

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica

## **METODI DI ANALISI ED OTTIMIZZAZIONE DELLE PROCEDURE DI STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE DI MATERIALI INGOMBRANTI**

Relatore:

Ch.mo Prof. Maurizio Faccio

Laureando:

Giovanni Battista Mascaro 1153668

Anno accademico 2018/2019



Quando Charlie Chaplin e Albert Einstein si conobbero, Einstein disse:

*“Quello che più ammiro nella vostra arte, è la sua universalità. Non dite una parola, e nonostante ciò tutto il mondo vi comprende.”*

*“È vero,”* rispose Chaplin *“ma la vostra gloria è ancora maggiore: il mondo intero vi ammira, anche se nessuno vi capisce”*

## **RINGRAZIAMENTI**

Desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato nella realizzazione della tesi di laurea e tutti coloro che mi sono stati vicini e mi hanno supportato in questi anni di studio.

Ringrazio prima di tutto il mio relatore professore Maurizio Faccio per aver accettato di seguirmi durante il percorso di stage e nella stesura di questo elaborato, dimostrandosi sempre disponibile e pronto nell'offrirmi i suoi preziosi consigli.

Ringrazio l'azienda RELAX S.R.L di Torre di Mosto, per avermi accolto e dato la possibilità di svolgere questa esperienza di stage. In particolare, desidero esprimere la mia profonda gratitudine verso tutte le persone che fanno parte dell'azienda, per la loro disponibilità e supporto durante la mia permanenza.

Un pensiero va a tutti i miei amici (e con tutti, intendo proprio tutti!) che hanno avuto un peso determinante nel conseguimento di questo risultato, punto di arrivo e contemporaneamente di partenza della mia vita. Grazie soprattutto a Massimo, Nicola e Riccardo per aver condiviso con me in questi ultimi due anni di carriera universitaria le esperienze più importanti, rendendo più leggere e divertenti le giornate di studio. Vi voglio bene.

Ringrazio tutta la mia famiglia ma in particolar modo i miei genitori per avermi dato tutto ciò di cui avevo bisogno per completare gli studi universitari, ottenendo il tanto desiderato "pezzo di carta", ma soprattutto per aver creduto in me ed avermi reso la persona che sono. Senza di loro non avrei raggiunto questo traguardo. A loro va tutta la mia riconoscenza.

Infine, ringrazio la mia fidanzata Eleonora. Unica. Ho avuto la fortuna di incontrarla al principio di questo percorso magistrale e grazie a lei ho trovato la forza e la determinazione per ultimare questo percorso importante. È riuscita a sostenermi e supportarmi nei momenti più difficili. A lei dedico questo elaborato.

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1: SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUZIONE GENERALE.....	3
1.2 TIPOLOGIE DI SCORTE .....	7
1.2.1 LA SCORTA DI SICUREZZA.....	9
1.2.2 METODOLOGIE DI CALCOLO PER LA SCORTA DI SICUREZZA.....	10
1.3 I SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI A SCORTA .....	15
1.3.1 IL SISTEMA ROP .....	17
1.3.2 IL SISTEMA MIN-MAX SYSTEM.....	19
1.3.3 IL SISTEMA ROP A PERIODICITÀ FISSA.....	20
1.3.4 IL SISTEMA MIN-MAX SYSTEM A PERIODICITÀ FISSA .....	22
1.3.5 IL SISTEMA MAX SYSTEM A PERIODICITÀ FISSA .....	23
1.3.6 CRITERI DI SELEZIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE A SCORTA.....	24
1.4 INSTABILITÀ DEI SISTEMI DI GESTIONE A SCORTA.....	25
1.4.1 COPERTURA TOTALE.....	26
1.4.2 COPERTURA LIBERA.....	27
1.5 IL SISTEMA DI GESTIONE DEI MATERIALI A PIANO.....	29
1.5.1 IL TIME PHASED ORDER POINT (TPOP) .....	29
1.6 I SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI A FABBISOGNO.....	33
1.6.1 IL MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING .....	34
1.6.2 IL JUST IN TIME.....	39
1.6.2.1 IL KANBAN .....	41
1.6.2.2 IL JUST IN SEQUENCE .....	45
1.7 CONCLUSIONI GENERALI.....	47
<b>CAPITOLO 2: CRITERI DI SELEZIONE.....</b>	<b>50</b>
2.1 INTRODUZIONE GENERALE.....	50
2.2 ANALISI ABC DEI MATERIALI .....	54
2.2.1 ANALISI ABC SEMPLICE .....	55
2.2.2 ANALISI ABC INCROCIATA .....	57
2.3 ANALISI VARIABILITÀ VS. FREQUENZA DEL CONSUMO.....	60
2.3.1 ANALISI XYZ DELLA VARIABILITÀ DEL CONSUMO .....	61
2.3.2 ANALISI DELLA FREQUENZA DEL CONSUMO.....	64
2.3.3 I QUATTRO TIPI DI CONSUMO .....	65
2.4 CONCLUSIONI GENERALI.....	69

<b>CAPITOLO 3: IL CASO AZIENDALE .....</b>	<b>71</b>
3.1 L'AZIENDA RELAX S.R.L.....	71
3.2 I PROCESSI DI MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI "AS IS" .....	75
3.3 ANALISI E ANOMALIE DEI PROCESSI.....	84
3.3.1 MAGAZZINO IN INGRESSO .....	84
3.3.2 REPARTO TAGLIO.....	93
3.3.3 REPARTO INCOLLAGGIO .....	98
3.3.4 MONTAGGIO, IMBALLAGGIO E SPEDIZIONI.....	100
3.4 CONCLUSIONI GENERALI .....	101
<b>CAPITOLO 4: ANALISI ECONOMIA.....</b>	<b>102</b>
4.1 INTRODUZIONE GENERALE.....	102
4.2 MAGAZZINO VETRI.....	106
4.2.1 CRITERI ATTUALI DI GESTIONE DEI VETRI .....	106
4.2.2 REVISIONE DEI METODI DI GESTIONE .....	108
4.2.2.1 CODICI CON ELEVATA VARIABILITÀ DI CONSUMO (Z).....	111
4.2.2.2 CODICI CON MEDIO-BASSA VARIABILITÀ DI CONSUMO (X-Y) .....	113
4.2.3 OTTIMIZZAZIONE SPAZIO FISICO OCCUPATO .....	117
4.3 MAGAZZINO PROFILI DI ALLUMINIO.....	121
4.3.1 ANALISI DI GESTIONE ATTUALE.....	121
4.3.2 REVISIONE DEI METODI DI GESTIONE .....	126
4.3.2.1 I NUOVI CENTRI DI LAVORO.....	129
4.3.2.2 LA RIORGANIZZAZIONE DELLO SPAZIO.....	132
<b>CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....</b>	<b>139</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>145</b>
<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>147</b>

## INDICE FIGURE

Figura 1: Profilo delle giacenze a dente di sega nei sistemi di gestione a scorta. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	5
Figura 2: Profilo delle giacenze a istogrammi nei sistemi di gestione a piano e a fabbisogno. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	6
Figura 3: Stock-out nei sistemi di gestione dei materiali a punto di riordino per quantità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	9
Figura 4: Stock-out nei sistemi di gestione dei materiali a fabbisogno. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	10
Figura 5: Profilo temporale ideale della giacenza a dente di sega tipico del funzionamento sei sistemi ROP. (fonte: università degli studi di Udine, De Toni-Zanutto, dispense Gestione della Produzione).	17
Figura 6: Profilo temporale pseudo reale della giacenza a dente di sega tipico dei sistemi ROP. (fonte: università LIUC, Fabrizio Dallari, dispense Gestione della produzione industriale).	18
Figura 7: Andamento delle scorte possibile per un sistema di gestione MIN-MAX SYSTEM. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	20
Figura 8: Profilo temporale possibile delle giacenze gestite con sistema ROP a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	21
Figura 9: Profilo temporale possibile delle giacenze in un sistema di gestione MIN-MAX SYSTEM a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	22
Figura 10: profilo temporale caratteristico delle giacenze con sistemi di gestione MAX SYSTEM a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	23
Figura 11: Esempio andamento temporale dalla giacenza di un articolo quanto "Q<D". (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	25
Figura 12: Andamento temporale della giacenza fisica e quella virtuale. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	26
Figura 13: Andamento scorte di codici aventi elevata variabilità di consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1ª edizione 2013).	28

Figura 14: Confronto tra le variabili della copertura libera e del record TPOP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	30
Figura 15: Esempio e confronto tra il funzionamento di un sistema di gestione a scorta ROP e TPOP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	30
Figura 16: Manufacturing Planning and Control System. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	32
Figura 17: Esempio distinta base di produzione di una bicicletta. (fonte: <a href="https://www.kmsenpai.it/lean-transformation/codici-parlanti-righe-dordine-distinte-base-ed-estese/">https://www.kmsenpai.it/lean-transformation/codici-parlanti-righe-dordine-distinte-base-ed-estese/</a> ).	33
Figura 18: Esempio distinta base di produzione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	35
Figura 19: Schema di funzionamento del sistema MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	36
Figura 20: Esempio di emissione d'ordine al più tardi fornito da MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	37
Figura 21: Esempio di emissione d'ordine al più presto fornito dal Cutting Approach. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	37
Figura 22: Influenza sul livello di servizio con l'utilizzo della SS e LTS. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	38
Figura 23: Pianificazione delle capacità nei sistemi di gestione della produzione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).	39
Figura 24: Esempio Kanban. (fonte: <a href="https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html">https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html</a> ).	41
Figura 25: Punto di raccolta dei cartellini Kanban. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).	42
Figura 26: Gestione dei materiali con metodologia Kanban. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).	42
Figura 27: Sistema di gestione dei materiali con metodologia MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).	43
Figura 28: Rappresentazione del sistema di gestione JIS. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).	45
Figura 29: Suddivisione del peso dei costi per i produttori e distributori. (fonte: ECR Italia 1996).	48
Figura 30: Classificazione delle aziende per modo di rispondere alla domanda. (fonte: "corso di imprenditorialità e business plan 1: la progettazione delle operations." Prof. Guido Nassimbeni, università degli studi di Udine, 13 giugno 2005).	50

Figura 31: Schema esemplificativo per la scelta della tecnica di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).....	53
Figura 32: tecniche di gestione dei materiali stand alone. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013). .....	53
Figura 33: Curva dell'analisi ABC semplice. ....	56
Figura 34: Codici appartenenti alla classe A del valore di impiego. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	60
Figura 35: Variabilità del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	62
Figura 36: Cross analysis ABC/XYZ. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	63
Figura 37: Valore unitario vs. frequenza del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).....	65
Figura 38: Tipi di consumo secondo Syntetos, Boylan e Croston. (Fonte: J. E. Boylan, A. A. Syntetos & G. C. Karakostas (2008) “Classification for forecasting and stock control: a case study”, Journal of the Operational Research Society, 59:4, pp. 473-48). ....	66
Figura 39: Procedura per la determinazione delle tecniche di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	70
Figura 40: Famiglie di prodotto. Prima fila da sinistra: COVER, BOBOX, AXIA E KUBIK. Seconda fila da sinistra: WALL, MYRES, PETRARCA ED EVOLUTION. Terza fila da sinistra: LIGHT, PURO, UNICO E SMART. Quarta fila da sinistra: LUXURY, NEW LYRA, STEAM E FLAT. (fonte: <a href="https://www.relaxsrl.com/relax/collezioni/">https://www.relaxsrl.com/relax/collezioni/</a> ).....	74
Figura 41: Cabina doccia BoBox. (fonte: <a href="https://www.relaxsrl.com/wp-content/uploads/2018/04/Brochure-2018.B_web.pdf">https://www.relaxsrl.com/wp-content/uploads/2018/04/Brochure-2018.B_web.pdf</a> ) .....	75
Figura 42: Magazzino verghe verniciate. ....	76
Figura 43: Esempio lista di taglio.....	77
Figura 44: Esempio assemblaggio nel reparto taglio.....	77
Figura 45: Buffer profili tagliati per il reparto di incollaggio.....	78
Figura 46: Esempio rodine di Produzione consegnato all'incollaggio.....	79
Figura 47: Esempio ordine di produzione sintetico per tracking del cliente. ....	80
Figura 48: Fase di incollaggio. ....	81
Figura 49: Esempio assemblati al montaggio.....	81
Figura 50: Buffer pezzi montati in attesa di essere imballati.....	82
Figura 51: esempio imballaggio. ....	83
Figura 52: Scaffalatura kit per imballo.....	83
Figura 53: Movimentazione con materiale che ostruisce il portone di ingresso.....	85
Figura 54: Stoccaggio pacchi verniciati. ....	86

Figura 55: Ri-stoccaggio verniciati. ....	86
Figura 56: Due operatori impiegati nello smaltimento delle verghe obsolete e/o rovinate. ....	87
Figura 57: Componenti tagliate e forate inutilizzabili. ....	88
Figura 58: Overstock scatoloni. ....	88
Figura 59: Under stock e overstock scatoloni. ....	89
Figura 60: Vetri stoccati in un'area impropria con evidente strato di polvere. ....	90
Figura 61: Esempio prelievo materiale indisciplinato, spreco di spazio libero. ....	90
Figura 62: Aree principali per lo stoccaggio dei vetri. ....	91
Figura 63: Esempio stoccaggio vetri in aree improprie. ....	91
Figura 64: Buffer ricevimento merci, in attesa di essere smistate. ....	92
Figura 65: Zona di scarico camion fornitori. ....	92
Figura 66: Semilavorati stoccati senza alcuna logica. ....	92
Figura 67: Profili verniciati da prelevare. ....	94
Figura 68: Centro di lavoro attualmente in uso. (fonte: <a href="https://www.italmac.it/it/products/spring">https://www.italmac.it/it/products/spring</a> ).....	94
Figura 69: Pressa attualmente in uso. ....	95
Figura 70: Errore nel taglio dei profili. ....	96
Figura 71: Blocchi pneumatici del centro di lavoro in evidente stato di usura. ....	97
Figura 72: Difetti di lavorazione nel centro di lavoro. ....	97
Figura 73: Esempio prelievo 1. (due persone, 1 minuto). ....	98
Figura 74: Esempio prelievo 2. (tre persone, 1 minuto) ....	99
Figura 75: Stoccaggio guarnizioni. ....	100
Figura 76: Magazzino secondario. ....	102
Figura 77: Riproduzione suddivisione attuale aree produttive. ....	103
Figura 78: Esempio carrello elevatore multidirezionale. (fonte: <a href="https://www.omgindustry.com/it/">https://www.omgindustry.com/it/</a> ).....	104
Figura 79: Esempio imballaggio senza polistirolo. ....	104
Figura 80: Suddivisione costi dei vetri con consumo nullo nel 2018 secondo i diversi criteri di gestione. ....	107
Figura 81: Suddivisione costi dei vetri consumati nel 2018 secondo i diversi criteri di gestione. ....	108
Figura 82: Esempio andamento della domanda durante un ciclo di riordino. (fonte: C. A. Watts, C. K. Hahn, B. Sohn, 1994, Monitoring the Performance of a Reorder Point System: A Control Chart Approach, International Journal of Operations & Production Management, 14: 2, 51-61).....	116
Figura 83: Esempio servo manipolatore vetri ELEPHANT. (fonte: <a href="https://www.elephant.it/prodotto/vt2rb/">https://www.elephant.it/prodotto/vt2rb/</a> ) ....	117
Figura 84: Esempio di carrelli appositamente progettati per il trasporto e lo stoccaggio di vetri curvi. ...	118
Figura 85: Esempio di carrelli appositamente progettati per il trasporto e lo stoccaggio di vetri piani....	119
Figura 86: Deformazione massima con 1500kg di vetri. ....	120
Figura 87: Tensione massima con 1500kg di vetri. ....	120
Figura 88: Deformazione misurata per 9.81 m/s <sup>2</sup> di accelerazione. ....	120

Figura 89: Centro di lavoro MODUS di FomIndustrie® acquistato (fonte: catalogo prodotti FomIndustrie®). .....	129
Figura 90: Esempio cartello per lo stoccaggio di alluminio. ....	132
Figura 91: Esempio contenitore per lo stoccaggio di barre di alluminio. ....	133
Figura 92: Riepilogo vantaggi con piccole correzioni all'attuale gestione del magazzino dell'alluminio. ....	133
Figura 93: Esempio di magazzino automatizzato con un'unica baia di carico e scarico. (fonte: <a href="http://www.incaricotech.com/magazzini-automatici-barre/">http://www.incaricotech.com/magazzini-automatici-barre/</a> ) .....	134
Figura 94: Layout proposto su misura per RELAX srl da CIAMPALINI (BI.MAG 240). ....	137
Figura 95: Caricamento laterale BI.MAG. (fonte: <a href="http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/">http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/</a> ) .....	137
Figura 96: Spazio possibile per l'installazione di 10 colonne. ....	138
Figura 97: Magazzino BI.MAG installato esternamente al capannone con carico esterno. (fonte: <a href="http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/">http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/</a> ) .....	138

## INDICE TABELLE

Tabella 1: Relazione tra $Z$ , $1-F(Z)$ e $E(Z)$ .....	13
Tabella 2: Classificazione di sistemi di gestione materiali a scorta (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).....	15
Tabella 3: Vantaggi e Svantaggi dei sistemi ROL e ROC.....	24
Tabella 4: Tecniche VMI. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).....	49
Tabella 5: Esempio analisi ABC. ....	55
Tabella 6: Esempio suddivisione classi Cross Analysis. ....	57
Tabella 7: Esempio di confronto tra la variabilità di consumo associata a due articoli distinti.....	61
Tabella 8: Cross Analysis variabilità vs frequenza del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	66
Tabella 9: Caratteristiche degli articoli in funzione delle tecniche di gestione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). .	67
Tabella 10: Caratteristiche degli articoli gestiti con tecniche VMI. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). ....	67
Tabella 11: Ambiti di applicazione delle tecniche di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione). .	68
Tabella 12: Criteri di gestione della famiglia dei vetri. ....	106
Tabella 13: Gestione delle aree di allocazione vetri.....	107
Tabella 14: Giacenze media per la famiglia vetri. ....	107
Tabella 15: Analisi ABC incrociata vetri. ....	110
Tabella 16: Analisi incrociata variabilità-frequenza di consumo. ....	111
Tabella 17: LT di riordino per codici ad elevata variabilità. ....	111
Tabella 18: Costi associati alle giacenze dei vetri gestiti a fabbisogno. ....	112
Tabella 19: Ipotesi di giacenza teorica con una applicazione della tecnica MRP. ....	112
Tabella 20: Costi associati alle giacenze dei vetri gestiti a scorta. ....	112
Tabella 21: Costi ipotizzati per le giacenze dei vetri con elevata variabilità se gestiti tramite MRP. ....	113
Tabella 22:ABC incrociata per i materiali appartenenti alle classi X-Y di consumo. ....	114
Tabella 23: Risparmio ottenuto con applicazione della tecnica ROP per materiali con medio-bassa variabilità di consumo. ....	115
Tabella 24: Risparmio ottenuto con applicazione della tecnica a fabbisogno puro per materiali con medio-bassa variabilità di consumo.....	115
Tabella 25: Suddivisione prefissi famiglia dei profili in alluminio. ....	121
Tabella 26: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 16... (profili finiti) ....	123
Tabella 27: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 14... (barre tagliate verniciate).....	123
Tabella 28: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 12... (barre verniciate) ....	123
Tabella 29: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 11... (barre tagliate grezze).....	124

Tabella 30: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 10... (barre grezze).....	124
Tabella 31: Sovra e sotto scorte di materiale con prefisso 10... (barre grezze) .....	125
Tabella 32: Analisi incrociata variabilità-frequenza di consumo per codici appartenenti alla famiglia dei profili di alluminio.....	127
Tabella 33: Vantaggi e influenza sul lead time di lavorazione dovuti all'acquisto del centro di lavoro MODUS.....	131
Tabella 34: Riepilogo vantaggi e benefici introdotti con i miglioramenti nella gestione dello spazio attuale. .....	136
Tabella 35: Riassunto risparmio costi con revisione dei criteri di gestione per i vetri. ....	140
Tabella 36: Differenze inventariali registrate per l'alluminio nel 2018. ....	141
Tabella 37: Vantaggi vs. svantaggi magazzino automatico.....	142
Tabella 38: Vantaggi vs. svantaggi magazzino immobile. ....	143



## INTRODUZIONE

In questi anni di crisi economica si è assistito a forti cambiamenti nel tessuto produttivo italiano, facendo fallire molte fra le piccole e medie imprese (PMI) che sono da sempre il traino dell'economia del paese. Questo fenomeno è stato in special modo influenzato e aggravato dal livello di tassazione a cui le imprese sono sottoposte. Nel 2018, secondo la denuncia della Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa (CNA) espressa nel rapporto: *“Comune che vai, fisco che trovi”*, la morsa del fisco su le PMI si aggirava mediamente attorno al 61.4%, dato riferito al *Total Tax Rate* (Ttr) ovvero l'ammontare di tutte le imposte e di tutti i contributi sociali obbligatori che gravano sulle imprese espresso in percentuale sui redditi.

In questo elaborato si è posta particolare cura nell'analisi di tutti i meccanismi produttivi di una piccola-media impresa (trenta dipendenti), per ricercare quali siano le principali fonti di dilapidazione delle risorse economiche dovute alla mancanza di adeguati processi nei sistemi di gestione dei materiali. Per carenza di tempo, si è rivolta maggiore attenzione sull'analisi del controllo di materiali di acquisto e produzione più costosi, i quali garantirebbero maggior benefici per il sistema impresa se ben ottimizzati.

La Relax s.r.l. di Torre di mosto (VE), è un'azienda produttrice di cabine doccia di fascia medio-alta, capace anche di soddisfare le esigenze di una gamma più economica di prodotti con una linea dedicata e commercializzata principalmente dalla Grande Distribuzione Organizzata (GDO).

Cercando di assecondare la voglia di crescita espressa dalla direzione aziendale, il lavoro svolto ha avuto come obiettivo principale la revisione degli attuali sistemi di gestione dei materiali, di acquisto o di produzione quali sono vetri, le barre grezze e i profili lavorati di alluminio, individuando gli sprechi imputabili agli oneri finanziari immobilizzati a magazzino, dovuti alle eccessive e non necessarie giacenze, e allo spazio occupato dai materiali “inutili” all'interno del plant produttivo.

Quest'ultimo fattore ha instaurato nel pensiero comune, dall'amministrazione alla produzione, la credenza che le aree a disposizione siano attualmente insufficienti per i volumi di produzione aziendali, concentrando gli sforzi direzionali nell'acquisto di un capannone limitrofo, ad oggi occupato da un'altra società, piuttosto che sull'ottimizzazione delle attuali risorse.

È evidente la necessità di uno studio dinamico che coinvolga tutti gli attori presenti all'interno della società, i quali devono essere i primi a sostenere l'interesse della crescita dell'impresa coniugato con la solidità dei processi produttivi e amministrativi, così come sostiene anche Fujio Cho, presidente onorario della Toyota Motor Corporation: *“Brilliant process management is our strategy. We get brilliant results from average people, managing brilliant processes. We observe that our competitors often get average (or worse) results from brilliant people managing broken processes”*.

Affermazione che a molti potrebbe risultare persino banale, ma che nella realtà produttiva della PMI veneta deve essere ribadita con forza se si vuole scardinare la vecchia mentalità che ritiene lo sforzo, a tratti eroico, dei lavoratori dipendenti il punto focale della crescita del fatturato aziendale.

# CAPITOLO 1.

## SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI

### 1.1 INTRODUZIONE GENERALE

Quando si parla di gestione dei materiali per l'approvvigionamento continuo degli articoli necessari alla produzione, ci si chiede sempre quanto e quando ordinare per evitare di incorrere in ritardi di consegna, sia del prodotto finito che dei semilavorati e materie prime, o, nel peggiore dei casi, perdere la commessa e quindi il cliente (in gergo questa situazione viene definita *stockout*).

La presenza delle scorte viene giustificata da diversi fattori che caratterizzano le fasi di distribuzione e produzione all'interno di una azienda. Essa aiuta a fronteggiare situazioni critiche causate da eventi aleatori, come le previsioni di vendita errate, far fronte alle richieste del mercato, nel più breve tempo possibile e/o in presenza di stagionalità della domanda stessa, fermate programmate e non della linea di produzione, presenza di colli di bottiglia (*bottleneck*), problemi di movimentazione interna, generare economie di acquisto e di produzione a fronte di spese fisse, come l'attrezzaggio e la spedizione, oppure ancora assorbire fluttuazioni di costo per le materie prime in determinati periodi dell'anno.

Benché sia indiscutibile il vantaggio assicurato dalle scorte per il sistema impresa, per le variabili endogene ed esogene che la caratterizzano, garantendo un livello di servizio sempre più elevato all'aumentare delle riserve di materiale presente nei buffer, l'investimento finanziario oneroso causato da queste immobilizzazioni impone alle aziende di ricercare il miglior compromesso tra il volume presente all'interno dei magazzini e il livello di servizio. Gli obiettivi da perseguire saranno quindi quelli di garantire il minor tempo di risposta alla domanda, sia del mercato che quella interna, e di massimizzare l'efficienza finanziaria riducendo al contempo le spese per la gestione delle scorte.

Gli approcci più innovativi dettati da quella che viene definita produzione snella (*Lean Production*) nella gestione dei materiali in giacenza puntano ad azzerare la presenza delle scorte garantendo però i tempi di consegna prestabiliti e/o dettati dal mercato.

Le condizioni al contorno da considerare per un'analisi completa per il raggiungimento degli obiettivi preposti sono legate ai prodotti finiti dell'azienda in termini di ampiezza

della gamma, di distinte base, di cicli tecnologici, di flessibilità della forza lavoro, di sistema distributivo e di fornitura delle materie prime.

