



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Implementazione di un Manufacturing Execution  
System: il caso Brusa S.r.l.***

**SINTESI**

---

RELATORE

Prof. Ing. Davide Aloini  
*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia,  
dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni*

IL CANDIDATO

Irene Dalli  
*iredalli93@gmail.com*

TUTOR

Federico Brunetti  
*Brusa S.r.l.*

## Sommario

Il presente lavoro di tesi è il risultato di un percorso di tirocinio che ha avuto luogo presso Brusa S.r.l., azienda operante nel settore delle lavorazioni meccaniche, con sede a Livorno.

L'elaborato ha lo scopo di analizzare e descrivere un progetto di introduzione di un sistema informativo di tipo MES (*Manufacturing Execution System*), il cui obiettivo principale è il miglioramento dell'efficienza produttiva, raggiungibile attraverso la programmazione e il controllo della produzione.

Il lavoro dapprima si concentra sulla definizione del contesto e della situazione di partenza dell'azienda, fondamentale per comprendere le motivazioni che hanno portato alla decisione di introdurre il MES e hanno determinato gli obiettivi da raggiungere. Dopo la definizione della metodologia applicata, l'elaborato si concentra sulle diverse fasi di implementazione del sistema, identificando le criticità riscontrate durante il percorso. Infine, sono illustrati i principali risultati ottenuti e i possibili sviluppi futuri.

## Abstract

The following thesis work is the result of an internship carried out at Brusa S.r.l., a company that operates in the field of mechanical processing, based in Livorno.

The purpose of this document is to analyze and describe a MES (*Manufacturing Execution System*) type information system implementation project, whose main goal is the improvement of production efficiency, achievable through production planning and control.

The work focuses at first on the definition of the context and of the company's initial situation, crucial to understand the reasons that led to the decision to introduce the MES and that have determined the objectives to be achieved. After the definition of the applied methodology, the document focuses on the different phases of the system's implementation, identifying the critical aspects encountered during the process. Lastly, the main results obtained and possible future developments are presented.

## **1. Introduzione**

Il lavoro svolto presso Brusa S.r.l. ha avuto come obiettivo l'implementazione di un sistema informativo di tipo Manufacturing Execution System (MES). Durante il periodo di tirocinio ho supportato l'organizzazione, collaborando con la Direzione aziendale e fungendo da intermediario tra Brusa e i consulenti della software house.

### **1.1 L'azienda**

Brusa è un'azienda che opera nel settore delle lavorazioni meccaniche, con sede a Livorno. È specializzata nella costruzione di componenti meccanici ad alto valore aggiunto, produce su commessa prototipi e prodotti in piccola e media serie. I settori nei quali operano i clienti di Brusa sono numerosi: difesa, petrolifero, aeronautica, aerospaziale, energia, robotica avanzata, ricerca, automotive e medicale.

La decisione di Brusa di implementare un sistema informativo è conseguente alla volontà di raggiungere una maggiore efficienza produttiva e alla necessità di programmare e controllare la produzione.

Prima dell'inizio del tirocinio era già stato effettuato il processo di selezione della tipologia del sistema da implementare e del vendor. La scelta, dopo numerose valutazioni, è ricaduta su Metronomo, un sistema informativo di tipo MES evoluto, di proprietà dell'azienda MecMatica.

## **2. I Manufacturing Execution Systems**

Un *sistema MES*, o *Manufacturing Execution System*, è una delle tipologie di sistema informativo aziendale. È uno strumento progettato e sviluppato per il reparto produttivo, che monitora in tempo reale la produzione e raccoglie dati che consentono al management di individuare eventuali opportunità di miglioramento.

Un sistema MES fa da ponte tra due diverse tipologie di sistemi informativi: quelli di alto livello (ERP, a livello decisionale) e quelli di livello inferiore (sistemi di automazione, a livello di produzione).

