



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2023/2024

Sessione di Laurea Aprile 2024

# **Analisi del processo di pianificazione e schedulazione della produzione in una PMI metalmeccanica**

Caso studio: MTS s.r.l. di Bosconero

Relatori:

Prof. ssa De Maddis Manuela

Prof. Lombardi Franco

Candidato:

Campanile Giacomo

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Azienda.....</b>	<b>6</b>
2.1	Struttura e layout .....	6
2.1.1	MTS1 .....	7
2.1.2	MTS2 .....	9
<b>3</b>	<b>Processo produttivo.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ERP aziendale .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Processo di pianificazione e relative problematiche.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Analisi delle singole lavorazioni e valutazioni delle discrepanze tra pianificato e realtà .....</b>	<b>42</b>
6.1	Taglio fiamma e laser .....	43
6.2	Nesting .....	44
6.3	Sbavatura e piegatura.....	46
6.4	Fresatura e tornitura.....	48
6.5	Saldatura .....	51
6.6	Sabbiatura e verniciatura.....	55
6.7	Collaudo e imballo .....	58
<b>7</b>	<b>Analisi critica del processo di pianificazione e proposte di miglioramento ...</b>	<b>60</b>
7.1	ERP aziendale .....	63
7.2	Interazione ERP e azienda .....	64
7.3	Cultura aziendale .....	65
7.4	Reparto tecnico .....	67
7.5	Reparto della pianificazione.....	68
<b>8</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>71</b>

## Indice delle figure

Figura 1: Planimetria MTS1, via Trieste 154 .....	7
Figura 2: Foto del parco macchine a disposizione dell'azienda .....	8
Figura 3: Planimetria MTS2, via Trieste 154 .....	9
Figura 4: Foto del parco macchine a disposizione dell'azienda .....	10
Figura 5: totem per inserimento dei dati di produzione in dotazione .....	11
Figura 6: Documento di conferma ordine di vendita emesso da MTS .....	13
Figura 7: Immagine di un OPD .....	15
Figura 8: schema funzionamento taglio laser .....	44
Figura 9: schema funzionamento piegatura.....	46
Figura 10: schema funzionamento sbavatura .....	47
Figura 11: schema funzionamento fresatura .....	48
Figura 12: schema funzionamento tornitura.....	48
Figura 13: buffer presente a bordo macchina.....	50
Figura 14: Immagine delle fasi di collaudo e imballo presenti sull'ODP della commessa 2021/01245 .....	59

# Indice delle tabelle

Tabella 1: Situazione prevista dallo schedatore per il lotto 203 .....	22
Tabella 2: Situazione registrata sul gestionale .....	22
Tabella 3: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 02/03/2022 .....	23
Tabella 4: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 07/03/2022 .....	24
Tabella 5: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 14/03/2022 .....	25
Tabella 6: Lavorazioni di carpenteria previste per il giorno 14/03/2022 .....	26
Tabella 7: Confronto tra la situazione pianificata e quella registrata sul gestionale per il lotto 167 .....	27
Tabella 8: Confronto tra la situazione pianificata e quella registrata sul gestionale per il lotto 160 .....	28
Tabella 9: Situazione registrata sul gestionale per il componente 93027977 .....	28
Tabella 10: Situazione registrata sul gestionale per il componente 93027977 .....	30
Tabella 11: Dimensioni del pezzo 93028446 e del pezzo 12805630 .....	31
Tabella 12: Situazione prevista per il pezzo 93028446 e il pezzo 12805630 .....	31
Tabella 13: Lavorazioni di taglio fiamma del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631 .....	31
Tabella 14: Lavorazioni di sbavatura e sabbiatura del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631 .....	32
Tabella 15: Lavorazioni di fresatura del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631 .....	32
Tabella 16: Fasi di carpenteria e tempi previsti per la realizzazione dei due telai.....	33
Tabella 17: Tempi registrati per la puntatura dei due telai.....	34
Tabella 18: Tempi registrati per la preparazione per la saldatura robot dei due telai .....	35
Tabella 19: Tempi registrati per la saldatura robot dei due telai.....	36
Tabella 20: Tempi registrati per la saldatura manuale dei due telai.....	37
Tabella 21: Tempi registrati per l'esame visivo sulle saldature dei due telai.....	38
Tabella 22: Fasi di finitura e tempi previsti per la realizzazione dei due telai.....	39
Tabella 23: Tempi registrati per il lavaggio e il controllo dei due telai .....	40
Tabella 24: Tempi registrati per la mascheratura dei due telai .....	40
Tabella 25: Tempi registrati per la verniciatura, il collaudo e l'imballo dei due telai .....	41
Tabella 26: Indicazione dei processi di taglio laser e fiamma che hanno usufruito della tecnica del nesting	45
Tabella 27: Lavorazioni meccaniche dei sottogruppi principali che compongono i telai.....	49
Tabella 28: Lotti che necessitano dell'operazione di saldatura presenti sulla commessa 2021/01245 .....	53
Tabella 29: Tempi teorici e reali delle fasi di carpenteria sui due telai.....	55
Tabella 30: Lotti che necessitano dell'operazione di sabbiatura e verniciatura presenti sulla commessa 2021/01245 .....	57

# 1 Introduzione

Il seguente progetto di tesi sperimentale consiste nell'analisi del processo di pianificazione della produzione che viene svolto nelle PMI metalmeccaniche italiane. Nello specifico questa tesi si è concentrata sul caso di MTS S.r.l., "Meccanica Tonel Sergio"; un'azienda di carpenteria metallica di medie dimensioni a conduzione familiare, situata a Bosconero, località nel Canavese, poco distante dalla città di Torino.

La prima parte della tesi si concentrerà sulla descrizione dell'azienda, del tipo di lavorazioni che vengono svolte e del flusso produttivo che viene seguito al suo interno.

Nella seconda parte verranno esposti e commentati i risultati della raccolta dei dati effettuata durante il periodo che ho trascorso in azienda, sia come tirocinio curriculare sia come tirocinio extra-curriculare, andando ad evidenziare le differenze che intercorrono tra quanto è stato pianificato e quella che invece è la reale situazione al termine della commessa, analizzando le cause che hanno provocato questo scostamento. Infine verranno presentati dei suggerimenti al fine di migliorare il processo di pianificazione aziendale.

Per i dati contenuti all'interno di questa tesi, è stata analizzata nello specifico la commessa 2021/01245, commessa relativa alla realizzazione di telai per macchine movimentazione terra per un'importante azienda tedesca del settore. È stata scelta questa commessa sia perché rappresenta una tipologia standard di ordine di produzione che viene realizzata in MTS ogni circa due/tre mesi, sia perché è una delle commesse che ho seguito direttamente durante il mio periodo all'interno dell'azienda e per la quale conosco e ho analizzato le cause che concorrono alla difficoltà di ottenere dei reali dati di avanzamento e di conseguenza verificare l'efficacia o meno del processo di pianificazione.

## 2 Azienda

MTS viene fondata nel 1973 con il nome di “Officina Meccanica Tonel” dal signor Tonel Sergio, con l’obiettivo di realizzare componentistica per il settore dell’automotive. Nel 1985 il nome viene modificato in quello attuale e l’azienda si specializza nella produzione di manufatti metallici di medie e grandi dimensioni che richiedono sia lavorazioni di carpenteria sia lavorazioni meccaniche, distaccandosi dal settore automotive per concentrarsi di più su commesse per aziende che richiedono un quantitativo limitato di pezzi ma una elevata precisione; questo fa sì che MTS abbia la possibilità di far valere il proprio “know how” e quindi di poter fornire un elevato valore aggiunto al proprio prodotto e al cliente finale. Gli attuali committenti di MTS sono aziende italiane ed europee che operano in settori quali: macchine agricole e movimentazione terra, funiviario, automazione industriale, automotive, gru.

### 2.1 Struttura e layout

“MTS” dispone, al momento, di due capannoni, per una superficie totale di 7000 m<sup>2</sup>, e sta costruendo il terzo, il tutto su un terreno di proprietà, che permette anche di ospitare zone di magazzino sul piazzale all’esterno. Nel primo capannone, denominato MTS1, sono presenti i macchinari che svolgono le lavorazioni meccaniche e il montaggio dei componenti; sono inoltre presenti l’ufficio tecnico, il collaudo, il reparto acquisti e la logistica. Nel secondo capannone, denominato MTS2, sono invece presenti tutti quei macchinari che permettono di realizzare le lavorazioni di carpenteria, quindi il taglio e la saldatura, più una zona adibita alla sabbiatura e alla verniciatura. In MTS2 è anche presente l’ufficio del reparto di pianificazione.

Essendo MTS un’azienda che dispone della capacità di partire dalla lamiera per arrivare a realizzare prodotti complessi, e volendo fare leva su questo aspetto particolare, avvengono molti flussi di materiale grezzo o semi lavorato tra i due capannoni; questi sono svolti per mezzo di carrelli elevatori ad alimentazione ibrida, utili per trasportare i pezzi fin dentro i capannoni, all’interno dei quali sono poi presenti dei carriponte e delle gru a sbalzo, per consentire il miglior posizionamento possibile dei manufatti all’interno delle postazioni di lavoro.

Di seguito passerò a descrivere nello specifico la planimetria dei due capannoni e a fornire un’indicazione sul parco macchine a disposizione dell’azienda.

## 2.1.1 MTS1

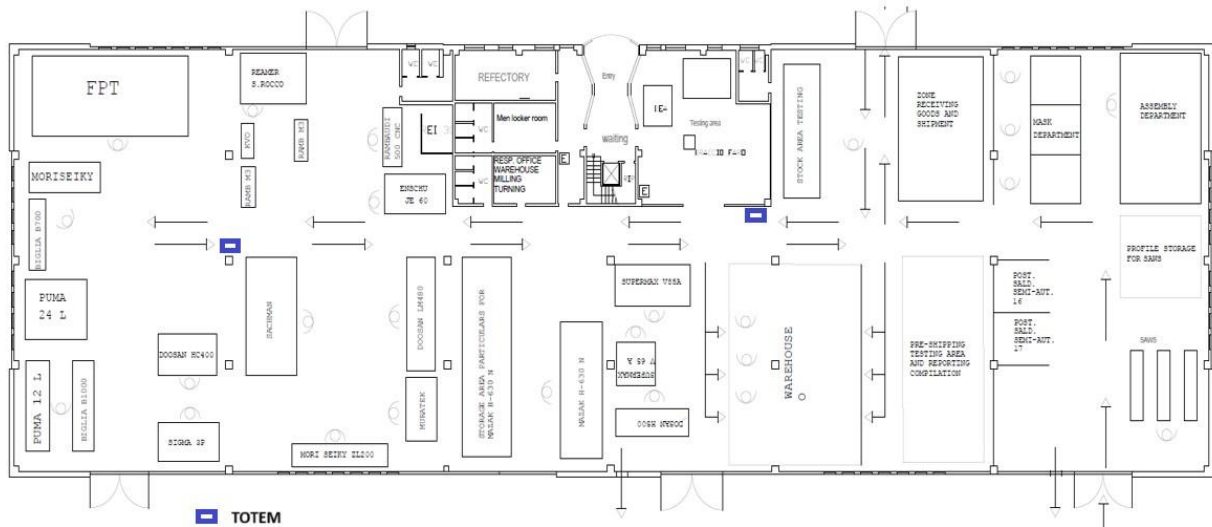


Figura 1: Planimetria MTS1, via Trieste 154

MTS1 si presta ad essere il capannone dedicato alle lavorazioni meccaniche: al suo interno sono presenti sia torni e frese CNC, utili per le lavorazioni di precisione, sia alcuni macchinari semi manuali, utilizzati per lavorazioni di sgrossatura propedeutici alle lavorazioni successive. Sono inoltre presenti un reparto adibito all'assemblaggio dei componenti finiti e una postazione di taglio da barra. Attualmente, dato l'aumento del volume di lavoro, alcune zone prima riservate a magazzino sono state convertite ad ulteriori postazioni di saldatura, in supporto a quelle già esistenti in MTS2.

Nello specifico, MTS1 dispone di due grosse fresatrici orizzontali dell'azienda italiana "FPT", capaci di lavorare bracci meccanici lunghi anche 3 metri. È inoltre presente una terza fresatrice dell'azienda "Sachman", utilizzata per le lavorazioni su componenti lunghi massimo un paio di metri. Per la fresatura di pezzi di dimensioni contenute viene invece utilizzata una fresatrice orizzontale, che presenta come caratteristica molto importante la presenza di due pallet di carico; questo aiuta ad abbattere i tempi di attrezzaggio della macchina, potendo caricare e scaricare i pezzi mentre in contemporanea viene lavorato un altro componente.

Lato torni, MTS dispone di un ampio parco macchine: possiede un tornio da barra, molto comodo perché basta caricare il buffer con la barra che deve essere lavorata, che può essere lunga fino a 3 metri, e poi funziona senza necessità dell'intervento dell'operatore; un tornio per lavorare componenti con diametri fino 50 cm; un tornio con braccio robotico che permette di caricare e scaricare il macchinario in maniera automatica, prendendo i grezzi dal piano di carico e lasciando i prodotti finiti su un altro ripiano, pronti per essere controllati dagli operatori; due torni acquistati di recente, completamente programmabili e utilizzati per le lavorazioni che richiedono maggiore precisione.

A tutti questi macchinari completamente CNC, si aggiungono una decina di altre postazioni di lavoro, tra frese e torni, che richiedono un maggior controllo da parte dell'operatore e una minor precisione, ma che vengono utilizzati comunque quotidianamente per tutte le lavorazioni su componenti di piccole dimensioni e con lotti di quantità limitata che garantiscano di ammortizzare i tempi e costi di attrezzaggio.

Infine, l'ultimo macchinario presente in MTS1 è una sega da barra, capace di tagliare profilati tondi fino a un diametro di 20 cm e lunghi anche 6 m; una volta che la barra è stata caricata e i parametri di taglio sono stati

inseriti, la macchina procede al taglio in maniera automatica, auto lubrificandosi, scaricando il pezzo tagliato all'interno del cesto di carica e facendo avanzare la barra.

La restante superficie di MTS1 è adibita a magazzino oppure è stata recentemente riconvertita a nuove postazioni di saldatura per la realizzazione di nuove commesse, in attesa che venga ultimato il nuovo capannone.



*Figura 2: Parco macchine a disposizione dell'azienda*



## 2.1.2 MTS2

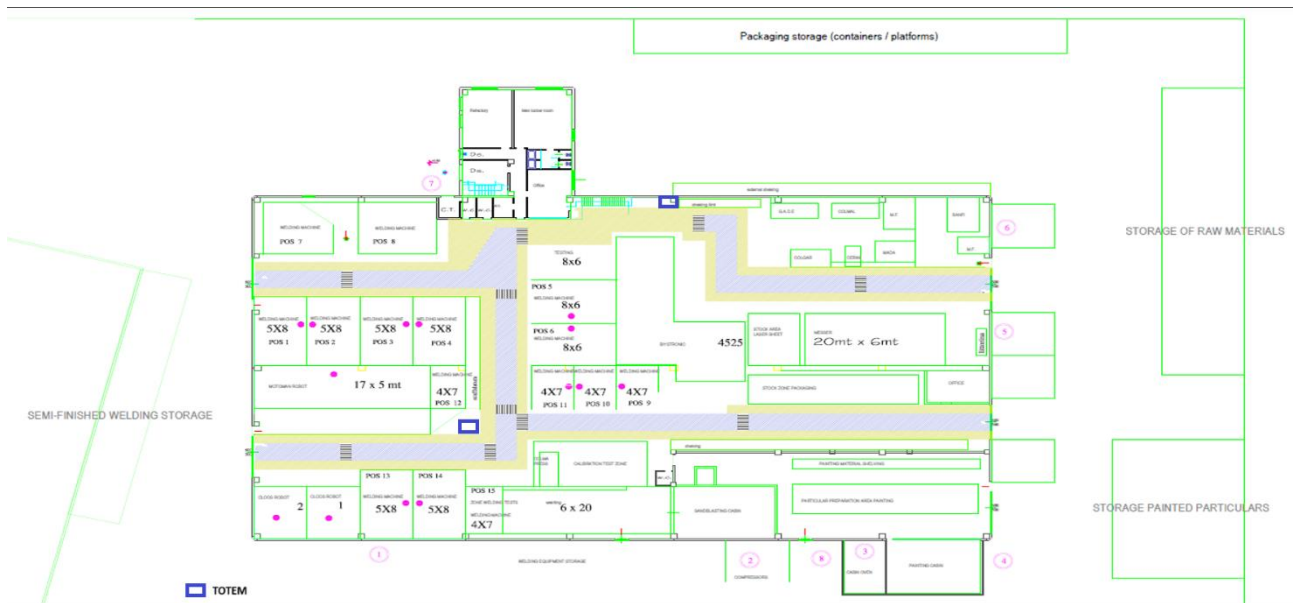


Figura 3: Planimetria MTS2, via Trieste 154

MTS2 rappresenta invece il capannone completamente dedicato a tutte le lavorazioni di carpenteria; il piazzale esterno circostante è adibito a magazzino per le lamiere, che vengono portate all'interno una volta che devono essere tagliate e cominciare il processo di lavorazione.

MTS dispone di due macchinari per tagliare la lamiera: i "fogli" che hanno uno spessore fino a 50 mm vengono tagliati con il laser grazie all'impianto della "Lasertech". La caratteristica di questo macchinario è quella di avere due supporti di taglio differenti: un pallet di ricarica e uno di taglio, in questo modo la macchina può funzionare 24 ore su 24, basta che l'operatore scarichi il foglio che è stato lavorato e posizioni quello successivo da lavorare, il tutto mentre il macchinario sta svolgendo il programma di taglio su un'altra lamiera. Per il taglio di lamiere con spessori superiori ai 50 mm, fino a un massimo di 160 mm, è presente una struttura a pantografo per l'ossitaglio; questo macchinario presenta un piano di taglio largo 6 metri, la larghezza standard delle lamiere, e lungo 20 m. Questo permette di poter caricare contemporaneamente almeno due lamiere per volta e di conseguenza "nascondere" i tempi di carico e scarica del macchinario all'interno dell'effettivo tempo di lavoro della macchina.

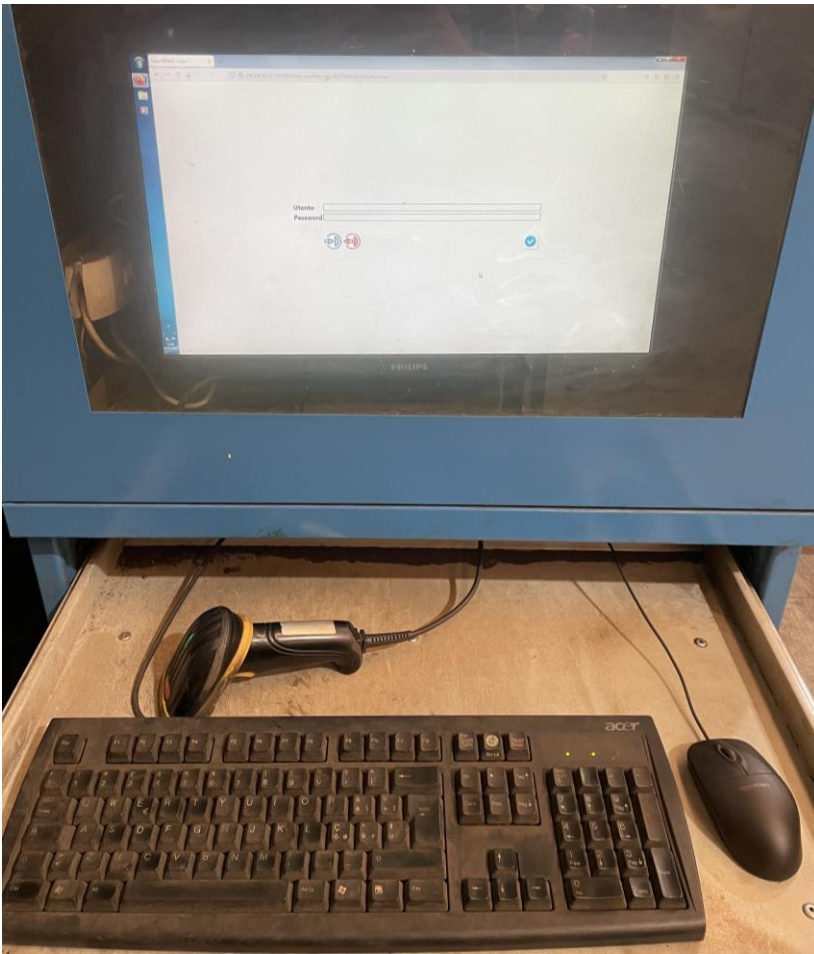
Quasi la totalità della superficie di MTS2 è adibita a postazione per la saldatura: ci sono otto postazioni per la saldatura manuale e cinque postazioni con robot di saldatura di varie dimensioni; i più piccoli vengono usati per saldare le boccole su delle bielle lunghe circa 50 cm, mentre quelli più grandi compiono le saldature su componenti come i telai per i trattori o i bracci per le gru.

A completare il parco macchine presente in MTS2 ci sono: una piegatrice, due macchine per la sabbiatura dei pezzi di piccole dimensioni, una cabina di sabbiatura per tutti i componenti di grandi dimensioni, due camere di verniciatura, con relativi impianti di filtrazione dell'aria e recupero delle vernici.



*Figura 4: Parco macchine a disposizione dell'azienda*

Importante ai fini della tesi è anche evidenziare che in entrambi i capannoni esistono due differenti postazioni computer, denominate totem, che permettono agli operai di poter interagire con l'ERP aziendale attraverso un'interfaccia semplificata, che permette loro di caricare sul gestionale i dati di produzioni, cioè i tempi di lavoro, la quantità di pezzi realizzati, la presenza di eventuali scarti di produzione, con relativa motivazione, e il macchinario utilizzato.



*Figura 5: Totem per inserimento dei dati di produzione in dotazione*

### 3 Processo produttivo

MTS è un'azienda che lavora seguendo la metodologia PULL; questo vuol dire che inizia a produrre i pezzi solo quando un ordine cliente viene approvato e si trasforma in una commessa di produzione. Per questa ragione risulta molto importante il lato commerciale dell'azienda, gestito direttamente dal sig. Daniele Tonel, il quale si occupa di far conoscere MTS a imprese italiane ed europee, invitando i rispettivi reparti commerciali a visionare in prima persona come si lavora in azienda.

Una volta che una società decide di affidarsi ad MTS, inizia l'iter per fare in modo che la commessa possa effettivamente essere approvata, cominciare ad essere realizzata e venir consegnata nei tempi prestabiliti. L'azienda in questione deve far pervenire a MTS una richiesta di ordine, dove specifica le caratteristiche tecniche e il numero di particolari che intende ordinare. Qui entra in gioco il reparto tecnico di MTS, che crea la distinta base e i cicli di lavorazione teorici per poter realizzare i pezzi in questione. Sulla base di questi dati viene anche fatta una stima del tempo di lavorazione necessario alla realizzazione, passaggio effettuato dall'ufficio tecnico e da quello di pianificazione, che insieme valutano la situazione di saturazione del parco macchina, e un'analisi dei costi della materia prima, svolto dall'ufficio acquisti, passaggio, questo, che risulta essere molto importante, soprattutto in un periodo storico in cui i costi delle materie prime tendono ad aumentare notevolmente. Con tutti questi dati a disposizione, il board aziendale è in grado di formulare un preventivo da sottoporre all'azienda interessata; qui parte la fase di trattativa che può vertere maggiormente sul prezzo finale o sulla data di scadenza che deve essere garantita. Se le due parti riescono a raggiungere un accordo, allora il cliente deve formulare un ordine ufficiale, dove indica il codice dei pezzi da produrre, la loro quantità, la data di consegna e il prezzo che verrà corrisposto. In questo caso MTS ha a disposizione cinque giorni lavorativi per confermare o rifiutare l'ordine; una volta trascorsi, da quel momento in avanti il contratto diventa ufficiale e vincolante per entrambe le parti, che si impegnano a rispettarlo, pena il pagamento di more.

MTS ha convenienza ad accettare prevalentemente commesse che rispecchiano la sua filosofia aziendale; infatti, tende a non accettare ordini che richiedano la realizzazione di lotti di grandi dimensioni, poiché il margine economico non sarebbe elevato, inoltre alcuni macchinari verrebbero impegnate per un lungo periodo e non tutte le commesse potrebbero essere realizzate nei tempi stabiliti.

La tipologia standard di commessa che MTS tende a prediligere è quella che prevede di realizzare un numero di pezzi che può variare tra i 5 e i 40, con un lead time medio di 35 giorni. Ci sono però anche casi di commesse che prevedono di realizzare numerosi pezzi, intorno alle 200 unità al mese, che vengono accettate proprio per andare a saturare alcuni macchinari che altrimenti non verrebbero utilizzati e risulterebbero essere solo un costo per l'azienda; inoltre, questo tipo di commesse risultano essere un ottimo inizio per tutti i nuovi assunti in azienda per prendere dimestichezza con le lavorazioni meccaniche e di saldatura che si svolgono in MTS.

Di seguito viene presentato un documento di "conferma ordine di vendita", documento di riepilogo dove MTS conferma la presa in carica della commessa e formalizza dal suo lato i dati inseriti dal cliente nell'ordine.

**M.T.S. S.r.l.**  
Meccanica Tonel Sergio

Via Trieste 154 10080 Bosconero - To -  
Telefono 0119889839 / 0119889814 Fax 0119886573  
C.F. / P.IVA 04823880010  
Cap. Soc. 100.000,00 € int. vers.  
REA TO-664025  
Sede Legale Via Valfirè 4 10121 TORINO - To  
Email/Sito info@meccaniconelsergio.it - www.meccaniconelsergio.it

**Destinatario**  
[REDACTED]

Cod. Fiscale [REDACTED] P.IVA [REDACTED] AT

**Luogo di spedizione**

**Conferma Ordine di Vendita**

Cod. Cliente	Num. Doc.	Data Doc.
C000380	2022/00128	20/01/2022
RIF. Vs Ord. nr.	789660	del 20/01/2022

Codice	Descrizione	Consegna	UM	QTA	Prezzo Cad.	SC%	Importo
12594305	SHIFT LEVER LH-GRAU	22/03/2022	PZ	5,00	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
12913432	REAR CHASSIS - LH GRAU	22/03/2022	PZ	3,00	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
12913432	REAR CHASSIS - LH GRAU	23/03/2022	PZ	1,00	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
12930759	REAR CHASSIS	22/03/2022	PZ	2,00	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Imponibile	Imposta ESE	Totale Ordine(iva incl.)
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Condizioni generali di fornitura

Modalità di consegna: FRANCO VS. STABILIMENTO  
Pagamento: Bon.Banc.30 gg DF  
Vettore:

Figura 6: Documento di conferma ordine di vendita emesso da MTS

Una volta che la commessa è stata ufficialmente accettata, tutti i dati necessari alla sua realizzazione devono essere effettivamente caricati sul sistema ERP; nel caso di MTS, l'azienda si affida al sistema "Factory" della società italiana INTESI. Per la corretta realizzazione dei pezzi richiesti, bisogna caricare sul gestionale la distinta base definitiva, contenente tutte le relazioni padre-figlio tra i vari componenti, le lavorazioni necessarie con i relativi tempi, il materiale di cui sono fatti i pezzi (per acciai comuni il tempo di approvvigionamento è di circa uno/due settimane, mentre per acciai particolari i tempi possono salire fino anche a otto mesi e questo può influire molto sulla data finale di consegna) e le quantità necessarie. Un altro dato fondamentale da inserire è la data di consegna, poiché è proprio da questo valore che lo schedatore parte per pianificare tutte le commesse presenti sul sistema.

Un passaggio molto importante ai fini della pianificazione è quello di tenere costantemente aggiornato il modulo che fa riferimento alle risorse macchine e uomo a disposizione dell'azienda; solo così lo schedatore può pianificare al meglio le lavorazioni, distribuendo i carichi di lavoro in modo realistico sui turni e sulle risorse presenti in azienda, andando di conseguenza a saturare l'utilizzo delle macchine e tenendo in considerazione quali risorse uomo posso effettivamente utilizzare i macchinari a disposizione.

Come filosofia di pianificazione, MTS ha deciso di lanciare le schedazioni delle sue commesse utilizzando la metodologia della pianificazione a risorse infinite: ciò viene fatto perché il board aziendale vuole sapere quale sarebbe la capacità necessaria, sia lato ore uomo sia lato ore macchina, per svolgere internamente tutte le

lavorazioni di tutte le varie commesse; se questo valore eccede la reale capacità di MTS allora alcune lavorazioni, o intere commesse, vengono esternalizzate. Questo crea un minor margine di guadagno ma permette di prendere in carico un maggior numero di commesse, che in periodi di minor carico possono essere nuovamente internalizzate.

Il risultato della pianificazione è uno diagramma di Gantt che mette in sequenza tutte le lavorazioni delle commesse caricate a gestionale, tenendo conto dei rapporti padre-figlio e facendo in modo di ultimare la commessa entro la data inserita a gestionale; se questo non dovesse essere possibile, poiché è stata caricata una data sbagliata o perché si è effettivamente in ritardo con la realizzazione di una certa commessa, allora le sue lavorazioni saranno priorizzate e il diagramma mostrerà la data più prossima nella quale si può pensare di consegnare il prodotto finito.

Una volta che il risultato della pianificazione è stato controllato e accettato, allora si possono effettivamente lanciare in produzione le commesse e quindi generare gli ODP, cioè gli ordini di produzione: questi sono dei fogli che contengono tutte le indicazioni relative a un determinato componente e che servono all'operatore per sapere quale pezzo deve realizzare. Sull'ODP sono indicati: numero della commessa, cliente, codice e nome commerciale della parte, quantità da produrre, data di consegna, elenco delle lavorazioni da completare, con relativi tempi stimati di attrezzaggio e lavorazione.