È possibile suddividere i diversi sistemi di gestione dei materiali in tre macro-categorie:

1. A scorta (o a ripristino);
2. A piano;
3. A fabbisogno.

Per quanto riguarda i sistemi di gestione a scorta (o a ripristino), il principio di funzionamento si basa sul reintegro delle scorte una volta raggiunto un livello prefissato, calcolato sulla base dei consumi storici (*look back*) dai quali vengono quindi stimati quelli futuri. Le tecniche che appartengono a questa categoria si differenziano per la frequenza di revisione delle giacenze e per la quantità con cui vengono emessi gli ordini, che possono essere fisse o variabili.

I materiali che solitamente vengono gestiti a scorta sono caratterizzati sia da una domanda indipendente, come prodotti finiti, parti di ricambio, e materiali di consumo, sia da una domanda dipendente, soprattutto se presentano un basso valore di impiego.

Per quanto concerne i sistemi di gestione dei materiali a piano, essi si basano, contrariamente ai sistemi a scorta o a ripristino, su una logica che guarda in avanti (*look ahead*), ovvero si considerano quelle che sono le previsioni di vendita e/o gli ordini cliente per ripristinare le scorte quando queste risultino essere insufficienti. Le previsioni future non si fondano soltanto sui consumi passati ma vengono pesate secondo fattori estrinseci quali principalmente stagionalità, trend e promozioni. Fissato un orizzonte temporale, si verifica se la scorta presente a magazzino (eventualmente considerando ordini già emessi ma non ancora consegnati) sia sufficiente a coprire il fabbisogno futuro calcolato, proponendo in caso contrario delle emissioni di ordini tempificati, valutando anche se la quantità sia fissa o variabile; da qui il nome della tecnica per la gestione dei materiali a piano ovvero Time Phased Order Point (TPOP), applicata principalmente a codici a domanda indipendente.

Infine, i sistemi che gestiscono i materiali a fabbisogno valutano il consumo dei codici a domanda dipendente che, grazie alla conoscenza della distinta base tempificata, è direttamente correlato ai codici a domanda indipendente dei quali si prevede il fabbisogno futuro attraverso gli ordini cliente e/o previsioni estrinseche (*look ahead*). Queste

previsioni sugli “ordini padri” genera una precisa richiesta di “ordini figli” che, se a livello di scorte, dovessero risultare insufficienti verrebbero proposti degli ordini tempificati, di acquisto o di produzione per quantità fisse o variabili. La tecnica principale utilizzata nella pratica comune per applicare questo criterio di gestione dei materiali si definisce *Material Requirements Planning* (MRP).

Per quanto riguarda le differenze tra le tre diverse categorie sopra discusse, oltre a quelle evidenti sulla gestione previsionale della domanda, risulta essere assai rilevante l’andamento temporale delle scorte presenti nel magazzino. Come è possibile vedere dalle figure qui di seguito riportate, l’area sottesa all’andamento della curva, che rappresenta l’investimento in scorte derivante dall’utilizzo delle diverse tecniche, risulta essere inferiore per la gestione dei materiali a fabbisogno e a piano.

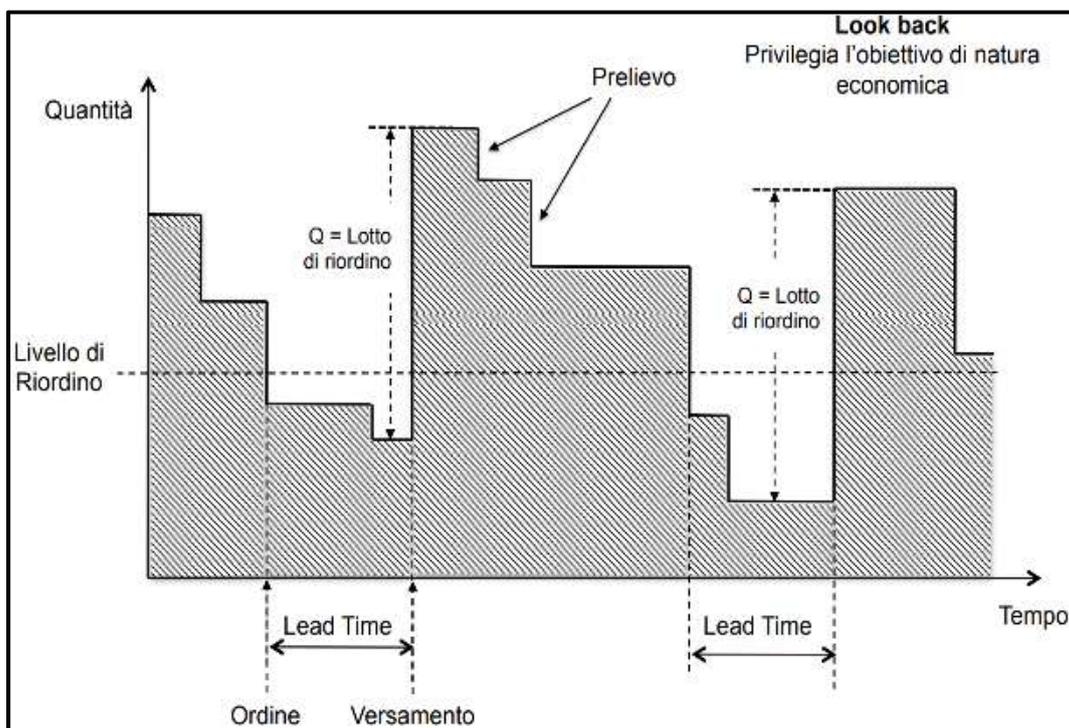


Figura 1: Profilo delle giacenze a dente di sega nei sistemi di gestione a scorta. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1ª edizione 2013).

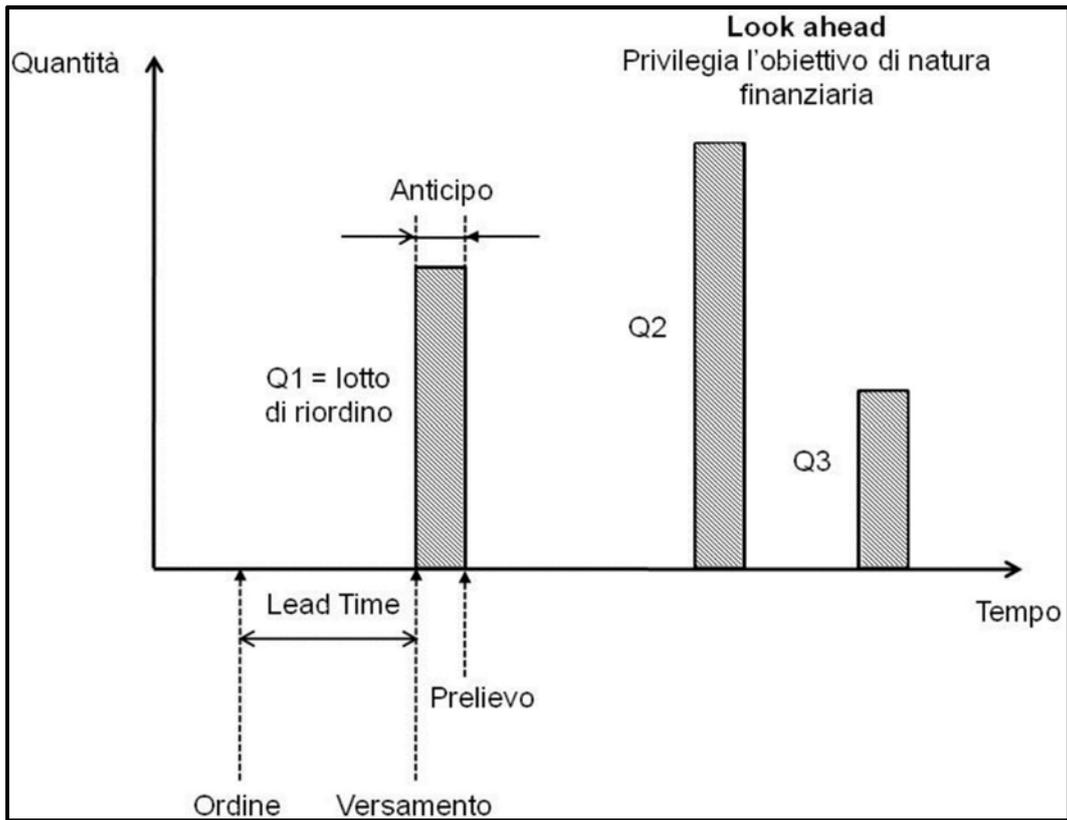


Figura 2: Profilo delle giacenze a istogrammi nei sistemi di gestione a piano e a fabbisogno. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

## 1.2 TIPOLOGIE DI SCORTE

È possibile suddividere le scorte in base alla tipologia di materiale che caratterizza tali giacenze (come ad esempio se si tratta di materie prime, semi lavorati, prodotti finiti, parti di ricambio, materiali di manutenzione, ecc.) oppure in base alla funzione che esse ricoprono. L'esperienza comune nel settore ha individuato negli anni sei diverse classi di scorte per funzione:

1. Scorte cicliche: si instaurano quando la quantità ordinata risulta essere eccedente rispetto a quella realmente necessaria. La ragione d'essere di queste risiede nel fatto che solitamente non è economicamente vantaggioso ordinare l'esatta quantità necessaria sia nel caso di materiali di acquisto che nel caso di materiali di produzione, andando a definire così i rispettivi lotti economici per la riduzione di costi fissi di ordinazione o di attrezzaggio e sconti quantità;
2. Scorte di disaccoppiamento: si rendono necessarie per svincolare due processi consecutivi presenti nella catena di produzione o di distribuzione. Infatti, si possono avere esigenze di produzione che prevedono diversi criteri di aggregazione (esempio eccellente sono i reparti di verniciatura o i forni per trattamento termico di diversi codici che presentano però la medesima lavorazione) o diversi tempi di lavorazione tra due fasi operative consecutive (ad esempio colli di bottiglia o velocità di lavorazioni differenti);
3. Scorte di transito: appartengono a questa categoria tutti quei materiali che vengono movimentati da una fase all'altra della catena di produzione o di distribuzione poiché, in molti casi, non sempre risultano essere fisicamente vicine tra loro (basti pensare ai fornitori di materie prime o ad esempio alle catene di distribuzione dove si comprano i prodotti finiti).
4. Scorte di sicurezza: si rendono necessarie per fronteggiare il carattere aleatorio della richiesta di un determinato prodotto finito (o sotto-assieme in base alla tipologia di risposta al mercato che l'azienda offre: *delivery to stock*, *delivery to order*, *assemble to order*, *make to order*, *purchase to order*, *engineer to order*) o di un determinato materiale di rifornimento, per garantire un precisato livello di servizio. Viene quindi impiegato sia all'interno della fase produttiva che nella fase distributiva di un sistema azienda;

5. Scorte stagionali: caratterizzano tutti quei prodotti che presentano una domanda fortemente stagionale. Queste giacenze consentono alle imprese di rispondere all'eccesso di richiesta e, contemporaneamente, di avere una produzione omogenea durante tutto l'anno, lavorando in eccedenza nel periodo di bassa stagionalità e consumando il materiale accumulato all'aumentare della domanda.
6. Scorte speculative: con queste scorte solitamente si cerca di attenuare gli effetti negativi dovuti ad aumenti dei costi durante l'anno.

I motivi sopra elencati dell'instaurarsi di queste giacenze possono e devono spingere sicuramente il management aziendale a ricercare soluzioni efficaci per la loro riduzione come, ad esempio, investimenti in capitali fissi, quali impianti, macchinari e attrezzature per l'azzeramento delle scorte stagionali o di disaccoppiamento, accorciare i tempi di attrezzaggio per limitare la quantità dei lotti di lavorazione e quindi delle scorte cicliche ad essi associati, trovare aziende fornitrici di materiali di acquisto più vicine al proprio plant produttivo o mezzi di trasporto più piccoli e veloci per la diminuzione delle scorte di transito o un mix di tutte queste attività per la riduzione massiva della scorta di sicurezza.

Diretta conseguenza del taglio dei materiali stoccati a magazzino è la diminuzione dei costi a questi associati ovvero sia quelli necessari per l'emissione dell'ordine, validi per i materiali ordinati e per quelli prodotti internamente, sia per il loro mantenimento, come i costi associati all'esercizio dei locali e le attrezzature, per oneri assicurativi e fiscali, per obsolescenza o deprezzamento dovuto alle diminuzioni di prezzo sui mercati di approvvigionamento. In letteratura (Tersine, 1994) i costi di mantenimento delle scorte vengono correlati direttamente al volume di quest'ultime tramite un coefficiente che varia dal 15% al 40%.

Un ultimo aspetto fondamentale che deve essere messo in evidenza quando si organizza il sistema di gestione dei materiali sono i costi dovuti a quella che viene definita la rottura di scorta, o *stock-out*, che si manifestano allorché un materiale richiesto non figura con giacenza fisica positiva in magazzino e i tempi per soddisfare tale domanda risultano essere tali da causare o una consegna dell'ordine in ritardo rispetto a quanto dichiarato, o la cancellazione dell'ordine stesso con l'eventuale perdita del cliente. Questi costi sono difficili da quantificare quando, nel peggiore dei casi, si realizza, oltre al

mancato introito dovuto alla non-vendita del prodotto finito, la perdita nella fidelizzazione del cliente, di immagine, di fiducia e di serietà dell'azienda.

Dall'analisi accurata di tutti i costi sopra riportati legati alla gestione delle scorte a magazzino sarà possibile determinare la quantità ottima da acquistare e l'istante di tempo in cui effettuare tale ordine, definendo i livelli di scorta di sicurezza dei diversi materiali in giacenza nei magazzini necessari per assicurare un determinato livello di servizio, minimizzando allo stesso tempo gli oneri finanziari.

### 1.2.1 LA SCORTA DI SICUREZZA

Come sopra introdotto, la funzione della scorta di sicurezza è quella di fronteggiare l'incertezza legata alla variabilità del consumo e/o dei tempi di riordino dei materiali. Queste due instabilità, se non adeguatamente considerate, possono condurre alla rottura di stock. Come già affermato, incorrendo in situazioni di stock-out, il disservizio generato potrebbe portare all'annullamento dell'intero ordine e alla perdita del cliente con i relativi danni di immagine, perdita di fiducia e credibilità dell'azienda. In circostanze meno gravi il compito dell'impresa sarà quello di soddisfare il cliente nel minor tempo possibile con tutti i mezzi a disposizione, anche rimettendoci sostenendo tutti i costi aggiuntivi, soprattutto se il cliente è assai importante. In quest'ultimo caso si generano quelli che vengono definiti *backorder*, ovvero quella parte di ordine che non potrà essere evasa entro i tempi prestabiliti ma che verrà consegnata in ritardo.

Per esplicitare al meglio i concetti sopra esposti si vedano le figure qui di seguito riportate.

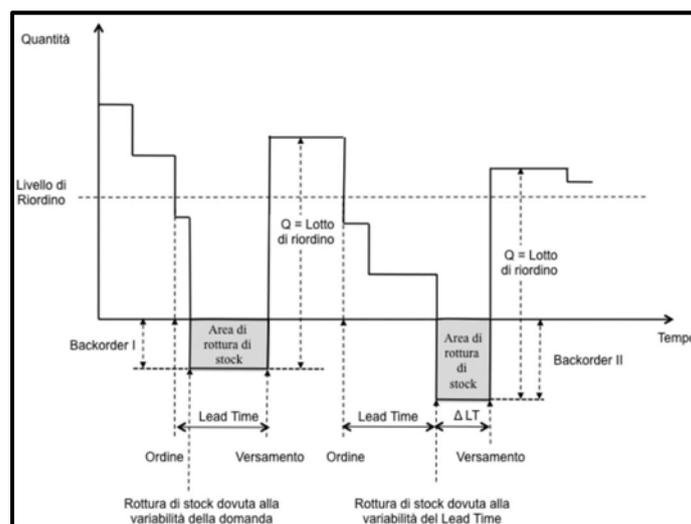


Figura 3: Stock-out nei sistemi di gestione dei materiali a punto di riordino per quantità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

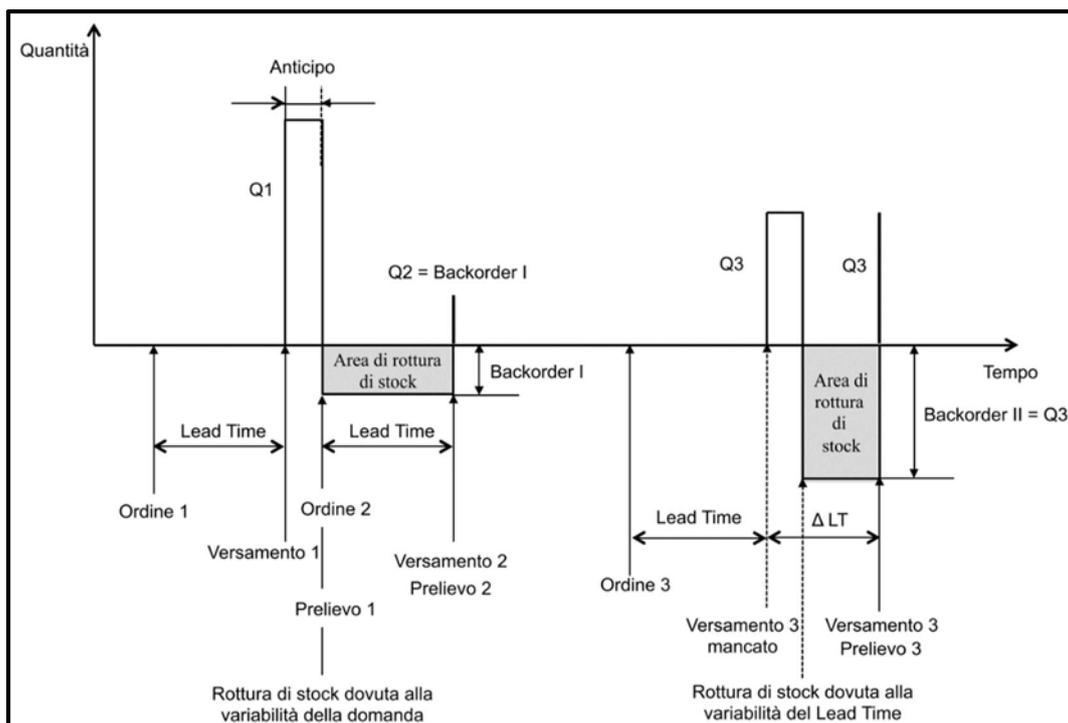


Figura 4: Stock-out nei sistemi di gestione dei materiali a fabbisogno. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

Le aree che vengono evidenziate con colore grigio scuro rappresentano il disservizio generato, con l'altezza di queste delineante la quantità richiesta non disponibile, ovvero il backorder.

È interessante notare che anche nei sistemi di gestione a fabbisogno si possono verificare rotture di stock, in quanto bisogna sempre considerare che il materiale versato per le quantità "Q1" e "Q3" è quello stimato dai consumi precedenti, da eventuali ordini clienti e da previsioni future di vendita.

Risulta quindi chiara la necessità di determinare il livello della *safety-stock* in funzione della domanda prevista futura, ma soprattutto legare tale quantità anche alle possibilità di errore che si verificano durante la stima.

### 1.2.2 METODOLOGIE DI CALCOLO PER LA SCORTA DI SICUREZZA

È possibile considerare tre diverse variabili per giungere al calcolo della *safety-stock*, ciascuna delle quali risulta essere strettamente correlata alle altre due. Queste tre variabili prendono in considerazione i periodi in cui la domanda prevista risulta essere coperta dalle giacenze a magazzino, la quantità di backorder che si realizza in un determinato periodo di previsione, ovvero le rotture di stock sopportabili dall'azienda, e, infine, il livello di servizio desiderato.

Nel primo caso si fisserà un parametro “P”, intero o frazionario, che rappresenta i periodi in cui la scorta di sicurezza coprirà la domanda. La safety-stock “SS” sarà quindi proporzionale alla domanda “D” attesa nel periodo:

$$- \text{SS} = \text{PD}$$

Questo metodo per quanto semplice e immediato non presenta una buona affidabilità per il calcolo della scorta di sicurezza, poiché non vi è alcuna correlazione con i possibili errori di previsione della domanda. Per di più, non vi è alcuna indicazione nella scelta del parametro “P” che lo associ al livello di servizio desiderato. Errore grave, infine, per le aziende è quello di applicare lo stesso parametro a diversi codici presenti nel magazzino; questo comporta che non vi sia alcuna differenziazione in termini di volumi richiesti (e quindi venduti) e/o di valore unitari (e quindi di fatturato).

Per tenere in considerazione la probabilità di rottura di stock e, allo stesso tempo, correlare la scorta di sicurezza all’errore che si commette durante la previsione del fabbisogno futuro, è necessario formulare in termini statistici il legame tra la variabilità della domanda e la safety-stock.

Considerando quindi la richiesta “X” di un generico articolo presente in magazzino, di cui si prevede una distribuzione di tipo gaussiana, si calcolano la media “ $\mu$ ” e la varianza “ $\sigma$ ” rispettivamente con:

$$- \mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$- \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n-1}}$$

È possibile definire la scorta di sicurezza in funzione della variabilità della domanda, espressa come deviazione standard, stabilendo a priori una probabilità di copertura che, per le distribuzioni gaussiane, risulta essere funzione della domanda normalizzata definita con “Z”:

$$- Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$- f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}}$$

La scorta di sicurezza quindi è definita dalla seguente relazione:

$$- SS=Z\sigma$$

Che, ipotizzando una distribuzione gaussiana della domanda, si distingueranno i seguenti valori di “Z”:

- $Z=0$  ovvero esiste una probabilità di copertura della domanda del 50%;
- $Z=1$  ovvero esiste una probabilità di copertura della domanda del 84,14%;
- $Z=2$  ovvero esiste una probabilità di copertura della domanda del 97,73%
- $Z=3$  ovvero esiste una probabilità di copertura della domanda del 99,87%

Con probabilità di copertura della domanda si intende che, dato un valore “ $X_i$ ” della domanda reale, fissata la scorta di sicurezza con la formula sopra riportata, la probabilità che tale domanda sia  $X_i > \mu + SS$  risulterà essere del 50% se  $Z=0$ , del 15,86% se  $Z=1$ , del 2,27% se  $Z=2$  e 0,13% se  $Z=3$  (queste percentuali rappresentano quindi le probabilità di incorrere nella rottura di stock).

È possibile, sempre con l’ausilio della statistica, calcolare quali siano le probabilità di avere determinati backorder in presenza di una certa domanda “ $X_i$ ”, calcolando in primo luogo la domanda normalizzata:

$$- Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Dalle tabelle, o tramite la formula, si può ricavare il relativo valore della densità di probabilità  $f(Z)$ , attraverso cui sarà possibile calcolare la probabilità che la domanda assuma proprio il valore “ $X_i$ ”, ovvero  $f(X_i) = f(Z)/\sigma$ . Infine, si passa al calcolo dei backorder “ $E(X)$ ” per ciclo d’ordine:

- $E(X) = \sum_{X_i = \mu + SS}^{+\infty} [X_i - (\mu + SS)] f(X_i)$
- $E(X) = \sigma E(Z)$

Si è quindi definito il numero di backorder  $E(X)$  per ciclo di ordine in funzione del fattore di sicurezza “ $Z$ ” e, di conseguenza, della scorta di sicurezza; con  $E(Z)$  invece si indica la quantità media di backorder per ciclo d’ordine espressa in multipli di  $\sigma$ .

Domanda normalizzata Z	Probabilità che si abbiano backorder 1-F(Z)	Quantità media di backorder E(Z)
0	0,5	0,3989
1	0,1586	0,0833
1,29	0,0985	0,0465
2	0,0227	0,0849
2,27	0,0116	0,0039
3	0,0013	0,0003

Tabella 1: Relazione tra Z, 1-F(Z) e E(Z).

È possibile a questo punto ricavare il livello di servizio “LS” in precedenza citato. Solitamente questo parametro viene espresso in funzione o del numero di rotture di stock oppure dei backorder che si verificano in un periodo preso in considerazione. Entrambe le definizioni enunciano in forma percentuale tale parametro. Tra le due formulazioni, risulta sicuramente più significativa quella che identifica il numero cumulato di ordini inevasi rispetto alla semplice enumerazione delle volte in cui si verifica la stock-out. Questo perché si potrebbe ottenere un basso numero di rotture di stock in un periodo ma per quantità elevate di ordini non realizzabili con le giacenze presenti a magazzino; in questa situazione si otterranno due diversi livelli di servizio, il primo maggiore del secondo.

Per quanto sopra detto si definisce il livello di servizio “LS” come il rapporto tra la domanda evasa e quella totale ovvero:

$$- \quad LS = \frac{\text{domanda evasa}}{\text{domanda totale}} = 1 - \frac{\text{backorder cumulati nel periodo}}{\text{domanda totale}}$$

dove con periodo si intende un orizzonte temporale che può essere una settimana, un mese o un anno di produzione.

Considerando quindi le definizioni precedentemente date e, in aggiunta, la domanda totale nel periodo “D”, la quantità d’ordine “Q” (di acquisto o di produzione) e il numero di cicli d’ordine “n=D/Q”, si può ricavare il livello di servizio come:

$$- \quad LS = 1 - \frac{n\sigma E(Z)}{D} = 1 - \frac{\sigma E(Z)}{Q}$$

Definito il livello di servizio desiderato in percentuale, è possibile calcolare la scorta di sicurezza ricavando, prima la quantità media di backorder per ciclo d’ordine espressa in multipli di  $\sigma$ , poi, dalla tabella sopra riportata, il fattore di sicurezza “Z” e infine utilizzando la formula prima espressa:

$$- \quad SS=Z\sigma$$

È interessante notare come vari sia il livello di servizio che il numero di rotture di stock per periodo al variare della quantità ordinata “Q”. A parità di numero di unità di backorder per ciclo d’ordine, si vede chiaramente come il livello di servizio tende ad aumentare all’aumentare di “Q” poiché ordini più grandi implicano una frequenza minore di emissione dell’ordine e quindi “n=D/Q” numero di cicli d’ordine per periodo. Il numero di rotture di stock “NRS” viene definito in letteratura dalla seguente relazione:

$$- \quad NRS=\frac{D}{Q} [1-F(Z)]$$

Come si vedrà più avanti, l’aspetto negativo collegato all’aumento del lotto di riordino “Q” risulta essere l’aumento della giacenza media a magazzino (=SS+Q/2) con i relativi oneri finanziari ad essa legati.