### **2.1 Funzionalità**

Tutti i sistemi MES sono caratterizzati da undici funzionalità, definite da MESA International (*Manufacturing Enterprise Solutions Association International*), organizzazione che ha come obiettivo il miglioramento dei processi aziendali nel settore produttivo attraverso

l'introduzione di sistemi informativi innovativi. Il modello ad alveare o *honeycomb*, riportato in *Figura 1*, le riassume:

1. Raccolta e acquisizione dei dati in tempo reale
2. Pianificazione e programmazione della produzione
3. Gestione della disponibilità di risorse
4. Avanzamento della produzione
5. Gestione della manodopera
6. Gestione della qualità
7. Gestione dei processi
8. Gestione e controllo della documentazione
9. Gestione delle attività manutentive
10. Tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti
11. Analisi delle performance

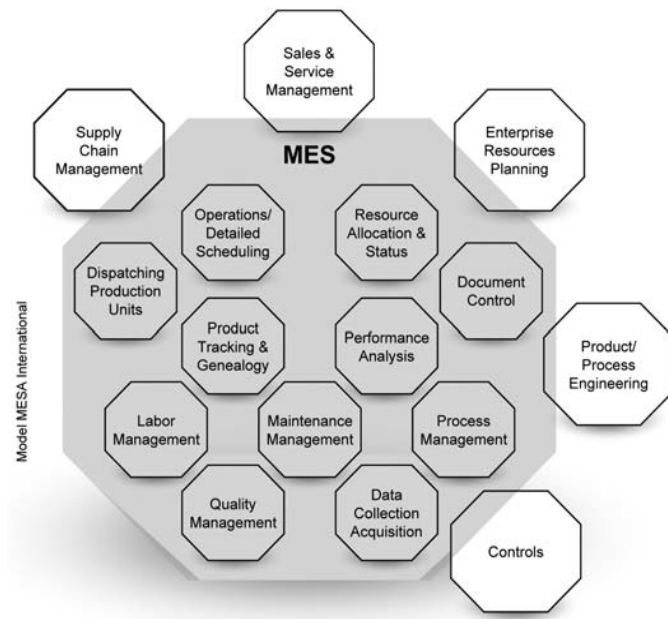


Figura 1: Modello honeycomb di MESA

## 2.2 Benefici

I principali benefici che si osservano nelle aziende in seguito all'introduzione di un sistema MES sono: riduzione lead time, riduzione del tempo ciclo di produzione, riduzione del WIP e degli scarti, riduzione delle giacenze e miglioramento del processo di pianificazione, riduzione dei tempi di consegna e migliore qualità dei prodotti.

È tuttavia complesso calcolare accuratamente il ritorno sugli investimenti ottenuto e identificare in modo chiaro tutti i benefici diretti e indiretti di un sistema MES completamente implementato.

## 2.3 Rischi e fattori critici di successo

È importante tenere conto non soltanto dei benefici ottenibili, ma anche dei rischi in cui si può incorrere. Questi possono essere di diverso tipo: uno dei più frequenti è il rischio di superamento del budget prefissato o dell'allungamento dei tempi previsti, ma è possibile anche che l'implementazione del sistema si riveli un insuccesso. Per evitare ciò è fondamentale essere a conoscenza dei *fattori critici di successo*, ovvero elementi indispensabili per il successo del progetto. Questi sono suddivisibili in tre categorie: umani, tecnologici e organizzativi. Nella prima categoria si può inserire l'importanza della definizione di un team responsabile del

progetto di implementazione, la necessità di addestramento e formazione del personale e di un corretto processo di comunicazione. Nei fattori tecnologici sono comprese l'accurata selezione del sistema e la corretta analisi dei processi aziendali. Infine, nell'ultima categoria sono da considerare il supporto del top management, la corretta scelta di una strategia di implementazione e il coinvolgimento di tutte le persone interessate dal cambiamento.

### 3. Metodologia

La metodologia applicata per l'attività di supporto all'implementazione può essere riassunta in 5 step, schematizzati in *Figura 2*:

1. Analisi del contesto aziendale, per la definizione del settore e del mercato in cui l'azienda opera. Le informazioni sono state raccolte attraverso colloqui con la Direzione e con il personale e tramite l'esame di documentazione di presentazione fornita direttamente dall'azienda.
2. Mappatura dei processi aziendali nella situazione *as-is* con lo strumento BPMN, dopo l'affiancamento e l'osservazione delle figure aziendali nell'esecuzione delle loro attività giornaliere.
3. Analisi delle funzionalità del sistema tramite interviste a MecMatica, consultazione del sito internet ed esplorazione del sistema.
4. Definizione delle fasi di implementazione insieme a MecMatica e alla Direzione. Supporto agli utenti nell'utilizzo del sistema e organizzazione di riunioni con il personale e la Direzione per identificare e raccogliere problematiche, criticità e necessità di apportare, dove possibile, modifiche al sistema. Presentazione delle stesse ai consulenti per ottenere soluzioni mirate e colmare i gap.
5. Insieme alla Direzione e agli utenti interessati, sulla base delle indicazioni fornite da MecMatica, definire soluzioni per l'allineamento delle procedure aziendali al sistema.