Sopra il nome di ogni lavorazione è presente un codice a barre: questo serve affinché l'operaio possa inserire direttamente sul gestionale, attraverso l'interfaccia semplificato dei totem, il momento di inizio e fine di una determinata lavorazione e il numero di pezzi realizzato. Questo sistema sarebbe molto utile se usato in modo corretto, poiché permetterebbe di avere costantemente un riscontro da parte degli operai sugli effettivi tempi di lavorazione, e quindi il reparto di pianificazione potrebbe intervenire prontamente là dove si verificano dei ritardi non preventivati. Quello che accade nella realtà è che quasi nessun operaio inizia e termina virtualmente la propria lavorazione negli stessi momenti nei quali comincia e finisce effettivamente i propri processi di lavoro; di frequente le lavorazioni vengono aperte e chiuse nel giro di pochi secondi, a fine turno, caricando sul gestionale il numero di pezzi realmente prodotto durante la sessione di lavoro ma perdendo l'informazione sul tempo effettivo. Questo fa sì che il reparto di pianificazione non abbia mai un reale riscontro sull'effettiva durata delle lavorazioni e che il magazzino virtuale e quello fisico differiscano costantemente, obbligando a svolgere rettifiche inventariali ogni qual volta che una commessa viene realizzata e venduta, per poter tenere effettivamente traccia di quali pezzi si sono terminati e spediti e invece quali siano ancora in fase di lavorazione.



## 4 ERP aziendale

Prima di analizzare nello specifico le lavorazioni e i motivi dei ritardi rispetto alla situazione pianificata, reputo sia importante andare a descrivere il sistema gestionale che viene utilizzato in MTS: l'azienda si avvale del supporto della software house italiana "INTESI" e del suo ERP, denominato "Factory".

Con ERP, letteralmente enterprise resources planning o, tradotto, pianificazione delle risorse d'impresa, si intende un sistema informatico in grado di gestire non solo le operazioni manifatturiere ma tutte le attività in capo all'azienda, e quindi anche la gestione degli ordini, la distribuzione e le spedizioni, il magazzino e il lato finanziario della compagnia. La funzione principale degli ERP è quella di collegare insieme tutte le informazioni in modo che sia più semplice poter prendere decisioni e avere una visione d'insieme sull'andamento dell'azienda, a beneficio del management.

I vantaggi di questo sistema sono: avere un database unico e funzionalità completamente integrate su un'unica piattaforma; un'interfaccia utente coerente con le richieste dell'azienda; avere un singolo fornitore di tutti i servizi con il quale interfacciarsi e al quale richiedere assistenza e integrazioni; un'architettura di sistema e strumenti unificati per tutti i moduli.

Gli svantaggi sono invece rappresentati da: incompatibilità con i sistemi precedentemente utilizzati; un periodo lungo e costoso di implementazione del software; perdita di flessibilità nell'utilizzo di sistemi specifici e dedicati ad un solo processo; lungo periodo di "rientro dell'investimento" dovuto all'elevato costo di installazione; minor evoluzione tecnologica.

Storicamente, il successo degli ERP si è basato principalmente su tre fattori: il primo è stato il riconoscimento dell'importanza della gestione della catena di distribuzione ("supply-chain management"), estendendo i tradizionali metodi di controllo dell'inventario e integrandoli con la gestione della distribuzione, del magazzino a tutto tondo e della possibilità di produrre in diversi siti, andando a generare tutti quei quesiti che risiedono nelle questioni logistiche. Il secondo fattore che ha favorito l'espandersi degli ERP è stato il movimento, partito negli anni 90, di riprogettazione dei processi aziendali ("business process reengineering"), secondo il quale risultava necessario un intervento di revisione dei propri processi operativi e organizzativi al fine di creare maggior valore possibile per il cliente finale. Il terzo fattore è stata la facilità con la quale si è potuto avere accesso a strumenti tecnologici in grado di processare moltissime informazioni in brevissimo tempo. [1]

Tornando all'ERP in utilizzo presso MTS, il software presenta dei moduli in grado di gestire, teoricamente, tutte le funzioni aziendali. Effettivamente però viene utilizzato solo in parte, a causa di alcuni problemi legati a certi moduli specifici. I moduli più sfruttati sono quelli per la gestione dei clienti e degli ordini, inoltre anche le distinte basi e le lavorazioni, sia interne sia esterne, sono caricate e gestite dall'ERP. I moduli invece che risultano meno utilizzati sono quelli relativi allo stato inventariale; ciò è dovuto a frequenti disallineamenti che devono essere corretti a mano, e quello relativo all'analisi "ex post" dei dati di produzione e di costo effettivo che vengono sostenuti dall'azienda durante il processo di produzione. Per scelta aziendale, la gestione degli aspetti finanziari dell'azienda è rimasta su un software separato mentre la realizzazione dei preventivi viene fatta in modo ibrido, caricando a sistema le distinte basi ma calcolando i costi effettivi in modo manuale, utilizzando l'esperienza maturata negli anni di lavoro piuttosto che i dati numerici forniti dall'ERP stesso.

Per quanto riguarda il modulo di maggior interesse per la realizzazione di questo progetto di tesi, cioè quello che gestisce la pianificazione di tutte le commesse, ci sono alcuni punti che meritano di essere approfonditi.



Per MTS, e di conseguenza sul gestionale, esistono due tipi di commesse: quelle di produzione e quelle di magazzino. La differenza sta nel fatto che le commesse di produzione sono direttamente legate ad un ordine cliente, il che vuol dire che nel momento in cui viene emesso il documento di fatturazione, la commessa viene terminata in automatico. Le commesse di magazzino invece nascono per realizzare i pezzi e poterli mettere in inventario, vendendoli successivamente alla loro realizzazione. Un esempio di commessa di magazzino è proprio la commessa 2021/01245 oggetto di questo progetto di tesi: visto che i telai vengono venduti a lotti di 5/10 a settimana ma per l'azienda è più conveniente realizzare i tagliati di almeno 40 telai per volta, è stata creata una commessa fittizia che incorpora più ordini al suo interno. Non terminandosi in automatico una volta che viene emesso il documento di fatturazione, le commesse di magazzino vanno tenute sotto controllo e deve essere verificato sempre quali pezzi si stiano effettivamente realizzando; questo è importante per non creare sovrapposizioni tra commesse di magazzino successive tra loro e sapere sempre esattamente ogni singolo pezzo realizzato a quale commessa appartiene e soprattutto da quale lamiera è stato realizzato, per tenere traccia dell'origine della materia prima in caso di possibili rotture imputabili alla qualità della stessa. Data la loro natura, le commesse di produzione possono avere diverse righe d'ordine e quindi diversi lotti padre ai quali possono essere associate diverse scadenze, mentre le commesse di magazzino hanno di solito un unico lotto padre con data di scadenza pari alla data di consegna dell'ultimo pezzo del lotto.

Al fine di ottenere una pianificazione il più possibile aderente alla situazione aziendale, è anche importante evidenziare come ogni lavorazione presente all'interno della commessa possa essere associata a delle proprietà specifiche che servono a fare in modo che ognuna di esse venga pianificata nel modo migliore. Tali proprietà sono:

- Estendibilità: indica il fatto che, se l'operatore non è impegnato totalmente su questa singola lavorazione, allora può dedicare parte del suo tempo anche a un'altra lavorazione, ad esempio deve dedicare il 70% del tempo alla lavorazione A ma può anche dedicare il 30% del tempo anche a un'altra lavorazione
- Fissare l'inizio: posso fissare, ancora prima della pianificazione, la data di inizio di determinate lavorazioni. Questo può essere utile, ad esempio, se so in anticipo che una certa materia prima non potrà arrivare prima di una determinata data
- Sovrapposizione: due lavorazioni si possono sovrapporre, nel senso che si può forzare un legame di consequenzialità tra loro, andando a indicare a "quella di valle" che dovrà partire subito dopo "quella di monte", ad esempio che una lavorazione di fresa dovrà cominciare subito dopo quella di tornitura, se queste vengono svolte sulla stessa macchina
- Tempo di coda: si può indicare un determinato intervallo di tempo nel quale in pezzo dovrà rimanere fermo prima di cominciare la lavorazione successiva, senza però un impegno di risorse. Un esempio è il raffreddamento dopo un trattamento termico o l'asciugatura dopo il processo di verniciatura.
- Inefficienza: impostata di default da MTS su un valore del 20%
- Frazionamento: si possono aumentare le risorse assegnate alla lavorazione per diminuirne il tempo; in pratica si divide il lotto di lavorazione in più sotto-lotti e li si assegna a diverse risorse uomo e macchina per farli eseguire in contemporanea
- Classe di attrezzaggio: serve per indicare quali risorse macchine specifiche servono alle lavorazioni e per verificare se c'è la possibilità di ottimizzarne alcuni, svolgendole in modo consequenziale e abbattendo i relativi tempi di attrezzaggio. Serve per massimizzare l'utilizzo delle macchine CNC su pezzi simili

- **Priorità:** serve ad indicare quale lavorazione vogliamo che abbia la priorità sulle altre, a parità di data di consegna. È indicata da un numero; più è negativo e maggiore è l'indice di priorità

Affinché la pianificazione possa funzionare correttamente è necessario che sul gestionale vengano caricate almeno le seguenti informazioni: la data di consegna della commessa e le lavorazioni necessarie alla sua realizzazione, con le relative durate, l'impegno di risorse e le relazioni padre-figlio. Se poi si vuole avere una pianificazione che rispecchi la reale situazione aziendale, bisogna caricare sul sistema le risorse uomo e macchine a disposizione dell'azienda, suddividendo sui tre turni disponibili e associando nel modo corretto le varie lavorazioni con le risorse che le possono svolgere.

Il sistema poi potrà pianificare le commesse in due modi: "al più presto", che vuol dire che viene impostata manualmente una data prima della quale non si può cominciare la commessa, ma ciò potrebbe portare al fatto che venga terminata in ritardo; oppure "al più tardi", cioè si fissa la data entro la quale si deve terminare la commessa, che di solito coincide con quella dell'evasione dell'ordine, e si fa in modo che la commessa venga terminata per quella data, questo però può portare a una consegna in ritardo là dove si dovesse verificare un qualunque tipo di imprevisto durante le fasi di lavorazione.

Lo scheduler funziona nel seguente modo: prima di tutto scarica il database con tutte le commesse aperte a sistema, con le relative lavorazioni, e le ordina in base alla data di scadenza; poi permette di impostare alcuni parametri, come fissare l'inizio o creare dei rapporti di inizio-fine tra le lavorazioni; infine esegue la schedulazione vera e propria.

Nel suo processo di pianificazione, lo scheduler tiene prima conto dei vincoli impostati manualmente, cioè verifica gli "inizi fissati", poi passa ai rapporti di inizio-fine e per ultimo ai rapporti padre-figlio caricati sulla distinta base. Dopo aver tenuto conto di tutti questi vincoli, prova a pianificare le commesse a ritroso, partendo dal lotto padre e la sua data di consegna e verificando che tutte le lavorazioni precedenti possano essere svolte in tempo. Se dovesse capitare il caso in cui, procedendo a ritroso, una lavorazione dovesse avere una data di inizio nel passato rispetto alla data nella quale si effettua la pianificazione, allora lo scheduler ripianifica tutte le lavorazioni "in avanti", partendo dalla data nella quale viene effettuata la pianificazione e dai componenti figli, risalendo la catena gerarchica, tenendo sempre conto dei vincoli preimpostati e fornendo alla fine un messaggio di avviso sul fatto che la commessa non potrà essere consegnata entro la data prevista.

Il risultato della pianificazione è un diagramma di Gantt nel quale ogni lavorazione di ogni commessa aperta a sistema presenta una data di inizio, una data di fine e un certo impegno di risorse.

Questo tipo di pianificazione viene definito a "risorse finite" poiché tiene conto delle risorse effettivamente in possesso dell'azienda. Il board aziendale però richiede anche che venga svolta una pianificazione a "risorse infinite", non tenendo conto cioè del fabbisogno di tempo e macchine necessario ma mostrando solo quanti e quali elementi sarebbero necessari per svolgere tutte le commesse in corso entro le rispettive date di consegna: in questo modo può essere presa una decisione su quali commesse si possono svolgere internamente in MTS, quali commesse si possono esternalizzare e quali invece non si possono accettare perché non in possesso delle risorse per svolgerle entro la data prevista di consegna.

La volontà del board aziendale sarebbe quello di essere in grado di poter ripianificare tutte le commesse in opera ogni qual volta si verifichi un qualche tipo di problema o rallentamento, oppure quando venga valutata la possibilità di accettare un nuovo ordine. Così facendo ogni giorno si dovrebbe sapere esattamente quale risorsa, uomo e macchina, deve essere impegnata su quale pezzo e per quanto tempo: in questo modo ogni giorno, ogni operatore potrebbe avere subito gli ODP dei pezzi che dovrà lavorare sul turno e questo faciliterebbe il corretto caricamento a sistema dei tempi e delle quantità effettive.

Questo è il funzionamento teorico del modulo che gestisce la pianificazione aziendale, ma nel mio periodo trascorso in MTS non ho mai avuto l'occasione di vederlo effettivamente utilizzato. Questo è dovuto sia a frequenti errori a livello di software, che colpivano principalmente il modulo della pianificazione ma che erano frequenti anche sugli altri moduli utilizzati in azienda, sia anche a limitazioni tecniche del modulo stesso che non permetteva di fornire informazioni attendibili al reparto pianificazione e al board aziendale.

Dato il suo funzionamento, gli stessi impiegati che gestivano la pianificazione in MTS non avevano assolutamente fiducia nei risultati che erano stati elaborati, le poche volte che il modulo aveva funzionato correttamente, e preferivano, o per meglio dire erano costretti, a "pianificare" le varie commesse a mano, basandosi sugli avanzamenti di produzione verificati di persona durante il turno e sui tempi stimati per ultimare i lotti forniti dal reparto tecnico, incrociati con i dati storici di produzione.

Come ho avuto modo di sperimentare in prima persona, uno dei problemi principali del modulo della pianificazione è che il database delle commesse inserite sul sistema risulta molto "sporco": continuano a rimanere virtualmente attive delle commesse, o anche solo alcune lavorazioni, che nella realtà sono già state ultimate da parecchio tempo. Questo però porta a fare in modo che ogni qual volta viene eseguita una pianificazione, queste vengano ripianificate da zero, falsando i dati. Uno dei compiti che ho svolto durante il mio periodo di tirocinio è stato quello di andare a incrociare gli ordini di spedizione al cliente con le varie commesse di magazzino registrate sul sistema, cliente per cliente e commessa per commessa, per ogni tipo di modello realizzato, per verificare l'effettiva chiusura o meno delle suddette. Così facendo sono stato in grado di "terminare" effettivamente molte commesse che avevano ancora delle lavorazioni, o interi lotti, ancora virtualmente attivi e allineare lo stato inventariale fisico e virtuale, eliminando le rettifiche che venivano svolte artificialmente e sostituendole con i reali versamenti di pezzi eseguiti sulle rispettive commesse nelle quali erano stati realizzati.

Il problema più grande legato al modulo della pianificazione è però intrinseco alla sua architettura e non può essere modificato: lo scheduler non è in grado di suddividere un lotto di produzione in più sotto-lotti con diverse date di scadenza. Un esempio è proprio la commessa 2021/01245: per convenienza dettata da economie di scala, MTS lancia la commessa con lotto minimo di 40 telai, ma poi questi devono essere realizzati a blocchi di 5/10 alla settimana, a seconda delle esigenze del cliente. Quindi alcuni sottogruppi vengono realizzati tutti insieme, come ad esempio la maggior parte degli elementi tagliati a fiamma e con il laser, altri vengono realizzati a lotti di 10/20 per volta, come i sottogruppi principali che devono essere saldati e lavorati alle frese CNC, mentre il telaio finale viene realizzato giorno per giorno. Questo tipo di processo lavorativo non può però essere concepito dal sistema di pianificazione, il quale fa in modo che ogni lavorazione venga eseguita per intero prima di poter passare a quella successiva: così facendo si verificano sempre delle differenze tra lo stato pianificato e lo stato reale delle lavorazioni in itinere in MTS. L'esempio della commessa 2021/01245 non è l'unico; MTS realizza anche dei basamenti per un'importante multinazionale del settore delle gru. In azienda vendono prodotti fino a 6 diversi basamenti, i quali vengono ordinati con commesse che comprendono il fabbisogno di circa 2/3 mesi. Le spedizioni però vengono svolte con cadenza settimanale e sulla base della richiesta puntuale del cliente: questo fa in modo che tutti i tagliati e i sottogruppi principali vengano realizzati in una volta sola mentre l'assemblaggio finale viene fatto all'occorrenza e deciso di settimana in settimana, tenendo a magazzino giusto la quantità di basamenti per soddisfare circa una settimana di richieste e poter essere in grado di sopperire a un qualunque tipo di rallentamento della produzione.

Una soluzione a questo problema potrebbe essere quello di dividere fin da subito le commesse in più sotto-commesse che cerchino di prevedere in modo più preciso le richieste del cliente, incrociando i dati storici degli ordini passati con i previsionali dei mesi successivi. Così si potrebbero creare delle commesse che

servono a realizzare solo pochi pezzi per volta e hanno come durata media circa una settimana. Questo però creerebbe dei problemi con tutti i sottogruppi e i tagliati, i quali andrebbero comunque realizzati tutti insieme per sfruttare al massimo i macchinari. Ne risulterebbe che, invece di avere una singola commessa, si finirebbe per avere: una commessa per il taglio dei pezzi, che raggruppa il fabbisogno di circa due mesi di telai, un paio di commesse per la realizzazione dei saldati e lavorati, i quali vengono lavorati in 2/3 slot temporali, e una commessa a settimana per i telai finale. Questa soluzione risulterebbe essere ancora più confusionaria rispetto alla situazione attuale; oltre ad aggiungere parecchie righe di calcolo al sistema di pianificazione, si finirebbe per avere molti più ODP che circolerebbero tra gli operai, i quali finirebbero per versare a sistema quantità realizzate per una commessa su un'altra, creando un maggior disallineamento tra la situazione reale e la situazione registrata sul sistema o, peggio ancora, non eseguendo alcun versamento e lasciando tutto in carico al reparto pianificazione.

## 5 Processo di pianificazione e relative problematiche

Nei 9 mesi che ho passato in MTS, ho seguito diverse commesse e ho potuto constatare diverse problematiche nel processo di pianificazione della produzione, ma nello stendere questo lavoro di tesi mi concentrerò nello specifico sulla commessa 2021/01245. Questa commessa rappresenta per MTS una tipologia di ordine standard, poiché da oltre un anno ha intessuto rapporti commerciali con il committente: la commessa fa riferimento alla realizzazione di 40 telai per macchine agricole, divisi tra due diversi modelli, che però condividono molti sottogruppi tra loro e differiscono principalmente per alcune staffe che serviranno a sostenere il motore del mezzo, le quali vengono aggiunte nell'ultima fase di carpenteria. La composizione del lotto non è sempre uguale e dipende dai volumi di vendita previsti dal committente in fase di conferma dell'ordine, la quale arriva mediamente due mesi prima dell'inizio effettivo delle lavorazioni. Nello specifico, questa commessa avrebbe un lead time di circa 2 mesi per la realizzazione del lotto completo di 40 telai, ma le spedizioni sono gestite su base settimanale e quindi vanno consegnati tra le 5 e le 10 unità per volta, in base alle richieste del cliente. Per questo tipo di commessa, MTS ha quindi strutturato il suo flusso di lavoro nel seguente modo: tutti i componenti che devono essere tagliati dalle lamiere vengono lavorati in una volta sola, andando quindi a massimizzare i piani di lavoro, l'utilizzo delle lamiere e abbattendo di conseguenza i tempi di attrezzaggio. Per quanto riguarda invece l'assemblaggio del telaio, sono state predisposte tre differenti stazioni di carpenteria: una per la puntatura, una per la saldatura robot e una per la finitura manuale, che riescono a realizzare un telaio finito al turno, considerando la possibilità di lavorare in parallelo. Così facendo MTS è in grado di soddisfare le attuali richieste del cliente, garantendosi comunque la possibilità di aumentare le quantità lavorate nel caso si dovessero verificare degli imprevisti oppure dovesse aumentare la domanda del cliente, andando semplicemente ad aumentare il numero delle postazioni di saldatura.

Come detto, la commessa 2021/01245 prevede la realizzazione di un totale di 40 telai in due mesi, suddivisi tra i due lotti padre di codice 12913432 e 12930759. In questa specifica commessa, MTS ha dovuto realizzare 22 telai del modello "432" e 18 telai del modello "759". Al momento della pianificazione della commessa e del calcolo dello schedulatore sulle date di lavorazione, l'inizio della lavorazione della commessa, che coincide sempre con la realizzazione dei piani di lavoro e il conseguente taglio delle lamiere, prevede che la prima lavorazione cominci il giorno 07/02/2022. In verità la prima vera data che appare sulla commessa, per quanto riguarda l'inizio dei lavori, è il giorno 02/02/2022, ma in questa data, e tutte quelle successive fino al 7 febbraio, sono virtualmente pianificate delle lavorazioni che prevedono di realizzare zero pezzi: questo è dovuto al fatto che in MTS alcuni componenti di piccole dimensioni, definite minuterie, vengono realizzate a parte su commesse interne create "ad hoc"; questo viene fatto per massimizzare l'utilizzo della lamiera in fase di taglio, non creando quindi eccessivi sfridi, e per avere sempre a magazzino quei componenti, contando sulla ciclicità di queste commesse.

Di seguito andrò ad analizzare le principali parti che costituiscono il telaio finito, andando ad evidenziare le differenze che intercorrono tra i tempi di realizzazione pianificati e quelli reali, registrati dove possibile dagli operai.

La commessa 2021/01245, in origine, prevedeva 57 diverse lavorazioni di taglio, che comprendono taglio laser, taglio fiamma e taglio sega. Di queste 57, solo 34 sono effettivamente state realizzate, poiché le altre, come detto in precedenza, sono state effettuate in commesse di minuteria, realizzate precedentemente e a copertura di diverse commesse.

La commessa quindi parte effettivamente il 07/02/2022 con la realizzazione del taglio fiamma per il componente "93028116". Di seguito andrò a mostrare una tabella riassuntiva con le date e i tempi previste e il confronto con quelli registrati a sistema.

Tabella 1: Situazione prevista dallo scheduler per il lotto 203

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93028116	203		02/03/2022	03/03/2022	0010:00:00
93028116	203/1	TAGLIO FIAMMA	07/02/2022	07/02/2022	0000:35:00
93028116	203/2	SMUSSATURA DI FRESA	02/03/2022	03/03/2022	0003:11:40
93028116	203/3	PIEGATURA + CALIBRATURA	03/03/2022	03/03/2022	0006:13:20

Tabella 2: Situazione registrata sul gestionale

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93028116	203		07/02/2022 20:52	14/02/2022 11:49	0001:22:18
93028116	203/1	TAGLIO FIAMMA	07/02/2022 20:52	07/02/2022 20:54	0000:00:35
93028116	203/2	SMUSSATURA DI FRESA	11/02/2022 22:01	14/02/2022 08:30	0000:01:41
93028116	203/3	PIEGATURA + CALIBRATURA	14/02/2022 10:29	14/02/2022 11:49	0001:20:02

Come si può notare dal confronto tra le due tabelle, ciò che salta subito all'occhio è la grande discrepanza tra la situazione schedulata dal gestionale e la situazione reale che è stata realizzata in MTS. La lavorazione di taglio fiamma è stata eseguita lo stesso giorno nella quale lo scheduler l'aveva pianificata, ma se si va a guardare il tempo previsto e il tempo effettivo questi differiscono notevolmente; ciò è dovuto alla poca abitudine, e attitudine, degli operai di MTS a registrare in modo corretto l'inizio e la fine effettive delle lavorazioni. In questo caso l'addetto alla lavorazione di taglio fiamma ha registrato l'inizio e la fine della lavorazione uno di seguito all'altra, solo quando la lavorazione in questione era già stata ultimata, facendo così risultare sul sistema che il taglio sia durato solo 35 secondi a fronte dei 35 minuti previsti. Questo è un problema ricorrente, non solo in questa commessa specifica ma in tutte le commesse che realizza MTS; l'ambiente aziendale, inteso sia come management sia come strumenti in dotazione, non favoriscono e incentivano gli operai a caricare sul sistema i dati corretti di produzione, andando a creare continui disallineamenti inventariali e non avendo una veritiera situazione sugli avanzamenti e i tempi reali di realizzazione delle commesse. Questo argomento verrà esposto più nello specifico in seguito, nell'analisi dei dati e proposta di miglioramento del processo.

Se si guardano le lavorazioni meccaniche che devono seguire il taglio fiamma, si possono notare ulteriori differenze tra pianificato ed effettivo: oltre alla già evidenziata notevole differenza tra i tempi, si può anche notare come le date di inizio e fine prevista differiscano di circa tre settimane rispetto a quelle dell'effettiva realizzazione. La smussatura e la piegatura erano state inizialmente previste tra il 2 e il 3 di marzo, ma invece sono state realizzate tra l'11 e il 14 di febbraio, circa una settimana dopo che i pezzi erano stati tagliati. Questa differenza dipende dal flusso di lavoro che il materiale subisce all'interno dei capannoni di MTS: la postazione di smussatura manuale e piegatura è adiacente a quella di taglio fiamma; per questo si predilige lavorare subito i pezzi tagliati per poi poterli mettere a magazzino, sapendo che sono già pronti per le successive fasi di lavorazione, piuttosto che seguire in modo esatto quanto viene elaborato dallo scheduler. I componenti successivi che andavano tagliati avevano come data di lavorazione il 2 marzo ma, come si può notare dalla tabella seguente, le lavorazioni sono state anticipate.

Tabella 3: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 02/03/2022

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
11353032	162	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0003:29:40
93011739	195	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0000:53:00
93011732	196	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0004:10:20
93011733	197	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0000:55:40
93011734	198	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0000:53:00
8920211/T	211	TAGLIO LASER	02/03/2022	02/03/2022	0000:20:20
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
11353032	162	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	10/02/2022 11:39:34	0000:00:18
93011739	195	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	10/02/2022 11:39:34	0000:00:08
93011732	196	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	10/02/2022 11:39:34	0000:00:21
93011733	197	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	09/02/2022 17:19:36	0000:00:12
93011734	198	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	10/02/2022 11:39:34	0000:00:10
8920211/T	211	TAGLIO LASER	08/02/2022 11:16	10/02/2022 11:36:20	0000:00:15

Come si può vedere dalla data di inizio effettivo delle lavorazioni, tutti i sei lotti sono stati lavorati su un unico piano di lavoro; questo vuol dire che l'ufficio tecnico ha realizzato il nesting delle varie parti su una o più lamiere, che vengono poi lavorate una di seguito all'altra. Questo procedimento può essere fatto quando più parti condividono lo stesso tipo di materia prima, sia dal punto di vista della tipologia di acciaio sia dal punto di vista dello spessore, e serve per massimizzare l'utilizzo delle lamiere e minimizzare le movimentazioni. Anche in questo caso la lavorazione è stata aperta e chiusa subito, andando a registrare l'avvenuta lavorazione solo una volta che è stata ultimata, non avendo quindi una reale indicazione sui tempi di realizzazione. La data e l'ora di inizio effettivo coincidono, in questo caso, con il prelievo virtuale della materia prima che viene fatta dall'operatore: in questo caso, come nella maggior parte delle lavorazioni che coinvolgono i tagli fiamma e laser, gli operai devono prima registrare a sistema il fatto di utilizzare una determinata lamiera, per poter collegare il codice di rintracciabilità della suddetta lamiera con tutti i componenti che si andranno a realizzare, e poi registrare l'effettivo inizio dell'operazione di taglio. Come spesso accade, viene registrato il prelievo e non l'inizio della lavorazione, andando a creare un dataset incompleto e con dati non provanti sulla reale situazione delle varie lavorazioni.

Il successivo blocco di lavorazioni presentava come data di inizio e di fine il 7 marzo. Nella realtà il taglio fiamma è stato eseguito con qualche giorno di anticipo, dovuto al fatto che il materiale era già presente a magazzino e che il pantografo risultava disponibile alla lavorazione. I tagli laser invece sono stati lavorati su tre diversi piani di lavoro; il primo è stato lavorato durante il turno del mattino del 9 marzo e i tempi registrati sul gestionale risultano caricati correttamente, evidenziando come il reale tempo necessario per il taglio dei componenti 93011731 e 12916285 sia circa il 50% inferiore a quanto preventivato in fase di pianificazione.

Tabella 4: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 07/03/2022

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93028637	206	TAGLIO FIAMMA	07/03/2022	07/03/2022	0000:43:20
93011731	194	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0001:39:00
12916285	199	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0001:40:20
93011741	127	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:17:18
93011742	130	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:21:48
12581201	43	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:27:44
12581195	47	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:20:46
93011743	119	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:19:06
93011744	123	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:23:36
12581199	39	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:21:52
12581197	50	TAGLIO LASER	07/03/2022	07/03/2022	0000:20:02
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93028637	206	TAGLIO FIAMMA	04/03/2022 09:41:19	04/03/2022 09:43:11	0000:00:11
93011731	194	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	09/03/2022 14:04:42	0000:53:35
12916285	199	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	09/03/2022 14:04:42	0000:54:21
93011741	127	TAGLIO LASER	09/03/2022 20:39:06	10/03/2022 06:17:12	0000:00:01
93011742	130	TAGLIO LASER	09/03/2022 20:39:06	10/03/2022 06:17:12	0000:00:02
12581201	43	TAGLIO LASER	09/03/2022 20:39:06	10/03/2022 06:17:12	0000:00:04
12581195	47	TAGLIO LASER	09/03/2022 20:39:06	10/03/2022 06:17:12	0000:00:04
93011743	119	TAGLIO LASER	10/03/2022 06:17:02	10/03/2022 06:17:12	0000:00:01
93011744	123	TAGLIO LASER	10/03/2022 06:17:02	10/03/2022 06:17:12	0000:00:01
12581199	39	TAGLIO LASER	10/03/2022 06:17:02	10/03/2022 06:17:12	0000:00:01
12581197	50	TAGLIO LASER	10/03/2022 06:17:02	10/03/2022 06:17:12	0000:00:01

Il secondo piano di lavoro è stato caricato verso la fine della giornata del 9 marzo ed è stato completato durante la notte, andando a registrare la fine della lavorazione il 10 mattina. Il terzo blocco è stato anche lui lavorato durante la notte tra il 9 e il 10 marzo, ma l'inizio e la fine sono stati registrati insieme, in contemporanea con la chiusura del secondo piano di lavoro. Queste lavorazioni denotano un altro problema relativo al caricamento a sistema dei dati: MTS lavora su tre turni, ma durante la notte sono impiegati molti meno operai rispetto che al mattino e al pomeriggio. Essi devono dividersi tra il controllare il lavoro delle macchine da taglio e dei robot di saldatura, che funzionano in automatico ma hanno comunque bisogno che i programmi vengano impostati e fatti partire manualmente, verificare il corretto funzionamento durante le lavorazioni, svolgere le operazioni manuali di saldatura e i cambi macchina. In tutto questo, il caricamento a sistema dei corretti dati di produzione passa in secondo piano e viene tendenzialmente delegato al turno del mattino, facendo un passaggio orale di quanto svolto con il capo turno in ingresso, il quale poi dovrebbe occuparsi di registrare il tutto sul sistema.

