hanno bisogno di cambi maschera e sostituzione dei posaggi, effettuate dall'operatore in tempi prestabiliti.
- **Recupero per mancanza materiale:** l'operatore prima di iniziare le attività di finitura non ha a disposizione tutto il materiale necessario sulla postazione di lavoro e deve recuperarlo all'interno dello stabilimento.

- **Prove e prototipi:** quando i pezzi lavorati dall'operatore non sono destinati alla produzione/vendita ma alla prototipia o alle prove per il miglioramento del processo produttivo. Il tempo impiegato per queste attività non viene considerato improduttivo, in quanto si tratta di operazioni a valore aggiunto per il prodotto e per l'azienda.
- **Mancanza di energia elettrica:** causa l'inutilizzo della maggior parte di strumenti e attrezzature utili alle attività di finitura.
- **Manutenzione:** operazione svolta in particolare sui robot, solitamente in caso di malfunzionamenti o fermi macchina. Per l'organizzazione della produzione, sarebbe opportuno, però, che le manutenzioni fossero programmate in modo da riuscire a prevenire il più possibile i guasti ed evitare di interrompere bruscamente la produzione, ricorrendo spesso alle lavorazioni manuali più lunghe e dispendiose.
- **Riparazioni:** tentativi di recupero di un pezzo di scarto o estrazione di componenti da un pezzo di scarto per poterle riutilizzare. Le riparazioni, in particolare, sono l'operazione non a ciclo più frequente in Rototech. La percentuale più alta di scarti viene prodotta in fase di stampaggio a causa del non rispetto dei tempi ciclo di riscaldamento/raffreddamento e dall'usura degli stampi.

Il capoturno, inizialmente, aveva il compito di controllare le schede e di confrontarle con i dati reali, però non era stimolato a fare queste attività a fine turno, in quanto nessuno si occupava di raccogliere e analizzare i dati provenienti dalle schede di denuncia e autocontrollo. Era, dunque, impossibile ricavare i dati di efficienza delle singole macchine, delle linee/banchi di finitura e dei singoli operatori. Era altrettanto difficile andare ad individuare le criticità di ogni postazione di lavoro, seguirne l'andamento e poter elaborare valide soluzioni per poter intervenire e migliorare il processo produttivo. Nel mese di settembre, infatti, lo stabilimento ha raggiunto il suo valore minimo di efficienza media globale (49%) e non si riusciva a risalire alle problematiche principali per poi individuarne la causa origine.

L'efficienza globale giornaliera di stabilimento era l'unico dato che poteva essere calcolato, grazie all'utilizzo del sistema di gestione della produzione AX e calcolata con la seguente formula:

$$Efficienza\ organico = \frac{h_{versate}}{Organico\ produttivo \cdot h_{lavorabili}}$$

Dove le ore versate ($h_{versate}$) sono quelle riferite ai pezzi buoni a magazzino usando il tempo ciclo necessario a produrli, l'organico produttivo è il totale della MDO diretta, presente in stabilimento e impiegata nella produzione, e la MDO assente (mutua, ferie, legge 104, permessi ecc.) e le ore lavorabili ($h_{lavorabili}$) per ogni turno che sono $7,25h = 8h - 30$ min di pausa pranzo - 15 minuti di pausa.

11. DIFFICOLTÁ E PROBLEMATICHE RISCONTRATE

Il metodo, descritto nei paragrafi precedenti, e utilizzato per la pianificazione, la programmazione e la raccolta dei dati di produzione è dispendioso, incompleto e impreciso per uno stabilimento di medie dimensioni come quello di Rototech a San Gillio, nel quale vengono prodotti oltre 1000 differenti tipologie di articoli per veicoli industriali e all'interno del quale possiamo trovare 14 macchine di stampaggio rotazionale (tradizionali e automatiche), 3 robot, 11 linee di lavorazione e 19 banchi di finitura.

Per quanto riguarda la parte di creazione dei piani di produzione la difficoltà principale è quella di andare ad identificare ogni settimana, in vista degli ordini clienti, quanti pezzi di determinati codici sono stati finiti, quanti sono stati solo stampati e quanti ancora devono essere stampati. Questa operazione viene svolta manualmente dal programmatore, che deve ispezionare le ceste dei semilavorati e contare uno ad uno i pezzi contenuti. Oltre ad impiegare molto tempo, chi si occupa di programmazione, in questo modo, può facilmente commettere errori nel conteggio.

Una problematica rilevante, inoltre, in fase di pianificazione è quella della sola tracciabilità dei prodotti finiti. Infatti solo nel momento in cui il prodotto viene

finito, imballato e inserito all'interno del magazzino dei prodotti finiti vengono scaricati i componenti e la polvere dal magazzino delle materie prime, che quindi non viene aggiornato in tempo reale ma in ritardo. Il materiale registrato non è, dunque, completamente disponibile e presente fisicamente all'interno del magazzino ma già utilizzato, magari, per la produzione degli stampati non ancora finiti e versati nel magazzino PF. Questo, inoltre, comporta un ritardo nel riordino dei componenti e della polvere, che nel tempo ha causato dei problemi alla produzione per mancanza di materiale, causando anche un aumento dei costi sia per quanto riguarda l'approvvigionamento (urgenza, ordini grandi all'improvviso) che per i ritardi nelle consegne al cliente.

Un'ulteriore problematica riguarda, invece, la programmazione della produzione e il fatto che essa venga svolta manualmente dal programmatore con l'aiuto di tabelle e fogli di calcolo. La programmazione rappresenta la base per organizzare le operazioni fisiche di produzione e deve essere precisa ed efficace nell'ottimizzazione dei tempi e degli spazi per raggiungere le quantità necessarie richieste dagli ordini dei clienti. Con questo metodo, invece, la programmazione può essere facilmente influenzata dalla variabile umana e, quindi, soggetta ad imprecisioni dovute ad arrotondamenti e ad approssimazioni sui dati utilizzati. Le conseguenze di questo metodo ricadono specialmente sul caricamento macchine (bracci caricati troppo o troppo poco, macchine che non lavorano a pieno regime, sbilanciamento dei bracci, cambi stampo frequenti), sulla saturazione uomo (sbilanciamento di saturazione tra operatori su postazioni diverse) e sul costo dell'energia (spreco di gas metano ed elettricità).

Per quanto riguarda, invece, la raccolta dei dati di produzione si possono identificare diverse problematiche:

- Raccolta manuale dei dati tramite scheda cartacea di denuncia e autocontrollo. Alcuni operatori non sono in grado di compilarla in modo corretto (inesattezze, mancanza di informazioni importanti, poca chiarezza nella scrittura, interpretazione delle operazioni). Alcuni non la consegnano al capoturno alla fine del turno di lavoro, altri la

perdono. In questo modo le informazioni risultano mancanti, alterate e inesatte.

- La valutazione e la raccolta dell'insieme dei dati che vengono forniti sono approssimati in quanto scritti a mano dall'operatore con metodo di autovalutazione.
- La compilazione della scheda di denuncia e autocontrollo impiega del tempo che potrebbe essere dedicato, invece, ad attività produttive.
- La scheda è riferita ad una operatore, ma in alcune linee possono lavorare fino a due operatori, le operazioni che svolgeranno avranno tempi assegnati diversi provocando uno sbilanciamento nella saturazione uomo nelle linee e un impiego inefficiente del tempo a disposizione (se uno dei due compie un'operazione che richiede più tempo l'altro operatore aspetta).
- L'operatore non inserisce nelle apposite caselle tutte le operazioni, non si riesce a capire, dunque, se possa essere una dimenticanza o se quelle operazioni sono state svolte da un altro collega.
- Non tutte le operazioni necessarie per la finitura di un articolo hanno un tempo assegnato, questo accade perché non sono stati aggiornati i tempi ciclo di lavorazione. Il tempo, spesso, all'interno di AX viene assegnato interamente alle operazioni finali (90-finitura e 95-imballo). L'aggiornamento del ciclo di lavorazione e dei tempi assegnati dovrebbe essere fatto dopo ogni cambiamento e spostamento avvenuto sulla postazione di lavoro. Il mancato aggiornamento, inoltre, porta ad un calcolo inesatto delle quantità obiettivo che una macchina, una linea o un banco di finitura potrebbero produrre ogni ora.
- I dati derivanti dalle schede di denuncia e autocontrollo, fino al mese di settembre, non erano registrati e non veniva, quindi, calcolata l'efficienza delle singole macchine, linee e dei singoli operatori. In questo modo non si riusciva a risalire alle cause che portavano ad un certo valore di efficienza globale. Non individuando le aree critiche di stabilimento, non si era neanche in grado di proporre soluzioni ed

intervenire sui problemi per migliorare la situazione globale dell'azienda.

Per risolvere le principali problematiche organizzative dovute alla mancanza di un sistema automatizzato di raccolta e registrazione dati e di tracciabilità dei semilavorati, la Rototech s.r.l. ha deciso di introdurre il Manufacturing Execution System nello stabilimento di San Gillio. Per la costruzione e l'inserimento di un sistema MES efficace sono state necessarie delle azioni propedeutiche di:

- Registrazione dei dati e valutazione dell'efficienza delle macchine di stampaggio e delle linee di finitura, partendo da quelle più importanti per la produzione aziendale;
- Segnalazione delle aree critiche con proposte di miglioramento e possibili soluzioni da adottare per interventi futuri;
- Revisione dei cicli di lavorazione e dei tempi assegnati per inserire nel sistema dati aggiornati e corrispondenti alla realtà produttiva;
- Analisi del flusso produttivo e dei KPI necessari per raggiungere gli obiettivi imposti dall'azienda;
- Organizzazione e coordinamento del lavoro con un'azienda informatica incaricata di costruire il codice del sistema MES e installarlo all'interno dell'azienda nel rispetto dei vincoli imposti dalla tecnologia dello stampaggio rotazionale e dei parametri dettati dall'Industria 4.0.

AZIONI PROPEDEUTICHE NECESSARIE PER L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES IN AZIENDA

12. REGISTRAZIONE E VALUTAZIONE DEI DATI DI EFFICIENZA

L'inserimento manuale dei dati di produzione (stampaggio e finitura) è il primo passo per effettuare un calcolo, sebbene approssimativo, dell'efficienza delle singole macchine e delle singole postazioni di finitura. Controllando quotidianamente i dati, infatti, gli operatori e il capoturno sono stimolati a compilare le schede nella maniera più corretta possibile, cercando di avere sempre un riscontro con la realtà dell'azienda. L'analisi dei dati, inoltre, ha permesso di individuare le aree critiche e le cause che hanno portato a determinati risultati di efficienza. Una valutazione più approfondita e sistematica nel tempo potrebbe portare alla risoluzione delle cause origine delle problematiche principali di Rototech, riuscendo ad ottenere miglioramenti sulla qualità e sull'efficienza dell'azienda.

I dati delle schede di denuncia e autocontrollo, dalla prima settimana di ottobre 2018, sono stati registrati quotidianamente utilizzando tabelle pivot e fogli di calcolo. Le informazioni di stampaggio e finitura sono state registrate su file diversi, in quanto i dati disponibili da ricavare dalle schede sono differenti per le due fasi. L'obiettivo della registrazione è quello di monitorare le fasi di lavorazione dello stabilimento di San Gillio, di ricavarne i dati di efficienza per ciascuna macchina e ciascuna linea di finitura e individuare le aree critiche su cui elaborare un piano d'azione e intervenire per un miglioramento. Si tratta di un'azione che con l'inserimento e l'implementazione del MES su tutto lo stabilimento verrà automatizzata completamente, risparmiando tempo per la compilazione delle schede agli operatori, tempo per la registrazione dei dati al computer e per il calcolo delle efficienze.

L'attività di registrazione dati è stata molto importante per comprendere a pieno le dinamiche del processo produttivo, le lavorazioni, le caratteristiche e i punti

deboli dello stabilimento. Aver ben chiare le fasi e le caratteristiche del processo tradizionale, inoltre, ha reso più semplice definire gli obiettivi e le necessità di un sistema MES, che ha il compito di svolgere in maniera automatizzata e precisa questo lavoro. La conoscenza delle macchine e delle postazioni di finitura è stata, dunque, fondamentale per la definizione del metodo di lavoro adottato per la creazione del sistema MES, il suo inserimento e la sua futura implementazione all'interno dello stabilimento.

12.1. EFFICIENZA MACCHINE

Per la registrazione dei dati delle schede di stampaggio e il calcolo dell'efficienza delle singole macchine è stata utilizzata una tabella in cui dovevano essere inseriti: il numero del turno (1,2,3), la data, il numero della settimana, il mese, la macchina, la tipologia di macchina (tradizionale o automatica), il team che ha lavorato quel giorno sulla macchina (può essere composto da una o al massimo tre persone in base al carico delle macchine), il numero degli stampi montati sulla macchina, le bracciate effettuate all'interno del turno dalla squadra (bracciate reali, ricavate dal conteggio dei segmenti disegnati dall'operatore nella tabella di riferimento all'interno della scheda di denuncia di stampaggio e autocontrollo in produzione), il tempo ciclo di lavorazione della macchina (somma dei tempi forno dei bracci e dei minuti di transazione degli stessi), il tempo disponibile (minuti) e il tempo effettivamente lavorato (minuti) e, infine, il numero di bracciate massimo che la macchina potrebbe effettuare in un turno:

$$Bracciate\ potenziali = \frac{T_{disponibile\ nel\ turno}}{T_{ciclo\ macchina}} \cdot N_{bracci\ macchina}$$

Il tempo effettivamente lavorato, inoltre, veniva calcolato sottraendo dal tempo disponibile in un turno (generalmente 8h = 480 min, ma può essere meno se la macchina non lavora per l'intero turno) i minuti impiegati in attività improduttive (cambio squadra, ritardo carico/scarico, cambio stampi, pulizia, guasto stampi, guasto macchina, attesa polvere e componenti).

Veniva, infine, ricavata l'efficienza di ogni macchina nel turno confrontando le bracciate realmente effettuate dalla macchina nel turno con quelle potenziali.

$$\text{Efficienza macchina per turno (\%)} = \frac{\text{bracciate reali}}{\text{bracciate potenziali}} \cdot 100$$

Turno	Giorno	Settimana	Mese	Macchina	Tipo	TEAM	# stampi in macchina	# bracciate (Fatte)	Tempo ciclo (min)	# bracciate (Oby)	tempo Disponibile (Min)	tempo lavorato (Min)	Efficienza
1	10/12	50	12	M2600	TRAD	Bianchi-Rossi	15	19	84	23	480	415	83%
2	10/12	50	12	M2600	TRAD	Verdi-Neri	15	19	84	23	480	365	83%
3	10/12	50	12	M2600	TRAD	...	15	19	84	23	480	450	83%
1	10/12	50	12	M3200	TRAD	...	11	20	72	27	480	370	75%
2	10/12	50	12	M3200	TRAD	...	17	17	79	24	480	332	70%
3	10/12	50	12	M3200	TRAD	...	13	18	79	24	480	350	74%
1	10/12	50	12	Leo1	AUTO	Gialli	1	12	31	15	480	340	78%
1	10/12	50	12	Leo4	AUTO	...	2	15	30	16	480	480	94%
2	10/12	50	12	Leo4	AUTO	...	2	15	30	16	480	480	94%
3	10/12	50	12	Leo4	AUTO	...	2	14	30	16	480	470	88%
1	10/12	50	12	Leo5	AUTO	...	3	9	52	9	480	475	98%
2	10/12	50	12	Leo5	AUTO	...	3	9	52	9	480	470	98%
3	10/12	50	12	Leo5	AUTO	...	3	9	52	9	480	480	98%
1	10/12	50	12	SMART	AUTO	...	2	6	55	9	480	330	46%
2	10/12	50	12	SMART	AUTO	...	2	8	55	9	480	455	61%
3	10/12	50	12	SMART	AUTO	...	2	11	55	9	480	480	84%
1	10/12	50	12	M2800	TRAD	...	4	8	33	22	240	240	37%
2	10/12	50	12	M2800	TRAD	...	4	15	33	44	480	480	34%
3	10/12	50	12	M2800	TRAD	...	4	16	33	44	480	480	37%

Figura 29: Esempio del giorno 10/12/2018 tratto dal file utilizzato per la registrazione delle schede di denuncia di stampaggio e autocontrollo e per il calcolo dell'efficienza delle macchine presenti in stabilimento.

I risultati ottenuti venivano visionati e discussi settimanalmente con il Direttore di stabilimento, il capoturno, il responsabile della produzione e il programmatore. L'analisi dei dati è diventata fondamentale nel tempo, poiché ha dato la possibilità di confrontare l'andamento della produzione nel tempo e di fornire una fotografia dello stabilimento per ogni singola macchina di stampaggio. I dati di efficienza, infatti, rispecchiavano gli eventi sia positivi (interventi di manutenzione e ripristino dei bracci e miglioramenti sulle postazioni) che negativi (rottura di un braccio, guasto macchina, mancanza di energia elettrica) avvenuti in stabilimento.

Dall'analisi dei dati si può notare come l'andamento dell'efficienza media settimanale delle macchine di stampaggio, nelle settimane analizzate prima

dell'inserimento del sistema MES, dalla week 40 alla week 51 (dal 1/10/2018 al 21/12/2018) contenga dei valori che oscillano tra il 75% e l'85% d'efficienza.

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
75%	79%	78%	79%	82%	76%	76%	81%	85%	82%	76%	80%

Tabella 5: Contiene i valori dell'efficienza media delle macchine nelle settimane analizzate, i valori sono rappresentati nella Figura 30, che ne riassume l'andamento.

