

# **POLITECNICO DI TORINO**

Collegio di Ingegneria Gestionale

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

**“Analisi e miglioramento dei processi di gestione di un reparto di produzione di unità drive-by-wire”**



**Relatore**

Prof. Franco Lombardi

**Candidato**

Federico Ferraro

Anno accademico 2017-2018



# Indice

Abstract.....	4
1. Skf Industrie Spa.....	5
1.1 SKF In Italia.....	6
1.2 Stabilimento Di Airasca.....	7
1.3 Prodotti.....	8
1.4 Mercato E Competitors.....	9
1.5 Sistemi Informatici Utilizzati.....	10
1.6 Drive-By-Wire Manufactuirng Shop.....	11
1.6.1 Electronic Parking Brake Channel.....	12
1.6.2 Electronic Steering Input Unit Channel.....	19
2. Formalizzazione Generale Del Processo.....	22
2.1 Order Handling.....	24
2.2 Pianificazione.....	24
2.3 Gestione Del Magazzino.....	25
2.4 Produzione.....	26
2.5 Management.....	26
2.6 Rapporto Produzione.....	26
3. Criticità Processuali E Aree Di Intervento.....	29
3.1 Pianificazione Della Produzione.....	30
3.2 Fabbisogno Componenti E Gestione Magazzino.....	31
3.2.1 Gantt Di Produzione.....	32
3.2.2 Controllo Planning.....	33
3.3 Monitoraggio.....	34
3.4 Aree Di Intervento.....	35
4. Nuovo Sistema Informativo.....	38
4.1 Digitalizzazione E Layout.....	39
4.2 Il Portale Online.....	40
4.2.1 Gantt Online.....	41
4.2.2 Gantt Produzione.....	41

4.2.3 Gantt Consegne.....	42
4.2.4 Control Planning.....	42
4.2.5 Fabbisogno Componenti.....	42
4.2.6 Gantt Fornitori.....	43
4.2.7 Magazzino.....	43
4.2.8 Balance Componenti.....	44
5. Analisi E Previsione Della Domanda.....	45
5.1 Analisi Serie Storica Vendite.....	47
5.2 Modelli Con Regressione Lineare Sulla Quantità.....	50
5.2.1 Modello 1.1.....	52
5.2.2 Modello 1.2.....	53
5.2.5 Modello 1.3.....	53
5.2.4 Modello 1.4.....	54
5.2.5 Modello 1.5.....	55
5.2.6 Modello 1.6.....	56
5.2.7 Modello 1.7.....	57
5.3 Modelli Con Regressione Lineare Sulla Media Mobile a $n=2$ .....	58
5.3.1 Modello 2.3.....	59
5.3.2 Modelli 2.4 e 2.5.....	59
5.3.3 Modelli 2.6 e 2.7.....	60
5.4 Modelli Con Regressione Lineare Sulla Media Mobile a $n=12$ .....	61
5.5 Modello Holt-Winters.....	62
5.6 Modelli Senza Stagionalità.....	63
5.7 Scelta Modelli.....	65
5.8 Previsione.....	69
5.9 Prodotti Seconda Macro Area.....	69
5.10 Pianifica Della Produzione.....	70
6. La Gestione Dei Magazzini E Degli Approvvigionamenti.....	73
6.1 Analisi Abc.....	75
6.2 Logiche Di Approvvigionamento.....	80
6.2.1 Componenti Classe C.....	81

6.2.2 Componenti Classi A e B.....	87
6.3 Magazzino Prodotti Finiti.....	91
6.4 Analisi Fornitori.....	92
6.4.1 Vendor Rating System.....	94
Conclusioni.....	98
Appendice.....	100
Bibliografia.....	103
Ringraziamenti.....	104

## Abstract

Il lavoro svolto e descritto nel presente elaborato di tesi è il frutto dell'esperienza di stage vissuta nell'azienda SKF Industrie SpA all'interno del reparto Drive-by-wire.

Vincoli economici aziendali, problemi organizzativi, crescita e differenziazione della domanda di mercato sono le ragioni fondamentali che hanno spinto il management ad intraprendere un percorso di ristrutturazione gestionale di tutto il reparto, che andasse a toccare e migliorare tutte le fasi critiche individuate.

In qualità di studente tirocinante mi sono trovato a seguire in prima persona l'intero processo di ottimizzazione, dalle prime fasi di identificazione delle criticità, fino all'implementazione e ai primi utilizzi del nuovo sistema informativo creato.

L'elaborato di tesi tratta tutti gli step evolutivi apportati alla gestione del reparto, descrivendo per ognuno di essi le criticità, le soluzioni studiate e utilizzate per il miglioramento, e possibili altre applicazioni e sviluppi da implementare successivamente.

Nella prima parte del documento, oltre ad una breve introduzione sull'azienda, sul suo posizionamento di mercato e sul layout dei due canali produttivi del reparto, è descritto il flusso informativo iniziale dall'arrivo di una richiesta di ordine fino alla consegna di questo attraverso tutte le fasi gestionali intermedie. Successivamente sono esposte le criticità che tale processo possiede, con le conseguenti problematiche che ne derivano in termini economici, organizzativi, produttivi e con i rispettivi punti di intervento.

Di seguito è trattato lo sviluppo di un nuovo sistema informativo aziendale, mostrandone le caratteristiche, le funzioni implementate e i notevoli vantaggi apportati in termini di monitoraggio e semplificazione del processo gestionale.

Si procede con un'analisi dei trend di produzione passati e lo studio di nuovi modelli di previsione di vendita, utili per facilitare e migliorare la pianificazione delle attività di produzione e di riordinazione.

Infine si analizzano i metodi di gestione dei magazzini e degli approvvigionamenti, effettuando valutazioni sulle tipologie di componenti presenti e sul loro impiego, per poi suggerire nuove logiche di riordino e di valutazione dei fornitori utili per migliorare la gestione del reparto in termini organizzativi ed economici.

# *CAPITOLO 1*

*SKF Industrie S.p.A.*

## 1.1 SKF in Italia

L'azienda SKF viene fondata in Svezia nel febbraio 1907 dall'inventore del cuscinetto orientabile a due corone di sfere. L'azienda si espande fin da subito aprendo filiali e concessionari nel Nord Europa e nel 1909 in Argentina, Giappone e Italia. In contemporanea in Italia nel 1907 viene fondata la RIV di Villar Perosa, fabbrica di cuscinetti a sfere di acciaio destinati all'utilizzo su vetture FIAT.

Nel 1917 la RIV si rende autonoma dalla FIAT e avvia un processo di espansione che porta all'apertura dello stabilimento di Apuania nel 1939, distrutto negli anni della Seconda Guerra Mondiale e ricostruito interamente nel 1947, e alla costruzione a Torino nel 1956 di un nuovo grande palazzo di uffici che rappresenterà per diversi anni l'immagine dell'azienda in Italia. La crescita continua lo stesso anno con l'apertura a Cassino del primo stabilimento RIV nel sud Italia, nel 1959 con la costruzione dello stabilimento di Pinerolo e nel 1961 con la costruzione della prima parte dello stabilimento di Airasca destinato a sostituire quello di via Nizza a Torino.

Nel 1965 la RIV entra a far parte del Gruppo SKF assumendo la denominazione "RIV-SKF Officine di Villar Perosa S.p.a.". Con l'accordo l'azienda svedese acquisisce i 2/3 del capitale azionario della società italiana e avvia un programma di ampliamento sedi che nel corso degli anni coinvolgerà tutti gli stabilimenti italiani del gruppo.

Nel 1980 la RIV-SKF Officine di Villar Perosa S.p.A. diventa holding e coordinata della nuova società RIV-SKF Industrie S.p.A. e infine nel 1988 acquisisce il nome di una sola delle due case madri diventando SKF Industrie S.p.A.

L'azienda procede nella sua espansione introducendo sul mercato nuovi prodotti e acquisendo società in diverse parti del mondo, venendo inclusa nei primi posti della Disclosure Leadership Index nel 2008.

Nel 2012 SKF Industrie inaugura la SKF Solution Factory di Moncalieri (TO), centro a elevata specializzazione che offre nuovi servizi per migliorare l'efficienza e l'affidabilità degli asset, ridurre i costi di manutenzione, incrementare la produttività e ottimizzare il design delle macchine critiche. Nel 2014 la RIV-SKF Officine di Villar Perosa S.p.A. viene fusa per incorporazione in SKF Industrie S.p.A. ed infine nel 2017 vien aperto una nuova ala dello stabilimento di Villar Perosa.

## 1.2 Stabilimento di Airasca

Lo stabilimento di Airasca è operativo dal 1962 e comprende attualmente due aree produttive, un magazzino prodotti finiti in cui confluiscono le produzioni di tutti gli stabilimenti SKF in Italia e di gran parte d'Europa e gli uffici direzionali, commerciali e di sviluppo sia per il settore Automotive che per il mercato industriale.

La maggior parte della produzione riguarda la parte dello stabilimento di Automotive Manufacturing che per vastità e numero di dipendenti rappresenta una delle realtà più significative di tutto il Gruppo SKF. L'area Automotive Manufacturing è specializzata nella produzione di diverse tipologie di cuscinetti a sfera per applicazione mozzo ruota, di prima, seconda e terza generazione, ed è costituita da 14 canali di produzione in linea ripartiti in raggruppamenti omogenei per tipologia di prodotto. I cuscinetti realizzati trovano impiego principalmente nel settore automobilistico, ma negli ultimi anni sono state avviate produzioni destinate anche a mozzi ruota per camion e mezzi agricoli. All'interno dell'area Automotive oltre alla produzione in serie dei 14 canali trova spazio il reparto Prototype che si occupa ancora della produzione di prototipi per cuscinetti mozzo ruota e cuscinetti speciali, ma dalle caratteristiche specifiche che richiedono lavorazioni particolari e produzione di lotti molto più piccoli destinati principalmente a clienti del settore racing. L'area di produzione di questo reparto non è organizzata come un normale canale, bensì è caratterizzata da "isole" ognuna delle quali composta da macchine specifiche per ogni tipo di lavorazione, così come le fasi di assemblaggio e testing anch'esse svolte all'interno del reparto da personale qualificato che utilizza strumenti e macchinari indipendenti dal resto dello stabilimento.

Il reparto Prototype, per le sue peculiarità organizzative e produttive, è gestito da un management diverso da quello dei canali. Lo stesso management si occupa anche della gestione dell'altra area produttiva della fabbrica di Airasca, quella del reparto Drive-by-wire. Si tratta di un'area di produzione molto più ristretta che sviluppa e produce soluzioni mecatroniche per sistemi frenanti di mezzi pesanti ed agricoli (SKF Electronic Parking Brake) e per sistemi sterzanti e di guida per mezzi pesanti e per il settore marino (SKF Electronic Steering Input Unit). La produzione di questo reparto si sviluppa in due canali di produzione indipendenti, uno per tipologia, lungo i quali sono compiute principalmente operazioni assemblaggio e testing. Benché la produzione sia in questo

caso orientata al prodotto, come avviene nel caso dei 14 canali di produzione di cuscinetti, tale reparto è molto più assimilabile al metodo di lavoro del Prototype Shop: lotti di piccole dimensioni, frequenti cambi tipo e prodotti diversificati in base alle richieste del cliente.

Lo stabilimento vanta 5 diverse certificazioni, IATF 16949:2016, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007, ISO 50001:2011 e l'ultima, Highly Protected Risk (HPR), ricevuta nel 2017 come premio per l'implementazione di un sistema di prevenzione dei rischi best in class su scala internazionale.

### **1.3 Prodotti**

L'azienda SKF è nata come fabbrica di cuscinetti e tuttora questo prodotto, nelle diverse forme esistenti, rappresenta il core business dell'impresa. L'elevata conoscenza raggiunta negli anni nel campo dei macchinari rotanti e dell'interazione fra componenti, ha permesso di espandere la produzione e di offrire nuovi prodotti e soluzioni per ridurre l'attrito applicabili in numerosi settori industriali.

Come già anticipato lo stabilimento di Airasca si occupa della produzione per il settore automotive di cuscinetti mozzo ruota di tre di verse famiglie:

- HBU1: cuscinetti di prima generazione costituiti da anelli interni, anello esterno, sfere e schermi;
- HBU2: cuscinetti di seconda generazione caratterizzati dall'anello esterno flangiato;
- HBU3: cuscinetti di terza generazione che hanno la forma costitutiva di un cuscinetto obliquo a due corone di sfere con sia anello interno che anello esterno flangiati.

Di rilevante interesse ai fini dell'elaborato però, sono i prodotti per applicazioni Drive-by-wire. Si tratta di una tecnologia sviluppata negli ultimi anni che estremizza il concetto di riduzione di attrito tra diversi componenti: questa categoria di prodotti ha infatti lo scopo di eliminare completamente le convenzionali connessioni meccaniche e idrauliche

tra le parti e di sostituirle tramite attuatori elettromeccanici comandati da centraline. Nello stabilimento di Airasca vengono prodotte due diverse unità Drive-by-wire, gli Electronic Parking Brake (EPB), figura 1.1 e gli Electronic Steering Input Unit (ESIU), figura 1.2. I primi sono attuatori di tensionamento cavo sviluppati per offrire una funzione freno di stazionamento efficiente a bordo di veicoli pesanti; i secondi sono una soluzione di mecatronica con unità di controllo elettronica integrata, software incorporato e interfaccia bus CAN, che può sostituire il piantone sterzo tradizionale offrendo un'efficiente funzione di comando sterzo, da integrare in sistemi steer-by-wire sia elettroidraulici che elettromeccanici.



*Figura 1.1 Unità ESIU*



*Figura 1.2: Unità EPB*

#### **1.4 Mercato e competitors**

SKF è presente a livello globale con una rete di distribuzione che copre oltre 130 paesi. Con l'esperienza acquisita dal 1907 ad oggi, opera in oltre 40 settori industriali tra cui aerospaziale, navale, ferroviario, racing, agricolo, due ruote, fino ad arrivare all'energia rinnovabile, al settore medico-sanitario e molti altri ancora. Lo stabilimento di Airasca è fornitore di cuscinetti mozzo ruota per alcune delle più importanti case

automobilistiche, vantando tra i propri clienti anche scuderie di F1 quali Ferrari, McLaren e Toro Rosso. Operando in così tanti settori industriali la quantità di competitors è elevata e tra i più rilevanti sono da segnalare NSK, TIMKEN, SCHAEFFLER e NTN.

Per quanto concerne le applicazioni Drive-by-wire realizzate ad Airasca, il mercato di riferimento è quello dei settori movimento terra, macchine pesanti e navale.

## 1.5 Sistemi informatici utilizzati

L'intero stabilimento di Airasca, così come gran parte degli stabilimenti SKF (al momento attuale – è in corso una migrazione verso piattaforme di ultima generazione), utilizza la piattaforma informatica AS400, progettata e commercializzata da IBM dal 1988. Si tratta di un sistema multiutente, cioè in grado di servire contemporaneamente più terminali, e appartenente alla classe midrange, termine con il quale si indica una famiglia di calcolatori di maggiore potenza rispetto ai personal computer. I sistemi AS400 hanno avuto particolare successo nel mondo e tra le PMI italiane per il costo relativamente limitato, per la grande disponibilità di pacchetti software adatti alle esigenze delle diverse aziende, per la stabilità del sistema operativo, per la sicurezza e la riservatezza dei dati e la velocità di trattamento di molte informazioni.

L'utilizzo di questo sistema richiede un intervento attivo da parte dell'operatore. Le funzioni di gestione sono effettuate tramite interfaccia a riga di comando, in cui l'interazione fra utente ed elaboratore è di tipo testuale: l'operatore inserisce una serie di comandi testuali di input da tastiera e riceve risposte testuali in output a display. Più in particolare, l'input dei comandi è assistito da un prompt, cioè un cursore lampeggiante che indica la posizione sulla schermata e scompone i comandi controllandone la sintassi.

A tale sistema è attribuibile l'appellativo Legacy, con il quale si intendono tutti i *“grandi sistemi software con cui non si vorrebbe avere a che fare ma che sono vitali per l'organizzazione”*[Bennet]. Benché radicato nell'organizzazione SKF infatti, possiede molte caratteristiche datate che ne complicano l'utilizzo e la comprensione, ma il suo impiego non può essere facilmente accantonato a causa degli enormi investimenti effettuati nel corso degli anni. I principali svantaggi sono dovuti a:

- Progettazione risalente a oltre venti anni fa secondo vecchie concezioni ormai superate;
- Scrittura in linguaggio di vecchia generazione;
- Supporto di un database obsoleto;
- Applicazioni che lo compongono sono stand-alone, ognuna progettata e realizzata indipendentemente dal resto;
- Difficile comprensione dovuta alla documentazione non aggiornata con le modifiche via via apportate;
- Pratiche aziendali non esplicitamente documentate ma presenti immerse nel codice stesso del legacy.

Per queste motivazioni si è reso necessario lo sviluppo di altri sistemi informativi interni alle diverse aree aziendali, più intuitivi e accessibili da tutto il personale necessario, come quello che sarà illustrato nel presente elaborato, progettato esclusivamente per la gestione del reparto Drive-by-wire. L'ulteriore scopo è quello di dare, con il nuovo sistema, un supporto decisionale adeguato, tale da velocizzare e facilitare le procedure: in tal modo è possibile aumentare la produttività del Planner, permettendogli di svolgere ulteriori mansioni non solo relative al proprio reparto, ma anche in aiuto all'organizzazione della divisione Prototype, creando così una figura "jolly" in grado di intervenire nelle difficoltà di entrambe le aree.

## **1.6 Drive-By-Wire Manufacturing Shop**

Il reparto si sviluppa con un layout interamente orientato al prodotto: l'area di produzione, infatti, è formata da due canali indipendenti ognuno dei quali dedicato ad una singola categoria prodotto, su cui si svolgono operazioni di assemblaggio, testing e packaging (figura 1.3).

Prima dell'inizio della produzione, i componenti, se non sono presenti nel magazzino del reparto, vengono richiamati dal magazzino centrale e spostati sul canale senza il supporto di nessun sistema informatico che tenga traccia della movimentazione; dopodiché gli operatori si occupano di posizionare in ogni stazione di lavoro i rispettivi

elementi necessari per l'assemblaggio e solo a questo punto può avere inizio il processo produttivo.

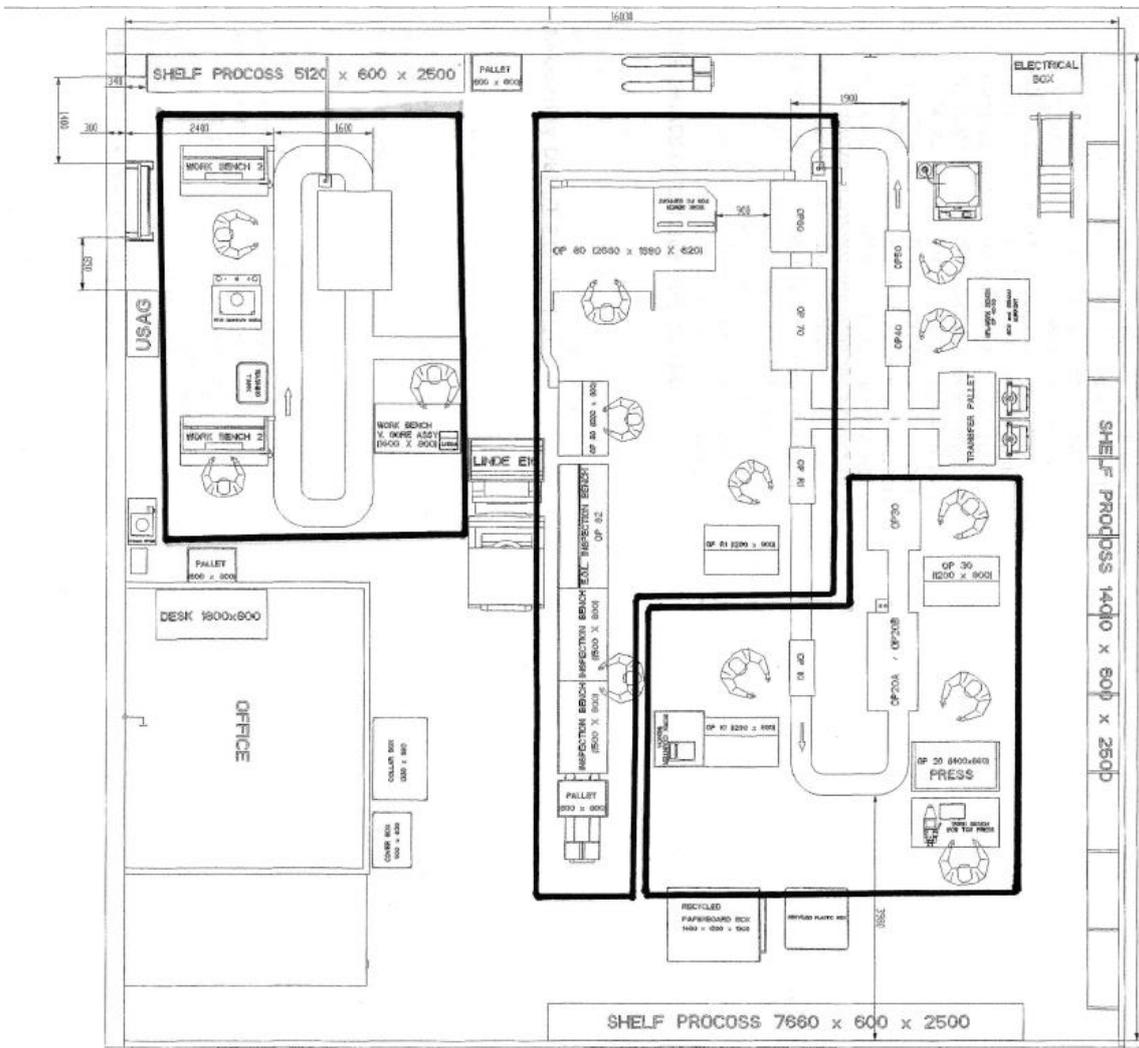


Figura1.3: Layout reparto DBW

### 1.6.1 Electronic Parking Brake Channel

Le unità EPB sono formate da un motore elettrico e da una centralina, chiusi all'interno di un guscio protettivo di plastica e collegati ad un cavo bowden di tensionamento. Mentre i prodotti finali si differenziano per le numerose variabili di componenti utilizzati, principalmente motori, centraline e cavi bowden, il processo di assemblaggio rimane sostanzialmente lo stesso. Nella descrizione successiva del processo, tuttavia, sarà preso in esame il caso di un prodotto specifico, l'ADW-0001.

Il canale di produzione degli EPB è stato progettato e sviluppato da SKF in co-design con fornitori specializzati ed è il più grande, complesso ed automatizzato dei due del reparto. Si compone di 9 stazioni di lavoro più una di packaging finale e di un supervisore automatico basato sul sistema SCADA con server SQL per il monitoraggio e la raccolta dei dati di assemblaggio e testing di ogni stazione di lavoro. A pieno regime lavorano sulla linea in totale 3 operatori, ma il numero complessivo varia in base alle necessità di produzione fino ad arrivare ad un minimo di un operatore in casi di turni straordinari.

### *OP10*

Si tratta di una stazione semi-automatica in cui l'operatore posiziona il motore su un pallet ed effettua le prime verifiche delle funzionalità elettriche. Il banco prova di questa stazione ha lo scopo di:

- Generare una rampa di tensione tra  $V_{\min}$  e  $V_{\text{lavoro}}$ ;
- Verificare che la corrente assorbita dal motore rimanga all'interzo della zona di tolleranza parametrizzata nel sistema;
- A raggiungimento della tensione di regime, determinare la velocità effettiva di rotazione del motore, confrontandola ed accettandola a fronte di un valore di riferimento ed una tolleranza entrambi parametrizzati nel sistema;
- Eseguire un ciclo di azionamento nel senso inverso, con decelerazione graduale del motore, inversione della tensione e nuovo ciclo di movimentazione.

In questa fase inoltre, l'operatore associa il numero seriale del pallet al codice identificativo del lotto del motore stampato su un'etichetta ad esso incollata. Il codice del pallet viene letto ad ogni stazione da un sensore RFID in modo da permettere al supervisore di tenere traccia delle lavorazioni e della movimentazione di ogni prodotto fino all'ultima stazione.

Se tutte le verifiche hanno esito positivo il pallet lascia la stazione spostandosi sul nastro trasportatore verso OP20. Se le verifiche non sono soddisfatte il motore è rifiutato e spostato in automatico in quella che viene chiamata baia di scarto.

### *OP15*

È una stazione di lavoro semi-automatizzata intermedia a OP10 e OP20, ma che si trova al di fuori del canale. L'operatore in questa stazione si occupa di assemblare tre

ingranaggi che saranno manualmente trasportati in OP20. In questa fase non è previsto alcun tipo di tracciabilità e di test di verifica.

### *OP20*

È la seconda stazione del canale e si divide in due sottostazioni, una dedicata all'assemblaggio e una al testing. In OP20a arrivano i pallet con i motori da OP10 ai quali viene aggiunto il riduttore ad ingranaggi assemblato in OP15. Una volta ingrassato e avvitato il meccanismo, l'operatore autorizza lo spostamento del pallet su OP20b. Questa postazione di prova ha l'obiettivo di verificare sotto carico il motore elettrico e l'accoppiamento con il riduttore di ingranaggi e di acquisire parametri riguardo:

- Impostazione di una tensione di alimentazione del motore;
- Generazione di una rampa di corrente tra  $I_{min}$  e  $I_{lavoro}$ ;
- Verifica della corrispondenza tra la tensione applicata al motore e la coppia applicata, in corrispondenza dei valori di corrente di limitazione impostati dalla rampa di avviamento, fino al valore di corrente di lavoro;
- Esecuzione del ciclo di azionamento nel senso inverso, con decelerazione graduale del motore, inversione della tensione e nuovo ciclo di movimentazione;
- Acquisizione delle vibrazioni provenienti dalla scatola del riduttore.

Se la stazione registra che tutti i parametri sono verificati correttamente il pallet si sposta verso la stazione successiva, altrimenti viene indirizzato verso la baia di scarto.

### *OP30*

Si tratta della prima stazione della linea completamente manuale. L'operatore assembla la vite di trasmissione del moto con il cablepuller, ingrassa e inserisce i componenti nel semi-assemblato proveniente da OP20. Al termine dell'operazione il pallet prosegue verso OP40.

### *OP40*

In questa stazione semi-automatizzata, il semi-assemblato viene inserito nel proprio housing di plastica. Il pallet utilizzato fino a questo momento deve essere sostituito a causa delle nuove dimensioni del prodotto: la sostituzione del pallet avviene associando il numero seriale del vecchio contenitore con quello del nuovo in modo da permettere

al supervisore di proseguire la tracciatura del WIP senza discontinuità. Successivamente si verifica sotto un carico di 100 kg il gruppo formato da motore elettrico accoppiato meccanicamente con il riduttore ad ingranaggi e con il gruppo vite-madrevite. Il banco genera e acquisisce i seguenti parametri:

- Tensione di alimentazione del motore, che corrisponderà alla massima tensione generabile in caso di bassa corrente assorbita;
- Generazione di una rampa di corrente tra  $I_{min}$  e  $I_{lavoro}$ ;
- Gestione dei dispositivi di movimento/bloccaggio del carico;
- Verifica del valore della tensione applicata al motore nel corso dell'intera corsa di movimento della vite;
- Verifica della validità del valore acquisito di tensione comandando il movimento inverso una volta raggiunta la posizione di finecorsa della vite.

Se il test è superato il semi-assemblato procede verso OP50, altrimenti viene scartato e inviato alla baia di scarto.

#### *OP50*

È la seconda stazione della linea completamente manuale. L'operatore monta sull'assemblato la centralina necessaria. Ogni centralina è caratterizzata da uno specifico data-matrix che deve essere associato al codice RFID del pallet contenente l'assemblato su cui è montata. Successivamente l'operatore termina la chiusura del gruppo avvitando la cover laterale.

#### *OP50b*

È una stazione di verifica semi-automatica che dà inizio a quelli che sono i test di verifica end of line. 2 pezzi per turno sono sottoposti ad un test di tenuta e attuazione per 2 minuti al fine di verificare la bontà della saldatura delle centraline. Come per ogni altro test di qualità effettuato in linea, se il sistema riscontra valori esterni ai limiti di tolleranza, l'assemblato viene diretto verso baia di scarto.