Un ultimo aspetto assai importante che emerge quando si parla di dimensionamento della scorta di sicurezza nella realtà aziendale è la variabilità che si ha, non solo nella previsione della domanda futura, ma anche nel lead time di consegna del fornitore. In questo caso, se la distribuzione della domanda e del lead time sono variabili indipendenti, si definisce la varianza totale per il calcolo della scorta di sicurezza in funzione della deviazione standard “ $\sigma_D$ ” associata alla domanda e “ $\sigma_{LT}$ ” associata al tempo di consegna per un determinato codice, ovvero si avrà:

$$- \quad \sigma=\sqrt{\overline{LT}\sigma_D^2+\overline{D}^2\sigma_{LT}^2}$$

Dove con  $\overline{LT}$  si intende il valore medio del tempo di consegna e con  $\overline{D}$  quello della domanda. Ricavati i rispettivi valori, è possibile utilizzare la stessa formula precedentemente definita nel caso di sola variabilità della domanda.

### 1.3 I SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI A SCORTA

I sistemi di gestione a scorta si suddividono in diverse categorie sia per come essi realizzano la revisione della giacenza fisica, che può essere a frequenza continua o periodica, sia per le modalità con le quali vengono reintegrate le scorte, ovvero se a quantità fissa o variabile.

Le categorie che si ottengono incrociando i diversi criteri possibili di gestione mettono in luce cinque diverse modalità con la quali le aziende realizzano i sistemi di gestione a scorta come si può notare dalla tabella di seguito riportata.

		QUANTITÀ DELL'ORDINE		
		Fissa ( Q )	Variabile (fino a S)	
REVISIONE DELLA GIACENZA FISICA	Revisione continua (ROL – Reorder Level) Frequenza dell'ordine variabile (T=0)	Con livello di riordino ( R )	<b>Sistemi (Q,R)</b> (ROP)	<b>Sistemi (S,R)</b> (Min Max System)
	Revisione periodica (ROC – Reorder Cycle) Frequenza dell'ordine fissa (T>0)	Con livello di riordino ( R )	<b>Sistemi (Q,R,T)</b> (ROP a periodicità fissa)	<b>Sistemi (S,R,T)</b> (Min Max System a periodicità fissa)
		Senza livello di riordino	-----	<b>Sistemi (S,T)</b> (Max System a periodicità fissa)

Tabella 2: Classificazione di sistemi di gestione materiali a scorta (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

Queste distinzioni si rendono necessarie poiché, analizzando le problematiche della revisione della giacenza, nel caso in cui sia essa continua, è indispensabile ricorrere ad un sistema di monitoraggio delle scorte che rilevi i cambiamenti nel momento in cui essi avvengono. Un sistema di tracking potrebbe essere opportuno per realizzare una tale condizione operativa, con l'ausilio di sistemi come i barcode o trasponder con le relative strumentazioni per memorizzare le variazioni apportate nelle giacenze. Molte aziende, per non sostenere i costi di un sistema completo e dedicato, sfruttano delle informazioni indirette per variare le quantità delle scorte, andando a scaricare (o a caricare) il materiale dal magazzino di ingresso dopo aver effettuato una transazione o un task.

Per quanto concerne i sistemi a revisione continua, l'ordine viene effettuato ogni qual volta il livello delle scorte raggiunge un livello prefissato e per questa ragione vengono definiti sistemi ROL (*Reorder Level*). L'alternativa è quella di operare con una revisione

periodica delle scorte, predeterminando un intervallo di tempo “T” che separa due istanti in cui vengono effettuati i controlli delle giacenze. Per la loro natura questi sistemi vengono chiamati a ciclo di riordino o ROC (*Reorder Cycle*) e l’ordine viene effettuato se il livello delle scorte o è inferiore rispetto ad un valore soglia prefissato, oppure non raggiunge una quantità massima desiderata.

Per riguarda la seconda variabile che distingue i diversi sistemi di gestione a scorta possibili, ovvero i lotti di riordino dei materiali, è solitamente consentito scegliere se operare per quantità fisse, che viene determinata in base a diversi criteri tra i quali il più noto è il lotto economico, oppure reintegrando le scorte calcolando la differenza tra il livello massimo di scorte desiderato e la giacenza presente al momento della verifica a magazzino.

Come si può vedere dalla tabella 2 sopra riportata si individuano 5 classi di sistemi di gestione a scorta effettivamente realizzabili nella pratica comune dalle aziende:

- i sistemi ROP (*Reorder Point*) per i quali, per quantità fisse “Q”, il reintegro delle scorte avviene quando il livello delle scorte scende al disotto del punto di riordino “R”. Da qui il nome ROP;
- i sistemi MIN-MAX SYSTEM nei quali il riordino avviene ogni qual volta si raggiunge il punto di riordino “R” per una quantità variabile “S” che viene calcolata in modo da ripristinare il massimo livello delle scorte. Il nome deriva dal fatto che, in condizioni ideali, il sistema dovrebbe oscillare da una quantità minima, pari alla scorta di sicurezza, ad una massima stoccabile a magazzino;
- i sistemi ROP a periodicità fissa che si distinguono da quelli a periodicità variabile per la presenza di un determinato intervallo di tempo “ $T > 0$ ” che separa due verifiche consecutive delle giacenze;
- i sistemi MIN-MAX SYSTEM a periodicità fissa differenti da quelli a revisione continua delle scorte per la presenza del medesimo intervallo di tempo “ $T > 0$ ” di controllo;
- infine, i sistemi MAX SYSTEM a periodicità fissa nei quali viene monitorata la giacenza ad intervalli regolari “ $T > 0$ ” e questa, se non dovesse essere pari al livello massimo “S”, viene ordinata una quantità tale da riportare la giacenza a quel determinato livello.

### 1.3.1 IL SISTEMA ROP

Risulta essere uno dei sistemi di gestione più usati dalle aziende, soprattutto a livello inconscio, poiché, grazie all'esperienza maturata da chi gestisce il magazzino e contemporaneamente è a contatto con la produzione, anche non conoscendo l'esatta giacenza numerica del codice, si riesce a prevedere con una rapida scansione visiva se la giacenza sia sufficiente a coprire la domanda nel tempo necessario al reintegro delle scorte.

Questo sistema risulta essere interamente definito quando si siano scelti la quantità "Q" fissa con la quale avviene il riordino, solitamente, come già accennato, identificando un lotto che realizzi un'economia di acquisto o di produzione (EOQ o POQ), e il punto di riordino "R" definito dalla seguente relazione:

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

Dove con "R" si intende il livello di riordino, "LT" il lead time di riordino, "d" la domanda media nel periodo considerato ed "SS" la scorta di sicurezza. Come si può notare dalla formulazione qui sopra riportata, il metodo si basa sul fatto che le scorte corrispondenti al livello "R" debbano essere sufficienti a coprire la domanda media "d" prevista nel *Average Lead Time* calcolato per il rifornimento ( $DM_{LT}$ ), ed eventualmente ricorrere alla scorta di sicurezza qualora la previsione sia affetta da errore. Il sistema risulta essere efficace soltanto se è previsto un apparato di controllo per la registrazione dei prelievi e dei versamenti a magazzino e anche degli ordini emessi.

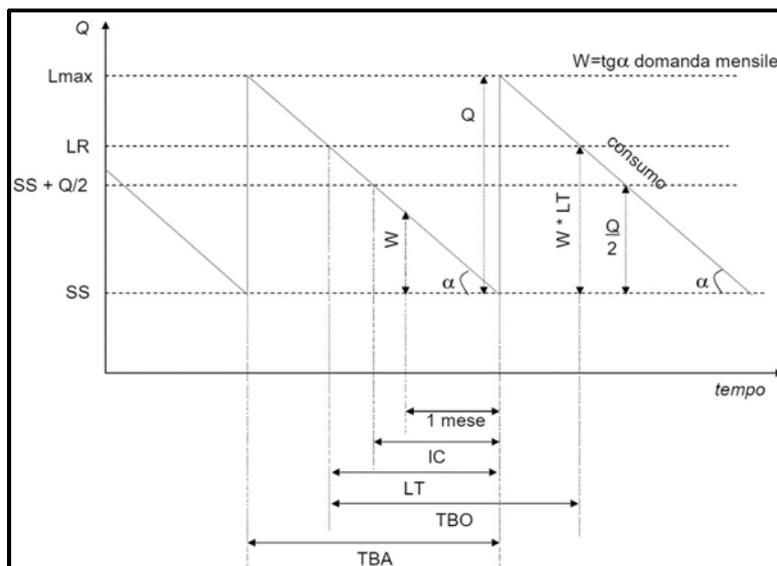


Figura 5: Profilo temporale ideale della giacenza a dente di sega tipico del funzionamento sei sistemi ROP. (fonte: università degli studi di Udine, De Toni-Zanutto, dispense Gestione della Produzione).

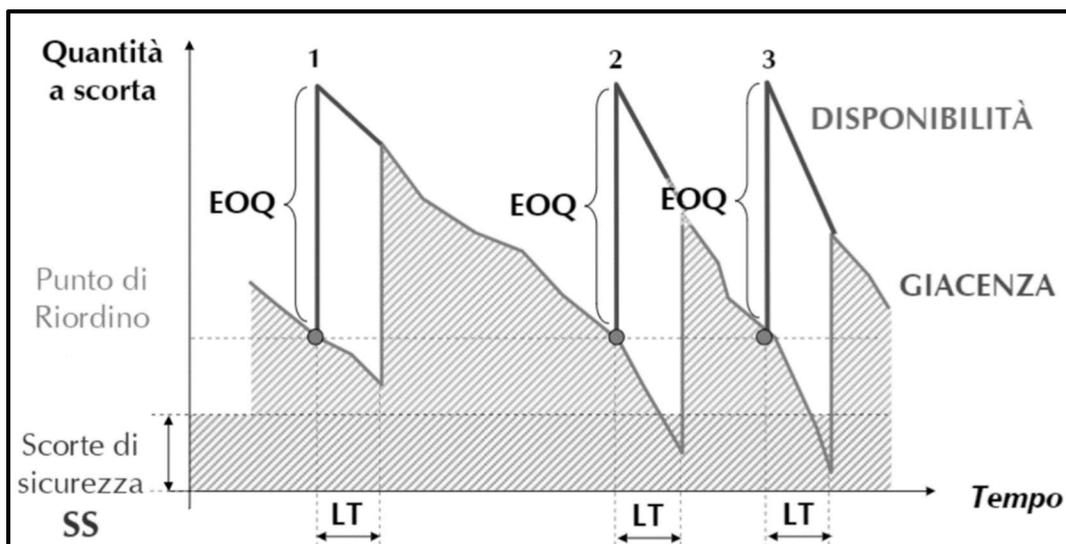


Figura 6: Profilo temporale pseudo reale della giacenza a dente di sega tipico dei sistemi ROP. (fonte: università LIUC, Fabrizio Dallari, dispense Gestione della produzione industriale).

Gli altri parametri che si rendono necessari per una completa analisi di questo sistema di gestione, ma che verranno utilizzati anche negli altri casi, sono:

- $L_{max} = Q + SS$  ovvero il livello massimo della giacenza nel magazzino;
- $GM = \frac{Q}{2} + SS$  ovvero la giacenza media a magazzino (nel caso ideale);
- $TBO = TBA = \frac{Q}{d}$  ovvero Time Between Orders o Time Between Arrivals (tempo intercorrente tra l'emissione o, equivalentemente, tra due arrivi di due ordini);
- $N = \frac{d}{Q} = \frac{1}{TBO}$  ovvero il numero ordini emessi solitamente su base mensile;
- $IC = \frac{\text{Giacenza media a valore}}{\text{Domanda annua a valore}} = \frac{(\frac{Q}{2} + SS) \cdot v}{D \cdot v}$  [anni] ovvero l'indice di copertura delle scorte;
- $IR = \frac{1}{IC} = \frac{D}{\frac{Q}{2} + SS}$  [volte/anno] ovvero l'indice di rotazione delle scorte;
- $SS = Z \sqrt{LT \sigma_D^2 + D^2 \sigma_{LT}^2}$  ovvero la scorta di sicurezza.

Una metodologia pratica, concettualmente riconducibile a questa tipologia di sistema di gestione a scorta, che evita eventualmente l'impiego di onerosi sistemi informatici per

l'azienda, si realizza con il sistema a due contenitori; ovvero se si riuscisse a stoccare in due container o magazzini differenti le quantità corrispondenti al livello "R" in uno e l'eccedenza nell'altro, si potrebbe pensare di attingere prima da quest'ultima giacenza e quindi passare al consumo della prima una volta azzerata tale quantità, generando di conseguenza un'emissione d'ordine per ripristinare le scorte. Ovviamente si procederà prima al ripristino del contenitore con il livello "R" e poi allo stoccaggio della giacenza in eccesso.

### 1.3.2 IL SISTEMA MIN-MAX SYSTEM

Rimanendo sempre nell'ambito di controllo delle giacenze continuo, un'alternativa al ROP si realizza con il MIN-MAX SYSTEM, dove la differenza principale consiste nel non avere una quantità fissa di approvvigionamento una volta che la giacenza raggiunge il punto di riordino "R".

Si dovrà quindi stabilire un livello massimo "S" per il calcolo della quantità "Q" con cui emettere l'ordine una volta raggiunto il punto "R" definito come nei sistemi ROP

- $R = LT \cdot d + SS$

- $SS = Z \sqrt{LT \sigma_D^2 + \bar{D}^2 \sigma_{LT}^2}$

Si potrebbe quindi fissare il livello della giacenza massima "S" pensando ad un'analisi costi/benefici tale per cui si riducono gli oneri economici fissi di emissione dell'ordine (o di produzione), si usufruisce di sconti quantità oppure ancora si considerino i limiti fisici del magazzino per lo stoccaggio dei codici. Per esempio, nel primo caso avremmo quindi

- $S = R + EOQ$

E la quantità da ordinare sarà definita come

- $Q = S - (\text{giacenza presente a magazzino raggiunto il livello } R)$

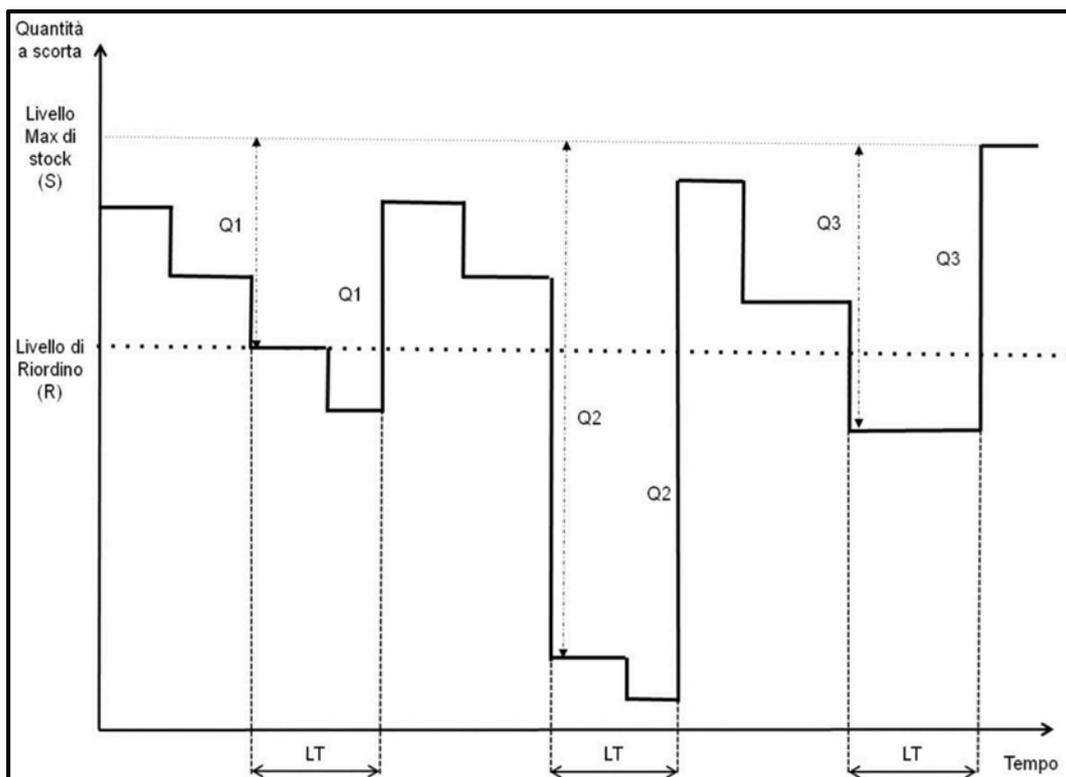


Figura 7: Andamento delle scorte possibile per un sistema di gestione MIN-MAX SYSTEM. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

### 1.3.3 IL SISTEMA ROP A PERIODICITÀ FISSA

Per quanto riguarda i sistemi a periodicità fissa di revisione della giacenza, come già accennato nelle pagine precedenti, si deve fissare un intervallo di tempo “T” che separa due controlli consecutivi, e soltanto durante tale controllo possono essere emessi gli ordini di acquisto o di produzione. Questo intervallo solitamente è dettato da particolari esigenze aziendali, come il fatto di voler concentrare in un unico giorno della settimana la verifica della giacenza e quindi l’emissione degli ordini per ragioni produttive o logistiche, ma, se non vi fosse alcun vincolo particolare, solitamente si pone l’intervallo “T” di controllo pari al “TBO” corrispondente al lotto economico che ottimizza i costi di emissione dell’ordine e quelli di giacenza, misurato nel corso di un anno produttivo.

$$T = \frac{T_{\text{anno}}}{\frac{d \cdot T_{\text{anno}}}{\text{EOQ}}} = \frac{\text{EOQ}}{d}$$

Nel caso di ROP a periodicità fissa si avrà sempre un punto di riordino “R”, raggiunto il quale si provvederà a emettere un ordine di una quantità fissa “Q”. La differenza rispetto al ROP a frequenza continua di controllo delle giacenze si realizza nella presenza del periodo di revisione “T”. Durante questo intervallo di tempo si dovrà garantire la richiesta

di materiale senza arrivare alla rottura di stock. Sia il punto di riordino “R” che la scorta di sicurezza saranno quindi calcolati tenendo in considerazione il periodo nel quale non si effettua il controllo sulle giacenze:

$$- R=(LT+T)\cdot d+SS$$

$$- SS=Z\sqrt{(\overline{LT}+T)\sigma_D^2+D^2\sigma_{LT}^2}$$

È evidente come in questo sistema di gestione, per rispondere all’incertezza che si presenta con l’introduzione di questo intervallo di tempo “T”, il livello della giacenza medio aumenti. Ma non solo, potrebbe anche accadere che il livello “R” venga raggiunto e superato dalla giacenza a magazzino con il rischio di arrivare a stock-out prima del successivo controllo, soprattutto se la previsione della domanda o la scorta di sicurezza non sono state adeguatamente calcolate.

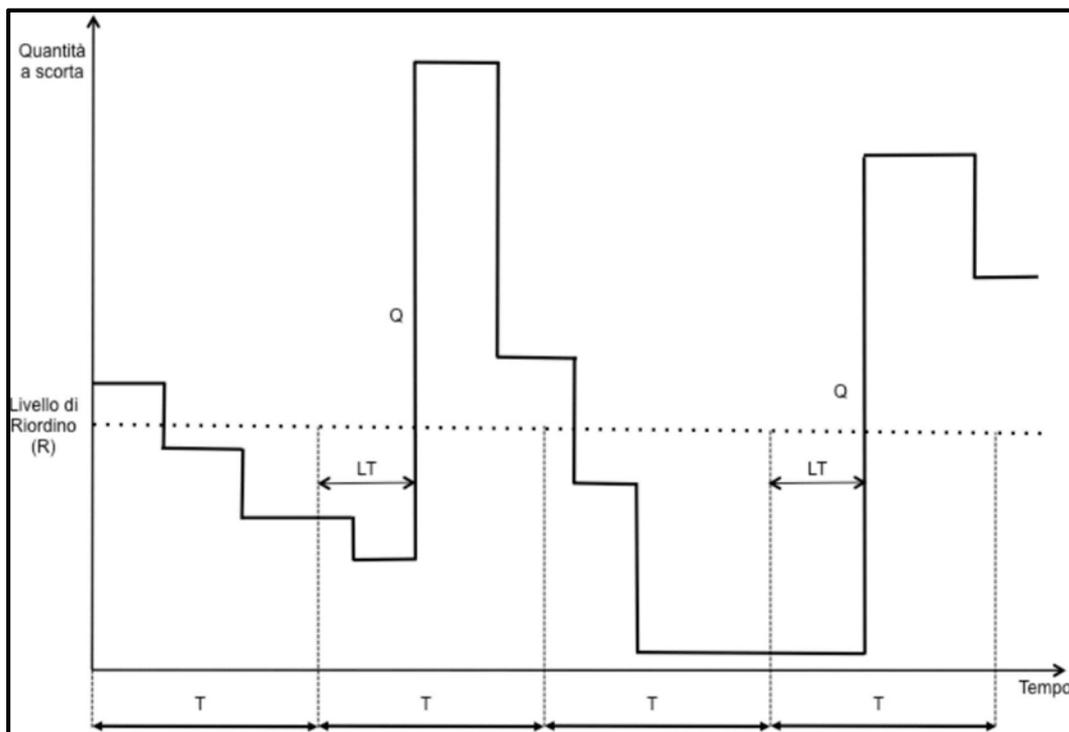


Figura 8: Profilo temporale possibile delle giacenze gestite con sistema ROP a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

### 1.3.4 IL SISTEMA MIN-MAX SYSTEM A PERIODICITÀ FISSA

Le considerazioni precedentemente effettuate per il sistema ROP a periodicità fissa valgono anche per questo. La problematicità ulteriore deriva dalla determinazione del livello massimo “S” a cui far riferimento per il calcolo del lotto di riordino, poiché, come per i sistemi a frequenza fissa di revisione e quantità variabile di riordino, si dovrà valutare se il magazzino possiede dei limiti fisici per lo stoccaggio di un determinato codice oppure se sia meglio considerare il rapporto tra i costi di emissione e quelli di giacenza.

Fissato l’intervallo di tempo “T” si calcolano i parametri funzionali del sistema:

$$- R=(LT+T) \cdot d+SS$$

$$- SS=Z \sqrt{(\overline{LT}+T) \sigma_D^2 + D^2 \sigma_{LT}^2}$$

A questo punto, se si privilegia la scelta del lotto economico di acquisto, ove sia possibile, e si determina l’intervallo di tempo “T” come è stato fatto precedentemente per il sistema ROP a periodicità fissa, si otterrà

$$- T = \frac{T_{\text{anno}}}{\frac{d \cdot T_{\text{anno}}}{EOQ}} = \frac{EOQ}{d}$$

$$- S=R + EOQ - \frac{T \cdot d}{2} = R + \frac{EOQ}{2}$$

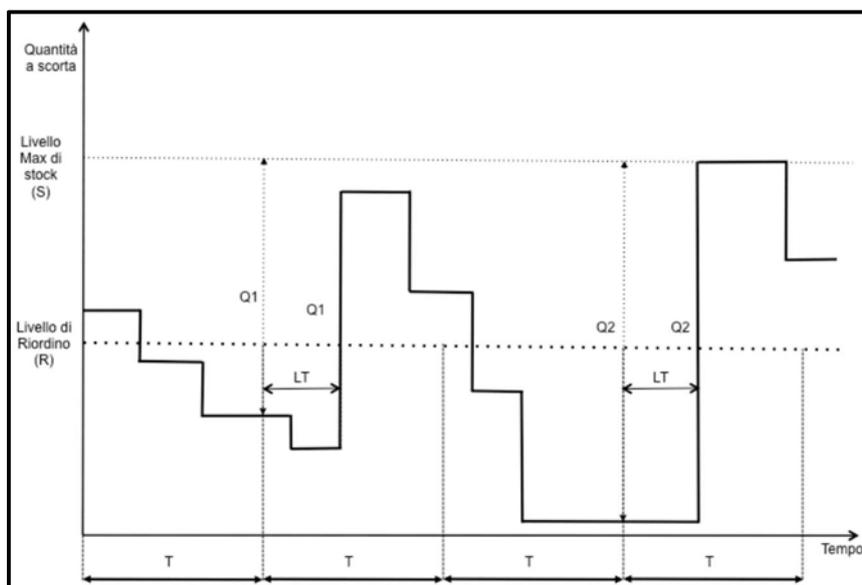


Figura 9: Profilo temporale possibile delle giacenze in un sistema di gestione MIN-MAX SYSTEM a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

### 1.3.5 IL SISTEMA MAX SYSTEM A PERIODICITÀ FISSA

Anche per questo tipo di sistema la giacenza viene controllata periodicamente, ad intervalli di tempo “T”. Il principio di funzionamento prevede che l’ordine, per quantità “Q” variabili, venga emesso ogni qual volta la verifica della giacenza evidenzi una differenza tra il livello delle scorte presenti nel magazzino e quello massimo calcolato. In questo caso non si avrà alcun punto di riordino e ciò consente di diminuire la giacenza media, a discapito però di un numero di emissione ordini superiore.