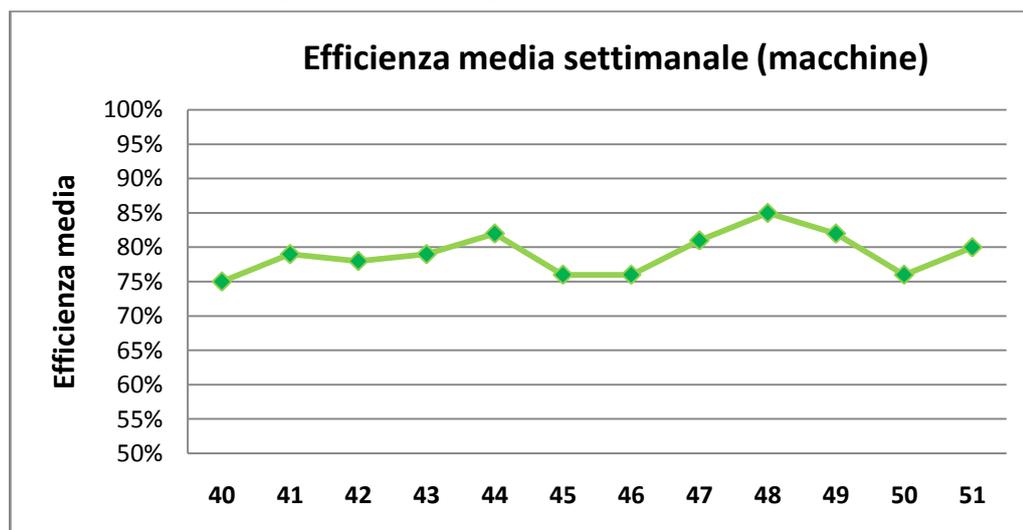


Figura 30: Grafico che rappresenta l'andamento dell'efficienza media settimanale delle macchine di stampaggio nello stabilimento Rototech di San Gillio. I dati elaborati sono quelli provenienti dalle schede di denuncia di stampaggio e autocontrollo compilati dagli operatori alla pressa.

I principali cali d'efficienza registrati sono dovuti a guasti e malfunzionamenti delle macchine automatiche (week 46 e 50) e tradizionali (week 45), ma anche a decisioni stabilite dal responsabile della produzione per ridurre il numero di semilavorati nello stabilimento e dedicare più personale alle operazioni di finitura (week 45). Si riportano, di seguito, i valori di efficienza suddivisi per tipologia di macchine, in modo da osservare nel dettaglio l'andamento delle macchine tradizionali e automatiche. Uno degli obiettivi principali dell'azienda è quello di migliorare le performance delle macchine di stampaggio riuscendo ad ottenere per le automatiche efficienza non inferiore al 90% e per le tradizionali valori superiori al 75%. Sarà necessario, inoltre, occuparsi di rendere stabili, in particolare, le efficienze delle automatiche, non troppo

affidabili nelle performance, ma fortemente incisive per l'andamento globale della produzione.

Sett.	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
AUTO	91%	90%	83%	94%	95%	83%	79%	86%	86%	83%	77%	84%
TRAD	67%	72%	76%	70%	74%	73%	75%	79%	84%	81%	75%	76%

Tabella 6: Contiene i valori dell'efficienza macchina settimanale, distinguendo le performance delle macchine automatiche e di quelle tradizionali. I valori sono rappresentati nella Figura 31, che ne riassume l'andamento.

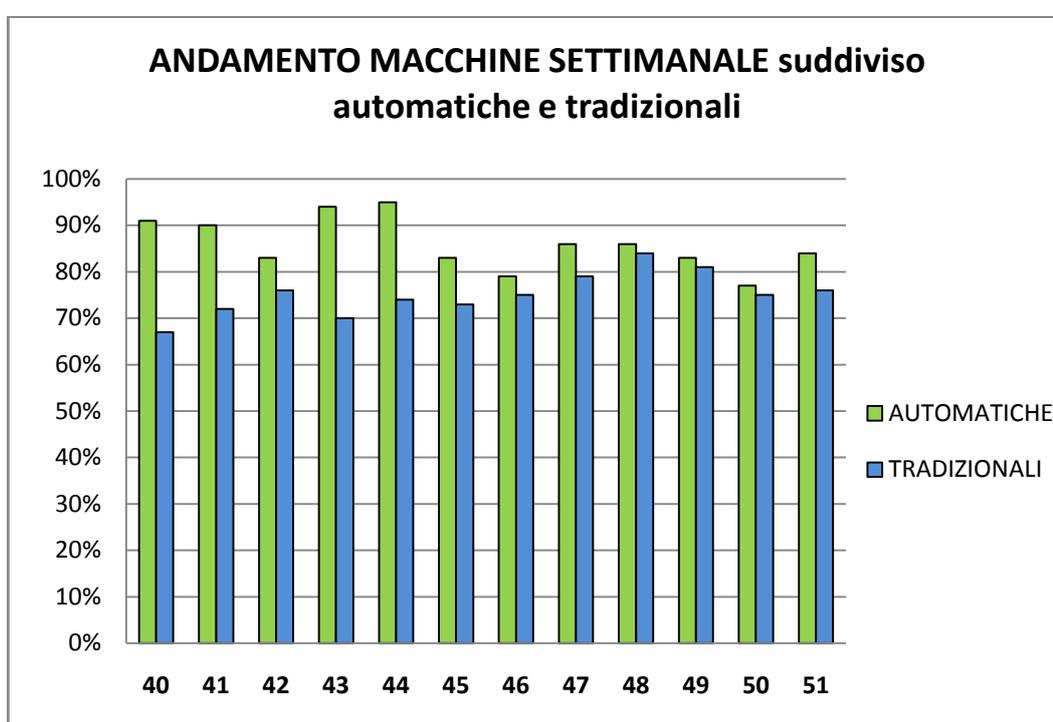


Figura 31: Grafico che rappresenta l'andamento dell'efficienza settimanale delle macchine di stampaggio, suddividendole in automatiche e tradizionali. Si possono, così, individuare le performance e le criticità per tipologia di macchina, che saranno diverse a seconda che si tratti di una macchina tradizionale o di una automatica.

La registrazione e l'analisi dei dati hanno permesso di individuare rapidamente le criticità, di capire se i problemi riscontrati sono "cronici"(macchina non performante, operatore non addestrato, metodo e organizzazione del lavoro non adeguati alla macchina) o "sporadici" (guasto macchina, guasto stampo, fermi programmati, cambio stampo, ritardi per carico/scarico).

Per ogni problema riscontrato, inoltre, si procedeva ad individuare la causa origine che aveva potuto scatenarlo utilizzando il "**metodo 4M**". Grazie a questo metodo, infatti, è possibile scomporre il problema identificando l'area sensibile tra le quattro categorie di cause, classificate secondo quattro diverse "M":

- Man: uomo, operatore. Lo stampaggio rotazionale è una tecnologia costituita ancora da numerose lavorazioni manuali ed è influenzata fortemente dalle variabili umane (addestramento, velocità, abilità e condizione psico-fisica dell'operatore);
- Method: metodologia utilizzata per le postazioni di lavoro (ordine delle operazioni, metodo di svolgimento delle attività, ciclo di lavoro);
- Material: tipo di materiale lavorato;
- Machine: caratteristiche tecniche delle macchine (capacità, tempi ciclo, stato di mantenimento delle parti).

Una volta identificate le macchine critiche (efficienza $\leq 80\%$) e individuate le cause dei problemi, si è deciso di stilare un piano d'azione che contenesse idee di miglioramento e possibili interventi per ottenere un aumento delle performance entro la metà del 2019.

12.2. EFFICIENZA FINITURA

Per la registrazione dei dati delle schede di finitura e il calcolo dell'efficienza delle linee e dei banchi di lavorazione è stata utilizzata una tabella in cui dovevano essere inseriti: la data, il numero della settimana, il mese, il turno (1, 2 o 3), il nome della linea o del banco su cui sta lavorando l'operatore, l'isola in cui linea/banco si trovano (divise in base alla tipologia di prodotto che viene lavorato: isola 1 per serbatoi carburante, isola 2 per tubi e condotti, isola urea per serbatoi urea), il nome dell'operatore, i minuti di presenza dell'operatore nel turno di lavoro (generalmente 8h = 480 minuti), l'articolo su cui vengono fatte

le operazioni di finitura (ogni articolo viene contrassegnato da un codice⁷), il tempo ciclo di finitura per le operazioni che l'operatore ha svolto sull'articolo, le ore lavorate nel turno (generalmente 8h), il numero di pezzi versati per ogni codice, il tempo totale dell'articolo (Tempo ciclo articolo · n° pezzi versati), il tempo totale lavorato (\sum Tempo totale articolo, per ogni tipologia di prodotto finito), il tempo improduttivo (minuti) e il tempo impiegato in altre attività (minuti).

Il tempo totale dell'articolo si basa sul numero delle operazioni che l'operatore inserisce nella scheda di denuncia di finitura e autocontrollo (se l'operatore omette delle operazioni o sbaglia a scriverle perderà punti di efficienza, in quanto non gli verranno attribuiti i minuti di lavoro per compierle).

Il tempo improduttivo, invece, è costituito dalla somma dei tempi (in minuti) segnalati dall'operatore per compiere attività non a valore aggiunto (selezione dei pezzi, riparazioni, movimentazioni, pulizia della postazione, attrezzaggio, recupero materiale e fermi per guasto) e che non gli hanno permesso di dedicare le ore di lavoro totalmente alla produttività. La segnalazione delle attività improduttive è fondamentale per effettuare un'analisi sullo stabilimento ed intervenire dove è necessario per migliorare le performance delle singole postazioni e dell'intero stabilimento.

L'operatore che svolge le attività di finitura può essere impiegato anche in attività che non sono a ciclo ma che sono produttive per l'azienda, per questo motivo il tempo che il lavoratore dedica ad esso viene sottratto al tempo

⁷Si considera la codifica dei prodotti finiti (prodotti di fabbricazione interna o esterna con tecnologia rotazionale). Il codice è composto da 9 posizioni alfa numeriche del tipo X YYYY ZHH W (esempio H06692003) dove:
X = carattere alfabetico che distingue il prodotto per famiglie e per dimensioni (E per serbatoi urea, G per tubi/snorkel di piccole dimensioni, H per tubi/snorkel di grandi dimensioni, A per serbatoi carburante fino a 150 litri ecc.);
YYYY = campo numerico che indica il numero progressivo assegnato alla nascita di un nuovo prodotto;
ZHH = campo numerico che indica lo stato di avanzamento in produzione dell'articolo (Z = 2 per prodotto stampato, Z = 3 prodotto robotizzato, Z = 0 per prodotto finito) e le varianti (HH);
W = campo numerico che indica l'esponente di modifica del prodotto.

disponibile nel turno, incidendo sull'efficienza dell'operatore. Le attività in questione sono:

- Training: formazione teorica e addestramento sul campo;
- Prove e prototipi: vengono fatte delle prove per migliorare il tempo ciclo e il metodo di lavoro sulle postazioni tradizionali e sui robot;
- Pause: che spettano all'operatore e che sono comprese nelle 8 ore lavorative;
- Cambi alla macchina: l'operatore di finitura avvia la macchina o aiuta l'addetto alla pressa nel momento di carico/scarico stampi.

L'efficienza, infine, viene calcolata per ogni operatore confrontando il tempo effettivamente lavorato con quello a disposizione dell'operatore nel turno di lavoro, depurato dal tempo impiegato per svolgere altre attività utili per l'azienda.

$$Efficienza\ per\ operatore\ (\%) = \frac{T_{tot.lavorato}}{h_{lavorate\ per\ turno} - T_{altre\ attività}} \cdot 100$$

Giorno	Settimana	Mese	Turno	Banco	Isola	Operatore	Presenza (Min)	Articolo	Tempo ciclo finitura	ore lavorate	pz versati	tempo totale articolo	tempo Lavorato (Min)	Improduttivo (Min)	Altre attività (Min)	eff. Turno
10/12	50	12	1	LIN8	Urea	Bianchi	480	E06550950	13,8	8	24	331,2	350	12	30	78%
10/12	50	12	1	-	-	Bianchi	480	E09940980	4,8	8	4	19,2	350	12	30	78%
10/12	50	12	1	LIN4	Urea	Verdi	480	E07710970	10,3	8	4	41,2	371	40	30	82%
10/12	50	12	1	-	-	Verdi	480	E05940980	10,3	8	24	247,2	371	40	30	82%
10/12	50	12	1	LIN8	Urea	Verdi	480	E06550950	3,0	8	24	72,0	371	40	30	82%
10/12	50	12	1	-	-	Verdi	480	E09940980	2,7	8	4	10,8	371	40	30	82%
10/12	50	12	2	BNC08	Isola 2	Rossi	480	M06630001	3,4	8	32	108,8	210	30	30	47%
10/12	50	12	2	BNC08	Isola 2	Rossi	480	L07700000	2,6	8	24	62,4	210	30	30	47%
10/12	50	12	2	BNC08	Isola 1	Rossi	480	G07390991	2,4	8	16	38,4	210	30	30	47%
10/12	50	12	2	ROBOTICOM	Isola 2	Gialli	420	G06650991	1,8	7	60	108,0	288	-	30	74%
10/12	50	12	2	ROBOTICOM	Isola 1	Gialli	420	H07920990	3,5	7	43	151,4	288	-	30	74%
10/12	50	12	2	ROBOTICOM	Isola 2	Gialli	420	G11910005	3,2	7	9	28,4	288	-	30	74%
10/12	50	12	3	ROBOTICOM	Isola 2	Neri	480	G06650991	1,8	8	94	169,2	347	95	30	77%
10/12	50	12	3	ROBOTICOM	Isola 1	Neri	480	H07920990	3,5	8	37	130,2	347	95	30	77%
10/12	50	12	3	ROBOTICOM	Isola 2	Neri	480	G11910005	3,2	8	15	47,3	347	95	30	77%
10/12	50	12	3	CASTIGLIONI	Urea	...	480	S06680003r	8,6	8	20	172,0	206	-	30	46%
10/12	50	12	3	BNC668	Urea	...	480	S06680003	8,6	8	4	34,4	206	-	30	46%

Figura 32: Esempio del giorno 10/12/2018 tratto dal file utilizzato per la registrazione delle schede di denuncia di finitura e autocontrollo e per il calcolo dell'efficienza degli operatori che lavorano sulle linee e sui banchi di finitura presenti in stabilimento.

Sono state monitorate, in particolare, le linee e i banchi di finitura dei prodotti high runner, con più incidenza sull'andamento dello stabilimento, e le postazioni dei robot, acquistati per velocizzare le operazioni di alesatura, taglio, assemblaggio e piantaggio anelli.

I risultati venivano visionati e discussi, come nel caso dei dati relativi alle macchine, in una riunione settimanale con il direttore di stabilimento, il responsabile di produzione e il programmatore. L'analisi delle informazioni ha permesso di individuare le postazioni critiche di stabilimento (postazioni sul robot 4 e robot 5) e alcune problematiche relative alla fase di finitura come il mancato aggiornamento dei cicli di lavorazione e dei tempi delle operazioni. Dalla registrazione dei dati, inoltre, sono emerse le attività improduttive più frequenti nel processo produttivo (movimentazione, riparazioni e attesa per mancanza di materiale) e per poter ridurre il loro impatto sulla produttività si è creato un piano d'azione con proposte e attività di miglioramento che coinvolgono sia il metodo produttivo (introduzione della richiesta di materiale automatizzata e non tramite foglietto o passaparola, interventi sugli stampi per ridurre le bave a monte della finitura, acquisto di essiccatore aggiuntivo per ridurre l'umidità del nylon e migliorare la qualità dei semilavorati in entrata sui banchi di finitura) che il layout dello stabilimento (posizionamento delle linee e dei banchi di lavoro in modo che l'operatore non debba muoversi e perdere tempo ogni volta che deve cambiare operazione).

Dall'analisi dei dati si può notare come l'andamento dell'efficienza media settimanale delle postazioni di finitura, nelle settimane analizzate prima dell'inserimento del sistema MES, dalla week 40 alla week 51 (dal 1/10/2018 al 21/12/2018) contenga dei valori che oscillano tra il 53% e il 79% d'efficienza.

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
53%	64%	64%	68%	71%	79%	70%	66%	69%	64%	64%	62%

Tabella 7: Contiene i valori dell'efficienza media delle linee/banchi di finitura e delle postazioni robot nelle settimane analizzate, i valori sono rappresentati nella Figura 33, che ne riassume l'andamento.

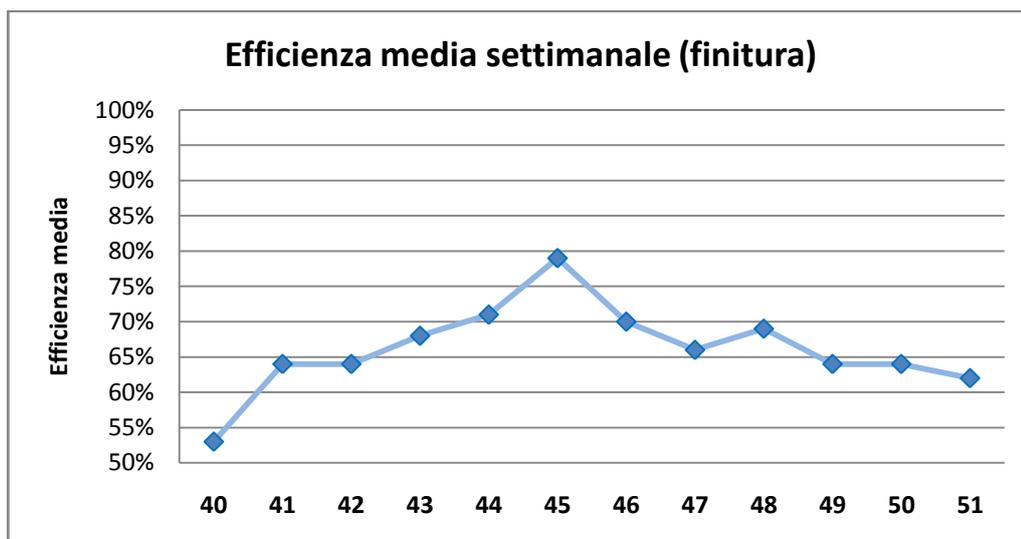


Figura 33: Grafico che rappresenta l'andamento dell'efficienza media settimanale delle postazioni di finitura nello stabilimento Rototech di San Gillio. I dati elaborati sono quelli provenienti dalle schede di denuncia di finitura e autocontrollo compilati dagli operatori alle linee/ai banchi e sulle postazioni robot.