L'ultimo blocco di lavorazioni che prevedevano il taglio era stato pianificato per il 14 marzo, ma nella realtà le varie lavorazioni hanno avuto luogo in date molto differenti tra loro.



Tabella 5: Lavorazioni di taglio laser previste per il giorno 14/03/2022

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93028125	164	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0006:43:20
93028117	204	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	14/03/2022	0001:05:00
93028110	168	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0002:15:40
93028111	169	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0003:04:20
12843206	200	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0001:59:40
12843208	201	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0001:59:40
12843369	165	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0000:38:20
93013903	184	TAGLIO LASER	14/03/2022	14/03/2022	0000:39:00
12488138	166	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0002:36:40
12593733	207	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0013:30:00
93028446	161	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0005:10:00
12805631	163	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0003:56:40
93028119	170	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0001:31:20
93028115	202	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	14/03/2022	0000:30:00
93028118	205	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	14/03/2022	0000:30:00
93028112	167	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	14/03/2022	0006:21:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93028125	164	TAGLIO FIAMMA	03/02/2022 06:05:00	12/04/2022 08:55:42	0011:03:33
93028117	204	TAGLIO FIAMMA	07/02/2022 20:52:54	17/03/2022 08:08:38	0000:01:34
93028110	168	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	01/04/2022 11:14:48	0002:12:29
93028111	169	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	01/04/2022 11:14:48	0003:01:50
12843206	200	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	01/04/2022 11:14:48	0001:47:47
12843208	201	TAGLIO LASER	09/03/2022 06:04:11	01/04/2022 11:14:48	0001:47:47
12843369	165	TAGLIO LASER	11/03/2022 16:40:17	11/03/2022 16:43:16	0000:00:27
93013903	184	TAGLIO LASER	11/03/2022 16:40:17	11/03/2022 16:40:33	0000:00:14
12488138	166	TAGLIO FIAMMA	12/04/2022 11:14:41	02/05/2022 21:49:17	0000:33:03
12593733	207	TAGLIO FIAMMA	12/04/2022 11:14:41	02/05/2022 21:49:17	0003:00:16
93028446	161	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022 06:19:48	12/04/2022 08:55:42	0007:35:49
12805631	163	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022 06:19:48	12/04/2022 08:55:42	0005:44:24
93028119	170	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022 06:19:48	12/04/2022 08:55:42	0002:03:35
93028115	202	TAGLIO FIAMMA	24/03/2022 21:14:32	24/03/2022 21:16:14	0000:00:23
93028118	205	TAGLIO FIAMMA	24/03/2022 21:14:32	24/03/2022 21:16:14	0000:00:23
93028112	167	TAGLIO FIAMMA	25/01/2022 21:16:29	16/03/2022 13:52:20	0001:07:34

I componenti 93028125 e 93028117 sono stati realizzati tra febbraio e aprile, andando a fruttare i piani di lavoro di altri componenti, con i quali condividono la materia prima.

Le parti 93028110, 93028111, 12843206 e 12843208 sono state realizzate sullo stesso piano di lavoro, avendo tutte uno spessore di 12mm, tra il 9 marzo e il primo aprile. In questo caso si può notare come i tempi registrati a sistema si possano comparare con quelli preventivati dal gestionale, anche se la lavorazione è stata sospesa e poi ripresa; questo esempio mostra la capacità del gestionale di tenere traccia dei dati di lavorazione, anche in quei casi dove la lavorazione non venga svolta in una sola occasione, andando poi ad aggregare i dati. Il passaggio fondamentale rimane che l'operatore registri sul sistema l'inizio e la fine della lavorazione, indicando di volta in volta il numero di pezzi realizzati.

Tutti gli altri componenti sono stati realizzati tra fine gennaio e metà aprile e in molti casi i piani di lavoro sono stati interrotti e terminati in date successive, non avendo però cura di tenere traccia dei tempi effettivi di realizzazione e non potendo quindi essere provanti ai fini del calcolo finale del tempo totale di realizzazione della commessa.

Una volta che tutti i pezzi grezzi sono stati tagliati, possono cominciare le operazioni di carpenteria e quelle di lavorazioni meccaniche.

Lo scheduler aveva pianificato che il 14 marzo, subito dopo le ultime fasi di taglio laser e fiamma, si sarebbe dovuto cominciare a saldare i sottogruppi principali. Di seguito andrò a mostrare i principali componenti che andavano realizzati, confrontando la data pianificata e la data di effettiva realizzazione.

Tabella 6: Lavorazioni di carpenteria previste per il giorno 14/03/2022

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
12913432/SL1	3	PUNTATURA	14/03/2022	14/03/2022	0006:23:00
12913432/SL1	3	SALDATURA A ROBOT	14/03/2022	14/03/2022	0007:06:00
12913432/SL2	9	PUNTATURA	14/03/2022	14/03/2022	0006:33:00
12913432/SL2	9	SALDATURA A ROBOT	14/03/2022	14/03/2022	0007:06:00
12930759/SL1	83	SALDATURA A ROBOT	14/03/2022	14/03/2022	0005:54:00
12930759/SL1	83	SALDATURA MANUALE	14/03/2022	14/03/2022	0003:20:00
12930759/SL2	89	SALDATURA A ROBOT	14/03/2022	14/03/2022	0005:54:00
12930759/SL2	89	SALDATURA MANUALE	14/03/2022	14/03/2022	0003:20:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
12913432/SL1	3	PUNTATURA	21/03/2022 08:11:41	24/03/2022 13:24:02	0006:21:08
12913432/SL1	3	SALDATURA A ROBOT	22/03/2022 11:25:16	24/03/2022 13:55:59	0025:13:38
12913432/SL2	9	PUNTATURA	21/03/2022 08:11:52	24/03/2022 13:23:08	0009:48:17
12913432/SL2	9	SALDATURA A ROBOT	22/03/2022 11:24:54	24/03/2022 13:55:49	0025:20:20
12930759/SL1	83	SALDATURA A ROBOT	27/04/2022 15:34:38	29/04/2022 10:42:38	0040:21:33
12930759/SL1	83	SALDATURA MANUALE	28/04/2022 13:36:56	02/05/2022 11:17:01	0023:35:11
12930759/SL2	89	SALDATURA A ROBOT	27/04/2022 15:34:56	28/04/2022 21:47:43	0021:22:04
12930759/SL2	89	SALDATURA MANUALE	28/04/2022 13:38:52	02/05/2022 11:18:44	0049:28:58

I componenti elencati nella tabella sono i supporti per il motore del mezzo agricolo che andranno saldati direttamente sul telaio. SL1 indica quello che andrà saldato sul lato sinistro del telaio, SL2 quello sul lato destro. Inoltre il modello “432” e il modello “759” presentano una differenza per quanto riguarda la lunghezza del supporto in questione; per questo motivo sono stati differenziati a livello di distinta base. È invece presente un errore nel ciclo di lavoro: tutti e quattro i supporti devono essere prima puntati a mano, poi devono fare un passaggio di saldatura robot e infine essere controllati e rifiniti manualmente, in tutti quei punti che il braccio robotico non riesce ad a raggiungere. In questa versione della distinta base è ancora presente l’errore, poiché i supporti presentano solo due lavorazioni ciascuno di carpenteria, e sono anche diverse tra loro. Questo errore è stato corretto nelle successive commesse.

Se andiamo a confrontare le date di inizio previsto e quelle effettive, vediamo che i componenti del modello “432” sono stati lavorati con una settimana di ritardo rispetto a quanto pianificato, mentre quelli del modello “759” con addirittura un mese e due settimane di ritardo. Questo è dovuto al fatto, come detto in precedenza, la commessa 2021/01245 rappresenta una tipologia di commessa standard che viene ripetuta sempre uguale ogni due mesi circa, variando solo il rapporto tra il numero di telai dei due modelli che devono essere realizzati. Questo comporta che tra una commessa e quella successiva possano avanzare dei pezzi e che quindi non ci sia subito la necessità di realizzare i sottogruppi per poter cominciare a realizzare il telaio finito. Questo è quello che è successo con i componenti del modello “759”.

Per quanto riguarda il tempo effettivo di lavorazione, si può invece notare come la puntatura del modello 12913432/SL1 sia assolutamente in linea con quanto preventivato in fase di pianificazione, essendo durata 6 ore e 21 minuti a fronte delle 6 ore e 23 minuti previste. Per quanto riguarda invece la fase successiva, i tempi non coincidono poiché gli operatori hanno realizzato sia la saldatura robot sia la finitura manuale, caricando entrambi i tempi sull’unica fase disponibile sugli ODP cartacei. La differenza di tempo di realizzazione è stata

però misurata in modo manuale e inserita a gestionale sulla commessa che è stata lanciata successivamente, insieme all'aggiornamento delle fasi di lavorazione.

Nella tabella seguente, si può osservare un altro esempio della difficoltà che si può riscontrare quando si vuole effettuare un'analisi dei reali tempi di lavorazioni delle operazioni che vengono svolte in azienda:

Tabella 7: Confronto tra la situazione pianificata e quella registrata sul gestionale per il lotto 167

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93028112	167/1/165987	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	14/03/2022	0006:21:00
93028112	167/2/165988	SBAVATURA	14/03/2022	14/03/2022	0008:24:00
93028112	167/3/165989	FORI + FILETTI	14/03/2022	18/03/2022	0027:00:00
93028112	167/5/165990	PIEGATURA	18/03/2022	01/04/2022	0000:00:00
93028112	167/6/165991	SABBIATURA	01/04/2022	04/04/2022	0004:54:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93028112	167/1/165987	TAGLIO FIAMMA	25/01/2022 21:16:29	16/03/2022 13:52:20	0001:07:34
93028112	167/2/165988	SBAVATURA	28/01/2022 06:20:32	22/03/2022 22:18:14	0129:03:18
93028112	167/3/165989	FORI + FILETTI	21/03/2022 22:18:19	28/03/2022 06:19:41	0134:17:23
93028112	167/5/165990	PIEGATURA	26/03/2022 08:09:17	31/03/2022 12:22:06	0124:12:49
93028112	167/6/165991	SABBIATURA	29/04/2022	29/04/2022	0000:00:00

Il componente 93028112 doveva essere tagliato il giorno 14 marzo, poi doveva essere "sbavato" e successivamente venir portato in MTS1 per essere lavorato su una macchina CNC. Terminata la lavorazione meccanica, il pezzo doveva essere mandato in un'azienda esterna per subire una operazione di piegatura, dato che le sue dimensioni (1062x1030x22) non permettono che il pezzo possa essere lavorato con la piegatrice di proprietà di MTS. Successivamente al suo rientrato, il componente doveva essere sabbiato. Nella realtà, in azienda hanno cominciato a tagliare alcuni pezzi verso fine gennaio, per poi terminare la lavorazione il 16 di marzo, senza caricare in modo corretto il numero di pezzi realizzato ogni volta e non avendo quindi un'indicazione precisa sul tempo di taglio complessivo. La sbavatura è stata eseguita ogni qual volta un pezzo veniva tagliato; in questo caso l'operazione non è stata correttamente aperta e chiusa tra una lavorazione e quella successiva, andando a indicare un tempo eccessivamente lungo. Per quando riguarda la lavorazione meccanica, questa è stata eseguita su tutto il lotto, al fine di abbattere i costi di attrezzaggio del macchinario. Quindi la foratura è cominciata il 21 marzo ed è virtualmente terminata il 28; anche in questo caso gli operatori non hanno registrato in modo corretto l'inizio e la fine delle operazioni, lasciando attivo il "timer" anche sul turno notturno, nonostante questo tipo di componenti non venga lavorato su quel turno. Inoltre gli operai hanno chiuso la lavorazione il 28 mattina, anche se i pezzi risultano essere stati mandati tutti quanti in lavorazione esterna già dal 26 marzo in mattinata. La piegatura è stata più veloce del previsto, durando solo 5 giorni lavorativi, rispetto ai 10 giorni previsti in fase di pianificazione. Al rientro in azienda, i pezzi sono stati sabbiati cinque alla volta, per essere disponibili quando serviva assemblare il telaio finale. In questo caso, il fatto che non siano presenti degli orari a fianco della data di inizio e fine effettivi vuol dire che la registrazione dell'esecuzione della lavorazione è stata effettuata manualmente da parte dell'ufficio pianificazione, una volta che c'era la certezza che la lavorazione fosse effettivamente terminata. Questo è dovuto al fatto che il reparto sabbiatura e verniciatura hanno l'abitudine di non caricare a sistema le lavorazioni effettuate; questo punto verrà discusso più nello specifico in fase di valutazione dei dati e proposte di miglioramento dell'azienda.

Sempre il 14 marzo, era previsto che cominciasse il taglio e la successiva lavorazione meccanica di tre sottocomponenti fondamentali per la realizzazione del telaio; di seguito andrò a mostrarne nello specifico le varie fasi di lavorazione e i tempi di realizzazione, andando a evidenziare anche le diverse transazioni e i tempi caricati a sistema.

Tabella 8: Confronto tra la situazione pianificata e quella registrata sul gestionale per il lotto 160

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93027977	160/1	PUNTATURA	14/03/2022	15/03/2022	0009:40:00
93027977	160 2	SALDATURA A ROBOT	15/03/2022	16/03/2022	0020:30:00
93027977	160/3	CALIBRATURA	16/03/2022	16/03/2022	0003:00:00
93027977	160/4	ESAME VT SU SALDATURE	16/03/2022	16/03/2022	0001:20:00
93027977	160/5	SABBIATURA	16/03/2022	17/03/2022	0008:00:00
93027977	160/6	LAV. MECCANICA	17/03/2022	22/03/2022	0037:20:00
93027977	160/7	COLLAUDO	22/03/2022	22/03/2022	0000:03:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93027977	160/1	PUNTATURA	09/03/2022 17:49:41	30/03/2022 13:16:51	0067:15:54
93027977	160 2	SALDATURA A ROBOT	10/03/2022 15:12:55	30/03/2022 13:17:03	0083:41:14
93027977	160/3	CALIBRATURA	10/03/2022 15:45:19	30/03/2022 13:17:21	0021:01:32
93027977	160/4	ESAME VT SU SALDATURE	11/03/2022 16:48:52	30/03/2022 13:17:40	0000:05:49
93027977	160/5	SABBIATURA	11/03/2022 16:49:47	30/03/2022 13:20:01	0000:10:53
93027977	160/6	LAV. MECCANICA	07/04/2022 15:34:33	29/04/2022	0009:24:47
93027977	160/7	COLLAUDO	07/04/2022 15:34:58	29/04/2022	0000:00:16

Il primo componente presenta quattro lavorazioni di carpenteria, la sabbiatura, una lavorazione meccanica e il collaudo finale. Come si può vedere, le date programmate dallo scheduler non sono state rispettate, poiché le lavorazioni di carpenteria sono state ultimate il 30 marzo invece che il 16 dello stesso mese, risultando virtualmente due settimane in ritardo.

Tabella 9: Situazione registrata sul gestionale per il componente 93027977

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
93027977	PUNTATURA	09/03/2022	17:49:40	09/03/2022	21:34:52	5	0000:45:02
93027977	PUNTATURA	19/03/2022	06:11:34	19/03/2022	11:03:11	7	0000:41:39
93027977	PUNTATURA	22/03/2022	21:03:58	22/03/2022	21:04:23	4	0000:00:06
93027977	PUNTATURA	24/03/2022	07:02:25	24/03/2022	14:01:10	8	0000:52:20
93027977	PUNTATURA	25/03/2022	07:32:01	25/03/2022	13:58:07	6	0001:04:21
93027977	PUNTATURA	23/03/2022	17:19:34	25/03/2022	14:32:28	5	0009:02:34
93027977	PUNTATURA	28/03/2022	10:58:21	28/03/2022	10:59:03	3	0000:00:14
93027977	PUNTATURA	30/03/2022	13:16:38	30/03/2022	13:16:51	2	0000:00:06
93027977	SALDATURA A ROBOT	10/03/2022	15:12:55	10/03/2022	15:13:09	5	0000:00:02
93027977	SALDATURA A ROBOT	21/03/2022	14:02:17	21/03/2022	22:03:51	0	0000:00:00
93027977	SALDATURA A ROBOT	21/03/2022	13:53:03	21/03/2022	13:53:42	1	0000:00:00
93027977	SALDATURA A ROBOT	22/03/2022	21:02:15	22/03/2022	21:05:11	5	0000:00:35
93027977	SALDATURA A ROBOT	22/03/2022	08:09:01	22/03/2022	11:26:15	5	0000:39:26
93027977	SALDATURA A ROBOT	24/03/2022	06:29:25	24/03/2022	13:55:41	0	0000:00:00
93027977	SALDATURA A ROBOT	28/03/2022	10:59:27	28/03/2022	14:03:09	0	0000:00:00
93027977	SALDATURA A ROBOT	28/03/2022	18:56:52	28/03/2022	21:59:18	8	0000:22:48
93027977	SALDATURA A ROBOT	29/03/2022	06:21:03	29/03/2022	13:50:39	0	0000:00:00
93027977	SALDATURA A ROBOT	28/03/2022	14:17:20	29/03/2022	12:39:24	14	0001:35:51
93027977	SALDATURA A ROBOT	30/03/2022	13:16:06	30/03/2022	13:17:03	2	0000:00:28
93027977	SALDATURA A ROBOT	29/03/2022	05:59:33	30/03/2022	10:53:09	0	0000:00:00
93027977	CALIBRATURA	10/03/2022	15:45:18	10/03/2022	16:35:57	5	0000:10:07
93027977	CALIBRATURA	21/03/2022	22:04:34	21/03/2022	22:05:29	0	0000:00:00
93027977	CALIBRATURA	22/03/2022	14:01:13	22/03/2022	21:05:58	10	0000:42:28
93027977	CALIBRATURA	28/03/2022	14:49:43	28/03/2022	21:59:44	8	0000:53:45
93027977	CALIBRATURA	29/03/2022	16:01:22	29/03/2022	21:52:42	6	0000:58:33
93027977	CALIBRATURA	30/03/2022	13:13:29	30/03/2022	13:17:21	11	0000:00:21
93027977	ESAME VT SU SALDATURE	11/03/2022	16:48:52	11/03/2022	16:49:25	5	0000:00:06
93027977	ESAME VT SU SALDATURE	29/03/2022	09:12:35	29/03/2022	09:13:05	8	0000:00:03
93027977	ESAME VT SU SALDATURE	30/03/2022	13:12:54	30/03/2022	13:17:40	27	0000:00:10

Nella tabella sovrastante si possono vedere nel dettaglio tutte le sessioni che sono state aperte per ogni singola lavorazione che ha coinvolto il particolare 93027977. Si può vedere come i primi 5 pezzi siano stati puntati, saldati e calibrati tra il 9 e il 10 marzo, in anticipo con quanto pianificato. Il processo di puntatura ha richiesto in media 45 minuti per pezzo per essere realizzata, rispetto ai 15 inseriti sulla distinta base. Questo scostamento è dovuto al maggior numero di saldature necessarie per poter mandare il pezzo alla lavorazione successiva. In questo caso il tempo è stato aggiornato sulla distinta base ma il cambiamento si rifletterà solo sulle successive commesse, poiché la 2021/01245 è ormai in produzione e non possono più esserne modificati i parametri. L'operatore che ha gestito la saldatura robot ed eventuali finiture manuali, invece, non è stato diligente e sul sistema ha caricato solo il numero di pezzi realizzati, ma non ha registrato il tempo totale di lavorazione. La calibratura dei 5 pezzi ha richiesto in media 10 minuti rispetto ai 5 che risultano da distinta base; questa differenza è dovuta alla necessità di verificare l'assoluta planarità del componente; nel caso questa necessità di un maggior tempo di controllo su tutti i pezzi dovesse verificarsi regolarmente, allora la durata di questa lavorazione andrebbe modificata in distinta base. Per quanto riguarda invece l'esame visivo sulle saldature, questo passaggio viene fatto sia da chi verifica la lavorazione della saldatura robot, sia dall'operatore addetto alla calibratura; infatti, nelle successive commesse questa voce è stata eliminata e inserita come nota nelle due fasi precedenti.

Come si può vedere, i primi 5 pezzi sono stati lavorati tra il 9 e l'11 marzo, risultando poi pronti per esser lavorati di fresa in MTS1. Per ogni lavorazione, l'operatore ha sempre caricato a sistema il numero di pezzi realizzato e, per quanto riguarda la puntatura e la calibratura, anche i tempi registrati possono essere d'aiuto per il continuo aggiornamento dei tempi di produzione. Per quanto riguarda le altre sessioni di lavoro, la situazione è molto più variegata: la seconda e la quarta sessione della puntatura hanno dei tempi comparabili con quelli previsti, la quinta e l'ottava sessione di saldatura robot potrebbero fornire un'indicazione in linea con i 31 minuti previsti in fase di distinta base, il processo di calibratura presenta delle sessioni con una durata non normale per il tipo di controllo richiesto, il che fa presupporre delle sessioni chiuse a fine turno, quando si aveva la certezza che non sarebbero stati lavorati ulteriori pezzi, piuttosto che chiuse effettivamente quando si terminava il lavoro.

La cosa più importante da sottolineare è come i pezzi vengano lavorati al bisogno e non tutti di seguito; questa metodologia di lavoro è molto comune in MTS poiché le maschere di saldatura e le frese multi-pallett permettono di mantenere bassi tempi di set-up anche se le lavorazioni vengono fermate e poi riprese dopo qualche giorno. Questa tipologia di lavorazione non è però contemplata dal gestionale in uso in MTS e questo crea grandi discrepanze tra le date pianificate e quelle di effettiva realizzazione.

Per quanto riguarda le lavorazioni successive, la tabella sottostante descrive la situazione che si è verificata:

Tabella 10: Situazione registrata sul gestionale per il componente 93027977

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
93027977	LAV. MECCANICA	07/04/2022	15:34:32	07/04/2022	15:34:47	19	0000:00:00
93027977	LAV. MECCANICA	11/04/2022	06:21:48	11/04/2022	06:22:12	3	0000:00:08
93027977	LAV. MECCANICA	11/04/2022	06:22:30	11/04/2022	13:58:13	5	0001:31:08
93027977	LAV. MECCANICA	12/04/2022	06:21:45	12/04/2022	08:10:10	1	0001:48:25
93027977	LAV. MECCANICA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	12	0000:00:00
93027977	SABBIATURA	11/03/2022	16:49:46	11/03/2022	16:50:47	5	0000:00:12
93027977	SABBIATURA	29/03/2022	09:10:35	29/03/2022	09:13:40	8	0000:00:23
93027977	SABBIATURA	30/03/2022	13:12:07	30/03/2022	13:18:40	13	0000:00:30
93027977	SABBIATURA	30/03/2022	13:19:46	30/03/2022	13:20:00	14	0000:00:01
93027977	COLLAUDO	07/04/2022	15:34:58	07/04/2022	15:35:14	19	0000:00:00
93027977	COLLAUDO	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	21	0000:00:00

Si può subito notare un problema; le date di realizzazione del processo di sabbiatura sono antecedenti rispetto a quelle della lavorazione meccanica. Questo sarebbe virtualmente impossibile, in quanto il sistema non fa “versare a magazzino” dei pezzi su una determinata fase se quella prima non ha almeno la stessa quantità versata. L’idea che sta dietro questo tipo di restrizione è che, se un pezzo va prima lavorato e poi sabbiato, allora si possono sabbiare solo i pezzi che sono stati dichiarati già lavorati, non di più. Questo tipo di regola, assolutamente logica, prevede però che la distinta base non presenti mai errori e che tutti gli operatori coinvolti nelle varie fasi carichino sempre a sistema il numero reale di pezzi lavorati; cosa che è già stata mostrata non essere sempre rispettata. In questo caso particolare però si è verificato un errore in distinta base: il pezzo va prima sabbiato e poi lavorato alla fresa, altrimenti la lavorazione meccanica verrebbe completamente rovinata dal trattamento abrasivo. Per ovviare a questa problematica, sono stati realizzati dei versamenti fittizi sulla fase di lavorazione meccanica, per permettere agli operatori della sabbiatura di poter versare a sistema i pezzi realizzati, che successivamente sono stati eliminati, per dare la possibilità anche agli operai impegnati sulla fresatura di caricare a sistema il reale numero di pezzi realizzato. Questo però ha creato solo confusione nel flusso di lavoro, andando a generare transazioni non provanti ai fini del calcolo reale dei tempi di lavorazione dei vari processi. Il reparto di sabbiatura ha caricato solo il numero di pezzi processato ogni volta, mentre gli addetti al reparto fresatura sono stati “costretti” a caricare i primi 19 pezzi lavorati in una volta sola, non potendo inserire i tempi corretti. Successivamente si può notare come 3 pezzi siano stati caricati la mattina dell’11 aprile, nel giro di pochi secondi; i pezzi sono stati realizzati il giorno prima ma l’operatore non aveva inserito sul sistema il risultato del suo lavoro. Subito dopo l’operatore ha aperto una nuova sessione di lavoro, sapendo di dover lavorare sempre gli stessi componenti; in questo caso però ha registrato la fine della lavorazione in concomitanza con la fine del turno, andando a creare un dato che farebbe risultare a consuntivo una durata di 1 ore e 31 minuti di lavorazione per pezzo, rispetto ai 56 minuti preventivati, con un aumento di oltre il 50% del tempo.

Infine si può notare come la fase di collaudo, che viene svolta su ogni pezzo dopo la lavorazione di fresatura, non venga però caricata sul sistema nel modo corretto, creando delle transazioni che ai fini della buona riuscita della pianificazione e per una visione di miglioramento continuo dei processi interni, non possono fornire indicazioni utili.

Il secondo e il terzo componente in analisi hanno la stessa geometria, differiscono solo per l’altezza del pezzo, e anche le lavorazioni che devono subire sono le medesime:

Tabella 11: Dimensioni del pezzo 93028446 e del pezzo 12805630

Parte	Dimensioni
93028446	1050x870x40
12805631	1050x625x40

Tabella 12: Situazione prevista per il pezzo 93028446 e il pezzo 12805630

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93028446	161/1	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0005:10:00
93028446	161/2	SBAVATURA	15/03/2022	15/03/2022	0008:46:40
93028446	161/3	SABBIATURA	15/03/2022	15/03/2022	0000:53:20
93028446	161/4	FRESATURA	15/03/2022	18/03/2022	0026:40:00
93028446	161/5	COLLAUDO	18/03/2022	18/03/2022	0000:00:30
12805631	163/1	TAGLIO FIAMMA	14/03/2022	15/03/2022	0003:56:40
12805631	163/2	SBAVATURA	15/03/2022	15/03/2022	0008:40:00
12805631	163/3	SABBIATURA	15/03/2022	15/03/2022	0000:46:40
12805631	163/4	FRESATURA	15/03/2022	18/03/2022	0026:40:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93028446	161/1	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022 06:19:48	12/04/2022 08:55:42	0007:35:49
93028446	161/2	SBAVATURA	28/03/2022 13:51:53	29/04/2022	0039:59:58
93028446	161/3	SABBIATURA	28/03/2022 13:52:12	29/04/2022	0000:01:11
93028446	161/4	FRESATURA	28/03/2022 13:52:28	29/04/2022	0210:37:39
93028446	161/5	COLLAUDO	07/04/2022 15:36:16	29/04/2022	0000:00:15
12805631	163/1	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022 06:19:48	12/04/2022 08:55:42	0005:44:24
12805631	163/2	SBAVATURA	07/04/2022 14:21:31	29/04/2022	0000:00:13
12805631	163/3	SABBIATURA	07/04/2022 14:22:00	29/04/2022	0000:00:19
12805631	163/4	FRESATURA	19/03/2022	29/04/2022	0000:00:00

Con una rapida occhiata, si può subito vedere come i tempi previsti e quelli effettivi si discostino di molto: le lavorazioni di taglio fiamma sono durate in media il 45% in più di quanto pianificato, la sbavatura del pezzo 93028446 è durata 5 volte il tempo indicato in distinta base, mentre quella del pezzo 12805631 presenta una durata praticamente nulla, le lavorazioni di sabbiatura hanno una durata complessiva di 1 minuto e 30 secondi, la lavorazione di fresatura ha richiesto 10 volte il tempo preventivato per il componente 93028446 mentre non sono state registrate transazioni per il componente 12805631.

Di seguito vado a mostrare il dettaglio delle varie fasi, per analizzare nello specifico cosa ha comportato questi scostamenti rispetto alla situazione pianificata.