#### *OP60*

È la prima stazione completamente automatica della linea. Effettua un test di tenuta delle guarnizioni generando all'interno dell'assemblato, tramite un foro, una pressione

di 100 millibar. Se i valori di perdita registrati dal sistema sono accettabili il pallet prosegue verso OP70, altrimenti è scartato verso la baia di scarto.

#### *OP70*

Seconda stazione di testing interamente automatizzata. Effettua un collaudo funzionale di verifica delle prestazioni e degli output sia elettrici che meccanici. Sono effettuate 10 attuazioni di cui vengono registrati i valori di forza applicata. Se il sistema riscontra valori fuori dai limiti l'assemblato viene diretto alla baia di scarto.

#### *OP80*

Da questo punto in poi le stazioni sono distaccate dal canale e gli assemblati non si spostano più per mezzo del nastro trasportatore, ma vengono movimentati dagli operatori. L'addetto preleva dal nastro trasportatore il pallet con l'assemblato che ha superato la fase OP70 e lo trasferisce al banco di lavoro della stazione. Qui procede all'aggiunta del cavo bowden richiesto e alla verifica della sua efficienza. Tramite un test di 10 attuazioni sono ricavati i valori di forza a valle del cavo e confrontati con quelli ottenuti dalla prova svolta in OP70: dal rapporto tra di essi è ottenuto il valore di efficienza del cavo che non deve scendere al di sotto dell'85%.

#### *OP90*

Si tratta dell'ultima stazione di lavoro. Come prima operazione l'addetto, con l'aiuto di una piccola pressa, inserisce una valvola Gorotex nel foro utilizzato in OP60 per effettuare il test di tenuta. Successivamente effettua una verifica della quota di interfaccia del cavo ed infine esegue un controllo visivo dell'assemblato finale.

Fino a questo punto ad ogni stazione un lettore RFID ha registrato le operazioni eseguite per ogni pallet, e di conseguenza per ogni assemblato, trasferendo i dati al supervisore. Con la conclusione dell'ultima operazione di assemblaggio e verifica della qualità, il supervisore verifica che per quel prodotto sia stato eseguito tutto correttamente e procede in automatico alla stampa della "etichetta grigia" che l'operatore provvede ad attaccare sul fondo del prodotto finito.

### *OP100*

È l'ultima stazione del canale relativa al packaging dei prodotti. L'operatore toglie definitivamente dal pallet l'assemblato, ormai identificabile dall'etichetta grigia presente su di esso e provvede a cospargere con smalto rosso 2 viti di chiusura della cover di plastica. Questo permette, in caso il cliente restituisca il prodotto perché ritenuto difettoso, di verificare che l'assemblato non sia stato aperto: in tale circostanza il cliente perde ogni autorità di reclamo e le eventuali riparazioni diventano a suo carico. Infine l'operatore provvede ad inserire l'unità completa nei contenitori adeguati che, una volta riempiti, vengono chiusi e labellati in attesa di essere stoccati in magazzino.

### *OP R1*

Si tratta della stazione detta baia di scarto. È l'unità della linea in cui confluiscono i pallet con i semi-assemblati scartati in precedenza da qualsiasi stazione lo permettesse. In questa fase l'operatore con un lettore RFID scannerizza il codice del pallet e legge su un display touch la stazione e la motivazione per cui il pallet è stato scartato. L'addetto provvede alla sostituzione e alla riparazione del problema e per mezzo del touch screen lo comunica al sistema; a questo punto il pallet si sposta sul nastro trasportatore lungo tutta la linea e si fermerà solo alle stazioni delle lavorazioni non eseguite in precedenza per riprendere il normale flusso di produzione.

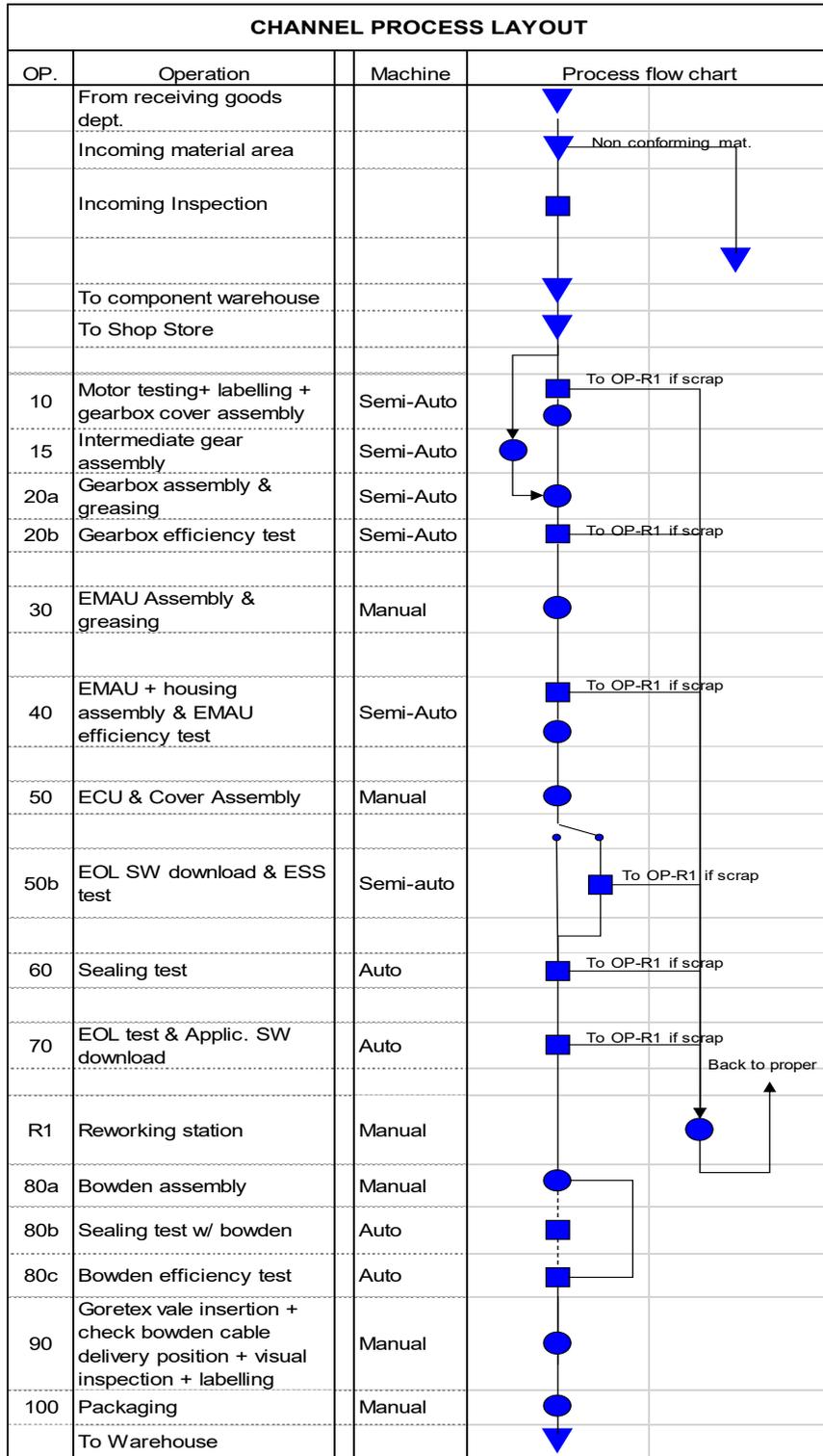


Figura 1.4: Process layout EPB channel

### **1.6.2 Electronic Steering Input Unit Channel**

Le unità ESIU sono composte da un alberino collegato ad una centralina e ad un freno elettromagnetico, inseriti all'interno di un housing dal quale si diramano i cablaggi necessari per l'installazione sul prodotto finale. Gli assemblati finali si differenziano principalmente per le tipologie di centraline, cablaggi, alberini, cover e freni utilizzati, tuttavia il processo di assemblaggio rimane invariato per ogni tipologia di prodotto finale.

Si tratta di una linea di assemblaggio più piccola, composta da 4 stazioni di lavoro più una di packaging, poco automatizzata e senza il monitoraggio del supervisore sul WIP, ma che mantiene un'impostazione del layout orientata al prodotto. In piena produttività richiede la presenza di due operatori, ma in caso di produzione limitata è sufficiente il lavoro di un solo addetto.

#### *OP10*

È la prima stazione della linea in cui è assemblato manualmente il front assembly. L'operatore assembla l'alberino con il cuscinetto, inserisce l'assieme nell'apposita sede del housing, aggiunge un anello di tenuta e un magnete al fondo dell'alberino. Successivamente monta il disco freno e il freno elettromagnetico all'interno del housing e inserisce uno schermo magnetico tra il freno e il magnete dell'alberino. Al termine delle operazioni compila un foglio su cui prende nota della lavorazione e del serial number del freno elettromagnetico montato e dà l'autorizzazione allo spostamento del front assembly tramite nastro trasportatore alla stazione successiva.

#### *OP30*

Seconda stazione di lavoro manuale suddivisa in due sotto-stazioni. In OP30a l'operatore si occupa di assemblare la parte elettronica costituita da cablaggi, connettori, sensori angolari e centraline: per tutte le diverse centraline utilizzate sui prodotti, sono disponibili 16 differenti posizioni di switch elettronici ognuna delle quali è associata ad una particolare configurazione di lavoro del prodotto. La parte elettronica, che forma il rear assembly, è poi collegata al front assembly in OP30b e l'intera unità sterzo così ottenuta è posizionata su un pallet a cui vengono collegati anche i cablaggi. Terminate

le operazioni l'addetto annota sul foglio la configurazione della centralina e dà l'autorizzazione alla movimentazione del pallet verso la stazione successiva.

#### *OP40*

È l'unica stazione della linea completamente automatica ed effettua l'end of line test dell'unità sterzo. A questo punto il sistema associa il serial number del freno all'unità e al codice del pallet e l'operatore provvede a riportare tutto sul foglio. Sono verificate le funzionalità elettroniche, le prestazioni e la calibrazione del freno, la bontà del sensore angolare e il consumo di energia del prodotto. Se l'assemblato non supera il test viene scartato e diretto alla baia di scarto.

#### *OP50*

Il pezzo completo che ha superato il test di OP40, viene tolto dal pallet e posizionato sul banco per l'ispezione visiva. Il sistema stampa l'etichetta grigia con il codice assegnato alla stazione precedente e l'operatore provvede ad applicarla sull'unità.

#### *OP60*

Terminata l'ispezione visiva l'addetto procede al packaging. Ogni unità è inserita in una scatola singola e poi posizionata in un box che, una volta pieno, viene labellato e immagazzinato nel magazzino centrale dello stabilimento.

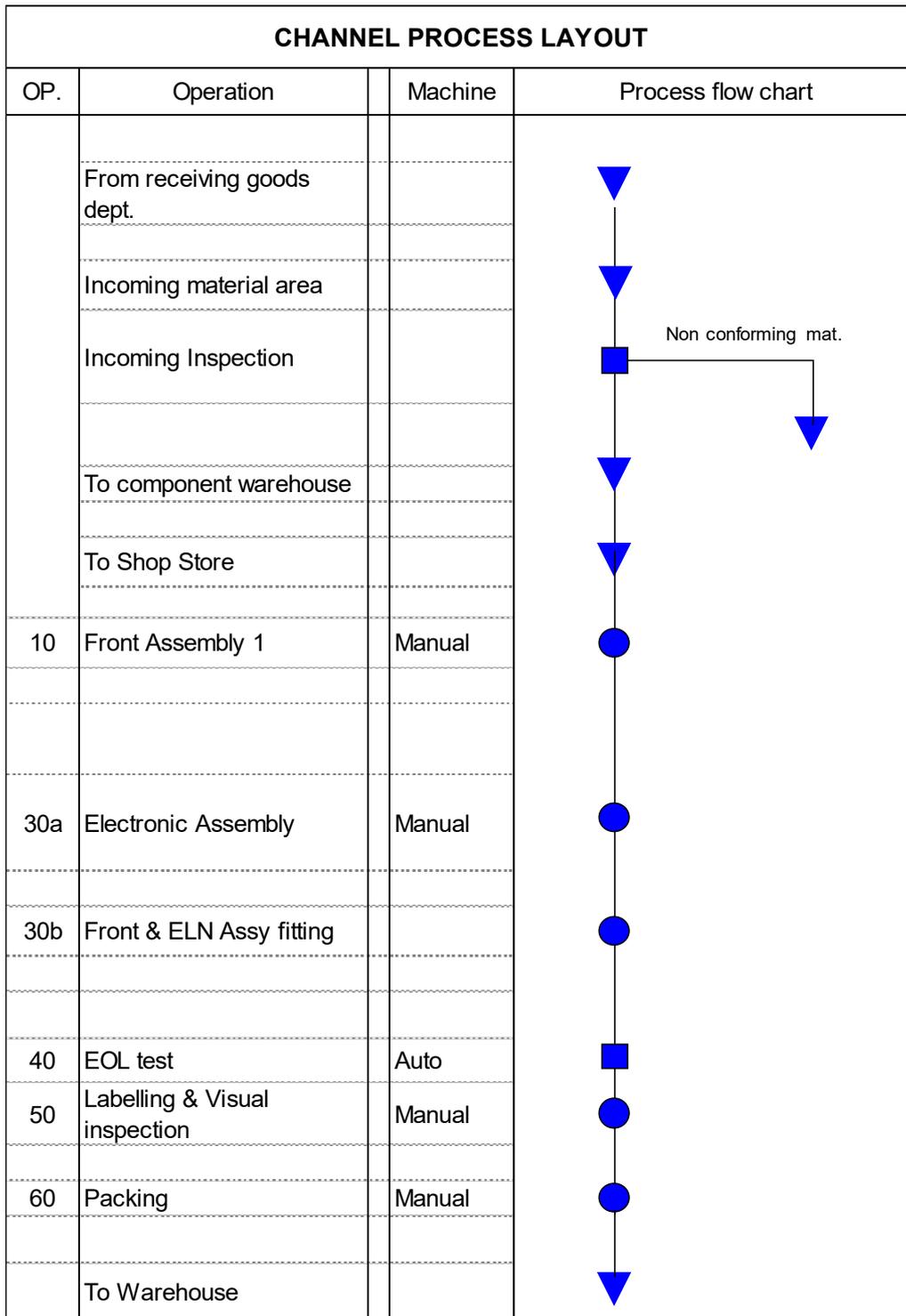


Figura 1.5: Process layout ESIU channel

## *CAPITOLO 2*

### *Formalizzazione Generale Del Processo*

## Introduzione

Il flusso di dati del reparto DBW attraversa numerose fasi raggruppabili in 5 macro-aree relative a order handling, pianificazione, gestione del magazzino, produzione e management. Tali sezioni sono gestite attualmente per mezzo del sistema legacy AS400, del coordinamento congiunto dei responsabili e dell'utilizzo di diversi file Excel. La struttura organizzativa rispecchia appieno le caratteristiche di una struttura funzionale. Nel caso del reparto Drive-by-wire, così come in tutti i modelli funzionali, le specializzazioni sono raggruppate in uffici/servizi (figura 2.1) nei quali risiede la competenza specifica: le funzioni sono ambiti omogenei e hanno il compito di suddividere l'attività tra più persone che hanno la competenza specifica in quel settore. Il passaggio di un'attività da una funzione all'altra determina, quindi, una discontinuità: la mancanza di completezza di informazioni è uno dei problemi, in tutte le aziende organizzate in questo modo, più difficili da colmare.

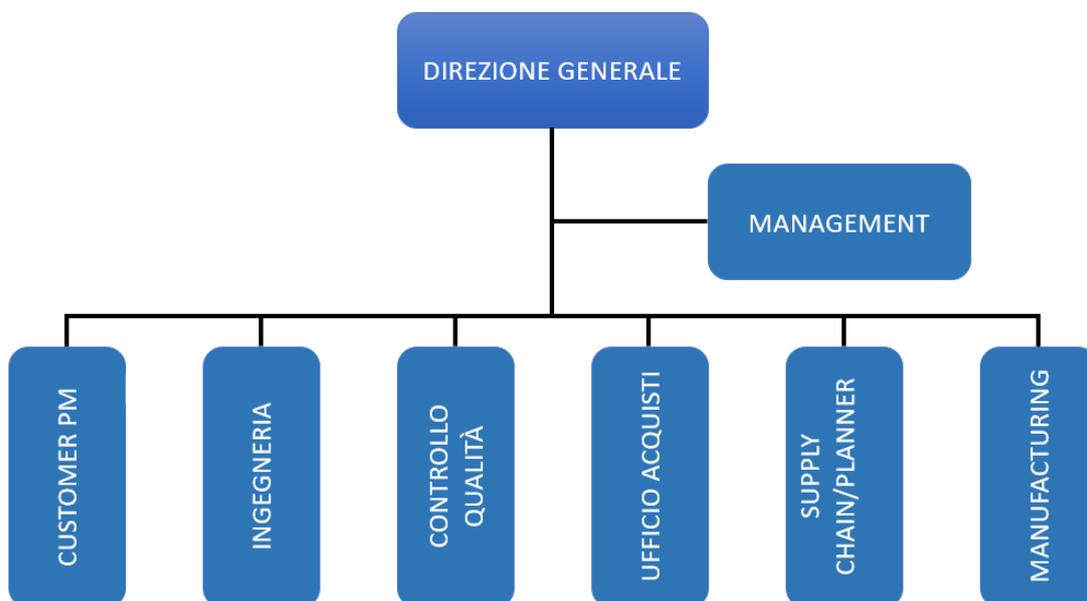


Figura 2.1 Struttura funzionale

## 2.1 Order handling

L'input di processo è l'arrivo di un nuovo ordine dal cliente. L'ordine è gestito diversamente in base al fatto che si tratti di un nuovo prodotto non esistente a sistema, di un prodotto già registrato, sviluppato e assemblato in precedenza, o di un prodotto di base.

Nel caso l'ordine del cliente sia relativo ad un nuovo prodotto, la richiesta passa in prima battuta sotto l'analisi del *Customer Project Management* che ha la funzione di verificarne la fattibilità. Se il risultato è positivo l'ordine viene trasmesso all'*Engineering* che si occupa di creare e sviluppare i disegni tecnici. I disegni sono poi inviati via mail al *Supply Chain* che provvede ad inserire a sistema l'ordine creando una nuova matrice, cioè un codice corrispondente a quello del prodotto finito che sarà realizzato (ADD-\*\*\*\* o ADW-\*\*\*\*), e ad associare la rispettiva bill of material. Successivamente, sulla base della matrice e della BOM, l'Ufficio Acquisti provvede a definire i costi del progetto e ad inserirli sul sistema. Tale fase di order handling termina con l'approvazione del cliente e l'ordine che viene imbucato sul sistema ICSS.

Nel caso in cui l'ordine sia per un prodotto esistente, la fase di order handling viene bypassata e la richiesta entra direttamente in ICSS che controlla la disponibilità a magazzino: se il riscontro è positivo il sistema in automatico conferma l'ordine al cliente, altrimenti l'ordine resta in attesa della pianificazione della produzione del Planner.

## 2.2 Pianificazione

A questo punto del processo diventa operativa la figura del *Planner* che lavora principalmente per mezzo del sistema MPSS (Master Production Scheduling System). MPSS, dall'applicazione FF23, richiama le linee d'ordine inserite precedentemente a sistema e propone su questa base una forecast della produzione dei successivi 6 mesi. Il Planner in presenza di un nuovo ordine allinea tale forecast con le quantità mostrate dal sistema in orderbook. Una volta eseguito l'allineamento, su MS41 (sotto-sistema di MPSS) viene mostrata una pianifica effettuata dal sistema che il *Planner* ha l'autorità di

modificare in caso non sia ritenuta sufficientemente adeguata. Da MS58, il *Planner* inserisce o modifica la pianifica della produzione di ogni canale, lotto per lotto fino alla saturazione, in modo da non ritardare le consegne e quindi non creare broken promises.

## 2.3 Gestione del magazzino

Stabiliti gli ordini di produzione, il *Planner* deve garantire che i componenti necessari siano disponibili a magazzino e in reparto in tempo per rispettare la data di inizio della produzione. Il sistema MCSS interviene nuovamente creando un MRP che suggerisce, tenendo conto della disponibilità a magazzino e dei lead time dei diversi fornitori, delle proposte di ordine da effettuare, che il *Planner* analizza, modificandole se necessario, per poi procedere con l'emissione degli ordini.

I componenti devono essere consegnati conformemente alle date richieste e sono trattati in modi diversi a seconda che si tratti di elementi standard, di elementi ordinati su specifiche richieste del reparto o di fornitori muniti del "free pass certificate":

1. Nel primo caso, se i componenti sono subito necessari per la produzione vengono posizionati nel magazzino del reparto, strutturato in una serie di scaffali posizionati accanto alle linee di produzione, mentre le quantità restanti sono inviate al magazzino generale dello stabilimento;
2. I componenti ordinati su specifica richiesta o quelli di nuovi fornitori non muniti del "free pass certificate" invece, sono prima sottoposti in reparto ad una verifica di incoming: vengono effettuati controlli visivi e dimensionali sul 2.5% o 5% delle quantità seguendo specifiche istruzioni e riportando i risultati su schede di controllo in formato Excel. Se le verifiche sono superate i pezzi possono essere immagazzinati nel magazzino generale o, se richiesti urgentemente per la produzione, restano direttamente in reparto nel magazzino a fianco delle linee; se le verifiche hanno esito negativo i lotti in arrivo sono scartati e rispediti indietro al fornitore.

Tutte le quantità in arrivo vengono registrate dal magazziniere sia sul sistema SKF sia su un file Excel "Situazione Magazzino DBW" che viene inviato per email al *Planner*.

## 2.4 Produzione

Gli ordini di produzione stabiliti dal *Planner* devono essere comunicati direttamente al *Manufacturing Manager*. In caso di un nuovo prodotto, viene inviato al *Manufacturing Manager* un ulteriore file Excel “Richiesta di lavoro” contenente una descrizione delle attività da svolgere diversamente dal normale processo. I lotti di prodotti finiti sono poi gestiti di nuovo dal *Planner* che, ancora per mezzo del sistema AS400, ne coordina la logistica in uscita. Completato il packaging di un lotto, il *Planner* esegue sul sistema un ordine di versamento della quantità e del prodotto comunicato personalmente dal *team leader* del reparto. Quest’ultimo, successivamente, accede al sistema M24 e procede alla stampa dell’etichetta da apporre sul pallet, riportante informazioni sul numero identificativo dell’item, il numero del box e la data di produzione.

## 2.5 Management

Dati di produzione e di magazzino devono successivamente essere raggruppati in una dichiarazione di produzione, effettuata su un file Excel dal responsabile di produzione, tramite la quale il *Management* ricava indicatori relativi a versamenti, scarti, efficienza e saturazione.

## 2.6 Rapporto produzione

Tutti gli aspetti del processo elencati fino ad ora sono trattati e discussi settimanalmente durante quello che viene chiamato “rapporto di produzione”. Si tratta di un meeting, presieduto dal Manager del reparto, a cui partecipano *Planner*, *Manufacturing Manager* e *Product Quality & Testing Manager*, che ha lo scopo di condividere e allineare le informazioni tra i partecipanti. In particolare vengono trattati e analizzati i seguenti aspetti:

- Produzione realizzata nella settimana terminata;
- Pianifica della produzione delle successive settimane;
- Efficienza dei canali e ragioni di eventuali blocchi;
- Pianifica degli ordini ai fornitori;
- Criticità con i fornitori;
- Reclami dei clienti.

Durante il rapporto produzione sono utilizzati a supporto diversi file Excel di cui, nel seguito, sarà esposta la funzione di ognuno.

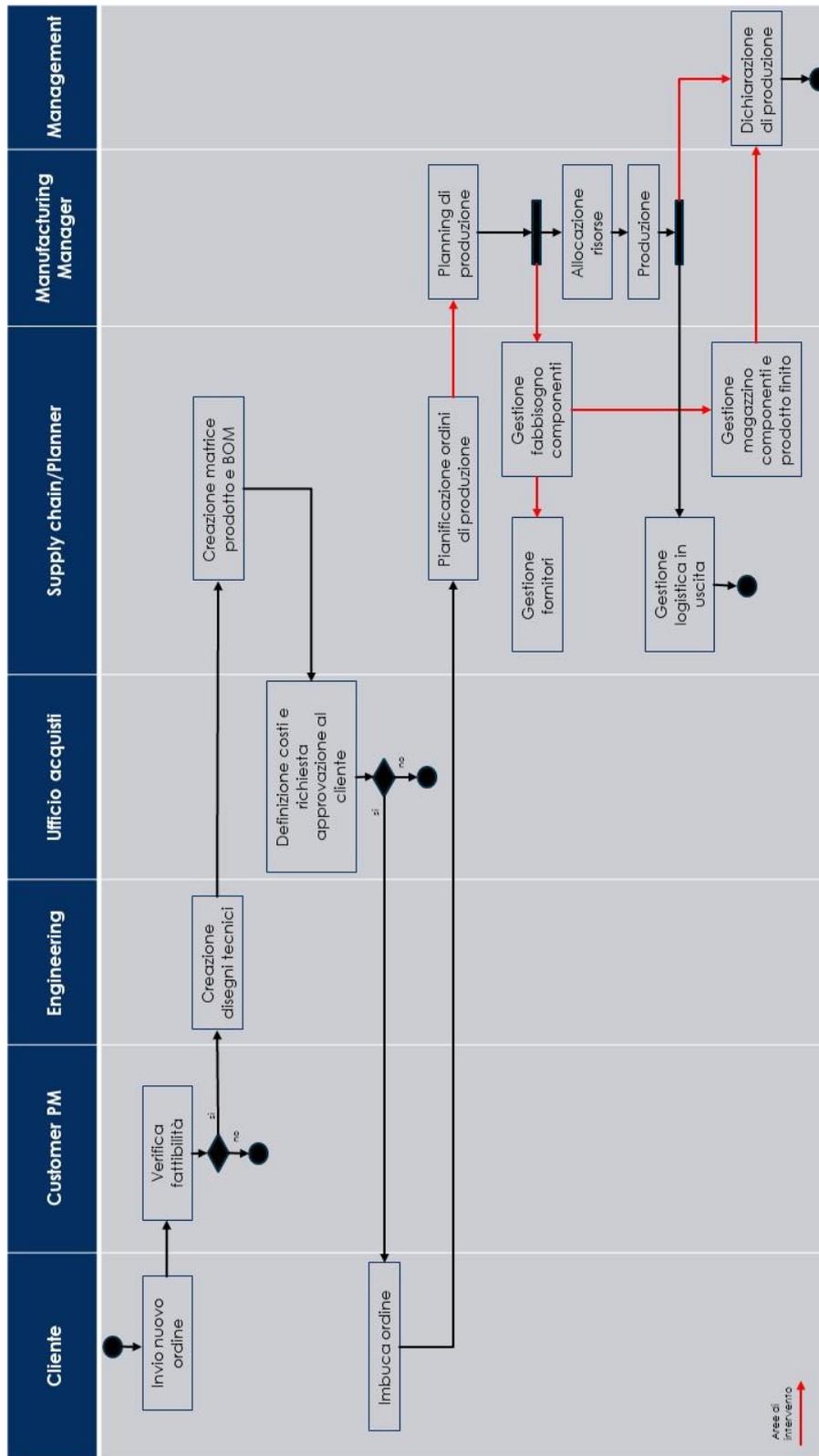


Figura 2.2 Flusso informativo

## *CAPITOLO 3*

### *Criticità Processuali E Aree Di Intervento*

## Introduzione

Il flusso di informazioni e dati dall'accettazione dell'ordine alla dichiarazione di produzione, incontra diverse discontinuità dovute alla mancanza di sistemi e interfacce complete. Tali problemi provocano gravi difficoltà di coordinamento tra le parti interessate, con conseguenti ricadute sull'operatività e sull'efficienza produttiva.