Si può notare come l'andamento della fase di finitura sia più instabile rispetto a quello delle macchine, questo perché le operazioni di finitura sono molto condizionate da variabili umane legate alle caratteristiche dell'operatore. Compilare le schede correttamente, inserendo tutte le operazioni svolte nel turno, attribuisce al lavoratore un'efficienza più alta. Nella week 40, ad esempio, la compilazione delle schede veniva fatta con scarsa attenzione, molte informazioni richieste non venivano inserite e il numero delle operazioni spesso risultava errato o assente, per questo motivo l'efficienza media dello stabilimento è risultata poco al di sopra del 50%.

Dalla week 41, infatti, sono state impiegate delle ore per la formazione dei dipendenti e per ribadire le modalità di compilazione delle schede di denuncia e autocontrollo. Una maggiore attenzione all'inserimento dei dati e delle operazioni ha portato ad un miglioramento dell'efficienza di finitura globale dello stabilimento, seppure sia un miglioramento da verificare e confrontare con la produzione e la qualità dei prodotti.

Si può, inoltre, evidenziare un picco nella week 45, nella quale il responsabile della produzione ha penalizzato la fase di stampaggio per dedicare più tempo

alla finitura e smaltire i semilavorati accumulati in stabilimento. Dalla week 46 si è registrato, invece, un calo dell'efficienza media dovuta all'inserimento e al monitoraggio dei robot nuovi (Industria 4.0), con lo svolgimento e prove di metodo di produzione, tempi, ciclo di lavorazione e prodotti da realizzare.

Le variabilità nei turni, come evidenziato nell'immagine sottostante, non sono costanti ma dipendono dagli eventi che si presentano durante il turno, dal personale presente e dalla disponibilità di semilavorati, provenienti dallo stampaggio, da poter finire. Impatta molto, inoltre, l'organizzazione del turno che effettua il capoturno in base alla programmazione della produzione giornaliera ricevuta, egli, infatti, deve conoscere molto bene le caratteristiche di ogni suo operatore e riuscire ad assegnarlo ad una linea o ad un banco in cui potrà performare al meglio.

Sett.	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
T1	54%	63%	61%	66%	74%	79%	74%	63%	66%	65%	61%	59%
T2	55%	62%	67%	67%	68%	83%	66%	70%	74%	70%	62%	58%
T3	50%	67%	65%	72%	69%	76%	70%	65%	66%	66%	69%	70%

Tabella 8: Contiene i valori dell'efficienza settimanale delle linee/banchi di finitura e delle postazioni robot, distinguendo le performance per ogni turno di lavoro. I valori sono rappresentati nella Figura 34, che ne riassume l'andamento.

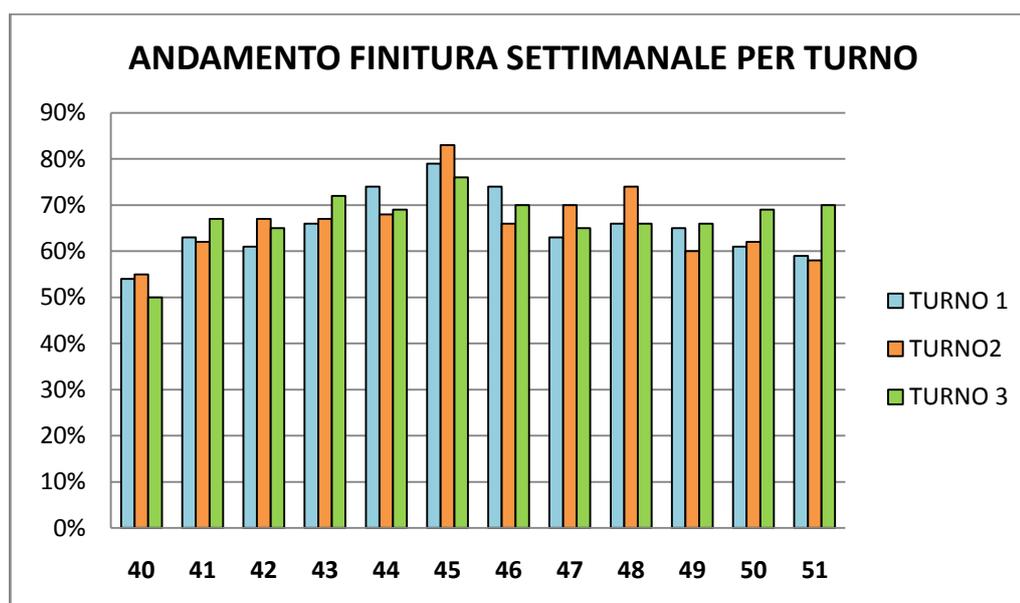


Figura 34: Grafico che rappresenta l'andamento dell'efficienza settimanale delle postazioni di finitura suddivise nei tre turni di lavoro.

Una lavorazione automatizzata, tramite l'utilizzo di robot di finitura, consente di svolgere velocemente più operazioni sul prodotto stampato. La difficoltà dell'operatore, in questo caso, è che ha la necessità di dover fare troppe riparazioni sul semilavorato prima di inserirlo all'interno del robot, in quanto quest'ultimo avvierà la lavorazione solo se riuscirà a riconoscere il codice tramite l'inserimento nel posaggio e solo se sarà privo di bave e difetti rilevanti. L'obiettivo dell'azienda è quello di diminuire la difettosità degli stampati, individuando la causa origine, con l'introduzione di un sistema di tracciabilità dei WIP (Manufacturing Execution System), ma anche quello di monitorare in modo preciso l'efficienza dei robot tramite collegamento al sistema MES che, a sua volta, comunica con il sistema di gestione della produzione aziendale (AX). Per adesso non è stato ancora previsto il controllo e la tracciabilità dei prodotti finiti sulle linee e sui banchi con lavorazione tradizionale, ma solo sugli stampati e sui prodotti finiti dai robot.

13. CONTROLLO E REVISIONE DEI CICLI DAI LAVORAZIONE

La registrazione e l'analisi dei dati ha permesso di individuare delle anomalie all'interno dello stabilimento, soprattutto per la fase di finitura, dove il contributo umano è fondamentale e predominante nelle lavorazioni, diversamente dalla fase di stampaggio dove le lavorazioni manuali sono condizionate comunque da parametri macchina da rispettare.

Le anomalie consistevano principalmente nel riscontrare su alcune linee e su alcuni banchi efficienze sistematicamente troppo alte (valori oltre il 100% di efficienza) o troppo basse (valori al di sotto del 30%). È stato, dunque, necessario un sopralluogo sulle linee interessate per verificare se le operazioni effettivamente svolte dall'operatore corrispondessero al ciclo di lavorazione esposto e se i tempi corrispondenti fossero cambiati. Una volta analizzati i passaggi compiuti esattamente da diversi operatori, è stato necessario individuare il procedimento ottimale da svolgere e, di conseguenza, i tempi giusti da attribuire ad ogni operazione.

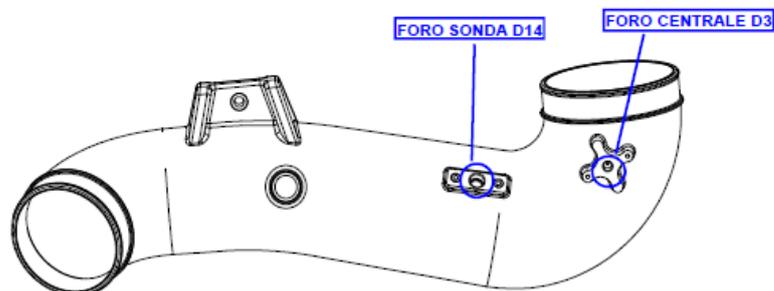


Figura 35: Immagine identificativa per il codice da lavorare seguendo le istruzioni riportate nel ciclo di finitura sottostante (Figura 36).

 rototech s.r.l. rotofrance s.a.r.l.		CICLO DI FINITURA		visto PRO: Mod. PRO 19 esp. 02																																					
Descrizione: CONDOTTO ARIA CON (SONDA)			Visto Resp. TM:		Codice: G04540000																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">COMPONENTI</th> </tr> <tr> <th>CODICE</th> <th>DESCRIZIONE</th> <th>QUANTITA'</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			COMPONENTI			CODICE	DESCRIZIONE	QUANTITA'																															SPINOLA		Disegno: A9445280007
COMPONENTI																																									
CODICE	DESCRIZIONE	QUANTITA'																																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 10%;">90</td> <td>FINITURA ED IMBALLO</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI		90	FINITURA ED IMBALLO	data di emissione: 06/09/05 data di revisione: 03/01/11 timbro:		timbro:																																
DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI																																									
90	FINITURA ED IMBALLO																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PARAMETRI LAMA CALDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 10%;"> </td> <td>TEMPERATURA 350° GRADI</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>TEMPO FUSIONE 0.6 " SECONDI</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>TEMPO SALD. 1.0 MINUTO</td> </tr> </tbody> </table>			PARAMETRI LAMA CALDA			TEMPERATURA 350° GRADI		TEMPO FUSIONE 0.6 " SECONDI		TEMPO SALD. 1.0 MINUTO	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>N.</th> <th>DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>ALESATRICE 1 e 2</td></tr> <tr><td>2</td><td>GANASCE AU0104015</td></tr> <tr><td>3</td><td>GANASCE AU1003011</td></tr> <tr><td>4</td><td>MASCHERA ALESATURA D119 ZG4540100</td></tr> <tr><td>5</td><td>MASCHERA ALESATURA D142 ZG4540200</td></tr> <tr><td>6</td><td>LUCIDO / FLAMMATRICE</td></tr> <tr><td>8</td><td>TRAPANO CON PUNTA D3</td></tr> <tr><td>9</td><td>TRAPANO CON PUNTA D14</td></tr> <tr><td>10</td><td>GRUPPO UTENSILE D 119</td></tr> <tr><td>11</td><td>GRUPPO UTENSILE D 142</td></tr> <tr><td>12</td><td>LAMA CALDA</td></tr> </tbody> </table>		N.	DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE	1	ALESATRICE 1 e 2	2	GANASCE AU0104015	3	GANASCE AU1003011	4	MASCHERA ALESATURA D119 ZG4540100	5	MASCHERA ALESATURA D142 ZG4540200	6	LUCIDO / FLAMMATRICE	8	TRAPANO CON PUNTA D3	9	TRAPANO CON PUNTA D14	10	GRUPPO UTENSILE D 119	11	GRUPPO UTENSILE D 142	12	LAMA CALDA					
PARAMETRI LAMA CALDA																																									
	TEMPERATURA 350° GRADI																																								
	TEMPO FUSIONE 0.6 " SECONDI																																								
	TEMPO SALD. 1.0 MINUTO																																								
N.	DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE																																								
1	ALESATRICE 1 e 2																																								
2	GANASCE AU0104015																																								
3	GANASCE AU1003011																																								
4	MASCHERA ALESATURA D119 ZG4540100																																								
5	MASCHERA ALESATURA D142 ZG4540200																																								
6	LUCIDO / FLAMMATRICE																																								
8	TRAPANO CON PUNTA D3																																								
9	TRAPANO CON PUNTA D14																																								
10	GRUPPO UTENSILE D 119																																								
11	GRUPPO UTENSILE D 142																																								
12	LAMA CALDA																																								
OPERAZIONI																																									
AD OGNI NUOVO CONTENITORE: COMPILARE SCHEDA IDENTIFICAZIONE PRODOTTO (CODICE E DATA) ED ATTACCARLA AL CASSONE																																									
10 -Prel.pezzo stp G45420000 da contenitore e metterlo sulla lama calda 20 - Posizionare pezzo su posaggio inferiore saldatrice. 30 - Prel.raccordo attacco rapido 69M003400 e posizionare su posaggio superiore saldatrice a lama calda. 40 - Premere pulsante avvio ciclo saldatura. 50 - Prel.pezzo saldato e deporre in vasca di collaudo ed eseguire collaudo tenuta attacco rapido. 60 - Prel.pezzo collaudato e deporre su maschera alesatrice1 e premere pulsante avvio ciclo 70 - Prel.pezzo da alesatrice 1 e posizionare su maschera alesatrice 2 e premere pulsante avvio ciclo 80 - Prel. pezzo da alesatura 2 e deporre su banco 90 - Fare invito per piantaggio anelli 100 - Piantare anello inox D142 61P002001 110 - Piantare anello inox D119 61P006800 120 - Fare foro su inserto sonda D14 130 - Forare con punta D3 (vedere disegno) 140 - Pulire pezzo internamente ed esternamente con aria 150 - fiammare 160 - imballare come previsto da scheda imballo																																									

Figura 36: Esempio di ciclo di lavoro (per il codice in Figura 35), nel quale vengono segnalati il codice prodotto, i componenti, la descrizione delle operazioni, la descrizione delle attrezzature, i parametri da rispettare e la sequenza delle attività da svolgere su quella tipologia di prodotto.

L'aggiornamento dei cicli di lavorazione e dei tempi assegnati è molto importante sia per l'operatore, che avrà delle istruzioni esatte a disposizione da dover seguire per lavorare il pezzo e un obiettivo realistico da raggiungere a fine turno (numero di prodotti che dovrà finire in 8h), sia per il programmatore che farà la programmazione della produzione settimanale basandosi su dati aggiornati, realistici e credibili. La credibilità dei dati, soprattutto se monitorati ed esposti in stabilimento, è fondamentale per i lavoratori e gli impiegati che, quindi, potranno essere consapevoli sia del loro lavoro, sia delle performance globali dell'azienda. La coerenza dei dati con le operazioni manifatturiere, inoltre, consentirebbe un corretto dialogo tra i sistemi coinvolti e un ritorno di informazioni attendibili per le valutazioni sulla produttività aziendale.

14.IL PROGETTO "REALIZZAZIONE DEL SISTEMA MES BusSolA"

Per una corretta gestione del progetto e per definire gli obiettivi e risolvere problematiche emerse, sono state organizzate delle riunioni di avanzamento in cui Rototech e l'azienda informatica, incaricata di creare il software MES (BusSolA), si sono scambiate le informazioni necessarie per lo svolgimento delle attività e si sono accordate sulle modalità di lavoro.

L'obiettivo principale dell'azienda, inizialmente, era quello di avere un sistema MES che potesse fornire una tracciabilità degli stampati e potesse fornire in maniera automatizzata i dati di produzione e il calcolo dell'efficienza delle macchine. La gestione degli stampati è fondamentale per la tecnologia usata da Rototech. È proprio nella fase di stampaggio che avviene la percentuale più alta di scarti, dovuta a tempi errati nella cottura o nel raffreddamento del pezzo, al dosaggio non preciso delle polveri o alla scarsa manutenzione degli stampi che impediscono l'estrazione dei pezzi. Per stampare un prodotto, inoltre, il tempo richiesto è un'ora circa, mentre per finirlo si impiega generalmente non più di 20 minuti. Sono le presse, dunque, che devono essere organizzate e monitorate in modo che non ci siano rallentamenti e problemi di produzione.

La tracciabilità degli stampati velocizza, inoltre, l'attività di programmazione della produzione e della gestione degli ordini, in quanto il MES dà una fotografia reale ed immediata dei prodotti stampati. L'ordine del cliente, in questo modo, sarà composto da prodotti già stampati precedentemente e che avranno bisogno solo delle operazioni di finitura e imballo (tempo ridotto) e altri che avranno, invece, la necessità di compiere tutto il processo produttivo (stampaggio, finitura e imballo con tempi di realizzazione completi).

La tracciabilità dei semilavorati è inoltre necessaria per poter scaricare dal magazzino i materiali utilizzati e poter provvedere al rifornimento prima che finiscano.

Per queste motivazioni si è deciso inizialmente di coinvolgere nel progetto MES BusSolA solo le macchine di stampaggio. Successivamente, però, sono stati inseriti nel progetto anche due robot di finitura (robot 4 e Roboticom) acquistati recentemente dall'azienda. Questa decisione è stata presa per poter portare a termine con successo la perizia dei tecnici di Industria 4.0⁸ avvenuta nel mese di dicembre 2018.

Il compito principale di Rototech è stato quello di evidenziare le problematiche da affrontare e di occuparsi della parte gestionale e organizzativa del progetto, di spiegare all'azienda informatica la tecnologia dello stampaggio rotazionale e il flusso dei dati di produzione, precisando gli obiettivi da raggiungere e le milestones da rispettare.

L'azienda informatica, invece, si è occupata di creare il codice per il software BusSolA e i collegamenti necessari per il dialogo con le macchine e con il sistema di gestione aziendale AX.

⁸Si tratta del risultato di quella che viene definita la quarta rivoluzione industriale, ha come obiettivo di costruire una produzione industriale automatizzata e interconnessa (macchinari utilizzati per la produzione connessi al web, analisi delle informazioni tratte direttamente dalla rete e gestione più rapida e flessibile del processo produttivo), cercando di migliorare le condizioni di lavoro e la qualità dei prodotti e dei processi produttivi, aumentando la produttività degli impianti e delle aziende. Si incentivano le imprese italiane ad investire sull'adozione di tecnologie concordi ai paradigmi di Industria 4.0 (macchine, robot, nuove tecnologie) e sull'adeguatezza delle infrastrutture di rete, in modo da poter garantire una certa sicurezza e protezione dei dati. Le aziende che investono in tecnologie aderenti ai requisiti di Industria 4.0 (software, sistemi IT, robot) possono beneficiare dell'iper o del super ammortamento con la supervalutazione del 250% dei beni materiali acquistati o in leasing (superammortamento) e anche dei beni immateriali (iperammortamento). [20], [21]

Il sistema MES di Rototech, chiamato BusSolA, è stato testato e verificato sulle macchine coinvolte nella perizia di Industria 4.0, in particolare nella macchina di stampaggio M2800 e sui robot di finitura Roboticom e robot 4. L'implementazione del sistema sulle altre macchine di stampaggio verrà svolta durante il corso dell'anno, in quanto dovrà essere addestrato il personale al nuovo metodo di registrazione dei dati della produzione e all'utilizzo dei lettori di barcode, dei touch panel e delle etichette da applicare agli stampati.