Il livello massimo delle scorte “S” risulta essere pari al punto di riordino calcolato per i precedenti due sistemi a periodicità fissa, ovvero:

$$- S=(LT+T) \cdot d+SS$$

$$- SS=Z \sqrt{(\overline{LT}+T)\sigma_D^2+D^2\sigma_{LT}^2}$$

Infine, l’obiettivo di minimo costo può essere perseguito, come precedentemente fatto, andando a scegliere opportunamente l’intervallo di tempo “T”.

$$- T=\frac{T_{\text{anno}}}{\frac{d \cdot T_{\text{anno}}}{EOQ}}=\frac{EOQ}{d}$$

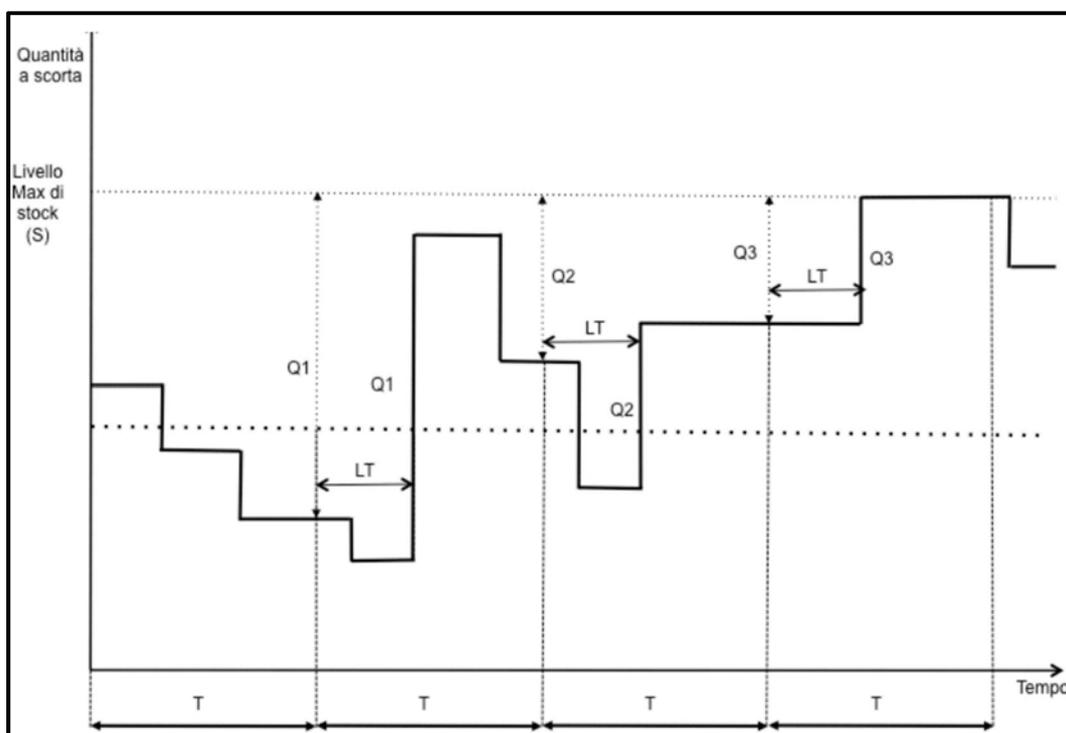


Figura 10: profilo temporale caratteristico delle giacenze con sistemi di gestione MAX SYSTEM a periodicità fissa. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

### 1.3.6 CRITERI DI SELEZIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE A SCORTA

Per capire quale sia la miglior scelta del sistema di gestione a scorta dei materiali presenti nel proprio magazzino si devono valutare vantaggi e svantaggi di ciascuna tecnica precedentemente illustrata. Si precisa inoltre che le considerazioni che seguono sono subordinate alla necessità di un sistema di tracking efficiente per un corretto funzionamento di tutte le tipologie di gestione di materiali riportate, in quanto si deve ridurre lo scarto presente tra le quantità fisiche e quelle virtuali gestite attraverso ERP (*Enterprise Resource Planning*) aziendale.

Prendendo in considerazione le due macro-categorie individuate per la frequenza di revisione della giacenza, ROL e ROC, i vantaggi e gli svantaggi sono riportati in forma tabellare qui di seguito.

Tipo di revisione delle scorte	Vantaggi	Svantaggi
ROL (Reorder Level)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Economicità della gestione garantita dalla scelta di riordino delle quantità per lotti economici (di acquisto o di produzione);</li> <li>- Economicità della gestione garantita dall'utilizzo di un livello di scorte di sicurezza inferiori rispetto ai sistemi ROC, poiché la revisione della scorta risulta essere continua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oneroso per la revisione continua delle giacenze;</li> <li>- Non garantiscono economicità per ordini congiunti. Ovvero accade che si effettuino ordini, di acquisto o di produzione, in periodi distinti per diversi articoli ma dal medesimo fornitore.</li> </ul>
ROC (Reorder Cycle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riduzione dei costi per la revisione delle giacenze periodica e non continuativa;</li> <li>- Si può fissare un giorno della settimana dedicato alla gestione degli acquisti in funzione delle convenienze organizzative per il lavoro in ufficio e in magazzino;</li> <li>- Le spedizioni e le consegne avvengono nella medesima giornata;</li> <li>- È possibile fare ordini per voci congiunte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non viene garantita l'economicità di gestione se non si ordina per lotti economici (di acquisto o di produzione);</li> <li>- Presentano scorte di sicurezza maggiori per far fronte all'incertezza durante il periodo in cui non vengono tenuti sotto controllo gli andamenti della giacenza e quindi della domanda.</li> </ul>

Tabella 3: Vantaggi e Svantaggi dei sistemi ROL e ROC.

## 1.4 INSTABILITÀ DEI SISTEMI DI GESTIONE A SCORTA

Per semplicità di trattazione nei paragrafi precedenti, dove si è condotta l'analisi dei diversi sistemi di gestione a scorta, si è assunto che l'unica variabile da valutare per emettere l'ordine di acquisto o di produzione sia la giacenza presente a magazzino. Esistono frequentemente delle situazioni in cui non è sufficiente considerare soltanto il livello delle giacenze ma anche la quantità acquistata "Q", il lead time di riordino "LT" e la domanda "d", prevista e/o effettivamente ordinata.

Questo perché, considerando il consumo durante il tempo di approvvigionamento espresso da " $D=LT \cdot d$ ", se la quantità ordinata "Q" è inferiore al consumo "D", questa non riesce a coprire il consumo complessivo che si manifesta durante il periodo di riordino, incorrendo quindi nella rottura di stock dopo "n" lead time come si può vedere dalla figura qui sotto riportata.

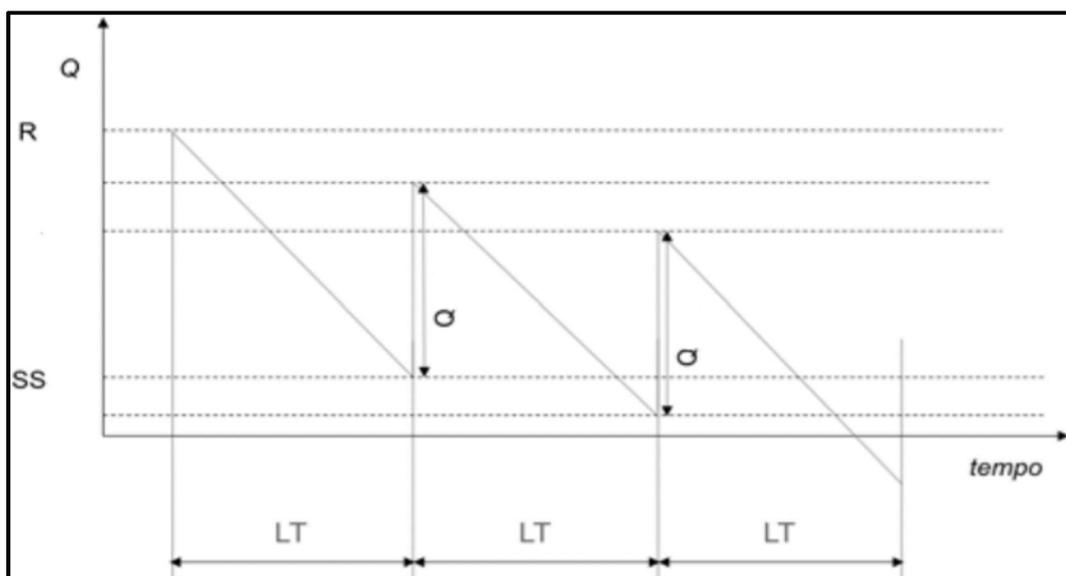


Figura 11: Esempio andamento temporale dalla giacenza di un articolo quanto " $Q < D$ ". (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

Anche considerando il TBO è possibile identificare questo problema, essendo definito come il rapporto tra la quantità ordinata "Q" e la domanda prevista "d"; in questo caso si dimostrerà che la stock-out si presenterà quando  $TBO < LT$ .

Un'ulteriore semplificazione di trattazione è stata considerare la domanda con variabilità molto bassa o quasi nulla. Nelle situazioni reali invece può essere che la domanda prevista oscilli molto attorno alla media, e sia quindi caratterizzata da una deviazione standard importante tale per cui, considerando l'effetto nel calcolo della scorta di sicurezza, non risulti conveniente l'adozione dei modelli visti in precedenza. L'effetto

sulla giacenza fisica di una richiesta inferiore o superiore conduce il sistema, rispettivamente o ad un *overstock* o alla rottura di stock.

Le alternative disponibili in letteratura citano l'utilizzo di quelle che vengono definite come "copertura totale" e "copertura libera" al posto di considerare la giacenza fisica per emettere un ordine di acquisto o di produzione.

#### 1.4.1 COPERTURA TOTALE

Sebbene la prima soluzione apparentemente plausibile, nel caso di lotto di riordino insufficiente a coprire il consumo complessivo durante il lead time, sia quella aumentare la quantità ordinata, nel caso in cui si sia scelto di realizzare delle economie di acquisto o di produzione attraverso l'adozione di lotti economici, potrebbe verificarsi un eccessivo aumento dei costi rendendo sconveniente la gestione dei materiali attraverso i sistemi a scorta precedentemente illustrati. La soluzione in questi casi è quella di anticipare il rilascio dell'ordine ricorrendo all'utilizzo di quella che viene definita "Copertura Totale" (CT).

$$- \text{CT} = \text{scorta fisica} + \text{ordini in sospeso (non ancora versati)}$$

Il confronto non verrà più eseguito sulla scorta fisica realmente presente nel magazzino, bensì verrà utilizzata quella che viene definita come scorta virtuale. Ovvero, ad esempio nel caso di sistemi ROP a frequenza continua, l'ordine verrà emesso quando la copertura totale raggiungerà il livello "R" del punto di riordino.

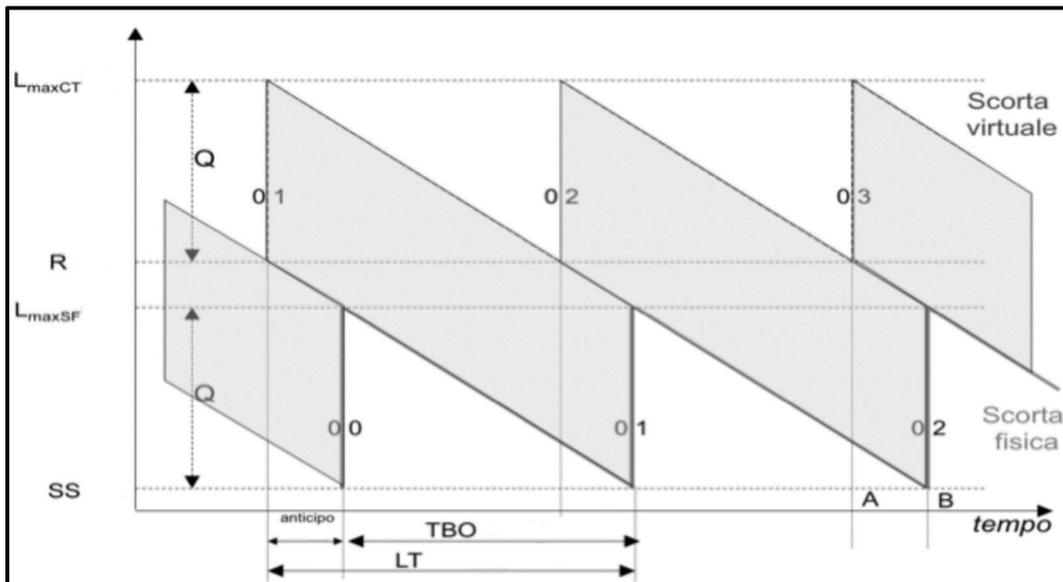


Figura 12: Andamento temporale della giacenza fisica e quella virtuale. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

Si vede chiaramente dall'immagine sopra riportata l'anticipo sull'emissione dell'ordine che consente al sistema di non raggiungere la rottura di stock; le condizioni di funzionamento prevedono che la scorta fisica subisca una variazione solo con prelievi e versamenti ma che rimanga invariata in seguito ad una emissione d'ordine. Viceversa, per definizione, la giacenza virtuale subisce variazioni con prelievi ed emissioni d'ordine ma rimane invariata rispetto a versamenti fisici a magazzino.

Con l'adozione della copertura totale il sistema risulta essere sostenibile anche quando il lead time è maggiore del tempo che intercorre tra due ordini consecutivi, ma soprattutto, si riesce a garantire l'economicità del sistema grazie all'utilizzo di lotti economici per le quantità emesse con gli ordini di acquisto o di produzione.

#### 1.4.1 COPERTURA LIBERA

Quando ci si trova in presenza di articoli con elevata variabilità della domanda, è statisticamente certo che il consumo non seguirà un andamento costante nel tempo e di conseguenza, nemmeno l'andamento delle scorte fisiche a magazzino. In questi casi è altrettanto chiaro, per come è stata definita nel capitolo, che la scorta di sicurezza sarà proporzionale alla deviazione standard della domanda storica, con la quale si effettueranno le previsioni future. Ma all'aumentare delle giacenze aumentano i costi delle immobilizzazioni a magazzino e, di converso, si riduce la convenienza dei sistemi di gestione a scorta studiati.

Le condizioni critiche in questi casi si verificano quando, oltre ad una elevata variabilità della domanda, si è in presenza di picchi puntuali di richiesta di un determinato codice (*overshot*). Sebbene si potrebbe pensare di applicare anche qui la copertura totale per il confronto con il livello delle scorte, i picchi concentrati delle richieste porterebbero ugualmente il sistema alla stock-out come si può vedere in figura 13.

Una soluzione al problema è riposta nell'utilizzo della così definita "Copertura Libera" (CL):

$$- \text{CL} = \text{scorta fisica} + \text{ordini in sospeso} - \text{fabbisogni calcolati}$$

I fabbisogni sono calcolati con frequenza periodica, meglio se settimanale, guardando sia ai consumi passati ma anche gli ordini clienti effettivi, promozioni commerciali, stagionalità del prodotto o particolari commesse cliente, per almeno un arco di tempo pari al lead time di riordino.

L'emissione dell'ordine, per i prodotti che verranno gestiti mediante l'utilizzo della copertura libera, sarà subordinata al raggiungimento del livello di riordino.

Si pone infine l'accento sul cambiamento di paradigma che comporta l'adozione della copertura libera in luogo della scorta fisica e/o della copertura totale. Mentre questi ultimi si basano meramente su previsione della domanda valorizzando i consumi storici, la presenza del calcolo cumulato dei fabbisogni futuri implica una logica del "guardare avanti". In altri termini si può affermare che il metodo della copertura libera sia un criterio ibrido per quanto riguarda la gestione delle scorte.

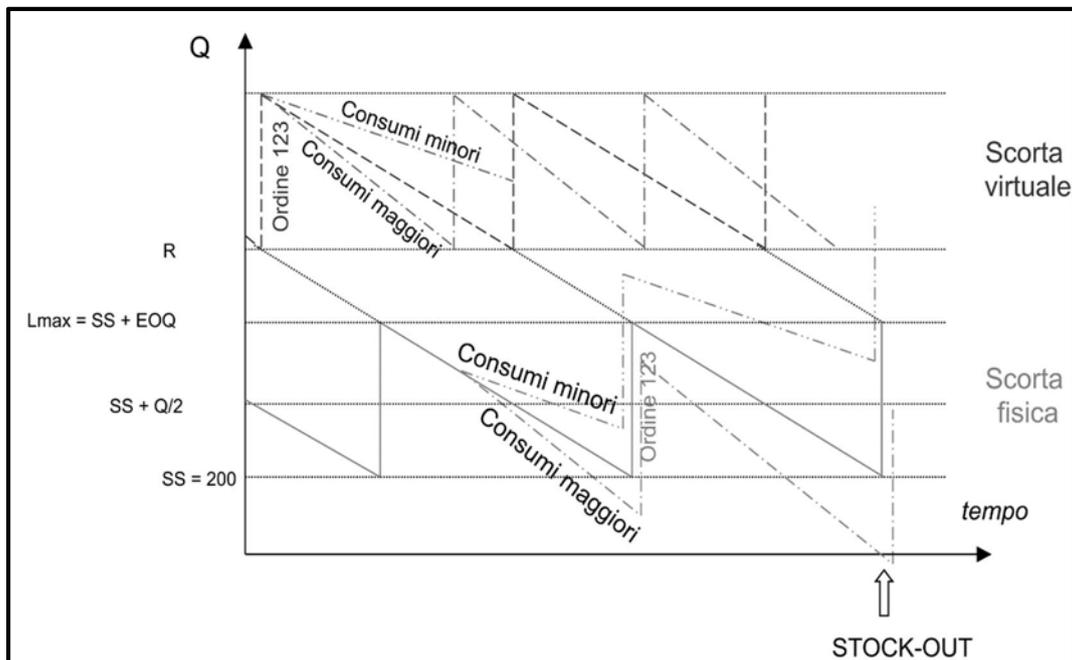


Figura 13: Andamento scorte di codici aventi elevata variabilità di consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

## 1.5 IL SISTEMA DI GESTIONE DEI MATERIALI A PIANO

Il criterio di gestione esposto nel paragrafo precedente, che vede il confronto della giacenza fisica con la copertura libera per l'emissione di nuovi ordini, solitamente viene utilizzato come sistema di controllo per quegli articoli che presentano domanda indipendente, ovvero tutti quei codici la cui richiesta non è legata al consumo di un codice che nella distinta base risulta essere ad un livello superiore; in gergo vengono definiti i codici a domanda indipendente "padri" e quelli a domanda dipendente "figli".

Riassumendo, viene calcolato il fabbisogno cumulato su un orizzonte temporale pari almeno alla durata del lead time di riordino, attraverso un mix di previsioni future basate su ordini clienti, consumi storici ed eventuali promozioni; il risultato viene utilizzato per il computo della copertura libera che verrà poi raffrontata con il livello di riordino calcolato per le scorte fisiche. Ogni qual volta il valore della "CL" risultasse inferiore a tale livello, si emetterà un ordine di acquisto o di produzione per non incorrere nella rottura di stock.

Il quesito principale a cui rispondere, per la descrizione completa del metodo di gestione che prevede l'ausilio della copertura libera, è come determinare il punto di riordino. In analogia con i sistemi a scorta, determinata la safety stock "SS" e il consumo medio durante il lead time, si è valutato il livello di riordino come  $R=LT \cdot d+SS$ . Ma nel computo della copertura libera si considera a priori il fabbisogno durante il tempo di riordino; Per cui il valore del punto di riordino si identifica nel volume calcolato della scorta di sicurezza, in breve "R=SS".

### 1.5.1 IL TIME PHASED ORDER POINT (TPOP)

Storicamente il calcolo dei fabbisogni futuri per via cumulata obbligava il sistema impresa all'utilizzo di un modesto impiego di risorse, soprattutto umane, prima dello sviluppo del computer. Tra la fine degli anni Sessanta e l'inizio degli anni Settanta, l'innovazione e l'aumento della potenza computazionale dei calcolatori elettronici, ha concesso alle aziende di restringere gli intervalli di tempo per ricavare i consumi futuri sulla base input precedentemente illustrati.

Introducendo il concetto di *bucket*, ovvero di periodi in cui suddividere l'orizzonte temporale di previsione della domanda (ad esempio settimane), si permette al sistema di gestione dei materiali di non avere più la necessità di determinare il punto di riordino per

l'emissione degli ordini, poiché tale operazione risulta essere subordinata alla revisione periodica dei fabbisogni futuri imposta dai bucket prescelti e che non saranno calcolati quindi in via cumulata.

La tecnica che si basa su questi principi di funzionamento, per codici stand alone (ovvero senza distinta base), viene definita a punto di riordino tempificato, o Time Phased Order Point (TPOP), e fornisce, oltre ad un calcolo non più cumulato del fabbisogno futuro, un cambio di paradigma rispetto all'adozione della copertura libera (ma anche di quella totale) che si identifica nel funzionamento del sistema privo del calcolo del punto di riordino.

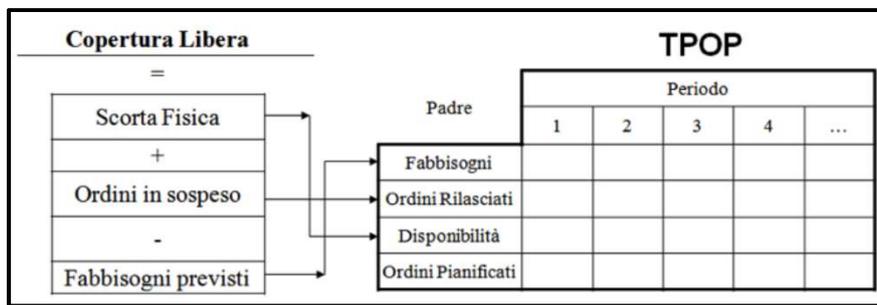


Figura 14: Confronto tra le variabili della copertura libera e del record TPOP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

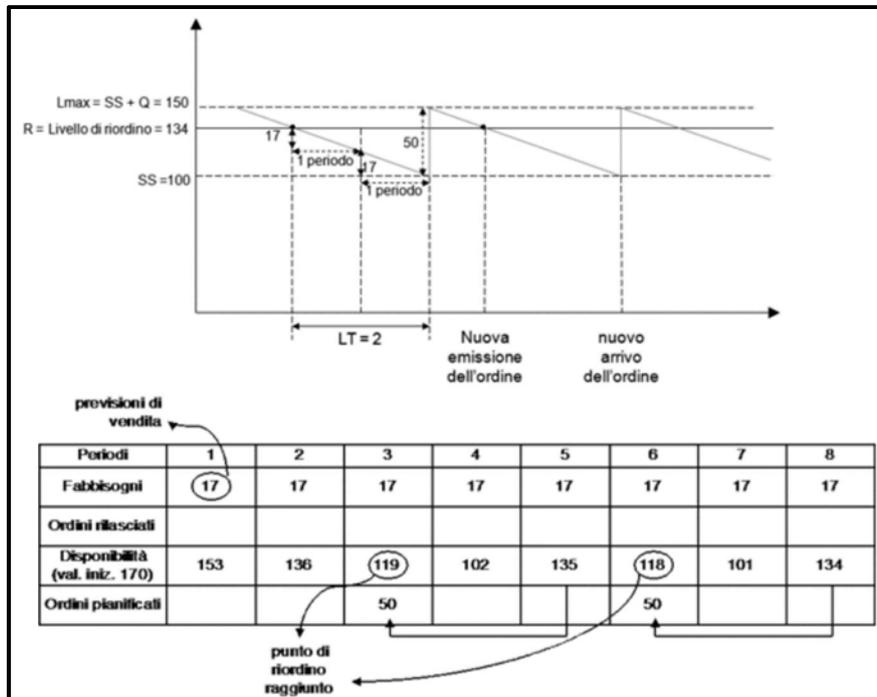


Figura 15: Esempio e confronto tra il funzionamento di un sistema di gestione a scorta ROP e TPOP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

A fronte di un fabbisogno calcolato, viene pianificata l'emissione di un ordine, tenendo in considerazione anche quelli ancora aperti (o rilasciati), in modo tale che la scorta fisica non abbia a scendere al di sotto della scorta di sicurezza.

Benché, come si può notare dalle immagini sopra riportate, il sistema di gestione dei materiali con tecnica TPOP non ha bisogno del livello di riordino, tale criterio propone l'emissione dell'ordine nello stesso periodo in cui lo proporrebbe un sistema di gestione a scorta come il ROP. Questo caso particolare è dettato dal fatto che i consumi futuri calcolati con i bucket sono in linea con la domanda storica e quindi con la richiesta calcolata con i sistemi a scorta.

Sintetizzando i concetti formulati precedentemente, si può affermare che il TPOP, grazie all'introduzione dei bucket, consente di calcolare i fabbisogni futuri per singolo periodo e non in via cumulata, non richiede la definizione del punto di riordino definito per i sistemi di gestione a scorta e, infine, è possibile applicare politiche di dimensionamento dei lotti diverse:

- Lotto per lotto: minimizza i costi di immagazzinamento, soddisfacendo il fabbisogno richiesto. Questo criterio viene applicato a quei codici con un elevato valore e con domanda fortemente variabile;
- Lotto prefissato: viene utilizzato quando si verificano diverse esigenze come elevati costi di set-up o di emissione d'ordine, lotti minimi fissati dal fornitore, sconti quantità ecc.;
- Lotto economico (EOQ): minimizza la funzione di costo somma dei costi di mantenimento e del costo di emissione;
- Copertura temporale fissa: viene ordinata una quantità che risulta necessaria per n-periodi scelti. Questo può essere necessario quando si va in contro a deperimento oppure contingenti modifiche del prodotto;
- Minimo costo: minimizza una funzione di costo prefissata, differente da quella del lotto economico, data dai costi unitari.

In conclusione, si deve precisare che, per quanto concerne i sistemi di gestione a piano per codici con distinta base, non è sufficiente la trattazione fin qui esposta. Quando si intende gestire i materiali a piano o a fabbisogno, come si può intuire da quanto precedentemente detto, è necessario riferirsi ad un sistema più generale di pianificazione e controllo della produzione, strutturato seguendo una serie di operazioni da compiere su

tre diversi orizzonti temporali (lungo, medio e breve termine), che risultano articolate su tre diverse stadi, ovvero pianificazione, programmazione e infine esecuzione e controllo.

La figura 16 rappresenta la struttura del *Manufacturing Planning and Control System* (MPCS), dove si distinguono chiaramente i tre livelli di attività:

- Pianificazione della produzione: dove vengono stabilite le direttive generali;
- Programmazione della produzione: dove vengono definiti i piani di approvvigionamento dei materiali e le capacità produttive necessarie per l'attuazione del piano di produzione;
- Esecuzione e controllo della produzione: dove avviene il rilascio degli ordini di produzione e si realizza la schedulazione delle attività produttive e delle sequenze di prelievo dei materiali.