Per queste ragioni, prima di procedere con lo sviluppo di nuove metodologie da applicare, è fondamentale entrare nei dettagli delle fasi critiche per comprendere interamente il processo.

### 3.1 Pianificazione della produzione

Il primo ostacolo ad una trasmissione lineare e continua di informazioni si riscontra tra l'emissione degli ordini di produzione e la definizione del planning di produzione. Come spiegato in precedenza, il *Planner* arriva alla pianifica di produzione giornaliera tramite l'uso del sistema MS58 che però, oltre a non essere accessibile dal responsabile di produzione, risulta di difficile interpretazione trattandosi di una piattaforma vecchia e poco intuitiva. Al *Manufacturing Manager* viene reso visibile un gantt delle consegne sviluppato appositamente dal Planner sul file Excel "Produzione DBW\_W\*\*" in cui sono riportate, manualmente a partire dal sistema, le date in cui i prodotti devono essere consegnati. In assenza di comunicazione e coordinamento tra le figure chiave di questa fase, può capitare che il *Manufacturing Manager* stabilisca una pianifica della produzione sulla base del gantt delle consegne diversa da quella stabilita su MS58 dal *Planner*: mentre il *Planner* si fa guidare dai suggerimenti del sistema, il *Manufacturing Manager* pianifica il proprio lavoro soprattutto sulla base della propria esperienza professionale sulle dinamiche di produzione dei canali. Questo metodo organizzativo ha funzionato fin quando i lotti di produzione erano di piccole dimensioni, poche decine di unità, e quindi facilmente gestibili e pianificabili. Con l'aumento delle dimensioni dei lotti la pianifica della produzione ha alzato il grado di difficoltà organizzativa mostrando le

gravi criticità di tale gestione sia a livello di produzione che a livello di approvvigionamento componenti.

### 3.2 Fabbisogno componenti e gestione magazzino

La gestione dei componenti e del magazzino è effettuata in tre fasi, nessuna delle quali fornisce un'informazione chiara e corretta della reale situazione di disponibilità.

A partire dagli ordini di produzione il sistema verifica la disponibilità a magazzino dei componenti. Il valore riportato, però, non è attendibile ed utilizzabile. Il sistema monitora il WIP, leggibile dall'applicazione QU13, ma solo in termini di unità che secondo la pianifica del sistema dovrebbero essere in linea di produzione, senza considerare i componenti necessari. Il sistema quindi non tiene conto del fatto che una parte dei componenti classificati come disponibili in magazzino, in realtà si trovano in linea di assemblaggio o addirittura già assemblati e confezionati in attesa del labelling del pallet e del versamento. Fino al momento in cui i prodotti finiti non vengono versati e stoccati/spediti perciò, il sistema non è in grado di aggiornare la disponibilità dei componenti generando possibili errori di pianifica degli ordini. È stato sviluppato, quindi, un sistema provvisorio di valutazione del fabbisogno tramite l'utilizzo dei file Excel "Produzione DBW\_W\*\*" e "Situazione Magazzino DBW".

Il file "Situazione Magazzino DBW" è gestito interamente dal responsabile del magazzino ed ha lo scopo di sopperire in parte, alla mancanza del monitoraggio dei componenti presenti in linea e già assemblati. Al suo interno sono stati creati due fogli di lavoro, uno per canale, riportanti per ogni singolo componente le quantità realmente presenti a magazzino e disponibili per la produzione, offrendo così al *Planner* un'informazione più vicina ai reali fabbisogni. All'interno del file di produzione sono stati creati quattro ulteriori fogli, due per canale, uno riportante le BOM con i soli componenti critici dei prodotti schedulati e l'altro l'elaborazione degli ordini: dal gantt e dalle BOM è ricavato il fabbisogno settimanale di ogni componente critico a cui è sottratta la giacenza reale letta dal file "Situazione Magazzino DBW" e sommata la quantità ordinata per ogni settimana.

Il *Planner* si occupa di tenere aggiornato giornalmente il file e di ripianificare gli ordini nel caso in cui la disponibilità dei componenti non sia sufficiente a soddisfare la produzione programmata. Questo tipo di organizzazione genera una ulteriore difficoltà nella pianifica degli ordini dovuta al disallineamento tra i due possibili diversi planning di produzione, generati da *Planner* e *Manufacturing Manager*, e gli ordini di produzione. Il foglio Excel che supporta il *Planner* nella pianifica degli ordini si basa sul gantt delle consegne riportato nel file, che mostra quando le unità devono essere pronte per la consegna. La produzione, dettata dal planning del *Manufacturing Manager* però, inizia diversi giorni prima della data di consegna in base alla dimensione del lotto: ciò significa che il *Planner* deve valutare autonomamente senza il supporto di nessun sistema informatico con quanto anticipo è necessario effettuare gli ordini rispetto a quanto indicato dal file "Produzione DBW\_W\*\*" e dal sistema SKF.

Questo tipo di criticità, insieme alle elevate difficoltà nella pianifica della produzione, risultano le più complesse e urgenti da risolvere in quanto le conseguenze che ne derivano possono comportare un blocco della produzione per mancanza di componenti. Per questo sono state adottate "in itinere" soluzioni correttive in attesa dell'implementazione del sistema informativo.

### **3.2.1 Gantt di produzione**

Le enormi difficoltà riscontrate derivano principalmente dall'utilizzo del "gantt delle consegne" come base per la pianifica degli ordini ai fornitori e il controllo della disponibilità a magazzino

Utilizzando il "gantt delle consegne" per monitorare la giacenza, risulta che ci sia disponibilità di componenti per la produzione, ma tale disponibilità non tiene in considerazione il fatto che questi componenti servono in linea di assemblaggio diversi giorni prima: solo al momento dell'inizio della produzione, quando si vanno a posizionare i componenti sui canali, ne diventa evidente la carenza ma è ormai troppo tardi per prendere azioni correttive.

Sul file "Simulazione di Produzione DBW\_W\*\*" è stato creato un ulteriore gantt relativo alla pianifica della produzione. La pianifica di produzione che il *Planner* ha creato con il supporto del sistema SKF, letta da MS58, viene riportata manualmente sul nuovo gantt

indicando giorno per giorno la quantità di unità che ogni canale deve produrre. I calcoli relativi al fabbisogno svolti originariamente sulla base del gantt delle consegne, vengono rielaborati a partire dal nuovo gantt di produzione fornendo un'immagine molto più corretta del reale fabbisogno di tutti i componenti. Questo nuovo gantt diventa, inoltre, quello che il *Manufacturing Manager* utilizza per gestire la produzione e l'allocazione delle risorse.

### **3.2.2 Controllo planning**

Ancora sul file "Simulazione di Produzione DBW\_W\*\*" è stato aggiunto un ultimo foglio (figura 3.1) allo scopo di verificare che la pianifica di produzione riesca a coprire gli ordini di prodotti finiti richiesti. È riportato un ulteriore gantt, identico a quello di produzione e delle consegne, in cui giorno per giorno è mostrato il bilancio di unità disponibili calcolato come:

$$qta_{magazzino} + qta_{prodotta} - qta_{consegna} - WIP$$

in cui, quantità prodotte e consegnate sono ricavate dai rispettivi gantt, quantità a magazzino e WIP sono letti rispettivamente dalle applicazioni QU15 e QU13 del sistema AS400 e inserite manualmente sul file. Della quantità a magazzino fanno parte anche i prodotti in transito, non ancora consegnati ai clienti, e i prodotti finiti lasciati "a terra" in attesa del labelling. Da questo gantt, che permette di fare un controllo incrociato tra produzione e ordini, è possibile individuare ed evidenziare errori nella pianifica di produzione: in caso il balance giornaliero risulti negativo, significa che la produzione e il magazzino non sono in grado di coprire gli ordini e di rispettare le date di consegna pianificate e comunicate al cliente.



- Produzione: ha la medesima impostazione del foglio precedente con la differenza che sono indicate solamente le quantità prodotte;
- Abbinamento: sono riportate giornalmente e per ogni canale il numero complessivo di ore uomo, le ore totali di straordinario e le ore di assemblea;
- Rilavorazioni: è riportato giornalmente il numero di rilavorazioni eseguite su ogni stazione con annessa motivazione;
- Fermate: sono riportate giornalmente le ore di fermo del canale e la relativa motivazione e le ore di fermo dovute al cambio tipo;
- Calcoli Efficiency: è il primo foglio di elaborazione dei dati raccolti nei fogli precedenti. La produzione effettiva viene rapportata al target di produzione calcolato in base al numero di giorni lavorativi nel mese, alle ore di lavoro e ad un throughput ideale indicativo;
- Calcolo Productivity: in base ai valori a budget e a quelli effettivi mensili di produzione, ore uomo dirette, indirette, di staff, salari diretti, salari indiretti, è calcolata la produttività dell'intero reparto sia rispetto al business plan sia rispetto all'anno precedente.
- Calcoli OEE: per ogni canale in base alle ore totali disponibili di lavoro e a quelle perse riportate in "fermate", è calcolata la OEE senza CT e la OEE con CT.
- Summary: foglio riassuntivo in cui sono riportati gli indicatori di interesse del Manager calcolati nelle pagine precedenti del file o ripresi da altri file, come nel caso dei valori di magazzino componenti e prodotti finiti sui quali viene posta particolare attenzione al rispetto delle soglie imposte dalla direzione.

### **3.4 Aree di intervento**

Le metodologie e gli strumenti di gestione fino qui analizzati sono stati sufficienti a far funzionare la macchina operativa del reparto Drive-by-wire tanto da riuscire a raggiungere risultati superiori al budget plan. Le richieste di produzione, però, sono variate negli ultimi mesi, con ordini di dimensioni molto più grandi che spingono al limite le capacità produttive del reparto. Le difficoltà organizzative analizzate in precedenza,

limitano enormemente l'efficienza e costringono gli addetti, principalmente *Planner*, *Manufacturing Manager* e responsabile del magazzino a sforzi eccessivi dovuti a continui cambi di pianificazioni e aggiornamenti dei piani.

Per migliorare l'intero processo è stato necessario intervenire nelle aree critiche evidenziate, creando sistemi e interfacce che integrino e semplifichino i procedimenti attuali, evitando duplicazioni di attività e insorgenza di errori causati da flussi di informazioni discordanti e non aggiornati in tempo reale.

La prima area di intervento riguarda la creazione di un gantt online che, recuperando i dati dalla pianifica degli ordini di produzione effettuata dal Planner sul sistema AS400, mostri automaticamente in chiaro la pianifica al *Manufacturing Manager* in modo da evitare l'utilizzo del gantt sul file Excel.

Il secondo intervento riguarda lo sviluppo di un sistema gestionale che permetta di monitorare la produzione e di aggiornare in tempo reale l'utilizzo di componenti in modo da ricavare il reale fabbisogno. Affinché ciò sia possibile è prima necessario digitalizzare i componenti, ovvero creare un database su cui registrare ogni genere di item necessario per la produzione e, sulla base di questo, implementare una nuova soluzione di gestione del magazzino componenti che non richieda l'uso di file Excel e il coordinamento congiunto del *Planner* e del magazziniere. La linea direttrice seguita è quella di riunire in un'unica fase le operazioni attuali così da avere una singola informazione corretta e costantemente aggiornata sulla giacenza e di effettuare ogni fine mese un inventario di magazzino per riallineare i dati sul sistema SKF e correggere il disallineamento fisico-contabile.

Un ulteriore step di miglioramento, che deriva di conseguenza, riguarda l'implementazione di una logica di ordini efficiente che, sulla base di dati reali e delle caratteristiche dei fornitori, sia in grado di proporre al Planner una pianifica degli ordini nel lungo periodo tale da non causare né blocchi di produzione, e di conseguenza broken promises, né costi di magazzino eccessivamente alti. Tale potenziamento è possibile solo con una precedente analisi approfondita delle serie storiche riguardo a dati di versamento e produzione, da cui ricavare un nuovo modello di previsione della domanda utile ai fini della pianificazione delle attività.

L'ultima area di intervento è relativa al monitoraggio della produzione da parte del management, che deve essere semplificato dall'integrazione dei sistemi e delle

metodologie sopra citati. L'utilizzo dei file Excel deve essere sostituito da informazioni elaborate dal sistema e provenienti direttamente dai canali riguardo WIP, efficienza, saturazione delle risorse, versamenti, produzione e scarti, nonché costi di magazzino di componenti e prodotto finito.

## *CAPITOLO 4*

### *Nuovo Sistema Informativo*

## Introduzione

Per sopperire alle mancanze e alle difficoltà gestionali del reparto, il management ha deciso di investire nello sviluppo di un nuovo portale informativo gestionale, attraverso il quale coordinare ogni fase del processo in maniera più chiara ed efficiente. L'obiettivo non è quello di andare a sostituire il sistema AS400, bensì è quello di creare interfacce immediate da leggere per tutti gli addetti ai lavori, in modo da avere in tempo reale tutte le informazioni aggiornate in un unico sistema e di sopperire alle mancanze di monitoraggio che invece caratterizzano AS400. Tale sistema, creato dalla società Oasys, è stato sviluppato passo dopo passo insieme al *Manager* e a tutti coloro che lo utilizzeranno, per trovare gradualmente le soluzioni implementabili migliori che andranno a sostituire le attuali metodologie gestionali di lavoro. Anche se molte funzionalità sono già state testate, validate e attivate, lo sviluppo e il perfezionamento è tutt'ora in corso e richiederà ulteriori settimane di lavoro per completare tutte le richieste fatte dal management. L'introduzione di questo nuovo portale informativo comporta modifiche ai processi non solo all'interno degli uffici, ma anche in linea di produzione e nei magazzini, semplificando le attività e creando, in parte, un nuovo layout del reparto.

Al momento della stesura di questo elaborato, non tutte le funzioni richieste dal management sono state ancora sviluppate. Una componente importante del portale, ancora in fase embrionale, è quella relativa alla raccolta ed elaborazione di dati di produzione quali numero di scarti, numero di rilavorazioni, numero e cause di fermate della linea, dai quali il management ricava indicatori fondamentali per la valutazione delle performance del reparto. Nel seguito perciò saranno descritti solamente gli strumenti già implementati e che gli operatori stanno iniziando a testare ed utilizzare.

### 4.1 Digitalizzazione e layout

Un aspetto cruciale su cui tale sistema avrebbe dovuto intervenire è quello del monitoraggio della produzione, dei componenti utilizzati e di conseguenza dei

magazzini. Affinché ciò fosse possibile è stato deciso di modificare completamente la gestione del magazzino e della produzione. In primo luogo è stato deciso di spostare l'intero magazzino componenti in un'area adiacente al reparto, riducendo i tempi e costi di movimentazione. All'interno del reparto invece, le scaffalature già presenti sono state allargate e riorganizzate secondo le categorie di componenti necessari alla produzione nel breve periodo. A livello tecnologico sono poi state apportate le modifiche più sostanziose. Tutti i componenti necessari alla produzione delle unità di entrambi i canali sono stati digitalizzati: ogni categoria di componenti è stata univocamente assegnata ad un codice RFID e memorizzata all'interno del database del sistema insieme alle informazioni relative a fornitore, tempi di consegna, costo standard e prodotto di destinazione. Queste informazioni sono poi rese disponibili per tutte le funzioni create all'interno del portale.

All'interno del nuovo magazzino è stato installato un touch screen con lettore RFID tramite il quale il magazziniere aggiorna costantemente l'arrivo di nuovi componenti e l'uscita di tali componenti verso le scaffalature interne al reparto. Lo stesso sistema di lettura è stato installato in più zone del reparto e deve essere utilizzato ogni qual volta un operatore rilevi dalla scaffalatura dei componenti per utilizzarli in linea di assemblaggio: il sistema richiede l'identificazione dell'operatore tramite badge il quale deve poi utilizzare il sensore RFID per scannerizzare la targhetta identificativa di ogni prodotto e indicare il numero di componenti prelevati. Queste operazioni permettono di risolvere il grave problema precedente riguardo alla mancanza di aggiornamento di componenti presenti in linea e permettono di utilizzare tali informazioni nei successivi processi organizzativi.

Un ulteriore touch screen è installato al termine di ogni canale produttivo ed è utilizzato dal *Team Leader* per dichiarare le unità completate e confezionate che dovranno essere labellate e stoccate o consegnate.

## **4.2 Il portale online**

Le informazioni relative a magazzino componenti e produzione, derivanti dall'utilizzo dei touch screen sopra citati, sono richiamate ed utilizzate all'interno del portale online. Al

nuovo portale informatico si accede tramite un qualsiasi browser Internet inserendo il proprio username e password: gli utenti che possono avere accesso sono stati decisi in fase di sviluppo e ad ognuno è permesso compiere determinate azioni che rientrano esclusivamente nella rispettiva area di competenza. La schermata del portale è costituita da una colonna di navigazione statica a sinistra attraverso la quale è possibile accedere e spostarsi all'interno di tutti i sotto-menù disponibili.

#### **4.2.1 Gantt online**

All'apertura, o cliccando sul pulsante "home" il sistema mostra di default la schermata riportante il "gantt online" (figura A1). Si tratta di uno degli strumenti più importanti e di maggior necessità che doveva essere introdotto, cioè il gantt riportante la pianifica della produzione. Il sistema è collegato alla piattaforma AS400 ed è progettato per leggere in automatico da MS58 la pianifica della produzione. Il *Planner* e il *Manufacturing Manager* tuttavia hanno l'autorità di andare ad agire su tale pianifica modificandola e aggiungendo o rimuovendo alcuni elementi. Il gantt così ottenuto è accessibile a chiunque, eliminando le difficoltà comunicative tra le due figure interessate e la necessità di scambiare file Excel ogni qualvolta viene effettuata una modifica. La schermata inoltre mostra solo i prodotti per i quali è in programma la produzione, le rispettive quantità e permette di filtrare le informazioni in base alla settimana, all'anno, al periodo visibile e al canale.

#### **4.2.2 Gantt produzione**

Un gantt ancor più dettagliato riguardo alla pianificazione della produzione è disponibile attraverso il menù "Pianificazione" sotto la voce "gantt produzione" (figura A2). Questo diverso gantt, non modificabile da nessuno, riporta giorno per giorno lo split delle quantità da produrre per ogni unità, ricavandole dal precedente gantt. Anche in questo caso è disponibile un menù per filtrare i dati secondo le necessità ed è anche possibile esportare i dati in formato Excel, opzione utile per riuscire a stampare una copia cartacea dei dati.

### **4.2.3 Gantt consegne**

Ancora attraverso il menù “Pianificazione” è possibile accedere ad un altro gantt, quello relativo alle consegne (figura A3). Questo gantt viene popolato dalle quantità di unità ordinate dai clienti, ricalcando esattamente la struttura creata sul file Excel. Il Planner inserisce gli ordini manualmente attraverso un apposito menù che permette di specificare tipo di unità (scegliendola dalla lista a comparsa), data di consegna, quantità e la conferma o meno dell’ordine. Ogni ordine, anche se dello stesso prodotto, viene mostrato in righe diverse ed evidenziato in rosso in caso di mancata conferma. Come per tutti gli altri gantt già discussi è disponibile un filtro che permette di selezionare settimana, anno, canale, periodo visibile e tipo di unità ed è possibile l’export in formato Excel.

### **4.2.4 Control planning**

Si tratta di un gantt ancora in corso di sviluppo, che ha il medesimo scopo di quello presente all’interno dei vecchi file Excel. Questo gantt deve infatti confrontare le informazioni provenienti dal gantt di produzione con quelle provenienti dal gantt delle consegne: un controllo incrociato tra le quantità dei due gantt dovrà mostrare su questa nuova pagina se si stanno producendo abbastanza quantità e nei giusti tempi per rispettare le date di consegna. Si tratta di far svolgere al sistema semplici operazioni di addizione e sottrazione giornaliera per ogni prodotto inserito, il cui risultato sarà appunto mostrato su questo nuovo gantt. Su di esso non saranno autorizzate operazioni di modifica informazioni per nessun utente abilitato al sistema.

Per questo gantt, come per tutti gli altri, sarà possibile filtrare le informazioni per settimana, anno, canale, periodo visibile e tipo di unità, oltre che effettuare un export su Excel.

### **4.2.5 Fabbisogno componenti**

Accessibile ancora tramite il menu “Pianificazione”, questa sezione incrocia le BOM di ogni prodotto con le informazioni ricavate dal gantt di produzione. In questa schermata

sono visualizzati, infatti, tutti i prodotti a catalogo disponibili: cliccando su uno di essi, si apre una finestra a tendina riportante la relativa BOM e le quantità di ogni componente necessarie per soddisfare la produzione settimana per settimana, sulla base di quelle che sono le quantità da produrre ricavate dal gantt di produzione (figura A4). In questo caso è possibile filtrare il contenuto in base al periodo di visualizzazione.

#### **4.2.6 Gantt fornitori**

L'ultimo gantt accessibile dal menu "Pianificazione" è quello relativo ai fornitori (figura A5). La struttura e il metodo di funzionamento rispecchiano appieno il gantt delle consegne. In questo caso il *Planner* però ha lo scopo di inserire le linee d'ordine dei componenti: ancora tramite un menu a comparsa vengono immesse informazioni riguardo fornitore e componente (scelti entrambi dalle opzioni che compaiono e che sono state caricate inizialmente a sistema), quantità ordinata e data di consegna prevista. Anche in questo caso ogni ordine è riportato in una riga diversa anche se si tratta di più ordini di uno stesso componente. Sono presenti le stesse opzioni di filtraggio e di esportazione degli altri gantt ed è stata inoltre aggiunta un'utile funzione: il software apprende con il tempo le correlazioni tra prodotti e fornitori in modo che all'inserimento di un nuovo ordine, quando si seleziona il fornitore, il sistema mostra in evidenza tutti i componenti da esso forniti, velocizzando le procedure di immissione.

#### **4.2.7 Magazzino**

Dal menu magazzino è possibile accedere alle informazioni provenienti dai touch screen riguardo all'esistenza dei componenti e alla disponibilità delle unità. La schermata permette innanzitutto di selezionare, tramite radio button, su quale magazzino si vuole effettuare la ricerca, differenziando tra "Componente", che permette di ricercare uno specifico componente e "Unità", che permette invece la ricerca di prodotti finiti. Selezionando la prima opzione è possibile inserire nella barra di ricerca il nome di un item, o parte di esso, e verranno mostrati come risultati le quantità ancora disponibili a magazzino. Grazie alla digitalizzazione dei componenti e ai nuovi metodi di monitoraggio della movimentazione introdotti in precedenza, i risultati della ricerca mostrano ora le

quantità effettive disponibili, depurate di quelle che si trovano in linea di assemblaggio, eliminando le enormi difficoltà organizzative presenti in precedenza, quando per sopperire al problema venivano utilizzati più fogli Excel ed era necessaria una costante comunicazione tra *Planner* e magazziniere, comunque insufficiente a risolvere il disallineamento.

Selezionando invece la voce “Unità” è possibile effettuare una ricerca relativamente ai prodotti finiti. Il sistema mostra come risultati tutti i prodotti relativi a ciò che è stato scritto sulla barra di ricerca. Cliccando sul prodotto si apre un elenco con tutti i componenti utilizzati per la produzione di quella unità, cioè la BOM. A fianco di ogni componente è inoltre mostrata la quantità ancora disponibile a magazzino (Figura A6).

#### **4.2.8 Balance componenti**

Il menu “balance componenti”, non ancora completamente sviluppato ed utilizzabile, serve per avere un monitoraggio costante della disponibilità di componenti a magazzino. Sfrutta le informazioni provenienti dai touch screen, tramite i quali gli operatori devono registrare attentamente lo scarico e il carico di componenti per mantenere aggiornate correttamente le giacenze, per incrociarle con i dati delle BOM, del gantt di produzione e del gantt fornitori. In tal modo sarà possibile visualizzare componente per componente le quantità ancora disponibili e le proiezioni settimanali delle giacenze sulla base della programmazione della produzione e delle consegne dei fornitori. Sarà possibile filtrare i dati in base al tipo di prodotto, fornitore, periodo di visualizzazione e canale. Si tratta di una pagina completamente automatizzata su cui nessun utente può compiere azioni quali aggiungere, rimuovere o modificare informazioni.

## *CAPITOLO 5*

### *Analisi e previsione della domanda*

## Introduzione

Parte del processo riorganizzativo e migliorativo del reparto riguarda anche lo studio dei dati di vendita per sviluppare una previsione attendibile delle consegne future, da cui ricavare un planning adeguato e un sistema di approvvigionamento più efficiente di quello precedentemente utilizzato.

Per raggiungere gli obiettivi si è reso necessario uno studio approfondito delle serie storiche dei dati relativi alle vendite. Una corretta e accurata analisi di dati storici avrebbe avuto bisogno di un lungo periodo di osservazione per avere la possibilità di comprendere in modo ottimale gli andamenti e procedere con l'utilizzo di modelli previsionali più soddisfacenti. I dati a disposizione tuttavia, sono relativi agli anni 2016 e 2017 e primo semestre 2018 e, pur permettendo un'analisi accurata e la possibilità di creare modelli previsionali, lasciano spazio ad errori e approssimazioni inevitabili in caso di analisi con scarsità di dati. I dati a disposizione inoltre non sono i veri valori di unità vendute mensilmente, ma corrispondono ai versamenti, cioè le quantità di unità effettivamente prodotte e registrate dal reparto. Tuttavia, dal momento che il modello di produzione è del tipo market driven e che la produzione parte solo in presenza di domanda di mercato, si è assunto con buona approssimazione che i valori dei versamenti corrispondessero a quelli delle vendite. Si tratta di una approssimazione importante ma imprescindibile per effettuare tutte le successive analisi e previsioni su cui basare l'organizzazione produttiva e di supply chain del reparto. Ciò comporta che, benché la somma dei dati di versamento corrisponda alle vendite, ci sia la possibilità che i versamenti si concentrino in mesi più produttivi per rispondere alle vendite anche di mesi successivi.

Una volta effettuata l'analisi delle serie storiche, l'obiettivo è quello di riuscire a determinare uno o più modelli previsionali attraverso i quali l'impresa riesca a conoscere in anticipo quale potrà essere l'assorbimento dei propri prodotti dal mercato, in modo da programmare numerose attività, tra cui i cicli di lavorazione e l'approvvigionamento dei materiali. I metodi scelti serviranno poi anche come utile strumento di raccolta dati, fondamentale per l'azienda per migliorare le previsioni ed effettuare altri tipi di analisi future.

La scelta dei metodi di previsione più appropriati è influenzata da una serie di fattori:

- Tipo di previsione richiesta
- Dati in possesso
- Accuratezza necessaria
- Facilità operativa
- Orizzonte di previsione
- Comprensione e cooperazione del management

Per quelli che sono gli interessi del reparto drive-by-wire, è necessario svolgere una previsione sul breve periodo, tale da permettere di prendere decisioni relative ai piani di approvvigionamento e di capacità produttiva. I metodi utilizzati nel seguito sono una combinazione di metodi definiti dagli esperti “semplici” o “naif” perché hanno un costo ridotto, non comportano la manipolazione dei dati da parte di un operatore e sono facilmente automatizzabili. Ciò non significa che si tratti di modelli approssimativi e imprecisi, ma al contrario, diversi studi come quello condotto da S. Makridatis, R. M. Hogarth e A. Gaba (2009), hanno rivalutato le performance previsionali dei modelli “naif” sottolineando che i modelli statistici più complessi, pur adattandosi bene ai valori passati delle serie, non sono necessariamente soddisfacenti nel prevedere gli andamenti futuri della domanda.

Tutti i metodi provati e utilizzati rientrano tra i metodi basati sulle serie storiche secondo cui l’unica cosa a cui si è interessati è dare una spiegazione quantitativa all’andamento nel tempo di un fenomeno, in modo da poter formulare delle ipotesi realistiche sul suo andamento futuro.

## 5.1 Analisi serie storica vendite

Una serie storica costituisce “una rappresentazione numerica o grafica dell’andamento di una variabile in un prefissato intervallo di tempo”. Avendo a disposizione un orizzonte storico  $T_s$  per il quale sappiamo come si è comportata la domanda  $D_t$  in funzione del tempo, nell’analisi di una serie storica si adottano principalmente due ipotesi semplificative:

1. Si ritiene che nel futuro la variabile si comporterà seguendo la stessa legge che ha contraddistinto la serie nell’intervallo  $T_s$ ;

- Si considera la previsione come funzione solo del tempo escludendo tutte le altre  $n$  variabili. È un'ipotesi forte resa però accettabile dall'orizzonte di previsione che si considera: nella scala teoricamente infinita dei tempi, si apre una finestra di previsione  $T_p$  ristretta a pochi mesi, che permette di ritenere pressoché costanti le altre  $n$  variabili (figura 5.1).