Tabella 13: Lavorazioni di taglio fiamma del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
93028446	TAGLIO FIAMMA	19/03/2022	08:07:40	19/03/2022	08:08:55	20	0000:00:00
93028446	TAGLIO FIAMMA	19/03/2022	07:54:57	19/03/2022	08:04:00	0	0000:00:00
93028446	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022	06:19:47	19/03/2022	08:04:00	0	0000:00:00
93028446	TAGLIO FIAMMA	07/04/2022	13:46:30	07/04/2022	13:54:36	19	0000:00:06
93028446	TAGLIO FIAMMA	07/04/2022	14:08:51	07/04/2022	14:09:25	0	0000:00:00
93028446	TAGLIO FIAMMA	12/04/2022	06:11:45	12/04/2022	08:55:42	1	0000:43:16
12805631	TAGLIO FIAMMA	19/03/2022	08:07:40	19/03/2022	08:08:55	20	0000:00:00
12805631	TAGLIO FIAMMA	19/03/2022	07:54:57	19/03/2022	08:04:00	0	0000:00:00
12805631	TAGLIO FIAMMA	18/03/2022	06:19:47	19/03/2022	08:04:00	0	0000:00:00
12805631	TAGLIO FIAMMA	07/04/2022	13:46:30	07/04/2022	13:54:36	0	0000:00:00
12805631	TAGLIO FIAMMA	07/04/2022	14:08:51	07/04/2022	14:09:25	0	0000:00:00
12805631	TAGLIO FIAMMA	12/04/2022	06:11:45	12/04/2022	08:55:42	20	0000:01:38

Per quanto riguarda il taglio fiamma, i due pezzi sono stati inseriti nello stesso piano di lavoro, insieme a molti altri componenti, che comprendevano il taglio di almeno sei diverse lastre di acciaio. Inoltre sono stati tagliati all'occorrenza, andando a risultare in ritardo rispetto a quanto pianificato, ma risultando invece in linea con la filosofia aziendale e della commessa: realizzare i telai finiti in base alle richieste settimanali del cliente. Da notare come, anche in questo caso, non si riesca ad avere un'indicazione precisa sui tempi di realizzazione, in quanto le sessioni registrate sul gestionale presentano solo il numero di pezzi prodotto di volta in volta ma non la durata di ogni processo di taglio.

Tabella 14: Lavorazioni di sbavatura e sabbiatura del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
93028446	SBAVATURA	28/03/2022	13:51:53	28/03/2022	13:52:53	20	0000:00:03
93028446	SBAVATURA	30/03/2022	18:58:16	01/04/2022	10:56:58	0	0000:00:00
93028446	SBAVATURA	07/04/2022	14:18:47	07/04/2022	14:19:03	19	0000:00:00
93028446	SBAVATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
93028446	SABBIATURA	28/03/2022	13:52:12	28/03/2022	13:53:11	20	0000:00:02
93028446	SABBIATURA	07/04/2022	14:19:14	07/04/2022	14:19:26	19	0000:00:00
93028446	SABBIATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12805631	SBAVATURA	07/04/2022	14:21:30	07/04/2022	14:21:43	20	0000:00:00
12805631	SBAVATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	20	0000:00:00
12805631	SABBIATURA	07/04/2022	14:22:00	07/04/2022	14:22:19	20	0000:00:00
12805631	SABBIATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	20	0000:00:00

Anche per quanto riguarda i processi di sbavatura e sabbiatura, i dati caricati sul gestionale non forniscono indicazioni utili ai fini della valutazione del processo di pianificazione e produzione all'interno di MTS. I pezzi sono stati sbavati e sabbiati fisicamente subito dopo essere stati tagliati, ma la registrazione del processo sul sistema non è stato effettuato dagli operatori nel momento in cui hanno svolto l'operazione. Di questa mancanza ci si è accorti solo quando gli operai che svolgono le lavorazioni meccaniche non sono stati in grado di caricare sul sistema il risultato del loro lavoro; così è intervenuto il reparto di pianificazione che ha svolto dei versamenti fittizi su questa fase, generando delle transazioni con tempi di lavorazione nulli.

Tabella 15: Lavorazioni di fresatura del pezzo 93028446 e del pezzo 12805631

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
93028446	FRESATURA	28/03/2022	13:52:28	28/03/2022	13:53:42	16	0000:00:04
93028446	FRESATURA	29/03/2022	13:54:21	29/03/2022	13:54:41	2	0000:00:10
93028446	FRESATURA	11/04/2022	06:24:31	11/04/2022	13:57:38	5	0001:30:37
93028446	FRESATURA	11/04/2022	06:23:09	11/04/2022	06:24:06	4	0000:00:14
93028446	FRESATURA	12/04/2022	06:22:13	20/04/2022	17:24:14	0	0000:00:00
93028446	FRESATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	13	0000:00:00
12805631	FRESATURA	19/03/2022	00:00:00	19/03/2022	00:00:00	2	0000:00:00
12805631	FRESATURA	21/03/2022	00:00:00	21/03/2022	00:00:00	2	0000:00:00
12805631	FRESATURA	21/03/2022	00:00:00	21/03/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12805631	FRESATURA	23/03/2022	00:00:00	23/03/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12805631	FRESATURA	02/04/2022	00:00:00	02/04/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12805631	FRESATURA	04/04/2022	00:00:00	04/04/2022	00:00:00	2	0000:00:00
12805631	FRESATURA	05/04/2022	00:00:00	05/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12805631	FRESATURA	07/04/2022	00:00:00	07/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12805631	FRESATURA	29/04/2022	00:00:00	29/04/2022	00:00:00	20	0000:00:00



Nella tabella si può vedere la dimostrazione di quanto detto in precedenza: 16 unità del componente 93028446 risultano lavorati il giorno 28 marzo; per esperienza diretta posso assicurare che 16 pezzi dello stesso modello non vengono lavorati tutti nello stesso giorno, poiché si predilige lavorarne circa 5/6 alla volta per tipologia, seguendo i bisogni della linea di produzione dei telai. Inoltre va notato come tutte le transazioni registrate per il modello 12805631 abbiano durata nulla; questo si verifica quando è l'ufficio pianificazione a caricare a sistema il numero di pezzi realizzato, sulla base di quanto scritto manualmente dall'operaio sugli ODP. Così si perde completamente il dato sulla durata ma si riesce ad avere un'indicazione sul numero di pezzi che viene realizzato per ogni turno. Questo problema si è verificato poiché, come abbiamo visto, il processo di sbavatura e sabbiatura non sono stati registrati correttamente e non hanno permesso alle operazioni successive di poter essere caricate a sistema. Osservando la tabella, salta all'occhio il fatto che il 29 aprile sono stati versati a sistema 13 pezzi del componente 93028446 e 20 del componente 12805631; questo è stato fatto sempre dall'ufficio pianificazione, per andare a chiudere la fase sul gestionale e non creare disallineamenti a livello inventariale. In azienda ci si era accorti che nella postazione di puntatura del telaio erano presenti tutti i sottogruppi per ultimare la commessa, mentre alcuni componenti non risultavano ancora virtualmente completati; per questo è stato fatto un controllo di tutte le lavorazioni ancora aperte che coinvolgono i sottogruppi, che lo schedulatore continuava a ripianificare ogni volta, andando a rallentare inutilmente il sistema e fornendo indicazioni sbagliate al termine del processo, e sono state terminate, effettuando gli appositi versamenti virtuali.

Andrò adesso a mostrare nel dettaglio i dati relativi alla realizzazione dei telai completi, analizzando sia le fasi di carpenteria sia le fasi finali di verniciatura e collaudo finali.

Tabella 16: Fasi di carpenteria e tempi previsti per la realizzazione dei due telai

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
12580525	2/1	PUNTATURA	04/04/2022	06/04/2022	0044:20:00
12580525	2/2	PREP. ROBOT	05/04/2022	07/04/2022	0040:40:00
12580525	2/3	SALDATURA ROBOT	06/04/2022	13/04/2022	0055:30:00
12580525	2/4	SALDATURA MANUALE	11/04/2022	22/04/2022	0150:40:00
12580525	2/5	ESAME VT SU SALDATURE	22/04/2022	22/04/2022	0001:50:00
12930671	82/1	PUNTATURA	04/04/2022	07/04/2022	0036:20:00
12930671	82/2	PREP. ROBOT	05/04/2022	08/04/2022	0033:20:00
12930671	82/3	SALDATURA ROBOT	07/04/2022	13/04/2022	0045:30:00
12930671	82/4	SALDATURA MANUALE	11/04/2022	20/04/2022	0123:20:00
12930671	82/5	ESAME VT SU SALDATURE	20/04/2022	21/04/2022	0006:00:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
12580525	2/1	PUNTATURA	18/03/2022 14:18:37	06/05/2022 13:32:14	0097:36:41
12580525	2/2	PREP. ROBOT	18/03/2022 14:19:43	06/05/2022 13:32:58	0097:39:46
12580525	2/3	SALDATURA ROBOT	14/03/2022 13:50:59	07/05/2022 11:40:12	0043:14:30
12580525	2/4	SALDATURA MANUALE	11/03/2022 11:55:13	11/05/2022 18:51:21	0255:44:56
12580525	2/5	ESAME VT SU SALDATURE	25/03/2022 14:58:44	12/05/2022 12:41:43	0000:01:44
12930671	82/1	PUNTATURA	30/03/2022 14:15:17	02/05/2022 13:59:09	0073:54:33
12930671	82/2	PREP. ROBOT	30/03/2022 14:16:26	02/05/2022 14:00:09	0068:18:34
12930671	82/3	SALDATURA ROBOT	04/04/2022 11:18:43	03/05/2022 13:48:01	0061:26:59
12930671	82/4	SALDATURA MANUALE	12/04/2022 14:54:46	03/05/2022 13:48:13	0071:46:17
12930671	82/5	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022 14:39:15	05/05/2022 12:32:28	0000:00:49

Si può subito notare come, da pianificazione, la saldatura dei telai sarebbe dovuta cominciare il 4 aprile e terminare il 22 dello stesso mese. Nella realtà, invece, MTS ha cominciato a realizzare i telai il 18 marzo e ha terminato il 12 maggio. Come già detto in precedenza, questa differenza è dovuta al fatto che il gestionale

pianifica ogni lotto come se dovesse essere totalmente completato prima di poter passare a quello successivo, mentre, invece, l'approccio che ha deciso di avere MTS nei confronti di questa commessa è quello di realizzare un telaio per turno, quindi potenzialmente due al giorno, seguendo l'andamento degli ordini esecutivi emessi dal committente. Questo approccio, come visto in precedenza, è stato applicato anche ai sottogruppi principali, i quali sono stati tagliati e lavorati a piccoli blocchi e non tutti e 40 in una volta sola; questo ha permesso di far arrivare la materia prima con più calma e non riempire il magazzino di semilavorati. Adesso andrò a mostrare nello specifico le varie fasi di lavorazione, per valutare se i dati relativi ai tempi e alle quantità sono stati caricati correttamente o meno da parte degli operai addetti all'assemblaggio dei telai.

Tabella 17: Tempi registrati per la puntatura dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12580525	PUNTATURA	18/03/2022	14:18:36	18/03/2022	21:53:02	1	0007:34:26
12580525	PUNTATURA	21/03/2022	06:00:56	21/03/2022	13:59:54	1	0007:58:58
12580525	PUNTATURA	22/03/2022	06:44:10	22/03/2022	13:41:13	1	0006:57:03
12580525	PUNTATURA	25/03/2022	06:00:37	25/03/2022	12:29:51	1	0006:29:14
12580525	PUNTATURA	28/03/2022	21:56:52	28/03/2022	21:57:25	1	0000:00:33
12580525	PUNTATURA	01/04/2022	21:44:47	01/04/2022	21:45:15	1	0000:00:28
12580525	PUNTATURA	07/04/2022	05:57:55	07/04/2022	13:57:10	1	0007:59:15
12580525	PUNTATURA	08/04/2022	05:57:59	08/04/2022	13:43:36	1	0007:45:37
12580525	PUNTATURA	08/04/2022	14:04:55	08/04/2022	21:51:01	1	0007:46:06
12580525	PUNTATURA	11/04/2022	05:53:24	11/04/2022	13:51:21	1	0007:57:57
12580525	PUNTATURA	11/04/2022	15:43:59	11/04/2022	21:32:19	1	0005:48:20
12580525	PUNTATURA	13/04/2022	14:10:59	13/04/2022	21:41:27	1	0007:30:28
12580525	PUNTATURA	13/04/2022	05:58:15	13/04/2022	13:55:54	1	0007:57:39
12580525	PUNTATURA	14/04/2022	06:01:22	14/04/2022	14:00:34	1	0007:59:12
12580525	PUNTATURA	15/04/2022	19:56:11	15/04/2022	19:56:38	1	0000:00:27
12580525	PUNTATURA	19/04/2022	13:55:32	19/04/2022	13:56:06	1	0000:00:34
12580525	PUNTATURA	22/04/2022	12:26:59	22/04/2022	12:27:37	1	0000:00:38
12580525	PUNTATURA	28/04/2022	21:57:21	28/04/2022	21:57:53	1	0000:00:32
12580525	PUNTATURA	29/04/2022	05:59:17	29/04/2022	13:47:19	1	0007:48:02
12580525	PUNTATURA	05/05/2022	13:11:13	05/05/2022	13:11:41	1	0000:00:28
12580525	PUNTATURA	05/05/2022	13:31:33	05/05/2022	13:32:01	1	0000:00:28
12580525	PUNTATURA	06/05/2022	13:31:57	06/05/2022	13:32:13	1	0000:00:16
12930671	PUNTATURA	30/03/2022	14:15:16	30/03/2022	21:54:06	1	0007:38:50
12930671	PUNTATURA	31/03/2022	21:49:30	31/03/2022	21:50:06	1	0000:00:36
12930671	PUNTATURA	04/04/2022	06:00:53	04/04/2022	13:51:22	1	0007:50:29
12930671	PUNTATURA	05/04/2022	13:38:22	05/04/2022	13:38:52	1	0000:00:30
12930671	PUNTATURA	06/04/2022	05:58:47	06/04/2022	12:27:29	1	0006:28:42
12930671	PUNTATURA	12/04/2022	06:00:45	12/04/2022	13:55:06	1	0007:54:21
12930671	PUNTATURA	12/04/2022	14:56:03	12/04/2022	21:48:53	1	0006:52:50
12930671	PUNTATURA	12/04/2022	15:50:14	12/04/2022	15:50:27	1	0000:00:13
12930671	PUNTATURA	20/04/2022	12:30:40	20/04/2022	12:31:11	1	0000:00:31
12930671	PUNTATURA	21/04/2022	07:38:46	21/04/2022	13:18:56	1	0005:40:10
12930671	PUNTATURA	22/04/2022	19:59:39	22/04/2022	20:00:00	1	0000:00:21
12930671	PUNTATURA	26/04/2022	14:03:49	26/04/2022	21:41:12	1	0007:37:23
12930671	PUNTATURA	26/04/2022	05:59:40	26/04/2022	13:57:03	1	0007:57:23
12930671	PUNTATURA	27/04/2022	05:57:55	27/04/2022	13:51:55	1	0007:54:00
12930671	PUNTATURA	27/04/2022	21:51:01	27/04/2022	21:51:30	1	0000:00:29
12930671	PUNTATURA	28/04/2022	05:59:24	28/04/2022	13:56:08	1	0007:56:44
12930671	PUNTATURA	29/04/2022	21:50:16	29/04/2022	21:50:48	1	0000:00:32
12930671	PUNTATURA	02/05/2022	13:58:39	02/05/2022	13:59:08	1	0000:00:29

Sulla distinta base, il tempo di lavoro pianificato per la fase di puntatura è pari a 121 minuti, mentre a sistema sono caricate sessioni che durano, o quasi un intero turno di lavoro, oppure hanno una durata di pochi secondi. Questo è dovuto alla poca precisione con la quale gli operai utilizzano gli ODP e le postazioni per

caricare a sistema i dati di produzione: alcuni aprono la propria sessione a inizio turno e poi alla fine vanno a caricare i vari pezzi che hanno realizzato durante la giornata, altri invece aprono e chiudono la sessione direttamente a fine turno. Nel primo caso si creano sessioni con delle durate eccessivamente lunghe, nel secondo caso invece sono troppo corte. Inutile dire che entrambe le metodologie sono sbagliate e non aiutano l'azienda ad avere una reale visione dei tempi di realizzazione necessari al completamento delle varie fasi di lavorazione. Ciò che si può invece apprendere dalla tabella è l'andamento della produzione; come si può notare, viene puntato un telaio per turno, alternando i due modelli a seconda delle necessità espresse dal cliente.

Tabella 18: Tempi registrati per la preparazione per la saldatura robot dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12580525	PREP. ROBOT	18/03/2022	14:19:43	18/03/2022	21:54:04	1	0007:34:21
12580525	PREP. ROBOT	21/03/2022	06:01:34	21/03/2022	14:00:40	1	0007:59:06
12580525	PREP. ROBOT	22/03/2022	06:44:36	22/03/2022	13:41:53	1	0006:57:17
12580525	PREP. ROBOT	25/03/2022	06:01:12	25/03/2022	12:30:22	1	0006:29:10
12580525	PREP. ROBOT	28/03/2022	21:57:48	28/03/2022	21:58:17	1	0000:00:29
12580525	PREP. ROBOT	01/04/2022	21:45:40	01/04/2022	21:46:12	1	0000:00:32
12580525	PREP. ROBOT	07/04/2022	05:58:14	07/04/2022	13:57:44	1	0007:59:30
12580525	PREP. ROBOT	08/04/2022	14:05:10	08/04/2022	21:51:27	1	0007:46:17
12580525	PREP. ROBOT	08/04/2022	05:58:19	08/04/2022	13:44:07	1	0007:45:48
12580525	PREP. ROBOT	11/04/2022	15:44:33	11/04/2022	21:33:55	1	0005:49:22
12580525	PREP. ROBOT	11/04/2022	05:53:36	11/04/2022	13:51:59	1	0007:58:23
12580525	PREP. ROBOT	13/04/2022	14:11:16	13/04/2022	21:42:04	1	0007:30:48
12580525	PREP. ROBOT	13/04/2022	05:58:34	13/04/2022	13:56:21	1	0007:57:47
12580525	PREP. ROBOT	14/04/2022	06:01:35	14/04/2022	14:01:01	1	0007:59:26
12580525	PREP. ROBOT	15/04/2022	19:56:58	15/04/2022	19:57:27	1	0000:00:29
12580525	PREP. ROBOT	19/04/2022	13:56:29	19/04/2022	13:56:57	1	0000:00:28
12580525	PREP. ROBOT	22/04/2022	12:28:05	22/04/2022	12:28:32	1	0000:00:27
12580525	PREP. ROBOT	28/04/2022	21:58:21	28/04/2022	21:58:49	1	0000:00:28
12580525	PREP. ROBOT	29/04/2022	05:59:33	29/04/2022	13:47:49	1	0007:48:16
12580525	PREP. ROBOT	05/05/2022	13:12:09	05/05/2022	13:12:43	1	0000:00:34
12580525	PREP. ROBOT	05/05/2022	13:32:20	05/05/2022	13:32:50	1	0000:00:30
12580525	PREP. ROBOT	06/05/2022	13:32:40	06/05/2022	13:32:58	1	0000:00:18
12930671	PREP. ROBOT	30/03/2022	14:16:26	30/03/2022	21:55:20	1	0007:38:54
12930671	PREP. ROBOT	31/03/2022	21:50:52	31/03/2022	21:51:24	1	0000:00:32
12930671	PREP. ROBOT	04/04/2022	06:01:37	04/04/2022	13:52:47	1	0007:51:10
12930671	PREP. ROBOT	05/04/2022	13:39:57	05/04/2022	13:40:32	1	0000:00:35
12930671	PREP. ROBOT	06/04/2022	05:59:13	06/04/2022	12:28:09	1	0006:28:56
12930671	PREP. ROBOT	12/04/2022	06:01:00	12/04/2022	13:55:33	1	0007:54:33
12930671	PREP. ROBOT	12/04/2022	14:56:41	12/04/2022	21:49:29	1	0006:52:48
12930671	PREP. ROBOT	12/04/2022	15:50:41	12/04/2022	15:50:52	1	0000:00:11
12930671	PREP. ROBOT	21/04/2022	13:19:18	21/04/2022	13:19:45	1	0000:00:27
12930671	PREP. ROBOT	21/04/2022	07:37:40	21/04/2022	07:38:24	1	0000:00:44
12930671	PREP. ROBOT	22/04/2022	19:58:56	22/04/2022	20:00:34	1	0000:01:38
12930671	PREP. ROBOT	26/04/2022	05:59:53	26/04/2022	13:57:42	1	0007:57:49
12930671	PREP. ROBOT	26/04/2022	14:04:09	26/04/2022	21:41:48	1	0007:37:39
12930671	PREP. ROBOT	27/04/2022	05:58:10	27/04/2022	13:52:31	1	0007:54:21
12930671	PREP. ROBOT	27/04/2022	21:51:45	27/04/2022	21:52:15	1	0000:00:30
12930671	PREP. ROBOT	28/04/2022	05:59:40	28/04/2022	13:56:38	1	0007:56:58
12930671	PREP. ROBOT	29/04/2022	21:51:21	29/04/2022	21:51:49	1	0000:00:28
12930671	PREP. ROBOT	02/05/2022	13:59:48	02/05/2022	14:00:09	1	0000:00:21

La situazione caricata sul gestionale relativa alla fase di preparazione robot è uguale alla situazione della fase di puntatura; questo è dovuto al fatto che le due fasi sono separate a livello di distinta base ma nella pratica vengono svolte dallo stesso operatore, una di seguito all'altra. Questa situazione ha portato a un

aggiornamento della distinta base e ad unire le due fasi in una unica, andando ad aggiornare di conseguenza i tempi. Questo cambiamento si potrà però notare solo dalle commesse che al momento della modificano non sono ancora state lanciate in produzione.

Tabella 19: Tempi registrati per la saldatura robot dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12580525	SALDATURA A ROBOT	14/03/2022	13:50:58	14/03/2022	13:51:22	1	0000:00:24
12580525	SALDATURA A ROBOT	15/03/2022	21:41:56	15/03/2022	21:42:15	1	0000:00:19
12580525	SALDATURA A ROBOT	15/03/2022	21:46:33	15/03/2022	21:46:54	1	0000:00:21
12580525	SALDATURA A ROBOT	16/03/2022	05:57:06	16/03/2022	05:57:25	1	0000:00:19
12580525	SALDATURA A ROBOT	18/03/2022	21:51:13	18/03/2022	21:51:34	1	0000:00:21
12580525	SALDATURA A ROBOT	21/03/2022	13:43:37	21/03/2022	13:44:00	1	0000:00:23
12580525	SALDATURA A ROBOT	22/03/2022	13:49:15	22/03/2022	13:49:30	1	0000:00:15
12580525	SALDATURA A ROBOT	23/03/2022	11:09:07	23/03/2022	13:58:12	1	0002:49:05
12580525	SALDATURA A ROBOT	25/03/2022	13:23:39	25/03/2022	13:58:22	0	0000:00:00
12580525	SALDATURA A ROBOT	07/04/2022	11:07:32	07/04/2022	14:07:36	1	0003:00:04
12580525	SALDATURA A ROBOT	08/04/2022	11:48:04	08/04/2022	13:54:12	1	0002:06:08
12580525	SALDATURA A ROBOT	09/04/2022	09:01:03	09/04/2022	12:05:11	1	0003:04:08
12580525	SALDATURA A ROBOT	13/04/2022	15:10:17	13/04/2022	21:53:22	1	0006:43:05
12580525	SALDATURA A ROBOT	14/04/2022	06:04:35	14/04/2022	14:05:20	1	0008:00:45
12580525	SALDATURA A ROBOT	15/04/2022	20:03:56	15/04/2022	21:44:41	1	0001:40:45
12580525	SALDATURA A ROBOT	19/04/2022	14:58:28	19/04/2022	22:02:15	1	0007:03:47
12580525	SALDATURA A ROBOT	20/04/2022	06:01:36	20/04/2022	14:09:55	1	0008:08:19
12580525	SALDATURA A ROBOT	28/04/2022	21:45:59	28/04/2022	21:46:33	1	0000:00:34
12580525	SALDATURA A ROBOT	02/05/2022	12:58:20	02/05/2022	12:58:37	1	0000:00:17
12580525	SALDATURA A ROBOT	05/05/2022	13:43:45	05/05/2022	13:44:04	2	0000:00:09
12580525	SALDATURA A ROBOT	07/05/2022	11:40:02	07/05/2022	11:40:11	2	0000:00:04
12930671	SALDATURA A ROBOT	04/04/2022	11:18:42	04/04/2022	13:53:56	1	0002:35:14
12930671	SALDATURA A ROBOT	12/04/2022	21:35:18	12/04/2022	21:35:33	1	0000:00:15
12930671	SALDATURA A ROBOT	12/04/2022	15:51:29	12/04/2022	15:51:41	2	0000:00:06
12930671	SALDATURA A ROBOT	12/04/2022	14:43:40	12/04/2022	14:43:52	3	0000:00:04
12930671	SALDATURA A ROBOT	13/04/2022	06:00:45	13/04/2022	14:03:22	0	0000:00:00
12930671	SALDATURA A ROBOT	15/04/2022	06:37:28	15/04/2022	14:55:53	1	0008:18:25
12930671	SALDATURA A ROBOT	21/04/2022	12:34:11	21/04/2022	20:19:54	1	0007:45:43
12930671	SALDATURA A ROBOT	21/04/2022	08:16:03	21/04/2022	10:44:29	1	0002:28:26
12930671	SALDATURA A ROBOT	22/04/2022	12:00:39	22/04/2022	20:00:57	1	0008:00:18
12930671	SALDATURA A ROBOT	27/04/2022	21:39:47	27/04/2022	21:40:03	2	0000:00:08
12930671	SALDATURA A ROBOT	27/04/2022	05:59:57	27/04/2022	14:09:18	1	0008:09:21
12930671	SALDATURA A ROBOT	28/04/2022	13:59:09	28/04/2022	14:00:01	1	0000:00:52
12930671	SALDATURA A ROBOT	28/04/2022	21:45:25	28/04/2022	21:45:42	1	0000:00:17
12930671	SALDATURA A ROBOT	29/04/2022	06:00:53	29/04/2022	14:03:37	0	0000:00:00
12930671	SALDATURA A ROBOT	29/04/2022	14:04:02	29/04/2022	14:04:28	0	0000:00:00
12930671	SALDATURA A ROBOT	02/05/2022	13:55:53	02/05/2022	21:57:20	1	0008:01:27
12930671	SALDATURA A ROBOT	03/05/2022	13:47:47	03/05/2022	13:48:01	1	0000:00:14

La situazione della saldatura robot presenta un nuovo tipo di errore: alcune lavorazioni presentano una data di lavorazione precedente al 18 marzo, cioè la prima data utile per poter lavorare il primo telaio del modello 12580525 della commessa. Questo è dovuto al fatto che ci sono stati degli errori nel versamento di alcuni telai sul relativo ODP di competenza. In pratica nel periodo che ho passato in affiancamento al reparto di pianificazione, ho svolto un controllo su tutte le effettive vendite di telai del modello "432" e "759" da quando MTS li produce, andando di conseguenza ad allineare lo stato del magazzino virtuale. Per fare ciò ho dovuto controllare tutte le precedenti commesse, terminate manualmente ma senza versare a sistema i semilavorati e prodotti finiti, e incrociare i dati con le spedizioni eseguite verso il cliente, andando a compiere personalmente i versamenti dei telai mancanti. Questo controllo ha evidenziato come ci fosse un leggero disallineamento, pari a cinque telai per modello, tra produzione effettiva e relativa commessa di competenza; per questo si è verificato questo disallineamento tra le date presenti nella fase di preparazione robot e

saldatura a robot. Per evitare di creare confusione sulla commessa in corso agli operai, che, come è già stato dimostrato, tendono a non eseguire i versamenti nel modo corretto, ho preferito non cancellare le loro sessioni ma tenere traccia di questi aggiustamenti inventariali andando a creare delle sessioni fittizie. Sicuramente questo processo ha “sporcato” i dati presenti sul gestionale ma la decisione è stata condivisa con il reparto di pianificazione ed è servita per avere effettivamente sotto controllo il reale stato di avanzamento di questa commessa, sapendo esattamente quando sarebbe effettivamente terminata e quando sarebbe cominciata quella successiva.

Come si può osservare dai dati in tabella, anche in questo caso gli operai hanno generalmente creato sessioni di durata nulla oppure con durata pari al turno di lavoro. Solo in quattro casi, su un totale di 40, sono state create delle sessioni di lavoro con una durata comparabile con le 2 ore e mezza stimate in fase di realizzazione della distinta base. Avere però un campione pari al solo 10% dei dati possibili, rende molto poco provante l’analisi che può essere fatta sulla effettiva durata del processo ed eventuali possibili ritardi.