Figura 2: Step della metodologia seguita

#### 4. Analisi della situazione AS-IS

Una mappatura dei processi aziendali della situazione *as-is* (Figura 3) ha consentito di comprendere in modo migliore le cause principali dell'implementazione, identificate al paragrafo successivo.

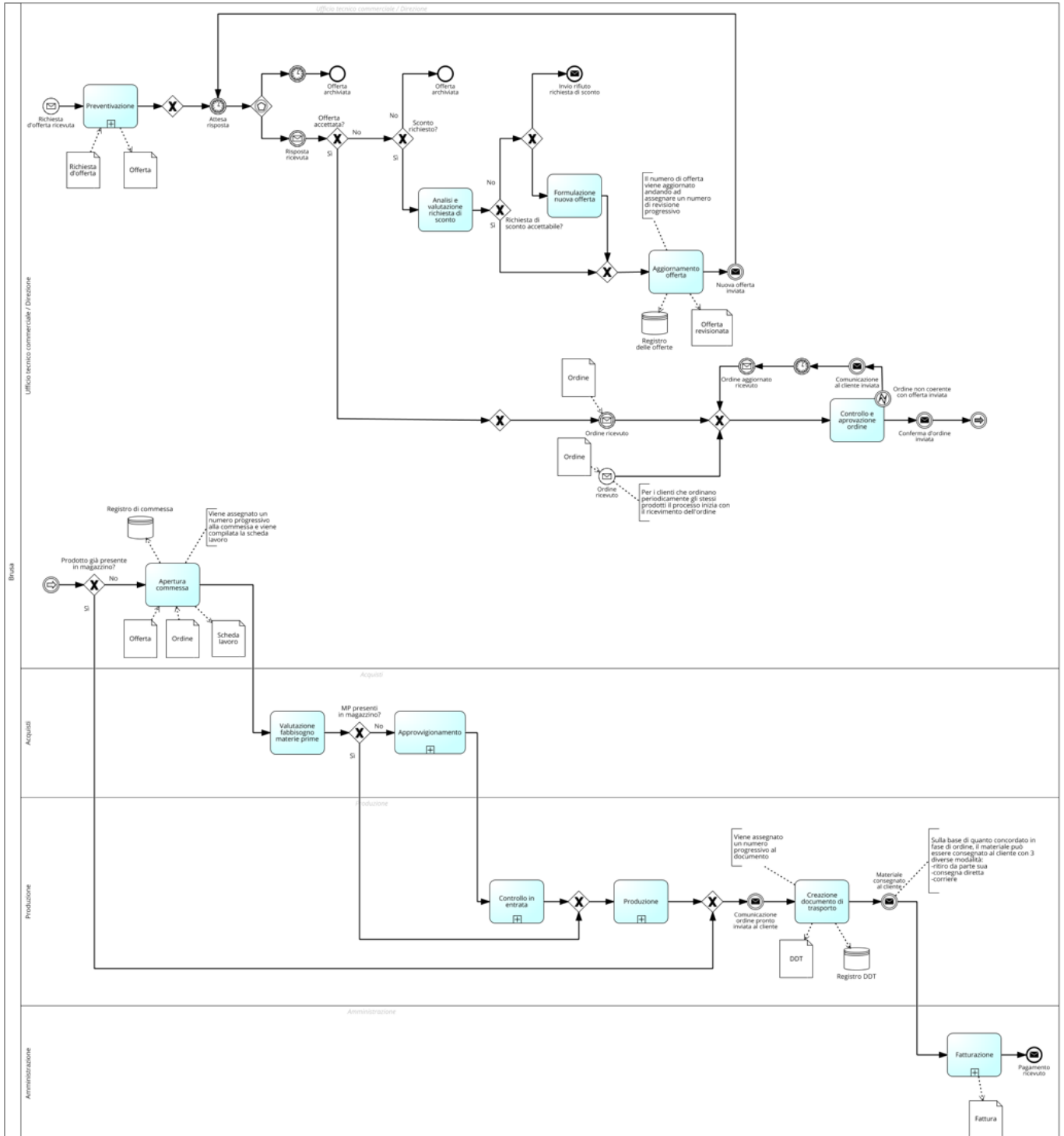


Figura 3: Mappatura dei processi di Brusa nella situazione as-is

I prodotti, in Brusa, non seguono un processo produttivo definito, ma, per ogni singola commessa, si determina il ciclo di lavoro, in base alle caratteristiche del particolare richiesto. Per questo motivo durante la redazione della mappatura di questo processo si sono presentate alcune difficoltà, legate alla necessità di includere nella stessa tutti i possibili scenari che si possono presentare.