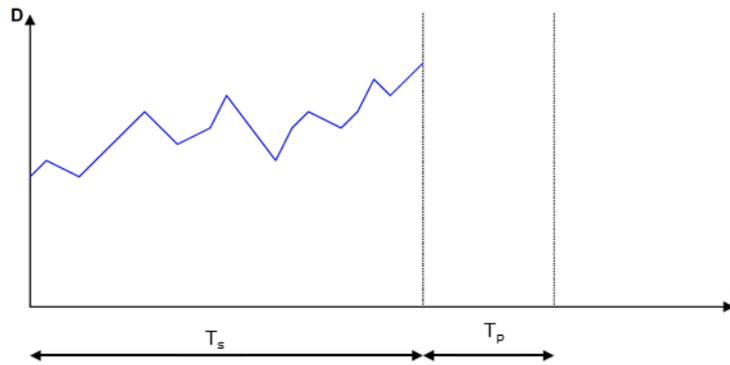


Figura 5.1: Esempio time plot serie storica

Con a disposizione i dati precedentemente citati (vendite negli anni 2016-2017 e primo semestre 2018), la prima analisi effettuata per avere un'idea del fenomeno che si analizza è un'analisi grafica tramite *time plot*, grafico che rappresenta per ogni prodotto l'evoluzione della serie rispetto al tempo (figure 5.2 e 5.3).

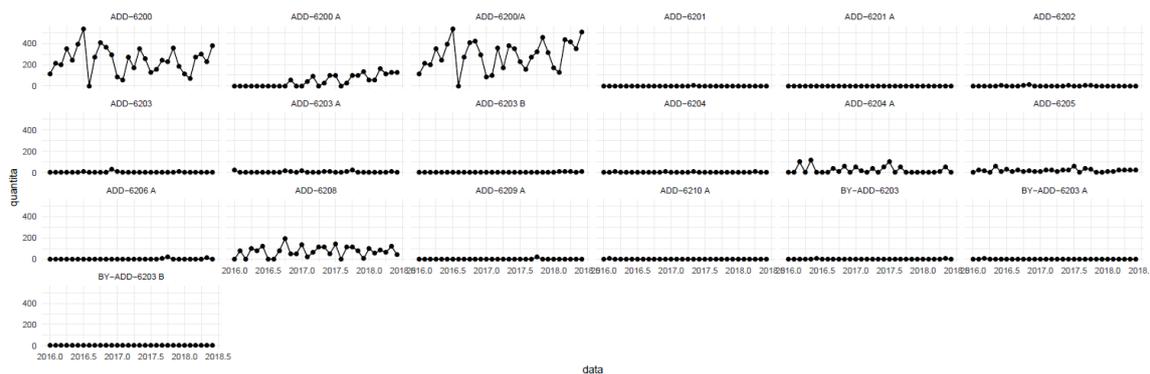


Figura 5.2: Time plot prodotti canale ESIU

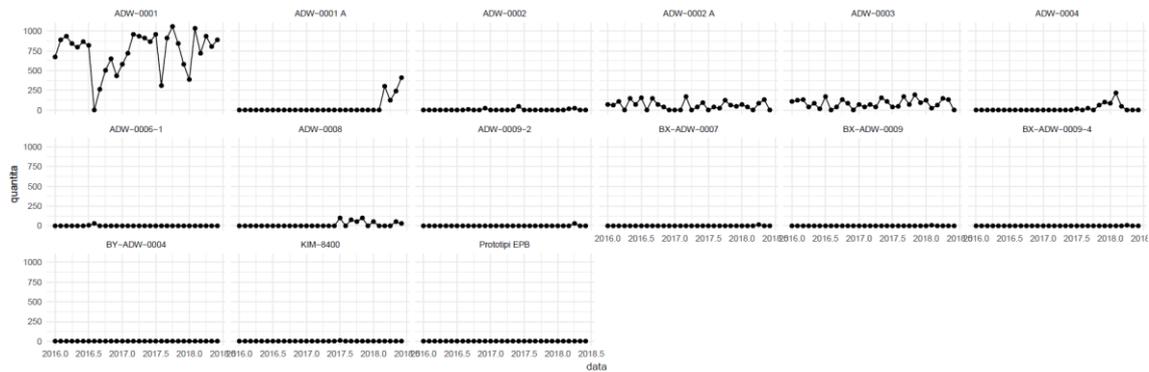


Figura 5.3: Time plot prodotti canale EPB

I *time plot* dei singoli prodotti a catalogo per ogni canale mostrano le quantità versate mensilmente per ogni unità a partire da gennaio 2016 e permettono di svolgere le prime osservazioni:

- Per entrambi i canali esiste un'unità richiesta in misura molto più elevata rispetto a qualsiasi altra (ADD-6200, ADW-0001);
- Per ogni canale esistono almeno altri 3 prodotti richiesti in tutti i mesi considerati;
- La maggior parte dei prodotti disponibili a catalogo per entrambi i canali non è stata richiesta nei mesi considerati, oppure saltuariamente e in quantità estremamente ridotte.

Si è proceduto perciò ad effettuare una distinzione in due macro-aree di prodotti. Nella prima rientrano le unità che hanno domanda diversa da 0 per più dell'80% delle misurazioni e che sono state prodotte in quantità maggiore a 24 nello stesso anno, mentre nella seconda rientrano tutti gli altri.

Per i prodotti della prima macro-area, cioè quelli con valori di produzione significativi nel periodo di osservazione, si può definire un andamento pressoché stabile della domanda ed una variabilità sufficientemente bassa da permettere di fondare le previsioni su tecniche esclusivamente quantitative. Per questi prodotti, ADW-0001, ADW-0002 A, ADW-0003, ADD-6200, ADD-6200 A, ADD-6204 A, ADD-6205 e ADD-6208, si è proceduto con attente analisi dei valori passati per definire modelli di previsione più coerenti e adeguati possibile. Con gli altri prodotti, caratterizzati da un'elevata variabilità e bassissimi volumi, e perciò rientranti nella seconda macro-area, essendo molto difficile catturare un qualsiasi andamento storico, si è proceduto a prevedere

approssimativamente la probabilità di ricevere una richiesta di produzione mensile sopra una determinata quantità.

Il primo passo nell'analisi dei prodotti della prima macro-area è stato quello di andare ad identificare le componenti che, in genere, caratterizzano le serie storiche:

- Trend: andamento di fondo della serie che mette in evidenza una evoluzione strutturale del fenomeno dovuta a cause che agiscono in modo sistematico sullo stesso;
- Ciclo: ha effetto sul medio-lungo periodo. Le variazioni cicliche sono oscillazioni di lunghezza ed intensità variabili legate a circostanze contingenti;
- Stagionalità: variazioni sistematiche legate solo alla periodicità della serie.

Nei modelli di scomposizione classica, come quello utilizzato in questo caso, il trend ed il ciclo sono considerati formare una sola componente, detta componente sistematica di trend-ciclo; la stagionalità, insieme eventualmente ad un'altra componente di accidentalità, forma invece una componente non sistematica.

In tutte le successive trattazioni è stato deciso di analizzare i dati dei due anni completi 2016 e 2017, e di utilizzare i primi 6 mesi del 2018 come strumento di validazione dei modelli testati. Nel seguito sono proposti differenti modelli che si basano su diverse scelte di calcolo delle componenti di trend e stagionalità. Si sono distinte 3 categorie diverse per il calcolo della componente di trend:

1. Trend calcolato con una regressione lineare sulle quantità;
2. Trend calcolato con una regressione lineare sui valori della media mobile a 12 termini;
3. Trend calcolato con una regressione lineare sui valori della media mobile a 2 termini.

## **5.2 Modelli con regressione lineare sulla quantità**

Per questa categoria di modelli la componente di trend della serie storica è calcolata attraverso una regressione lineare di primo grado sulle quantità disponibili del tipo:

$$qta_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot data_t + \varepsilon_t$$

con  $t$  che va da 1 a 24. In realtà l'andamento è tutt'altro che lineare, tuttavia quello a cui si è interessati è trovare una funzione di regressione semplice che modellizzi esclusivamente una eventuale crescita, decrescita o stabilità della domanda e, a seguito di alcune prove, il modello lineare è risultato esaustivo (figura 5.4). Si individua perciò una retta di parametri  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$ , che approssima al meglio la serie storica, attraverso il metodo dei minimi quadrati.

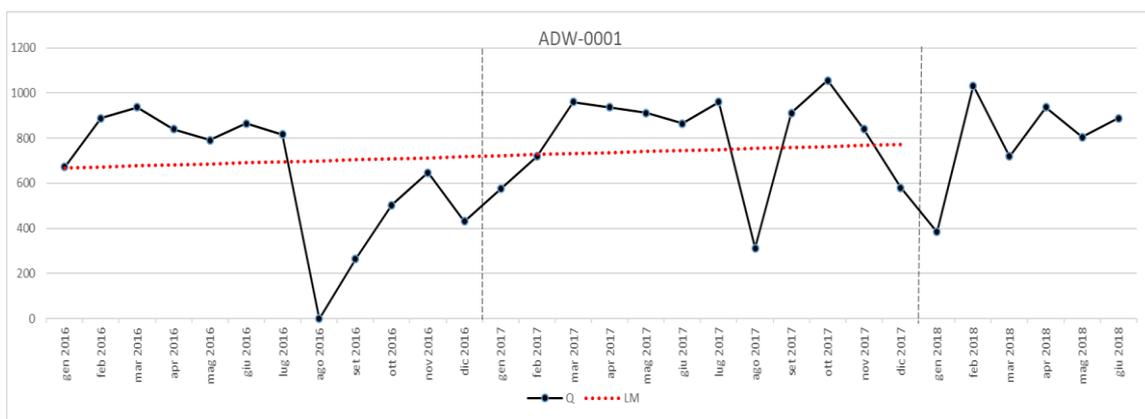


Figura 5.4: Trend con regressione lineare su quantità

La componente di trend così calcolata verrà combinata con varie componenti di stagionalità spiegate nel seguito, dando origine a differenti modelli predittivi sia additivi che moltiplicativi.

Un modello additivo è appropriato quando l'ampiezza dell'oscillazione stagionale non varia con il variare del livello della serie, mentre se la fluttuazione stagionale aumenta o diminuisce proporzionalmente all'aumento o diminuzione del livello della serie, allora è più adeguato un modello moltiplicativo. La ragione per cui si decide di utilizzare entrambi i modelli risiede nel fatto che non tutti i prodotti che si analizzano mostrano un comportamento evidente e facilmente identificabile, per cui è preferibile utilizzare entrambe le soluzioni in modo da non escludere a priori nessuna condizione e lasciare la più ampia possibilità di valutazione possibile.

### 5.2.1 Modello 1.1

Per ogni istante di tempo (mese) si calcola la differenza tra i valori della regressione svolta in precedenza in quel periodo e il valore reale della quantità nello stesso periodo; il risultato viene mediato con il risultato ottenuto con lo stesso procedimento nello stesso mese dell'anno successivo (figura 5.5). Il valore della media derivante corrisponde al valore della componente di stagionalità per quel determinato mese.

Una volta a disposizione tutti i valori della componente di stagionalità si procede alla previsione dei dati per il primo semestre 2018, che consiste nel sommare tali valori a quelli della componente di trend derivanti dalla regressione lineare, per ottenere quello che è il primo modello disponibile, Modello 1.1 (figura 5.6).

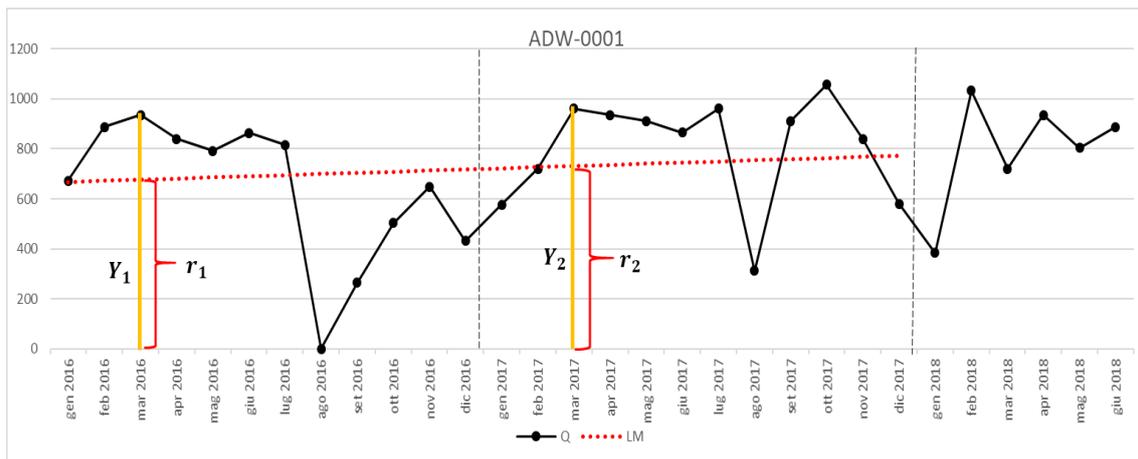


Figura 5.5: Misurazioni delle componenti di stagionalità

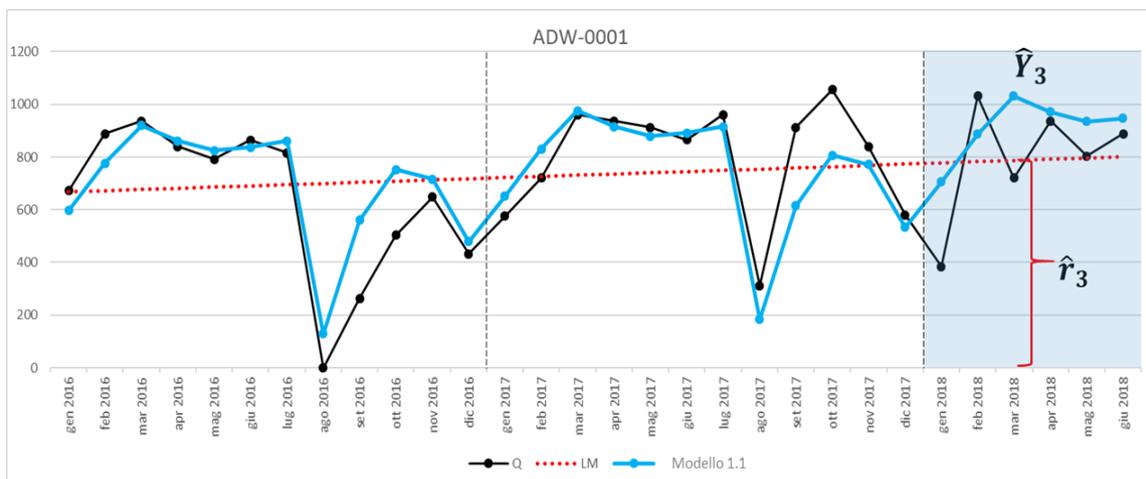


Figura 5.6: Modello 1.1

### 5.2.2 Modello 1.2

La componente di stagionalità utilizzata per questo modello sfrutta ancora la regressione lineare iniziale ma in maniera diversa dal metodo precedente: invece di calcolare la differenza tra i valori, si calcola periodo per periodo il rapporto tra la quantità reale e il valore derivante dalla regressione. Ugualmente a prima si procede poi alla media fra i rapporti degli stessi mesi per ottenere l'indice di stagionalità da utilizzare. Infine si procede alla previsione dei dati del primo semestre del 2018 attraverso un modello moltiplicativo, Modello 1.2, che consiste nel prodotto tra i valori derivanti dalla regressione e gli indici di stagionalità (figura 5.7).

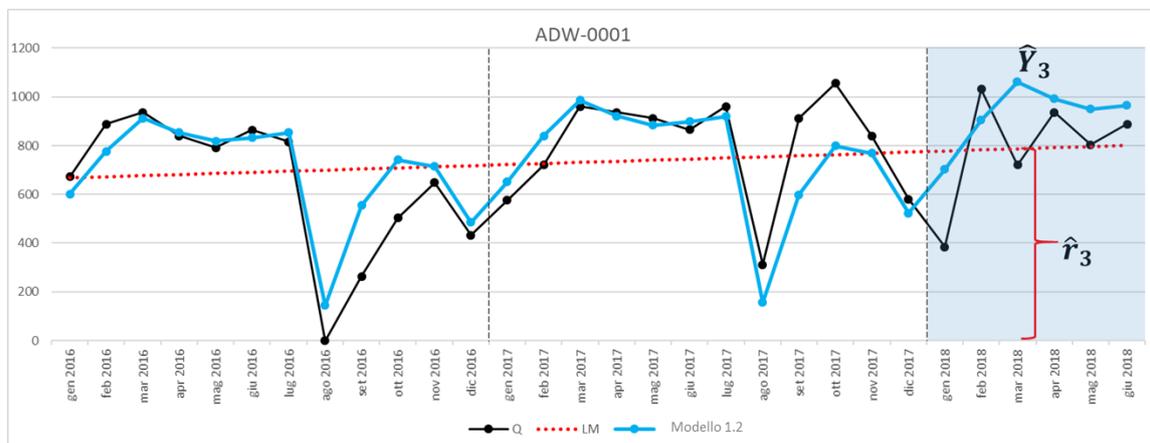


Figura 5.7: Modello 1.2

### 5.2.3 Modello 1.3

In questo caso la componente di stagionalità è calcolata attraverso il metodo degli indici stagionali che consiste in una procedura dei seguenti passaggi (figura 5.8):

1. Calcolo della media delle quantità richieste per ogni medesimo mese dell'anno;
2. Somma delle medie e divisione per il numero di mesi (12) per ottenere la media totale, cioè la media delle medie del mese;
3. Calcolo dei coefficienti stagionali tramite il rapporto tra la media di ogni mese e la media totale.

Ottenuti i coefficienti stagionali si procede alla previsione dei dati del secondo semestre 2018 tramite la determinazione di un nuovo modello, Modello 1.3, dato dal prodotto tra

i suddetti coefficienti e le componenti di trend ricavate dalla regressione lineare (figura 5.9).



Figura 5.8: Misurazioni delle componenti di stagionalità

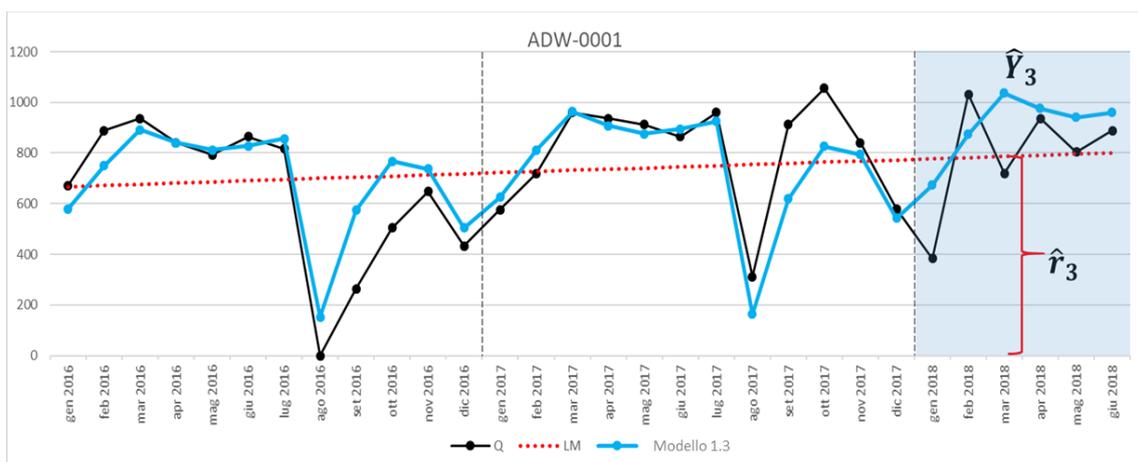


Figura 5.9: Modello 1.3

### 5.2.4 Modello 1.4

Per il calcolo delle componenti di stagionalità di questo modello si ricorre all'utilizzo della tecnica della media mobile di 12 periodi, corrispondente cioè ad un anno. La media mobile calcolata sui dati di vendita di 24 mesi con  $n=12$  comporta l'eliminazione di 6 termini a inizio e 6 termini a fine serie, riducendo alla metà la quantità di dati utilizzabili per l'analisi. Si riescono comunque ad ottenere 12 valori, uno per ogni mese dell'anno, che vengono sottratti a quelle che sono le quantità di vendita reali negli stessi 12 mesi per ottenere quella che è la nuova componente di stagionalità (figura 5.10). Infine si

effettua la previsione con un nuovo modello additivo, Modello 1.4, in cui si somma la medesima componente di trend e la componente di stagionalità così calcolata (figura 5.11).

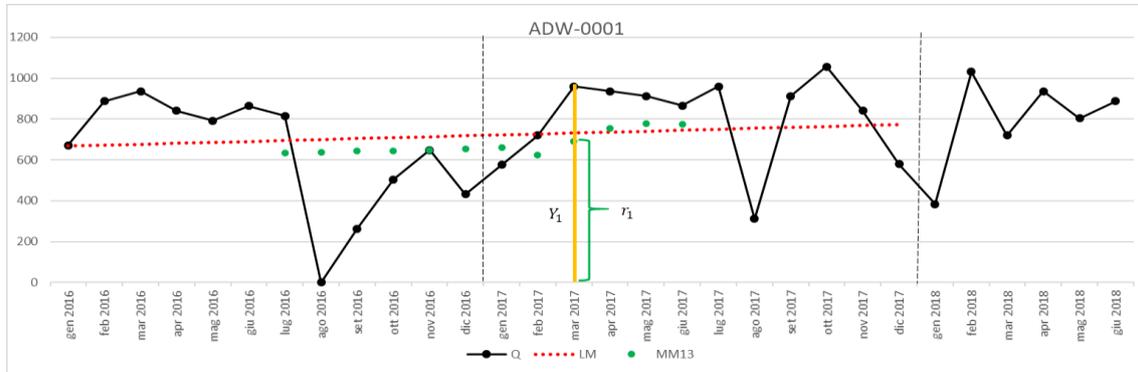


Figura 5.10: Misurazioni delle componenti di stagionalità

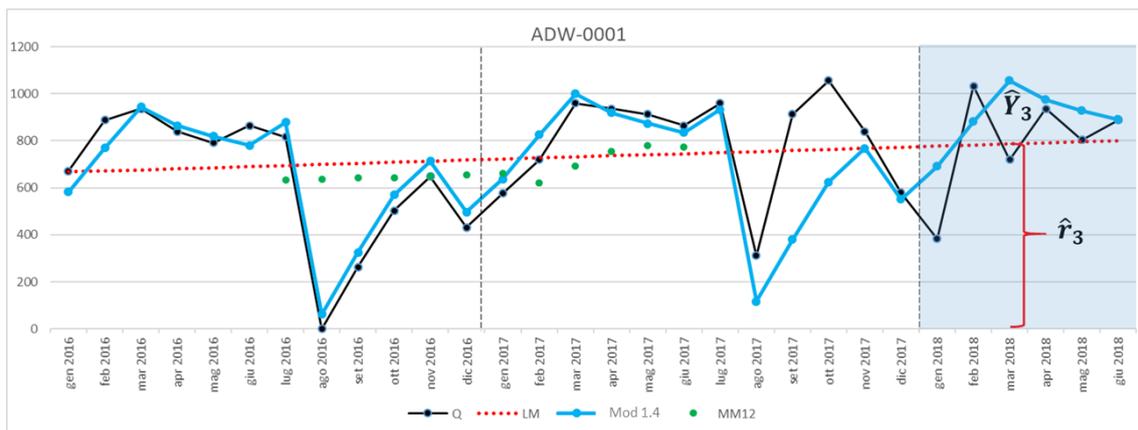


Figura 5.11: Modello 1.4

### 5.2.5 Modello 1.5

Anche in questo caso, come nel precedente, si fa uso della media mobile con  $n=12$ , con la differenza che per il calcolo delle componenti di stagionalità si effettua il rapporto tra le quantità reali di vendita e il valore della media mobile nei 12 mesi in cui ciò è possibile. Ottenuta questa nuova stagionalità, il modello realizzato per la previsione, Modello 1.5, è un modello moltiplicativo dato dal prodotto tra la medesima componente di trend calcolata inizialmente e le nuove componenti di stagionalità (figura 5.12).

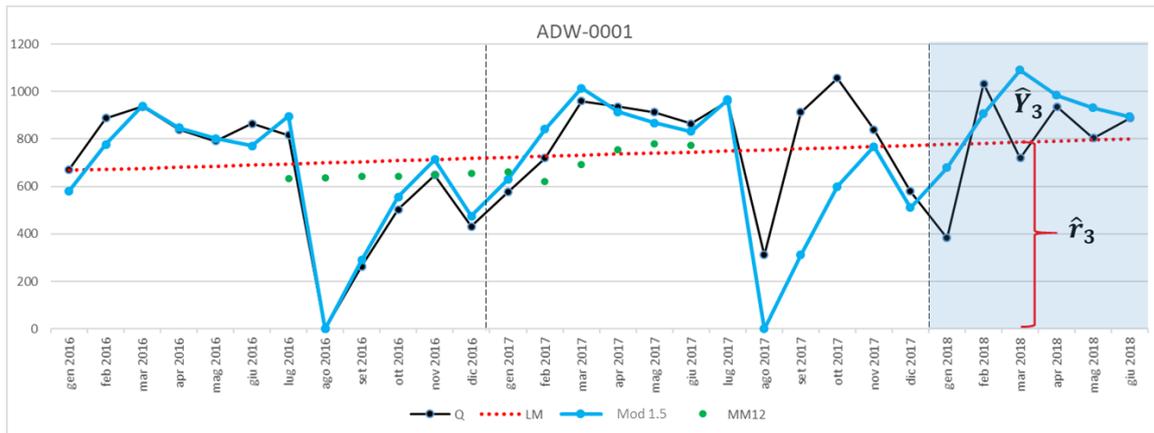


Figura 5.12: Modello 1.5

### 5.2.6 Modello 1.6

Calcolare la stagionalità tramite l'utilizzo della media mobile a 12 periodi comporta il grave problema della perdita della metà dei dati utilizzabili. Si è deciso allora di ricorrere all'utilizzo di una media mobile calcolata su 2 periodi. Una volta ottenuti i valori della media mobile si è proceduto a calcolare le componenti stagionali di ogni mese facendo la differenza tra quantità reali e il valore di media mobile; i risultati degli stessi mesi di anni diversi sono poi stati sommati e ne è stata calcolata la media per determinare la componente di stagionalità mensile da utilizzare nel modello.

Utilizzando i 24 mesi disponibili si sarebbero però perse informazioni relative al mese di gennaio 2016 e dicembre 2017, rendendo asimmetrico il calcolo delle componenti di stagionalità: per tutti i mesi infatti, si sarebbero calcolate la stagionalità come media di due valori mentre ciò non sarebbe stato possibile per gennaio e dicembre. Si è deciso allora di ampliare la finestra di dati utilizzabili per l'analisi fino a febbraio 2018: in tal modo la perdita delle informazioni del mese di gennaio 2016 è bilanciata dalle informazioni ricavabili dal mese di gennaio 2018 e la perdita del mese di dicembre 2017 viene annullata, shiftando il termine del processo iterativo di calcolo della media mobile fino a febbraio 2018. Così è stato possibile calcolare tutte le componenti stagionali come medie di due mesi, riducendo l'impatto della perdita di un termine a inizio e di uno a fine serie (figura 5.13). La predizione, di conseguenza, viene eseguita su 4 mesi del 2018, avendo considerato gennaio e febbraio come facenti parte dei dati storici, attraverso un modello additivo (Modello 1.6) analogo ai modelli precedenti: le quantità previste sono

frutto della somma di una componente di trend calcolata tramite la solita regressione lineare e di una di stagionalità calcolata come descritto sopra (figura 5.14).