Tabella 20: Tempi registrati per la saldatura manuale dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12580525	SALDATURA MANUALE	11/03/2022	11:55:13	11/03/2022	11:55:32	1	0000:00:19
12580525	SALDATURA MANUALE	14/03/2022	13:50:48	14/03/2022	13:51:41	1	0000:00:53
12580525	SALDATURA MANUALE	15/03/2022	14:04:50	15/03/2022	21:42:32	1	0007:37:42
12580525	SALDATURA MANUALE	16/03/2022	05:56:55	16/03/2022	13:38:39	1	0007:41:44
12580525	SALDATURA MANUALE	22/03/2022	06:05:25	22/03/2022	14:00:03	0	0000:00:00
12580525	SALDATURA MANUALE	23/03/2022	06:02:27	23/03/2022	06:02:54	1	0000:00:27
12580525	SALDATURA MANUALE	23/03/2022	07:15:22	25/03/2022	15:02:41	0	0000:00:00
12580525	SALDATURA MANUALE	28/03/2022	09:49:12	28/03/2022	09:49:35	1	0000:00:23
12580525	SALDATURA MANUALE	04/04/2022	06:10:20	04/04/2022	06:11:29	1	0000:01:09
12580525	SALDATURA MANUALE	08/04/2022	06:01:41	11/04/2022	11:41:23	0	0000:00:00
12580525	SALDATURA MANUALE	11/04/2022	21:34:23	11/04/2022	21:34:38	1	0000:00:15
12580525	SALDATURA MANUALE	09/04/2022	05:57:15	11/04/2022	11:41:46	0	0000:00:00
12580525	SALDATURA MANUALE	12/04/2022	15:31:07	12/04/2022	15:31:23	2	0000:00:08
12580525	SALDATURA MANUALE	12/04/2022	06:00:21	12/04/2022	13:52:35	1	0007:52:14
12580525	SALDATURA MANUALE	13/04/2022	15:12:29	13/04/2022	21:54:11	1	0006:41:42
12580525	SALDATURA MANUALE	14/04/2022	06:05:12	14/04/2022	14:05:47	1	0008:00:35
12580525	SALDATURA MANUALE	19/04/2022	14:58:51	19/04/2022	22:02:50	1	0007:03:59
12580525	SALDATURA MANUALE	20/04/2022	06:01:55	20/04/2022	14:10:49	1	0008:08:54
12580525	SALDATURA MANUALE	26/04/2022	21:42:48	26/04/2022	21:43:05	1	0000:00:17
12580525	SALDATURA MANUALE	29/04/2022	14:05:43	29/04/2022	21:29:40	1	0007:23:57
12580525	SALDATURA MANUALE	02/05/2022	12:57:46	02/05/2022	12:58:55	1	0000:01:09
12580525	SALDATURA MANUALE	05/05/2022	13:43:26	05/05/2022	13:44:21	1	0000:00:55
12580525	SALDATURA MANUALE	07/05/2022	11:39:36	07/05/2022	11:41:22	1	0000:01:46
12580525	SALDATURA MANUALE	11/05/2022	18:51:10	11/05/2022	18:51:20	2	0000:00:05
12930671	SALDATURA MANUALE	12/04/2022	21:34:47	12/04/2022	21:35:49	1	0000:01:02
12930671	SALDATURA MANUALE	12/04/2022	15:51:51	12/04/2022	15:52:04	2	0000:00:06
12930671	SALDATURA MANUALE	12/04/2022	14:54:45	12/04/2022	14:54:59	4	0000:00:03
12930671	SALDATURA MANUALE	13/04/2022	06:00:25	13/04/2022	14:03:38	0	0000:00:00
12930671	SALDATURA MANUALE	15/04/2022	06:37:48	15/04/2022	14:56:55	1	0008:19:07
12930671	SALDATURA MANUALE	21/04/2022	12:34:29	21/04/2022	20:20:50	1	0007:46:21
12930671	SALDATURA MANUALE	22/04/2022	12:00:57	22/04/2022	20:01:20	1	0008:00:23
12930671	SALDATURA MANUALE	27/04/2022	14:10:43	27/04/2022	21:45:11	1	0007:34:28
12930671	SALDATURA MANUALE	27/04/2022	06:00:19	27/04/2022	14:09:54	1	0008:09:35
12930671	SALDATURA MANUALE	28/04/2022	14:06:21	28/04/2022	21:51:39	1	0007:45:18
12930671	SALDATURA MANUALE	28/04/2022	13:59:27	28/04/2022	14:00:49	1	0000:01:22
12930671	SALDATURA MANUALE	29/04/2022	06:01:14	29/04/2022	14:03:31	0	0000:00:00
12930671	SALDATURA MANUALE	29/04/2022	14:04:43	29/04/2022	14:05:08	1	0000:00:25
12930671	SALDATURA MANUALE	02/05/2022	13:56:14	02/05/2022	21:57:56	1	0008:01:42
12930671	SALDATURA MANUALE	03/05/2022	13:47:36	03/05/2022	13:48:13	2	0000:00:18

La saldatura manuale è l'ultima fase di carpenteria che subisce il telaio e viene eseguita per andare a controllare e rifinire tutte le saldature realizzate dal robot e compiere quelle non possono essere svolte dal cannello robotico, a causa delle dimensioni di alcuni spigoli e della geometria delle parti interne. In fase di preventivazione, il tempo stimato per questa operazione sarebbe di 6 ore e 50 minuti. Come si è già visto per tutte le altre lavorazioni, anche in questo caso i dati non sono provanti: 25 sessioni su 40, pari al 62.5%, hanno una durata registrata praticamente nulle, 7 sessioni presentano una durata di circa 8 ore, il che vuol dire che l'operatore ha virtualmente aperto la sessione a inizio turno e l'ha terminata poco prima di andarsene via, e solo 7 sessioni presentano delle tempistiche comparabili con quelle preventivate. La media di questi tempi fornisce come durata effettiva del processo 7 ore e 24 minuti, evidenziando un 9% in più rispetto a quando previsto. Essendo comunque la durata totale del processo simile a quella del turno, anche per queste sette sessioni la durata non è completamente affidabile, poiché, basandosi sui dati che gli operai caricano a sistema, ci possono essere ritardi o anticipi nell'apertura e chiusura delle sessioni virtuali che differiscono dal tempo reali di lavorazione.

Tabella 21: Tempi registrati per l'esame visivo sulle saldature dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	25/03/2022	14:58:43	25/03/2022	14:59:13	3	0000:00:10
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	04/04/2022	13:27:54	04/04/2022	13:28:17	2	0000:00:11
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022	15:31:43	12/04/2022	15:31:58	7	0000:00:02
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	2	0000:00:00
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	03/05/2022	11:54:12	03/05/2022	11:54:25	4	0000:00:03
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	09/05/2022	10:58:37	09/05/2022	10:58:49	1	0000:00:12
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	12/05/2022	12:41:43	12/05/2022	12:41:43	0	0000:00:00
12580525	ESAME VT SU SALDATURE	12/05/2022	12:41:32	12/05/2022	12:41:43	3	0000:00:03
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022	15:52:12	12/04/2022	15:52:23	2	0000:00:05
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	4	0000:00:00
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	12/04/2022	14:55:14	12/04/2022	14:55:26	4	0000:00:03
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	03/05/2022	11:53:27	03/05/2022	11:53:42	5	0000:00:03
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	05/05/2022	12:32:27	05/05/2022	12:32:27	0	0000:00:00
12930671	ESAME VT SU SALDATURE	05/05/2022	12:32:16	05/05/2022	12:32:27	3	0000:00:03

Per quanto riguarda la fase finale del lotto, cioè l'esame di tutte le saldature e la valutazione delle tolleranze dimensionali, si può facilmente vedere come il caricamento a sistema dei dati non sia assolutamente veritiero. Questo è dovuto al fatto che l'ispezione dei telai non sempre viene fatta subito dopo la fase di saldatura manuale ma piuttosto prima della fase di pulizia, la quale ricade nel lotto successivo. Questo genera il problema che l'ODP di competenza non viene passato agli operai addetti al lavaggio del telaio e quindi questa fase rimane senza versamenti. In questo caso sono stato mi sono assunto la responsabilità di caricare sul gestionale le operazioni, non potendo però inserire la durata effettiva dell'operazione. In fase di valutazione della distinta base, potrebbe essere una scelta saggia quella di eliminare questa fase e accorparla a quella successiva, sommando i tempi e diminuendo il rischio di perdere informazioni dovute al non inserimento dei dati a sistema da parte degli operai.

Di seguito è mostrata la tabella che riassume tutte le lavorazioni presenti negli ultimi due ODP della commessa, i quali si riferiscono ai codici "432" e "759" dei modelli dei telai, cioè ai prodotti finiti, i quali, dopo le seguenti lavorazioni, possono essere venduti direttamente al cliente.

Tabella 22: Fasi di finitura e tempi previsti per la realizzazione dei due telai

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
12913432	1/1	LAVAGGIO + CONTROLLO	22/04/2022	22/04/2022	0025:40:00
12913432	1/2	MASCHERATURA	26/04/2022	27/04/2022	0011:00:00
12913432	1/3	VERNICIATURA - PRIMER	27/04/2022	28/04/2022	0022:00:00
12913432	1/4	MASCHERATURA	28/04/2022	29/04/2022	0007:20:00
12913432	1/5	VERNICIATURA - SMALTO	29/04/2022	02/05/2022	0022:00:00
12913432	1/6	COLLAUDO	02/05/2022	02/05/2022	0000:09:59
12913432	1/7	IMBALLO	02/05/2022	02/05/2022	0012:50:00
12930759	81/1	LAVAGGIO + CONTROLLO	21/04/2022	21/04/2022	0021:00:00
12930759	81/2	MASCHERATURA	22/04/2022	26/04/2022	0009:00:00
12930759	81/3	VERNICIATURA - PRIMER	26/04/2022	27/04/2022	0018:00:00
12930759	81/4	MASCHERATURA	27/04/2022	28/04/2022	0009:00:00
12930759	81/5	VERNICIATURA - SMALTO	28/04/2022	29/04/2022	0018:00:00
12930759	81/6	COLLAUDO	29/04/2022	29/04/2022	0000:09:59
12930759	81/7	IMBALLO	29/04/2022	29/04/2022	0022:30:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
12913432	1/1	LAVAGGIO + CONTROLLO	25/03/2022 11:50:26	09/05/2022 18:47:08	0077:14:56
12913432	1/2	MASCHERATURA	01/04/2022 11:28:10	12/05/2022 12:42:13	0000:01:09
12913432	1/3	VERNICIATURA - PRIMER	01/04/2022 11:28:38	12/05/2022 12:42:29	0000:00:59
12913432	1/4	MASCHERATURA	01/04/2022 11:29:01	12/05/2022 12:43:00	0000:00:55
12913432	1/5	VERNICIATURA - SMALTO	01/04/2022 11:29:36	12/05/2022 12:43:16	0000:00:58
12913432	1/6	COLLAUDO	01/04/2022 11:29:56	12/05/2022 12:43:31	0000:01:10
12913432	1/7	IMBALLO	01/04/2022 11:30:19	12/05/2022 12:43:47	0000:00:54
12930759	81/1	LAVAGGIO + CONTROLLO	12/04/2022 14:38:29	04/05/2022 14:00:43	0043:41:58
12930759	81/2	MASCHERATURA	12/04/2022 14:38:55	09/05/2022 11:02:54	0000:01:02
12930759	81/3	VERNICIATURA - PRIMER	12/04/2022 14:39:15	09/05/2022 11:03:13	0000:00:33
12930759	81/4	MASCHERATURA	12/04/2022 14:39:15	09/05/2022 11:03:33	0000:00:33
12930759	81/5	VERNICIATURA - SMALTO	12/04/2022 14:39:15	09/05/2022 11:03:50	0000:00:30
12930759	81/6	COLLAUDO	12/04/2022 14:39:15	09/05/2022 11:04:05	0000:00:32
12930759	81/7	IMBALLO	12/04/2022 14:39:15	09/05/2022 11:04:21	0000:00:30

Come si può facilmente notare, solo la fase “lavaggio + controllo” presenta un tempo effettivo caricato sul sistema mentre tutte le altre mostrano un tempo effettivo nullo. Questo è dovuto alla differenza di reparto che svolge le varie mansioni: se gli operai che gestiscono il lavaggio non sono sicuramente precisi nell’inserire i dati di produzione sul sistema, come si può notare dalla grande differenza che c’è tra il tempo previsto e quello effettivo, ma almeno ci provano, lo stesso non si può dire per il reparto di verniciatura, per il quale esiste un accordo tacito con la direzione grazie al quale sono esentati dal caricare sul sistema i dati di lavorazione. La motivazione è l’elevato numero di pezzi che vengono verniciati durante ogni turno, i quali spesso provengono da commesse diverse e che vengono lavorati in parallelo nelle due camere di verniciatura. Inoltre la distanza dei totem per il caricamento a sistema dei dati dal reparto stesso non aiuta o invoglia di operai a effettuare tale operazione. Questo però fa sì che l’unico modo per essere sicuri che un pezzo sia stato effettivamente verniciato sia quello di chiedere al responsabile del reparto oppure di un controllo visivo del magazzino prodotti finiti, inoltre per sapere il tempo effettivo di verniciatura bisogna fidarsi di ciò che viene detto a voce dagli operai oppure mettersi a cronometrare personalmente i tempi.

Tabella 23: Tempi registrati per il lavaggio e il controllo dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	25/03/2022	11:50:25	25/03/2022	14:02:06	3	0000:43:53
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	29/03/2022	13:59:14	29/03/2022	21:19:19	1	0007:20:05
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	30/03/2022	13:54:31	30/03/2022	17:15:57	1	0003:21:26
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	07/04/2022	05:58:54	07/04/2022	13:59:10	1	0008:00:16
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	13/04/2022	13:56:51	13/04/2022	21:15:56	1	0007:19:05
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	14/04/2022	13:56:40	14/04/2022	21:53:06	2	0003:58:13
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	15/04/2022	13:59:48	15/04/2022	22:00:11	3	0002:40:07
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	22/04/2022	10:53:22	22/04/2022	15:59:39	1	0005:06:17
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	23/04/2022	06:08:50	23/04/2022	11:46:47	1	0005:37:57
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	27/04/2022	14:04:45	27/04/2022	21:54:03	2	0003:54:39
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	28/04/2022	16:06:26	28/04/2022	19:31:19	1	0003:24:53
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	02/05/2022	06:00:47	02/05/2022	07:45:28	1	0001:44:41
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	07/05/2022	06:06:59	07/05/2022	10:35:45	2	0002:14:23
12913432	LAVAGGIO + CONTROLLO	09/05/2022	13:53:25	09/05/2022	18:47:07	2	0002:26:51
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	12/04/2022	15:28:08	12/04/2022	15:28:19	2	0000:00:05
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	12/04/2022	14:38:28	12/04/2022	14:38:42	4	0000:00:03
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	13/04/2022	21:15:04	13/04/2022	21:15:32	1	0000:00:28
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	14/04/2022	13:56:59	14/04/2022	21:52:41	1	0007:55:42
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	22/04/2022	10:53:06	22/04/2022	15:59:12	1	0005:06:06
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	23/04/2022	06:08:30	23/04/2022	11:46:27	1	0005:37:57
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	27/04/2022	14:04:30	27/04/2022	21:54:25	1	0007:49:55
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	28/04/2022	13:57:06	28/04/2022	16:06:08	1	0002:09:02
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	29/04/2022	13:56:37	29/04/2022	21:01:59	3	0002:21:47
12930759	LAVAGGIO + CONTROLLO	04/05/2022	06:03:42	04/05/2022	14:00:43	3	0002:39:00

Dalla tabella possiamo notare come, nonostante ci sia stata l'intenzione da parte degli operai di registrare sul gestionale i dati di produzione, tutte le transazioni presentano un'enorme differenza rispetto alla situazione preventivata. Sulla distinta base il tempo previsto sarebbe di 70 minuti per singolo telaio mentre poi tutte le operazioni di caricamento dei dati riportano un tempo medio di realizzazione per pezzo pari a 3 ore. Questa grande discrepanza è data da diversi fattori: il più importante è sicuramente la poca attenzione che viene data al processo di registrazione dei dati sul gestionale, come riscontrato lungo tutte le operazioni della commessa, ma anche dal fatto che i telai subiscono un dettagliato controllo delle saldature prima di poter essere lavati e successivamente mandati a verniciare, e quando l'operatore incontra qualche particolare che deve essere rifinito impiega del tempo per sistemare l'imperfezione. Inoltre, come si vedrà dalla tabella dei tempi della fase successiva, anche la fase di mascheratura, cioè la fase di preparazione del telaio alla verniciatura, viene effettuata dagli operai addetti al lavaggio. Quindi anche questi tempi possono essere considerati all'interno di questa fase.

Tabella 24: Tempi registrati per la mascheratura dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12913432	MASCHERATURA	01/04/2022	11:28:09	01/04/2022	11:28:20	3	0000:00:03
12913432	MASCHERATURA	04/04/2022	13:28:35	04/04/2022	13:28:46	2	0000:00:05
12913432	MASCHERATURA	12/04/2022	15:22:50	12/04/2022	15:23:07	1	0000:00:17
12913432	MASCHERATURA	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	27/04/2022	11:28:09	27/04/2022	11:28:09	2	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	09/05/2022	10:56:14	09/05/2022	10:56:32	1	0000:00:18
12913432	MASCHERATURA	12/05/2022	12:42:01	12/05/2022	12:42:13	3	0000:00:04
12930759	MASCHERATURA	12/04/2022	15:27:50	12/04/2022	15:28:31	2	0000:00:20
12930759	MASCHERATURA	12/04/2022	14:38:54	12/04/2022	14:39:07	4	0000:00:03
12930759	MASCHERATURA	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	3	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	09/05/2022	11:02:45	09/05/2022	11:02:53	3	0000:00:02



Come detto sopra, questa fase viene svolta successivamente a quella di lavaggio e controllo e quindi gli operai, sbagliando, tendono a caricare a sistema solo la prima lavorazione, dimenticando di inserire i dati di produzione anche di questa seconda fase. Una possibilità per ovviare a questo errore potrebbe essere quella di accorparle direttamente in un'unica fase a livello di distinta base, andando a sommare i tempi e aumentando la probabilità che gli addetti all'operazione registrino dei tempi reali sul gestionale.

Tabella 25: Tempi registrati per la verniciatura, il collaudo e l'imballo dei due telai

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	01/04/2022	11:28:38	01/04/2022	11:28:50	3	0000:00:04
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	04/04/2022	13:28:58	04/04/2022	13:29:11	2	0000:00:06
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	12/04/2022	15:23:21	12/04/2022	15:23:36	1	0000:00:15
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	2	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	09/05/2022	10:56:42	09/05/2022	10:56:54	1	0000:00:12
12913432	VERNICIATURA - PRIMER	12/05/2022	12:42:22	12/05/2022	12:42:29	3	0000:00:02
12913432	MASCHERATURA	01/04/2022	11:29:01	01/04/2022	11:29:14	3	0000:00:04
12913432	MASCHERATURA	04/04/2022	13:29:25	04/04/2022	13:29:37	2	0000:00:06
12913432	MASCHERATURA	12/04/2022	15:23:45	12/04/2022	15:23:55	1	0000:00:10
12913432	MASCHERATURA	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	2	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	MASCHERATURA	09/05/2022	10:57:07	09/05/2022	10:57:20	1	0000:00:13
12913432	MASCHERATURA	12/05/2022	12:42:53	12/05/2022	12:43:00	3	0000:00:02
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	01/04/2022	11:29:35	01/04/2022	11:29:47	3	0000:00:04
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	04/04/2022	13:29:47	04/04/2022	13:29:59	2	0000:00:06
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	12/04/2022	15:24:06	12/04/2022	15:24:18	1	0000:00:12
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	2	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	09/05/2022	10:57:31	09/05/2022	10:57:46	1	0000:00:15
12913432	VERNICIATURA - SMALTO	12/05/2022	12:43:08	12/05/2022	12:43:15	3	0000:00:02
12913432	COLLAUDO	01/04/2022	11:29:55	01/04/2022	11:30:09	3	0000:00:04
12913432	COLLAUDO	04/04/2022	13:30:11	04/04/2022	13:30:35	2	0000:00:12
12913432	COLLAUDO	12/04/2022	15:24:26	12/04/2022	15:24:39	1	0000:00:13
12913432	COLLAUDO	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	COLLAUDO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	COLLAUDO	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	2	0000:00:00
12913432	COLLAUDO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	COLLAUDO	09/05/2022	10:57:56	09/05/2022	10:58:08	1	0000:00:12
12913432	COLLAUDO	12/05/2022	12:43:24	12/05/2022	12:43:31	3	0000:00:02
12913432	IMBALLO	01/04/2022	11:30:19	01/04/2022	11:30:30	3	0000:00:03
12913432	IMBALLO	04/04/2022	13:30:44	04/04/2022	13:30:56	2	0000:00:06
12913432	IMBALLO	12/04/2022	15:24:53	12/04/2022	15:25:05	1	0000:00:12
12913432	IMBALLO	15/04/2022	00:00:00	15/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	IMBALLO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	3	0000:00:00
12913432	IMBALLO	27/04/2022	13:28:58	27/04/2022	13:28:58	2	0000:00:00
12913432	IMBALLO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	4	0000:00:00
12913432	IMBALLO	09/05/2022	10:58:17	09/05/2022	10:58:29	1	0000:00:12
12913432	IMBALLO	12/05/2022	12:43:40	12/05/2022	12:43:47	3	0000:00:02

Parte	Lavorazione	Inizio sessione	Ora inizio	Fine sessione	Ora fine	Q. realizzati	Tempo x pezzo
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	3	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	12/04/2022	15:28:39	12/04/2022	15:28:51	2	0000:00:06
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:26	4	0000:00:02
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - PRIMER	09/05/2022	11:03:02	09/05/2022	11:03:12	3	0000:00:03
12930759	MASCHERATURA	12/04/2022	14:39:34	12/04/2022	14:39:46	4	0000:00:03
12930759	MASCHERATURA	12/04/2022	15:29:00	12/04/2022	15:29:12	2	0000:00:06
12930759	MASCHERATURA	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	3	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	MASCHERATURA	09/05/2022	11:03:24	09/05/2022	11:03:33	3	0000:00:03
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	3	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	12/04/2022	15:29:21	12/04/2022	15:29:33	2	0000:00:06
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	12/04/2022	14:39:55	12/04/2022	14:40:06	4	0000:00:02
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	VERNICIATURA - SMALTO	09/05/2022	11:03:42	09/05/2022	11:03:49	3	0000:00:02
12930759	COLLAUDO	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	3	0000:00:00
12930759	COLLAUDO	12/04/2022	15:29:42	12/04/2022	15:29:54	2	0000:00:06
12930759	COLLAUDO	12/04/2022	14:40:14	12/04/2022	14:40:26	4	0000:00:03
12930759	COLLAUDO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	COLLAUDO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	COLLAUDO	09/05/2022	11:03:57	09/05/2022	11:04:05	3	0000:00:02
12930759	IMBALLO	12/04/2022	14:39:15	12/04/2022	14:39:15	3	0000:00:00
12930759	IMBALLO	12/04/2022	15:30:05	12/04/2022	15:30:16	2	0000:00:05
12930759	IMBALLO	12/04/2022	14:40:34	12/04/2022	14:40:45	4	0000:00:02
12930759	IMBALLO	22/04/2022	00:00:00	22/04/2022	00:00:00	1	0000:00:00
12930759	IMBALLO	03/05/2022	00:00:00	03/05/2022	00:00:00	5	0000:00:00
12930759	IMBALLO	09/05/2022	11:04:13	09/05/2022	11:04:21	3	0000:00:02

Le due ultime tabelle rappresentano la situazione dei versamenti a sistema delle varie fasi di verniciatura, collaudo e imballo. Come si può notare tutte le operazioni hanno una durata di pochi secondi e rappresentano versamenti di quantità sempre uguali; questo è dovuto al fatto che, come detto in precedenza, il reparto di verniciatura non registra nessuna transazione sul gestionale e tutti i caricamenti di dati sono svolti direttamente dal reparto di pianificazione, il quale si occupa di riallineare la situazione virtuale con quella reale, quando si effettua effettivamente la vendita oppure quando i telai vengono terminati e messi a magazzino.

## 6 Analisi delle singole lavorazioni e valutazioni delle discrepanze tra pianificato e realtà

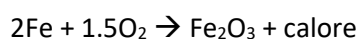
La valutazione dei tempi previsti per le lavorazioni, normalmente, viene fatta in fase di preventivo e poi aggiornata quando la produzione dei pezzi entra a regime. Tale aggiornamento dovrebbe essere automatico, se il flusso di lavoro si svolgesse nel modo corretto: gli operatori registrano a sistema l'inizio e la fine delle lavorazioni e il numero di pezzi realizzati, poi, a fine commessa, si verifica il tempo effettivo medio di lavoro e nel caso di elevati scostamenti rispetto a quelli preventivati si indaga sulla causa. Nella realtà aziendale di MTS però questo è già stato dimostrato non essere possibile, data la scarsa cura con la quale i dati vengono caricati a sistema dagli operai. Così dal board aziendale è arrivato l'input di fare un aggiornamento manuale di tutti i tempi di realizzazione di tutti i pezzi in produzione. Nel periodo nel quale ho svolto il mio tirocinio extra curricolare, è stata incaricata un'addetta del reparto tecnico di fare un giro in tutte le postazioni di lavoro, all'inizio del turno del pomeriggio, per chiedere agli operatori quanto tempo impiegassero effettivamente per realizzare i pezzi, poiché anche i valori numerici inseriti manualmente sugli ODP non sempre erano veritieri. In questo modo il database è stato aggiornato, ma con un costo in fatto di ore molto elevato, poiché tutto il processo di registrazione dei tempi e inserimento sul gestionale è durato più di un mese, e con una incertezza dovuta al fatto che le durate dipendono da ciò che dichiarano gli operai, ma non tutti hanno la stessa esperienza e le stesse capacità e questo ha un enorme impatto sulla qualità delle lavorazioni e sulle tempistiche di realizzazione.

Per queste ragioni quantificare gli effettivi motivi dei ritardi di produzione non è semplice e conviene analizzare nello specifico ogni singola lavorazione e processo produttivo per valutarne eventuali problematiche che possono generare scostamenti tra quanto pianificato e quando poi avviene effettivamente.

## 6.1 Taglio fiamma e laser

L'ossitaglio è un procedimento di taglio termico convenzionale utilizzato da moltissimi anni per il taglio di acciai al carbonio. La grande facilità con cui si effettua l'ossitaglio del ferro e degli acciai al carbonio o debolmente legati è dovuta al verificarsi delle seguenti condizioni:

- tali materiali si ossidano a una temperatura più bassa della temperatura di fusione (ossidazione a 1050 °C, fusione a 1530 °C)
- l'ossidazione del ferro è accompagnata da un notevole sviluppo di calore (reazione esotermica), che varia con la composizione della scoria. Questa generazione di calore concorre, con il calore emanato dal cannello, a mantenere il fronte di taglio alla temperatura di ossidazione, garantendo così la continuità di taglio. La rapida ossidazione avviene secondo le seguenti reazioni:



Lo scopo della combustione nel processo di ossitaglio è quello di innalzare la temperatura nella regione di taglio per supportare la reazione. Una volta portato alla temperatura critica, il materiale deve essere in grado di bruciare sotto l'effetto dell'ossigeno. La combustione deve essere esotermica e, una volta iniziata, la quantità di calore liberata deve essere sufficiente a portare continuamente il materiale in avanti rispetto alla fiamma di taglio alla temperatura critica, così da mantenere automaticamente il processo di combustione.

Così facendo il materiale fuso è sufficientemente fluido da poter essere espulso dal getto dell'ossigeno di taglio.

I combustibili più utilizzati sono l'acetilene, il propilene e il propano. Di questi, l'acetilene brucia alla temperatura di fiamma più alta e per questo è il più comune combustibile utilizzato per tagliare e saldare. [2]

In alternativa al taglio a fiamma, MTS dispone di un macchinario per il taglio laser. La parola laser è un acronimo per "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" che letteralmente vuol dire "amplificazione di luce attraverso l'emissione stimolata di radiazioni". In pratica un laser è un trasduttore ottico che converte energia elettrica in un fascio di luce altamente coerente. Un raggio di luce laser ha diverse proprietà che la distinguono dalle altre forme di luce: è monocromatico e altamente collimata (i raggi di luce del fascio sono perfettamente paralleli tra loro). Queste proprietà permettono alla luce generata dal laser di poter essere concentrata, usando lenti ottiche apposite, su un punto molto piccolo, risultando quindi in un'alta densità di potenza. Le lavorazioni con fascio laser, anche indicato con la sigla LBM, laser beam machining, usano l'energia della luce laser per rimuovere il materiale per vaporizzazione o ablazione. Questo tipo di macchine, oltre a concentrare il fascio di luce in un punto, lo rende anche pulsato; così facendo l'energia rilasciata risulta in un impulso contro la superficie metallica che produce una combinazione di evaporazione e fusione, con il metallo fuso che evacua la area ad alta velocità. [3]

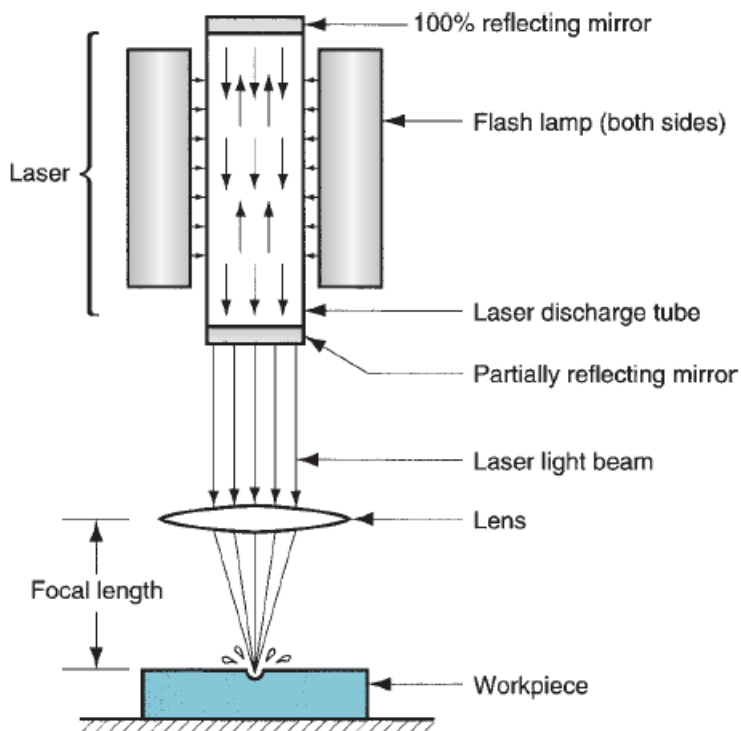


Figura 8: schema funzionamento taglio laser [3]

## 6.2 Nesting

Con il termine nesting si intende quella tecnica di organizzazione della produzione volta a minimizzare lo spreco di materie prime; questo viene ottenuto tramite un'analisi preventiva degli elementi da realizzare e il conseguente posizionamento virtuale degli stessi a partire da un'unica lastra, incastrandoli tra di loro nel

piano di taglio. Questo processo permette di ridurre al minimo lo spreco di materiale e massimizzare l'utilizzo delle macchine di taglio sulla singola lastra, con un conseguente risparmio sia di denaro sia di tempo.

MTS si avvale di un software esterno rispetto all'ERP aziendale per eseguire il processo di nesting, ma i due programmi sono stati integrati tra loro e quindi quando viene realizzato un "piano di nesting", questo viene anche caricato su Factory: ciò lo si può notare dal fatto che le lavorazioni di taglio fiamma e laser, su pezzi che condividono lo stesso spessore di lamiera, sono pianificate con la stessa data di inizio e fine.

Di norma, i piani di lavoro che devono essere processati al taglio laser prevedono di suddividere i pezzi su un massimo di 2/3 lamiere; questo è dovuto al fatto che la maggior parte dei pezzi che si ottengono con questa lavorazione hanno dimensioni contenute e possono essere organizzati nel miglior modo possibile in fase di nesting. Invece, i piani di lavoro che prevedono l'ossitaglio possono comprendere anche un numero elevato di lamiere, dal quale si otterranno pezzi di dimensioni notevoli. Questa differenza, legata alla maggiore velocità del processo di taglio laser rispetto all'ossitaglio, fa sì che i piani di lavoro che vengono sviluppati per il taglio fiamma abbiano mediamente una durata molto maggiore rispetto ai piani di lavoro sviluppati per il taglio laser.