#### **4.1 Criticità e cause dell'implementazione**

Attraverso la mappatura dei processi sono emerse chiaramente quali fossero le criticità più significative di Brusa:

- **Gestione della documentazione:** non risulta efficace, poiché per la maggior parte della documentazione aziendale sono utilizzati supporti cartacei. Inevitabilmente si ha la perdita di alcune informazioni importanti.
- **Gestione delle giacenze:** la gestione dell'inventario non è praticamente presente per il magazzino materiali e materie prime. Per quanto riguarda invece il magazzino prodotti finiti e semilavorati, la gestione è effettuata manualmente dagli operatori, tramite aggiornamento di un file Excel. L'aggiornamento manuale, non è sempre affidabile ed è possibile che la giacenza indicata non rispecchi quella reale.
- **Monitoraggio dei tempi di lavorazione:** i tempi di produzione vengono indicati dagli operatori su apposite schede di commessa. Il rischio è che si ottengano informazioni imprecise e incomplete.
- **Stato della produzione in tempo reale:** l'avanzamento della produzione è monitorato esclusivamente attraverso ispezione visiva dei pezzi e consultando gli operatori.
- **Programmazione della produzione:** non è sempre possibile assegnare agli operatori i compiti da svolgere prima che questi concludano l'operazione precedente, con conseguente verificarsi di tempi morti.

#### **4.2 Obiettivi della situazione TO-BE**

Gli obiettivi che la Direzione si è prefissata di raggiungere attraverso l'implementazione del sistema informativo riguardano principalmente la produzione, il processo core dell'azienda:

- **Schedulazione e monitoraggio della produzione in tempo reale:** tramite la programmazione delle attività produttive si punta non solo a ridurre i tempi morti dovuti al passaggio da una lavorazione a un'altra, ma anche a ottenere date di

consegna più attendibili. Con il monitoraggio si vuole avere la possibilità di individuare i problemi nel momento in cui si presentano, interrompendo il processo produttivo e dunque permettendo la riduzione degli scarti.

- **Costificazione accurata delle commesse:** è considerata un'attività fondamentale per verificare che i prezzi applicati siano sufficienti a coprire i costi di produzione e permettano di ottenere un profitto, soprattutto per quanto riguarda le commesse ripetitive, per le quali è indispensabile avere la certezza di non registrare perdite economiche.
- **Rilevazione dei tempi di produzione:** la corretta rilevazione dei tempi di lavorazione effettivi risulta importante non solo per la costificazione, ma anche per far sì che, al riordino della medesima fornitura, sia possibile schedulare la produzione in modo accurato, garantendo al cliente una data di consegna affidabile.
- **Gestione dell'approvvigionamento:** l'obiettivo è conoscere i fabbisogni nel momento in cui si vengono a creare, in modo tale da intraprendere prontamente tutte le attività di approvvigionamento. Inoltre, si mira all'aggregazione dei fabbisogni derivanti da diversi ordini clienti.
- **Gestione del magazzino prodotti finiti:** nel momento in cui si riceve un ordine da parte di un cliente è fondamentale essere a conoscenza dell'eventuale giacenza, per evitare di intraprendere le attività produttive nel caso in cui il prodotto richiesto sia già presente in magazzino. Per far sì che il livello di scorte indicato rispecchi quello reale, è necessario eliminare il più possibile la componente umana dal processo di aggiornamento dello stesso.
- **Migliore accessibilità alle informazioni:** l'ultimo obiettivo è il miglioramento della gestione delle informazioni e della loro accessibilità. Con la riduzione del cartaceo e la digitalizzazione dei dati, si vuole ridurre a zero il rischio di perdita e deterioramento dei documenti. Inoltre, ogni utente deve avere la possibilità di accedere facilmente e rapidamente, in qualsiasi momento, alle informazioni di cui ha bisogno. Un livello di sicurezza più elevato è raggiungibile attraverso la possibilità di accedere a determinati dati e informazioni unicamente da parte degli utenti autorizzati.



## 5. Metronomo

Come già anticipato, il processo di selezione del sistema e del vendor era già stato effettuato prima dell'inizio del tirocinio. La scelta è ricaduta su Metronomo, un MES evoluto che, a differenza dei sistemi MES tradizionali, possiede anche le funzioni base di un ERP.