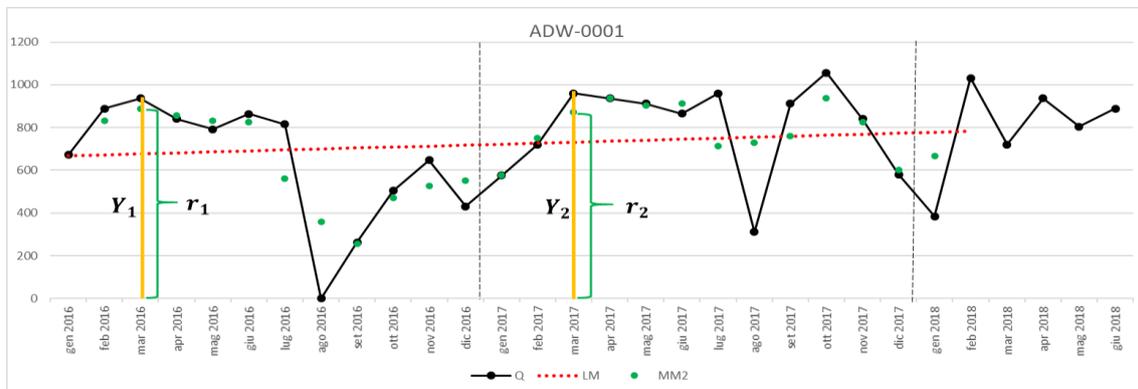


Figura 5.13: Misurazioni delle componenti di stagionalità

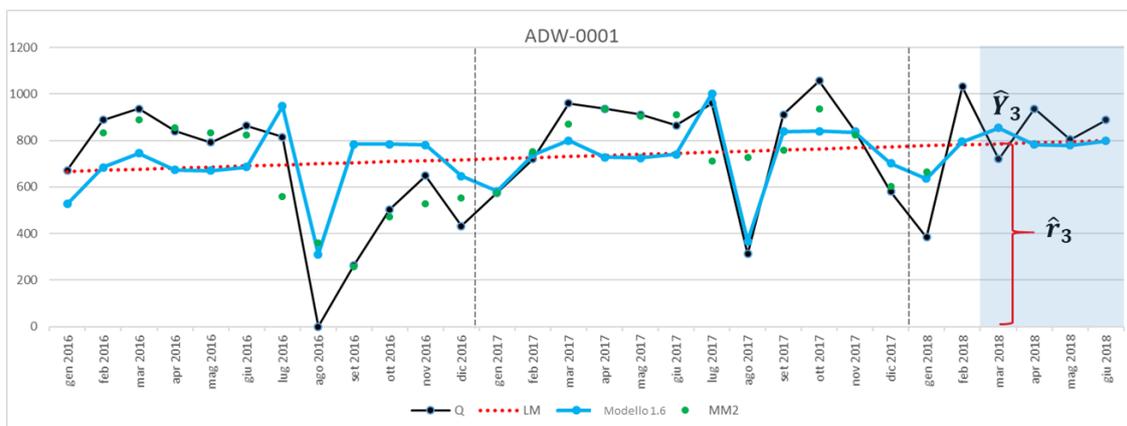


Figura 5.14: Modello 1.6

### 5.2.7 Modello 1.7

Per questo modello valgono le medesime assunzioni del modello precedente per ciò che riguarda l'utilizzo della media mobile a 2 periodi ed il necessario adeguamento per ridurre l'impatto della perdita dei mesi a inizio e fine serie. Ciò che cambia, come tra i modelli 1.4 e 1.5, è il metodo di calcolo delle singole componenti di stagionalità. Invece di eseguire una differenza tra quantità reali e valore di media mobile, si esegue un rapporto tra questi valori. Si calcola poi la media tra i valori trovati per gli stessi mesi per determinare la componente mensile di stagionalità da utilizzare per la predizione. Il modello sarà in questo caso un modello moltiplicativo, Modello 1.7, dato dal prodotto

tra componente di trend e componente di stagionalità, esattamente come avviene per il modello 1.5 (figura 5.15). Anche in questo caso, avendo utilizzato i primi due mesi del 2018 come dati della serie storica, la previsione riguarderà solamente i successivi 4 mesi.

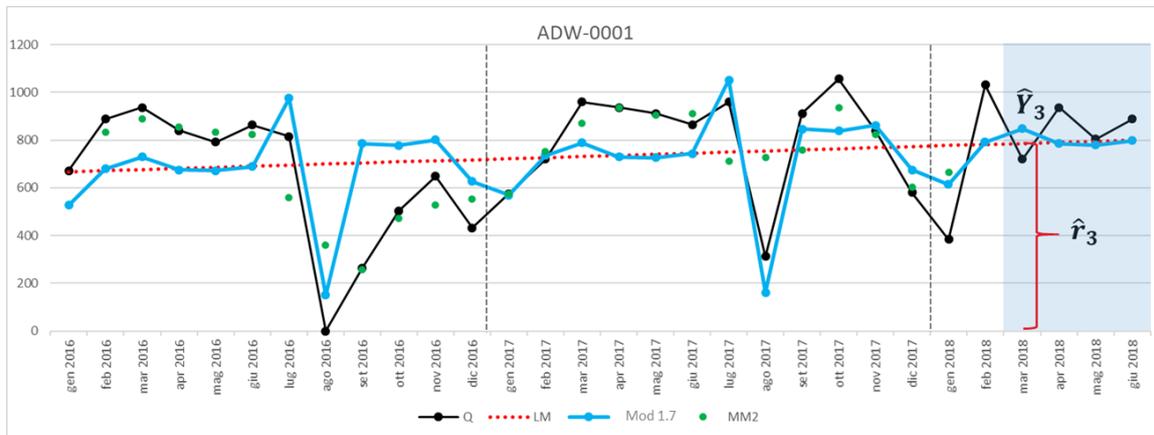


Figura 5.15: Modello 1.7

### 5.3 Modelli con regressione lineare sulla media mobile a $n=2$

Per questa categoria di modelli la componente di trend della serie storica è ancora calcolata attraverso una regressione lineare di primo grado ma non più sulle quantità, bensì sui valori derivanti dal calcolo della media mobile a 2 periodi. Anche in questo caso, come spiegato in precedenza, si è deciso di utilizzare come dati di analisi anche i primi due mesi del 2018 in modo da avere due dati disponibili per ogni mese: di conseguenza le previsioni effettuate con i successivi modelli saranno relative ai restanti 4 mesi del primo semestre del 2018. Una volta calcolate le componenti della media mobile, si è effettuata su di essi una regressione lineare per catturare un nuovo andamento del trend (figura 5.16). Questa regressione è poi utilizzata nello stesso modo della precedente, combinandola con le diverse componenti di stagionalità già introdotte, per creare nuovi modelli predittivi sia additivi che moltiplicativi.

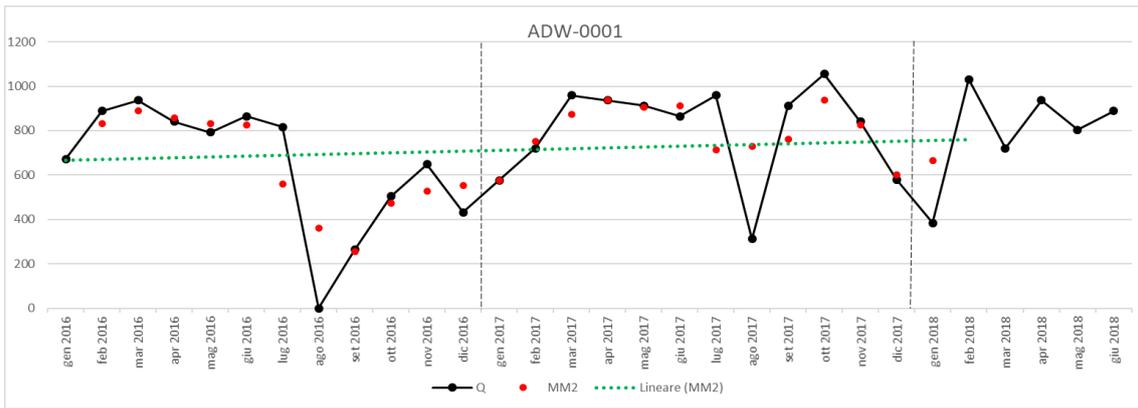


Figura 5.16: Trend con regressione lineare su media mobile a 2 periodi

### 5.3.1 Modello 2.3

Le componenti di stagionalità sono calcolate nel medesimo modo introdotto in precedenza e moltiplicate con i valori del trend ricavati dalla nuova regressione (figura 5.17).



Figura 5.17: Modello 2.3

### 5.3.2 Modelli 2.4 e 2.5

Anche in questo caso le componenti di stagionalità e i modelli sono ricavati seguendo gli stessi procedimenti dei metodi 1.4 e 1.5, una volta sommando le componenti di stagionalità al trend (figura 5.18) ed una volta moltiplicandole (figura 5.19).



Figura 5.18: Modello 2.4



Figura 5.19: Modello 2.5

### 5.3.3 Modelli 2.6 e 2.7

Gli ultimi due modelli, additivo (figura 5.20) e moltiplicativo (figura 5.21), calcolati con questo genere di componente di trend, sfruttano le componenti di stagionalità calcolate a loro volta sulla base dei dati ricavati dalla media mobile a due periodi, esattamente come nei rispettivi modelli precedenti 1.6 e 1.7

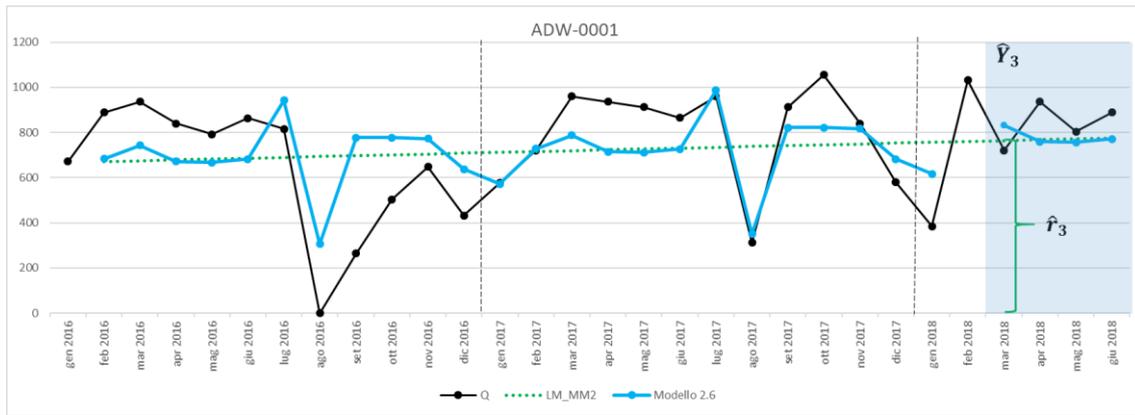


Figura 5.20: Modello 2.6



Figura 5.21: Modello 2.7

## 5.4 Modelli con regressione lineare sulla media mobile a $n=12$

In questo caso il trend viene catturato attraverso una regressione lineare sui dati ricavati dall'utilizzo di una media mobile a 12 periodi sulle quantità disponibili (figura 5.22). Ovviamente si perdono così 12 dati e l'informazione sul trend sarà ricavabile dai soli 12 mesi centrali dei due anni disponibili. I modelli creati sono esattamente gli stessi provati nel caso in cui il trend è stato ricavato tramite una media mobile a 2 periodi, con la differenza che adesso le previsioni sono di nuovo relative a tutto il primo semestre del 2018.



Figura 5.22: Trend con regressione lineare su media mobile a 12 periodi

## 5.5 Modello Holt-Winters

Un modello diverso dai precedenti è quello dell'exponential smoothing, cioè un metodo che prevede l'attenuazione esponenziale del peso dei dati più lontani. La tecnica dello smorzamento esponenziale è utilizzabile in 3 diverse modalità a seconda che si stiano trattando dati stazionari, dati che presentano un trend o dati che presentano sia trend che stagionalità. Il caso del modello di Holt-Winters (figura 5.23) è l'ultimo dei 3, il più completo e complesso, e richiede per la sua implementazione la determinazione di 3 diversi coefficienti di attenuazione esponenziale:

- $\alpha$ , che rappresenta la misura di quanto si vuole pesare l'errore;
- $\beta$ , che rappresenta la costante di smorzamento per il trend (l'impatto dell'errore che si verifica tra la previsione e il valore attuale);
- $\gamma$ , che rappresenta la costante di smorzamento per la stagionalità.

Al fine di trovare i 3 coefficienti migliori che minimizzano l'ampiezza degli errori, è stato ideato ed utilizzato un algoritmo. L'algoritmo fa sì che, con condizioni iniziali casuali, i valori di  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  siano sottoposti ciclicamente a dei test di verifica del valore che viene iterativamente aggiornato aggiungendo o sottraendo una quantità di 0,01 stabilita arbitrariamente. L'algoritmo si ferma solo nel caso sia soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

- sono stati eseguiti 100 cicli iterativi;

- i valori di  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  sono tali da restituire un modello che presenta uno standard error minore di un certo valore stabilito arbitrariamente;
- per 10 iterazioni consecutive l'algoritmo non è riuscito a migliorare i valori dei parametri.

L'algoritmo è ripetuto per tutti i diversi prodotti andando ad identificare per ognuno di essi i valori migliori dei parametri.

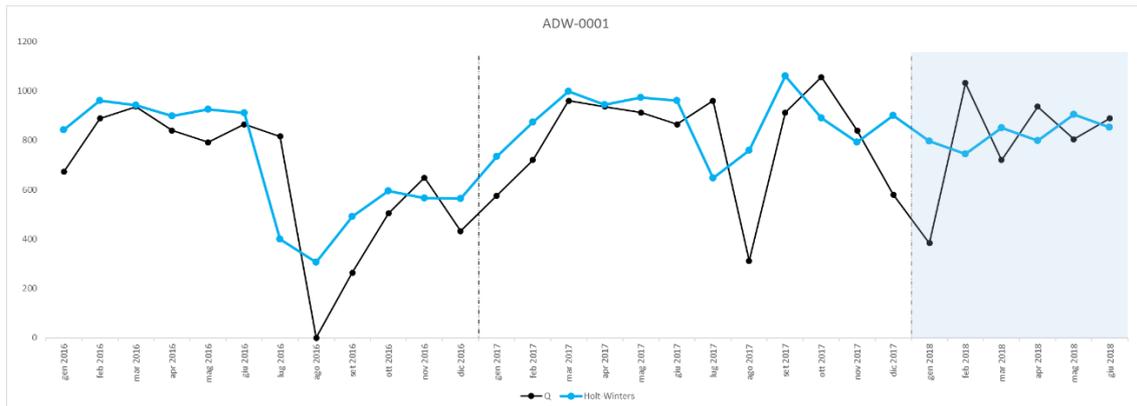


Figura 5.23: Modello Holt-Winters

## 5.6 Modelli senza stagionalità

Come ultimo tentativo nella ricerca di strumenti di previsione adeguati, si è deciso di ricorrere all'utilizzo di modelli che non tenessero conto della componente di stagionalità. Mentre per certi prodotti è evidente anche dall'osservazione dei time plot l'esistenza di stagionalità, per altri tale evidenza non è così marcata. Si è perciò utilizzato un ulteriore modello, quello di Holt, in due diverse forme, una additiva e una moltiplicativa. Il modello di Holt fa parte dei modelli della tecnica dello smorzamento esponenziale e si trova un livello sotto al modello di Holt-Winters discusso in precedenza. Questo modello infatti, tiene conto della componente di trend dei dati senza considerare la stagionalità, richiedendo perciò come coefficienti solamente  $\alpha$  e  $\beta$ . Tali coefficienti sono calcolati per mezzo di un algoritmo, identico a quello sviluppato per il modello Holt-Winters, che ne identifica i valori tali da minimizzare gli errori di previsione.

Per questo nuovo modello si è proceduto come nei precedenti, lavorando sui dati del 2016 e 2017 ed utilizzando il primo semestre 2018 come strumento di validazione.

Il modello di Holt si sdoppia, come già anticipato, in due sotto-modelli, additivo e moltiplicativo, diversi per come viene calcolata e combinata la componente di trend. Nel modello additivo (figura 5.24) la previsione è calcolata come:

$$\widehat{D}_t = \alpha \cdot D_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot (\widehat{D}_{t-1} + T_{t-1})$$

con

$$T_t = \beta \cdot (\widehat{D}_t - \widehat{D}_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}$$

Nel modello moltiplicativo (figura 5.25), invece, la previsione e il trend sono calcolati diversamente:

$$\widehat{D}_t = \alpha \cdot D_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot (\widehat{D}_{t-1} \cdot T_{t-1})$$

con

$$T_t = \beta \cdot \left( \frac{\widehat{D}_t}{\widehat{D}_{t-1}} \right) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}$$



Figura 5.24: Modello di Holt additivo



Figura 5.25: Modello di Holt moltiplicativo

## 5.7 Scelta dei modelli

A questo punto, con a disposizione tutti i modelli sopra descritti, è possibile testarne la bontà sui prodotti più richiesti di entrambi i canali che, per ipotesi assumiamo essere quelli con domanda diversa da zero nell'80% delle misurazioni complessive.

Nella fase di scelta dei modelli si eseguono principalmente due controlli:

1. Il primo controllo è relativo all'errore di previsione commesso dai modelli. Attraverso il calcolo dell'errore è possibile eseguire un confronto tra le diverse previsioni per differenti intervalli di tempo. L'errore utilizzato è il MAPE (mean absolute percentage error):

$$PE_t = \left( \frac{D_t - d_t}{D_t} \right) \cdot 100$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |PE_t|$$

dove  $D_t$  è la domanda effettiva per il periodo  $t$ ,  $d_t$  è la previsione del modello per lo stesso periodo,  $N$  è il numero di periodi su cui si svolge la previsione (assume solo valori 6 o 4). Il fatto di utilizzare  $N$  pari a 6 o 4 a denominatore permette di

rendere confrontabili i valori di errore derivanti da modelli che effettuano la previsione su tutto il semestre o solo su 4 mesi.

2. Il secondo controllo è di tipo visivo e consiste nell'analizzare graficamente l'andamento di ogni singolo modello rispetto alle quantità reali. I primi 24 mesi vengono usati per valutare il fitting del modello, mentre il primo semestre del 2018 (o i 4 mesi di marzo, aprile, maggio e giugno nel caso dei modelli che usano la media mobile a 2 periodi), è utilizzato come strumento di validazione: per questi mesi infatti i modelli sviluppati provvedono già a creare una previsione della domanda che è possibile confrontare con i valori reali a disposizione.

L'errore è stato calcolato su tutti i modelli sviluppati e i risultati riportati sulla seguente tabella (tabella 5.1) tramite la quale si è proceduto alla loro valutazione.

Tabella 5.1: Errori MAPE

MODELLO / PRODOTTO	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	HW	HOLT <sub>A</sub>	HOLT <sub>M</sub>
ADD-6200	7,9%	3,2%	0,5%	27,5%	21,7%	15,6%	14,7%	19,3%	22,9%	21,7%	14,9%	17,0%	22,9%	1,6%	4,7%	44,7%	34,4%	80,8%	51,6%	68,8%
ADD-6200 A	2,9%	#N/D	39,4%	1,9%	#N/D	3,9%	2,9%	26,0%	14,9%	#N/D	12,6%	8,8%	43,5%	5,6%	#N/D	3,6%	9,6%	55,7%	31,9%	36,2%
ADD-6204 A	944,9%	946,6%	1001,3%	746,9%	906,5%	778,0%	906,2%	774,5%	580,0%	544,0%	863,0%	463,8%	1338,8%	1066,4%	1199,3%	1097,5%	1238,0%	663,8%	1180,9%	934,0%
ADD-6205	25,0%	24,3%	21,8%	34,3%	51,7%	15,9%	16,9%	5,2%	20,1%	11,6%	13,5%	12,7%	40,1%	53,6%	73,6%	35,2%	34,3%	39,5%	307,0%	92,6%
ADD-6208	39,5%	43,6%	36,8%	41,9%	67,4%	17,1%	14,6%	32,4%	20,4%	24,6%	13,4%	12,3%	49,3%	53,8%	82,8%	29,1%	25,2%	59,0%	39,2%	95,3%
ADW-0001	23,2%	25,0%	22,2%	5,3%	4,1%	22,0%	22,8%	9,9%	3,7%	3,9%	9,1%	9,8%	35,5%	17,1%	15,4%	33,7%	36,2%	15,3%	4,0%	17,2%
ADW-0002A	2707,7%	2159,7%	2189,9%	2498,6%	#N/D	3976,3%	3423,8%	2348,4%	2596,7%	2468,8%	4092,6%	3673,9%	1012,0%	1833,2%	#N/D	3310,9%	1611,6%	2156,1%	1442,4%	1929,4%
ADW-0003	1364,6%	1211,3%	1261,5%	1179,1%	1082,7%	2124,9%	2202,4%	1262,9%	1197,3%	1077,6%	2158,7%	2264,5%	1151,0%	1030,2%	986,4%	1975,9%	2016,7%	3069,0%	1170,6%	2506,9%

Dalla tabella è evidente come per certi prodotti le previsioni risultino molto accurate con errori inferiori al 10%. In altre situazioni, ad esempio nel caso del prodotto ADW-0003, il MAPE raggiunge valori superiori al 1000%. Un errore così elevato si ottiene solo per i prodotti che, anche se rientranti tra quelli richiesti con più frequenza, hanno impatto minore in termini quantitativi e presentano spesso picchi di domanda seguiti da mesi con richiesta nulla. L'andamento rispecchiato dai modelli genera, però, un errore di previsione enorme nel caso in cui, tra i dati reali dei mesi tenuti come strumento di validazione, siano presenti valori molto prossimi allo zero se non addirittura nulli. L'andamento a "zig-zag" così marcato è con molta probabilità dovuto al fatto che i dati a disposizione sono relativi alla produzione, che potrebbe essere avvenuta in un unico mese per una quantità tale da soddisfare il mercato anche per uno o più mesi futuri; avendo a disposizione dati reali di vendita, molto probabilmente l'andamento sarebbe più omogeneo e causerebbe errori di previsione di qualche ordine di grandezza inferiori.

Si è proceduto ad identificare per ogni prodotto il modello con l'errore percentuale minore, giungendo alla conclusione che nessun modello risulta il migliore in assoluto per tutti i prodotti, ma al contrario ogni unità richiede un diverso modello per una più corretta previsione.

Si è poi proceduto alla rappresentazione grafica dei modelli, riportando sul time plot oltre alle quantità reali e all'andamento dei modelli, sia in fittaggio che in previsione, anche gli intervalli di confidenza al 95% e 80% e gli estremi dell'errore MAPE (figure 5.26 e 5.27).

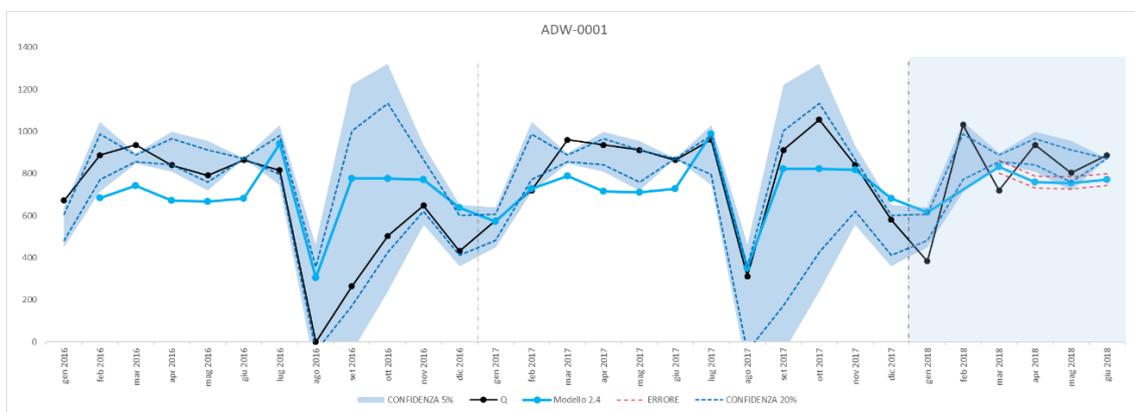


Figura 5.26: Fittaggio e validazione del modello 2.4

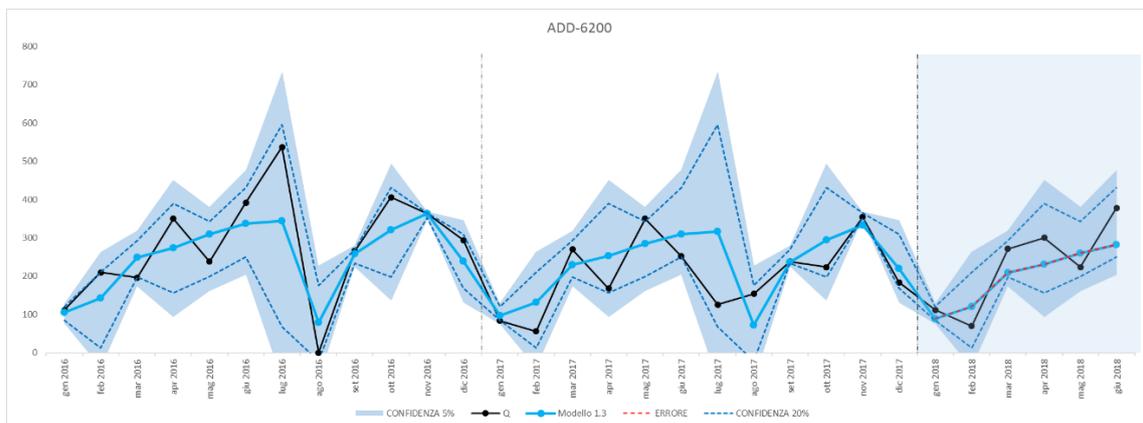


Figura 5.27: Fittaggio e validazione del modello 1.3

Osservando i grafici è importante soffermarsi sulla valutazione degli intervalli di confidenza e degli errori.

Dove l'ampiezza degli intervalli di confidenza risulta molto accentuata significa che esiste un'alta variabilità nei dati di quel mese e che la componente stagionale non

funziona a dovere. Ciò accade principalmente nei mesi tra luglio e settembre a causa della variazione della produzione realizzata dovuta alle ferie del personale e alla chiusura dei canali. L'aver assunto i dati di produzione come corrispondenti ai dati di vendita genera in questi periodi problemi di previsione inevitabili. Osservando ad esempio i mesi di luglio e agosto dell'unità ADD-6220 si vede come nel 2016 luglio presenti un picco di produzione seguito da un agosto con produzione nulla, mentre nel 2017 luglio e agosto presentano entrambi un livello intermedio di produzione: nel 2016 con molta probabilità sono state realizzate a luglio tutte le unità necessarie per soddisfare la domanda anche del mese successivo, cosa che non è successa nel 2017 in cui la produzione è stata svolta su entrambi i mesi. Ciò genererà una enorme variabilità nella previsione del mese di luglio 2018, già anticipabile dall'osservazione dei rispettivi intervalli di confidenza.

Questo comportamento, senza dubbio meno accentuato e frequente se si avesse avuto a disposizione un periodo più lungo di osservazione, si manifesta tuttavia solo per pochi periodi rendendo comunque accettabile l'utilizzo dei modelli scelti.

Gli estremi di errore di previsione sono molto ristretti nei due casi mostrati, ad indicare che i modelli scelti effettuano previsioni decisamente soddisfacenti e in linea con quelli che sono i dati reali.

Un'ultima considerazione relativa alla scelta dei modelli va fatta riguardo ai modelli statistici più complessi utilizzati, cioè Holt e Holt-Winters. Per nessun prodotto tali modelli si sono dimostrati tra i più soddisfacenti, nonostante siano frequentemente utilizzati per questo genere di previsioni, molto probabilmente a causa della scarsità di dati disponibili e dell'andamento irregolare di questi. Per quanto riguarda i due modelli di Holt senza stagionalità inoltre, il loro fallimento era prevedibile già prima della loro implementazione: se modelli privi di stagionalità avessero funzionato bene, nel processo iterativo di calcolo dei parametri ottimali di  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  sviluppato per Holt-Winters, si sarebbe ottenuto un valore di  $\gamma$  molto prossimo a 0 ad indicare una scarsa influenza della componente stagionale.