Si è scelto di non approfondire ulteriormente l'argomento per non divagare troppo dall'oggetto di studio di questo elaborato. Per approfondimenti si rimanda alla consultazione di altri testi.

		ORIZZONTI TEMPORALI						
		Lungo termine		Medio termine		Breve termine		
		PREVISIONI DELLE VENDITE (Forecasting) e GESTIONE ORDINI CLIENTI (Demand Management)						
L I V E L L I	PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE (Front End)	PIANO AGGREGATO DI PRODUZIONE <b>PP</b> (Production Plan)		PIANO PRINCIPALE DI PRODUZIONE <b>MPS</b> (Master Production Schedule)		PIANO FINALE DI PRODUZIONE <b>FAS</b> (Final Assembly Schedule)		
		RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI			
		PIANIFICAZIONE GREZZA FABBISOGNI DI RISORSE (RRP)	ORDINI QUADRO	ROUGH CUT CAPACITY PLANNING (RCCP)	X			
A T T I V I T A	PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE (Engine)	RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI		RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI
		X		PIANIFICAZIONE A CAPACITA' INFINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITA' PRODUTTIVA (CRP)	PIANIFICAZIONE DEI FABBISOGNI DEI MATERIALI (MRP)		PIANIFICAZIONE A CAPACITA' FINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITA' PRODUTTIVA DEI CENTRI FINALI (CRP)	VERIFICA MANCANTI (MRP)
	ESECUZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE (Back End)	RISORSE	MATERIALI	RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI		RISORSE PRODUTTIVE	MATERIALI
		X		SCHEDULAZIONE E AVANZAMENTI DELLE LAVORAZIONI INIZIALI E INTERMEDIE (SFC)	ACQUISTI	DEFINIZIONE SEQUENZE DI PRELIEVO MATERIALI INIZIALI E INTERMEDIE (SFC)	SCHEDULAZIONE E AVANZAMENTI DELLE OPERAZIONI FINALI (SFC)	DEFINIZIONE SEQUENZE DI PRELIEVO MATERIALI FINALI (SFC)

Figura 16: *Manufacturing Planning and Control System*. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

## 1.6 I SISTEMI DI GESTIONE DEI MATERIALI A FABBISOGNO

Per spiegare al meglio le tecniche di gestione dei materiali a fabbisogno si parta dal seguente esempio per la produzione di una bicicletta.

Si consideri la distinta base semplificata rappresentata nell'immagine qui sotto riportata.

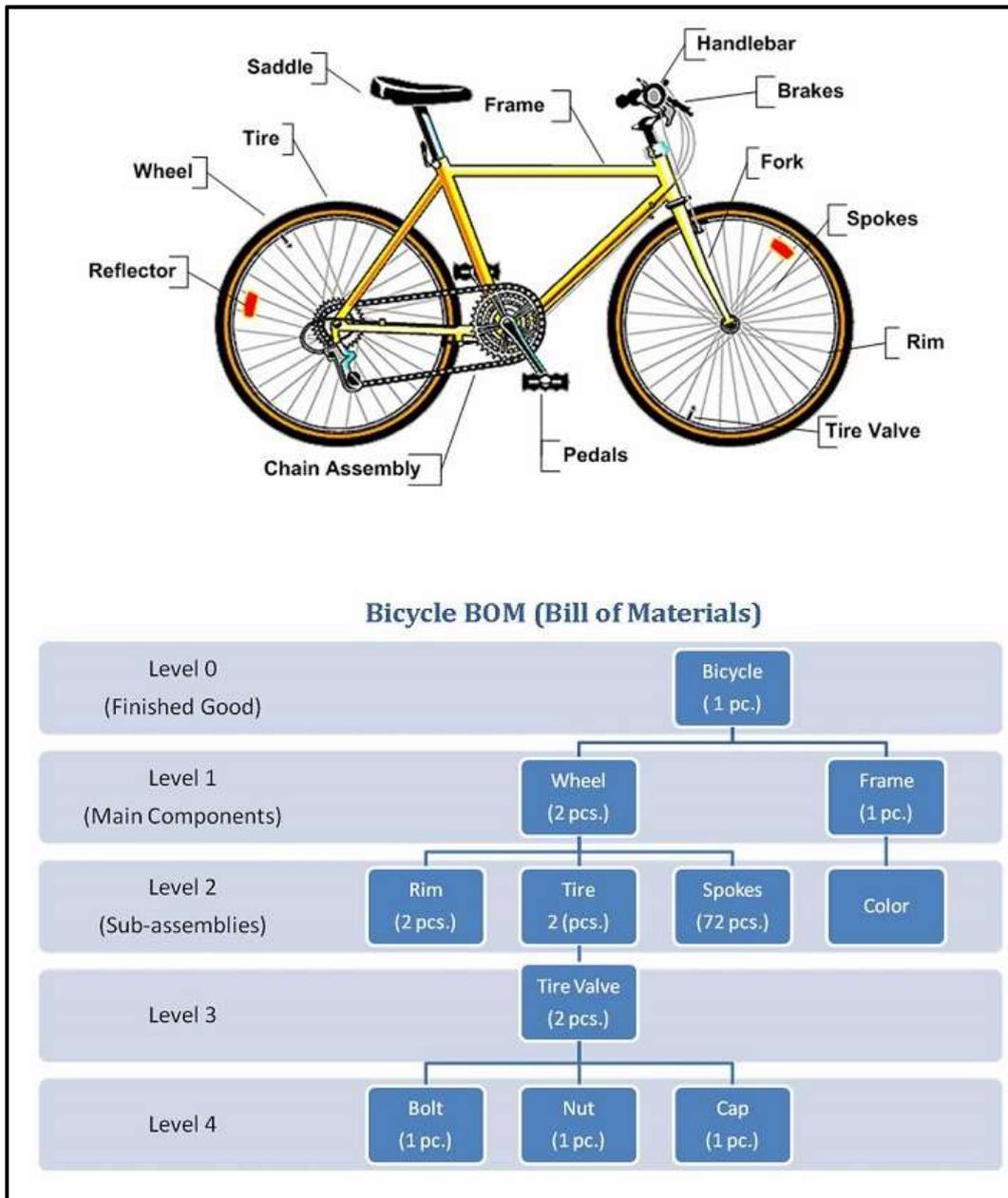


Figura 17: Esempio distinta base di produzione di una bicicletta. (fonte: <https://www.kmsenpai.it/lean-transformation/codici-parlanti-righe-dordine-distinte-base-ed-estese/>)

Nota la distinta base del prodotto, per una azienda produttrice di biciclette, il primo passo è quello di stabilire un piano di produzione prima sul lungo termine (*Production Plan* o PP), poi sul medio termine (Master Production Schedule o MPS) e quindi sul breve

termine (*Final Assembly Schedule* o FAS). Questi piani sono fondamentali, come già accennato, poiché stabiliscono le quantità e tempi di produzione del prodotto finito e di conseguenza si potranno ricavare le informazioni necessarie per i sotto-assiemi e le materie prime o di acquisto.

Con una classica gestione a scorta del sistema, rispetto alla risposta al mercato che l'azienda intende realizzare (DTS, MTS, ATO, MTO e PTO), si avrà una produzione per lotti e quindi delle quantità minime di lavorazione stabilite per minimizzare i costi di produzione, di acquisto e di stoccaggio. Ma la quantità che viene lavorata effettivamente non rappresenta il vero fabbisogno. Si immagini che venga richiesta dal mercato la produzione di una sola bicicletta; conoscendo i coefficienti di impiego (che sono riportati tra parentesi nell'immagine 17) di ciascun codice che la compone, si sapranno esattamente le quantità necessarie per la produzione di un solo prodotto finito. Per esempio, nel caso delle valvole delle camere ad aria per le ruote, il fabbisogno è pari a 4; di conseguenza si impiegheranno 4 bulloni, 4 dadi e 4 copri valvola per creare il sotto-assieme valvola.

Altro parametro fondamentale è il lead time di acquisto o di produzione, che però non viene riportato nell'immagine 17 dell'esempio. Questo dato consente l'emissione di ordini di acquisto o di produzione nei tempi prescritti per soddisfare le richieste dei clienti nei tempi concordati.

I sistemi di maggior rilievo nella pratica aziendale per la gestione dei materiali a fabbisogno sono principalmente 2: il primo si identifica con il *Material Requirements Planning* (MRP); il secondo prende spunto dalla cultura orientale giapponese, sviluppato negli anni '50 e '70 da Taichi Ohno negli stabilimenti della Toyota, e si realizza mediante l'utilizzo di tecniche denominate con *Just In Time* (JIT).

#### 1.6.1 IL MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING

Il 15 ottobre 1970, durante la 13<sup>a</sup> conferenza internazionale APICS (*American Production and Inventory Control Society*), la più grande associazione americana che raccoglie studiosi ed esperti nel settore dell'*Operations Management*, venne presentata una relazione dal titolo "*Requirements Planning Systems: Cinderella's Bright Prospects for the Future*" dal quarantottenne studioso Joseph Orlicky, *Manufacturing Industry Education Manager* prima, *Industry Consultant* poi presso l'IBM Group.

In questa relazione venivano svelati per la prima volta le logiche di funzionamento di quello che si conosce oggi con il nome di Material Requirements Planning o MRP, sistema presentato poi nella sua formulazione più organica dallo stesso Orlicky nel libro “*Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*” pubblicato nel 1975.

Questo è un criterio di gestione dei materiali a fabbisogno, applicato a codici a domanda dipendente (solitamente identificati con il soprannome di figli o nipoti), mentre quelli a domanda indipendente (chiamati anche padri) vengono gestiti a scorta o a piano. In base alla domanda dei “padri”, l’MRP computa il fabbisogno di codici “figli” e quindi dei “nipoti” fino al più basso livello presente nella distinta base.

I dati di input si suddividono in:

- Distinte base di produzione: per ogni prodotto finito presente nell’archivio gestionale aziendale, è necessario che venga associata una distinta base di produzione contenente i codici dei componenti o sotto-assiemi che lo compongono, con i relativi coefficienti di impiego (indicati tra parentesi nell’immagine 17) e lead time di approvvigionamento (LT). Questa distinta base di produzione, diversa da quella di progettazione per livello di aggregazione dei dati e quindi non sempre utile ai fini della programmazione, risulta essere linput fondamentale alla procedura MRP;

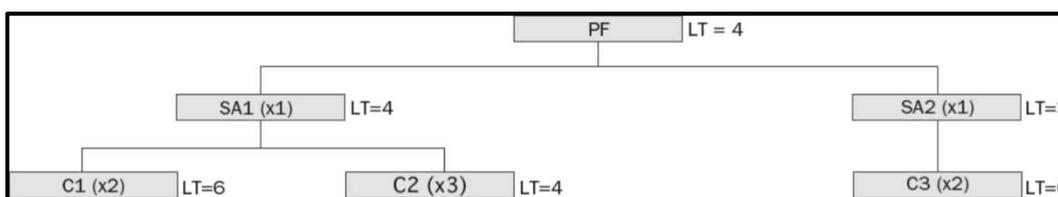


Figura 18: Esempio distinta base di produzione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

- Anagrafica articoli: è un database contenete tutte le associazioni tra codice articolo, descrizione, tipologia di articolo (produzione interna, acquisto esterno, conto terzi, ecc.), unità di misura, lead time di riordino e politica di riordino;
- Livelli di giacenza a magazzino: ovvero la reale presenza di scorte fisiche dei codici che sono disponibili all’utilizzo, in modo tale che l’MRP possa calcolare il fabbisogno netto da quello lordo;

- Ordini rilasciati o aperti: si tratta di ordini emessi di produzione o di acquisto e non ancora chiusi, ovvero versati a magazzino. Anche questi concorrono al calcolo del fabbisogno netto;
- Piani di produzione (MPS/FAS): corrispondono alle previsioni di vendita basate sulla domanda storica, promozioni commerciali e ordini cliente effettivi dei codici a domanda indipendente.

Con tutti questi dati di input l'MRP riesce a calcolare i fabbisogni necessari per ogni codice presente nel database, fornendo in output i seguenti dati:

- Ordini pianificati di produzione: ovvero delle proposte datate di riordino per la produzione interna che vengono computate in base ai fabbisogni netti calcolati ma che possono essere modificati da successive rielaborazioni dell'MRP fino a quando non vengono confermate;
- Ordini pianificati di acquisto: uguali a quelli di produzione interna, cambia ovviamente il destinatario (fornitori);
- Segnalazioni: rappresentano una serie di messaggi al pianificatore che evidenziano situazioni di criticità riscontrate dall'MRP durante la sua elaborazione.

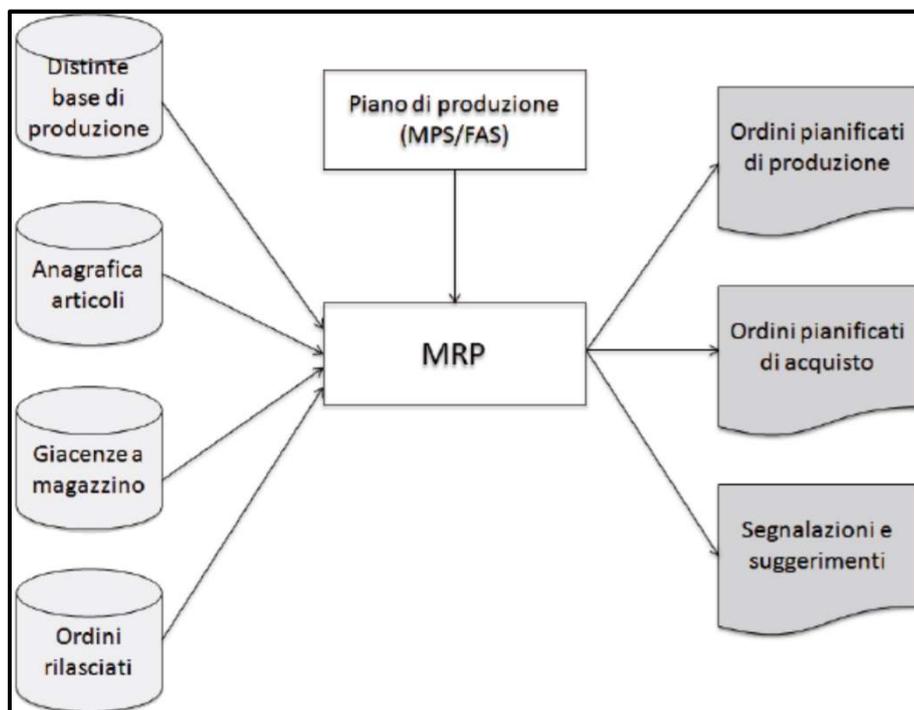


Figura 19: Schema di funzionamento del sistema MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

Per spiegare il principio di funzionamento di una elaborazione MRP è sufficiente ricorrere alla distinta base tempificata di un prodotto finito (come in figura 20), di cui si conosce il piano di produzione (MPS/FAS) con le date di consegna dei prodotti e le giacenze a magazzino dei singoli codici che lo compongono. A questo punto il sistema procede in primo luogo con il calcolo dei fabbisogni lordi dei codici padri dal piano di produzione e ricava quindi quelli dei codici figli, sottrae poi le giacenze fisiche presenti a magazzino ed eventuali ordini rilasciati e confermati, ricavando così il fabbisogno netto dei figli; infine, determina, in funzione delle politiche di riordino di ogni articolo, le quantità da produrre o d'acquistare, fissandole in un istante temporale ben preciso.

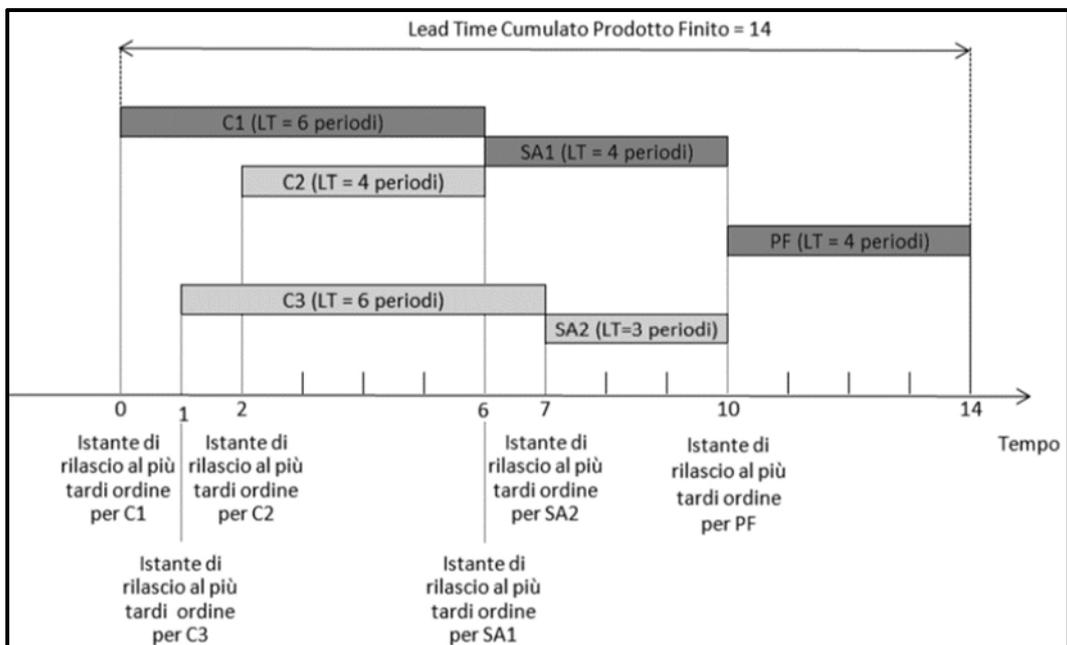


Figura 20: Esempio di emissione d'ordine al più tardi fornito da MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

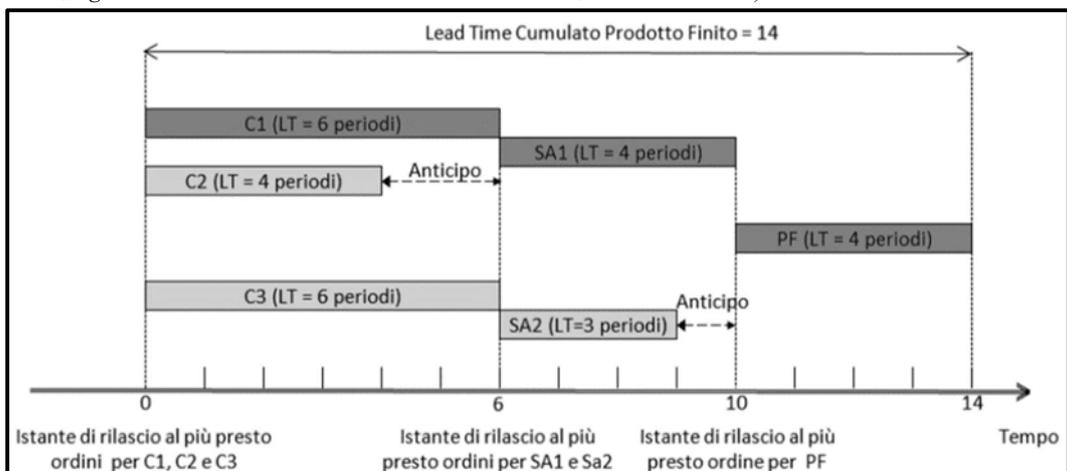


Figura 21: Esempio di emissione d'ordine al più presto fornito dal Cutting Approach. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

Nell'immagine 21 è rappresentato l'anticipo nell'emissione degli ordini dei codici. Questo schema temporale viene denominato *Cutting Approach* (CA), ovvero tutti i fabbisogni vengono calcolati e fissati con una logica "al più presto". La diretta conseguenza di questa scelta genera un aumento della giacenza media con i relativi costi di gestione. Normalmente questa tecnica non viene utilizzata dalle aziende tranne in casi particolari dove il basso valore di impiego dei codici giustifica il loro approvvigionamento in anticipo, riducendo le possibilità di un mancato rispetto dei tempi di consegna.

Anche per questi sistemi di gestione si è in presenza di possibili rotture di stock. Dagli studiosi Whybark e Williams (1976) sappiamo che le cause di incertezza si possono suddividere in due categorie: l'incertezza sulla domanda e l'incertezza sugli ordini, sia di acquisto che di produzione, a loro volta suddivisibili in incertezza sui tempi e/o sulle quantità. Le soluzioni possibili nella pratica aziendale risultano essere o l'assunzione di lead time di sicurezza (LTS), ovvero un anticipo del rilascio dell'ordine, oppure introdurre una scorta di sicurezza (SS). Entrambe le soluzioni portano ad un aumento della giacenza media.

Studi sperimentali hanno dimostrato che solitamente si ricorre all'utilizzo del LTS per fronteggiare l'incertezza a monte sulle forniture; viceversa, per l'incertezza a valle sulla domanda, è preferibile ricorrere alla scorta di sicurezza.

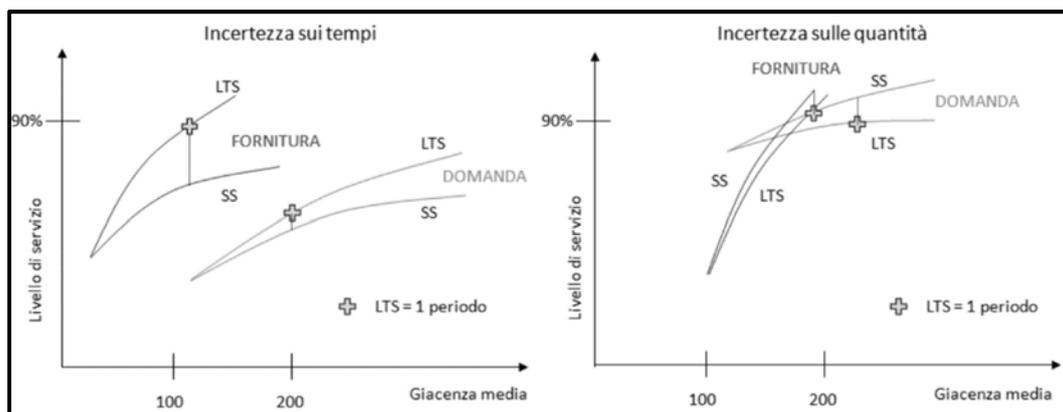


Figura 22: Influenza sul livello di servizio con l'utilizzo della SS e LTS. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, 1a edizione 2013).

È evidente che la struttura su cui poggia il funzionamento dell'MRP risulta essere assai articolata e composta da una mole di dati non indifferenti da elaborare per il calcolo dei fabbisogni netti. La potenza computazionale risulta essere direttamente proporzionale alla profondità e alla larghezza delle distinte base che compongono i database dei prodotti

finiti. Ecco perché l'impiego di questo sistema di gestione dei materiali ha visto un crescente impiego nelle aziende con lo sviluppo dei calcolatori elettronici.

Per completezza infine, è necessario sottolineare che l'elaborazione fornita dall'MRP non tiene conto della capacità produttiva dell'impianto e quindi, prima che l'emissione degli ordini di produzione sia confermata, il responsabile dovrà verificare la fattibilità della proposta attraverso la pianificazione del sistema produttivo (come da immagine sottostante), che in questo elaborato non verrà trattato per non divagare dall'oggetto principale di studio.

		ORIZZONTI TEMPORALI				
		Lungo termine	Medio termine	Breve termine		
L I V E L L I  D I  A T T I V I T À	PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE (Front End)	RISORSE  PIANIFICAZIONE GREZZA FABBISOGNI DI RISORSE (RRP)	RISORSE PRODUTTIVE  ROUGH CUT CAPACITY PLANNING (RCCP)	RISORSE PRODUTTIVE  X	Pianificazione grezza delle risorse	LIVELLI DI PIANIFICAZIONE DELLA CAPACITÀ
	PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE (Engine)	RISORSE  X	RISORSE PRODUTTIVE  PIANIFICAZIONE A CAPACITÀ INFINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITÀ PRODUTTIVA (CRP)	RISORSE PRODUTTIVE  PIANIFICAZIONE A CAPACITÀ FINITA DEI FABBISOGNI DI CAPACITÀ PRODUTTIVA (FCP)	Pianificazione dettagliata della capacità produttiva	
	ESECUZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE (Back End)	RISORSE  X	RISORSE PRODUTTIVE  SCHEDULAZIONE A CAPACITÀ FINITA (FCS)	RISORSE PRODUTTIVE	Assegnazione dettagliata delle sequenze o schedulazione	

Figura 23: Pianificazione delle capacità nei sistemi di gestione della produzione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

### 1.6.2 IL JUST IN TIME

Il JIT sintetizza i concetti e tecniche industriali che sono state introdotte nel mondo occidentale da luminari nella gestione della produzione dell'azienda Toyota Motor Corporation. Just in time si presenta come filosofia opposta a quella dei "lotti e code", ovvero una produzione atta al raggiungimento del pensiero "zero scorte" per arrivare a soddisfare le esigenze del mercato nel più breve tempo possibile, attraverso la ricerca del valore, l'annullamento degli sprechi eliminabili (detti anche "muda" in giapponese) durante le fasi produttive e la riduzione degli sprechi nascosti. Tutto questo, come disse Taiichi Ohno padre della filosofia produttiva "Toyota production system" (o TPS), per "misurare l'intervallo di tempo tra il momento in cui un ordine ci arriva e il momento in

cui raccogliamo i soldi per esso. E poi cerchiamo di ridurlo eliminando le attività a nessun valore aggiunto”.