Tabella 26: Indicazione dei processi di taglio laser e fiamma che hanno usufruito della tecnica del nesting

Lotto	Nesting	Fase	Parte	Dim 1	Dim 2	Dim 3	In. previsto	Fine prevista	In. effettivo	Fine effettiva	T. previsto	T. effettivo	Materiale
165	True	TAGLIO LASER	12843369	370.2	180.4	6	14/03/2022	14/03/2022	11/03/2022	11/03/2022	0000:38:20	0000:00:27	S355J2+N
184	True	TAGLIO LASER	93013903	613	90	6	14/03/2022	14/03/2022	11/03/2022	11/03/2022	0000:39:00	0000:00:14	S355J2+N
39	True	TAGLIO LASER	12581199	295.41	298	10	07/03/2022	07/03/2022	10/03/2022	10/03/2022	0000:21:52	0000:00:01	S355J2+N
43	True	TAGLIO LASER	12581201	295.41	296	10	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	10/03/2022	0000:27:44	0000:00:04	S355J2+N
47	True	TAGLIO LASER	12581195	292.7	294	10	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	10/03/2022	0000:20:46	0000:00:04	S355J2+N
50	True	TAGLIO LASER	12581197	120	338.22	10	07/03/2022	07/03/2022	10/03/2022	10/03/2022	0000:20:02	0000:00:01	S355J2+N
119	True	TAGLIO LASER	93011743	180	220	10	07/03/2022	07/03/2022	10/03/2022	10/03/2022	0000:19:06	0000:00:01	S355J2+N
123	True	TAGLIO LASER	93011744	293	293	10	07/03/2022	07/03/2022	10/03/2022	10/03/2022	0000:23:36	0000:00:01	S355J2+N
127	True	TAGLIO LASER	93011741	223	220	10	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	10/03/2022	0000:17:18	0000:00:01	S355J2+N
130	True	TAGLIO LASER	93011742	250	250	10	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	10/03/2022	0000:21:48	0000:00:02	S355J2+N
168	True	TAGLIO LASER	93028110	1732.35	345.68	12	14/03/2022	14/03/2022	09/03/2022	01/04/2022	0002:15:40	0002:12:29	S355J2+N
169	True	TAGLIO LASER	93028111	1734.19	345.64	12	14/03/2022	14/03/2022	09/03/2022	01/04/2022	0003:04:20	0003:01:50	S355J2+N
200	True	TAGLIO LASER	12843206	1515.54	230	12	14/03/2022	14/03/2022	09/03/2022	01/04/2022	0001:59:40	0001:47:47	S355J2+N
201	True	TAGLIO LASER	12843208	1515.54	230	12	14/03/2022	14/03/2022	09/03/2022	01/04/2022	0001:59:40	0001:47:47	S355J2+N
194	True	TAGLIO LASER	93011731	1005	262.9	12	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	0001:39:00	0000:53:35	S355J2+N
199	True	TAGLIO LASER	12916285	1005	262.9	12	07/03/2022	07/03/2022	09/03/2022	09/03/2022	0001:40:20	0000:54:21	S355J2+N
162	True	TAGLIO LASER	11353032	1057.13	1057	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	10/02/2022	0003:29:40	0000:00:18	S355J2+N
195	True	TAGLIO LASER	93011739	142	142	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	10/02/2022	0000:53:00	0000:00:08	S355J2+N
196	True	TAGLIO LASER	93011732	965	187	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	10/02/2022	0004:10:20	0000:00:21	S355J2+N
197	True	TAGLIO LASER	93011733	142	206.93	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	09/02/2022	0000:55:40	0000:00:12	S355J2+N
198	True	TAGLIO LASER	93011734	125	206.93	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	10/02/2022	0000:53:00	0000:00:10	S355J2+N
211	True	TAGLIO LASER	8920211/T	70	67	15	02/03/2022	02/03/2022	08/02/2022	10/02/2022	0000:20:20	0000:00:15	S355J2+N
203	True	TAGLIO FIAMMA	93028116	160	316.4	18	07/02/2022	07/02/2022	07/02/2022	07/02/2022	0000:35:00	0000:00:35	S355J2+N
204	True	TAGLIO FIAMMA	93028117	776.5	160	18	14/03/2022	14/03/2022	07/02/2022	17/03/2022	0001:05:00	0000:01:34	S355J2+N
166	True	TAGLIO FIAMMA	12488138	520	300	20	14/03/2022	15/03/2022	12/04/2022	02/05/2022	0002:36:40	0000:33:03	S355J2+N
207	True	TAGLIO FIAMMA	12593733	3197	795.5	20	14/03/2022	15/03/2022	12/04/2022	02/05/2022	0013:30:00	0003:00:16	S355J2+N
167	True	TAGLIO FIAMMA	93028112	1062	1030	22	14/03/2022	14/03/2022	25/01/2022	16/03/2022	0006:21:00	0001:07:34	S355J2+N
206	True	TAGLIO FIAMMA	93028637	161.84	161.8	25	07/03/2022	07/03/2022	04/03/2022	04/03/2022	0000:43:20	0000:00:11	S355J2+N
164	True	TAGLIO FIAMMA	93028125	465	210	40	14/03/2022	15/03/2022	03/02/2022	12/04/2022	0006:43:20	0011:03:33	S355J2
163	True	TAGLIO FIAMMA	12805631	1050	625	40	14/03/2022	15/03/2022	18/03/2022	12/04/2022	0003:56:40	0005:44:24	S355J2+N
161	True	TAGLIO FIAMMA	93028446	1050	870	40	14/03/2022	15/03/2022	18/03/2022	12/04/2022	0005:10:00	0007:35:49	S355J2
170	True	TAGLIO FIAMMA	93028119	80	31.69	40	14/03/2022	15/03/2022	18/03/2022	12/04/2022	0001:31:20	0002:03:35	S355J2
202	True	TAGLIO FIAMMA	93028115	958	316	45	14/03/2022	14/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	0000:30:00	0000:00:23	S355J2G3
205	True	TAGLIO FIAMMA	93028118	958	332.5	45	14/03/2022	14/03/2022	24/03/2022	24/03/2022	0000:30:00	0000:00:23	S355J2G3

Della tabella sovrastante si può notare come, là dove fosse consentito dal tipo di lavorazione e dalla tipologia di materia prima, le operazioni di taglio fiamma e taglio laser siano state accorpate tramite l'utilizzo del nesting.

Come già evidenziato in precedenza, i tempi effettivi si discostano notevolmente da quelli previsti a causa del non corretto caricamento a sistema dei dati da parte degli operatori. Si può notare però come nel caso

dei lotti 168, 169, 200 e 201, caricati sullo stesso piano di lavoro e lavorati insieme, benché le date di inizio e fine effettivi differiscano da quelli preventivati, a causa del fatto che la lavorazione è stata interrotta e poi ripresa, i tempi totali di lavorazione coincidano con quelli previsti dal programma di nesting. L'attendibilità della durata del tempo previsto di lavorazione per il processo di taglio laser è abbastanza elevata grazie all'affidabilità del processo di taglio laser e alle prestazioni tecniche del macchinario che lo svolge, molto recente e completamente automatizzato. Lo stesso non si può dire per quanto riguarda il taglio fiamma. In questo caso i problemi tecnici che intercorrono durante la lavorazione possono essere molteplici: prima di tutto le capacità dell'operatore sono centrali per la buona riuscita della lavorazione; nel periodo che ho svolto in MTS si sono alternati diversi operatori addetti al processo di ossitaglio, i quali sono stati formati facendogli svolgere direttamente il compito e ciò ha generato diversi fermo macchina causati da tagli non corretti, dovuti a temperature troppo alte che possono deformare il metallo oppure dalla quantità non corretta di ossigeno che può far interrompere il fronte di taglio o generare pericolose scintille. In secondo luogo, in fase di nesting viene impostata una velocità di taglio costante lungo tutta la lamiera da tagliare e lungo qualunque tipo di profilo ci sia: nella realtà non è possibile mantenere una stessa velocità durante tutta la lavorazione, e sta all'operatore modificarla per fare in modo che tutte le geometrie dei pezzi vengano realizzate nel modo corretto e secondo le specifiche di progetto.

Lato operatori dei vari processi, gli addetti al taglio laser risultano essere abbastanza diligenti nel caricare a sistema i dati di produzione; spesso l'inizio fisico e virtuale non coincidono, andando a inficiare l'analisi dei tempi effettivi, ma data l'affidabilità del processo, una volta che i dati di lavorazione sono stati impostati sul macchinario e la lavorazione è effettivamente cominciata, gli operatori hanno la possibilità di staccarsi per qualche minuto per svolgere il prelievo virtuale della materia prima e registrare la lavorazione in corso, creando di conseguenza solo un leggero disallineamento tra la situazione ideale e quella reale.

Lo stesso non si può dire per gli addetti all'operazione del taglio fiamma; in questo caso, data l'attenzione continua che deve essere data al processo, gli operatori hanno più difficoltà ad allontanarsi dal processo per registrare a sistema i dati di lavorazione e quello che succede è che il prelievo della materia prima, l'inizio, la fine e il numero effettivo di pezzi realizzati viene caricato sul gestionale solo quando il piano di lavoro viene ultimato, anche se questa operazione più richiedere più di un turno effettivo di lavoro.

### 6.3 Sbavatura e piegatura

La piegatura nella lavorazione meccanica è definita come la deformazione del metallo attorno ad un asse rettilineo. Durante l'operazione di piegatura, il metallo all'interno del piano neutro è compresso, mentre il metallo all'esterno del piano neutro è allungato. Il metallo è deformato plasticamente in modo che la lamiera rimane piegata permanentemente anche dopo la rimozione delle sollecitazioni che l'hanno causata. La flessione produce poca o nessuna variazione nello spessore della lamiera. [3]

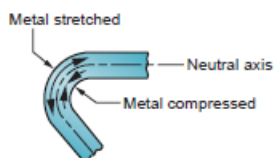


Figura 9: schema funzionamento piegatura [3]

La sbavatura è un processo di rimozione meccanica del materiale eseguito da particelle abrasive legate tra loro che sono inserite su un disco che ruota a velocità superficiali molto elevate. La sbavatura viene tradizionalmente utilizzata per rifinire pezzi le cui geometrie sono già state create da altre operazioni. Di conseguenza, le macchine per la sbavatura sono state sviluppate per poter rifinire superfici piane e superfici cilindriche, sia internamente sia esternamente. [3]

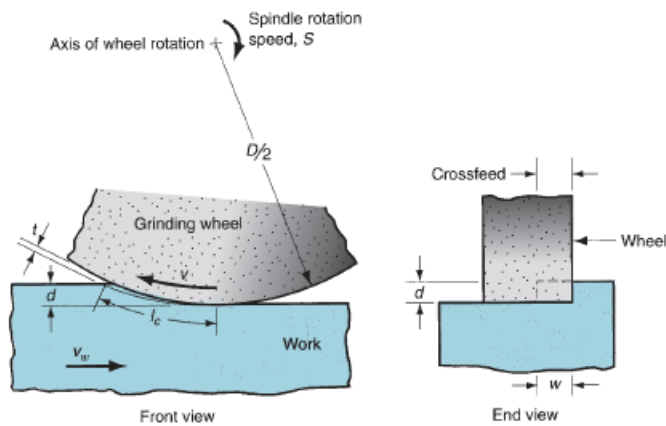


Figura 10: schema funzionamento sbavatura [3]

In MTS, il processo di piegatura è svolto prevalentemente da un unico operatore che lavora sul turno centrale, dalle 8 del mattino alle 17. Da punto di vista tecnico, l'operatore è molto valido e tende a svolgere il suo lavoro senza commettere errori e impiegando il tempo strettamente necessario a svolgere l'operazione.

Il processo di sbavatura è invece eseguito su entrambi i turni, e vengono assegnati a questo processo i nuovi operatori che vengono assunti in azienda. Per questa ragione nel processo si possono verificare dei rallentamenti dovuti a imperfezioni che devono essere corrette prima che i pezzi possano passare alla lavorazione successiva.

Per quanto riguarda il caricamento dei tempi e dei pezzi a sistema da parte di entrambe le lavorazioni, si verifica un grande problema: il sistema gestionale non permette che su una fase vengano caricati dei pezzi se in quella precedente non sono stati versati almeno lo stesso numero di pezzi. Questo vincolo ha un senso logico e se si lavorasse nel modo corretto, il che vorrebbe dire che gli operatori dovrebbero caricare ogni volta il numero di pezzi che eseguono prima di poterli mandare alla lavorazione successiva, non si creerebbero problemi sul gestionale. Questo però non avviene e come detto in precedenza, soprattutto gli operatori del taglio fiamma, tendono a non utilizzare la funzione del "versamento parziale dei pezzi", versando cioè, ogni qual volta viene lavorata una singola lamiera, i pezzi realizzati, e invece preferiscono caricare a sistema tutti i componenti realizzati all'interno del piano di lavoro in un'unica transazione, una volta terminato il piano stesso. Questo però porta all'impossibilità per gli operatori della sbavatura e della piegatura di poter registrare sul sistema il loro lavoro, e l'unica possibilità è la scrittura a mano sugli ODP del numero di pezzi e del tempo necessario alla realizzazione, con conseguente compito da parte del gruppo che si occupa della pianificazione di eseguire i versamenti ex-post, per tenere traccia sull'ERP di ciò che è stato effettivamente svolto.

Una possibile soluzione potrebbe essere quella di non avere sullo stesso ODP sia il taglio sia le lavorazioni successive di sbavatura e piegatura; questo però implicherebbe un aggiornamento di tutti i cicli di lavorazione e soprattutto un maggior numero di ODP che circolerebbero per l'azienda, con conseguente utilizzo di carta e soprattutto una maggiore confusione nel collegare nel modo corretto i pezzi che si stanno lavorando alle relative commesse di riferimento.

## 6.4 Fresatura e tornitura

La fresatura è una lavorazione meccanica nella quale un pezzo viene lavorato da un utensile cilindrico rotante, che presenta molti bordi taglienti, chiamati denti. Nella lavorazione di fresatura l'asse di rotazione dell'utensile di taglio è perpendicolare alla direzione di movimento dello stesso lungo il pezzo da lavorare. La forma geometrica che viene principalmente creata dalla fresatura è quella di una superficie piana, ma anche altri tipi di forme geometriche possono essere realizzate, a seconda dell'utensile utilizzato. Grazie alla varietà di possibili forme che si possono creare, la fresatura è una delle lavorazioni meccaniche più versatili e largamente utilizzate. [3]

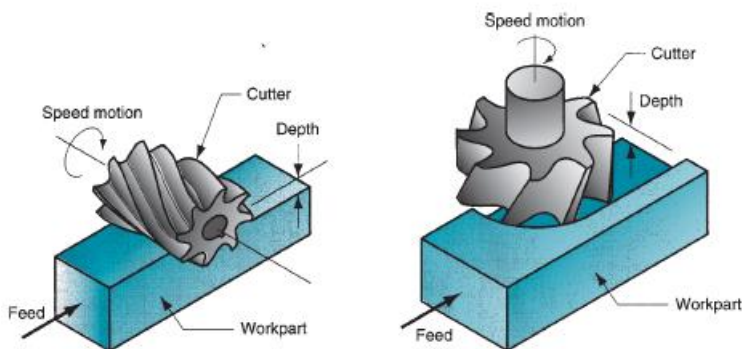


Figura 11: schema funzionamento fresatura [3]

La tornitura è una lavorazione meccanica nella quale un utensile tagliente rimuove del materiale dalla superficie del pezzo da lavorare che si trova in rotazione. L'utensile si muove in modo lineare in direzione parallela all'asse di rotazione, creando una geometria cilindrica. La tornitura è tradizionalmente svolta su un macchinario chiamato tornio, il quale fornisce la potenza per mantenere l'oggetto in lavorazione in rotazione a una velocità fissa, tale da permettere all'utensile di taglio di avere una profondità di taglio fissa. [3]

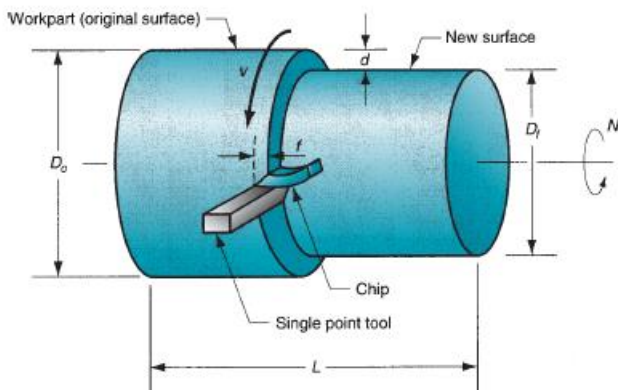


Figura 12: schema funzionamento tornitura [3]

In azienda, come detto in precedenza, le lavorazioni meccaniche vengono svolte nel capannone denominato MTS1, mentre tutte le lavorazioni di carpenteria vengono svolte in MTS2. Per questo motivo le movimentazioni di materiale rivestono un ruolo molto importante e vanno minimizzate per non incorrere in processi che causino un'eccessiva perdita di valore.



Tabella 27: Lavorazioni meccaniche dei sottogruppi principali che compongono i telai

Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio previsto	Fine prevista	Tempo previsto
93027977	160	LAV. MECCANICA - MAZAK	17/03/2022	22/03/2022	0037:20:00
93028446	161	FRESATURA - MAZAK	15/03/2022	18/03/2022	0026:40:00
12805631	163	FRESATURA - MAZAK	15/03/2022	18/03/2022	0026:40:00
93028125	164	FRESATURA - MAZAK	15/03/2022	17/03/2022	0022:00:00
93028112	167	FORI + FILETTI FPT Sirio	14/03/2022	18/03/2022	0027:00:00
Parte	Lotto	Lavorazione	Inizio effettivo	Fine effettiva	Tempo effettivo
93027977	160	LAV. MECCANICA - MAZAK	07/04/2022 15:34:33	29/04/2022	0009:24:47
93028446	161	FRESATURA - MAZAK	28/03/2022 13:52:28	29/04/2022	0210:37:39
12805631	163	FRESATURA - MAZAK	19/03/2022	29/04/2022	0000:00:00
93028125	164	FRESATURA - MAZAK	18/03/2022 08:36:22	02/05/2022 12:38:16	0000:00:45
93028112	167	FORI + FILETTI FPT Sirio	21/03/2022 22:18:19	28/03/2022 06:19:41	0134:17:23

Come si può notare dalla tabella, per la realizzazione dei due telai non sono necessarie molte lavorazioni meccaniche sui sottogruppi principali. Quattro diversi componenti vanno lavorati sulla stessa macchina, la fresatrice CNC con doppio pallet di ricarica, e uno deve essere processato sulla fresatrice che lavorare i componenti di grandi dimensioni. Anche in questo caso si può notare il disallineamento che esiste tra la logica di pianificazione dello scheduler e la filosofia che viene utilizzata in azienda: l'ERP avrebbe pianificato di svolgere tutte le operazioni nel minor tempo possibile, schedulando di realizzare tutte le lavorazioni tra il 14 marzo e il 22 marzo, per fare in modo che poi tutti i telai potessero essere realizzati. Nella realtà aziendale invece i pezzi sono stati lavorati in un arco temporale più ampio: tenendo sempre presente la non veridicità dei dati di produzione caricati sul sistema dagli operai, si può comunque notare come tutti i pezzi realizzati sulla fresatrice "MAZAK" abbiano avuto un arco di tempo di lavorazione di circa un mese, più o meno come la durata della commessa. Questo è dovuto a molteplici fattori: per prima cosa, i componenti, quando subiscono una lavorazione meccanica di precisione, devono poi essere stoccati, saldati e verniciati nel giro di un paio di settimane per non incorrere in fenomeni di ossidazione nelle zone lavorate che andrebbero a inficiare le proprietà del metallo. In secondo luogo la fresatrice in questione viene utilizzata per molteplici commesse e non sarebbe possibile dedicarla completamente solo a questa per il periodo assegnato dallo scheduler, altrimenti altre commesse finirebbero in ritardo. Per queste ragioni, ciò che viene effettivamente fatto in azienda è visibile nella fotografia sottostante.



*Figura 13: buffer presente a bordo macchina*

I pezzi grezzi vengono portati presso il buffer presente a bordo macchina e poi tendenzialmente ne vengono lavorati 5-10 per volta di ogni codice; così facendo la fresatrice non viene impiegata per troppo tempo e i componenti vengono assemblati nel giro di una o due settimane.

Per quanto riguarda invece i grezzi che devono essere lavorati sulla fresatrice "SIRIO", questi sono stati realizzati tutti insieme poiché il componente in questione è una lastra che deve essere prima forata e filettata e poi successivamente viene inviata a un'azienda esterna che possiede una macchina piegatrice per eseguire lavorazione di piegatura su lastre spesse anche 22 mm, operazioni che non può essere svolta internamente in azienda. Per minimizzare quindi i costi di trasporto si preferisce lavorare in una volta sola tutti e 40 i componenti e poi tenerli a magazzino, al riparo dagli agenti atmosferici fino al loro utilizzo in fase di assemblaggio finale.

Anche in questo caso si può notare come i tempi di lavoro caricati a sistema non rispecchino il reale tempo di produzione e quindi i dati a consuntivo non possano essere effettivamente utilizzati per fare delle valutazioni sulla natura dei ritardi o una vera analisi dei costi. I lotti 163 e 164 non presentano tempi di realizzazione poiché i versamenti a sistema sono stati eseguiti dal reparto di pianificazione di volta in volta, tenendo conto di quanto scritto sugli ODP cartacei. I lotti 161 e 167 hanno tempi di realizzazione decisamente troppo lunghi rispetto al pianificato: questo è dovuto al fatto che gli operai si sono dimenticati di terminare a fine turno la loro operazioni, mantenendo attivo il timer che conteggia il tempo di lavorazione e versando a sistema i pezzi nei giorni successivi. Infine il lotto 160 presenta un tempo effettivo di lavoro che non è comparabile con quello previsto, e quindi non può essere usato per fare confronti e analisi, ma mostra come ci siano alcuni operai che, se motivati, controllati e aiutati, caricano a sistema i propri avanzamenti di produzione nel modo corretto.

L'analisi delle lavorazioni meccaniche mostra tutte le contraddizioni presenti in azienda per quanto riguarda una corretta pianificazione: alcune lavorazioni vengono svolte come pianificato dallo scheduler, lavorando tutto il lotto in una volta sola, mentre altre vengono svolte all'occorrenza e dilazionando la realizzazione nel corso del mese. Inoltre anche gli operai mostrano tutti i possibili comportamenti rispetto all'inserimento dei dati di produzione nel sistema: alcuni non lo fanno direttamente, altri ci provano ma si "dimenticano" di terminare le operazioni a fine turno, andando di conseguenza a inficiare la possibilità di analisi sulle effettive durate delle operazioni, solo alcuni cercano di svolgere tutti i passaggi nel modo corretto per fornire al sistema dei dati attendibili.

## 6.5 Saldatura

La saldatura è un processo di unione dei materiali in cui due o più parti sono unite tra le loro superfici di contatto da una adeguata applicazione di calore, con la possibilità di utilizzare anche la pressione. In alcuni processi di saldatura viene aggiunto un materiale d'apporto per facilitare la coalescenza. L'importanza tecnologica e commerciale del processo di fusione deriva dalle seguenti caratteristiche:

- la saldatura fornisce un'unione permanente, le parti saldate diventano un'unica entità
- il componente saldato può presentare caratteristiche meccaniche migliori rispetto al materiale di partenza se come materiale d'apporto viene un elemento con proprietà superiori e viene utilizzata la giusta tecnica di saldatura
- la saldatura è di solito la tecnica più economica per unire due o più elementi, e i componenti saldati tendono a pesare meno rispetto che se gli stessi elementi fossero uniti meccanicamente
- il processo di saldatura si può utilizzare anche "sul campo" e non è ristretta all'ambiente della fabbrica

Esistono però anche alcune limitazioni e possibili inconvenienti nell'utilizzare il processo di saldatura:

- molti processi di saldatura devono essere svolti manualmente e da operatori esperti, il che fa aumentare i costi
- la maggior parte dei processi di saldatura sono intrinsecamente pericolosi a causa dell'elevata energia coinvolta nel processo
- poiché la saldatura crea un legame permanente tra le parti coinvolte, risulta un processo sconveniente in tutti quei casi nei quali ci sia la necessità di smontare i pezzi
- il giunto saldato può presentare alcuni difetti di qualità difficili da rilevare, i quali possono anche ridurre la resistenza del giunto stesso

I processi di saldatura si possono dividere in due grandi gruppi, in base al tipo e alla combinazione di energia che utilizzano per fornire la potenza necessaria affinché il processo abbia luogo: saldatura per fusione e saldatura allo stato solido.

I processi di saldatura per fusione utilizzano il calore per fondere il metallo base. In molte operazioni di saldatura per fusione, un metallo d'apporto viene aggiunto al bagno fuso per facilitare il processo e fornire volume e resistenza al giunto saldato. Questa categoria include i processi di saldatura più utilizzati, i quali

possono essere organizzati nei seguenti gruppi generali: saldatura ad arco, saldatura a resistenza, saldatura a gas ossiacetilenica.

I processi di saldatura allo stato solido si riferiscono a processi di giunzione nei quali la coalescenza risulta dall'applicazione della sola pressione o di una combinazione di pressione e calore, e senza l'utilizzo di alcuno metallo di supporto. Se viene utilizzato del calore, la temperatura nel processo è inferiore al punto di fusione del metallo in lavorazione. I processi di saldatura rappresentativi di questo gruppo sono: saldatura per diffusione, saldatura per attrito, saldatura ad ultrasuoni. [3]

Per quanto riguarda la realizzazione della commessa 2021-01245, le lavorazioni di saldatura rivestono un ruolo predominante, sia dal punto di vista del tempo sia dell'importanza ai fini della realizzazione dei telai. Per questa commessa specifica, si utilizzano tutte le differenti tipologie di saldatura presenti in MTS: alcuni sottogruppi vengono puntati e saldati prima di essere assemblati con il telaio; altri sottogruppi vengono puntati direttamente sulla maschera di saldatura del telaio finito; il telaio subisce tre differenti processi di saldatura, si parte con la puntatura di tutti gli elementi sulla maschera di saldatura, successivamente il telaio viene saldato da un braccio robotico, infine un operatore rifinisce e controlla tutte le saldature.

Tabella 28: Lotti che necessitano dell'operazione di saldatura presenti sulla commessa 2021/01245

Parte	Lotto	Lavorazione	Tempo previsto	Tempo effettivo
12580525	2	PUNTATURA	0044:20:00	0097:36:41
12580525	2	FINITURA PUNT+PREP.ROBOT	0040:40:00	0097:39:46
12580525	2	SALDATURA A ROBOT	0055:30:00	0043:14:30
12580525	2	SALDATURA MANUALE	0150:40:00	0255:44:56
12913432/SL1	3	PUNTATURA	0006:23:00	0006:21:08
12913432/SL1	3	SALDATURA A ROBOT	0007:06:00	0025:13:38
12913432/SL2	9	PUNTATURA	0006:33:00	0009:48:17
12913432/SL2	9	SALDATURA A ROBOT	0007:06:00	0025:20:20
12913432/SL11	16	PUNT + SALDATURA	0002:44:00	0000:00:08
12913432/SL12	18	PUNT + SALDATURA	0002:44:00	0000:00:06
12913432/SL7	27	PUNT + SALDATURA	0004:34:00	0000:00:07
12913432/SL8	30	PUNT + SALDATURA	0004:34:00	0000:00:08
12913432/SL3	38	PUNT + SALDATURA	0001:55:00	0000:00:06
12913432/SL4	42	PUNTATURA	0001:55:00	0000:00:06
12913432/SL5	46	PUNTATURA	0001:55:00	0000:00:05
12913432/SL6	49	PUNTATURA	0001:55:00	0000:00:13
12930671	82	PUNTATURA	0036:20:00	0073:54:33
12930671	82	FINITURA PUNT+PREP.ROBOT	0033:20:00	0068:18:34
12930671	82	SALDATURA A ROBOT	0045:30:00	0061:26:59
12930671	82	SALDATURA MANUALE	0123:20:00	0071:46:17
12930759/SL1	83	SALDATURA A ROBOT	0005:54:00	0040:21:33
12930759/SL1	83	SALDATURA MANUALE	0003:20:00	0023:35:11
12930759/SL2	89	SALDATURA A ROBOT	0005:54:00	0021:22:04
12930759/SL2	89	SALDATURA MANUALE	0003:20:00	0049:28:58
12930759/SL11	96	PUNT + SALDATURA	0002:16:00	0000:00:06
12930759/SL12	98	PUNT + SALDATURA	0002:16:00	0000:00:07
12930759/SL7	107	PUNT + SALDATURA	0003:46:00	0000:00:07
12930759/SL8	110	PUNT + SALDATURA	0003:46:00	0000:00:06
12930759/SL3	118	PUNT + SALDATURA	0001:35:00	0000:00:07
12930759/SL4	122	PUNTATURA	0001:35:00	0000:00:10
12930759/SL5	126	PUNTATURA	0001:35:00	0000:00:07
12930759/SL6	129	PUNTATURA	0001:35:00	0000:00:09
93027977	160	PUNTATURA	0009:40:00	0067:15:54
93027977	160	SALDATURA A ROBOT	0020:30:00	0083:41:14

Nelle tabelle sovrastanti si possono notare tutti i lotti che devono subire la lavorazione di saldatura. Di questi, i lotti 2 e 82 corrispondono alla realizzazione del telaio finito mentre i lotti 3, 9, 83, 89 e 160 sono dei sottogruppi che devono essere saldati prima di essere portati alla postazione per l'assemblaggio finale. Tutti gli altri lotti invece rappresentano delle lavorazioni che sono presenti sulla distinta base, e che quindi hanno un corrispondente ODP, ma che nella pratica sono state eliminate perché la realizzazione di una maschera di saldatura apposita per il telaio ha fatto sì che fosse più economico, sia dal punto di vista delle risorse uomo sia dal punto di vista del tempo impiegato, saldarli direttamente durante la fase di assemblaggio finale. Questo lo si può anche notare dai tempi effettivi di realizzazione: tutte le operazioni hanno una durata effettiva di pochi secondi data dal fatto che i versamenti a sistema sono stati eseguiti dal reparto di pianificazione al fine di tenere aggiornata la situazione del magazzino virtuale e non perché siano stati realizzati separatamente. Durante il mio periodo di tirocinio in MTS mi sono confrontato con il reparto tecnico dell'azienda sulla possibilità di aggiornare la distinta base dei due telai e aggregare queste operazioni

all'interno dei lotti di saldatura finale; la risposta è stata che la modifica avrebbe richiesto del tempo sia per essere svolta sia per potersi riflettere sulle commesse, considerando che un aggiornamento della distinta base si può notare solo sulle commesse non ancora lanciate in produzione, e che quindi non conveniva farlo. Per quanto riguarda la realizzazione dei sottogruppi saldati, anche in questo caso esistono delle discrepanze tra distinta base ed effettivo ciclo di lavoro. I lotti 3 e 83 sono simmetrici tra loro, così come il 9 e l'89; vengono realizzati gli stessi pezzi che saranno poi utilizzati per il lato destro e quello sinistro del telaio, inoltre il lotto 3 e il lotto 9 realizzano lo stesso identico pezzo, così come il lotto 83 e il lotto 89, solo che in fase di realizzazione della distinta base sono stati mantenuti separati per poterli legare al telaio finale di competenza. Questo però ha creato un'ulteriore difficoltà negli operatori, i quali devono realizzare 40 componenti di un tipo e 40 di un altro, dovendoli poi però caricare a sistema seguendo le quantità richieste dalla specifica commessa, in questo caso 22 e 18. Un'altra discrepanza nel ciclo di lavoro è data dalle operazioni che bisogna eseguire sui pezzi in questione: i lotti 3 e 9 dovrebbero essere prima puntati e poi saldati con il robot, mentre i lotti 83 e 89 dovrebbero essere saldati con il robot e poi saldati manualmente. Come detto, però, i componenti sono uguali e quindi il reale ciclo di lavoro che devono seguire è: puntatura, saldatura robot e infine saldatura manuale. Anche in questo caso si è valutato che un aggiornamento della distinta base non fosse necessario, poiché gli operatori sanno come devono essere realizzati i pezzi nonostante gli ODP non siano corretti.