## 5.8 Previsione

Scelto il modello migliore per ogni prodotto si può procedere al suo utilizzo per effettuare la previsione sui mesi mancanti. Per eseguire le previsioni necessarie i modelli vengono aggiornati aggiungendo come dati storici anche i valori del primo semestre 2018, esclusi precedentemente perché utilizzati come strumento di validazione. Le previsioni sfruttano così i modelli arricchiti di nuovi dati in modo iterativo: eseguita la previsione per i successivi 4 mesi, per ogni mese che si conclude i relativi dati di vendita sono reinseriti nel modello e utilizzati per ripetere le previsioni dei successivi 4 mesi. In tal modo i modelli si arricchiscono di periodo in periodo, tenendo traccia dei dati passati e sfruttandoli per affinare costantemente le proprie previsioni.

## 5.9 Prodotti seconda macro area

Fino ad ora si è lavorato solamente sui prodotti della prima macro-area, senza mai fare riferimento a tutti gli altri. Per questi diversi prodotti non è stato possibile svolgere le medesime analisi essendo impossibile catturare qualsiasi componente di serie storica: per alcuni sono registrati ordini singoli di poche unità, mentre per altri non è presente alcun ordine nel periodo considerato. La domanda di tali prodotti è perciò estremamente variabile e casuale e non permette di realizzare alcun tipo di previsione soddisfacente. Si è comunque pensato di calcolare la probabilità che in un mese sopraggiunga almeno un ordine di un prodotto qualsiasi di questa categoria. Per raggiungere lo scopo si è ricorso all'utilizzo di due diverse distribuzioni statistiche, prima di Bernoulli e poi di Poisson, per poi trovare la probabilità condizionata complessiva:

1. Con la distribuzione di Bernoulli si calcola, per ogni prodotto, la probabilità  $P_b$  che arrivi almeno un ordine in un mese;
2. Data la Bernoulli uguale a 1, ovvero la condizione che esprime la presenza di un ordine, si sfrutta la distribuzione di Poisson che permette di calcolare il numero di ordini;

3. Si stima il parametro  $\lambda$  della distribuzione di Poisson, che corrisponde al valore atteso delle quantità ordinate in quel mese.
4. Calcolo della probabilità condizionata:

$$P[Q = k|Q > 0] \cdot P[Q > 0] = P_b \cdot P_p$$

Per entrambi in canali si è individuata una probabilità condizionata complessiva che sopraggiunga un ordine molto bassa e difficile trattazione per quanto concerne la determinazione di una pianifica di produzione per questi prodotti.

## 5.10 Pianifica della produzione

Per i prodotti standard, ciò che deriva dalle previsioni sono valori ben definiti di quantità di vendita mensili di ogni prodotto. Il problema successivo alla determinazione di tali valori riguarda il loro trattamento e utilizzo al fine di migliorare le prestazioni e l'organizzazione del reparto. Lo scopo principale è quello di soddisfare le specifiche richieste del management di riuscire ad arrivare a definire con anticipo la pianificazione delle attività produttive e migliorare su questa base i processi di supply chain.

I modelli di previsione sviluppati danno come risultato precisi valori di vendita dei successivi 4 mesi, su cui è necessario soffermarsi per effettuare considerazioni indispensabili prima di procedere con gli step successivi.

I valori ottenuti derivano dall'utilizzo di modelli con performance soddisfacenti in termini previsionali, ma non è comunque corretto utilizzare tali valori direttamente per la pianifica della produzione senza considerarne una certa variabilità. I modelli creano previsioni sulla base di informazioni di trend e stagionalità ma non tengono conto di una componente di errore aggiuntiva indipendente dal resto. Tale ulteriore componente è quella che è necessario calcolare per rivedere i valori predetti dai modelli e decidere il livello di produzione che il reparto dovrà adottare.

Si procede a "depurare" la serie di dati storici delle componenti di trend e stagionalità, semplicemente sottraendone i valori mese per mese (in caso di modelli additivi) o calcolandone il rapporto (per i modelli moltiplicativi). Si ottengono in tal modo diversi

valori mensili corrispondenti a una nuova componente di variabilità di cui se ne calcola la deviazione standard per mesi corrispondenti, ottenendo 12 diversi nuovi valori. A questo punto si procede al calcolo di intervalli di confidenza, basati sulla precedente deviazione standard e con una significatività del 50%, all'interno dei quali sarà possibile definire le quantità di produzione mensile per soddisfare la domanda prevista. La motivazione dei precedenti passaggi è da ricondursi alla necessità di trovare una certa componente che permetta di stabilire un campo di variabilità all'interno del quale i dati di previsione oscillano per cause indipendenti dalla stagionalità e dal trend.

Dal momento che l'intervallo di confidenza restituisce un grande campo di variabilità, è necessario stabilire da subito come scegliere i valori da usare. Per farlo devono essere considerate altre variabili influenti, come l'importanza di consegnare un ordine nei tempi stabiliti, l'impatto che un ritardo di consegna di anche un solo giorno ha in termini di relazioni con i clienti e di costi indiretti, e il costo di mantenimento delle scorte di prodotto finito. La scelta perciò suppone un'adeguata conoscenza della struttura dei costi dell'azienda ed è influenzata dalla strategia competitiva adottata. Dal momento che per questi prodotti standard vi è la certezza che la richiesta è sempre presente in maniera pressoché costante e che l'impatto di creare *broken-promises* è elevato in termini di costi e di valutazione dell'operato da parte del Management generale dell'azienda, si decide di scegliere come valori di produzione da inserire nella pianifica quelli corrispondenti ai limiti superiori dell'intervallo di confidenza, a meno che il limite superiore non ecceda il valore massimo di vendita riscontrato per quel prodotto in tutti i mesi precedenti: in quest'ultimo caso viene scelto proprio tale valore massimo. L'impatto sul valore del magazzino è ridotto, in quanto eventuali produzioni in eccesso vengono riallineate con successivi aggiustamenti nella pianifica di produzioni future o utilizzate per andare a costruire un livello di scorta di sicurezza necessario per far fronte a eventuali problemi di produzione.

Questa assunzione implica che, benché sia stato scelto un livello di significatività del 50%, si ha solo il 25% di probabilità che la produzione stabilita sia sottostimata rispetto alle reali necessità: nel 75% dei casi ovvero, vi è la possibilità che la produzione soddisfi correttamente la domanda (figure 5.28 e 5.29).

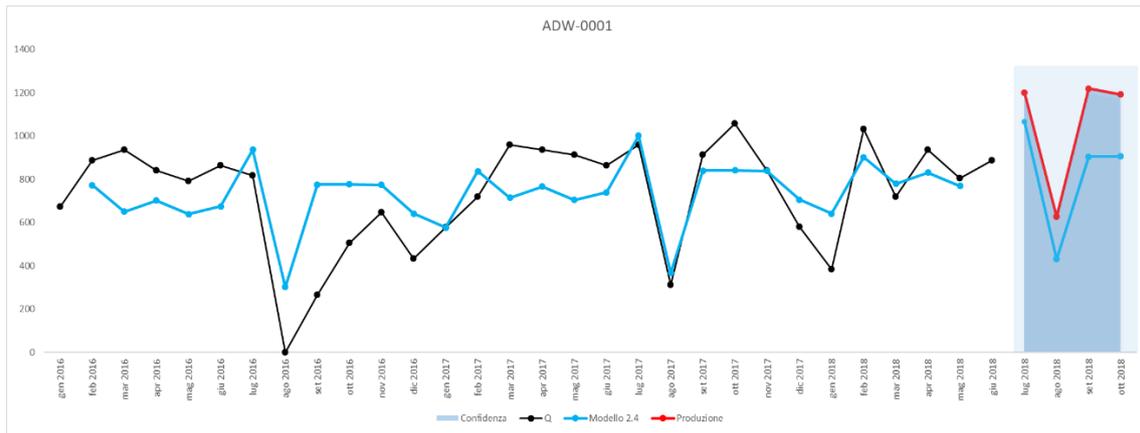


Figura 5.28: identificazione intervallo di produzione ADW-0001

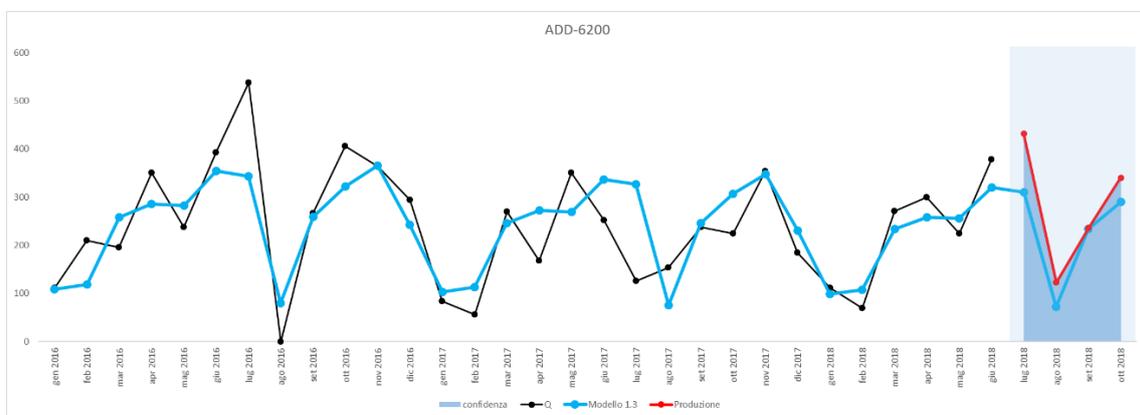


Figura 5.29: identificazione intervallo di produzione ADD-6200

In conclusione è necessario ricordare che i dati risultanti dall'analisi dovranno essere costantemente arricchiti, aggiornati e ripetuti al passare di ogni mese in modo da definire iterativamente previsioni future sempre più precise. Le previsioni ricavate dai modelli scelti inoltre, non corrisponderanno esattamente alla reale domanda del mercato che si presenterà, ma servono solamente come strumento di aiuto nella definizione delle future scelte di produzione e approvvigionamento: l'accuratezza di una previsione infatti, può essere valutata solo dopo che una decisione è stata presa e sono disponibili i dati sulle vendite effettive. L'accuratezza delle previsioni passate influisce tuttavia sulla fiducia, attribuita da chi le utilizza, alle previsioni correnti e sulla disposizione ad utilizzare tali previsioni nei processi decisionali.

## *CAPITOLO 6*

# *La Gestione Dei Magazzini E Degli Approvvigionamenti*

## Introduzione

La gestione delle scorte rappresenta uno degli elementi chiave di un corretto management di una azienda o, in questo caso, di un reparto. Con gestione delle scorte non si fa riferimento alla sola gestione del magazzino dei componenti e dei prodotti finiti, ma anche al controllo degli approvvigionamenti in termini di quantità, modalità, qualità e servizio. Una efficiente gestione delle scorte implica l'instaurazione di un equilibrio tra livello di magazzino, volumi di produzione, volumi e tempi di approvvigionamento di componenti. La difficoltà nel trovare, raggiungere e mantenere questo equilibrio cresce al crescere del numero di articoli da gestire, di prodotti finiti da realizzare e della fluttuazione della domanda di mercato.

Fino ad ora la gestione delle scorte e degli approvvigionamenti del reparto Drive-by-wire è stata effettuata in maniera discontinua e frammentata creando evidenti difficoltà; il metodo di gestione utilizzato e descritto in precedenza, non permette di effettuare un monitoraggio attendibile delle quantità a magazzino e di conseguenza nemmeno del reale valore di inventario.

Gli ordini di componenti vengono effettuati secondo le indicazioni del sistema MRP presente sulla piattaforma AS400. Dal momento che tale sistema non fornisce dati aggiornati correttamente si è venuta a creare una situazione in cui le scorte di magazzino hanno raggiunto costi di giacenza molto alti e inaccettabili per una corretta gestione economica del reparto. Il management ha provato a migliorare la situazione sviluppando i file Excel ed utilizzandoli per gestire gli ordini dei fornitori e tenere monitorati i valori dei magazzini. Questa soluzione tuttavia ha risolto solo in parte il problema. Da un lato si è stati in grado di abbassare il livello del magazzino dei componenti, ma dall'altro si sono verificati casi diametralmente opposti di mancanza di componenti che hanno provocato fermi di produzione.

La condizione così creata è spiegabile da una scarsa comprensione e pianificazione della produzione e soprattutto dalla mancanza di logiche di approvvigionamento efficaci. Si è creata la necessità di valutare le attuali logiche di approvvigionamento per implementarne di nuove che tenessero conto di diversi fattori fino ad ora erroneamente non valutati. A questo scopo, la previsione dei dati di vendita risulta molto utile per

l'identificazione di migliorie apportabili, permettendo di ampliare l'orizzonte temporale di osservazione e anticipare le decisioni da prendere.

Per apportare migliorie al processo di supply chain è utile intervenire su due aspetti, uno relativo alle modalità di ordinazione e uno ai rapporti con i fornitori.

## 6.1 Analisi ABC

L'analisi ABC permette di suddividere il magazzino in tre categorie, individuando per ogni articolo il relativo impatto in base alla variabile discriminativa considerata, definendo i punti critici e dove focalizzare l'attenzione. È ragionevole distinguere i codici in magazzino secondo la loro importanza: in molti casi una piccola parte dei codici immagazzinati è responsabile per la maggior parte del valore immagazzinato. Una volta suddivisi i prodotti in classi è possibile trattare in modo differenziato i vari item. Nella maggior parte dei casi la suddivisione delle classi avviene come riportato in figura 6.1: in ascissa è riportata la percentuale cumulativa del numero dei articoli, in ordinata la percentuale cumulativa del valore totale. Una ripartizione standard è quella che associa al 15% dei componenti il 75-80% del valore totale del magazzino, ad un ulteriore 10-15% dei codici il 10-15% del valore di magazzino e al restante 80% dei codici il 5-10% del valore.

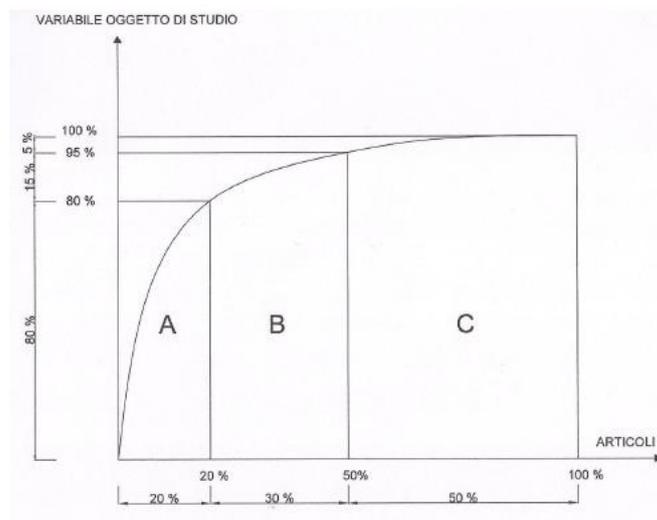


Figura 6.1: Curva dell'analisi ABC

Questa ripartizione non è obbligatoria e le percentuali di appartenenza e di valore possono variare a seconda dei singoli casi. Quello che non varia è il significato delle classi:

- Classe A rappresenta un numero limitato di articoli che contribuiscono maggiormente alla produzione e devono essere gestiti accuratamente poiché sono responsabili di un'ampia quota del fatturato;
- Classe B è in una posizione intermedia e denota una minore importanza per la produzione e il valore;
- Classe C rappresenta un numero elevato di articoli che hanno una bassa incidenza sul valore del magazzino, sono a bassa criticità e gli è dedicata minore attenzione in fase operativa.

Una corretta analisi ABC richiede di svolgere simultaneamente due tipi di analisi, una sui consumi valorizzati e una sulle giacenze medie valorizzate. La prima valuta il consumo di un articolo nel periodo osservato dell'analisi moltiplicandolo per il rispettivo valore unitario per andare a determinare la variabile *Valore di impiego*. La seconda analisi è effettuata calcolando la giacenza media a magazzino di ogni componente nell'arco del periodo di analisi moltiplicandola per il costo unitario di ogni componente per ottenere la variabile *Giacenza media valorizzata*. Le soglie per la suddivisione delle classi in entrambe le analisi devono essere le stesse per poter permettere di eseguire in conclusione un'analisi ABC incrociata: tale analisi, che integra le due precedenti, permette di giungere alla costruzione di 9 sottoclassi, ognuna con determinati livelli di consumi e giacenza media.

Per quanto concerne lo studio del caso in esame tuttavia, non è stato possibile pervenire a questo tipo di analisi completa a causa della mancanza di monitoraggio del magazzino. Per svolgere l'analisi sulle giacenze medie valorizzate è necessario avere a disposizione un notevole quantitativo di dati relativi ai movimenti dei componenti che il sistema fino ad ora non è in grado di tracciare. Questa valutazione diventerà possibile solo con l'utilizzo del nuovo sistema informativo che per mezzo di touch screen in linea e in magazzino, e della digitalizzazione dei componenti, sarà in grado di tenere traccia dei movimenti delle singole unità.

A causa della mancanza di tali informazioni, l'analisi ABC può essere svolta considerando solo il valore di impiego e classificando i componenti in sole tre classi.

Utilizzando i dati di produzione degli ultimi 30 mesi si è calcolata la media di unità prodotte mensilmente di ogni tipo e, incrociando queste quantità con le rispettive bill of material, si sono ottenuti i consumi mensili medi di ogni componente. Moltiplicando il valore unitario di ogni elemento per la quantità consumata si è ricavato il valore di impiego. Per procedere all'analisi ABC i codici sono stati ordinati in modo decrescente secondo i valori. Si è proceduto quindi al calcolo del valore cumulativo e, dividendo per il valore totale, della percentuale cumulata del valore. I risultati dell'analisi sono mostrati nelle tabelle 6.1 e 6.2 e nei rispettivi grafici (figure 6.2 e 6.3).

Tabella 6.1: Valori analisi ABC - ESIU

Codice componente	% Qta componenti	Valore cumulato	% Valore	Valore cumulato	Classe
FV-ADD-6200 A-2	3,39%	3,39%	23,68%	23,68%	A
XE-ADD-6200-3	3,39%	6,78%	22,27%	45,95%	
AZE-ADD-6200-7	3,39%	10,17%	10,85%	56,79%	
HD-ADD-6200-4	3,39%	13,56%	5,07%	61,86%	
XE-ADD-6201 A-3	0,64%	14,20%	4,53%	66,39%	
HE-ADD-6200-3	3,39%	17,59%	4,47%	70,86%	
FV-ADD-6201 A-3	0,64%	18,23%	4,44%	75,30%	
VJ-ADD-6200-2	3,39%	21,62%	3,07%	78,37%	
XE-ADD-6201 A-3	0,42%	22,04%	3,02%	81,39%	
FV-ADD-6201 A-3	0,42%	22,47%	2,96%	84,35%	
AZE-ADD-6208-1	0,64%	23,10%	1,54%	85,88%	B
XE-ADD-6201 A-3	0,21%	23,31%	1,51%	87,39%	
FV-ADD-6201 A-3	0,21%	23,53%	1,48%	88,87%	
VJ-ADD-6202-2	0,64%	24,16%	0,99%	89,86%	
HD-ADD-6200-4	0,64%	24,80%	0,95%	90,81%	
AZE-ADD-6205	0,42%	25,22%	0,83%	91,64%	
SV-AVS13	4,66%	29,88%	0,80%	92,44%	
HL-ADD-6201-1	0,64%	30,52%	0,79%	93,23%	
WF-ADD-6200-3	4,66%	35,18%	0,75%	93,98%	
HE-ADD-6200 A-1	0,64%	35,82%	0,72%	94,70%	
HD-ADD-6200-3	0,42%	36,24%	0,62%	95,32%	C
SG-ADD-6200-1	4,66%	40,90%	0,62%	95,94%	
SV-ADD-6200-2	4,66%	45,57%	0,54%	96,48%	
VJ-ADD-6205-2	0,42%	45,99%	0,51%	96,99%	
HE-ADD-6200 A-1	0,42%	46,41%	0,48%	97,47%	
6202-2Z	4,66%	51,08%	0,40%	97,87%	
HD-ADD-6200-3	0,21%	51,29%	0,31%	98,18%	
AZE-ADD-6204 B-2	0,21%	51,50%	0,30%	98,47%	
VJ-ADD-6205-2	0,21%	51,71%	0,26%	98,73%	
HE-ADD-6200 A-1	0,21%	51,93%	0,24%	98,97%	
LP-ADD-6200-3	4,66%	56,59%	0,23%	99,20%	
SU-OR 88 57X2 62	4,66%	61,25%	0,14%	99,34%	
UNI7687 M3X10 109 TX D	32,64%	93,89%	0,11%	99,45%	
Centralina XE-ADD-6201-3	0,01%	93,90%	0,10%	99,56%	
RR-J35	4,66%	98,57%	0,09%	99,65%	
Cablaggio AZE-ADD-6201-2	0,04%	98,60%	0,07%	99,71%	
VH-ADD-6204-3	0,85%	99,45%	0,05%	99,77%	
Cablaggio AZE-ADD-6203-1	0,04%	99,48%	0,05%	99,82%	
Alberini VJ-ADD-6201-2	0,02%	99,51%	0,03%	99,85%	
VH-ADD-6204-3	0,42%	99,93%	0,03%	99,88%	
Cablaggio AZE-ADD-6204_A-2	0,01%	99,94%	0,03%	99,90%	
Alberini VJ-ADD-6205-2	0,02%	99,96%	0,02%	99,93%	
Alberini VJ-ADD-6202-1	0,01%	99,97%	0,02%	99,95%	
Alberini VJ-ADD-6203_D-1	0,01%	99,98%	0,02%	99,97%	
Cablaggio AZE-ADD-6205-1	0,01%	99,99%	0,01%	99,98%	
Cablaggio AZE-ADD-6204_B-2	0,01%	99,99%	0,01%	99,99%	
Alberini VJ-ADD-6206-1	0,01%	100,00%	0,01%	100,00%	

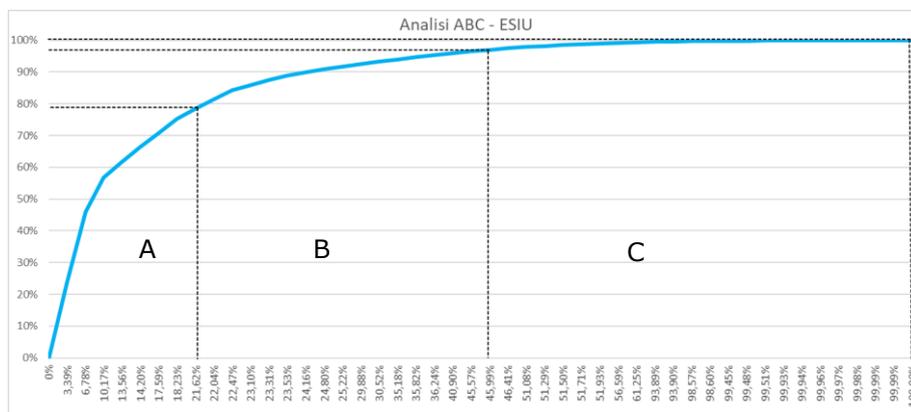


Figura 6.2: Curva dell'analisi ABC canale ESIU

Tabella 6.2: Valori analisi ABC - EPB

Codice componente	% Qta componenti	Valore cumulato	% Valore	Valore cumulato	Classe
XE-ADW-0001 A-3	6,48%	6,48%	37,09%	37,09%	A
AKE-ADW-0001 A-3	8,39%	14,87%	11,19%	48,28%	
AVB-ADW-0001 A-3	6,48%	21,35%	10,52%	58,80%	
AHV-ADW-0001-6	8,39%	29,74%	8,83%	67,63%	
XE-ADW-0002 A	1,14%	30,88%	6,99%	74,62%	B
TW-ADW-0001-3	8,39%	39,27%	4,24%	78,86%	
TM-ADW-0001-2	8,39%	47,66%	4,11%	82,97%	
HD-ADW-0001-6	8,39%	56,04%	2,93%	85,90%	
AVA-ADW-0001-3	8,39%	64,43%	2,56%	88,46%	C
HC-ADW-0001-6	8,39%	72,82%	2,34%	90,79%	
XE-ADW-0002 A	0,38%	73,20%	2,33%	93,12%	
628/6-2Z	16,77%	89,97%	2,30%	95,43%	
AVB-ADW-0003-2	1,14%	91,12%	1,97%	97,39%	
AVB-ADW-0002-3	0,38%	91,50%	1,44%	98,84%	
6004-2Z/LHT23	8,39%	99,89%	0,70%	99,54%	
XE-ADW-0006-2	0,02%	99,91%	0,13%	99,67%	
XE-ADW-0001 A-3	0,02%	99,93%	0,09%	99,76%	
XE-ADW-0002 A	0,01%	99,93%	0,05%	99,81%	
XE-ADW-0004-2	0,01%	99,94%	0,04%	99,85%	
AVB-ADW-0002-4	0,01%	99,95%	0,03%	99,88%	
AVB-ADW-0004-3	0,01%	99,96%	0,03%	99,91%	
AVB-ADW-0007-1	0,01%	99,97%	0,03%	99,93%	
AVB-BX-ADW-0009-7	0,01%	99,98%	0,03%	99,96%	
AVB-ADW-0003-2	0,01%	99,98%	0,01%	99,97%	
AVB-ADW-0008-2	0,01%	99,99%	0,01%	99,99%	
AVB-ADW-0009-1	0,01%	100,00%	0,01%	100,00%	

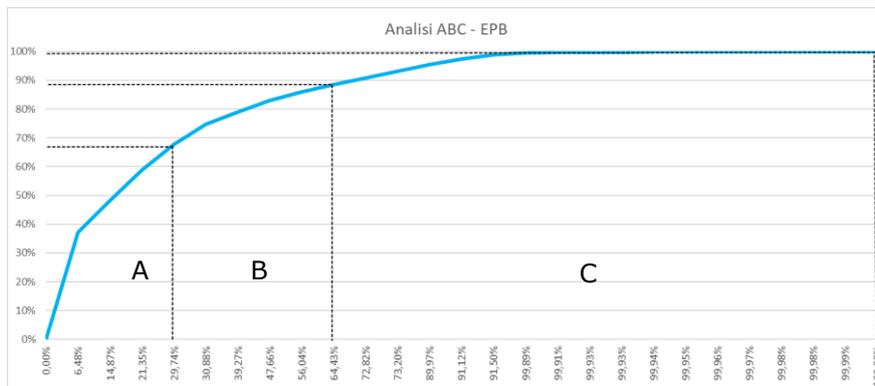


Figura 6.3: Curva dell'analisi ABC canale EPB

L'analisi risulta molto importante perché, a seconda della classe di appartenenza, si può definire quale sia la gestione migliore degli ordini dei componenti. Nella classe A rientrano componenti ad alto costo utilizzati nell'assemblaggio delle unità maggiormente prodotte dal canale. Per questi codici è conveniente utilizzare un sistema MRP per la pianificazione e la gestione degli ordini. Nella classe B rientrano ancora componenti ad alto costo ma il cui impiego è ridotto rispetto ai componenti di classe A per il fatto che sono necessari all'assemblaggio di una quantità di unità più ristretta: anche per questi articoli è conveniente utilizzare un sistema MRP. Nella classe C

rientrano quei componenti standard utilizzati per l'assemblaggio di tutte le unità e che sono costantemente necessari in grandi quantità, ma il cui costo è estremamente limitato. Oltre a questi elementi rientrano nella classe C anche componenti più costosi, utilizzati per le unità richieste molto raramente. Per i primi articoli della classe C, quelli standard, la soluzione migliore di approvvigionamento è quella del livello di riordino con politica fixed order quantity, mentre per gli altri è necessario utilizzare il metodo lot-for-lot.