14.1. IL FLUSSO DEI DATI DI PRODUZIONE E LA COMUNICAZIONE TRA I SISTEMI

Il sistema BusSolA ha il ruolo di intermediario tra il sistema di gestione della produzione aziendale (AX) e le macchine di stampaggio e i robot presi in esame. La definizione dei dati da scambiare e la trasmissione di questi fra le tre parti coinvolte è fondamentale per la buona riuscita del progetto.

È stato analizzando il processo produttivo dello stabilimento Rototech di San Gillio ed è stata ricostruita, tramite uno schema, una situazione reale che coinvolge le macchine di stampaggio M2800 e M1850 e il robot di finitura Roboticom.

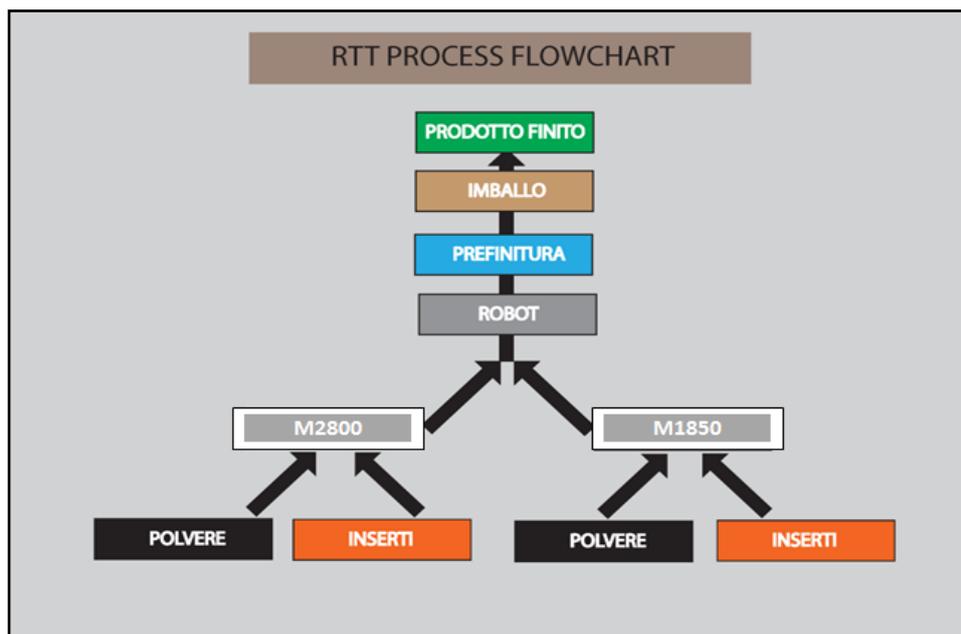


Figura 37: Flow chart che rappresenta una "situazione tipo" relazionata al processo produttivo che coinvolge due macchine di stampaggio e la linea robotizzata.

Il processo produttivo parte dalle materie prime (polvere e inserti) lavorati dalle macchine di stampaggio (M2800 e M1850) per ottenere il prodotto stampato (in questo caso si può notare che lo stampo di un determinato codice può essere montato su due presse differenti, in modo da produrre più quantità dello stesso codice contemporaneamente, come nel caso dei prodotti high runner). Quest'ultimo viene sottoposto alle lavorazioni di prefinitura e di finitura al robot (Robot 4) per poi essere imballato e inserito a magazzino pronto per la consegna al cliente come prodotto finito.

Una volta analizzate le fasi principali del processo produttivo, è stato necessario tracciare il flusso di informazioni in entrata e in uscita da AX (sistema di gestione di Rototech) e BusSolA (Sistema di esecuzione della produzione da installare in stabilimento) e i dati che ogni sistema avrà il compito di gestire ed elaborare autonomamente. Sono stati, dunque, individuati tre macroflussi, trattati separatamente tra loro, ma in comunicazione tra i due sistemi:

- Stampati (ST)
- Prodotti con prefinitura a robot (RF)
- Prodotti finiti (PF)

Viene riportato di seguito uno schema costruito ed analizzato per studiare il flusso dei dati e la comunicazione tra i sistemi interessati nelle tre fasi prese in considerazione:

1) Prodotti finiti (PF)

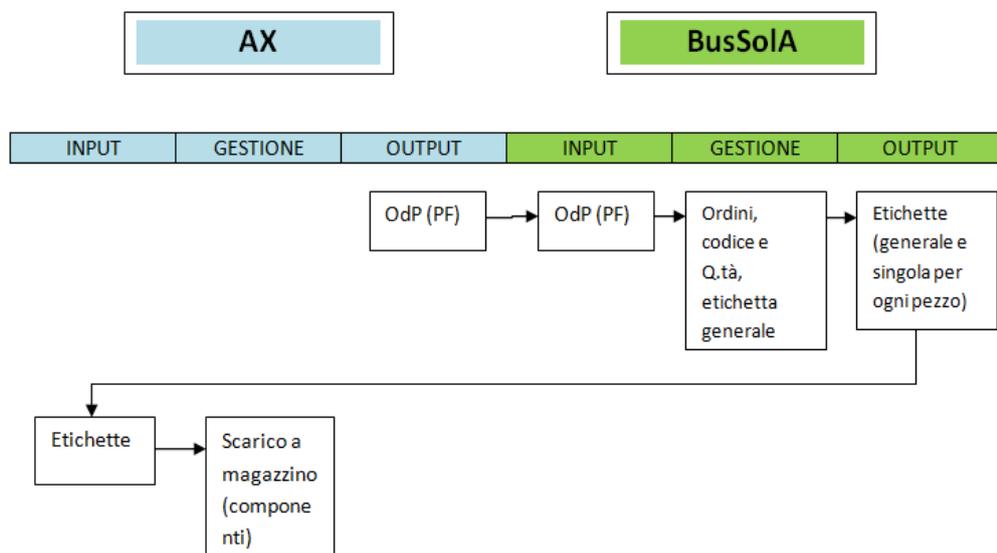


Figura 38: Schema che rappresenta il flusso dei dati in input, in output e da gestire tra il sistema MES BusSolA e il sistema gestionale d'impresa AX, per quanto riguarda i prodotti finiti (PF).

Lo schema riportato in Figura 38 mostra in maniera semplificata come, una volta ricevuti gli ordini dai clienti, vengano elaborati sul sistema di gestione della produzione aziendale gli ordini di produzione (OdP) dei prodotti finiti per soddisfare le richieste del cliente. Gli OdP (PF) vengono inseriti in AX, che invia le informazioni al sistema BusSolA, il quale riceve gli OdP(PF) come dati di Input.

BusSolA ha il compito di dialogare direttamente con le macchine di stampaggio e finitura, riuscendo a raccogliere direttamente da questi i dati e le informazioni di produzione: ordini per macchina, codice da produrre, codici prodotti, quantità ed etichetta generale dell'imballo della cassa per la consegna al cliente. Il sistema MES di Rototech deve, infine, inviare come output alle stampanti di stabilimento l'informazione necessaria per dare l'avvio alla generazione delle etichette singole per ogni prodotto finito e all'etichetta generale per l'imballo e la consegna al cliente. Le singole etichette, con apposito barcode, verranno attaccate sul prodotto finito corrispondente. L'operatore che si occuperà dell'imballo, ha il compito, infine, di leggere l'etichetta utilizzando un lettore collegato alla rete. Questa azione permette a BusSolA di inviare ad AX la lettura delle etichette corrispondenti ai pezzi prodotti. Una volta ricevute questi dati come Input, AX elabora le informazioni e scarica a magazzino i componenti del prodotto finito registrati a sistema nella DBA del codice.

La gestione delle etichette è fondamentale sia per la tracciabilità dei prodotti, sia per l'organizzazione e la gestione della produzione, in quanto l'OdP sarà completato solamente quando ogni singola etichetta sarà registrata in BusSolA, contrassegnando l'ordine come completato e mandata l'informazione ad AX che procederà a scaricare il magazzino.

2) Prodotti con prefinitura a robot (RF)

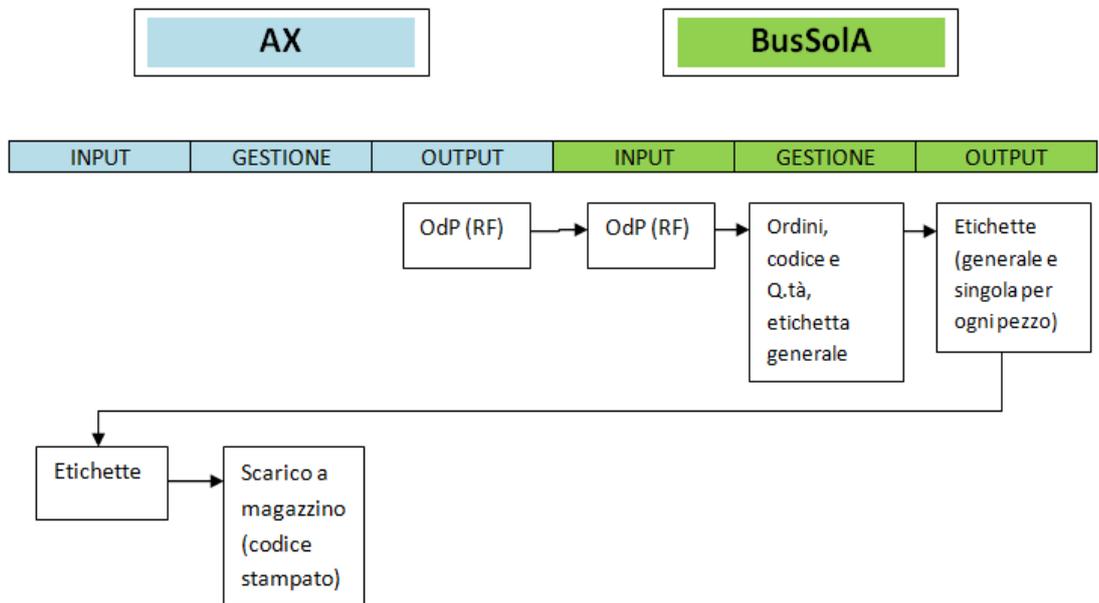


Figura 39: Schema che rappresenta il flusso dei dati in input, in output e da gestire tra il sistema MES BusSolA e il sistema gestionale d'impresa AX, per quanto riguarda i prodotti prefiniti a robot (RF).

In base agli ordini di produzione dei prodotti finiti, derivati direttamente dagli ordini cliente, vengono generati degli ordini di produzione per i codici richiesti che necessitano di prefinitura al robot. Gli OdP (RF), dunque, vengono inviati da AX a BusSolA, che li riceve come dati di Input e, seguendo gli ordini e il piano di produzione, estrae dai robot di stabilimento le informazioni di produzione da gestire (ordini per macchina, codice da produrre, codici prodotti, quantità ed etichetta generale). Diversamente dai prodotti finiti, le etichette singole per ogni pezzo lavorato al robot non vengono stampate, ma sono create virtualmente dal sistema BusSolA. I robot presenti in stabilimento, tramite l'utilizzo dei posaggi (ogni posaggio riconosce e può lavorare un solo tipo di codice) e di software interni, sono in grado di comunicare con il sistema MES e di riconoscere autonomamente i pezzi lavorati e di inviare a BusSolA le informazioni riguardanti l'avanzamento della produzione e lo stato della

lavorazione. I dati trasmessi dai robot sui codici lavorati vengono inviati come Input al sistema di gestione aziendale che provvederà a scaricare dal magazzino i prodotti stampati che compongono i semilavorati prefiniti a robot.

3) Stampati (ST)

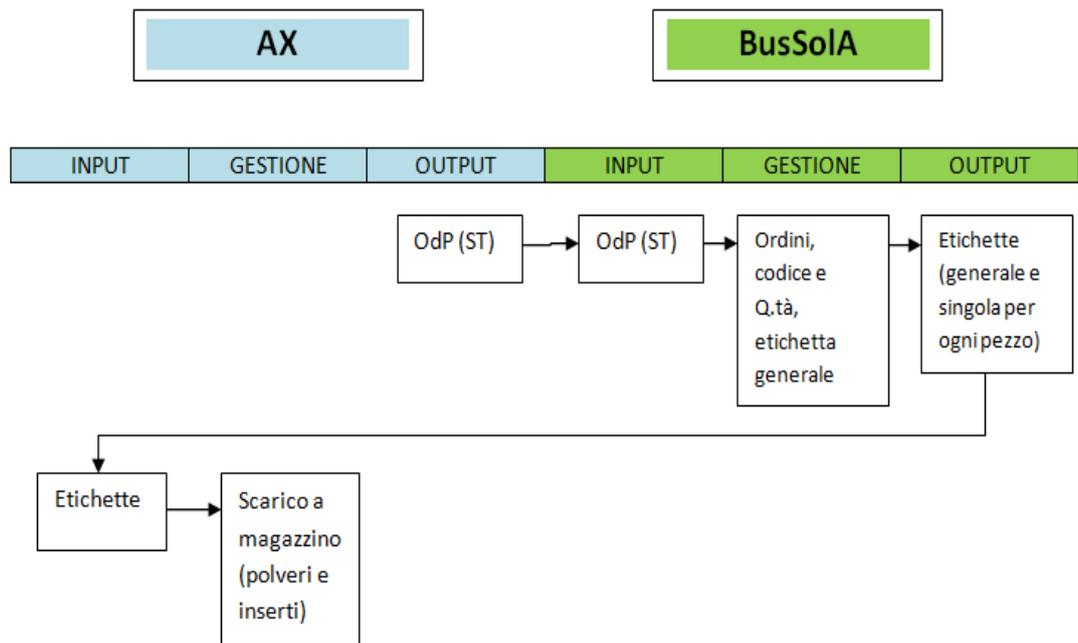


Figura 40: Schema che rappresenta il flusso dei dati in input, in output e da gestire tra il sistema MES BusSola e il sistema gestionale d'impresa AX, per quanto riguarda i prodotti stampati (ST).

La gestione degli stampati per Rototech è fondamentale perché rappresenta la fase critica della lavorazione dei prodotti, sia dal punto di vista del tempo impiegato per lo stampaggio dei codici, che da quello della qualità. Il non rispetto dei tempi di cottura e raffreddamento, infatti, porta ad avere un prodotto non conforme per dimensioni (troppo piccole nel caso in cui il pezzo è stato tenuto troppo tempo in camera di raffreddamento, troppo grandi nel caso in cui sia stato troppo nel forno), per resistenza e per qualità della superficie esterna ed interna del prodotto.

In base agli ordini di produzione dei prodotti finiti, derivati direttamente dagli ordini cliente, vengono generati degli ordini di produzione per gli stampati che andranno a comporre i prodotti finiti richiesti dai clienti. Gli OdP (ST) vengono, quindi, inviati da AX al sistema BusSolA, quest'ultimo raccoglie le informazioni da gestire dalle macchine di stampaggio in base alla programmazione della produzione ricevuta da AX.

Le macchine di stampaggio tradizionali sono composte da più bracci (solitamente 3 o 4) e ogni braccio ha un programma di produzione da rispettare. BusSolA, dunque, raccoglie le informazioni e i dati riferiti ad ogni braccio: quali codici sta lavorando (in base agli stampi montati), i tempi di cottura e raffreddamento, la programmazione prevista per quel braccio e lo stato di avanzamento dell'ordine con quantità prodotte e quantità ancora da produrre.

L'operatore di stampaggio, una volta inserita la polvere e chiuso lo stampo, legge, tramite un apposito lettore barcode, l'etichetta identificativa dello stampo (W + codice prodotto + n°stampo), da questa operazione BusSolA riceve il segnale che un nuovo stampato sta iniziando la lavorazione e lo rimanda alla stampante per la creazione delle etichette identificative per ogni singolo pezzo. Le etichette vengono, dunque, attaccate sul prodotto stampato una volta conclusa la fase di raffreddamento. Successivamente alla conformatura e alla sbavatura, un secondo operatore, ha il compito di leggere l'etichetta per ogni prodotto utilizzando un secondo lettore barcode. Quest'ultima lettura permette l'invio del segnale di completamento del pezzo stampato al sistema gestionale AX che andrà a scaricare dal magazzino la polvere e gli inserti presenti nella DBA del codice ed utilizzati per produrlo.

In riferimento alle etichette è importante precisare che queste devono essere univoche per ogni pezzo prodotto e identificate in ogni fase di produzione (stampaggio, prefinitura a robot e finitura) analizzata precedentemente. Le etichette singole per ogni pezzo vengono gestite da BusSolA mentre quelle d'imballo da AX.

Sono stati individuati, inoltre tre casi:

1. Etichetta singola abbinata ad un prodotto finito versato a magazzino senza nessun problema di lavorazione intermedio, pronto per la consegna al cliente (miglior caso);
2. Etichetta singola abbinata ad un pezzo di scarto: il prodotto dovrà essere dirottato in "magazzino scarto", implementando la "non conformità" e generando comunque consumo di polveri ed inserti. La gestione del magazzino scarti e dello scarico dei componenti legato a questi è di competenza del sistema di gestione aziendale AX;
3. Etichetta singola persa o danneggiata durante le operazioni e non disponibile per essere abbinata ad un prodotto, nonostante l'ordine non sia ancora stato portato a termine (potrà essere ristampata solo nel caso in cui l'operatore a fine linea di stampaggio non l'abbia riletta). L'opzione di ristampa dell'etichetta è un'eccezione che, però, deve essere considerata all'interno del processo produttivo e potrà essere disponibile solo sotto richiesta del capoturno che provvederà manualmente alla ristampa delle etichette mancanti, segnalando il tutto al responsabile di produzione.

La gestione delle etichette è fondamentale in quanto l'OdP sarà completato solamente quando ogni singola etichetta sarà registrata in BusSolA, contrassegnando l'ordine come completato e mandando l'informazione ad AX, che procederà a scaricare il magazzino. L'utilizzo delle etichette per l'identificazione di ogni singolo pezzo è utile per la tracciabilità dei prodotti finiti e semilavorati. I prodotti in Rototech prima dell'introduzione del MES venivano, invece, segnati dall'operatore che con un pennarello indelebile scriveva il suo numero di matricola sulla parte interna del pezzo. Questa operazione era utile per la tracciabilità, ma non era precisa in quanto il segno poteva essere rovinato dalle lavorazioni successive e non essere più riconoscibile.