Tutte queste differenze tra distinta base e reali operazioni svolte, sommate alla già citata poca attenzione con la quale vengono svolti i caricamenti virtuali dei componenti realizzati da parte degli operatori, ha fatto sì che i tempi di realizzazione effettivi registrati abbiano una durata molto maggiore dei tempi stimati, non rendendo possibile un'analisi della causa di eventuali ritardi occorsi durante la loro esecuzione, i quali risulterebbero comunque "nascosti" all'interno dei tempi di realizzazione tra i comportamenti sbagliati degli operatori e le incongruenze tra ODP e ciclo reale di produzione.

Per quanto riguarda i lotti 2 e 82, quelli relativi all'assemblaggio dei telai, la distinta base e il ciclo di lavoro sono abbastanza aderenti alla realtà, tranne per il fatto che le prime due fasi, la "puntatura" e la "finitura puntatura più preparazione robot", vengono svolte dallo stesso operatore, una di seguito all'altra. Proprio queste operazioni, almeno durante il mio periodo in azienda, venivano svolte sempre da due operatori esperti che si alternavano sui turni di lavoro. La metodologia con la quale avevano deciso di caricare i pezzi sul sistema era quella di aprire entrambe le lavorazioni a inizio turno e poi a fine turno terminarle, inserendo il numero di telai preparati: questa metodologia di lavoro raddoppia virtualmente i tempi di realizzazione delle fasi ma permetteva loro di caricare sempre a sistema il numero di pezzi corretto e non dimenticare il numero di telai realizzati. Il fatto che questa metodologia di versamento abbia funzionato correttamente è riscontrabile dal fatto che le due lavorazioni hanno una durata uguale quasi al secondo per quanto riguarda il lotto numero 2, mentre differisce di circa un turno di lavoro per quanto riguarda il lotto numero 82, dovuto alla dimenticanza del versamento di un solo telaio sulla seconda fase, rispetto ai 18 totali da caricare. La cosa però importante da notare è il fatto che, se si sommano i tempi previsti delle due lavorazioni, per il lotto 2 si ottiene come durata teorica di 85 ore di lavoro, rispetto alle 97:40 dichiarate dagli operatori, mentre per il lotto 82 le ore di lavorazione previste sarebbero 69:40 rispetto alle 74 effettive.

Tabella 29: Tempi teorici e reali delle fasi di carpenteria sui due telai

Parte	Lotto	Lavorazione	Tempo previsto	Tempo effettivo
12580525	2	PUNTATURA	0044:20:00	0097:36:41
12580525	2	FINITURA PUNT+PREP.ROBOT	0040:40:00	0097:39:46
12580525	2	SALDATURA A ROBOT	0055:30:00	0043:14:30
12580525	2	SALDATURA MANUALE	0150:40:00	0255:44:56
12930671	82	PUNTATURA	0036:20:00	0073:54:33
12930671	82	FINITURA PUNT+PREP.ROBOT	0033:20:00	0068:18:34
12930671	82	SALDATURA A ROBOT	0045:30:00	0061:26:59
12930671	82	SALDATURA MANUALE	0123:20:00	0071:46:17

Questo vuol dire che il lotto numero 2 è durato un 15% in più del previsto mentre il lotto numero 82 ha avuto un ritardo soltanto del 6%. Questo tipo di ritardo è dovuto al fatto che alcune operazioni di puntatura e saldatura di particolari sottogruppi, come detto in precedenza, siano state accorpate in questa fase, aumentandone leggermente la durata ma andando a risparmiare tempo sulle fasi precedenti e quindi anche sulla durata totale della commessa. Questo è un altro esempio del buon funzionamento del sistema di rilevamento dei tempi e dei pezzi realizzati da parte dell'ERP, se correttamente utilizzato dagli operatori.

Per quanto riguarda la fase di saldatura robot, poiché la saldatrice non è collegata direttamente con il sistema informativo aziendale, il versamento del pezzo realizzato deve essere effettuato manualmente; in questo caso era stato deciso che l'operatore che doveva svolgere l'apertura e la successiva chiusura con versamento fosse lo stesso che avrebbe anche svolto la saldatura manuale finale. In questo caso gli operatori dedicati a questa operazione erano meno ligi nello svolgere correttamente la procedura rispetto ai precedenti e inoltre questi erano anche meno esperti dei colleghi sul processo di saldatura in generale; la puntatura dei telai veniva affidata solo a operai esperti mentre la realizzazione delle finiture manuali era utilizzata per far fare pratica anche agli operatori meno esperti sui processi di saldatura di particolari di grosse dimensioni. Questo, sommato alla difficoltà di comunicazione con persone che hanno poca dimestichezza con la tecnologia e la lingua italiana, ha fatto sì che mi sia stato difficile insegnare ai vari operai come svolgere le operazioni di inserimento dei dati di produzione sui computer nel modo corretto. Ciò ha portato a versamenti non effettuati o operazioni lasciate aperte per diversi turni che hanno falsato i dati di produzione e che successivamente il reparto di pianificazione ha dovuto correggere, almeno per quanto riguarda il numero di pezzi e la situazione inventariale virtuale. Per esperienza diretta, però, posso confermare che la realizzazione di questa fase, se non si presentano imprevisti o guasti, impiega circa un turno di lavoro, il che vuol dire 7 ore e mezza, considerando la pausa pranzo, molto simile alle 6 ore e 50 minuti previsti da ciclo di lavoro.

## 6.6 Sabbatura e verniciatura

L'operazione di sabbatura è un metodo di trattamento delle superfici di lamiere e profili laminati a caldo, utilizzato prima della verniciatura o di qualsiasi altro rivestimento protettivo. L'operazione di sabbatura consiste nel lanciare del materiale abrasivo, sabbia silicea, contro le superfici da trattare. L'azione abrasiva del materiale pulisce a fondo le superfici metalliche togliendo tutte le scaglie di laminazione e le impurezze presenti, conferendo al ferro il caratteristico colore grigio-bianco. Esaminando attentamente una superficie sabbiata mediante un comune microscopio ottico, si nota un insieme di minuscole cavità e protuberanze che permettono un facile ancoraggio alle vernici. La verniciatura delle superfici sabbiate deve avvenire entro un brevissimo periodo; il ferro sabbiato è molto reattivo e si altera arrugginando per effetto dell'umidità e dell'ossigeno dell'aria, perdendo le proprietà raggiunte attraverso la preparazione de sabbatura. La

sabbiatura, oltre a pulire la superficie metallica, modifica la rugosità superficiale, eliminando le irregolarità che derivano dai processi di produzione primaria ed aumentando l'area superficiale. Quest'ultimo aspetto porta a favorire l'interazione fra metallo e polimero, migliorando l'adesione tra substrato e vernice.

Lo scopo delle vernici e dei rivestimenti polimerici è essenzialmente duplice: possono essere richiesti per fornire una soluzione a problemi estetici, protettivi o a entrambi. Considerando la natura delle vernici, è evidente che esiste una stretta relazione fra rivestimento utilizzato e substrato; inoltre, i metodi di applicazione, essiccazione e polimerizzazione dipendono dal tipo di supporto metallico. È difficile, se non impossibile, mettere insieme in un unico rivestimento tutte le caratteristiche auspicabili; le principali proprietà che un rivestimento può avere sono: opacità, ricoprimento, colore, lucentezza, levigatezza, tessitura, adesione al substrato, proprietà fisiche e meccaniche, resistenza ad agenti chimici, protezione dalla corrosione e durabilità. Nella pratica si ricorre sovente all'utilizzo di un "sistema" protettivo, costituito da più rivestimenti depositati in successione, e che conferiscono ognuno una certa proprietà. Un tipico sistema protettivo è costituito da un primer, un undercoat e un topcoat. Il primer è impiegato spesso per sigillare il substrato e conferire un mezzo per raggiungere una buona adesione fra questo e l'undercoat. L'undercoat ha due scopi fondamentali: contribuire significativamente alla copertura del substrato e fornire uno strato sufficientemente liscio sul quale applicare il topcoat, il quale è quindi applicato per completare il processo di rivestimento e conferire la finitura superficiale ed estetica desiderata. [4]

Come già detto in precedenza, i reparti di sabbiatura e verniciatura, per quanto riguarda il caricamento a sistema dei tempi e dei pezzi realizzati, sono esentati dal compierli direttamente dalla direzione aziendale.



Tabella 30: Lotti che necessitano dell'operazione di sabbiatura e verniciatura presenti sulla commessa 2021/01245

Parte	Lotto	Lavorazione	Tempo previsto	Tempo effettivo
12913432	1	LAVAGGIO + CONTROLLO	0025:40:00	0077:14:56
12913432	1	MASCHERATURA	0011:00:00	0000:01:09
12913432	1	VERNICIATURA - PRIMER	0022:00:00	0000:00:59
12913432	1	MASCHERATURA	0007:20:00	0000:00:55
12913432	1	VERNICIATURA - SMALTO	0022:00:00	0000:00:58
12913432/SL1	3	SABBIATURA	0002:12:00	0000:00:10
12913432/SL2	9	SABBIATURA	0002:12:00	0000:00:07
12581199	39	SABBIATURA	0000:07:20	0000:00:00
12581195	47	SABBIATURA	0000:22:00	0000:00:00
12581197	50	SABBIATURA	0000:22:00	0000:00:00
12930759	81	LAVAGGIO + CONTROLLO	0021:00:00	0043:41:58
12930759	81	MASCHERATURA	0009:00:00	0000:01:02
12930759	81	VERNICIATURA - PRIMER	0018:00:00	0000:00:33
12930759	81	MASCHERATURA	0009:00:00	0000:00:33
12930759	81	VERNICIATURA - SMALTO	0018:00:00	0000:00:30
12930759/SL1	83	SABBIATURA	0001:48:00	0000:00:51
12930759/SL2	89	SABBIATURA	0001:48:00	0000:00:07
93027977	160	SABBIATURA	0008:00:00	0000:10:53
93028446	161	SABBIATURA	0000:53:20	0000:01:11
12805631	163	SABBIATURA	0000:46:40	0000:00:19
12488138	166	SABBIATURA	0001:20:00	0000:00:08
93028112	167	SABBIATURA	0004:54:00	0000:00:00
12843369	165	SABBIATURA	0000:13:20	0000:00:08
93028110	168	SABBIATURA	0002:40:00	0000:00:26
93028111	169	SABBIATURA	0002:40:00	0000:00:17
93028119	170	SABBIATURA	0000:13:20	0000:00:00
12843206	200	SABBIATURA	0003:20:00	0000:00:00
12843208	201	SABBIATURA	0003:20:00	0000:00:00

Come si può notare dalla tabella sovrastante, giusto gli operatori che svolgono l'operazione di "lavaggio più controllo", attività che comprende anche la sabbiatura dei telai, hanno svolto dei caricamenti a sistema di dati. Purtroppo i tempi inseriti non sono utilizzabili ai fini di una analisi di eventuali ritardi poiché risultano essere eccessivamente più lunghi di quanto pianificato, andando a indicare che si sono verificate delle non chiusure delle attività, le quali sono rimaste aperte per diverse ore o giorni prima che ci si accorgesse dell'errore. Tutti i caricamenti a sistema dei pezzi, per poter mantenere aggiornata la situazione del magazzino virtuale, sono stati effettuati dal reparto di pianificazione.

Il motivo principale per il quale i reparti di verniciatura e sabbiatura sono esentati dal caricare i dati di produzione sul sistema è il fatto che la maggior parte dei pezzi che devono essere lavorati in questi reparti arrivano senza il relativo ODP, e quindi anche il codice a barre per aprire, versare e chiudere le lavorazioni; di solito il tipo di operazione e la vernice che deve essere utilizzata sono già conosciuti dagli operai, essendo le commesse di MTS periodiche, ma nel caso mancassero queste informazioni, vengono forniti i disegni tecnici da parte dei capi turno. Quindi il collegamento tra i pezzi realizzati e le relative commesse di competenza viene eseguito direttamente dal reparto di pianificazione, quando compie i versamenti virtuali, dopo aver verificato l'effettiva realizzazione dei pezzi. Altri motivi per il quale i caricamenti non vengono effettuati sono il fatto che il reparto di verniciatura vernicia ciò che gli viene detto all'inizio di ogni giornata dal responsabile di produzione del reparto di pianificazione, il che vuol dire che si possono verificare giornate

nelle quali si verniciano differenti pezzi, in quantità variabili, provenienti da diverse commesse, in base alle necessità dei clienti e agli eventuali ritardi di produzioni accumulati; il pensiero del board aziendale è che sia meglio far concentrare i verniciatori sul loro lavoro e far caricare al reparto di pianificazione i pezzi lavorati, visto che sono loro a decidere cosa deve essere effettivamente verniciato, anche se questo vuol dire perdere il dato sull'effettivo tempo di realizzazione. Ulteriori ostacoli al corretto caricamento dei dati sono la distanza fisica che esiste tra i totem presenti nello stabilimento MTS2 e il reparto di verniciatura e sabbiatura, che scoraggia qualunque tentativo di compiere il proprio dovere, e la barriera linguistica e tecnologica che rende complesso spiegare agli operai come svolgere correttamente il processo di apertura e chiusura dell'operazioni.

## **6.7 Collaudo e imballo**

In qualunque tipo di azienda, le operazioni di collaudo rivestono un ruolo fondamentale poiché certificano che il prodotto che è stato realizzato e verrà venduto rispetta sia le specifiche tecniche richieste dal committente sia le normative imposte della legislazione. In MTS esiste un reparto dedicato al solo collaudo, con due tecnici esperti che compiono misurazioni e analisi sui particolari, non solo quando questi vengono ultimati, ma anche in fase di lavorazione; le operazioni di lavorazione meccanica vengono sempre controllate, in particolare quando si parla di componenti di grandi dimensioni e lotti di piccole quantità si svolge un controllo puntuale su ogni particolare per assicurarsi che le tolleranze progettuali vengano rispettate, mentre per le lavorazioni di saldatura la verifica della qualità delle lavorazioni viene lasciata ai capi turno della produzione di carpenteria, molto esperti nel loro lavoro e che possono sempre chiamare i tecnici del collaudo per eventuali dubbi, come ad esempio quando si lavora con una nuova tecnologia di saldatura, in particolare con l'installazione di nuovi robot di saldatura, oppure quando bisogna saldare una tipologia di acciaio particolare, non frequentemente utilizzata.

L'operazione di imballo rappresenta quella fase della lavorazione nella quale il componente è stato ultimato e controllato e deve essere preparato per essere spedito al cliente. Per quando riguarda la commessa in esame, ad esempio, l'imballo rappresenta la fase nella quale i telai vengono smontati dal supporto sul quale sono stati fissati per essere verniciati, viene passata un'ultima mano di vernice protettivo, vengono posizionati su degli appositi pallet, pronti per essere caricati sul camion che effettuerà la spedizione, e si appongono le targhette con i codici di produzione su ogni telaio, le quali servono per poter risalire alla commessa di produzione e alla materia prima utilizzata per la loro fabbricazione. Per altri componenti, la fase di imballo può significare mettere i pezzi all'interno di cassoni metallici o fissarli dentro speciali gabbie, realizzate appositamente per poter contenere i particolari realizzati e poterli spedire in sicurezza.



 0000165862	T. Attrezz. 0:00:00	OPERATORE	DATA	TEMPO LAV.	Q.TA' PROD.
	T. Lav. Un 0:00:27				
<b>6 COLLAUDO</b>	T. Lav. Tot. 0:09:60				
Istruzioni CONTROLLO VISIVO CONTROLLO UNIFORMITA' SPESSORE					
 0000165863	T. Attrezz. 0:00:00	OPERATORE	DATA	TEMPO LAV.	Q.TA' PROD.
	T. Lav. Un 0:35:00				
<b>7 IMBALLO</b>	T. Lav. Tot. 12:50:00				
Istruzioni 1 - SMASCHERARE 2 - PROTEGGERE CON OLIO PROTETTIVO 3 - IMBALLARE NEGLI APPOSITI CONTENITORI 4 - APPORRE ETICHETTE IDENTIFICATIVE 5 - APPORRE SOTTO TARGHETTA IL QR - CODE					

Figura 14: Immagine delle fasi di collaudo e imballo presenti sull'ODP della commessa 2021/01245

Così come per il reparto di verniciatura, anche il reparto di collaudo gode della possibilità di non caricare sul sistema i dati di produzione. La motivazione alla base è simile: anche il collaudo deve verificare ogni turno molti pezzi, che tendenzialmente arrivano da diverse commesse, e non sempre gli ODP seguono i componenti nel loro flusso di lavoro. Per questo si è adottato l'utilizzo di cartellini sui quali chi effettua il collaudo lascia un timbro con scritto "approvato", "da rilavorare" o "non approvato" in base all'esito del controllo. Per quanto riguarda la durata del controllo, in condizioni standard e senza difetti particolari, il tempo viene concordato con il reparto tecnico e quindi i tempi inseriti in distinta base dovrebbero essere corretti.

La fase di imballo è sempre l'ultima fase dell'ultimo lotto di ogni commessa; questo vuol dire che è la fase che effettivamente genera la transazione virtuale che crea a magazzino la disponibilità dei componenti. Per questo motivo, la decisione aziendale sarebbe quella che il versamento su questa fase dovrebbe essere svolta dal magazziniere che effettivamente carica gli articoli sui camion e che effettua la spedizione. In pratica, però, questi versamenti non vengono svolti poiché le fasi precedenti, che di norma sono sempre la verniciatura e il collaudo, non effettuano il caricamento dei dati a sistema e questo impedisce anche al magazziniere di svolgerli. In definitiva, succede sempre che alla fine è il reparto di pianificazione a dover svolgere tutti i versamenti sulle varie fasi per poter tenere allineata la situazione del magazzino virtuale con quella reale. Il problema di tutto questo processo è la costante perdita di informazioni circa il reale tempo di lavoro e il ritardo con il quale le varie fasi e le commesse vengono terminate con i relativi versamenti, dato che può capitare che il reparto di pianificazione non riesca a svolgere tutti i caricamenti a sistema in contemporanea con l'avanzamento reale di produzione.

## 7 Analisi critica del processo di pianificazione e proposte di miglioramento

Riassumendo le caratteristiche della commessa 2021/01245, si possono evidenziare i seguenti punti:

- i telai vengono realizzati sulla base delle richieste del cliente, lanciando commesse che prevedono di soddisfare il fabbisogno di circa due mesi di ordini
- le postazioni di saldatura, sia robot sia manuale di puntatura e finitura, sono sempre disponibili e dedicate solo a questa tipologia di produzione
- l'assemblaggio dei sottogruppi viene svolto all'occorrenza, utilizzando delle maschere che riducono i tempi di attrezzaggio della postazione e di lavorazione
- le lavorazioni meccaniche alle macchine CNC vengono svolte su mini-lotti da 5/10 unità per volta, per realizzare un po' di buffer e non occupare per troppo tempo le fresatrici
- per quanto riguarda la realizzazione dei componenti, quelli di piccole dimensioni vengono tagliati su commesse di minuteria apposite, che coprono il fabbisogno di diverse commesse, mentre i pezzi di grandi dimensioni vengono tagliati su piani di lavoro appositi per ogni commessa, con delle quantità che sono state valutate rispetto al lotto economico

Sulla base di queste caratteristiche, si possono evidenziare le modalità del processo di pianificazione che viene svolto in MTS. Poiché l'azienda ha un preaccordo con il committente, il quale prevede che per almeno i successivi 12 mesi la richiesta di telai sia approssimativamente già pianificata, salvo situazioni non preventivabili, MTS si può permettere di realizzare in anticipo alcuni tagliati, in particolare vengono realizzate tutte le minuterie metalliche come boccole e perni, su commesse che possano massimizzare l'utilizzo della lamiera e che poi possono essere stoccati in magazzino, non andando a creare eccessivi problemi di spazio e soprattutto costi di gestione.

Per quanto riguarda invece tutti i tagliati di dimensioni rilevanti, MTS ha valutato che 40 telai rappresentino il lotto minimo di produzione che permette di massimizzare l'utilizzo dei piani di lavoro, fruttando quindi a pieno la tecnica del nesting e minimizzare lo spreco di materia prima; per questo le commesse di produzione vengono lanciate con quantità totale pari a 40, senza distinzione tra i due diversi modelli, poiché i pochi pezzi che li differenziano hanno forme molto simili tra loro e a livello di processo di taglio della lamiera sono comparabili.

Per quanto riguarda le lavorazioni meccaniche che vengono eseguite sui macchinari CNC, MTS tende a prediligere una lavorazione a blocchi di 5/10 pezzi per volta; questo viene fatto perché queste macchine sono utilizzate anche per la realizzazione di altri pezzi necessari per altre commesse, le quali vengono tutte lavorate in parallelo, e dedicare un macchinario CNC alla realizzazione di tutto il lotto di 40 pezzi farebbe finire in ritardo le altre commesse. Inoltre se tutti i pezzi venissero lavorati in una sola volta, si creerebbe anche un problema relativo allo stoccaggio dei componenti, i quali andrebbero tenuti al riparo dagli agenti atmosferici per non far ossidare le zone lavorate e incorrere in ulteriori rilavorazioni o, peggio ancora, allo scarto dei pezzi in questione.

Fanno eccezione a quanto appena detto, il caso dei pezzi che devono subire delle lavorazioni meccaniche anche esternamente all'azienda; in questo caso si fa in modo di fresare tutti i pezzi del lotto nel minor tempo

possibile per poi poterli inviare tutti insieme all'impresa terza. Questo viene fatto per minimizzare i costi di trasporto e la logistica che li deve organizzare.

L'assemblaggio dei sottogruppi principali viene svolto successivamente al taglio dei pezzi e, sia per le saldature che vengono fatte a mano sia per le saldature che vengono svolte da bracci robotici, si utilizzano delle maschere apposite che fanno in modo di abbattere i tempi di attrezzaggio delle postazioni e i successivi tempi di lavorazione. Questi componenti vengono saldati in postazioni che non sono dedicate solo alla realizzazione di questi elementi e quindi la presenza delle maschere di saldatura è fondamentale per permettere un riattrezzaggio veloce delle stazioni di saldatura, quando si passa dal lavorare una commessa ad una nuova. Essendo i sottogruppi tutti di dimensioni contenute, i pezzi vengono lavorati tutti in una volta sola e messi a magazzino, pronti per essere prelevati all'occorrenza.

Per quanto riguarda l'assemblaggio dei telai, MTS ha dedicato alla loro realizzazione tre diverse postazioni, per svolgere la puntatura, la saldatura robot e la finitura manuale, le quali hanno le maschere di saldatura sempre posizionate e nelle quali non si svolgono lavorazioni di saldatura di nessun'altra commessa. Questo tipo di processo produttivo presenta lo svantaggio di tenere tre postazioni dedicate esclusivamente a questo committente ma ha il vantaggio di non presentare perdite di tempo dovute ad attrezzaggi delle postazioni e anche la movimentazione tra le stazioni di saldatura è molto veloce, essendo tutte adiacenti le une alle altre. Inoltre dietro la postazione di puntatura è presente un buffer nel quale sono stoccate le minuterie e alcuni sottogruppi saldati o lavorati di fresa, così che tutto sia il più vicino possibile al luogo di assemblaggio e si evitino perdite di tempo causate dalla ricerca e dal trasporto dei particolari. Il flusso di lavoro seguito per queste operazioni, di norma, è quello di realizzare un telaio finito per turno: la fase di puntatura e la successiva saldatura da parte del robot hanno una durata complessiva di 6 ore e mezza, mentre la fase di finitura manuale ha una durata di 7 ore circa. Mentre un telaio viene puntato e saldato dal robot, la postazione di finitura può lavorare il telaio del turno precedente; facendo così tutte le postazioni riescono a lavorare in parallelo e a rispettare le scadenze imposte dal cliente. Va sottolineato che il braccio robotico che svolge le operazioni di saldatura scorre lungo un binario che si trova sopra a due diverse postazioni; poiché l'operazione di saldatura robot del telaio impiega circa tre ore, nel rimanente tempo il robot viene utilizzato anche per completare le saldature di componenti di altre commesse, andando quindi ad ottimizzarne l'utilizzo.

Per quanto riguarda le fasi di lavaggio, sabbiatura e verniciatura, il processo produttivo prevede che i telai vengano preparati e verniciati a tre alla volta. Questo numero rappresenta il valore massimo di telai che possono essere inseriti contemporaneamente sia nella camera di sabbiatura sia nella camera di verniciatura, e che quindi ne permettono la massima utilizzazione. Normalmente i telai, dopo che sono state controllate le saldature, vengono montati su appositi supporti che ne permettono il lavaggio e la preparazione ai processi di sabbiatura e verniciatura, con la copertura di tutte le parti che hanno subito processi di lavorazione meccanica per fare in modo di non danneggiare le varie filettature presenti. Una volta lavati, i telai vengono posizionati lateralmente alla camera di sabbiatura e, quando ce ne sono tre pronti, viene effettuata la lavorazione di finitura superficiale. Terminata la sabbiatura, i telai vengono portati nel reparto di verniciatura, dove vengono posizionati all'interno della camera di lavoro e gli viene applicato prima uno strato di primer e poi uno successivo di smalto. Terminato il processo, i telai vengono portati sul piazzale esterno affinché l'aria permetta alla verniciatura di asciugarsi e dove vengono eseguiti gli ultimi controlli di sicurezza e qualità.

Successivamente, quando il cliente conferma la presa settimanale, i telai vengono smontati dal loro supporto e posizionati sopra appositi pallet, grazie ai quali potranno essere caricati in sicurezza sopra il camion e trasportati fino alla fabbrica, dove verranno realizzate le macchine per lavorazione terra.

Come già detto in precedenza, la filosofia di produzione che segue MTS è quello della logica PULL: l'azienda produce i pezzi solo quando viene effettivamente rilasciato un ordine esecutivo da parte di un cliente e tende a minimizzare le scorte tenute a magazzino. Questo viene principalmente fatto per la tipologia di pezzi che generalmente vengono realizzati: manufatti di grandi dimensioni come telai per macchine agricole, bracci e basamenti per gru. Tutti questi articoli, oltre che avere un costo notevole, a causa dalle ore di lavorazione necessarie a realizzarli, hanno anche delle dimensioni tali per cui, se tenuti a magazzino, implicherebbero dei costi di gestione molto elevati, identificabili come quote di ammortamento di un ipotetico ulteriore capannone dedicato solo allo stoccaggio e non alla produzione. Per questo motivo è fondamentale per MTS identificare correttamente le dimensioni dei lotti minimi ed economici che le permettano di realizzare nel modo più efficiente possibile la produzione di tutte quelle commesse che hanno degli ordini ricorrenti, settimanali o bisettimanali, ma di piccole quantità ogni volta. Nel caso della realizzazione dei telai, la quantità di questo lotto è stata identificata nel numero 40, mentre altre commesse e prodotti hanno come lotti minimi quantità diverse.

Il calcolo del lotto minimo di produzione deve tenere in considerazione diversi fattori:

- il costo di trasporto della materia prima e il relativo tempo di approvvigionamento devono essere valutati in relazione alla capacità di immagazzinamento delle lamiere e la possibilità di fatturazione al fornitore di ingenti quantità di materiale
- per quanto riguarda la produzione, invece, bisogna trovare il giusto trade-off tra lo sfruttamento delle attrezzature e della capacità in termini di ore uomo a disposizione dell'azienda, al fine di minimizzare i costi di attrezzaggio rispetto alla necessità di lavorare, sui medesimi macchinari e con le risorse finite presenti, anche altre commesse in parallelo ed i costi di immagazzinamento, che non sono solo quelli per mantenere uno spazio adibito a deposito, ma sono effettivamente costi che impattano il lato economico-finanziario dell'impresa

Una volta valutata la dimensione corretta del lotto minimo di produzione, MTS, al fine di decidere come procedere con l'assemblaggio dei telai, ha dovuto analizzare i tempi di produzione dei vari componenti e l'ipotesi di richieste che avrebbe fatto il cliente. In base agli accordi commerciali, la previsione di acquisto concordata è di 5/10 telai a settimana, divisi su una o due spedizioni organizzate direttamente dall'acquirente. Partendo da questo dato, l'azienda ha quindi valutato che la modalità di produzione migliore per la realizzazione della commessa fosse quello di produrre secondo la regola "lot for lot", realizzando, cioè, ogni lotto della commessa in una volta sola. Questa regola generale ha qualche eccezione; come si è visto i sottogruppi lavorati meccanicamente sono stati processati a piccoli lotti di 5/10 unità per volta, mentre l'assemblaggio dei due modelli di telaio si deve considerare come un unico lotto di 40 elementi, con piccole differenze per quanto riguarda la costruzione e con l'indicazione all'inizio di ogni turno su quale tipologia realizzare. Seguendo questa metodologia di lavorazione, MTS è in grado di consegnare i telai nel tempo prestabilito, rispettando le prese organizzate dal committente e non incorrendo in ritardi che potrebbero causare il pagamento di multe.