## 6.2 Logiche di Approvvigionamento

Le logiche di approvvigionamento di componenti sono di estrema importanza ai fini dell'efficienza produttiva ed economica del reparto. Per offrire una soluzione efficace ed applicabile è necessario fare due precisazioni. La prima riguarda le categorie di componenti: ai componenti di classe A, B e C non possono essere applicati gli stessi metodi di gestione degli ordini a causa delle diverse quantità richieste e dei diversi costi standard.

La seconda riguarda il tipo di ordini emessi. Ai fini dell'analisi del caso in esame è sufficiente distinguere gli ordini in tre categorie, ordini chiusi, ordini aperti e ordini a programma.

Un ordine chiuso è un contratto in cui sono indicati articolo, quantità, tempi di consegna, prezzo e condizioni di resa, che si chiude con l'esaurirsi della prestazione. Con questo metodo, a differenza degli ordini aperti, una volta spedita una richiesta, non è possibile effettuare modifiche sul materiale ordinato.

Un ordine aperto è un unico ordine conferito ad un fornitore che riguarda un elenco di prodotti e consente di effettuare acquisti sino ad un valore globale o entro un lasso di tempo predeterminati. Può essere usato in caso di acquisti ripetitivi e di consegne ripartite con le singole tipologie di prodotti. Una volta definite le condizioni di pagamento, di resa, le modalità e i tempi di consegna, non è più necessario rivederli a meno di eventi che modificano le condizioni operative. Con questo metodo è migliore sia l'affidabilità del periodo di consegna che la capacità di soddisfare le esigenze quantitative e le relative variazioni.

Gli ordini a programma sono il completamento dell'ordine aperto. Sono utilizzati per consegne con fornitura frequente e/o con lotti di produzione prestabiliti. Per questi ordini non sono riportati né prezzi né indicazioni sulle condizioni di trasporto, ma solo informazioni circa le previsioni di fornitura. Le date degli ordini a programma si distinguono in "confermate" e "previsionali". Il reparto si impegna a ritirare i quantitativi per i quali è stato confermato l'ordine, mentre le quantità previsionali hanno il solo scopo di permettere al fornitore una programmazione della produzione tale da rispettare senza problemi le future forniture.

Sulla base di queste considerazioni è possibile definire la logica di approvvigionamento dei componenti standard e dei componenti delle classi A e B.

### **6.2.1 Componenti classe C**

Per questo tipo di componenti è opportuno che l'ufficio acquisti provveda a trasformare in contratti di ordine aperto e di ordine a programma tutte le relazioni con i fornitori che ancora non lo sono. L'ordine a programma risulta il più consono per questo tipo di forniture e consente di trascurare la componente della scorta di sicurezza relativa al tempo di approvvigionamento.

Per gestire gli articoli standard richiesti nell'assemblaggio di tutte le unità prodotte, si decide di adottare il criterio del livello di riordino basato sul valore della scorta fisica. Un metodo, questo, semplice e poco costoso, attuabile solo se è a disposizione una previsione attendibile di quelli che sono i fabbisogni futuri. La logica è basata, appunto, sul livello di riordino: quando la scorta disponibile a magazzino diventa inferiore a tale livello deve essere emesso un nuovo ordine. Il livello di riordino è calcolato come la somma del consumo medio dell'articolo durante il lead time e una scorta di sicurezza:

$$R = d \cdot LT + SS$$

La quantità di componenti da ordinare, detta lotto di riordino, deve essere dimensionata con lo scopo di bilanciare e minimizzare i costi finanziari  $C_i$ , dovuti alle scorte, e i costi operativi  $C_e$  dovuti all'emissione degli ordini.

$$C_i = \left( \frac{Q}{2} + SS \right) \cdot (h + r \cdot c)$$

$$C_e = A \cdot \frac{D}{Q}$$

dove:

- $Q$ : lotto di riordino
- $SS$ : scorta di sicurezza
- $h$ : costo unitario di stoccaggio
- $r$ : costo medio del capitale annuo (5.7%)
- $c$ : costo unitario del prodotto
- $A$ : costo di ordinazione
- $D$ : domanda del componente

Il valore del lotto economico di acquisto  $Q^*$  si calcola derivando rispetto a  $Q$  e uguagliando a zero l'espressione del costo totale annuo, ottenuta come somma di  $C_i$  e  $C_e$ :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{h + r \cdot c}}$$

L'utilizzo di una scorta di sicurezza è necessario perché  $d$  e  $LT$  sono valori medi o attesi del tasso di domanda e del lead time, la cui aleatorietà richiede l'impiego di determinate misure di sicurezza per ottenere un livello di servizio accettabile. Con livello di servizio si intende un valore percentuale che indica la probabilità di riuscire a rispettare la data, la qualità e la quantità di consegna di un ordine.

In condizioni di incertezza un'ipotesi comune è che le grandezze probabilistiche siano caratterizzate da una distribuzione normale con valori medi  $d$  e  $LT$  e deviazioni standard  $\sigma_d$  e  $\sigma_{LT}$ . Tenendo conto del modo in cui i valori della domanda durante il lead time sono dispersi, è dimostrabile che la domanda durante il lead time ha valor medio  $d \cdot LT$  e deviazione standard:

$$\sigma = \sqrt{LT \cdot \sigma_d^2 + d^2 \cdot \sigma_{LT}^2}$$

per questa ragione, per migliorare il livello di servizio, si aggiunge nel calcolo del punto di riordino la quantità:

$$SS = Z \cdot \sigma$$

dove  $Z$  è una costante determinata in funzione del livello di servizio specificato, come indicato in tabella 6.3.

Tabella 6.3: Livelli di servizio

Z	Livello di servizio
1,64	95,00
1,88	97,00
2,33	99,00
2,58	99,50
3,00	99,90

Il valore del livello di servizio incide direttamente sul valore della scorta e di conseguenza sulle politiche di approvvigionamento che si intraprendono.

Approfondendo lo studio della scorta di sicurezza, è necessario soffermarsi sul fatto che sia composta di due elementi, uno riguardante l'incertezza della domanda e uno la variabilità del lead time del fornitore.

La prima, detta scorta di sicurezza sulla domanda, tiene conto della possibilità che durante il periodo di approvvigionamento il consumo di quel componente risulti diverso rispetto a quello previsto: se il consumo è minore si verifica un over-stock, cioè maggiori giacenze a magazzino di quanto previsto e quindi maggiori costi, se il consumo è superiore possono verificarsi rotture di stock con gravi conseguenze sulla produzione e rischio di incorrere in broken-promises. In questo caso la formulazione della scorta di sicurezza è:

$$SS_d = Z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{LT}$$

La seconda, detta scorta di sicurezza sul tempo di approvvigionamento, prende in considerazione la possibilità che, pur avendo un consumo costante possono esserci

ritardi o anticipi nelle consegne da parte dei fornitori. Le conseguenze in entrambe le situazioni comportano le stesse difficoltà del caso di variabilità dei consumi. La formulazione della scorta di sicurezza in questa situazione è:

$$SS_{LT} = Z \cdot \sigma_{LT} \cdot d$$

La logica di approvvigionamento per i componenti standard si basa quindi sulla politica fixed order quantity con livello di riordino  $R$  (tabella 6.4).

Per ogni componente sono stati individuati tutti i costi necessari per determinare il lotto economico di acquisto  $Q^*$  ed il livello di riordino, secondo la formula semplificata dall'eliminazione della componente di scorta di sicurezza sul tempo di approvvigionamento: alla presenza di un ordine aperto o a programma che definisce i tempi di consegna con penali se il fornitore ritarda, la variabilità del lead time è molto ridotta ed è possibile trascurarla.

$$R = d \cdot LT + SS_d = d \cdot LT + Z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{LT}$$

in cui:

- La domanda media  $d$  corrisponde alla quantità di ogni componente necessaria per la produzione di unità per un intero mese (trattandosi di componenti comuni a tutte le unità);
- Il lead time è determinato in fase contrattuale e varia componente per componente anche se più articoli sono forniti dalla stessa azienda;
- $Z$  è assunta pari a 2.33, valore che corrisponde ad un livello di servizio del 99%;
- $\sigma_d$  è assunta pari a 10 (sulla base di altre casistiche aziendali similari).

Tabella 6.4: Valori calcolo livello di riordino

6202-2Z		
costo unitario prodotto	<b>c</b>	€ 0,42
domanda prodotto	<b>D</b>	660
costo ordinazione	<b>A</b>	€ 50,00
costo unit stoccaggio	<b>h</b>	€ 0,002
costo finanziario	<b>r</b>	0,48%
lead time (mesi)	<b>LT</b>	0,909
lotto economico di riordino	<b>Q*</b>	4188
total cost	<b>TC*</b>	€ 294
numero ordini mensili	<b>N</b>	0,158
periodo di riordino (mesi)	<b>T*</b>	6,35
domanda media	<b>d</b>	660
livello di riordino	<b>R</b>	600
livello di servizio	<b>Z</b>	2,330
dev. std domanda	<b><math>\sigma d</math></b>	20
scorta di sicurezza	<b>SS</b>	44,431
livello di riordino effettivo	<b>R</b>	644

Per questi componenti si osserva un periodo di riordino relativamente alto, in genere superiore ai 5 mesi. Dovendo gestire diversi prodotti, ognuno con un proprio  $Q^*$  e quindi un proprio  $T^*$ , è possibile utilizzare una scansione dell'orizzonte temporale secondo potenze di 2, generando un insieme di possibili date a cui effettuare l'ordine. Il punto medio tra due date definite dalle potenze  $m$  e  $m+1$  è pari a  $2^m\sqrt{2}$  e quindi un qualsiasi valore ottimale  $T^*$  sarà compreso tra il valore  $2^m$  e  $2^m\sqrt{2}$  oppure tra il valore  $2^m\sqrt{2}$  e  $2^{m+1}$ . L'applicazione di tale logica permette di semplificare le operazioni di riordino gestendo le ordinazioni di diversi componenti nello stesso momento. Per valutare se l'attuazione di questa soluzione è vantaggiosa o meno, è necessario confrontare il costo totale  $TC^*$  ottenuto dalla soluzione ottima con  $Q^*$  e il  $TC$  ottenuto in questa situazione: in tutti i casi tale differenza di costo totale risulta inferiore all'1%, cioè molto limitata e di conseguenza applicabile senza difficoltà nella gestione dei costi (tabella 6.5).

Tabella 6.5: Valori calcolo nuovo livello di riordino

6202-2Z		
costo unitario prodotto	<b>c</b>	€ 0,42
domanda prodotto	<b>D</b>	660
costo ordinazione	<b>A</b>	€ 50,00
costo unit stoccaggio	<b>h</b>	€ 0,002
costo finanziario	<b>r</b>	0,48%
lead time (mesi)	<b>LT</b>	0,909
lotto economico di riordino	<b>Q*</b>	4188
total cost	<b>TC*</b>	€ 294
numero ordini mensili	<b>N</b>	0,158
periodo di riordino (mesi)	<b>T*</b>	6,35
domanda media	<b>d</b>	660
livello di riordino	<b>R</b>	600
livello di servizio	<b>Z</b>	2,330
dev. std domanda	<b><math>\sigma d</math></b>	20
scorta di sicurezza	<b>SS</b>	44,431
livello di riordino effettivo	<b>R</b>	644
periodo potenza di 2	<b>T</b>	8
nuovo lotto economico di riordino	<b>Q</b>	5280
nuovo total cost	<b>TC</b>	€ 294,70
aumento costo	<b>TC/TC*</b>	€ 1,001

L'utilizzo di periodi di riordino determinati risulta molto efficiente anche per l'organizzazione dei fornitori. In fase contrattuale possono essere definiti i rapporti di fornitura in base ai periodi di riordino così determinati in modo da permettere al fornitore di gestire al meglio la propria produzione ed essere pronto per le consegne future ancor prima che arrivi la conferma ufficiale con i dettagli dell'ordine.

Una ulteriore soluzione per migliorare questo sistema può essere quella di sottoscrivere con i fornitori accordi che permettano di:

- Emettere l'ordine nelle quantità e con le caratteristiche precedentemente determinate;
- Obbligare il fornitore a consegnare la maggior parte dei prodotti entro i termini previsti;
- Consegnare le restanti quantità della fornitura in un secondo momento.

Questa possibilità comporterebbe notevoli vantaggi, sia dal lato gestione magazzini DBW, sia dal lato organizzazione del fornitore, soprattutto nel caso di lotti di riordino

con  $Q^*$  e  $T^*$  molto elevati. Il fornitore avrebbe la possibilità di consegnare il lotto in due o più momenti diversi, riuscendo ad evitare in tal modo possibili difficoltà produttive che comporterebbero un ritardo nella consegna dell'intero lotto. Il reparto DBW, invece, riuscirebbe con questo metodo a ridurre ulteriormente il valore del magazzino componenti, diminuendo le quantità complessive tenute a stock per lunghi periodi. Tale soluzione, tuttavia, è applicabile solo a fornitori muniti del free pass certificate per i quali non sono previsti controlli in incoming: in caso contrario la consegna di un lotto di riordino in più parti comporterebbe un controllo di qualità ad ogni arrivo di materiale, con conseguente aumento dei costi relativi allo svolgimento di tale operazione.

Per gestire gli altri componenti rientranti nella categoria C, costosi ma richiesti molto raramente, è necessario applicare una logica completamente diversa, ovvero quella del lot-for-lot. È importante effettuare ordini solo delle quantità strettamente necessarie per il soddisfacimento della reale domanda del mercato in quanto, essendo tale domanda molto limitata nel tempo, può accadere che questi codici restino in magazzino per oltre due anni. Non sono di aiuto nemmeno i modelli predittivi della domanda di prodotto finito sviluppati in precedenza: la previsione infatti si limita a mostrare una percentuale di probabilità che sopraggiunga un ordine superiore ad un certo quantitativo. Tuttavia, visto che tale probabilità è estremamente ridotta, è preferibile usare la politica lot-for-lot basandola sul reale arrivo di ordini dal mercato: in tal modo si è certi di evitare ordinazioni di quantità superflue con il rischio di incorrere in costi di immagazzinamento per un lungo periodo o addirittura di obsolescenza.

### **6.2.2 Componenti classi A e B**

Anche per queste categorie di prodotti risulta più efficiente l'utilizzo di ordini aperti. Nelle due categorie A e B rientrano, come già precedentemente spiegato, i componenti più particolari e costosi per l'assemblaggio delle unità. La scelta di gestire diversamente gli approvvigionamenti rispetto ai componenti standard è dettata principalmente da due ragioni fondamentali:

- Costo: il valore di questi elementi è molto alto e mantenerne una scorta eccessiva significherebbe avere un valore del magazzino componenti troppo elevato o addirittura oltre la soglia massima imposta dalla direzione.

- Utilizzo: per quanto riguarda soprattutto i componenti di classe B, oltre al costo, va considerata la frequenza del loro impiego. Di questa classe infatti fanno parte quei generi di componenti costosi, rientranti anche in classe A, ma utilizzati nella produzione delle unità richieste in quantità minori rispetto a quelle standard.

Per queste ragioni, la gestione degli approvvigionamenti di tali componenti deve essere gestita da un sistema MRP.

La procedura MRP consiste nel proiettare su quanti si voglia periodi futuri di tempo la situazione delle scorte di ciascun articolo. Si determinano quindi, periodo per periodo, eventuali fabbisogni netti che, lottizzati secondo opportuni criteri specifici per ogni parte e tempificati in modo da tenere conto del lead time dei fornitori, conducono ad un piano di proposte di ordini di acquisto. Per un corretto funzionamento del MRP sono necessarie le seguenti informazioni (figura 6.4):

- Master Production Schedule (MPS) che definisce, a partire dal piano di produzione, le quantità di “end-items” che devono essere prodotte in specifici intervalli di tempo;
- Bill of Materials (BOM), lista dei componenti necessari per la produzione di un certo “end-item”;
- Inventory records, la disponibilità a magazzino attuale dei componenti;
- Schedule receipts, gli ordini già rilasciati ma non ancora ricevuti.

Un MRP svolge, in base a queste informazioni, diverse azioni:

- Netting: determinare la richiesta netta di materiale;
- Lot sizing: scomporre la domanda netta in lotti;
- Time phasing (offsetting): determinare la data di rilascio dell’ordine traslando la data di consegna;
- BOM explosion: calcolare la richiesta lorda dei materiali componenti;
- Iterating: ripetere i passi precedenti per tutti i livelli della BOM (azione non necessaria nel caso in esame in quanto i componenti del prodotto finito si trovano tutti al primo livello della BOM).

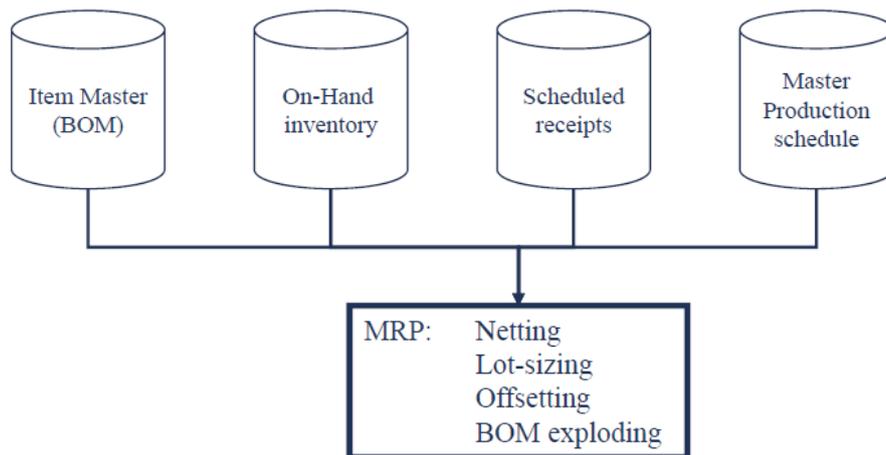


Figura 6.4: Struttura MRP

Graficamente un MRP è rappresentato da quello che viene chiamato Inventory Record, il quale contiene diverse informazioni illustrate in tabella 6.6.

Tabella 6.6: Inventory record

<b>Time bucket</b>	Discretizzazione dell'orizzonte temporale in intervalli di tempo in cui si possono attuare decisioni. Tutta la domanda che si verifica in un time bucket viene supposta concentrata all'inizio del time bucket.
<b>Gross requirement</b>	Rappresenta la domanda di un articolo derivata da tutti i piani di produzione.
<b>Scheduled receipts</b>	Sono ordini già rilasciati ma non ancora completati nel momento in cui si pianifica l'attuale inventory record.
<b>Projected inventory</b>	Rappresenta la quantità disponibile dell'articolo in goni time bucket. Dipende dalla giacenza reale a magazzino, dagli arrivi previsti e dalle uscite programmate. È calcolato dalla formula: $I(t) = I(t-1) + SR(t) - GR(t)$
<b>Net requirement</b>	Rappresenta i fabbisogni netti, ovvero depurati del materiale disponibile o in arrivo. Si calcola con la formula: $N(t) = GR(t) - \max[I(t-1), 0] - SR(t)$
<b>Planned order receipt</b>	Identifica il time bucket in cui un ordine pianificato dovrebbe essere già disponibile a magazzino.
<b>Planned order release</b>	Sono gli ordini che verranno inviati al fornitore in time bucket specifici.

Un modulo MRP è già utilizzato dal sistema AS400, tuttavia, per le ragioni spiegate nei capitoli introduttivi, le previsioni degli ordini non sono attendibili in quando basate su dati falsati e non aggiornati in tempo reale. Una soluzione efficiente diventa applicabile con l'utilizzo del nuovo sistema informativo, che permette di monitorare in tempo reale l'effettiva giacenza di componenti e di incrociarla con i dati relativi alla previsione della domanda e alla pianifica per ottenere quello che è il reale fabbisogno dei componenti, esattamente come avviene con l'utilizzo dei diversi fogli Excel, ma senza discontinuità e

rischi legati a errori di trascrizione e/o di richiami che possono generare errate indicazioni. Avere a disposizione, oltre agli ordini già inseriti a sistema, anche la previsione delle vendite dei successivi 4 mesi permette di ampliare notevolmente l'orizzonte di osservazione e gestire meglio l'organizzazione degli approvvigionamenti. Ciò che esula dalla funzionalità del sistema informativo è la logica di riordino da adottare, ovvero le modalità e le quantità da riordinare.

Trattandosi di articoli di alto valore, la componente del costo di ordinazione è trascurabile rispetto ai costi di stoccaggio  $h$  e al costo finanziario di stoccaggio  $r$ .

Per i componenti di alto valore rientranti nella categoria B dell'analisi ABC, la strategia di riordino da adottare è quella denominata lot-for-lot per la quale net requirement e ordini coincidono. Le ragioni di tale scelta sono da ricondursi alla scarsa e difficilmente prevedibile domanda delle unità su cui sono montate: l'ordinazione di elementi extra potrebbe comportare elevati costi di stoccaggio dovuti al non utilizzo di tale materiale, evitabili invece con una politica di riordino lot-for-lot, che permette di emettere ordini solo delle quantità realmente necessarie derivanti dalla domanda di mercato.

Per i componenti rientranti nella categoria A dell'analisi e quelli di categoria B meno costosi ma più utilizzati degli altri, si suggerisce di adottare una strategia di riordino periodic-order-quantity, con la quale si definisce un intervallo di riordino  $POQ$  e si ordina la quantità necessaria a soddisfare la domanda, effettiva o prevista, in tale intervallo di tempo. Il periodo di riordino è calcolato come:

$$POQ = \frac{FOQ}{\bar{D}}$$

in cui  $FOQ$  corrisponde alla quantità ottima di riordino  $Q^*$  calcolata, però, con l'utilizzo della domanda media  $\bar{D}$ :

$$FOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot \bar{D}}{h + r \cdot c}}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T D_t$$

Questa soluzione permette di effettuare riordini periodici sulla base delle quantità di componenti disponibili e della domanda sia effettiva che prevista nel medio periodo. Questo metodo può portare al riordino di un numero maggiore di componenti di quelli effettivamente necessari nel breve termine, ma trattandosi di elementi ad alto utilizzo un'eventuale quantità in eccesso viene assorbita velocemente nelle produzioni future. Adottare, in questo caso, una soluzione del tipo lot-for-lot sarebbe certamente meno costoso a livello di valore di stoccaggio, ma altamente rischioso: il ritardo nella consegna di questi componenti, così come avviene per i componenti di classe C, potrebbe comportare facilmente un blocco della produzione con ricadute sulle consegne delle unità più importanti. Inoltre questi componenti sono largamente utilizzati e richiesti e adottare una politica lot-for-lot comporterebbe l'emissione pressoché continua di nuovi ordini. Scegliere una politica di riordino come quella dei componenti di classe C sarebbe ugualmente inefficiente a causa degli elevatissimi costi di stoccaggio di tali elementi.

### **6.3 Magazzino prodotti finiti**

Si trova presso il magazzino prodotti di Airasca e rappresenta l'area di stoccaggio in cui stazionano le unità assemblate, labellate e registrate a sistema, in attesa della consegna ai clienti.

Trattandosi di un reparto produttivo che opera esclusivamente in base agli ordini del mercato, i prodotti in transito nel magazzino sono destinati per la maggior parte a ordini già acquisiti, riducendo lo stock complessivo e il valore del magazzino, a cui è imposta dalla direzione una soglia massima di valore di 150000€. Tutte le unità prodotte in eccesso in un determinato periodo, rispetto alla domanda reale, finiscono per essere immagazzinate con lo scopo di creare scorte di prodotti necessari per soddisfare la domanda in periodi di chiusura dei canali o di produzione ridotta per ferie, manutenzione o indisponibilità di personale. Esistono diversi tipi di stock utilizzati dalle aziende per sopperire a possibili mancanze di prodotti, tra cui i più importanti sono:

- Cycle stock: creato producendo più unità di un certo modello prima di effettuare un cambio tipo e produrne uno diverso;

- Safety stock: creato come protezione dalla variabilità della domanda di mercato;
- Anticipation stock o seasonal stock: simile alla scorta di sicurezza e creato per prevenire la variabilità della domanda in determinati periodi dell'anno.

Nel caso trattato ed esaminato, la creazione di scorte di prodotto finito sono necessarie specialmente per il secondo ed il terzo genere di scorte.

La scorta di sicurezza è necessaria non tanto per proteggersi dalla variabilità della domanda delle unità maggiormente richieste, quanto dalla variabilità nella domanda delle altre unità a catalogo. Possono crearsi situazioni in cui la domanda dei prodotti standard sia molto vicina a quella che è stata la previsione eseguita mentre si riscontra un netto incremento della domanda delle altre unità, la cui previsione è, come osservato, molto difficile da effettuare: in questo caso la pianifica di produzione del mese tipo viene notevolmente variata dando più spazio alla realizzazione di altre unità a scapito di quelle standard, la cui domanda quindi dovrà essere soddisfatta attingendo anche al safety stock creato.

La scorta stagionale risulta fondamentale in periodi in cui la produzione è inferiore alla capacità massima dei canali. Durante il periodo estivo (mesi di luglio e agosto), ad esempio, a causa delle ferie degli operatori e della chiusura completa dei canali, la produzione del reparto è molto inferiore al livello di produzione a regime. La domanda del mercato invece, non subisce la stessa riduzione della capacità produttiva e questa situazione, in assenza di uno stock adeguato, genera gravi problemi di soddisfacimento degli ordini. La scorta stagionale serve proprio per risolvere queste situazioni e creare più disponibilità possibile per soddisfare i clienti. Nel caso in cui ci si accorga che la produzione nei periodi precedenti non sia in grado di creare una scorta adeguata, si provvede ad inserire turni extra di lavoro esclusivamente dedicati alla creazione della riserva.

## 6.4 Analisi fornitori

Un'ulteriore analisi da effettuare per determinare un corretto ed efficiente sistema di approvvigionamento riguarda i rapporti con i fornitori e la loro qualità.

Tutti i fornitori di SKF devono essere approvati dal Supplier Quality Assurance, un organismo esterno alla produzione, tramite un lungo processo di validazione che, se positivo, permette l'inserimento all'interno della Supplier Master List.

I contratti e le relazioni con i fornitori sono gestiti dagli uffici acquisti, ma per quanto concerne la qualità delle forniture, i tempi di consegna e gli eventuali reclami, spetta al *Product quality & testing Manager* occuparsi della verifica delle condizioni stabilite. Attualmente i fornitori da cui sono acquistati i componenti sono oltre 20 e sono distinti in due categorie. La prima categoria è composta da tutti i supplier muniti del *free pass certificate*: si tratta di un certificato di qualità attribuito da SKF al fornitore, che permette di accettare i componenti in arrivo senza alcun tipo di verifica di qualità di incoming. Il *free pass certificate* è stato attribuito nel corso degli anni a tutti i fornitori che hanno mostrato di rispettare i requisiti di qualità stabiliti in fase contrattuale per un determinato numero di consegne. Tale certificato tuttavia, non è assegnato a qualsiasi genere di fornitore ma soltanto a coloro che si occupano della fornitura di articoli di base, gli stessi richiesti per tutte le diverse unità prodotte, e non della fornitura di materiale critico per l'assemblaggio come ad esempio centraline e cavi elettrici. Le forniture di componenti non muniti del *free pass certificate* devono subire un controllo qualità in incoming sul 5-10% del lotto in ingresso: su di un file Excel l'addetto registra i risultati dell'attività di verifica e se le specifiche non sono rispettate il lotto viene scartato e riconsegnato al fornitore.

Componenti critici, come quelli di classe A, sono invece sottoposti a controlli di incoming a tappeto. Durante le fasi di assemblaggio delle unità, eventuali non conformità dei componenti vengono segnalate dal personale, se riscontrabili visivamente, o dai test di qualità effettuati lungo il canale.

Tutte le precedenti criticità riguardanti le forniture sono esaminate dal *Product quality & testing Manager* e settimanalmente, durante il rapporto produzione, sono discusse le azioni da intraprendere nei confronti dei fornitori. Le azioni eseguibili sono di due tipi: invio di una segnalazione o apertura di una Vendor Compliance Conformance (VCC). Nel primo caso è inviata una comunicazione al fornitore per informarlo del riscontro di difetti non critici su alcuni componenti forniti, senza comunicare una non conformità ufficiale. L'apertura di una VCC è, invece, un processo più complesso e strutturato: si tratta di una comunicazione al fornitore del riscontro di non conformità ufficiali a cui il

fornitore ha l'obbligo di rispondere nel più breve tempo possibile. Al fornitore vengono comunicati il tipo di non conformità riscontrata, le quantità su cui è stata riscontrata e a che punto del ciclo di vita è stata riscontrata (durante i controlli di incoming, durante il manufacturing process, durante l'installazione su veicolo, o su campo durante l'utilizzo), definendo anche i costi che tale non conformità ha apportato al reparto. Il fornitore deve rispondere indicando le cause che hanno prodotto tale non conformità e un piano di azioni correttive applicabili specificando anche la data da cui tali azioni saranno introdotte.