I moduli che sono stati acquistati da Brusa sono: *Monitoring* (permette il monitoraggio della produzione in tempo reale), *Scheduler* (permette di schedulare la produzione), *Logistic & MRP* (gestisce la logistica e i magazzini), *Prev* (per la creazione dei preventivi), *Contab* (gestisce la contabilità aziendale), *Proconsolle* (raccoglie le dichiarazioni degli operatori nel reparto produttivo) e *ColWin* (per il collegamento e il trasferimento dei programmi CNC dalle macchine).

## 6. Implementazione

Il software è stato installato sui terminali presenti in ufficio nel mese di luglio 2019. È stato deciso di avviare il progetto di implementazione a partire dal mese di settembre.

L'approccio scelto per l'implementazione di Metronomo è stato di tipo *ibrido*, ovvero si è deciso di implementare il sistema in più fasi distinte, ognuna riguardante un determinato numero di moduli.

Definito l'approccio da utilizzare, l'implementazione è stata suddivisa in cinque fasi (schematizzate in *Figura 4*), che hanno determinato la sequenza con la quale intraprendere le attività di training degli utenti.

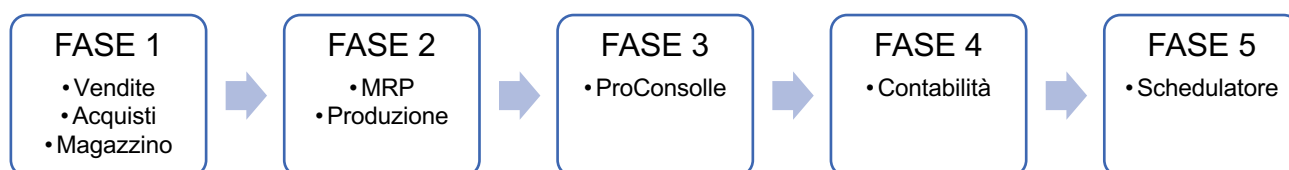


Figura 4: Fasi di implementazione

Le fasi non sono state pianificate in termini temporali: ad ogni incontro si sono valutati i tempi necessari agli utenti per padroneggiare le funzionalità dei moduli e conseguentemente è stata stabilita la data della successiva attività di formazione.

## **6.1 Attività pre-implementazione**

Al fine di rendere il sistema in grado di funzionare correttamente, si è dovuto caricare i dati aziendali su Metronomo, per creare del database. In particolare, sono stati inseriti: anagrafiche di clienti, fornitori e prodotti, distinte base e cicli di lavoro, materiali e materie prime, macchinari, reparti e lavorazioni. Infine, è stato creato un profilo personale per ogni operatore.

## **6.2 Customizzazioni introdotte**

Oltre all'utilizzo delle funzionalità standard del sistema, è stato necessario apportare alcune personalizzazioni allo stesso. Non è stato possibile introdurre modifiche importanti al sistema, in quanto Metronomo risulta essere piuttosto rigido; la maggior parte delle customizzazioni introdotte ha quindi riguardato gli output generati.

Un aspetto che ha richiesto del tempo considerevole è stata la personalizzazione del format dei documenti, in quanto i report standard disponibili risultavano essere troppo essenziali. Inoltre, sono stati creati nuovi report su richiesta, che permettessero di aggregare i dati e visualizzarli su un'unica stampa contemporaneamente.

## **6.3 Criticità riscontrate**

Le principali criticità rilevate durante il processo di implementazione del MES sono connesse alla resistenza al cambiamento e alla difficoltà nell'utilizzo di nuove tecnologie, riscontrate in particolare nel reparto produttivo e nel personale addetto alla fatturazione.

### **6.3.1 Reparto produttivo**

L'implementazione di Metronomo ha determinato un cambiamento importante legato alla numerazione delle commesse e alla moltiplicazione delle stesse rispetto alla situazione *as-is*. Prima dell'introduzione del sistema informativo, infatti, si assegnava lo stesso numero di commessa a tutti gli articoli presenti in uno stesso ordine cliente. Inoltre, su una stessa scheda di commessa non era riportato solo l'assieme generale, ma anche tutti i particolari che lo compongono, ognuno con il proprio ciclo di lavoro. Nel periodo iniziale si è verificata una resistenza al cambiamento da parte del personale, legata all'utilizzo delle nuove schede di commessa e la nuova numerazione.