La comunicazione tra i sistemi è fondamentale per la buona riuscita del processo produttivo, per questo motivo bisogna evitare che la connessione

possa avere dei problemi e bisogna mettere in piedi dei processi manuali sostitutivi da applicare in caso di emergenza e malfunzionamenti dei due sistemi. In particolare BusSolA ha il compito di trasmettere le informazioni da AX alle macchine e viceversa, facendo da intermediario e filtrando solo i dati necessari per la tracciabilità, per la produzione e il calcolo delle efficienze.

Di seguito vengono elencati i dati che devono essere trasmessi da AX alle macchine e viceversa tramite l'aiuto del sistema MES BusSolA.

Informazioni SISTEMA → MACCHINA

Ogni informazione passata viene tracciata e ogni riga presente in AX corrisponde ad un'etichetta letta. Le informazioni che AX fornisce alla macchina (tramite BusSolA) sono:

- Impresa produttrice (Rototech = rtt)
- Ordine di produzione
- Codice dello stampo
- Macchina
- Quantità
- Data di inizio
- Etichetta
- Quantità etichetta (una per ogni pezzo)

Informazioni MACCHINA → SISTEMA

Le informazioni di ritorno che AX dovrà ricevere dalla macchina tramite BusSolA sono:

- Ordine di produzione
- Codice del prodotto
- Etichetta
- Quantità
- Macchina
- Ora in cui è stata stampata l'etichetta
- Stato dell'ordine (1 quando la riga viene importata e processata da AX segno che l'ordine è stato preso in carico e completato, sennò 0)

- Segnale che informi se il pezzo è conforme oppure considerato come scarto (flag).

14.2. LA DEFINIZIONE DEI KPI

Per una futura implementazione del sistema su tutte le macchine dello stabilimento e per l'elaborazione dei KPI di produzione, inoltre, devono essere tenuti in considerazione e monitorati i seguenti dati di produzione e stampaggio:

1. Per la produzione:

- Codici del prodotto assegnati alla macchina e al braccio della macchina;
- Quantità programmate da produrre per ogni codice;
- Codice dello stampo (es. WH06692003- 01).

2. E per lo stampaggio:

- Data e ora
- Parametri caratteristici della macchina (tempo forno, tempo di raffreddamento, tempo ciclo, temperatura per la cottura e per il raffreddamento);
- Codice del prodotto (es. H06692003);
- Codice dello stampo (es. WH06692003- 01);
- Team o singolo operatore di stampaggio assegnato alla macchina;
- Quantità realmente prodotte per ogni codice rispetto alle quantità programmate;
- Lotto della polvere e Kg dosati (non possono essere ancora reperiti automaticamente i dati delle polveri perché per alcune postazioni sono ancora dosati manualmente e legati alla responsabilità dell'operatore).

Di seguito viene riportato il flow chart che riassume il processo di stampaggio e le attività necessarie per reperire i dati elencati precedentemente, questi ultimi devono essere monitorati per l'elaborazione dei KPI di produzione utili ad indicare l'andamento dell'azienda.

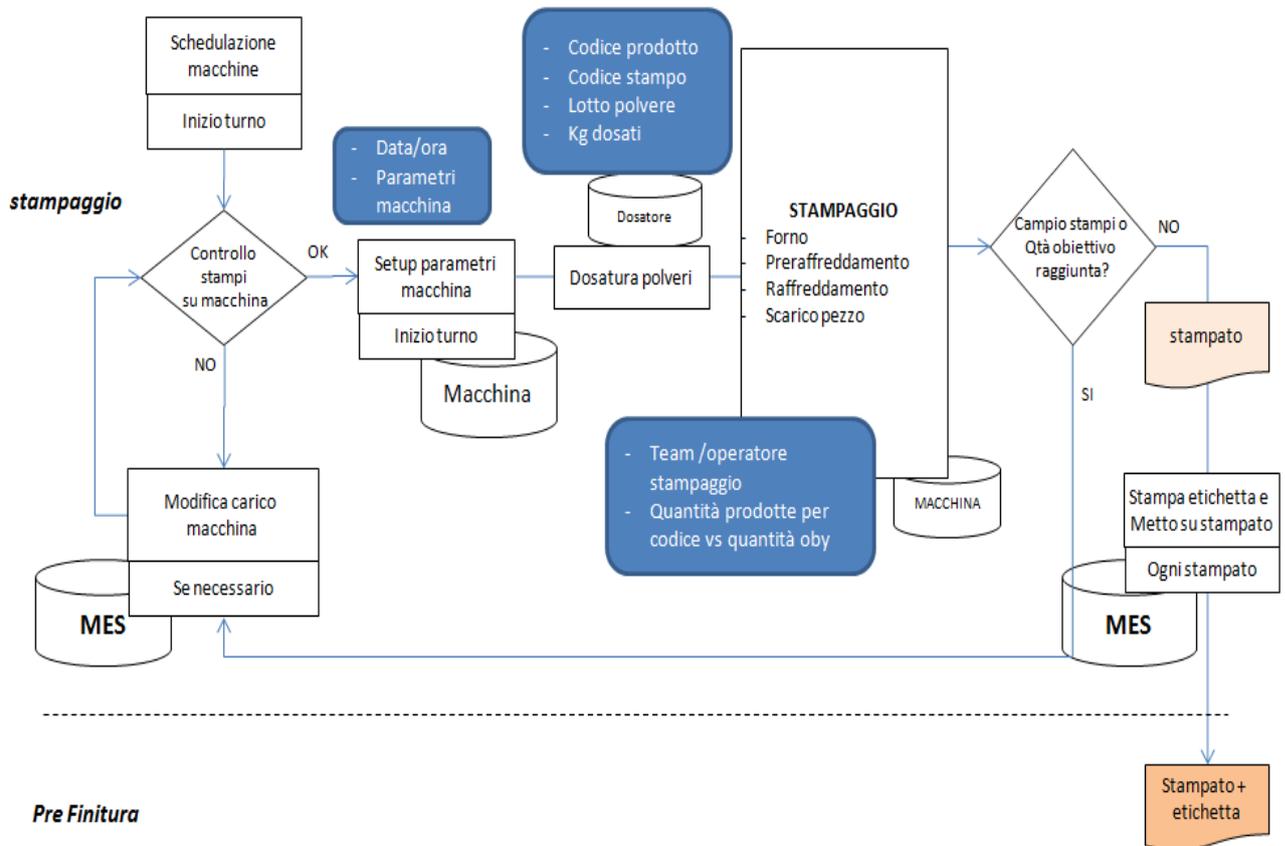


Figura 41: Flow chart che riassume le attività previste per lo stampaggio descritte precedentemente. Viene qui definito un flusso di informazioni e i dati da raccogliere. Viene anche precisato quando è necessario svolgere una determinata attività (inizio turno, solo se necessario).

I KPI di produzione che sono di maggiore interesse per l'azienda sono:

- L'utilizzo degli assets: la percentuale di utilizzo delle macchine di stampaggio rispetto alle ore lavorate escludendo la loro manutenzione. Monitorare questo valore permette di essere consapevoli sulla reale capacità dell'impianto e valutare, in caso di crescente domanda, se sia necessario aumentarla o sfruttare meglio le macchine già esistenti.

$$\% \text{ utilizzo assets} = \frac{\sum T \text{ ciclo standard totale per macch.}}{\text{giorni al mese}_{\text{lavorativi}} \cdot 24h \cdot N_{\text{macchine in stab.}}} \cdot 100$$

- Scarti rispetto al fatturato: vengono considerati scarti tutti quei prodotti o semilavorati che non sono commerciabili (parti non conformi rifiutate dalla produzione, parti utilizzate come test, parti non conformi rilevate in altro stabilimento aziendale, parti difettosi di pezzi di serie e pezzi nuovi). Gli scarti e i resi dal cliente incidono molto sull'azienda e sul suo fatturato. La qualità dei prodotti deve essere monitorata internamente e gli scarti devono essere eliminati prima che vengano consegnati, la resa dal cliente deve essere evitata il più possibile per non danneggiare la credibilità dell'azienda.

$$\% \text{ scarti/fatturato} = \frac{\sum \text{scarti interni}}{\sum \text{fatturato dalle vendite}} \cdot 100$$

- Performance Power che riguarda due indicatori:
 1. L'efficienza vendita, Sold Efficiency (SE), ovvero il rapporto tra le ore vendute ai clienti attraverso la quantità prodotto durante la settimana convertito in organico e le ore disponibili e retribuite alla manodopera diretta.

$$SE = \frac{\sum h_{\text{lavorate da MDO diretta}}}{\sum h_{\text{disponibili retribuite alla MDO diretta}}}$$

2. L'efficienza lorda è il rapporto tra manodopera indiretta e quella indiretta presente in stabilimento (I/D), dove la MDO diretta è quella coinvolta direttamente nella produzione degli articoli, mentre la MDO indiretta è composta da tutti gli altri dipendenti dell'azienda che non compiono attività manifatturiere.

$$I/D = \frac{\sum h_{\text{disponibili retribuite MDO tot}} - \sum h_{\text{lavorate da MDO diretta}}}{\sum h_{\text{lavorate da MDO diretta}}}$$

- Efficienza della MDO diretta: misura le performance del lavoro diretto (in particolare gli operatori di stampaggio e finitura) in collaborazione con l'ufficio delle Risorse Umane.

$$Efficienza(\%)_{operatore} = \frac{\sum pezzi\ buoni\ prodotti \cdot T_{ciclo\ standard}}{h_{presenza\ giornaliera}} \cdot 100$$

- Specific Energy Coefficient (CES): indicatore che rappresenta la quantità di energia in Kwh necessaria per trasformare 1Kg di materiale in prodotto finito. Serve per valutare i consumi energetici corrispondenti alle attività di stampaggio e finitura. In particolar modo per le macchine di stampaggio il loro utilizzo non a pieno carico o a basse efficienze produce un alto consumo di energia e, quindi, uno spreco per l'azienda che non ottiene le quantità dei prodotti desiderate.

$$CES_{tot} = \frac{\sum \sum Energia\ in\ Kwh}{\sum \sum materiali\ processati\ in\ Kg}$$

L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES IN ROTOTECH

15. GLI STRUMENTI E LE MACCHINE COINVOLTE

Il processo di inserimento del sistema MES all'interno dello stabilimento Rototech di San Gillio deve essere graduale, in quanto oltre a dei cambiamenti nella parte organizzativa e gestionale della produzione saranno presenti anche delle variazioni sul processo produttivo che coinvolgono direttamente gli operatori assegnati alle postazioni di lavoro.

Gli operatori, abituati alla compilazione cartacea delle dichiarazioni di produzione, dovranno imparare ad utilizzare in maniera appropriata i lettori di barcode e i touch panel, dovranno ricordarsi di identificare il pezzo prodotto con l'apposita etichetta e segnalare al capoturno le problematiche relative ai agli strumenti e ai collegamenti con le macchine interessate. Per questo motivo è stato deciso di iniziare l'inserimento solo su alcune macchine presenti in stabilimento, in modo da riuscire a formare gradualmente il personale e capire in durante le prove di funzionamento eventuali migliorie da apportare al sistema.

Per facilitare l'inserimento della nuova tecnologia, in vista anche dell'ispezione dei tecnici di Industria 4.0 avvenuta nel mese di dicembre 2018, sono state scelte le ultime macchine acquistate dall'azienda (una macchina tradizionale di stampaggio rotazionale M2800 e due robot di finitura, robot 4 e Roboticom), dotate di maggior possibilità di collegamento e comunicazione con il sistema BusSolA tramite programmi e software già installati sulle macchine.

In seguito allo studio del processo produttivo e all'analisi del flusso di informazioni coinvolte tra macchina e sistema, sono state analizzate le caratteristiche delle macchine, i vantaggi attesi e le possibili modifiche di layout da apportare nelle postazioni di lavoro. In seguito, grazie allo studio delle efficienze per operatore e alla collaborazione del responsabile di

produzione, sono stati inseriti, sulle postazioni coinvolte, gli operatori con performance più alte, in modo da coinvolgerli nelle prove di funzionamento e negli stress test ma soprattutto per poter verificare e migliorare, seguendo i loro consigli e le loro proposte, il procedimento adottato.

In base, infine, alle caratteristiche delle macchine e al procedimento da svolgere sono state fornite le postazioni e le macchine degli strumenti necessari:

- Lettori di barcode per leggere le etichette sugli stampi e le etichette singole per ogni prodotto. Sono collegati al sistema BusSolA e ad ogni lettura inviano un segnale al sistema MES per il conteggio dei prodotti da lavorare e la creazione delle etichette.



Figura 42: Dispositivo di lettura dei barcode e data matrix presenti sulle etichette degli stampi e dei singoli prodotti.

- Stampante per:
 1. La stampa delle etichette identificative degli stampi, queste ultime sono costituite da materiale resistente ad alte temperature e agli sbalzi termici (in quanto sono posizionate sugli stampi e subiranno i procedimenti necessari per lo stampaggio dei codici). Le etichette, oltre al nome identificativo dello stampo, sono dotate di cinque "data matrix" per la lettura dello stampo (ogni etichetta possiede più "data matrix" in quanto le incrostazioni di materiale potrebbero impedire la lettura immediata e l'operatore può provare sulle altre disponibili). Si precisa, inoltre, che le etichette identificative degli stampi saranno successivamente protette da

una "finestrella" metallica che l'operatore aprirà al momento della lettura e che avrà il compito di ridurre il deposito di materiale sull'etichetta.



Figura 43: Etichetta identificativa per ogni stampo dotata di cinque data matrix per la lettura dello stampo tramite lettore barcode, del codice del prodotto (H06702003) e del numero dello stampo (- 01).

2. La stampa identificativa per ogni prodotto stampato, le etichette sono stampate da una stampante posizionata a bordo macchina in seguito al segnale di lettura dello stampo inviato al sistema BusSola. L'etichetta è fondamentale per la tracciabilità del semilavorato e per lo scarico a magazzino dei materiali in tempo reale.



Figura 44: Stampante posizionata a bordo della M2800 per la stampa delle etichette identificative dei codici stampati H06702003 e H06692002.



Figura 45: Etichette identificative per ogni singolo pezzo stampato dotate di barcode per la lettura e del codice del prodotto.

- Touch panel sui quali viene mostrata la programmazione della produzione e sul quale viene mostrato in tempo reale l'avanzamento della produzione e il codice da lavorare (letto con il lettore barcode) e le sue caratteristiche.

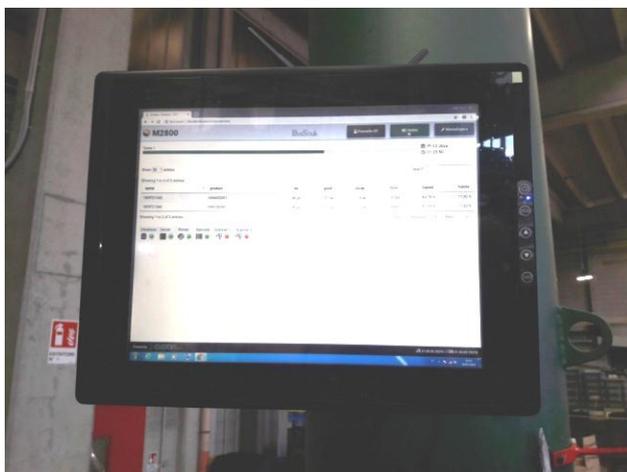


Figura 46: Ogni postazione deve essere dotata di un touch panel in cui sono presenti le informazioni sulla produzione e l'avanzamento della lavorazione.

16. LE CARATTERISTICHE DELLE MACCHINE E I VANTAGGI ATTESI

Vengono descritte di seguito le caratteristiche delle macchine utilizzate per le prove e l'inserimento del Manufacturing Execution System in stabilimento, evidenziando i vantaggi attesi dal loro utilizzo e gli strumenti necessari per il MES.

M2800

Si tratta di una macchina tradizionale a quattro bracci. In Rototech viene utilizzata per produrre i codici H06692002 e H0672003 che andranno a comporre il codice S06680003, assemblato successivamente sul robot 4. Solitamente su questa macchina vengono fatti lavorare solo 3 bracci, mentre il quarto braccio viene dedicato allo stampo di prototipi. Gli operatori dedicati

possono essere uno o due per turno in base al carico minore o maggiore della macchina.

La macchina M2800 è stata acquistata per aumentare la capacità produttiva dello stabilimento in particolare per la produzione di prodotti stampati di grosse dimensioni, ma anche per la produzione attuale. Negli ultimi mesi, infatti, vi è stato un incremento della domanda da parte del cliente, ma un aumento della capacità produttiva di stabilimento è utile per poter rispondere a future esigenze di differenziazione del parco clienti attuale.

Nei progetti dell'azienda vi è quello di puntare al mercato delle macchine agricole, con particolari in plastica quali carenature, parafanghi e coperture delle cabine, che hanno grosse dimensioni e volumi contenuti.

Gli strumenti necessari da installare sulla M2800 per l'inserimento del MES sono:

- Una stampante per le etichette identificative per ogni articolo stampato;
- Due lettori barcode, uno per leggere lo stampo (operatore 1 addetto allo stampaggio) e l'altro per la lettura delle etichette degli stampati (operatore 2 addetto alla sbavatura e riconoscimento dello scarto);
- Due touch panel, uno per identificare l'avanzamento della produzione degli stampati sulla macchina mostrando la programmazione della produzione per ogni braccio, mentre l'altro touch panel serve per indicare se il pezzo letto dall'operatore 2 sia da considerare buono o di scarto (e precisando tra le opzioni indicate il motivo dello scarto).

I vantaggi attesi dall'utilizzo di questa macchina di stampaggio sono legati principalmente alla realizzazione di prodotti di grandi dimensioni per il mercato del veicolo agricolo e per ottimizzare la creazione dei prototipi senza penalizzare a rotazione le altre macchine di stampaggio dedicate totalmente alla produzione e inadatte alla realizzazione dei prototipi perché sprovviste di piattaforma e di area riservata all'interno dello stabilimento.



Figura 47: Macchina M2800 con vista dello stampo montato su un braccio da due operatori, pronto per essere mandato in forno.