Dopo aver esposto il processo di pianificazione generale che viene seguito in MTS per programmare la realizzazione dei telai, andrò adesso ad evidenziare i problemi che si generano durante la produzione e che possono arrivare a causare problemi a livello di pianificazione della commessa e possibili ritardi nella sua consegna nei tempi concordati. Le considerazioni che verranno esposte da qui in avanti si concentrano principalmente sulla commessa 2021/01245, che è quella che ho seguito meglio durante il mio percorso di

tirocinio all'interno dell'azienda e della quale ho raccolto i dati di realizzazione e di consuntivo, ma possono essere traslate e applicate a tutto il sistema di pianificazione e produzione che viene seguito da MTS.

Le aree di miglioramento che andò ad evidenziare sono le seguenti:

- ERP aziendale
- Interazione ERP e azienda
- Cultura aziendale
- Reparto tecnico
- Reparto pianificazione

## 7.1 ERP aziendale

Il primo elemento da evidenziare come ambito di miglioramento è sicuramente il sistema gestionale utilizzato da MTS. L'ERP Factory, per quanto riguarda il modulo utilizzato per la pianificazione, presenta molteplici problematiche, la più importate delle quali è sicuramente il fatto che il modulo presenti dei malfunzionamenti tecnici che lo rendono inutilizzabile. Ogni volta che si prova a far partire la pianificazione delle commesse inserite sul sistema, il risultato è quello che lo scheduler blocca il server centrale per diverse ore, con conseguenti problemi per tutti i reparti aziendali, per poi non restituire un risultato aderente alla realtà produttiva aziendale oppure bloccandosi direttamente e riportando un messaggio di errore. Durante il mio periodo in azienda ho partecipato a riunioni su questo tema, sia internamente a MTS sia con rappresentanti di Intesi, dalle quali è risultato che il problema di fondo risieda nel fatto che lo scheduler sia stato programmato per gestire un numero di commesse inferiore a quello che gestisce quotidianamente MTS e con anche una complessità, in termini di distinta base, minore rispetto a quelle caricate sul sistema. Per questo motivo è stato deciso dal board aziendale di passare a un nuovo ERP aziendale che possa garantire un modulo per la pianificazione aziendale funzionante e utilizzabile.

Se i malfunzionamenti tecnici sono un ambito puramente di competenza del fornitore del sistema gestionale, e quindi di difficile analisi da parte mia, ci sono invece alcune caratteristiche dell'attuale sistema che non sono in grado di rispecchiare il tipo di produzione che viene svolto da MTS e che sarebbe fondamentale fossero presenti all'interno del nuovo sistema: la possibilità, da parte degli operai, di poter caricare a sistema i pezzi prodotti su una fase in modo indipendente rispetto alle fasi precedenti e la possibilità di suddividere la realizzazione di alcuni lotti in più sotto lotti, non a livello di distinta base e ciclo di produzione ma in fase di pianificazione.

Come è già stato esposto, il caricamento a sistema dei dati di produzione è un punto che presenta ampi margini di miglioramento e che, se fatto nel modo corretto, aiuterebbe sia il reparto di pianificazione, potendo tenere sempre sotto controllo l'effettivo avanzamento delle commesse, sia il reparto tecnico, verificando costantemente i reali tempi di produzione e intervenendo là dove si evidenzino dei rallentamenti non preventivati, a lavorare in modo migliore e proattivamente rispetto al verificarsi di problematiche in fase di produzione. Per poter aiutare gli operai a versare a sistema le quantità correttamente lavorate durante il turno, sarebbe importante che il sistema permettesse sempre il caricamento dei pezzi sulla relativa fase di competenza, indipendentemente dal fatto che sulla fase precedente sia stato effettuato il versamento o meno della medesima quantità di semilavorato. Questo tipo di "libertà" non sarebbe concettualmente giusto poterlo concedere; qualunque sistema si aspetta che ogni singola fase possa realizzare al massimo la quantità di pezzi che la fase precedente, relativamente al rapporto gerarchico della distinta base, ha dichiarato di aver realizzato e non di più. Però si è già dimostrato come interi reparti, e per esperienza

personale anche vari operai all'interno dell'azienda, tendano a non caricare affatto i dati relativi alla loro produzione del turno: se il loro lavoro rappresenta una delle prime fasi presenti sull'ODP, allora tutte le successive fasi, e di conseguenza gli operatori che le svolgono e vorrebbero poter versare a sistema il loro lavoro, non potranno essere correttamente caricate e i dati di produzione, relativi agli effettivi tempi di lavoro, andranno persi, mentre per quanto riguarda il numero di pezzi effettuato verrà svolto un processo di rettifica a posteriori dal reparto di pianificazione. Risulta quindi importante che il sistema di pianificazione e monitoraggio della produzione che viene utilizzato in azienda possa permettere a ogni fase presente sugli ODP di poter procedere al versamento a sistema del proprio lavoro, indipendentemente da quanto dichiarato da quelle precedenti; in caso di discrepanze potrebbe esserci un messaggio di avviso che arriva direttamente al capo turno oppure al reparto di pianificazione, i quali possono verificare il motivo di tale disallineamento e intervenire con le apposite correzioni.

Un altro ambito nel quale il modulo che gestisce la pianificazione deve potersi adattare meglio alla reale situazione produttiva di MTS è il fatto che, una volta che un lotto viene generato con una certa quantità, lo scheduler non presenta un'impostazione che permetta di poterlo suddividere in più sotto lotti di produzione, ognuno con delle diverse date di consegna. Questa limitazione non risulta troppo impattante nel processo di pianificazione della commessa 2021/01245, in quanto i modelli di telaio che vengono realizzati sono solo due e tendenzialmente vengono prodotti a giorni alterni; la data di consegna del lotto totale da 40 telai coinciderà, salvo rallentamenti della produzione, con la data di consegna fissata con il cliente. Per altre commesse che gestisce MTS, invece, questa limitazione crea evidenti discrepanze tra la situazione pianificata dal sistema e la produzione reale: come detto precedentemente, in azienda si producono sei diversi basamenti per gru e la commessa di magazzino per la loro realizzazione raggruppa al suo interno i lotti di produzione di tutti e sei i modelli. Come per la vendita dei telai, anche nel caso dei basamenti il cliente conferma le quantità della quale avrà necessità con cadenza settimanale, avendo comunque un previsionale condiviso con MTS del fabbisogno dei due mesi successivi. Anche in questo caso è stata valutata la quantità del lotto minimo di produzione, la quale coincide con il taglio dei semilavorati per la copertura di circa due mesi di richieste di tutti e sei i modelli di basamenti. Succede quindi che in fase di produzione, venga deciso settimanalmente quali modelli e quante unità di ogni basamento andranno lavorati; questo tipo di produzione non viene gestito dall'attuale sistema di pianificazione, il quale programma le lavorazioni un lotto per volta, un modello alla volta. Il risultato è che, anche se la produzione viene seguita giornalmente e tenuta sotto controllo per consegnare i modelli corretti entro la settimana successiva, la realizzazione di alcuni basamenti viene terminata prima rispetto a quanto previsto mentre altri terminano in ritardo, creando una situazione di disallineamento tra quanto pianificato dal sistema gestionale e ciò che viene pianificato dall'azienda ed effettivamente realizzato.

## **7.2. Interazione ERP e azienda**

Dal punto di vista dell'integrazione tra il sistema di produzione aziendale e il sistema gestionale in uso in MTS, è importante sottolineare il fatto che sia i macchinari CNC sia le postazioni di saldatura robot, nonostante abbiano la possibilità di venire collegate con il server centrale dell'azienda, non sono stati predisposti per interagire con l'ERP e che quindi i dati di produzione che registrano non possono essere caricato sul sistema che monitora l'avanzamento. Questo è un'inefficienza che, facendo degli investimenti mirati, si potrebbe facilmente eliminare, andando a scaricare la responsabilità del processo di versamento a sistema dei dati dagli operai e guadagnando, di conseguenza, in efficienza sia per i lavoratori, i quali potrebbero concentrarsi solo sul loro lavoro, sia per la mole di dati a disposizione per le analisi da parte dei reparti di pianificazione e



produzione. Durante il periodo che ho trascorso in MTS, mi sono attivamente informato circa la possibilità di dialogo tra le postazioni di saldatura e il sistema gestionale; è stato anche chiamato un tecnico YASKAWA, l'azienda fornitrice dei robot di saldatura, il quale ha verificato la possibilità di questa integrazione tra i loro sistemi e quelli di Intesi. Purtroppo il risultato è stato che il gestionale riceveva dei dati dai robot di saldatura ma questi erano incompleti; si otteneva solo una segnalazione che un certo programma di saldatura era stato eseguito ma senza fornire indicazioni sull'effettivo tempo di lavoro e senza la possibilità di far svolgere in automatico il processo di versamento del componente sulla relativa fase di competenza da parte del sistema di gestione del robot. Per questo motivo, l'idea dell'integrazione tra i due sistemi è stata momentaneamente accantonata. Per quanto riguarda i torni e le frese CNC questa prova non è stata fatta, in quanto i vari macchinari non sono tutti dello stesso produttore e contattare i vari tecnici sarebbe stato molto dispendioso, non essendo neanche certi della possibilità di ottenere il risultato sperato. È stato quindi deciso di rimandare l'integrazione dei sistemi al momento nel quale si passerà a un nuovo sistema gestionale e di pianificazione, considerando la possibilità di dialogo tra ERP e macchinari CNC e robot come un prerequisito fondamentale. Data l'opportunità di accedere a fondi statali ed europei in termini di innovazione per l'industria 4.0, è fondamentale che MTS nel caso specifico, ma in generale qualunque PMI italiana, compia lo sforzo di dotarsi di sistemi che rendano il monitoraggio della produzione il più automatizzato possibile. Solo in questo modo la pianificazione può essere sfruttata al suo massimo, valutando in anticipo eventuali colli di bottiglia nel flusso produttivo o rallentamenti della produzione non previsti e intervenendo per aggiornare in modo costante lo stato di avanzamento delle commesse in produzione e da lanciare.

### **7.3. Cultura aziendale**

Per quanto riguarda le azioni che l'azienda, intesa nel senso del management che può effettivamente prendere le decisioni e verificare che vengano applicate, può intraprendere per migliorare il flusso di lavoro generale, e nello specifico il compito della pianificazione, la più importante è sicuramente quella di rendere il caricamento a sistema dei dati di produzione un'operazione con pari importanza rispetto alla produzione diretta. Prima del mio ingresso in azienda, la spiegazione ai nuovi assunti su come si dovesse effettuare l'inserimento dei dati sul gestionale, attraverso l'uso dei totem, era demandata ai capi turno dei reparti di carpenteria, lavorazioni meccaniche e verniciatura. Ma sono proprio i capi turno in primis le figure che non effettuano tale operazione con la costanza dovuta. Questo è sicuramente dovuto alla mole di lavoro che devono svolgere, sia direttamente sia di controllo sugli operai e le loro lavorazioni. C'è però anche una componente dovuta alla mancata indicazione del management aziendale ai responsabili dei reparti dell'importanza che deve ricoprire l'operazione di inserimento dei dati. Il motivo principale è il fatto che non ci sia una comunicazione diretta tra il reparto di pianificazione e il management sull'importanza di avere un database di informazioni costantemente aggiornato e su quanto questo faciliterebbe il loro lavoro. Per questo, e per il fatto che la credenza comune è che sia meglio lavorare e non far "perdere tempo" agli operai con il caricamento dei dati sul gestionale, tale necessità non viene pienamente percepita dal management e di conseguenza non viene rivolta l'adeguata attenzione e la "pressione" affinché si lavori nel modo corretto. Con il mio ingresso in azienda, uno dei compiti che mi sono stati affidati è stato proprio quello di istruire i nuovi assunti sul processo di caricamento dei dati di produzione attraverso l'uso dei totem. Mi sono così confrontato con persone che provenivano da diversi background sociali: se il ragazzo neodiplomato non ha presentato nessun problema nel comprendere come effettuare l'operazione, avendo una dimestichezza naturale con i computer e le interfacce grafiche, lo stesso non lo si può dire per il saldatore esperto di 50 anni, molto abile nel lavoro manuale ma decisamente meno quando deve approcciarsi a un computer. Mi

sono anche trovato a dover presentare l'azienda e il suo modo di lavorare a dei ragazzi provenienti dall'Africa, ottimi saldatori ma con una scarsa conoscenza della lingua italiana e che non avevano mai avuto a che fare con il computer. Tutto questo ha reso molto difficile lo spiegare ai nuovi assunti la corretta procedura per fare in modo di inserire correttamente i dati di produzione sul gestionale; in alcuni casi è bastato aiutarli direttamente a compiere i vari passaggi un paio di volte, in altri casi, invece, la procedura non è stata compresa e appresa; non si è quindi riusciti a ottenere il caricamento dei dati da parte dell'operatore, demandando la responsabilità al capo turno oppure alla mia figura, in quanto rappresentante del reparto di pianificazione.

La considerazione che si evince è che in primis deve essere il management a dare l'input a tutta l'azienda sull'importanza di compiere i versamenti nel modo corretto; il reparto di pianificazione deve verificare la veridicità dei dati e segnalare eventuali discrepanze, ma solo i vertici aziendali possono dare un'indicazione unica che deve essere rispettata da tutti i reparti della produzione. Fino a quando si permetterà ad alcuni reparti di non compiere tale operazione e si richiederà di caricare i tempi e il numero di pezzi realizzato agli addetti alla pianificazione, non si potrà mai avere un database realmente aggiornato che permetta di valutare in anticipo eventuali scostamenti tra la situazione reale e la situazione pianificata e che permetta di conseguenza di intervenire con tempestività per correggere tali discrepanze.

Un altro punto sul quale l'azienda può intervenire per fare in modo di aiutare gli operai nell'operazione di caricamento dei dati di produzione è quello di aumentare il numero di totem e di migliorare l'infrastruttura della rete internet interna all'azienda. Il fatto che in ogni capannone esistano solo due postazioni per svolgere tale operazione fa sì che alcuni operai non abbiano il tempo e la voglia di staccarsi dal proprio macchinario per raggiungere il totem più prossimo e che, soprattutto a fine turno, si creino delle code presso gli stessi; nel caso qualcuno dovesse avere delle difficoltà nel processo di caricamento dei dati e finisse per rallentare gli altri, quello che succede è che gli operai se ne vadano via senza terminare virtualmente le operazioni e non inserendo il numero di pezzi realizzato.

Un altro problema che si è verificato con cadenza mensile durante il mio periodo di tirocinio è il fatto che la rete internet interna abbia avuto dei malfunzionamenti, che si sono protratti anche per diverse ore, che non permettevano il funzionamento dell'interfaccia dei totem. Anche in questo caso gli effettivi dati di produzione sono andati persi e solo gli operai più valenti hanno aspettato che il sistema tornasse a funzionare per inserire almeno il numero di pezzi realizzato.

Tutte queste problematiche hanno creato un clima di sfiducia all'interno dell'azienda nei confronti del sistema di monitoraggio della produzione e il fatto che la proprietà non spinga direttamente per il suo utilizzo non ha migliorato la situazione. Una soluzione che si potrebbe trovare è quella di aumentare il numero di postazioni all'interno dell'azienda, o, meglio ancora, installare direttamente l'interfaccia grafica su dei tablet, i quali poi si possono posizionare direttamente in prossimità delle macchine. Così facendo si potrebbe preimpostare per ogni tablet il relativo macchinario di riferimento e, una volta che i dati di produzione vengono inseriti correttamente, si otterrebbe anche un dato sull'effettivo utilizzo della singola macchina e quindi sulla sua produttività. Per eliminare i disagi dovuti alla possibile mancanza della connessione internet, si potrebbe creare una rete wireless interna all'azienda, e indipendente da infrastrutture esterne, che permetta di collegare direttamente i vari dispositivi con il server centrale, il quale viene collegato a sua volta con la rete internet. Facendo così i totem, o gli eventuali tablet, avrebbero la possibilità di inviare i dati di produzione al server in qualunque momento, il quale ne tratterebbe traccia anche in caso di interruzione della linea e li andrebbe a trascrivere sul sistema gestionale una volta che la rete venga correttamente ripristinata. Tutto ciò andrebbe valutato da una figura esperta nel settore delle comunicazioni e richiederebbe un investimento sia monetario sia di tempo, ma potrebbe portare enormi vantaggi al buon funzionamento

dell'azienda e anche la possibilità di ottenere dei fondi da parte dell'Unione europea nell'ambito dell'innovazione e del passaggio all'industria 4.0.

#### **7.4. Reparto tecnico**

Per quanto concerne il reparto tecnico, ciò che si evidenzia anche dall'analisi della commessa 2021/01245 è il fatto che possa capitare che la distinta base presenti un ciclo di lavoro che non è lo stesso di quello che viene eseguito poi nella realtà della produzione quotidiana. Questo disallineamento è dovuto al fatto che si cerca costantemente di innovare e migliorare il ciclo produttivo con il quale i vari pezzi vengono realizzati; là dove si verifichi la presenza costante di errori di qualità o dove sia possibile usare una tecnologia alternativa per ridurre i tempi di realizzazione, MTS e il reparto tecnico spingono per trovare e provare nuove soluzioni realizzative. Se dal punto di vista della produzione questo rappresenta un ottimo punto che fa mantenere la qualità produttiva sempre su standard elevati, dal punto di vista del tenere traccia dei tempi di realizzazione è un problema. In MTS, il reparto di pianificazione tende a caricare sul gestionale le commesse con largo anticipo rispetto alla data di inizio dei lavori; questo viene fatto per allineare le richieste di materia prima che vengono fatte dal reparto acquisti con le relative commesse di competenze. Nel caso di commesse con cadenza ripetitiva o quando deve essere acquistato dell'acciaio particolare, che quindi prevede lunghi tempi di attesa prima di poter essere disponibile in azienda, il reparto di pianificazione tende a caricare le commesse fino a sei prima della reale data di inizio della produzione. Il problema sorge poiché il sistema gestionale non permette di modificare le commesse una volta che queste vengono lanciate e pianificate. Ciò fa sì che, se nell'arco dei sei mesi viene approvata una modifica al ciclo di lavoro che poi diventa il nuovo standard, questa non si potrà riflettere nella commessa non ancora cominciata ma già caricata.

Come si è visto, la discrepanza tra quanto riportato sull'ODP e il reale ciclo di lavoro è causa di incomprensioni per gli operai e uno dei motivi che li spingono a non effettuare il processo di caricamento dei dati di produzione nel modo corretto. Per provare a mitigare questo problema, il reparto tecnico e quello di pianificazione dovrebbero lavorare insieme e mantenere un'ottima comunicazione tra loro: il reparto tecnico dovrebbe cercare di effettuare meno cambi possibile ai cicli di lavoro presenti sulle distinte basi dei vari prodotti presenti nel catalogo di MTS, e, qualora fossero necessari, dovrebbe subito farlo presente al reparto della pianificazione che, dal canto suo, dovrebbe cercare di caricare le commesse sul gestionale il più tardi possibile e solo quando è strettamente necessario. Infine entrambi i reparti dovrebbero decidere come far compiere il caricamento dei dati: usare una fase presente sull'ODP per inserire anche la nuova fase non presente, andando a sommare i tempi delle due fasi, o se semplicemente non considerare la nuova fase e quindi perdere il dato virtuale sul tempo. Deciso ciò, dovrebbero comunicare i vari cambiamenti ai capi turno presenti in produzione, i quali si assumerebbero la responsabilità di riportarli agli operai e verificare che il caricamento dei dati venga svolto nel modo prescelto.

Un ulteriore sintomo del fatto che i dati presenti sul gestionale non siano ritenuti validi e provanti è il fatto che, nel mio periodo di tirocinio in MTS, al reparto tecnico sia stato chiesto, da parte della proprietà, di aggiornare tutti i tempi di lavorazione di tutti i pezzi realizzati dall'azienda. Per fare ciò, il modo più veloce sarebbe quello di andare a prendere le varie commesse già terminate e fare una media dei tempi che stati necessari per lavorare tutti i suoi componenti. Non essendo però questi dati reali, come si è dimostrato, il reparto tecnico ha preferito incaricare un proprio dipendente di passare tutti i giorni, dalle 14:30 alle 16, per almeno due mesi, da tutte le postazioni di lavoro presenti in MTS, per verificare manualmente, con il cronometro e l'ausilio dell'operario incaricato in quel momento, l'effettiva durata dell'operazione di

realizzazione del pezzo. Questa metodologia di lavoro farà sì che, con un grande sforzo in termini di tempo uomo, i dati vengano prima ottenuti e poi aggiornati sul sistema. Il problema è che il dato è momentaneo e si riferisce solo alla singola lavorazione; nel caso di un cambiamento del ciclo di lavoro bisognerebbe passare nuovamente a verificare i tempi, non solo del pezzo interessato ma anche di tutti i suoi “padri”, nel caso la modifica andasse a impattare anche i pezzi che vengono realizzati dopo di lui. Da qui nasce il problema relativamente all’aggiornare i tempi di produzione in modo manuale: il procedimento, per essere replicato, e quindi mantenere il database costantemente aggiornato, è molto dispendioso in termini di ore uomo da impiegare. Il fatto che il management abbiamo chiesto di aggiornare i dati di realizzazione e che il reparto tecnico abbia valutato che il modo migliore fosse quello di farlo a mano, piuttosto che utilizzando il sistema di monitoraggio della produzione, dimostra quanto il gestionale non venga considerato attendibile da nessun reparto presente in MTS e soprattutto quando non si reputi che il suo utilizzo possa giovare all’azienda. Se, invece, le sue potenzialità venissero comprese da tutti i reparti, e in primis dal management, si potrebbero effettuare degli investimenti mirati e si potrebbe spingere sulla formazione del personale per rendere il più automatico possibile il caricamento dei dati di produzione sul sistema, rendendo di conseguenza il reperimento degli stessi molto più immediato.

## **7.5. Reparto della pianificazione**

Per quanto riguarda gli ambiti di miglioramento in capo al reparto di pianificazione, è importante che il database delle commesse venga tenuto costantemente aggiornato; come detto in precedenza, durante il mio periodo di tirocinio mi sono trovato a dover svolgere un controllo sulle commesse terminate anche nel corso degli anni precedenti, le quali avevano alcune fasi e addirittura interi lotti che non erano stati terminati correttamente. Questo fa sì che, sia il magazzino virtuale sia lo stato di avanzamento della pianificazione, non siano aderenti alla realtà produttiva e concorrano a creare un dataset che non permette di essere analizzato correttamente. Ogni qual volta una commessa viene terminata e i pezzi vengono spediti e venduti, bisogna che il reparto della pianificazione esegua un controllo sullo stato effettivo della commessa; bisogna verificare che tutte le fasi siano state terminate e che siano stati effettuati i versamenti dei semilavorati. Là dove si evidenzia una mancanza di dati, bisogna subito intervenire per correggere la situazione e, successivamente, bisogna indagare le cause che non hanno permesso agli operai di compiere il loro lavoro. Solo agendo in questo modo si può garantire che lo stato delle commesse terminate rispecchi fedelmente ciò che è successo durante il processo produttivo, non andando quindi a intasare il database del modulo della pianificazione con fasi virtualmente aperte ma già terminate nella realtà, garantendo, al contempo, un perfetto allineamento del magazzino virtuale con quello fisico. Inoltre, confrontandosi con gli operai, si possono capire le cause che non hanno permesso loro di effettuare i versamenti nel modo corretto e provare a trovare insieme delle soluzioni che possano essere estese a tutto il processo produttivo di MTS, al fine di un miglioramento continuo.

Un altro punto di fondamentale importanza affinché la pianificazione possa lavorare al suo meglio è che ci sia un costante dialogo con il management aziendale sull’avanzamento delle commesse e la comunicazione di eventuali ritardi. Il modus operandi dei clienti di MTS, in caso di ritardi nelle consegne o di improvvise emergenze interne, è quello di chiamare direttamente i proprietari dell’azienda e richiedere che i loro pezzi vengano realizzati con assoluta priorità; di conseguenza il management impone al reparto della pianificazione di modificare la schedulazione attuale e di far realizzare queste commesse il prima possibile. Questo atteggiamento può, però, portare a realizzare in ritardo altre commesse, le quali erano precedentemente in linea con la data di consegna stabilita in fase di contrattazione; così facendo può succedere che anche queste

aziende chiamino MTS chiedendo spiegazioni per la mancata consegna in tempo e di dare assoluta precedenza ai loro pezzi, entrando così in un circolo vizioso nel quale si accumulano urgenze e bisogna costantemente ripianificare la produzione, non per produrre tutto entro il tempo stabilito, ma per non finire per produrre con troppo ritardo. Questo tipo di atteggiamento è assolutamente deleterio per l'azienda e sarebbe il primo punto da andare a correggere al fine di migliorare il lavoro all'interno dell'impresa. Per fare ciò è necessario che il reparto della pianificazione abbia costantemente sotto controllo lo stato di avanzamento delle commesse e, là dove si dovessero verificare dei ritardi imprevisti, li comunichi subito al management, spiegando quali sono state le cause del rallentamento, quali azioni sono state intraprese per rientrare il più possibile nei tempi previsti e di quanto cambia la pianificazione, non solo della commessa in esame, ma anche di tutte le altre. Lato suo, la proprietà, qualora venisse contattata direttamente dal cliente insoddisfatti, dovrebbe dichiarare che stanno facendo tutto il possibile per consegnare le commesse entro il termine stabilito e deve cercare di non fare pressioni per una eventuale rimodifica della pianificazione, la quale porterebbe solo a ulteriori ritardi alle altre commesse e non gioverebbe alla situazione di MTS.

## 8. Conclusioni

In questo lavoro di tesi sperimentale sono andato ad esporre la situazione nella quale opera una PMI metalmeccanica italiana come MTS; un'azienda che sta vivendo un ottimo momento economico, essendo in grado di attrarre nuovi clienti, nazionali e internazionali, e che è in procinto di costruire un terzo capannone produttivo.

Inizialmente sono stati descritti il processo produttivo che viene seguito dall'azienda, la quale produce secondo la logica PULL, e il sistema ERP interno, il quale, in teoria, avrebbe anche un modulo per effettuare la pianificazione delle commesse.

In seguito sono passato a descrivere nello specifico una commessa di produzione realizzata durante il periodo che ho trascorso in azienda, evidenziando le discrepanze che intercorrono tra quanto pianificato e quanto è stato effettivamente realizzato, analizzandone le cause ed entrando nello specifico di ogni fase lavorativa e processo di produzione che viene svolto in MTS.

Da questa analisi è emersa una situazione nella quale risulta che il modulo della pianificazione non viene utilizzato dal reparto di pianificazione; la causa è da attribuire sia a malfunzionamenti tecnici sia all'impossibilità del modulo stesso di descrivere e adeguarsi alla tipologia di produzione che viene svolta in azienda. Ciò che invece funziona, ma non viene utilizzato al suo meglio, è il modulo che monitora l'avanzamento della produzione; in questo caso sono stati esposti tutti i tipi di comportamenti che portano a fare in modo che il reparto della pianificazione non abbia la disponibilità di dati affidabili per valutare l'effettivo avanzamento della produzione, sia dal punto di vista della realizzazione dei pezzi sia dal punto di vista di possibili ritardi nella loro realizzazione.

Sono quindi andato a dividere in punti tutti gli ambiti nel quale l'azienda presenta dei margini di miglioramento, sotto il punto di vista della pianificazione e del monitoraggio della produzione, individuando come area di possibile intervento, in primis, il modulo stesso della pianificazione, non funzionante per problemi tecnici e per limitazioni del software nel simulare la situazione aziendale, ma anche il comportamento degli operai nel inserire sul sistema di monitoraggio della produzione i dati del lavoro che svolgono quotidianamente.

Si consiglia quindi all'azienda di dotarsi di un nuovo software per la pianificazione delle commesse, in grado di simulare in modo realistico il modo nel quale le commesse vengono realizzate in MTS, e di incentivare la formazione e il controllo sugli operai per fare in modo che i dati di produzione vengano inseriti correttamente sul gestionale, permettendo così al reparto tecnico e al reparto della pianificazione di effettuare analisi sia sull'andamento della commessa, verificando in tempo reale eventuali ritardi, sia analisi sui tempi di lavorazione e i motivi di eventuali discrepanze, in positivo o negativo, rispetto a quanto previsto in fase di creazione della distinta base.

## 9. Bibliografia

1. Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman. Factory Physics. Waveland Press, 2011
2. Renato Suzzani. Manuale di lavorazione della lamiera. Tecniche nuove, 2009
3. Mikell P. Groover. Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes and Systems. Wiley, 2019
4. Luigi Paracchini. Manuale di Trattamenti e Finiture. Tecniche Nuove, 2003
5. Martin J. Land, Gerard J.C. Gaalman. Production planning and control in MSEs: time for change. Original Article, 2009
6. Alessandro Persona, Alberto Regattieri, Pietro Romano. An intergated reference model for production planning and control in SMEs. Original Article, 2004
7. Kosmas Alexopoulos, Nikolaos Nikolakis, Evangelos Xanthakis. Digital transformationof production planning and control in manufacturing SMEs- the mold shop case. Original article, 2022
8. Alexandre Moeuf. The industrial management of MSEs in the era of Industry 4.0. Original article, 2017
9. M. Heck, H. Vettiger. Production planning and scheduling and SME. Original article, 2007
10. Agostino Villa, Teresa Taurino. Event-driven production scheduling in SME. Original article, 2017