Per quanto riguarda gli sprechi (*muda*), Taiichi Ohno individua sette categorie differenti che è necessario analizzare ed eliminare:

- La sovrapproduzione: materiale non richiesto dal mercato nell'immediato, che trova la sua ragion d'essere soltanto nell'obiettivo di ridurre i costi fissi come ad esempio quelli di set-up dei macchinari appartenenti alla linea di produzione;
- Le giacenze: materiale acquistato o prodotto per minimizzare determinate funzioni di costo e che non vengono tempestivamente impiegate per la realizzazione dei prodotti finiti a cui sono associate;
- Superfici: attrezzature di grandi dimensioni per la lavorazione congiunta di numerosi pezzi, sovrapproduzione e giacenze generano un fabbisogno diretto di metri quadri di terreno che aumentano esponenzialmente con una mal gestione delle categorie precedenti;
- Trasporto materiale: collegato alla movimentazione di materiali in eccesso in ingresso e uscita dai magazzini o tra reparti di produzione a fronte anche di distanze considerevoli tra la posizione di prelievo e quella di scarico;
- Tempi di attesa: ovvero la mancanza di lavoro per una postazione di un reparto o di un'isola di produzione per mancanza di materiale da lavorare, solitamente dovuta ad una produzione per lotti e code che non tiene conto della reale richiesta di materiale;
- Riparazioni/errori: si realizzano durante le fasi di fabbricazione del prodotto finito soprattutto per mancanza di istruzioni precise, formazione adeguata, degli strumenti consoni o per fretteosità dell'operatore;
- Percorsi operatore: riferito alle distanze che mediamente deve percorrere una persona per raccogliere materiali o attrezzature necessarie per compiere un determinato task.

Unitamente alla progettualità a lungo termine ed il miglioramento continuo (*Kaizen* nella terminologia del TPS), che deve essere portato avanti da tutti i componenti dell'azienda, il JIT viene realizzato attraverso metodologie differenti, ciascuna pensata per risolvere determinati problemi all'interno del sistema produttivo. Per gli scopi di

questo elaborato, si è scelto di riportare brevemente due tecniche, basate su quella che viene definita “produzione snella”, ovvero il *Kanban* e il *Just In Sequence*.

### 1.6.2.1 IL KANBAN

Il termine Kanban deriva dal giapponese ed è composto da “*Kan*”, che nella lingua madre significa visuale, e “*Ban*”, che si traduce con segnale. Nell’uso aziendale questo “segnale visivo” si realizza per mezzo di un cartellino, di varie dimensioni e/o natura (per esempio cartaceo, elettronico o persino con lo stesso contenitore a cui viene solitamente associato), che riporta delle informazioni precise al suo interno necessarie per una corretta movimentazione del codice a cui questo si riferisce.

Da:	Informazioni prodotto	A:
Nome fornitore - processo	Codice	Nome cliente - processo
Codice	Descrizione	Ubicazione
Ubicazione	Quantità di Riordino	Codice Kanban/Data di Emissione

Figura 24: Esempio Kanban. (fonte: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html>)

Come precedentemente espresso, esistono diversi modi per poter applicare questo sistema di gestione che si diversificano per le tipologie di Kanban scelti (a due cartellini, a un cartellino, senza cartellino o e-Kanban). Per chiarire il funzionamento generale si prende a riferimento un codice gestito con l’impiego di un solo cartellino visto che risulta essere quello attualmente più diffuso tra le aziende.

Il cartellino in questione dovrà contenere tutte le informazioni sulla gestione del pezzo, partendo dalla dichiarazione del codice articolo con la relativa descrizione, il nome del fornitore o il numero della macchina/reparto in cui viene prodotto, la quantità da produrre/ordinare, l’utilizzatore del codice e terminando con il magazzino nel quale deve essere ubicato.

Supponendo che venga richiesto dal mercato la produzione di un certo prodotto finito (PF), indipendentemente dai tempi di consegna che l’azienda impiega per soddisfare la domanda, verranno prelevate determinate quantità a magazzino per quei codici figli che compongono il PF. Considerandone uno solo di questi, gestito attraverso l’utilizzo del

Kanban, se la quantità presente all'interno del contenitore dal quale è avvenuto il prelievo risultasse nulla, il cartellino associato al contenitore verrebbe staccato e portato in un punto di raccolta appositamente realizzato, solitamente per mezzo di rastrelliere come in figura sottostante.

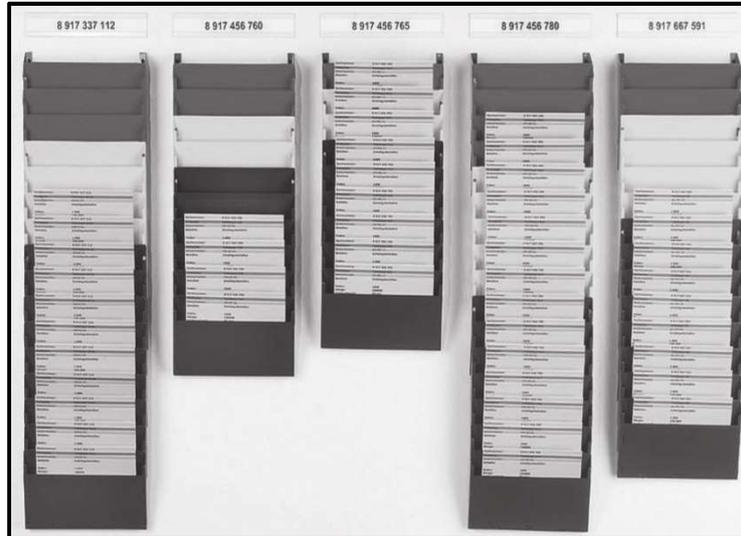


Figura 25: Punto di raccolta dei cartellini Kanban. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

A questo punto il responsabile di produzione, o semplicemente l'operatore addetto alla produzione di quel codice che è stato consumato a valle, raccoglierà sia il cartellino depositato che il contenitore dove poter deporre i pezzi e provvederà alla produzione del codice indicato sul Kanban nelle quantità prescritte, ubicandolo infine nella posizione dedicata. Questo processo si ripete per tutti quei codici che vengono gestiti con questa metodologia e ogni qual volta si verifica un consumo che azzerava la giacenza indicata nel cartellino.

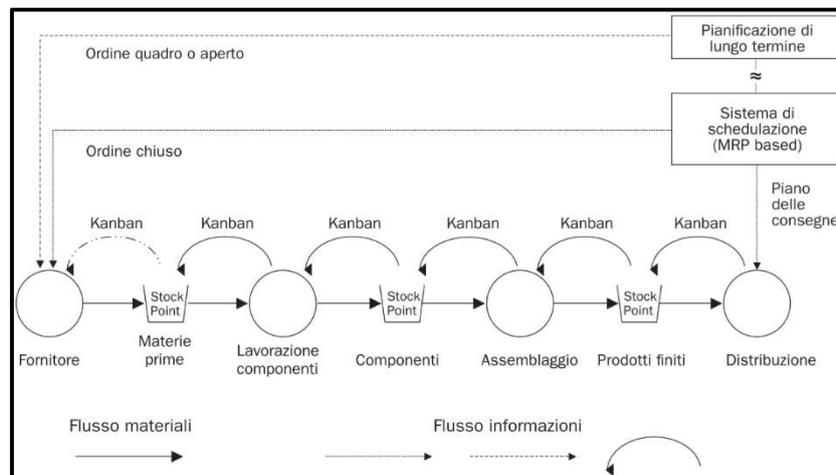


Figura 26: Gestione dei materiali con metodologia Kanban. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

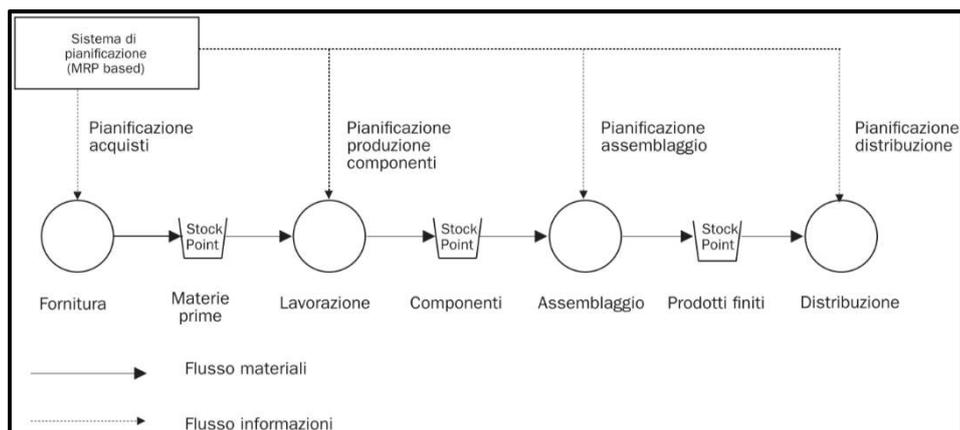


Figura 27: Sistema di gestione dei materiali con metodologia MRP. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, ultima edizione).

È interessante notare come la produzione venga tirata dalla richiesta diretta del mercato e non pianificata in tutti i livelli, realizzando una produzione a fabbisogno ma soprattutto minimizzando o, in alcuni casi, eliminando la sovrapproduzione.

Infine, rimane da determinare il numero ottimali di cartellini che si rendono necessari per il corretto funzionamento del sistema.

Nella sua formulazione originale il numero di Kanban deve essere tale da soddisfare la seguente disuguaglianza:

$$- N \geq \frac{d \cdot (LT) \cdot (1+f)}{Q}$$

Dove con "N" si assume il numero intero di cartellini per applicare la metodologia Kanban, "d" domanda media del periodo, "LT" il tempo di copertura che si deve garantire con l'utilizzo dei Kanban, "f" fattore di sicurezza espresso in termini percentuali che in Toyota viene assunto pari al 10% e "Q" è la quantità standard che viene scelta per riempire il contenitore. Beninteso che la quantità "Q" deve essere conforme alla norma ISO 11228, che regola la movimentazione manuale dei carichi, e non deve essere né troppo elevato né troppo basso per evitare di gestire, da una parte, un numero esiguo di cartellini e, dall'altro, un numero troppo elevato.

Per completezza di trattazione è necessario precisare che in letteratura sussistono diverse formulazioni per il calcolo del numero di Kanban che tengono in considerazione diverse variabili per diverse situazioni applicative come riportato in:

- Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho & S. Uchikawa, 1977, *Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-*

*human system*, the International Journal of Production Research, 15:6, 553-564, doi: 10.1080/00207547708943149;

- S. Kotani, 2007, *Optimal method for changing the number of kanbans in the e - Kanban system and its applications*, International Journal of Production Research, 45:24, 5789-5809, doi: 10.1080/00207540601096940.
- A. Smalley, 2004, *Creating Level Pull: A Lean Production-System Improvement Guide for Production-Control, Operations, and Engineering Professionals*, Lean Enterprise Institute, Inc.

Infine, per poter applicare il sistema di gestione dei materiali a fabbisogno attraverso il Kanban, è necessario effettuare le seguenti attività preliminari:

- Riduzione dei tempi di attrezzaggio, che consente di limitare i lotti minimi di lavorazione per ottimizzare i costi fissi. È possibile impiegare diverse metodologie per la revisione dei tempi di set-up, la più comune è quella proposta e sviluppata in Toyota da Sigeo Shingo e conosciuta con il termine SMED ovvero *Single Minute Exchange of Die*;
- La standardizzazione dei cicli di produzione e delle attività sul posto di lavoro, che comporta un ambiente operativo stabile, caratterizzato dal miglior processo disponibile ma che viene sottoposto a Kaizen;
- Ri-layout dei macchinari, per una produzione non più a reparti ma a celle o linee ad "U", dove siano collocate le strumentazioni necessarie per la produzione di prodotti finiti facenti parte della stessa famiglia;
- Manutenzione preventiva dei macchinari, affinché i coefficienti indicanti il livello di servizio, l'efficienza e l'affidabilità dei macchinari siano molto elevati;
- Riprogettazione dell'organizzazione del lavoro, flessibilità della manodopera e controllo autonomo dei difetti, fondamentali per instaurare un sistema di produzione dove tutto dovrebbe scorrere senza intoppi. Laddove si verificassero dei problemi sono gli stessi operatori a porvi rimedio e non uno specialista esterno che spesso non risulta possedere le competenze necessarie. Dal punto di vista motivazionale e di coinvolgimento nell'azienda, le ideologie giapponesi hanno costituito un cambio netto nel panorama occidentale rispetto ai dogmi fordisti della produzione di massa;

- In conclusione, è necessario un livellamento della produzione, per quanto riguarda sia la quantità che il mix produttivo, in modo tale da evitare colli di bottiglia, sovraccarichi e sotto carichi delle risorse produttive.

### 1.6.2.1 IL JUST IN SEQUENCE

Il Just In Sequence (JIS) rappresenta principalmente una valida alternativa al Kanban di acquisto, con il funzionamento sopra esposto. Ciò non toglie che si possa impiegare efficacemente anche all'interno della stessa azienda, considerando i reparti di produzione come fornitori.

Si tratta ancora di un sistema di tipo pull, che prevede uno scambio di informazioni tra fornitore e azienda produttrice molto intenso. Questo perché il JIS prevede che vengano consegnati i codici non sulla base di un cartellino ma a partire da un piano di produzione dell'azienda, che si formula su tre orizzonti temporali (lungo, medio e breve termine), rispettando l'esatta sequenza del mix produttivo.

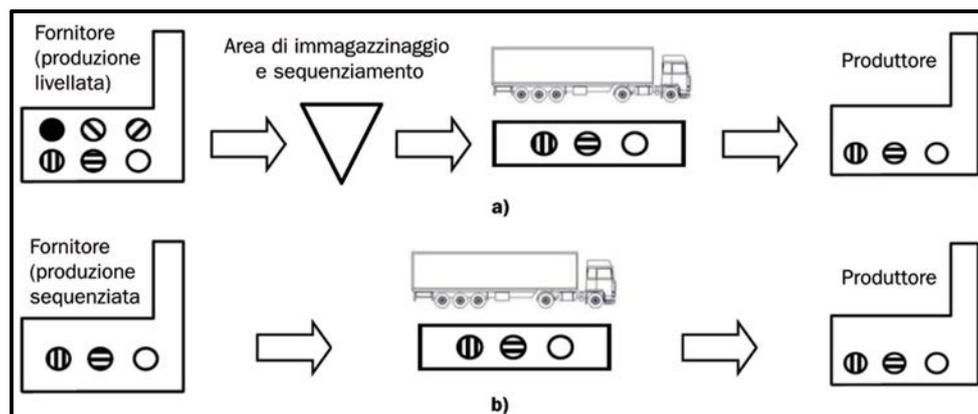


Figura 28: Rappresentazione del sistema di gestione JIS. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

In altri termini si avrà una sincronizzazione più o meno intensa, grazie alla presenza di buffer intermedi come si può vedere dall'immagine sopra riportata, delle diverse linee di produzione tra le diverse aziende che cooperano alla realizzazione del prodotto finito.

È evidente che per arrivare ad un sistema di produzione di questo tipo è necessario avere una cooperazione adeguata con i fornitori che a loro volta devono garantire la massima affidabilità nella consegna e nella qualità dei propri prodotti.

Infine, si sottolinea che questo sistema di gestione solitamente viene impiegato per materiali fortemente ingombranti e ad elevato valore di impiego.

Un esempio nell'applicazione del JIS si può ritrovare nella quotidianità. Molto spesso infatti capita di incontrare lungo le strade provinciali e/o statali trasporti eccezionali di

merci su camion. Queste sono un tipico esempio di sistema di gestione attraverso il Just In Sequence: devono arrivare ad un orario e giorno prestabilito, fissati con adeguato anticipo durante la stesura del production plan, presso il cantiere/isola di montaggio affinché quest'ultimo possa proseguire i lavori, senza dover stoccare per lungo tempo quel materiale ingombrante in un'area riservata. Le motivazioni che spingono le società costruttrici, che collaborano alla realizzazione dell'opera, si addebitano a problemi di gestione dello spazio causati da macchinari o materiali ingombranti, che in prevalenza non servono per tutta la durata dei lavori, a problemi legati a furti od atti vandalici, che comportano solitamente il pagamento di guardie private con conseguente aumento dei costi generali, od eventualmente a problemi di deperimento/degrado degli articoli se non preservati nei modi opportuni.

## 1.7 CONCLUSIONI GENERALI

Nel corso dei paragrafi precedenti si è discusso riguardo alle tecniche classiche prevalentemente utilizzate nelle aziende per la gestione delle scorte e della movimentazione dei materiali, come nel caso dei sistemi JIT, che non si limitano alla sola descrizione di un sistema di stoccaggio ma esprimono anche una schedulazione ed esecuzione della produzione. Lo stesso vale per i sistemi a piano e per l'MRP che calcola ogni singolo fabbisogno tempificato dei codici presenti nella distinta base.

Questo insieme di tecniche, ad esclusione di quelle JIT, negli anni si è dimostrato via via più obsoleto e non più di tanto ottimizzabile poiché, se da una parte, grazie all'aumento della potenza di calcolo dei computer, si sono potute effettuare previsioni di vendita elaborate e complete, dell'altra non si è colmata la mancanza di informazioni legate all'esigenza reale del cliente soprattutto nel caso in cui il credo aziendale si basasse sulla potenza del marchio stesso (esempio noto è il fallimento della BlackBerry-RIM ®, per approfondimenti <https://www.wired.it/economia/business/2017/02/27/blackberry-storia-di-un-fallimento/> oppure "Milano e Finanza" 31/05/2012). Le tecniche JIT non possono ritenersi al medesimo livello poiché si è visto un netto cambio di mentalità che ha portato ad un approccio collaborativo con le aziende fornitrici/clienti per la riduzione generale dei costi affrontati.

Per un quadro completo però è necessario fare menzione di un'altra famiglia di tecniche all'avanguardia che si sono studiate per il *supply chain management* nell'ambito dell'*Efficient Consumer Response* (ECR), ovvero un programma, sviluppato in Italia e in Europa a seguito di un analogo esperimento condotto negli Stati Uniti, che ha lo scopo di superare le vecchie concezioni su cui si fonda il mondo della produzione e quello della distribuzione. Negli anni l'esperienza ha evidenziato, soprattutto alle grandi aziende e alla grande distribuzione organizzata (GDO), che non era più importante la produzione di oggetti che possedessero soluzioni tecniche sempre più innovative, bensì era, ed è, fondamentale rispondere alla domanda del mercato in modo tale da soddisfare le esigenze concrete del consumatore finale. Quindi non produrre per vendere, ma al contrario, vendere per produrre.

L'ECR nasce (negli anni '90 negli Stati Uniti e nel '96 in Europa) con lo scopo di studiare le tematiche legate alla formazione del valore finale per il consumatore nel settore dei beni di largo consumo. I risultati che si prefissero in USA erano legati ad una riduzione

dei costi generali per l'intero settore grocery, corrispondente al 10% del volume annuo delle vendite pari a 30 miliardi di dollari, con una riduzione dello stock da 104 giorni a 61 giorni. In Europa, sull'esempio degli USA prima e del Coca-Cola Retailing Research Group Europe poi, seguendo le medesime direttive, si prevedeva una riduzione dei costi logistici di circa il 5.7%.

L'ECR Italia, dopo aver stabilito gli interventi teorici opportuni da attuare per l'eliminazione delle inefficienze del canale distributivo-logistico, istituì una serie di progetti pilota con finalità di riprogettazione della catena logistica e riorganizzazione del processo di ordine. L'obiettivo principale era quello di minimizzare i costi di interfaccia tra produttori e distributori per ottenere una forte diminuzione del costo del prodotto finito.

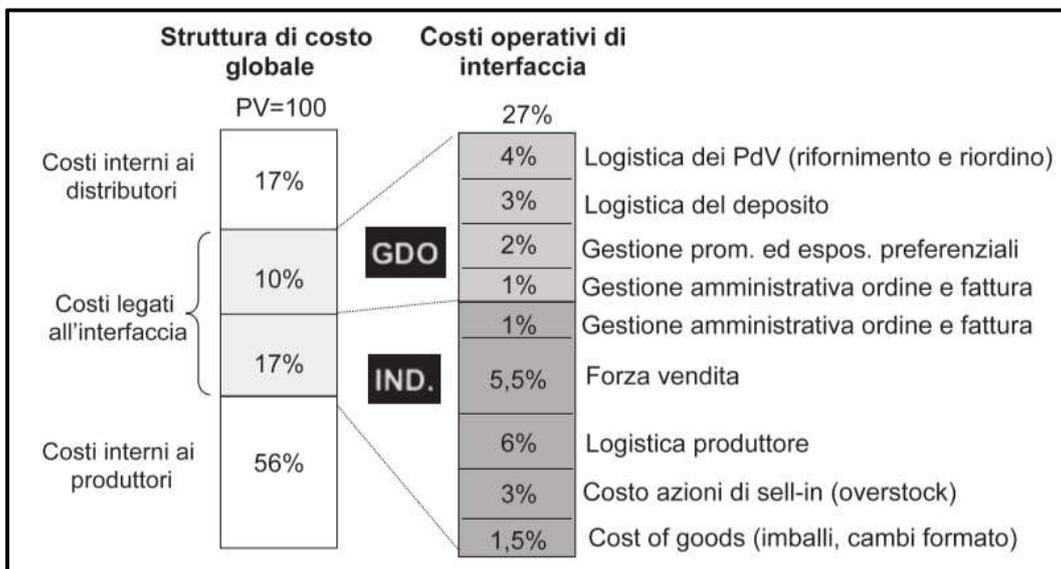


Figura 29: Suddivisione del peso dei costi per i produttori e distributori. (fonte: ECR Italia 1996).

Questa visione generale di riduzione dei costi, attraverso approcci collaborativi tra le industrie produttrici, fornitrici e distributrici, ha condotto le aziende verso lo sviluppo di tecniche che vengono raggruppate con il nome di *Vendor Managed Inventory* (VMI) poiché la responsabilità della fornitura passa dal produttore/grossista al fornitore stesso.

Tale famiglia è composta da criteri quali il *Continuous Replenishment* (CR), formula che prevede la ricostruzione delle scorte in un centro di raccolta da parte del produttore attraverso carichi completi la cui composizione varia in funzione delle uscite che si sono verificate nel magazzino e al livello di giacenza prefissato per ciascun articolo, e le sue varianti, ovvero *Consignment Stock* (CS) e *Reverse Consignment Stock* (RCS). La diversità nel CS prevede che il materiale ubicato presso il cliente sia di proprietà del

fornitore e soltanto inseguito ad un prelievo venga emessa la fattura e quindi il pagamento; per quanto riguarda il RCS l'articolo è ubicato presso il fornitore ma è di proprietà del cliente e la fatturazione avviene nel momento in cui il codice viene impegnato.

Tecniche VMI (Vendor Managed Inventory)			
	Continuous Replenishment (CR)	Consignement Stock (CS)	Reverse Consignment Stock (RCS)
Approccio	Collaborativo		
Responsabilità della gestione	Fornitore		
Ubicazione del materiale	c/o Cliente		c/o Fornitore
Proprietà del materiale a magazzino	Cliente	Fornitore	Cliente
Consegne	Su decisione del Fornitore		Su richiesta del Cliente
Fatturazione	Alla consegna	Dopo il prelievo	All'impegno

Tabella 4: Tecniche VMI. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, ultima edizione).

In conclusione, benché molto interessanti e avveniristiche, come si potrà vedere nei prossimi capitoli, queste tecniche sono state prese in debita considerazione, ma sono mancate le condizioni al contorno per poterle proporre come cambiamento radicale nell'azienda in cui si è svolto il progetto che ha dato seguito alla stesura di questa tesi. Non verranno quindi approfondite nel corso dell'elaborato ma si consiglia ai lettori di prenderle in forte considerazione e cercare ulteriori dettagli nella letteratura tecnica.

## CAPITOLO 2.

### CRITERI DI SELEZIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE

#### 2.1 INTRODUZIONE GENERALE

Nel capitolo precedente si è cercato di fornire un quadro organico delle diverse tecniche di gestione dei materiali. La domanda che sorge spontanea è quale sia il sistema da adottare per un management ottimale delle scorte che consenta contestualmente alla linea di produzione di non bloccarsi per la mancanza di materiale per la lavorazione.

La risposta risulta essere articolata, non tanto per la moltitudine di sistemi disponibili precedentemente illustrati e che, per precisione di trattazione, forniscono soltanto un quadro essenziale delle principali metodologie, bensì per le caratteristiche associate ai sistemi di produzione aziendali e ai codici da questi lavorati e poi venduti.

Le prime considerazioni si svolgono in riferimento al rapporto che sussiste tra il lead time cumulato del prodotto finito e i tempi di consegna al cliente. Solitamente questo fattore in letteratura viene considerato come una delle variabili che condizionano il sistema di gestione delle scorte e la loro movimentazione durante le fasi produttive. È accettabile questo punto di vista considerando che tale relazione condiziona il posizionamento del magazzino di snodo, che verrà gestito o a scorta o a piano o a fabbisogno, che separa la produzione su previsione delle vendite e quella sulla reale domanda del mercato, individuando le categorie già discusse nel primo capitolo e riportate brevemente nell'immagine sotto riportata.



Figura 30: Classificazione delle aziende per modo di rispondere alla domanda. (fonte: "corso di imprenditorialità e business plan 1: la progettazione delle operations." Prof. Guido Nassimbeni, università degli studi di Udine, 13 giugno 2005).

Quindi, una volta determinati gli articoli che si dovranno gestire con tecniche previsionali o tramite ordine diretto del cliente, sarà necessario analizzare principalmente cinque diversi fattori che determineranno la scelta del sistema di gestione delle scorte.

Partendo dalla domanda del codice, si deve valutare se essa sia dipendente o indipendente. Solitamente i codici a domanda dipendente vengono gestiti con tecniche a fabbisogno (MRP o JIT). Viceversa, per quelli a domanda indipendente solitamente la scelta ricade sui sistemi di gestione a piano o a scorta. Un'ulteriore differenziazione, in seguito a quanto precedentemente affermato, si effettua per quegli articoli che presentano distinta base, definiti codici "padri" e che si gestiscono solitamente attraverso i piani MPS e FAS, da quelli che vengono considerati stand alone e per cui si sceglie la tecnica TPOP. Poi si valuta la continuità del consumo che per, bassa variabilità, sarà preferibile adottare tecniche a scorta/fabbisogno su previsione intrinseca della domanda (ad esempio ROP sulla scorta fisica) mentre, per medio-alta variabilità, si consiglia in letteratura l'assunzione di tecniche a scorta/MRP con previsioni estrinseche del fabbisogno (ad esempio ROP su copertura libera). Infine, si deve considerare anche la politica con cui si effettua il riordino, che nel caso di lotti variabili, vede l'applicazione della tecnica TPOP.