Figura 48: Display a bordo macchina che mostra i parametri caratteristici e lo scorrere del tempo ciclo di cottura e raffreddamento del braccio all'interno del forno e della camera di raffreddamento. I comandi intorno e al di sotto del display servono per manovrare i bracci e per segnalare anomalie.

Robot 4

È stato acquistato per ottimizzare la produzione di alcuni prodotti la cui lavorazione era svolta precedentemente a mano dall'operatore di finitura. In particolare il robot 4 si occupa dell'assemblaggio dei codici provenienti dalla macchina M2800 (H06692002 e H06702003)ottenendo il codice S06683003 (snorkel DAF).Il robot, quindi, è stato inserito alla fine della linea per consentirne l'assemblaggio in maniera meccanizzata ottenendo, così, una maggiore efficienza della manodopera e garantendo un perfetto assemblaggio delle parti stampate e dei componenti tra di loro.

Il lay-out della linea interessata dall'installazione di questo nuovo impianto ed il relativo processo di produzione sono stati modificati, in quanto il robot ha sostituito i banchi di lavoro su cui precedentemente venivano svolte tutte le operazioni di finitura, ora integrate nel procedimento del robot 4(alesatura delle estremità e piantaggio dei componenti sul prodotto finito).

Gli strumenti necessari da installare all'interno dell'isola robotizzata per l'inserimento del MES sono:

- Un lettore barcode per la lettura delle etichette dei due codici da assemblare sul robot di finitura;
- Un touch panel per il riconoscimento a video dei codici da lavorare e la conferma che siano buoni o di scarto.

In questa fase la stampante non è necessaria, in quanto le etichette dei codici robotizzati non viene creata materialmente ma solo virtualmente sul sistema BusSolA e sul sistema di gestione aziendale per lo scarico degli stampati e dei componenti utilizzati.

La scelta di non stampare le etichette nella fase di prefinitura a robot è stata fatta per non creare confusione all'operatore al momento della lettura delle etichette e per privilegiare le fasi principali di stampaggio e finitura, velocizzando il processo.

I vantaggi attesi dall'utilizzo di questa macchina di finitura sono quelli di ridurre l'area di finitura del prodotto (ottimizzare lo spazio a disposizione dello stabilimento) e il tempo ciclo di lavorazione. L'inserimento del robot 4, inoltre,

ha permesso di ridurre le operazioni manuali e di assegnare all'operatore più compiti (mentre il robot assembla, l'operatore carica la macchina automatica vicino e ne controlla il funzionamento e l'avanzamento).



Figura 49: Robot 4 durante l'assemblaggio dei codici H06692002 e H06702003 per ottenere lo snorkel S06683003. L'operatore ha la possibilità di visualizzare i dati della macchina e di consultare a video la programmazione della produzione per essere consapevole dell'obiettivo da raggiungere a fine turno e per valutare l'avanzamento della produzione.

Roboticom

Il robot si aggiunge al parco macchine già presenti in stabilimento e si inserisce nell'ottica di miglioramento continuo dell'impresa con l'obiettivo di ridurre i tempi di finitura di alcuni codici e di migliorare la qualità dei prodotti che precedentemente venivano lavorati manualmente (metodo tradizionale). Il Roboticom, dunque, è stato inserito alla fine della linea di produzione dei tubi in nylon per consentire la lavorazione meccanizzata dei codici (alesatura e inserimento dei componenti) e per migliorare l'efficienza della manodopera. È stato, inoltre, modificato il processo produttivo, in quanto il macchinario

attuale, oltre ad effettuare le operazioni di alesatura e foratura, è in grado di provvedere al piantaggio automatico degli anelli in inox alle estremità dei tubi/condotti.

Gli strumenti necessari da installare all'interno dell'isola robotizzata per l'inserimento del MES sono:

- Un lettore barcode per la lettura dei codici da lavorare a robot.
- Un touch panel per il riconoscimento a video dei codici da lavorare e la conferma che siano buoni o di scarto.

Per il Roboticom la lettura dell'etichetta dello stampato e il riconoscimento del codice da lavorare da parte dell'operatore sono utili per la tracciabilità a sistema dei prodotti ma il robot sarebbe in grado di compierle autonomamente, senza però tenerne traccia all'interno del sistema. Il robot, infatti, grazie al posaggio unico per ogni codice, è in grado di riconoscere se il pezzo che deve lavorare corrisponde a quello che era stato programmato. Il Roboticom, inoltre, non inizia la lavorazione se il pezzo non combacia perfettamente con il posaggio montato e se le chiusure non vengono rispettate.



Figura 50: Esempi di posaggi e di tubi nylon che vengono lavorati dal Roboticom. Ogni posaggio è costruito "su misura" ed è adatto per la finitura di un solo codice.

I vantaggi attesi dall'utilizzo di questa macchina di finitura sono:

- Una maggiore flessibilità nelle operazioni di foratura ed alesatura dei tubi in nylon, in quanto il robot può lavorare diverse tipologie di tubi,

poiché ogni posaggio ha un programma di lavorazione dedicato memorizzato all'interno della macchina. Le macchine tradizionali si adattavano con più difficoltà, invece, alle diverse tipologie di condotti;

- Aumento dell'efficienza, in quanto è possibile lavorare con due tavole contemporaneamente, una per la lavorazione del robot ed un'altra, all'esterno dell'area di lavoro del braccio robotizzato, per le operazioni di carico/scarico e di imballo del prodotto;
- La possibilità di implementare il processo con nuove operazioni (piantaggio anelli in inox) diminuendo il tempo ciclo di lavorazione.



Figura 51: Roboticom durante la lavorazione di un tubo nylon. Il robot compie le operazioni di tastatura (per il riconoscimento del pezzo e l'avvio del programma adeguato), foratura, alesatura e piantaggio anelli alle estremità del prodotto. Mentre il braccio robot compie le operazioni all'interno dell'isola, l'operatore all'esterno preparerà il posaggio successivo da lavorare.

17. LA GESTIONE DEGLI ORDINI E DELLA PRODUZIONE DOPO L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES

17.1. LA COMUNICAZIONE DEL SISTEMA MES BusSola CON AX E LE MACCHINE COINVOLTE

L'architettura del sistema prevede l'introduzione di un sistema MES organizzato per compiere le seguenti operazioni:

- Controllare l'avanzamento della produzione in funzione della programmazione richiesta;
- Fornire le funzioni di base per la tracciabilità interna del prodotto
- Ricevere gli ordinativi di produzione da sistema gestionale
- Comunicare al sistema gestionale i dati della produzione effettuata

Le interfacce di connessione del sistema MES sono di due tipi:

- Verso il sistema gestionale:
 1. Per la ricezione degli ordinativi di produzione già pianificati
 2. Per la trasmissione dei dati di produzione (buono/scarto) da comunicare al sistema gestionale AX
- Verso il campo operativo (stabilimento):
 1. Tra il MES ed i lettori di barcode usati nell'acquisizione delle informazioni
 2. Tra il MES e le stampanti di etichette per l'emissione dei dati di tracciabilità
 3. Tra il MES e i sistemi delle macchine coinvolte:
 - a. Verso il sistema di controllo Polivinil per la M2800 (macchina di stampaggio tradizionale)
 - b. Verso il sistema di controllo del robot Roboticom
 - c. Verso il sistema di controllo del robot 4

Per una completa separazione tra i vari ambienti è stato predisposto un database "di frontiera" con tabelle funzionalmente distinte per la trasmissione e per la ricezione dei dati.

Per decisione interna, inoltre, si è ritenuto conveniente avere dei processi di aggiornamento che, lato MES, interrogano questo database "di frontiera" ogni 10secondi, trasferendo nel sistema MES BusSolA i dati presenti sulle tabelle "di frontiera" riguardanti gli ordini di produzione e aggiornando il database con i dati di produzione raccolti da BusSolA interrogando i sistemi caratteristici delle macchine presenti in produzione.

SQLQuery2.sql - r...\TECH\Custom2 (53)* SQLQuery1.sql - r...\TECH\Custom2 (52)*

```

1 USE [RTT-TO_Proc-Qual]
2 GO
3
4 SELECT *
5 FROM [AX].[tb_LabelsToPrint]
6 GO
7

```

	Labl_Key	Labl_Id_DataArea	Labl_Id_Product	Labl_Id_Item	Labl_Id_Config	Labl_Drawing	Labl_Quantity	Labl_DateDelivery	Labl_D
1	rttH0669200218K080081	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
2	rttH0669200218K080082	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
3	rttH0669200218K080083	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
4	rttH0669200218K080084	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
5	rttH0669200218K080085	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
6	rttH0669200218K080086	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
7	rttH0669200218K080087	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
8	rttH0669200218K080088	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
9	rttH0669200218K080089	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
10	rttH0669200218K080090	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
11	rttH0669200218K080091	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
12	rttH0669200218K080092	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
13	rttH0669200218K080093	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
14	rttH0669200218K080094	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
15	rttH0669200218K080095	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
16	rttH0669200218K080096	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
17	rttH0669200218K080097	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
18	rttH0669200218K080098	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
19	rttH0669200218K080099	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1
20	rttH0669200218K080100	rtt	18OP21343	H06692002			40	2018-12-19	2018-1

Query executed successfully. rotosrv-mes01\mes (12.0 SP3) ROTOTECH\Custom2 (52) RTT-TO_Proc-Qual 00:00:00 80 rows

Figura 52: Esempio di interrogazione del database "di frontiera" in cui vengono rilasciati degli ordini di 40 pezzi del codice H06692002 dal sistema di gestione AX e che dovranno essere trasmessi alla macchina M2800 per la stampa.

17.2. IL PROCESSO PRODUTTIVO DOPO L'INSERIMENTO DEL SISTEMA MES

La prova di inserimento del sistema MES in Rototech, che ha coinvolte le tre macchine chiave per lo stabilimento di San Gillio (una macchina tradizionale di stampaggio rotazionale e due robot di finitura), ha prodotto dei risultati positivi dal punto di vista gestionale e delle variazioni sul processo produttivo. La fase di creazione dei piani di produzione e della programmazione della produzione, invece, non sono state al momento automatizzate, e quindi sono attività svolte ancora manualmente, tramite utilizzo di fogli di calcolo, dagli operatori della logistica e dal programmatore aziendale. Il lavoro di questi ultimi, però, è stato facilitato dall'inserimento del sistema MES. In particolare, il programmatore, per la creazione dei piani di produzione, ha adesso a disposizione un database aggiornato da consultare per aver chiaro l'avanzamento della produzione (quantità di stampati per ogni codice, quantità di pezzi stampati e finiti per ogni codice e numero di pezzi scartati) senza dover contare manualmente i codici stampati e non finiti presenti in stabilimento alla fine di ogni settimana. I piani di produzione vengono adesso elaborati avendo alla base una serie di dati aggiornati e precisi sull'andamento della produzione e sullo stato di avanzamento di ogni codice. Verranno programmati sulle braccia delle macchine di stampaggio solo le quantità necessarie per completare gli ordini e ripristinare la scorta, in quanto il sistema BusSolA si occupa di monitorare in modo preciso l'andamento dei semilavorati all'interno dello stabilimento.

Grazie al MES, inoltre, è stato possibile avere un aggiornamento continuo e preciso sul consumo di materiale utilizzato per ottenere gli stampati (polvere, inserti, componenti). Gli ordini di materie prime, quindi, verranno fatti basandosi sul consumo reale ed aggiornato (per ogni prodotto stampato viene detratto dal magazzino il materiale utilizzato per produrlo) e non solo nel momento in cui il prodotto finito viene versato.

Viene riportato di seguito un flow chart per ricostruire e riassumere le fasi più importanti del processo di produzione degli stampati e i dati di cui tenere traccia partendo dal lancio dell'ordine fino al suo completamento, con il ritorno dell'informazione sullo stato dell'ordine (in attesa, in lavorazione, evaso) al sistema di gestione AX.

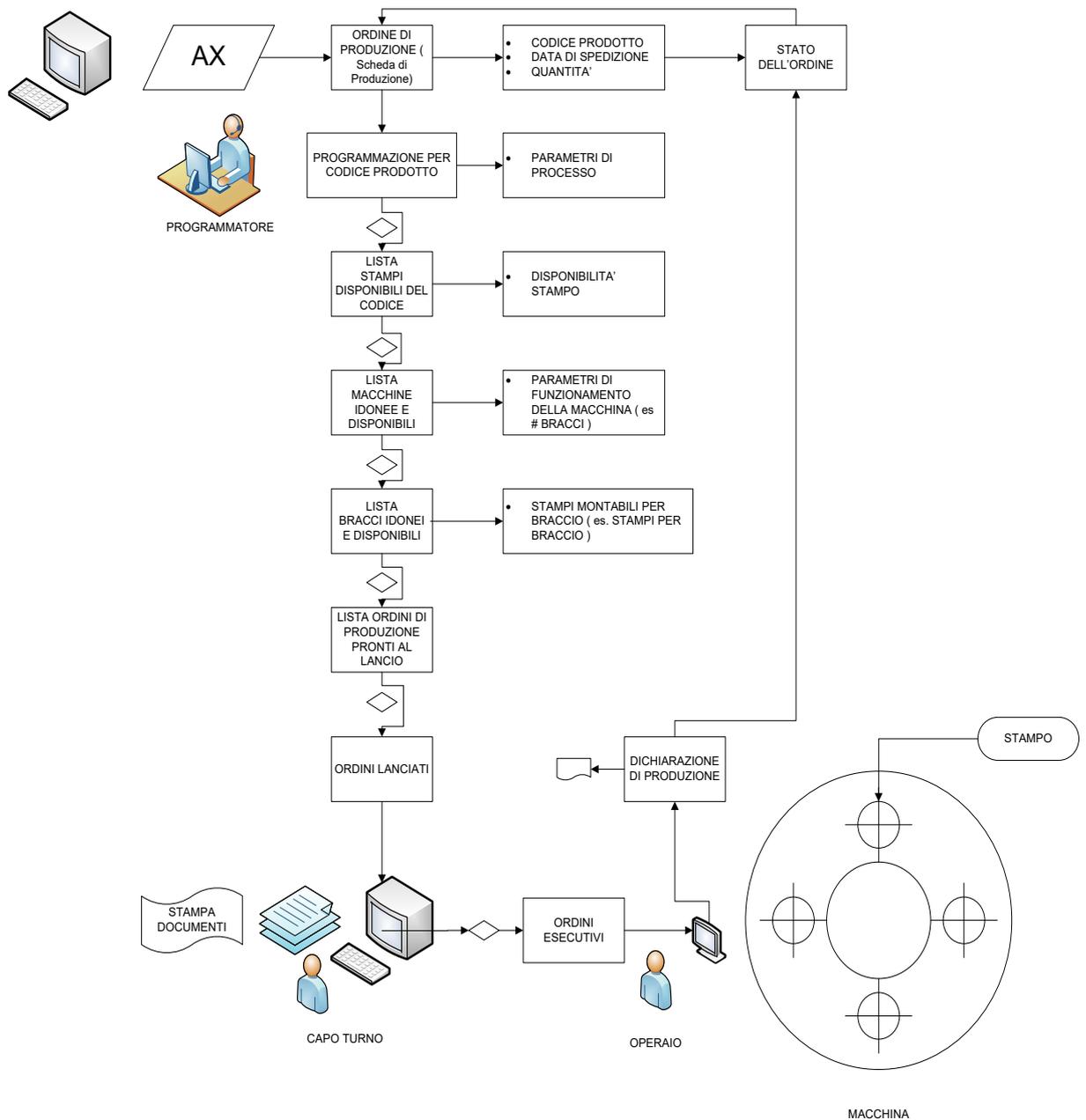


Figura 53: Flow chart che rappresenta le fasi più importanti del processo di produzione degli stampati e i dati di cui tenere traccia a partire dal lancio dell'ordine fino al suo completamento. L'informazione sullo stato dell'ordine deve tornare al sistema di gestione AX.

Una volta ricevuto l'ordine dal cliente, i cui dati fondamentali da trasmettere sono il codice dei prodotti ordinati, le quantità e la data di spedizione/consegna, si procede alla pianificazione della produzione e alla programmazione, affidate al programmatore aziendale. Quest'ultimo dovrà elaborare un programma di produzione per ogni codice che tenga conto dei parametri del processo (informazioni che devono essere trasmesse al sistema MES) e che possa rispondere alle esigenze del cliente, rispettando i vincoli e le caratteristiche dell'azienda e basandosi sui dati presenti sul database di frontiera che sono aggiornati puntualmente sull'avanzamento della produzione. Il programmatore, inoltre, deve essere consapevole della capacità produttiva dello stabilimento e della disponibilità di stampi e macchine per la realizzazione degli ordini cliente.

I dati e le informazioni riguardanti gli stampi e le macchine devono essere trasmessi al sistema MES per un aggiornamento continuo e per dialogare sia con le macchine stesse che con il sistema di gestione AX. In particolare bisogna tenere conto:

- Della lista degli stampi disponibili per ogni codice;
- Della lista delle macchine idonee al montaggio di un determinato stampo e disponibili alla produzione. Ogni macchina ha dei suoi parametri caratteristici come la temperatura di cottura/raffreddamento, numero di bracci e tempi di lavorazione, da inserire e aggiornare per il sistema MES BusSolA;
- Della lista di bracci idonei e disponibili al montaggio e alla lavorazione di un determinato codice. Per il sistema MES è importante sapere su quali bracci possono essere montati i vari stampi presenti in stabilimento.

Una volta elaborato il piano di produzione e lo scheduling sulle macchine di stampaggio possono essere lanciati gli ordini di produzione che, dopo essere stati visionati e approvati dal capoturno, tramite BusSolA compariranno direttamente sui touch panel delle postazioni di lavoro e verranno aggiornati quotidianamente dal sistema. In questo modo ogni operatore avrà chiaro il

programma di produzione da svolgere e l'obiettivo da raggiungere e sarà consapevole e responsabile dell'avanzamento della produzione dei codici da lui lavorati.