Questa organizzazione, benché permetta di controllare il livello di qualità delle forniture, non consente di effettuare valutazioni strategiche complete dei fornitori che sarebbero di cruciale importanza per l'ottimizzazione complessiva del processo di approvvigionamento. Si suggerisce perciò nel seguito un sistema di vendor rating applicabile come strumento per il monitoraggio e il miglioramento sia economico che operativo delle attività di fornitura.

Esistono diversi sistemi di rating applicabili al caso in esame. Un possibile sistema può essere quello di rifarsi alla suddivisione dei processi aziendali nei livelli decisionali strategico, tattico e operativo e al raggruppamento degli indicatori di prestazione nelle dimensioni di tempo, costi e qualità.

Un diverso sistema di rating è quello chiamato "rating per fattori di rischio": il rating si costruisce scomponendo il problema ed individuando tutte le variabili, dette appunto fattori di rischio, che possono variare in maniera più o meno significativa i punteggi assegnabili ai fornitori.

#### **6.4.1 Vendor Rating System**

Il vendor rating system più appropriato per il reparto è quello che viene chiamato rating per performance. La valutazione di un fornitore è effettuata assegnando uno specifico punteggio per ogni consegna di un lotto di componenti e sommando i punteggi ottenuti nell'arco di un periodo temporale stabilito. È importante stabilire un sistema di punteggi adeguato, creando diverse classi di punteggio, che renda la valutazione più flessibile e di facile gestione. Di fondamentale importanza per la valutazione risultano 3 indicatori relativi a qualità del lotto, tempi di consegna, e tempi di chiusura delle VCC.

L'indicatore di qualità del lotto può essere suddiviso in 3 classi:

- Classe  $\alpha$ : assegnabile a lotti in cui il numero di elementi non conformi o difettosi è nullo;
- Classe  $\beta$ : assegnabile a lotti con elementi non conformi o difettosi, ma le cui quantità sono inferiori ai limiti di rifiuto del lotto e all'apertura di una VCC;
- Classe  $\gamma$ : assegnabile ai lotti con una quantità di elementi difettosi o non conformi superiore ai limiti di accettazione e che comporta l'apertura di una VCC.

Per i lotti dei fornitori muniti del free pass certificate non è possibile effettuare questa valutazione in quanto eventuali non conformità sono riscontrabili esclusivamente in linea di assemblaggio durante il montaggio o durante i test. In questo caso può essere utilizzato un diverso indicatore riferito al numero di fermi linea causati. Nel caso in cui si riscontrino non conformità in linea, dalla consegna successiva i lotti di quel componente dovranno essere sottoposti ad una verifica a tappeto di incoming: l'obiettivo è quello di mantenere alto il livello di servizio del fornitore, evitando eventuali cali di qualità nelle forniture.

Per la suddivisione dell'indicatore dei tempi di consegna è preferibile usare 4 classi:

- Classe  $\alpha$ : assegnata ad ogni consegna avvenuta nei tempi previsti;
- Classe  $\beta$ : assegnata ad ogni consegna effettuata con più di un giorno di anticipo;
- Classe  $\gamma$ : assegnata ad ogni consegna effettuata con massimo un giorno di ritardo;
- Classe  $\delta$ : assegnata ad ogni consegna effettuata con più di un giorno di ritardo.

Infine le classi di suddivisione dell'indicatore tempi di chiusura delle VCC:

- Classe  $\alpha$ : assegnata nel caso in cui la VCC sia chiusa entro 30 giorni dalla segnalazione;
- Classe  $\beta$ : assegnata se la VCC viene chiusa entro 50 giorni dalla segnalazione;
- Classe  $\gamma$ : assegnata per chiusure di VCC dopo oltre 50 dalla segnalazione.

Il secondo passo del processo di rating è assegnare ad ogni classe un valore di merito VM in modo da attribuire ad ogni fornitore il rispettivo punteggio, per ogni indicatore  $i$ , tramite la formula:

$$\text{Punteggio fornitore}_i = \%lotti_{classe \alpha} \cdot VM(\alpha) + \%lotti_{classe \beta} \cdot VM(\beta) + \dots$$

Assumendo che il massimo punteggio ottenibile da ogni fornitore sia 100, si assegna a tutte le classi  $\alpha$  un VM di 100. Per l'assegnazione dei valori di merito delle altre classi è opportuno fare una distinzione tra i diversi fornitori, individuando:

- Fornitori critici: forniscono componenti più costosi rientranti nella categoria A dell'analisi ABC.
- Fornitori mediamente critici: forniscono tutti quei componenti rientranti nella categoria B che non sono forniti dai fornitori critici.
- Fornitori scarsamente critici: forniscono tutti i componenti rientranti nella categoria C e tutti i componenti standard utilizzati su tutte le unità.

I valori attribuiti sono riportati in tabella 6.7.

Tabella 6.7: Valori di merito

QUALITÀ					
Classi		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
Livello criticità fornitori	Alta	100	50	-500	/
	Media	100	50	-300	/
	Bassa	100	50	-100	/

TEMPI DI CONSEGNA					
Classi		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
Livello criticità fornitori	Alta	100	50	-300	-500
	Media	100	50	-100	-300
	Bassa	100	50	-50	-100

TEMPO DI CHIUSURA VCC					
Classi		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
Livello criticità fornitori	Alta	100	-300	-500	/
	Media	100	-100	-300	/
	Bassa	100	-50	-100	/

Il punteggio finale ottenuto da ogni fornitore è dato dalla somma pesata dei punteggi ottenuti nei 3 indicatori: il punteggio degli indicatori è moltiplicato per un fattore di scala che consente di assegnare un peso diverso di ogni indicatore nella valutazione finale. La formula di calcolo del risultato finale è:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Punteggio finale fornitore}_j \\
 & = 5 \cdot \textit{punteggio qualità}_j + 3 \cdot \textit{punteggio tempi}_j + 1 \cdot \textit{punteggio VCC}_j
 \end{aligned}$$

I risultati possono essere riportati su un grafico a dispersione, avente in ascisse il valore dei punteggi finali ottenuti e in ordinate il valore percentuale delle spese di acquisto verso quel fornitore rispetto al totale. Il grafico è poi suddividibile in 4 aree, per ognuna delle quali possono essere intraprese specifiche azioni di intervento:

- Fornitori riallocabili: sono i fornitori che ottengono uno scarso punteggio ma hanno anche poca incidenza sulla spesa totale. Le corrispondenti forniture sono riallocabili con presunta facilità ad altri fornitori più performanti.
- Fornitori critici: fornitori che ottengono un basso punteggio ma che hanno elevata incidenza sulla spesa e quindi un impatto negativo sulle prestazioni. L'azione più adeguata sarebbe ancora quella di riallocare la fornitura verso altri fornitori, tuttavia trattandosi di componenti in genere molto specifici, questa operazione potrebbe essere molto difficoltosa. Un'altra possibile soluzione potrebbe essere quella di incontrare i fornitori per ridiscutere il processo di approvvigionamento e proporre piani di miglioramento delle capacità produttive del fornitore.
- Fornitori performanti: vi rientrano i fornitori con alti punteggi e alto impatto economico. Non sono necessarie azioni correttive, bensì sono suggerite instaurazioni di relazioni di collaborazione di lungo periodo che permettano la crescita dei fornitori rientranti in questa categoria.
- Fornitori potenziabili: ne fanno parte i fornitori con alti punteggi e basso impatto economico. Le azioni da intraprendere devono essere finalizzate al rafforzamento delle prestazioni di questi fornitori e all'aumento del volume di componenti forniti, sostituendo magari gli approvvigionamenti di fornitori meno efficienti.

In conclusione, si tratta di un sistema di valutazione non troppo complesso a livello di implementazione ma che può generare notevoli vantaggi nella gestione dei fornitori a vantaggio dell'efficienza produttiva del reparto e del risparmio in termini di tempo e costi.

## Conclusioni

L'elaborato dimostra come la mancanza di organizzazione a livello operativo e decisionale, anche per un reparto di piccole-medie dimensioni come quello Drive-by-wire, sia un problema di cruciale importanza. Una organizzazione poco rigida e strutturata, come quella utilizzata inizialmente, causa gravi difficoltà decisionali fin dalle prime fasi del processo gestionale ampliandone le conseguenze per tutti gli step successivi. Le soluzioni adottate, che trovano applicazione nel nuovo portale informativo, portano ad un elevato snellimento dei processi gestionali e ad un nuovo metodo di lavoro e di comunicazione, molto più semplice, rapido e comprensibile.

La creazione di modelli predittivi adeguati ha richiesto tempo e utilizzo di diverse metodologie a causa degli scarsi dati a disposizione e della loro natura. Ciò ha reso complicato la creazione di valide previsioni, alle quali tuttavia si è giunti in maniera soddisfacente. L'utilizzo, l'implementazione e il miglioramento di tali metodi porterà a notevoli vantaggi nel breve periodo in termini di organizzazione della produzione e di risparmio di costi, permettendo di ampliare l'orizzonte temporale di pianificazione e di gestire al meglio le relazioni con i fornitori e i relativi approvvigionamenti.

L'analisi del valore d'impiego dei componenti tramite il metodo ABC, ha inoltre permesso di affinare ulteriormente la gestione degli approvvigionamenti attraverso una differenziazione delle logiche di riordino in base alle categorie di prodotti, al consumo e al valore, che consentirà di ridurre i costi di giacenza ed evitare rotture di stock e blocchi di produzione.

Lo sviluppo di nuovi metodi di previsione della domanda, di pianificazione della produzione e di gestione dei magazzini, completa quindi il processo riorganizzativo del reparto andando ad affiancare nuovi criteri e metodi decisionali agli strumenti creati.

La fase di transizione tra i vecchi e i nuovi metodi costituisce una ulteriore sfida a cui il reparto si sta senza dubbio sopponendo: far imparare nuovi schemi di lavoro, nuovi strumenti informatici, nuove tecniche gestionali, attribuire nuove responsabilità agli operatori e far comprendere l'importanza di ogni singola azione o errore commesso, rappresentano un punto chiave che il Manager deve gestire al meglio.

I benefici di questo sviluppo sono riscontrabili fin da subito, ma aumenteranno nel medio-lungo termine con le continue implementazioni e migliorie che dovranno essere costantemente apportate.

# Appendice

In questa sezione sono riportate le schermate delle pagine e delle sezioni del nuovo sistema informativo trattato nel capitolo 4.

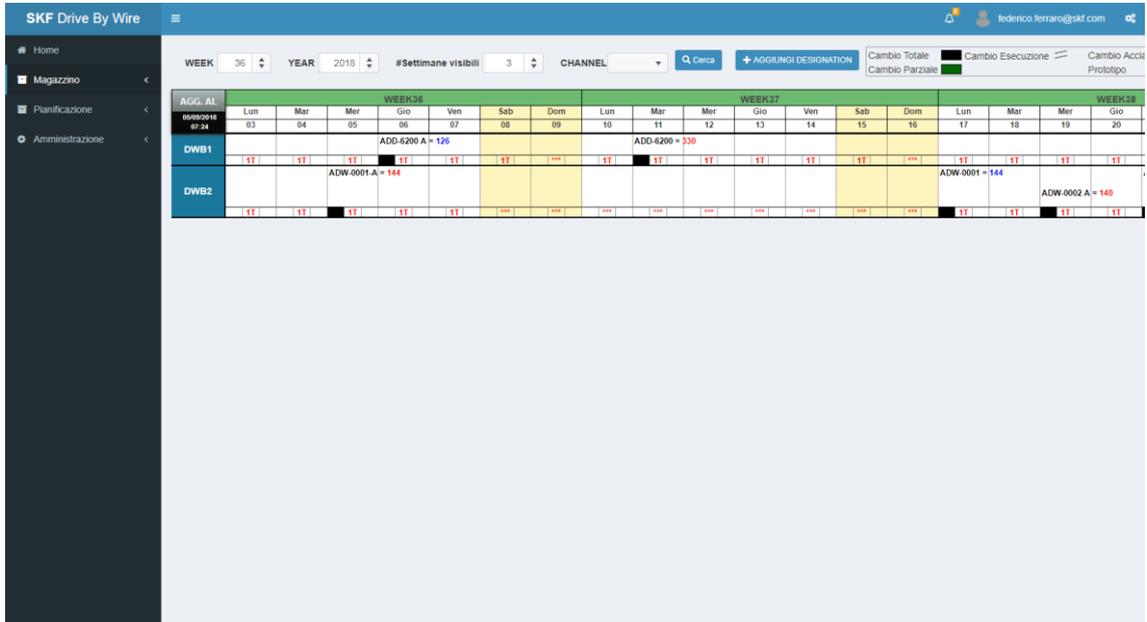


Figura A1: Gantt online

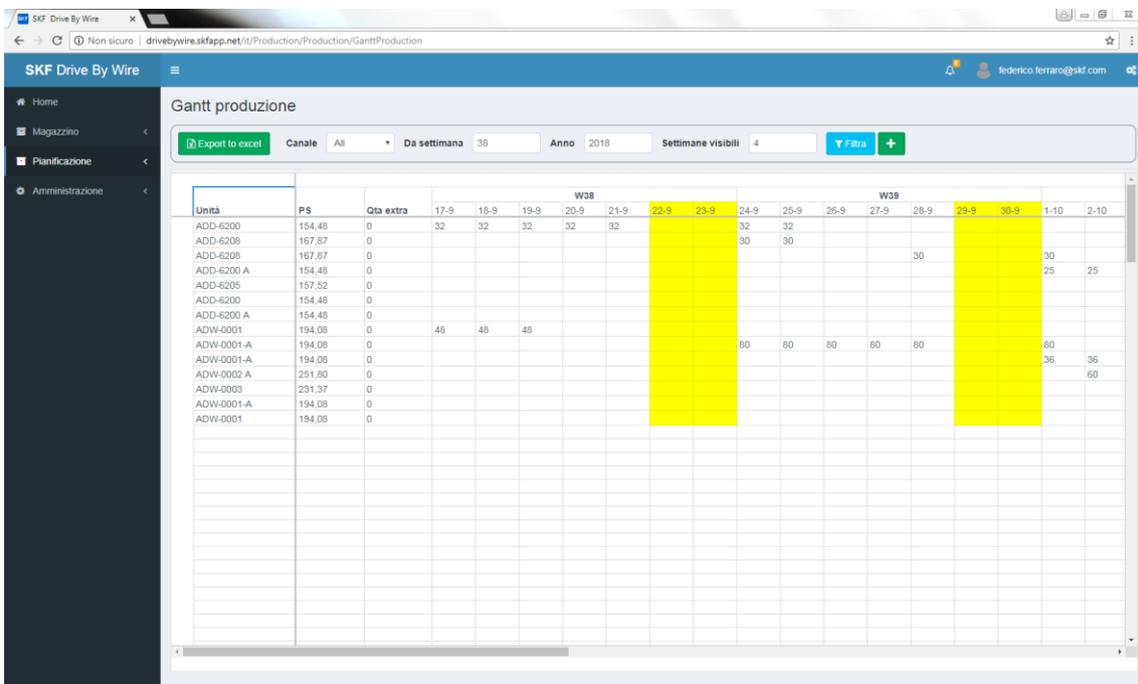


Figura A2: Gantt produzione

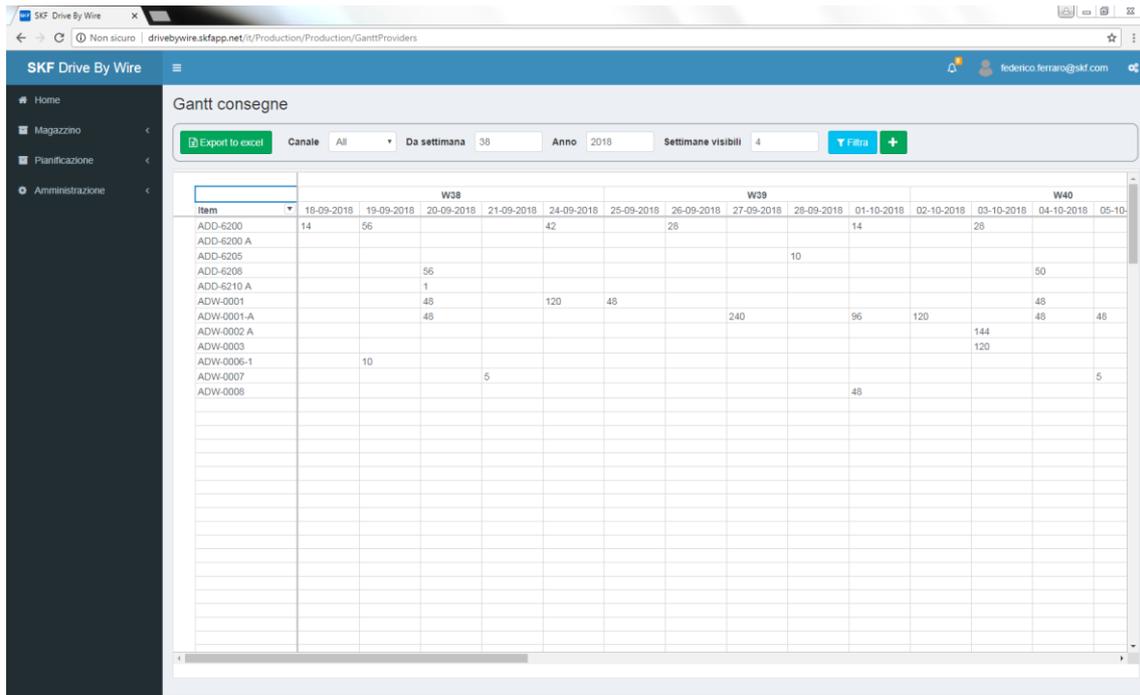


Figura A3: Gantt consegne

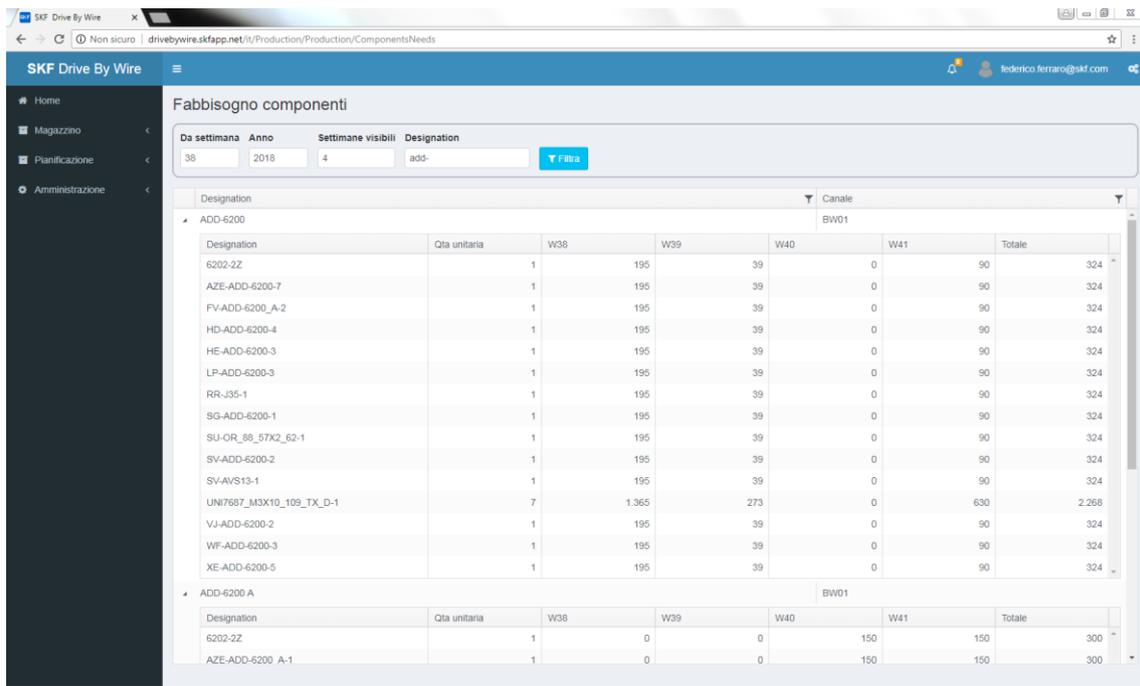


Figura A4: Fabbisogno componenti

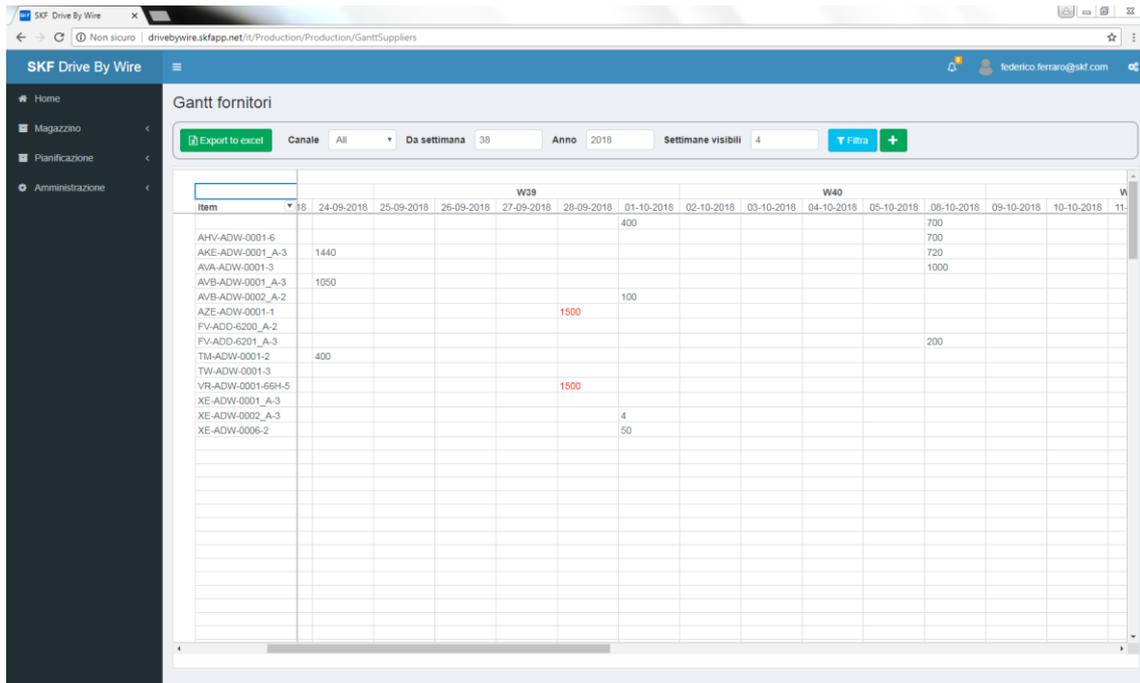


Figura A5: Gantt fornitori

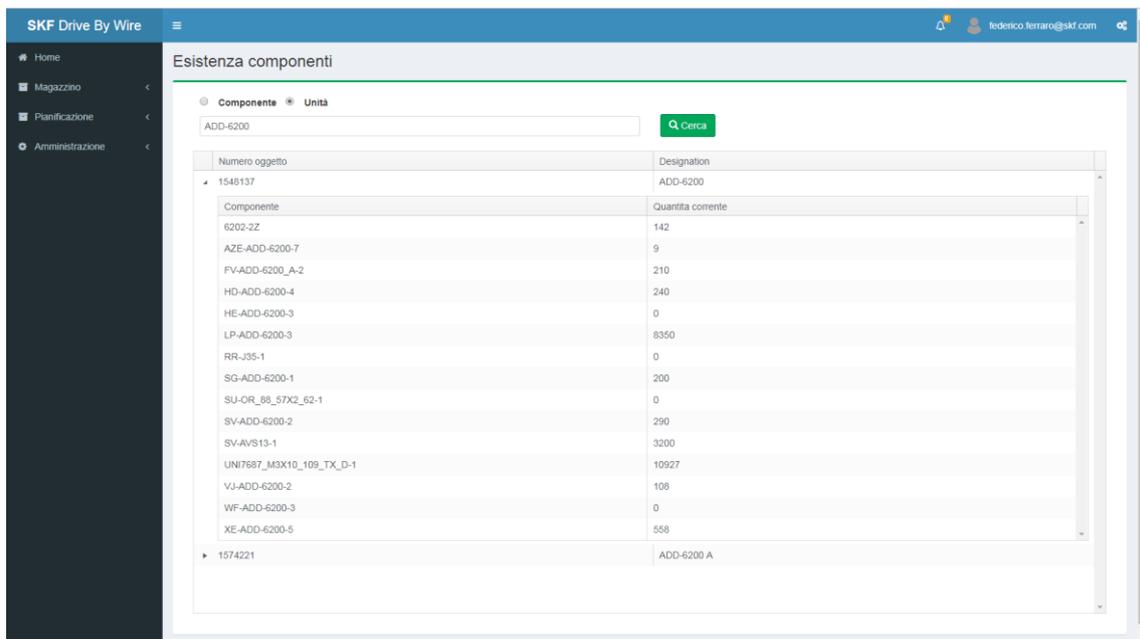


Figura A6: Esistenza componenti

## Bibliografia

- ❖ Bee Dagum E., *Analisi delle serie storiche. Modellistica, previsione e scomposizione*, s.l., Springer-Verlag, 2002.
- ❖ Bracchi G., Francalanci C., Motta G., *Sistemi informativi d'impresa*, s.l., McGraw-Hill, 2010.
- ❖ Bradimante P., Villa A., *Gestione della produzione industriale*, s.l., UTET Università, 1995.
- ❖ Burger C.J.S.C., Dohnal M., Kathrada M., Law R., *A practitioners guide to time-series methods for tourism demand forecasting - a case study of Durban, South Africa*, *Tourism Management* **22** (2001) 403-409.
- ❖ Dulmin R., Mininno V., *Il processo di Vendor Evaluation. Le tecniche per la scelta finale*, s.l., Logistica management, 2004.
- ❖ Franceschini F., Galetto M., A.Maisano D., Mastrogiacomo L., *Ingegneria della qualità, applicazioni ed esercizi*, Torino, C.L.U.T Editrice, 2016.
- ❖ Grando A., *Organizzazione e gestione della produzione industriale*, Milano, Giuffrè, 1995.
- ❖ Hoop W. J., Spearman M. L., *Factory physics*, s.l., Waveland Pr Inc, 2011.
- ❖ Makridakis S., Hogarth R. M., Gaba A., *Forecasting and uncertainty in the economic and business world*, *International Journal of Forecasting* **25** (2009) 794-812.
- ❖ Villa A., *Analisi di sistemi di produzione industriale*, Torino, C.L.U.T Editrice, 2017.

## Ringraziamenti

Ringrazio innanzitutto il Professor Franco Lombardi e l'Ing. Emiliano Traini che mi hanno permesso di concludere con il loro aiuto questo percorso di studi.

Ci tengo a ringraziare il manager del reparto in cui ho vissuto la mia prima esperienza lavorativa, l'Ing. Luca Lemma, per tutto ciò che mi ha permesso di apprendere rendendomi completamente partecipe delle attività svolte nel periodo di tirocinio, e tutte le persone dell'ufficio per la disponibilità che hanno mostrato facendomi sentire parte del gruppo fin dal primo giorno.

Il ringraziamento più speciale va ai miei genitori che mi hanno permesso di compiere gli studi con serenità e alla mia ragazza che, insieme a loro e nonostante la lontananza, mi ha supportato e sopportato in tutti i momenti di difficoltà.

Infine ringrazio tutti i miei amici più stretti, a partire da quelli che conosco ormai da una vita fino a quelli con cui ho condiviso gli ultimi cinque anni, non solo di studi, ma anche di vita e avventure.