L'implementazione del sistema MES ha comportato cambiamenti anche nel modo di lavorare degli operai dell'officina. Infatti, prima dell'introduzione del sistema, la produzione era meno

organizzata, gli operatori avevano maggiore libertà e il solo compito che dovevano svolgere era la lavorazione meccanica vera e propria. Con l'utilizzo di Metronomo, sono aumentate le attività che gli operatori devono portare a termine e le dichiarazioni che devono effettuare, sia prima dell'inizio della propria fase, che alla conclusione della stessa. Inoltre, la poca confidenza con la tecnologia di alcuni operatori ha reso non facile l'apprendimento e l'utilizzo della ProConsolle. Con il tempo gli operatori hanno poi acquisito familiarità con il sistema e le difficoltà si sono ridotte notevolmente.

Infine, per alcuni operatori, il sistema di monitoraggio della produzione può risultare uno strumento per tenere sotto controllo le loro attività all'interno dell'officina, anche se questo non è l'obiettivo dello stesso.

### **6.3.2 Fatturazione**

Per quanto riguarda invece la fatturazione, durante la formazione non sono stati riscontrati particolari problemi legati al funzionamento del sistema. Infatti, il processo di creazione delle fatture risulta molto più semplice e veloce rispetto a quello seguito nella situazione *as-is*.

La resistenza al cambiamento è stata comunque forte, anche a causa dell'introduzione della fatturazione elettronica all'inizio del 2019; per il personale non è stato facile accettare di dover affrontare un secondo cambiamento a distanza di solo un anno.

## **7. Conclusioni**

Il tirocinio purtroppo ha dovuto subire una sospensione a partire dal 10 marzo 2020 a causa dell'emergenza sanitaria legata alla pandemia globale di Covid-19. Con esso, anche l'implementazione del sistema ha subito un'interruzione.

Il blocco ha inevitabilmente causato ritardi nel piano di implementazione: si è dovuto posticipare il training relativo al modulo schedatore e la conclusione delle attività legate alla fatturazione.

### **7.1 Benefici ottenuti**

Non è stato facile identificare i benefici che l'implementazione di Metronomo ha portato a Brusa, anche a causa del fatto che il progetto non è ancora concluso.

Sicuramente, l'introduzione del sistema ha permesso una migliore definizione dei processi e delle procedure aziendali, in quanto ogni attività deve essere eseguita secondo le modalità definite dal sistema.

Si è inoltre assistito ad un miglioramento nelle modalità di gestione e archiviazione delle informazioni e si è ottenuta una maggiore sicurezza, con riduzione del rischio di perdita delle stesse, sia negli uffici tecnico-amministrativi, ma soprattutto in officina. Tutti gli utenti, inoltre, possono accedere a ciò di cui necessitano con più facilità e indipendenza rispetto alla situazione precedente.

L'adozione di Metronomo ha inizialmente comportato un aumento dei tempi necessari all'inserimento dei dati nel database. Tuttavia, questi, vengono recuperati verso la fine del ciclo aziendale, dove le attività richiedono tempi significativamente minori rispetto ai precedenti metodi. Inoltre, per quanto riguarda la produzione di commesse ripetitive, i tempi necessari all'inserimento dei dati sono facilmente recuperabili con la ripetitività delle operazioni.

## **7.2 Limiti**

Il sistema risulta al momento sottoutilizzato, in particolare relativamente alla gestione del magazzino e alla conseguentemente impossibilità di utilizzare l'MRP per la creazione degli ordini in maniera automatizzata. Infatti, a causa della decisione di non effettuare l'inventario fino a quando il sistema non risulti a regime, non è possibile gestire le giacenze da Metronomo in modo efficace.

Oltre al magazzino, anche altri moduli non vengono utilizzati in tutte le loro funzionalità, sia a causa di inefficienze, sia a causa di decisioni prese già in fase di acquisto. Questo è il caso del modulo contabilità, nel quale sono presenti più funzioni di quelle che Brusa ha intenzione di utilizzare in quanto la contabilità è lasciata a un commercialista esterno.

## **7.3 Sviluppi futuri**

Indubbiamente l'obiettivo principale a breve termine è la conclusione dell'implementazione degli ultimi moduli mancanti.

Una volta portate a termine le attività di training rimanenti, è importante che si inizi a gestire il magazzino, elemento fondamentale per l'utilizzo di Metronomo, senza il quale si interrompe il flusso logico di funzionamento dello stesso. Non integrare il magazzino potrebbe comportare non ottenere i benefici desiderati dall'implementazione, che significherebbe aver effettuato un investimento errato.