The screenshot shows a web-based interface for the M2800 machine. At the top, there's a navigation bar with the M2800 logo, the BusSola logo, and buttons for 'Pannello OT', 'Ordini', and 'Manodopera'. Below this, the current shift is 'Turno 2' and the date is '20-12-2018' with a time of '16:30:51'. A search bar and a 'Show 50 entries' dropdown are present. The main content is a table with 2 entries:

name	product	tot.	good	scrap	done	%good	%done
18OP21343	H06692001	40 pz	31 pz	6 pz	37 pz	83,78 %	77,50 %
18OP21344	H06702001	40 pz	31 pz	3 pz	34 pz	91,18 %	77,50 %

At the bottom, there's a status bar with icons for Database, Server, Printer, Barcode, Scanner 1, and Scanner 2, each with a green or red indicator light.

Figura 54: Esempio di programma di produzione del 20/12/2018 mostrato sul touch panel della postazione di lavoro a bordo della macchina M2800 per il turno 2. Il programma è consultabile con facilità dall'operatore in ogni momento.

La programmazione della produzione per ogni postazione, così, può essere facilmente consultata dall'operatore (Figura 54). In particolare a video vengono visualizzate le seguenti informazioni:

- Il nome dell'ordine trasmesso da AX a BusSOLA (name);
- Il codice dei prodotti da lavorare (product);
- La quantità totale dei pezzi programmati da produrre (tot.);
- I pezzi buoni prodotti fino a quel momento (good);
- I pezzi di scarto prodotti fino a quel momento (scrap);
- I pezzi totali prodotti fino a quel momento (done);
- La percentuale di pezzi buoni ottenuti (% good);

- La percentuale di avanzamento della produzione rispetto alla quantità obiettivo che è stata programmata (% done).

Una volta visionato il programma di produzione l'operatore può iniziare la lavorazione dei codici a video. Il processo produttivo, con l'introduzione del MES, è stato modificato in alcuni passaggi, in particolare sono state eliminate le schede di denuncia di produzione e autocontrollo che l'operatore aveva il compito di compilare durante il turno di lavoro e sono stati introdotti dei sistemi di riconoscimento più precisi dei codici tramite l'utilizzo dei touch panel e dei lettori barcode. Viene descritto successivamente il nuovo procedimento per le macchine coinvolte per la prova di inserimento del sistema MES in azienda (M2800, Robot 4 e Roboticom).

M2800

Per la macchina di stampaggio M2800, il processo prevede che l'operatore che estrae il pezzo dallo stampo, si occupi di leggere con l'apposito lettore l'etichetta applicata sulla barra in alluminio che identifica lo stampo.



Figura 55: Viene mostrato il passaggio della lettura dello stampo da parte dell'operatore addetto allo stampaggio. Viene da qui inviato al sistema MES il segnale di estrazione del prodotto e vengono inseriti nel database di frontiera i dati riferiti alla macchina, al codice prodotto, l'ora, il codice dello stampo, il braccio macchina, e i parametri macchina (temperature e tempi ciclo).

La lettura dello stampo è fondamentale per il sistema, in quanto viene inviato a BusSola il segnale di estrazione del prodotto riferito a quello stampo.

Una volta identificato il codice del prodotto l'operatore si reca al monitor e conferma sul touch panel di aver estratto la tipologia di pezzo mostrata a video (inviata da BusSola al touch panel della postazione in seguito alla lettura dell'etichetta dello stampo), a questo punto viene stampata l'etichetta rappresentante il codice identificativo del prodotto stampato e viene attaccata al pezzo corrispondente.

Il secondo operatore assegnato alla macchina, invece, deve verificare la conformatura del pezzo ed effettuare la sbavatura. Successivamente ha il compito di leggere l'etichetta stampata, utilizzando un altro lettorebarcode e di recarsi su un secondo touch panel dove può confermare o no la conformità del pezzo. In questa fase, quindi, viene riconosciuto lo scarto.

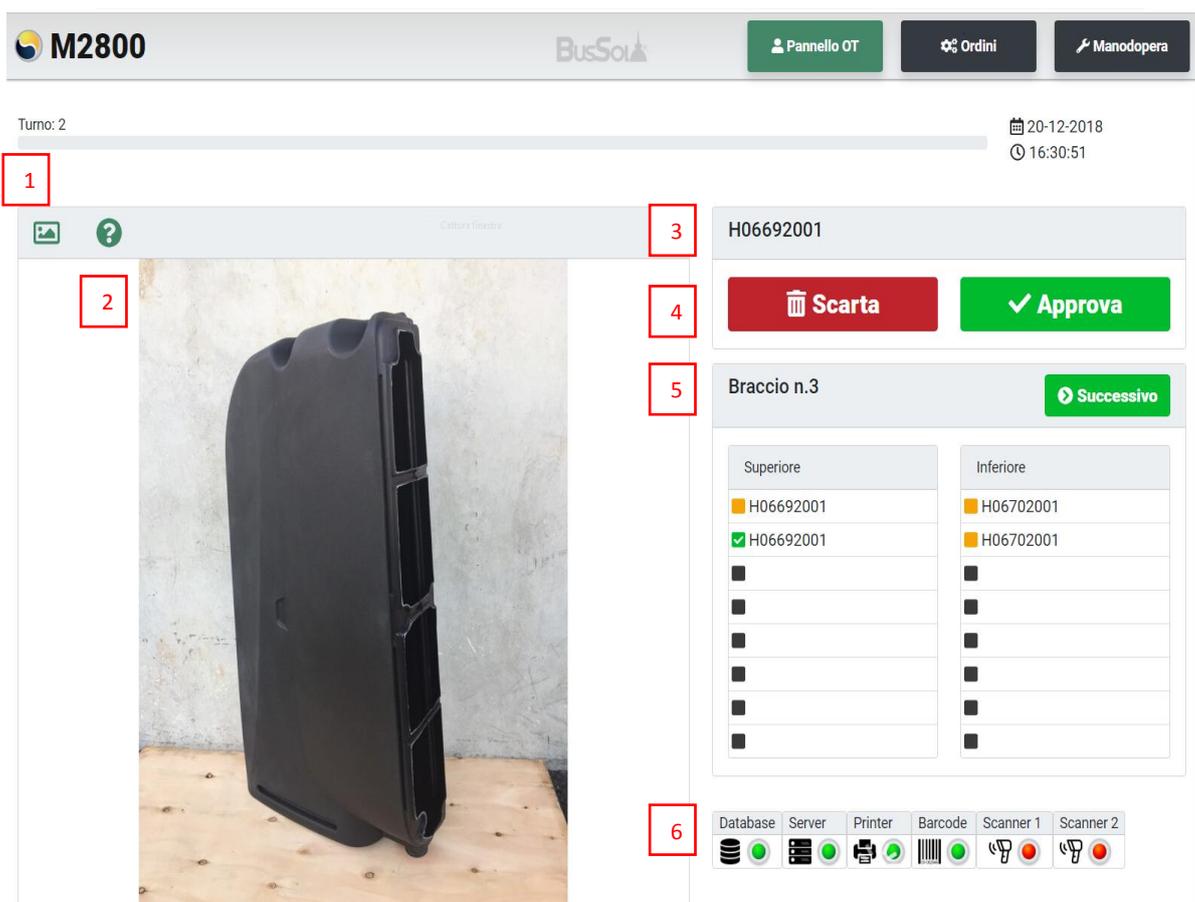


Figura 56: Videata mostrata sul touch panel a bordo macchina M2800 in cui viene approvato o scartato il pezzo stampato.

La videata mostrata sul secondo touch panel a bordo macchina deve contenere le informazioni necessarie per il monitoraggio e l'avanzamento dell'ordine, utili all'operatore che potrà gestire le sue ore di lavoro. Qui di seguito viene descritta nel dettaglio la videata mostrata all'addetto macchina (Figura 56), le informazioni e i comandi devono essere semplici da capire e intuitivi, in modo da rendere il processo di riconoscimento più veloce e facile per l'operatore. Si possono distinguere sei parti fondamentali all'interno dell'immagine mostrata a video:

1)Indicazione sullo scorrere del tempo, il turno di lavoro (8h) viene rappresentato da una barra orizzontale e viene mostrata la percentuale di tempo già trascorso, utile all'operatore per la gestione delle sue ore di lavoro.

2)Immagine del prodotto che mostra il codice dello stampato letto dall'operatore tramite il lettore barcode, e che deve corrispondere al prodotto che è stato lavorato.

3)Codice del prodotto che è stato lavorato.

4) Bottoni che l'operatore deve digitare dopo aver osservato il prodotto stampato:

- Digiterà "APPROVA" se il pezzo che sta analizzando non presenta difetti e non conformità e potrà, dunque, essere portato avanti per le lavorazioni successive (prefinitura a robot/finitura tradizionale);
- Digiterà "SCARTA" se il pezzo non potrà essere portato avanti per le lavorazioni successive, selezionando il motivo dello scarto scegliendo tra le opzioni riportate nel menù a tendina che comparirà subito dopo aver digitato il tasto "scarta".

5)Il braccio che l'operatore sta lavorando e quali codici sono presenti su quel braccio, spuntando quelli che ha completato e avendo una visualizzazione su quello che è stato fatto e su quello che ancora dovrà essere lavorato. Per ogni braccio sono stati inseriti spazi riferiti a 8 codici sia sulla parte superiore che su quella inferiore, per un totale complessivo di massimo 16 codici lavorati per braccio.

6) Indicazioni sullo stato generale del sistema, che mostrano a video lo stato degli strumenti da utilizzare per il buon funzionamento del sistema MES e il funzionamento dei collegamenti tra i sistemi che devono comunicare:

- Comunicazione e scrittura con la base dati attiva/inattiva;
- Comunicazione e scrittura con il server attiva/inattiva;
- Stato delle etichette e della stampante che le genera
- Stato dello scanner 1 (lettore barcode per la lettura dello stampo)
- Stato dello scanner 2 (lettore barcode per la lettura delle etichette singole per ogni pezzo stampato)

Queste indicazioni sono rappresentate da un "pallino verde" nel caso siano attive tutte le comunicazioni, da un "pallino rosso" in caso contrario. In questo caso, inoltre, verrà segnalata un'anomalia dall'operatore al capoturno e quest'ultimo si occuperà di avvisare i propri responsabili, i quali si attiveranno per la verifica e la risoluzione del problema.

Queste sono le informazioni che l'operatore inserirà e comunicherà al sistema, mentre le informazioni riguardanti l'avanzamento della produzione fornite dal sistema all'operatore (quanti pezzi ha prodotto e quanti ne deve ancora produrre) sono presenti nella videata riferita alla programmazione della produzione, descritta precedentemente, e facilmente consultabile dall'operatore sul touch panel della postazione (Figura 57).

The screenshot shows the M2800 MES system interface. At the top, there is a header with the M2800 logo, BusSola branding, and navigation buttons for 'Pannello OT', 'Ordini', and 'Manodopera'. Below the header, the current shift is 'Turno 2' and the date is '20-12-2018' with a time of '16:30:51'. A search bar and a 'Show 50 entries' dropdown are visible. The main content is a table with 9 columns: 'name', 'product', 'tot.', 'good', 'scrap', 'done', '%good', and '%done'. Two rows of data are shown. Below the table, there are navigation buttons for 'First', 'Previous', '1', 'Next', and 'Last'. At the bottom, there is a status bar with icons for 'Database', 'Server', 'Printer', 'Barcode', 'Scanner 1', and 'Scanner 2', each with a corresponding green or red indicator light.

name	product	tot.	good	scrap	done	%good	%done
18OP21343	H06692001	40 pz	31 pz	6 pz	37 pz	83,78 %	77,50 %
18OP21344	H06702001	40 pz	31 pz	3 pz	34 pz	91,18 %	77,50 %

Figura 57: Esempio di programmazione della produzione per la M2800 disponibile sui touch panel delle postazioni.

Robot 4

È stato analizzato il processo di produzione del S06680001, snorkel costituito da due prodotti stampati sulla M2800 e assemblati sul Robot 4. I due pezzi che provengono dalla macchina M2800 (H06692002 e H06702003) sono già incastonati l'uno nell'altro e ognuno ha attaccata la propria etichetta identificativa. L'operatore deve leggere le due etichette e riconoscere i pezzi a video. Posiziona i due componenti all'interno del robot, che provvederà, in quel momento, ad assemblarli e a finirli. Uscirà, dunque, un pezzo del codice S06683001 già finito, che l'operatore dovrà visionare e dichiarare se sia un pezzo buono o di scarto (se di scarto deve, inoltre, indicare il motivo scegliendo tra le opzioni a disposizione nel menù a tendina). Dal robot verrà poi inviata l'informazione automaticamente a BusSolA che provvederà ad inviarla al sistema AX, il quale, in base alla distinta base e ai componenti dichiarati, si occuperà di scaricare le materie prime e gli inserti a magazzino.

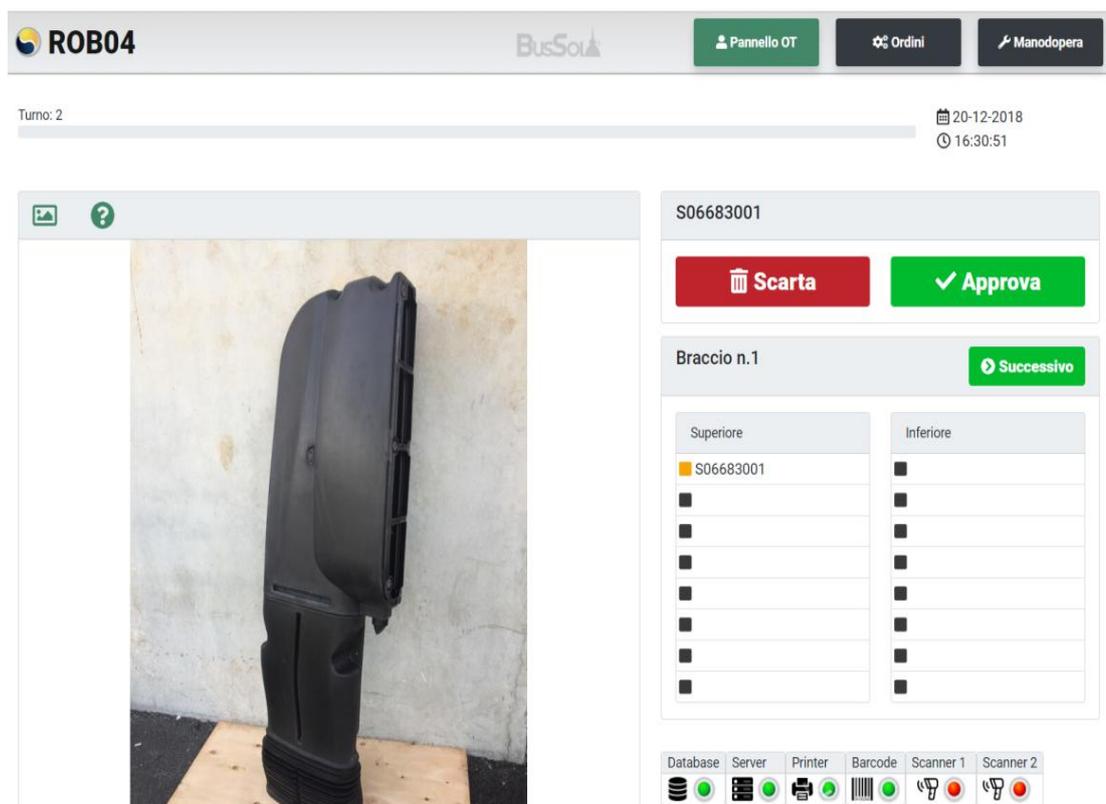


Figura 58: Videata mostrata sul touch panel a bordo del Robot 4 in cui viene approvato o scartato il pezzo.

Roboticom

Il robot grazie al posaggio, unico per ogni pezzo, è in grado di riconoscere autonomamente se il pezzo che deve lavorare è effettivamente quello che era stato programmato a video. Il robot, infatti, non inizia la lavorazione se il pezzo non combacia perfettamente con il posaggio e le chiusure delle maniglie di quest'ultimo non vengono rispettate.

TURNO 2

20-12-2018
16:30:51

Show 50 entries

Search:

Showing 1 to 9 of 9 entries

name	product	tot.	good	scrap	done	%good	%done
180P21359	H07923991	40 pz	31 pz	1 pz	32 pz	96,88 %	77,50 %
180P21360	G066373001	40 pz	30 pz	1 pz	31 pz	96,77 %	75,00 %
180P21361	G06653991	40 pz	33 pz	1 pz	34 pz	97,06 %	82,50 %
180P21362	G06853001	40 pz	31 pz	1 pz	32 pz	96,88 %	77,50 %
180P21363	G10063001	40 pz	30 pz	1 pz	31 pz	96,77 %	75,00 %
180P21364	G11913005	40 pz	35 pz	1 pz	36 pz	97,22 %	87,50 %
180P21365	G11923003	40 pz	31 pz	1 pz	32 pz	96,88 %	77,50 %
180P21366	G11933992	40 pz	36 pz	1 pz	37 pz	97,30 %	90,00 %
180P21367	H08373990	40 pz	30 pz	1 pz	31 pz	96,77 %	75,00 %

Showing 1 to 9 of 9 entries

First Previous 1 Next Last

Database Server Printer Barcode Scanner 1 Scanner 2

Figura 59: Esempio di programmazione della produzione per il Roboticom disponibile sui touch panel della postazione.

L'operatore deve comunque leggere, tramite lettore barcode, l'etichetta del codice stampato prelevato dalla cesta e deve confermare al touch panel che il pezzo prelevato sia lo stesso di quello a video. Questo procedimento è importante per la tracciabilità del prodotto all'interno del sistema BusSola. Una volta lavorato dal robot il codice del prodotto sarà identificato con il numero 3 in sesta posizione (es. H07923991, G11923003...) che sta ad indicare che sul pezzo è avvenuta una lavorazione al robot.