Per quanto riguarda la distinta base, gli aspetti fondamentali che concorrono alla determinazione del sistema di gestione sono la sua larghezza e la sua profondità.

Con larghezza della distinta base si fa riferimento al numero medio di codici che compongono i diversi livelli della stessa. Quando il codice padre è ottenuto per mezzo dell'assemblaggio di numerosi figli è preferibile che questi siano gestiti per mezzo di tecniche a fabbisogno. Ciò perché, se si applicasse una gestione a scorta dei figli, dopo aver definito il livello di servizio per ciascuno di questi, la probabilità di disporre contemporaneamente di tutti i codici necessari per l'assemblaggio risulta essere pari al prodotto dei singoli livelli di servizio di ciascun figlio. Supponendo di avere 5 articoli ciascuno con il 95% del livello di servizio, la probabilità risulterebbe essere pari al 77%, molto bassa se confrontata con il livello di servizio desiderato per ciascun codice dipendente.

Per profondità della distinta base si intende il numero di livelli che la compone. Anche in questo caso un sistema di gestione a scorte per quantità fisse dei codici appartenenti ai livelli più alti potrebbe generare una richiesta sugli articoli dei livelli inferiori detta a picchi concentrata in particolari periodi, aumentando così le discontinuità della domanda.

Questo fenomeno, soprannominato *lumpy demand*, viene accentuato dalla presenza della comunanza dei componenti, ricercata dalle aziende per offrire al mercato una varietà di prodotti finiti a fronte dell'utilizzo degli stessi componenti.

Le ultime due variabili fondamentali per la scelta dei sistemi di gestione riguardano il valore di impiego dei codici analizzati e la tipologia di consumo associato dal punto di vista della frequenza e della variabilità. Queste ultime due caratteristiche della domanda sono forse le più importanti durante l'analisi per la gestione dei materiali.

Il valore di impiego viene definito come prodotto della quantità consumata, effettiva o prevista, di un codice per il suo valore unitario. Tramite l'applicazione della legge di Pareto (o analisi ABC), questo fattore consente di suddividere i materiali analizzati in 3 diverse classi "A", "B" e "C" corrispondenti alla separazione degli articoli in alto, medio e basso valore d'impiego. Questa distinzione consente di giungere ad una gestione che punta a ridurre le giacenze medie di quei materiali appartenenti alle classi "A" e "B", se possibile, solitamente con una tecnica a fabbisogno, riducendo così l'ammontare del capitale immobilizzato. Viceversa, per quei codici appartenenti alla classe "C", i costi di gestione che si sosterebbero con tecniche complesse non sarebbero giustificati dal basso valore unitario e quindi si adottano criteri meno elaborati come quelli a scorta.

Per quanto riguarda la tipologia del consumo, ovvero variabilità e continuità, ad essa è legata la bontà della previsione della domanda futura e anche la complessità delle ipotesi da considerare per ottenerla. Non è facile assegnare a quest'ultima variabile una preferenza specifica di gestione. In letteratura si consiglia una gestione a scorta, se la frequenza del consumo risulta essere elevata, mentre si predilige una tecnica a fabbisogno quando la domanda risulta essere fortemente discontinua.

Nei prossimi paragrafi si analizzeranno le diverse metodologie che vengono impiegate nell'analisi dei codici per la determinazione dei sistemi di gestione.

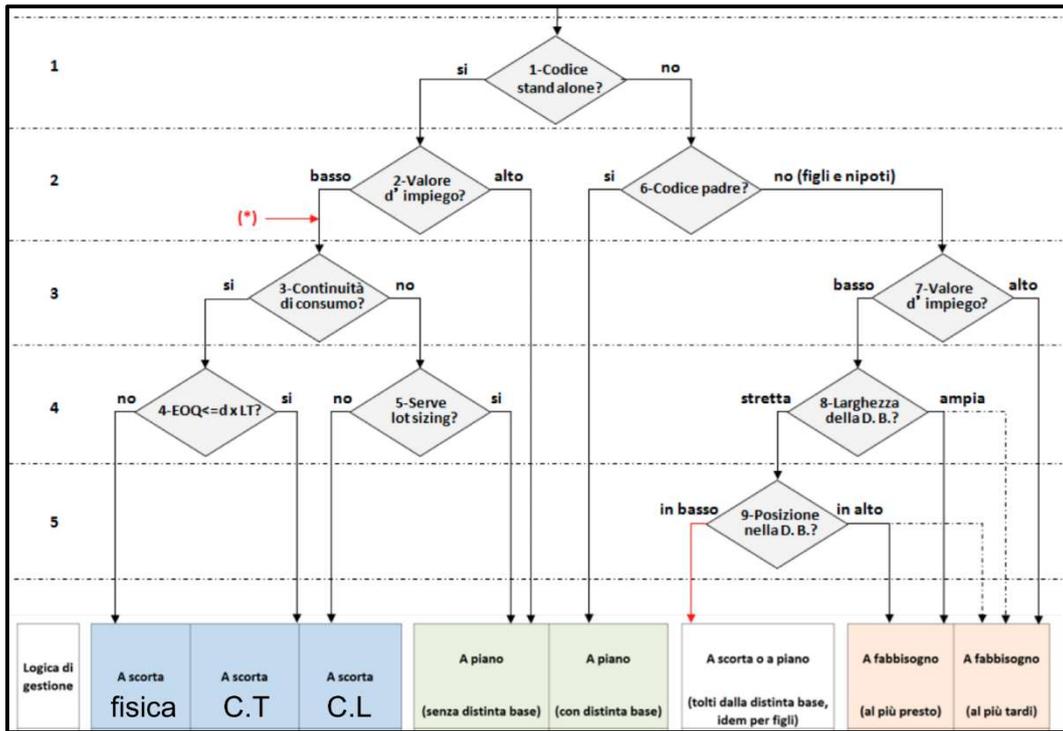


Figura 31: Schema esemplificativo per la scelta della tecnica di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

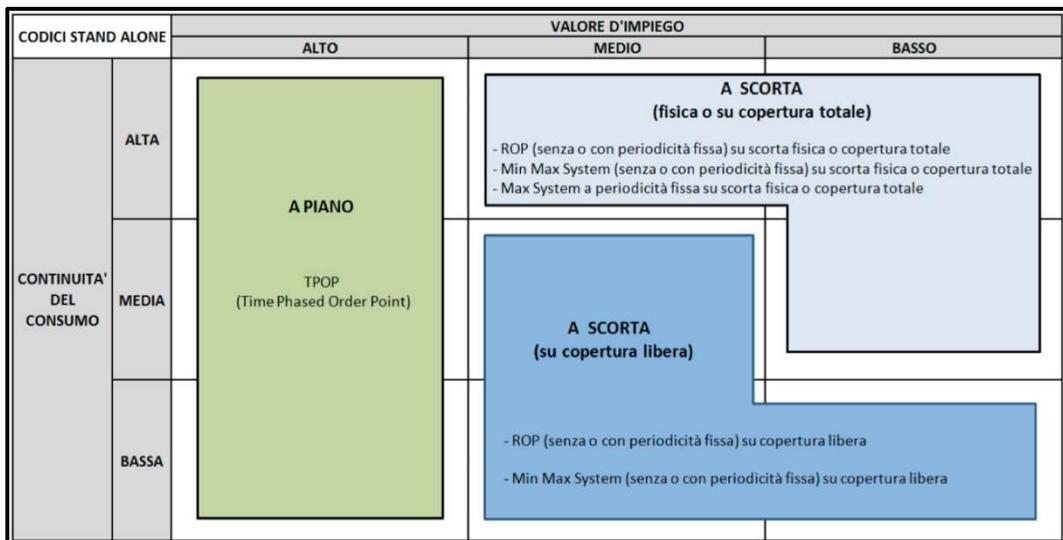


Figura 32: tecniche di gestione dei materiali stand alone. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, 1a edizione 2013).

## 2.2 ANALISI ABC DEI MATERIALI

Si è detto nel paragrafo precedente che una delle variabili fondamentali per la scelta della tecnica di gestione dei materiali all'interno del plant produttivo sia il valore di impiego, definito come il prodotto tra il volume annuo richiesto dal mercato di un determinato codice per il suo costo unitario.

L'analisi di questi codici si basa sulla legge di Vilfredo Pareto del 1897 la quale afferma che "il 20% di un qualsiasi insieme occupa sempre l'80% dello spazio o del tempo a sua disposizione". Partendo da questa considerazione generica, è possibile studiare un insieme di dati che consenta di formulare una serie di giudizi per la scelta della classe di gestione dei materiali.

Nell'ambito dell'organizzazione aziendale l'applicazione della legge di Pareto viene comunemente denominata "analisi ABC", trovando impiego non solo per la classificazione secondo criteri economici delle scorte, dei fornitori e dei clienti ma anche per analizzare eventuali inefficienze nel sistema produttivo, come ad esempio i fermi linea non programmati, causati da rotture o da elevati tempi di set-up, e il mancato raggiungimento degli standard di qualità.

Sotto il profilo economico è interessante ricavare dalle analisi ABC quali siano per un'azienda i prodotti più redditizi, i codici che costituiscono un onere di gestione maggiore, i clienti che contribuiscono maggiormente al fatturato aziendale e i fornitori che garantiscono standard di qualità e affidabilità superiori. Tutti questi aspetti sono fondamentali per lo stoccaggio e la movimentazione dei materiali come si vedrà qui di seguito.

Per la determinazione della classe di gestione degli articoli presenti nei magazzini, è possibile impiegare diverse variabili durante l'analisi ABC, che consentirà prima la suddivisione dei codici in tre classi differenti e poi la valutazione dell'impatto economico di quelli ritenuti più critici e sui cui è possibile ottenere risultati nettamente più performanti con una gestione accurata. Può riguardare tutti i materiali presenti oppure una parte di questi, come quelli di fornitura esterna, di produzione interna o semilavorati.

Infine, l'analisi può essere semplice o incrociata, per considerare più variabili contemporaneamente.

### 2.2.1 ANALISI ABC SEMPLICE

Tra le variabili di analisi per la determinazione delle tecniche di gestione dei materiali, esposte nel primo capitolo di questo elaborato, quella più utilizzata nella pratica aziendale risulta essere il “valore di impiego” per la suddivisione degli articoli nelle classi A, B e C.

Questa variabile si determina dalla seguente relazione:

$$- D \cdot v = \text{Valore di Impiego [€/periodo]}$$

dove con “D” si intende la domanda del codice nel periodo, espressa in pezzi su periodo, e “v” il valore unitario associato, espresso in euro su pezzo, ed è solitamente pari al costo di acquisto per i materiali di fornitura o al costo di produzione per i materiali fabbricati internamente.

Una volta calcolato il valore di impiego per tutti gli articoli che si intende analizzare, si ordinano i dati ottenuti in modo decrescente e si determina prima il valore in percentuale per singolo codice e poi quello cumulato come nell’esempio di seguito riportato.

Codice articolo	Valore di Impiego annuo	Valore di Impiego in %	Valore di Impiego in % cumulato
11	6000	28.5320272	28.5320272
25	5500	26.1543583	54.6863855
33	5000	23.7766893	78.4630748
56	2000	9.51067573	87.9737505
67	1000	4.75533787	92.7290884
23	750	3.5665034	96.2955918
45	600	2.85320272	99.1487945
77	50	0.23776689	99.3865614
99	45	0.2139902	99.6005516
88	30	0.14266014	99.7432118
34	25	0.11888345	99.8620952
12	15	0.07133007	99.9334253
16	5	0.02377669	99.957202
26	5	0.02377669	99.9809786
55	2	0.00951068	99.9904893
47	2	0.00951068	100
Totale	21029	100	

Tabella 5: Esempio analisi ABC.

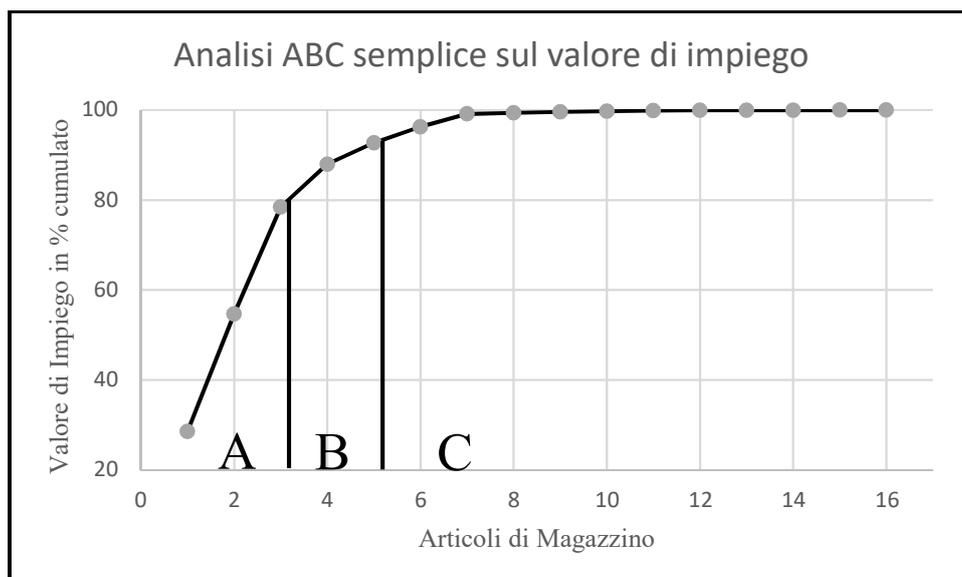


Figura 33: Curva dell'analisi ABC semplice.

In prima analisi si può notare come pochi codici contribuiscano in maniera significativa al valore di impiego. Infatti, circa il 20% dei codici costituisce l'80% del valore di impiego cumulato, definendo così la classe "A"; il 30%, che realizza il 15%, costituirà la classe "B"; infine il 50% rimanente, che avrà un impatto del 5% sul valore di impiego cumulato, costituirà la classe "C".

Questa suddivisione rispetta fedelmente le previsioni dettate dalla legge di Pareto. È possibile nella realtà trovare altri valori per la suddivisione in classi rispetto a quelli sopra esposti. Alternativamente si possono distinguere le categorie A, B e C considerando il 60%-30%-10% oppure il 70%-20%-10% del valore di impiego cumulato.

In qualsiasi caso però quello che risulta essere importante sottolineare è che la classe a cui prestare particolare attenzione è la classe "A", poiché è responsabile della maggior parte del valore di impiego, e quindi del fabbisogno finanziario generato dal magazzino, e consente di ottenere risultati importanti analizzando soltanto il 20% dei codici totali.

Un altro tipo di analisi ABC semplice, che vede la medesima procedura precedentemente illustrata, comporta l'utilizzo della giacenza media a magazzino come variabile. Solitamente questo studio viene effettuato sui prodotti finiti dell'azienda, ma può essere applicata con importanti risultati anche a semilavorati e materie prime. Il motivo non è da imputarsi soltanto alla relazione che intercorre tra il tempo di produzione e quello di consegna al cliente, ma anche alla necessità di dover gestire alcuni codici escludendoli dalla distinta base del prodotto, per problemi principalmente imputabili agli elevati tempi di riordino del materiale stesso.

## 2.2.2 ANALISI ABC INCROCIATA

Per decidere come gestire al meglio i materiali appartenenti alla classe “A”, che siano essi prodotti finiti, semilavorati o materie prime, è necessario unire le variabili di studio che sintetizzano da una parte i costi di gestione e dall’altra il valore di impiego. Questa procedura viene definita in letteratura analisi ABC incrociata o anche *Cross Analysis*.

Come suggerisce il nome, il risultato sarà dato dall’unione di due analisi ABC semplici, una effettuata con la variabile del valore di impiego annuale e la seconda con il livello della giacenza media valorizzata con una funzione di costo (produzione o di acquisto) calcolata nel medesimo periodo.

Incrociando le due analisi si otterranno nove classi di suddivisione per gli articoli considerati: AA-AB-AC-BA-BB-BC-CA-CB-CC.

		VALORE DI IMPIEGO		
		A	B	C
SCORTE	A	AA	AB	AC
	B	BA	BB	BC
	C	CA	CB	CC

Tabella 6: Esempio suddivisione classi Cross Analysis.

La prima riga della tabella raccoglie tutti quei codici che più incidono sui costi di giacenza e che quindi devono essere accuratamente analizzati da chi si occupa della gestione delle scorte. La prima colonna invece raggruppa tutti quegli articoli con valore di impiego elevato e che saranno oggetto di studio per quelli che effettuano le previsioni di vendita, ovvero l’ufficio commerciale.

È interessante osservare, sotto l’aspetto della gestione dei materiali, alcune classi in particolare.

La classe AC si rende colpevole di elevati costi immobilizzati nelle giacenze a fronte di bassissimi valori di impiego; se si trattasse di un prodotto finito ad esempio, si potrebbe pensare di ridurre drasticamente la produzione di questi codici per cercare di gestirli a scorta ma con un basso livello di servizio in modo tale da portarli nella classe CC a basso

valore di impiego e giacenze. Allo stesso modo anche i prodotti della classe BC. Accade anche che i materiali appartenenti alla classe AC fungano da completamento della gamma offerta al mercato e quindi venduti insieme ai prodotti della classe AA, e una loro malagestione potrebbe portare a significative perdite del fatturato.

La classe AA costituisce il nodo critico per l'azienda poiché sono i prodotti più consumati che, a prescindere dalla loro natura (materie prime, semilavorati o prodotti finiti), se non disponibili, potrebbero causare perdite sul fatturato non indifferenti per mancata consegna dell'ordine nei tempi prestabiliti, perdita del cliente e di immagine per l'azienda. Rappresentano perciò una zona di coerenza, poiché un elevato livello di servizio viene supportato da elevate giacenze medie durante il periodo. Ma considerando gli utili, ovvero lo scarto tra fatturato e i costi, questi codici, se gestiti con molta attenzione, potrebbero portare ad una significativa riduzione degli oneri immobilizzati a fronte del medesimo livello di servizio, con evidenti benefici per i bilanci aziendali. Per questo motivo solitamente si ha lo scopo di portare i codici delle classi AA, BA e anche quelli della classe B di valore nella fascia C delle giacenze medie.

La classe CA, basse giacenze ma elevato valore di impiego, rappresenta la gestione ottimale che si deve perseguire per i codici che influiscono maggiormente nel fatturato aziendale.

Infine, il quadrante CC contiene articoli poco richiesti dal mercato o che mediamente hanno numerose stock out. In quest'ultimo caso tali situazioni devono essere individuate e corrette.

È chiaro che la matrice non rimane fissa nel tempo, sarà quindi compito di chi è responsabile dell'organizzazione e gestione dei materiali all'interno dei reparti di produzione di effettuare elaborazioni periodiche per adeguare le richieste provenienti dal mercato con le tecniche di gestione più appropriate, al fine di minimizzare i costi e garantire il rispetto dei tempi nella consegna della domanda.

Altre variabili che caratterizzano la gestione delle scorte per le aziende, e che possono essere analizzate attraverso l'uso dell'analisi ABC incrociata, riguardano i rendimenti superficiali e volumetrici dei magazzini, migliorare le capacità di *handling* dei materiali senza dover movimentare carichi inutilmente e infine ottimizzare il consumo di manodopera ed energia. È evidente che è possibile condurre queste analisi soltanto se si

hanno a disposizione sufficienti dati da elaborare. È per questo motivo che in letteratura esempi di queste osservazioni sono rari da reperire.

La cross analysis rappresenta lo strumento fondamentale nell'analisi e ottimizzazione dei sistemi di gestione dei materiali ma non è sufficiente in quanto, come riportato nell'introduzione generale di questo capitolo, è assolutamente necessario analizzare il comportamento della domanda del mercato per ogni singolo codice da gestire.

## 2.3 ANALISI VARIABILITÀ VS. FREQUENZA DEL CONSUMO

Dopo aver effettuato l'analisi ABC incrociata utilizzando come variabili il valore di impiego e la giacenza media a magazzino valorizzata, alcune aziende operano una prima selezione delle politiche di gestione e/o approvvigionamento sulla base di questa prima suddivisione. Dalle informazioni che si sono riportate nei paragrafi precedenti, si potrebbero gestire i codici appartenenti alle classi AA, AB, e BA con tecniche a fabbisogno del tipo JIT, poiché queste consentono di diminuire la giacenza media presente in magazzino.

Analizzando però la classe A del valore di impiego, gli articoli in questa contenuti possono essere caratterizzati da un elevato consumo ma un basso valore unitario o viceversa, come si può vedere dall'immagine qui di seguito riportata. Nell'ultimo caso la letteratura sconsiglia l'impiego di tecniche *lean* come quella JIT.

Per questi motivi si dovrà necessariamente compiere un'analisi sulla variabilità e frequenza dei consumi per scegliere definitivamente le tecniche appropriate.

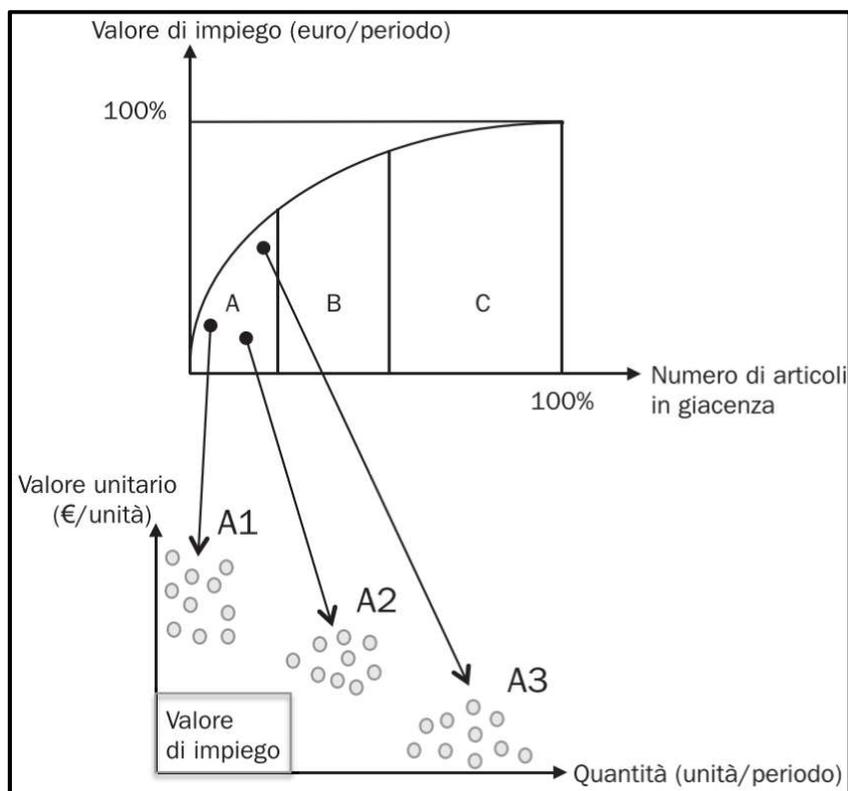


Figura 34: Codici appartenenti alla classe A del valore di impiego. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

### 2.3.1 ANALISI XYZ DELLA VARIABILITÀ DEL CONSUMO

Per l'analisi della variabilità del consumo si ricorre all'utilizzo della statistica. La variabilità di consumo di un codice viene calcolata rispetto al valore medio storico ed è nota come lo scarto quadratico medio o deviazione standard definita da:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}}$$

con  $\mu$  pari alla domanda media nel periodo considerato.

Il confronto tra i diversi articoli difficilmente può essere fatto considerando soltanto la deviazione standard, soprattutto se l'unità di misura o i range di variazione risultano essere diversi. Per questo motivo è necessario definire un ulteriore parametro adimensionale che tenga in considerazione la media della distribuzione della domanda. Questo parametro viene definito come coefficiente di variazione (CV) o deviazione standard relativa ed è pari a:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

e non risulta essere altro che un indice di dispersione che permette di confrontare misure di fenomeni riferiti a unità di misura differenti.

A dimostrazione di ciò, presi in riferimento i consumi dei codici 1 e 2 con le relative deviazioni standard, si potrebbe pensare che il primo abbia una variabilità superiore rispetto al secondo, dato l'ordine di grandezza. Guardando invece al coefficiente di variazione la considerazione risulta essere opposta alla precedente, ovvero la variabilità della domanda nel caso del codice 1 risulta essere inferiore rispetto a quella del codice 2.

Codice	Consumo	Scarto	Unità di misura	CV
1	811.13	227.75	pezzi	0.28
2	100.94	51.09	metri	0.51

Tabella 7: Esempio di confronto tra la variabilità di consumo associata a due articoli distinti.

A questo punto non rimane altro che definire delle classi di variabilità entro cui collocare i diversi materiali di cui si vuole studiare la variabilità della domanda, così come viene fatto nell'analisi ABC. In letteratura queste classi vengono suddivise nella classe X a bassa variabilità, conseguentemente con consumo facilmente prevedibile, Y a media variabilità, con difficoltà previsionali maggiori, e Z ad elevata variabilità e quindi non prevedibile, costituendo la così detta analisi XYZ della variabilità della domanda.

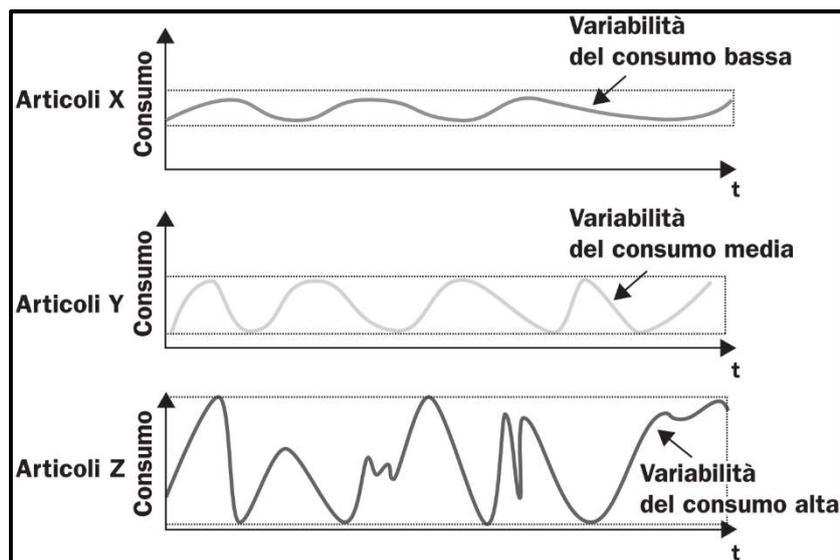


Figura 35: Variabilità del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, ultima edizione).