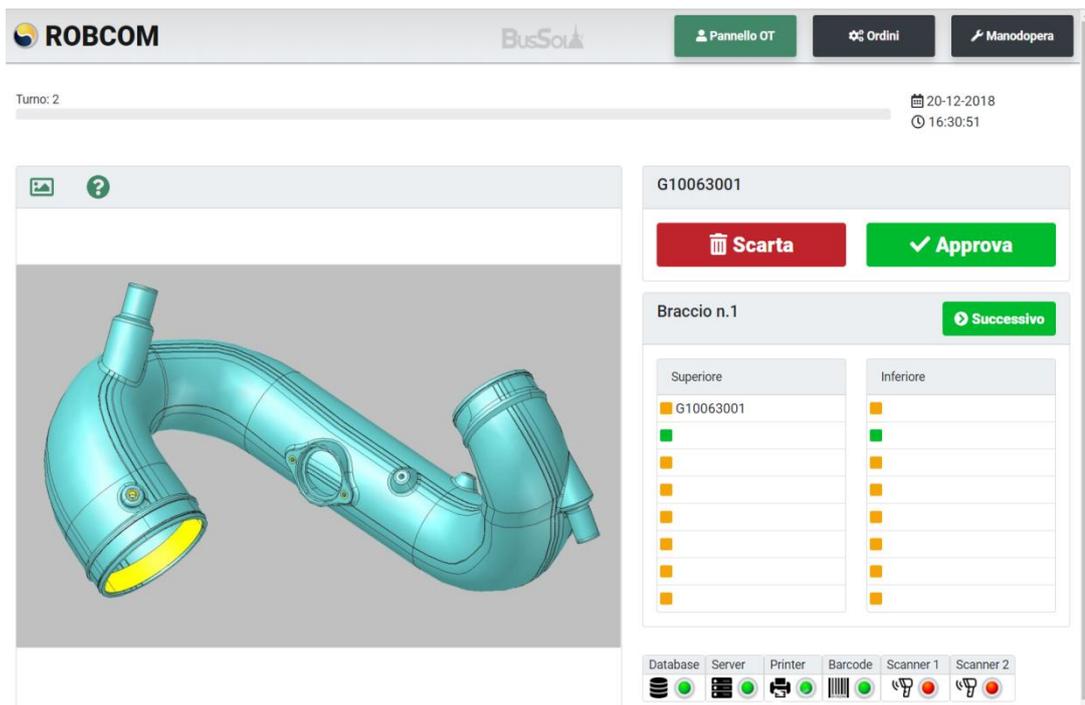


Figura 60: Videata mostrata sul touch panel a bordo del Roboticomin cui viene approvato o scartato il pezzo.

L'operatore, infine, deve dichiarare alla fine della lavorazione, se il pezzo è da considerare buono o di scarto (se di scarto deve, inoltre, indicare il motivo scegliendo tra le opzioni a disposizione nel menù a tendina come in Figura 61).

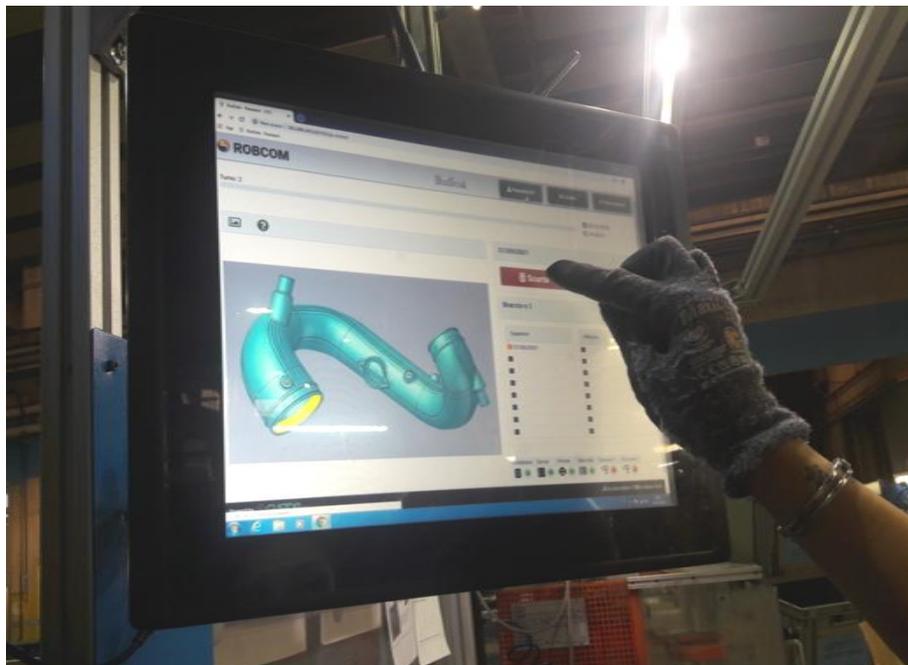


Figura 61: L'operatore al Roboticomin controlla il pezzo lavorato e indica sul monitor se si tratta di un pezzo buono o discarto.

Dopo aver concluso la lavorazione e verificato lo stato del prodotto verrà inviata l'informazione necessaria a BusSolA, che provvederà ad inviarla al sistema AX, il quale, in base alla distinta base del codice lavorato e ai componenti dichiarati, si occuperà di scaricare le materie prime e gli inserti a magazzino.

Grazie a questa rete di comunicazione tra sistemi e alle nuove operazioni introdotte per il riconoscimento dei pezzi e degli scarti, è stato possibile eliminare le schede di denuncia e autocontrollo di produzione cartacee, compilate manualmente dagli operatori durante il turno di lavoro. Queste ultime erano poco precise e difficilmente interpretabili e spesso venivano dimenticate o perse dagli operatori. Le dichiarazioni di produzione cartacee, inoltre, dovevano essere compilate dall'operatore, sottraendo del tempo alla produzione, dovevano essere controllate e approvate dal capoturno e interpretate e trascritte al computer per il calcolo approssimativo delle efficienze e l'analisi delle problematiche riscontrate durante i turni lavorati.

Con l'introduzione del MES, invece, l'operatore fa la sua dichiarazione di produzione andando a leggere con il lettore barcode le etichette di ogni stampo/codice lavorato. In base alle letture delle etichette effettuate durante il turno e in base alla programmazione della produzione stabilita per quella postazione nel turno si calcola facilmente e con precisione l'efficienza della macchina e del lavoratore assegnato.

Questo nuovo procedimento, inoltre, ha permesso di poter tracciare le movimentazioni dei semilavorati all'interno dello stabilimento e di poter individuare le problematiche risalendo più velocemente alla causa origine.

Con l'introduzione del MES, inoltre, l'operatore ha a disposizione a monitor la programmazione della produzione da consultare per valutare l'avanzamento della produzione e la sua performance lavorativa rispetto all'obiettivo aziendale. Il lavoratore, in questo modo, è più consapevole degli obiettivi da raggiungere ed è più responsabile nella valutazione dei prodotti che lavora, ha

il compito di rispettare il programma assegnato e di stabilire autonomamente se il pezzo lavorato è da considerarsi buono o di scarto.

18. VANTAGGI E SVANTAGGI DEL SISTEMA BusSola

Vantaggi

- La tracciabilità dei semilavorati all'interno dello stabilimento.
 - I prodotti stampati (identificati precedentemente dall'operatore che apponeva alle estremità del pezzo un segno fatto con un pennarello indelebile) sono tracciati ora a sistema grazie alla lettura delle etichette identificative per ogni pezzo. Per ogni codice, inoltre vengono mantenuti i dati storici, in modo da risalire alle informazioni e alle problematiche passate;
 - Ogni volta che viene stampato un codice e vengono lette le etichette identificative del pezzo sono detratti dal magazzino le materie prime utilizzate per produrlo (polvere, componenti e inserti). Il magazzino, dunque, viene aggiornato continuamente e in tempo reale. Il contenuto del magazzino registrato a sistema, in questo modo, corrisponde al contenuto reale e gli ordini del materiale possono essere fatti, dunque, al momento opportuno e in quantità esatte. Prima, invece, le materie prime venivano sottratte dal magazzino solo dopo il versamento del prodotto finito, il contenuto del magazzino a sistema non corrispondeva con quello reale e si correva continuamente il rischio di rimanere senza polvere o senza alcuni componenti. Con il MES si è riusciti ad avere un certo controllo sul consumo di materiale e sulla gestione del magazzino.
 - La tracciabilità degli stampati è importante per l'azienda perché è proprio in fase di stampaggio che si riscontrano il maggior numero di scarti. Grazie all'inserimento del sistema MES e al nuovo procedimento di lettura delle etichette e tracciabilità dei

semilavorati è più facile individuare il problema, risalire velocemente alla causa origine e individuare, infine, un soluzione efficace e applicarla per migliorare la qualità dei prodotti.

- L'efficienza viene calcolata, con il MES, in modo preciso sia per le macchine e per i robot di finitura, che per gli operatori assegnati a quella postazione. All'interno del sistema BusSolA, inoltre, vengono comunicati direttamente dalle macchine i parametri di lavorazione e le caratteristiche del codice lavorato. Tramite le etichette e il riconoscimento tramite i lettori barcode è possibile sapere esattamente il numero di pezzi prodotti, eliminando, così, la compilazione delle schede di denuncia di produzione e autocontrollo cartacee. In questo modo la dichiarazione dei pezzi prodotti è più precisa e veloce, risparmiando sia il tempo di compilazione che il tempo di registrazione dati. L'inserimento automatico dei dati, inoltre, più rapido e preciso, consente di eliminare possibili errori e dimenticanze che potevano verificarsi con un sistema manuale di raccolta e registrazione delle informazioni relative alla produzione.
- L'integrazione con i sistemi di business (gestione della produzione) e il dialogo con le macchine dedicate alla produzione, permettono lo scambio in tempo reale delle informazioni riguardanti l'avanzamento della produzione (quantità e tempi) e la possibilità di controllare il processo produttivo e le risorse coinvolte in modo da agire prontamente nel caso in cui si verificassero imprevisti (fermi guasto, allarmi, mancanza di materiale).
- Riduzione dei costi relativi all'immobilizzazione delle giacenze di materie prime e di semilavorati. Con il sistema MES BusSolA, infatti, è possibile tenere traccia del consumo di componenti, materie prime, WIP e scorte. In base all'aggiornamento continuo dei dati verranno prodotti solo gli articoli necessari alla consegna al cliente (tenendo sempre conto della scorta minima stabilita con la direzione) e verranno

ordinati prontamente i componenti e le materie prime le cui quantità, dopo il consumo, sono scese al di sotto della scorta minima di sicurezza a magazzino.

Svantaggi

- La pianificazione e la programmazione della produzione viene ancora svolto manualmente dal programmatore e dagli operatori della logistica. Nel progetto è previsto l'inserimento futuro di uno schedatore che riesca ad elaborare automaticamente il piano e lo scheduling di produzione. Prelevati i parametri direttamente dalle macchine, uno schedatore sarebbe in grado di organizzare il lavoro di macchine e banchi di finitura in maniera rapida e precisa, evitando gli errori carico macchina e di bilanciamento del lavoro che sono frequenti in stabilimento. In un'azienda come la Rototech dove l'organizzazione del carico macchina è fondamentale per il mantenimento del buono stato delle macchine stesse e per la gestione del lavoro manuale è importante avere uno schedatore che elabori in modo preciso e senza errori la programmazione della produzione. In questo modo si raggiungono gli obiettivi stabiliti, mantenendo in "buona salute" le macchine e gli strumenti, ma anche la manodopera impiegata.
- La gestione delle etichette è fondamentale per una buona comunicazione tra i sistemi, l'operatore dovrà fare attenzione a rispettare tutti i passaggi di lettura dell'etichetta e conferma a video. Con l'utilizzo della polvere e dell'acqua per il collaudo dei pezzi bisogna fare attenzione a proteggere le etichette degli stampi e di ogni singolo pezzo in quanto il loro danneggiamento potrebbe non consentire facilmente la lettura tramite lettore barcode.
- Le operazioni di lettura e riconoscimento del codice lavorato sono affidate all'operatore assegnato alla postazione, in quanto le operazioni manuali sono ancora preponderanti nella tecnologia dello stampaggio rotazionale. L'operatore potrebbe dimenticarsi di leggere le etichette

dello stampo o del singolo pezzo, oppure potrebbe mandare avanti un prodotto senza riconoscere lo scarto. Per questo motivo è indispensabile formare il personale al nuovo sistema inserito e ai procedimenti necessari per il suo funzionamento. La formazione dell'operatore, inoltre, dovrebbe comprendere la spiegazione del sistema MES e delle motivazioni che hanno portato al suo inserimento in azienda, in modo da rendere partecipe il personale che diventerebbe, così, più consapevole dell'importanza delle proprie azioni.

CONCLUSIONI

La Rototech s.r.l., già da qualche anno, aveva cercato di elaborare un sistema MES da inserire nello stabilimento di San Gillio, senza però arrivare mai alla concretizzazione del progetto. A fronte di un calo dell'efficienza produttiva, sia in fase di stampaggio sia in quella di finitura, e ad un aumento degli scarti interni si è reso necessario l'inserimento, seppur graduale, di un sistema di controllo e gestione della produzione automatizzato e preciso.

La maggior parte dei dipendenti non aveva conoscenze approfondite riguardo gli obiettivi, gli strumenti e le caratteristiche del nuovo sistema, questo ha rappresentato un vantaggio, in quanto ha permesso di organizzare il lavoro in piena autonomia, ma anche uno svantaggio perché le attività potevano essere svolte solo da pochi specialisti coinvolti nel progetto. Il coinvolgimento del personale e la collaborazione tra dipendenti e fornitori sono degli aspetti fondamentali per la buona riuscita di un progetto e, in questo caso, doveva essere maggiormente incentivata con meeting e incontri più frequenti che avrebbero favorito lo sviluppo di idee e proposte di miglioramento per individuare più velocemente la soluzione migliore che potesse mettere d'accordo tutti i componenti del team, nel rispetto degli obiettivi e delle milestones fissate dall'azienda.

Un sistema di controllo e gestione della produzione ormai per Rototech, che è in fase di espansione, è fondamentale sia per il monitoraggio delle attività attuali sia per lo sviluppo e il miglioramento delle attività future.

L'inserimento del sistema MES all'interno dello stabilimento sarà graduale nel tempo. In questo elaborato sono stati descritti le attività e i risultati raggiunti su tre macchine campione scelte dall'azienda per dare il via al progetto "MES BuSSola". La tracciabilità degli stampati, gestita dal software MES, ha portato dei vantaggi nella creazione dei programmi di produzione e nella gestione del carico macchine per i turni di lavoro e ha reso possibile un aggiornamento in tempo reale del magazzino materie prime. Un altro risultato importante ottenuto dall'inserimento del Manufacturing Execution System è la

comunicazione tra il sistema di gestione aziendale e le macchine di stampaggio e finitura, le quali trasmetteranno direttamente i dati di produzione al sistema BusSolA, che provvederà ad elaborarli e a trasmettere i risultati al sistema gestionale d'impresa AX. In questo modo viene automatizzata completamente la raccolta e l'elaborazione delle informazioni, che sono aggiornate in tempo reale dal sistema e che provengono direttamente dalla macchina, senza subire alterazioni e interpretazioni da parte dell'operatore assegnato alla postazione.

Il processo produttivo ha subito, però, dei cambiamenti in alcune fasi ed è per questo motivo che tutto il personale dovrà essere formato all'utilizzo dei nuovi strumenti (touch panel, etichette, lettori barcode,) per svolgere correttamente tutti i passaggi previsti dal nuovo processo. Cambiare il modo di lavorare dei dipendenti sarà la vera difficoltà, poiché per tanti anni sono stati abituati a svolgere determinate attività in un certo modo. Per questo motivo l'inserimento del Manufacturing Execution System nello stabilimento di San Gillio sarà lento ma graduale e avrà bisogno della collaborazione di tutti per riuscire con successo.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Università La Sapienza di Roma, dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale, web.uniroma.it , gennaio 2019
- [2] Rototech s.r.l., www.rototech.it , gennaio 2019
- [3] Carvani M., Mondini F., Romboli E., “*Stampaggio Rotazionale, teoria e pratica*”, Milano, Federazione Gomma Plastica Gruppo AISR, 2007
- [4] Rototech s.r.l., documenti interni, “*Presentazione aziendale*”, ottobre 2018
- [5] Rototech s.r.l., documenti interni, “*Istruzioni lavoro*”, ottobre 2018
- [6] Rototech s.r.l., documenti interni, “*Difettologia&soluzioni*”, ottobre 2018
- [7] Rototech s.r.l., documenti interni, “*Booklet performance card 2018 (KPI)*”, novembre 2018
- [8] Opera MES for Industry 4.0, www.operames.it/it/industry/fabbrica-digitale, novembre 2018
- [9] MES (Manufacturing Execution System), www.logisticaefficiente.it, novembre 2018
- [10] MES: Manufacturing Execution System, www.mantesso.com/mes, novembre 2018
- [11] Tecnest, Supply Chain: cultura e soluzioni, www.tecnest.it, novembre 2018
- [12] Hannah M., Leiva C., Noller D., “The importance of standards in Smart Manufacturing”, in www.mesa.org, febbraio 2018
- [13] Techtarger, Manufacturing Execution System (MES), www.searcherp.techtarger.com/definition/manufacturing-execution-system-MES, novembre 2018
- [14] Techtarger, ANSI/ISA-95, www.searcherp.techtarger.com/definition/ANSI-ISA-95, novembre 2018

- [15] Brandl D., "What is ISA-95? Industrial Best Practices of Manufacturing Information Technologies with ISA- 95 Models", *ISA 95 Editor*, 19 maggio 2008
- [16] MESA International - White Paper Number 2, "*MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities*", MESA, 1997
- [17] McClellan M., "*Introduction to Manufacturing Execution System*", MES CONFERENCE & EXPOSITION, Baltimore (Maryland), 4-6 giugno 2001
- [18] Maule F., "M.E.S. Manufacturing Execution System", in *tesi.cab.unipd.it/MES_-_Manufacturing Execution System*, Padova 2010
- [19] Govindaraju R., Krisna P., "A Methodology for Manufacturing Execution System (MES) Implementation", in *www.researchgate.net*, febbraio 2016
- [20] Maci L., "Che cos'è l'Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare", in *www.economyup.it/innovazione*, 11 settembre 2018
- [21] Magnani A., "Perché si parla tanto di Industria 4.0: che cos'è e quanti lavori può creare", in *www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori*, 13 ottobre 2017
- [22] Persico Group (macchine per stampaggio rotazionale e accessori), *www.persico.com*, dicembre 2018