Il passo successivo prevede la determinazione degli intervalli del coefficiente di variazione che determinano le classi XYZ. Non è del tutto banale questa operazione in quanto, considerando diversi orizzonti temporali, il CV assume diversi valori a seconda della lunghezza prescelta. In letteratura viene consigliato di scegliere lo stesso lasso temporale con cui si pianifica la produzione.

Per quanto riguarda i limiti delle classi, vista la difficoltà legata al calcolo non sotto l'aspetto matematico, non tutti gli autori propongono le medesime suddivisioni. Si può vedere infatti che per Krzyz'aniak S., come riporta in *"Inventory Management, ECR Europe Forum & Marketplace"* (3-5 June, 2009, Barcellona), le classi vengono divise in

Classe X	Classe Y	Classe Z
$CV \leq 0.2$	$0.2 < CV \leq 0.6$	$CV > 0.6$

Per altri autori avremmo

Classe X	Classe Y	Classe Z
$CV \leq 0.25$	$0.25 < CV \leq 0.5$	$CV > 0.5$

Conze M., Bystron K., Günthner W.A., come riportato in *"XYZ-Analyse für volatile Produktionsprogramme"* (ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb Vol. 107, n. 10, 2012, pp. 727-730);

Classe X	Classe Y	Classe Z
$CV \leq 0.5$	$0.5 < CV \leq 1$	$CV > 1$

Scholz-Reiter B., Heger J., Meinecke C., riportato in *"Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company"* (International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 N. 4, 2012, pp. 445-451);

Classe X  $CV \leq 0.5$                       Classe Y  $0.5 < CV \leq 1$                       Classe Z  $CV > 1$   
 Dallari F., Milanato D., in *“Il planning dei prodotti a bassa domanda”* (Logistica e Management, maggio, pp. 32-35, 2012).

Classe X  $CV \leq 0.5$                       Classe Y  $0.5 < CV \leq 1.5$                       Classe Z  $CV > 1.5$   
 A. F. De Toni, R. Panizzolo, A. Villa, in *“Gestione della produzione”*, ISEDI, pp. 414-420, 2019.

A questo punto sarebbe possibile effettuare una cross analysis tra l’analisi ABC del valore di impiego degli articoli e un analisi XYZ della variabilità del consumo, ottenendo una migliore suddivisione rispetto a quella ottenuta con l’analisi ABC incrociata.

È chiaro come articoli che hanno un elevato valore di impiego e una bassa variabilità della domanda, con una conseguente prevedibilità previsionale futura, debbano essere gestiti con tecniche che hanno lo scopo di azzerare le giacenze come quelle a fabbisogno. Lo stesso vale per quei codici con elevata variabilità, che presenteranno un livello di scorte maggiore.

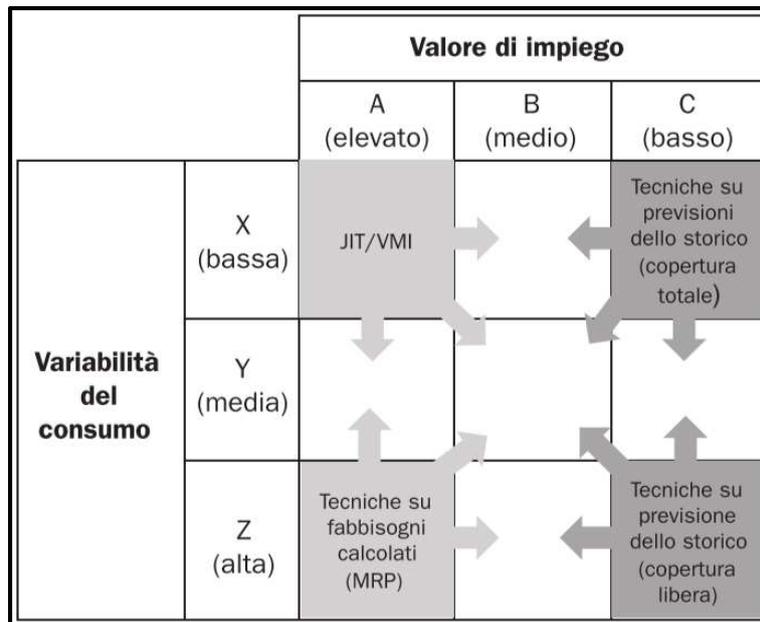


Figura 36: Cross analysis ABC/XYZ. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, ultima edizione).

Passando alle classi di valore inferiore, le tecniche di gestione cambiano da fabbisogno a quelle a scorta, su copertura totale se la domanda risulta essere facilmente prevedibile dai consumi storici, o su copertura libera, se la domanda ha un elevata variabilità.

Ancora una volta però l’analisi non risulta essere completa perché non si considera la frequenza della domanda dei codici.

### 2.3.1 ANALISI DELLA FREQUENZA DEL CONSUMO

La frequenza del consumo si manifesta, a livello temporale, come il numero di volte, rispetto ad un periodo prefissato, in cui la domanda risulta essere diversa da zero. Per valutare questa variabile solitamente, a partire dai dati storici, viene calcolata la densità degli zeri (DZ) che caratterizza un intervallo di tempo, data dal rapporto fra il numero di periodi in cui la domanda è nulla e il numero totale che compone l'orizzonte preso come riferimento.

La suddivisione in classi presente in letteratura e usata dalle aziende vede l'individuazione dei codici ad elevata frequenza, soprannominati *Runners*, con  $DZ < 15-20\%$ , a media frequenza, soprannominati *Repeaters*, con  $20\% < DZ < 50-60\%$ , e quelli a bassa frequenza, soprannominati *Strangers*, con  $DZ > 60\%$ .

Oltre alla densità degli zeri come variabile più diffusa, è possibile trovare la definizione di un altro parametro per la valutazione della frequenza della domanda detto "*Average Interdemand Interval*" (ADI) inteso come intervallo medio fra due consumi dell'articolo (Johnston e Boylan, 1996).

$$- ADI = \frac{\sum_i^N \tau_i}{N}$$

Un esempio per capire il significato della formula espressa, si consideri il seguente consumo di un codice

	PERIODI												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Consumi	0	0	2	0	0	4	0	0	1	0	0	0	3

In questo caso si avrà:

$$- ADI = \frac{(3+3+3+4)}{4} = 3.25$$

$$- DZ = \frac{9}{11} = 0.6923$$

Il legame tra queste due variabili risulta essere dato da:

$$- ADI = \frac{1}{\text{frequenza del consumo}} = \frac{1}{1-DZ} = \frac{1}{1-0.6923} = 3.25$$

Si potrebbe a questo punto fornire un'ulteriore suddivisione dei codici in funzione del valore di impiego e della frequenza di consumo ma anche questa risulterebbe incompleta perché non verrebbe considerata la variabilità e quindi la facilità previsionale della

domanda futura. Per completezza viene riportata lo stesso l'immagine riassuntiva qui di seguito.

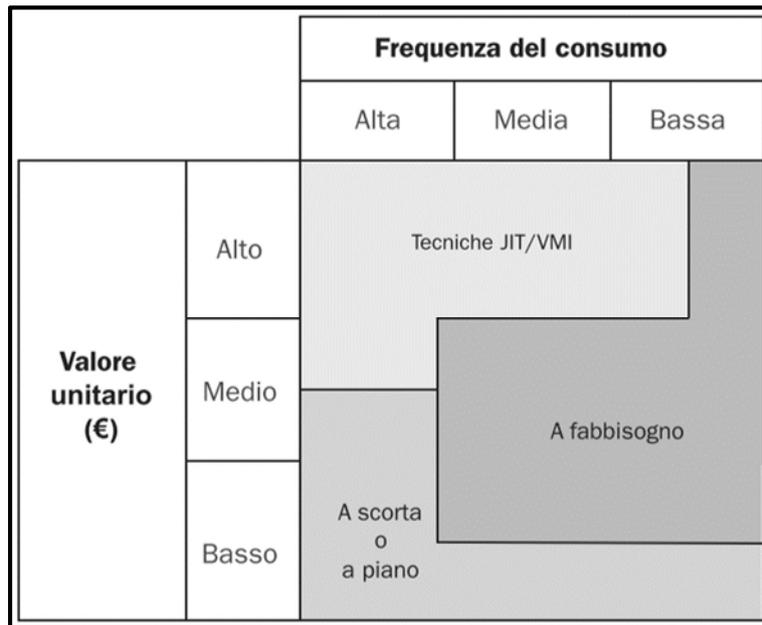


Figura 37: Valore unitario vs. frequenza del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

Le giustificazioni sulla suddivisione dei criteri riportata in figura, per quello che si è visto precedentemente, risultano essere evidenti, come scegliere di gestire tutti quei materiali ad elevata frequenza di consumo e a medio-alto valore di impiego con tecniche che minimizzino le scorte e, viceversa, per quegli articoli con valore unitario medio-basso, utilizzare tecniche di gestione a scorta per non sostenere costi elevati associati ai criteri più complessi.

### 2.3.3 I QUATTRO TIPI DI CONSUMO

Per quanto riguarda la domanda si è visto che può essere descritta oltre che dal suo volume anche da altre due variabili: una la variabilità e l'altra la frequenza.

Incrociando queste due categorie, secondo gli studi condotti da Syntetos, Boylan e Croston (2005), è possibile suddividere in quattro tipologie differenti il consumo:

- *Smooth*, con ADI basso e CV basso;
- *Intermittent*, con ADI alto e CV basso
- *Erratic*, con ADI basso e CV alto
- *Lumpy*, con ADI alto e CV alto.

Nell'immagine sotto riportata si possono trovare rappresentati i diversi tipi di consumo definiti dagli autori suddivisi dai valori soglia delineati dagli stessi autori. Nell'immagine il valore "p" corrisponde all' Average Interdemand Interval.

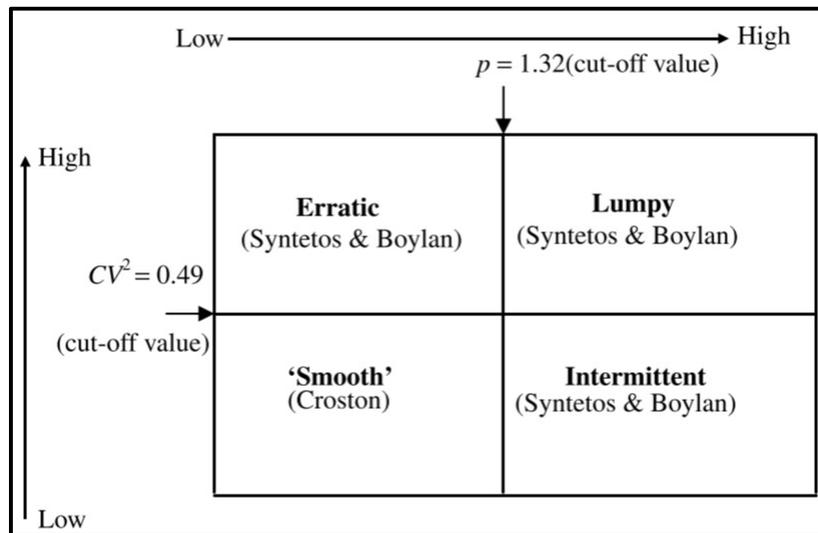


Figura 38: Tipi di consumo secondo Syntetos, Boylan e Croston. (Fonte: J. E. Boylan, A. A. Syntetos & G. C. Karakostas (2008) "Classification for forecasting and stock control: a case study", Journal of the Operational Research Society, 59:4, pp. 473-48).

In questi casi, gli autori suggeriscono di prendere come punti soglia di ADI pari a 1.32 periodi, mentre per  $CV^2$  un valore di 0.49. Si avranno quindi valori di frequenza di consumo elevati per valore  $ADI < 1.32$  periodi ed elevata variabilità per  $CV^2 > 0.49$ . Nell'immagine, "low" e "high" si riferiscono alla scala dei valori, ovvero da zero a valori superiori, non esprimendo quindi le caratteristiche di variabilità o frequenza.

Definiti questi tipi di consumo e richiamando alla mente le considerazioni che sono state fatte per condurre le analisi sulla variabilità (analisi XYZ) e sulla frequenza del consumo (runners, repeaters, strangers), è possibile costruire una cross analysis sfruttando le due variabili e individuando così, dall'incrocio delle diverse classi, le tipologie di consumo definite da Syntetos, Boylan e Croston, subordinate ai valori soglia precedentemente esposti.

I passaggi sono riassunti nella seguente tabella.

Variabilità del consumo	Alta	Z	$CV > 1.5$	Consumo sporadico (lumpy)		Consumo erratico
	Media	Y	$0.5 < CV < 1.5$	Consumo intermittente		
	Bassa	x	$CV < 0.5$	(intermittent)	Consumo regolare (smooth)	
				<15%	15%-50%	>50%
				Strangers	Repeaters	Runners
				Bassa	Media	Alta
				Frequenza del consumo		

Tabella 8: Cross Analysis variabilità vs frequenza del consumo. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

Avendo a disposizione tutte le distinzioni possibili, è ora possibile effettuare la suddivisione per ogni articolo coinvolto nella cross analysis.

Per comodità del lettore, si riassumono nella seguente tabella le diverse tipologie di gestione dei materiali stoccati e movimentati all'interno dell'azienda in relazione ai diversi attributi che caratterizzano, o almeno dovrebbero, la domanda degli articoli.

	Famiglia di tecniche tradizionali		Famiglia di tecniche JIT	
	A Scorta	A fabbisogno (MRP/CA)	Kanban	Just In Sequence (JIS)
Valore d'impiego	Basso	Alto	Medio-alto	Alto
Frequenza del consumo	Alta	Bassa	Alta	Medi-bassa
Variabilità del consumo	Bassa	Alta	Bassa	
Vicinanza del fornitore	Bassa, media o alta		Alta	
Ingombro del codice	Basso, medio o alto		Basso o medio	

Tabella 9: Caratteristiche degli articoli in funzione delle tecniche di gestione. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

Per un quadro organico completo, si deve ora considerare quell'insieme di tecniche di gestione che sono state trattate nelle conclusioni del primo capitolo, ovvero le Vendor Managed Inventory (VMI), che prevedono un approccio collaborativo tra produttori, fornitori e distributori. Per queste, le caratteristiche che dovranno avere gli articoli sono riassunte nella tabella successiva.

	Famiglia di tecniche Vendor Managed Inventory (VMI)		
	Continuous Replenishment (CR)	Consignment Stock (CS)	Reverse Consignment Stock (RCS)
Valore d'impiego	Basso, Medio o Alto		
Frequenza del consumo	Medio-Alta		
Variabilità del consumo	Medio-Bassa		
Vicinanza del fornitore	Bassa, Media o Alta		
Ingombro del codice	Basso o Medio		

Tabella 10: Caratteristiche degli articoli gestiti con tecniche VMI. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

A questo punto è possibile fornire uno schema sintetico riassuntivo che mette in relazione la cross analysis, ottenuta tra la variabilità e la frequenza del consumo, e le diverse tecniche di gestione dei materiali trattate precedentemente.

Variabilità del consumo	Alta	Z	CV>1.5		MRP	
	Media	Y	0.5<CV<1.5		VMI (CR-CS-RCS)	
	Bassa	x	CV<0.5	JIS		ROP/KANBAN
				<15%	15%-50%	>50%
				Strangers	Repeaters	Runners
				Bassa	Media	Alta
				Frequenza del consumo		

Tabella 11: Ambiti di applicazione delle tecniche di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: *GESTIONE DELLA PRODUZIONE*, ultima edizione).

Da questa tabella si ribadisce il fatto che per poter applicare tecniche di gestione innovative, come sono quelle JIT e VMI, è necessario che la variabilità del consumo sia moderata e al tempo stesso sia continua la richiesta dell'articolo.

## 2.4 CONCLUSIONI GENERALI

Avendo analizzato i diversi sistemi di gestione a disposizione in letteratura, dalle tecniche storiche a quelle innovative, era necessario fornire una procedura per la determinazione per ciascun articolo che un'azienda si trova a dover movimentare all'interno del proprio plant.

Il presupposto di partenza è quello di fornire il miglior servizio al minor costo possibile. Questo si contrappone alla credenza diffusa per la maggior parte delle aziende, soprattutto in quelle medio-piccole, di dover gestire quasi tutti i codici a scorta per garantire la consegna nei tempi concordati con il cliente.

In questo capitolo, grazie ai mezzi che la statistica mette a disposizione, si è visto che è possibile analizzare periodicamente la domanda di materie prime, semilavorati e prodotti finiti in modo tale da poter distinguere e catalogare le variabili che caratterizzano i consumi dei diversi materiali.

La prima variabile fondamentale, che identifica quali siano gli oneri finanziari maggiori derivanti dai magazzini di un'azienda, è il valore di impiego che, come dimostrato, risponde alla legge di Pareto ed è per ciò possibile suddividere i singoli codici in tre classi differenti (ABC). Il confronto del valore di impiego con le giacenze valorizzate al prezzo di costo ha concesso poi di determinare, attraverso l'analisi ABC incrociata, le classi contenenti gli articoli più rilevanti sui quali porre la massima attenzione per la scelta della tecnica più adeguata di handling, poiché una loro gestione ottimizzata condurrebbe ad una importante riduzione dei costi sul bilancio aziendale. A questo punto si passa alla determinazione del criterio di gestione considerando le altre variabili.

Le fasi operative da seguire sono:

- Cross Analysis Valore d'Impiego vs. Giacenza media Valorizzata, con la quale si individueranno le classi AA, AB, BA e BB che generano gran parte del valore di impiego e contemporaneamente si rendono colpevoli di elevati costi di gestione per l'azienda;
- Per questi codici appartenenti alle classi ricavate al passo precedente si effettua l'analisi della Frequenza vs. Variabilità del consumo in modo da determinare la tecnica più appropriata di gestione;

- Estrazione di tutti quegli articoli che hanno le caratteristiche per poter essere gestiti con le tecniche collaborative come JIT e VMI;
- Verifica dei fornitore per quanto riguarda la disponibilità a condividere dati sulla produzione, l'affidabilità per i tempi e la qualità dei prodotti della consegna e la flessibilità nella quantità da ordinare e del mix produttivo (se fornitore di più codici);
- Dall'incrocio positivo degli ultimi passaggi è possibile analizzare quale tra le tecniche VMI, Kanban e JIS risulta essere più idonea in funzione della distanza dal fornitore e dell'ingombro del materiale.

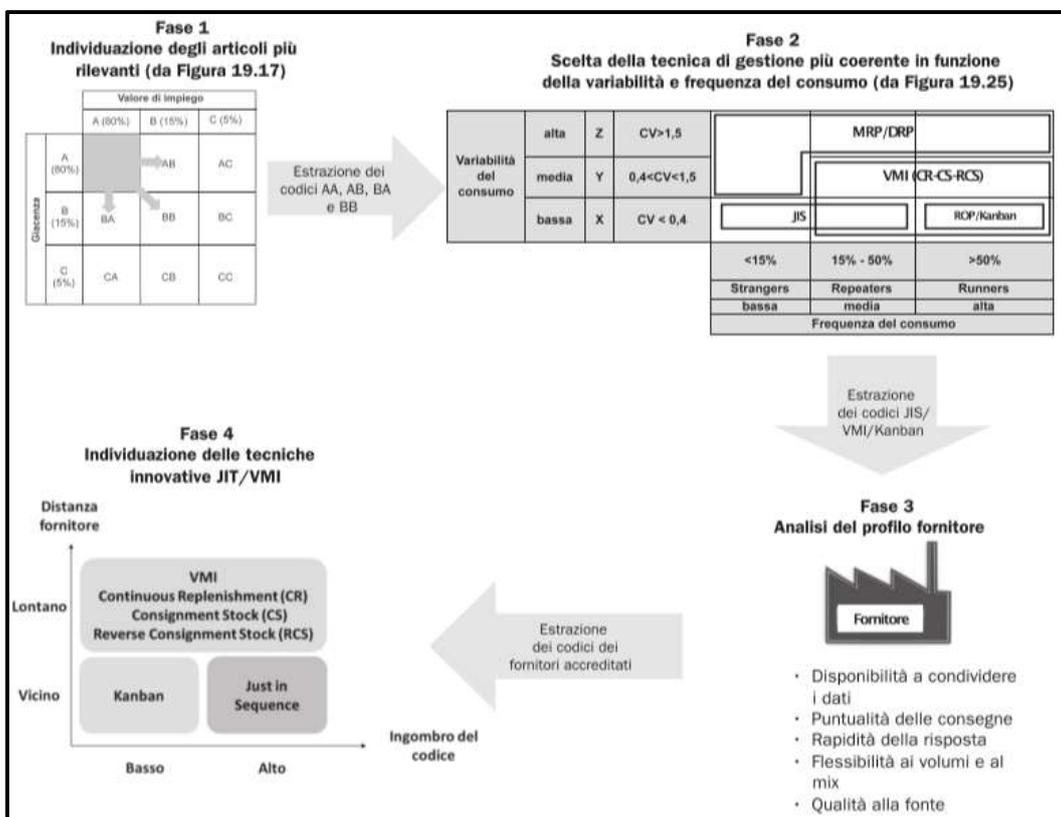


Figura 39: Procedura per la determinazione delle tecniche di gestione dei materiali. (fonte: Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa: GESTIONE DELLA PRODUZIONE, ultima edizione).

## **CAPITOLO 3.**

### **IL CASO AZIENDALE**

#### **3.1 L'AZIENDA RELAX S.R.L**

RELAX s.r.l., fondata il cinque marzo del 2003, è un'azienda manifatturiera che si occupa della produzione di cabine doccia.

Dal 2013 si affranca definitivamente sul mercato con il suo brand che viene riconosciuto e apprezzato sia in Italia che all'estero. Alla base dello sviluppo prodotto si trovano la ricerca, l'innovazione e il design di alto livello.

Attualmente il plant produttivo prevede un'area totale disponibile di circa 10000 metri quadri, di cui 6000 coperti, con più di 30 dipendenti all'attivo.

Il core business aziendale è sostenuto da una solida rete commerciale, composta da agenti e distributori situati in tutto il territorio italiano ma anche all'estero, fino a raggiungere il mercato russo. I box doccia prodotti e venduti si affermano come cabine di fascia medio-alta, sia standard che altamente personalizzabili tramite colori e dimensioni dei vetri e dei profili di alluminio.

Negli anni si è cercato di completare la gamma con prodotti più economici per soddisfare in modo completo la domanda del mercato, costituendo un'intera linea di box doccia dedicata, venduta e distribuita dalla grande distribuzione.

Attualmente le collezioni prevedono 18 famiglie di prodotto, ciascuna configurabile per diverse tipologie in modo da soddisfare le esigenze personali del cliente finale (walk-in, angolare, semicircolare, nicchia, sopravasca, centro parete, a battente, sopravasca, scorrevole, soffietto, saloon ecc...):

- COVER: “modello di box doccia contemporaneo, dal design elegante e minimale. Si adatta a qualsiasi arredo, armonizzando così qualsiasi look del bagno...” La caratteristica principale della cabina è la possibilità di poter variare a piacimento le colorazioni della maniglia e delle cerniere che la compongono attraverso inserti polimerici facilmente intercambiabili dall'utente;
- BoBox: “oltre il limite della linea. Le estremità curve della parete in cristallo di 8mm lo rendono unico nel suo genere...”;
- AXIA: “il binario di scorrimento delle ante è a vista e decora la trasparenza del cristallo da 8mm assieme ai profili brillantati...”;

- KUBIK: “La ricerca dell’assoluta purezza geometrica genera la collezione Kubik, che si distingue per l’essenzialità della porta pivot in cristallo temperato 8 mm...”;
- WALL: “Essenziale ed elegante...” dove il cristallo da 8 o 6 millimetri trasparente è la componente principale del box doccia e i profili di alluminio vengono ridotti al minimo per il solo fissaggio meccanico del vetro;
- MYRES: “si distingue per il rigore delle forme, la solidità del cristallo temperato 8mm e la delicatezza della chiusura rallentata soft-close...”;
- PETRARCA: “La leggerezza dell’assenza di telaio conferisce alla collezione Petrarca un aspetto sobrio, esaltando la purezza del cristallo da 6 mm...”;
- EVOLUTION: “La collezione Evolution si distingue per versatilità d’uso e funzionalità a servizio del comfort...”;
- LIGHT: “La collezione Light si distingue per leggerezza e versatilità offrendo la gamma di prodotti più completa; numerosi modelli che esplorano le possibili forme con esiti diversi sotto il profilo estetico...”;
- PURO: “La sobrietà e la purezza di forme sono alla base del pensiero di questo modello...”;
- PURO: “È un box doccia dalle linee nette e pulite che si contraddistingue per il suo minimo spessore usato dalla diga di contenimento sul piatto doccia e dal profilo decorativo superiore...”;
- UNICO: “Di nome e di fatto! Unico è una linea esclusiva e completa di box doccia caratterizzata dalla possibilità di personalizzare il sottile profilo superiore, fattore estetico determinante nell’economia estetica della linea, con una tinta a piacere. Le ridotte dimensioni dei profili e della componentistica fanno di Unico un modello estremamente raffinato...”;

- SMART: “La collezione SMART si distingue per versatilità d’uso e funzionalità a servizio del comfort...”;
- LUXURY: “La linea arrotondata di Luxor, in versione a parete e ad angolo, valorizza la trasparenza del cristallo da 8mm, la lucentezza della colonna doccia in acciaio inox e il candore del piatto in solid surface da 4 cm. Disponibile in diverse configurazioni e dimensioni per adattarsi a diversi ambienti. L’ elegante forma asimmetrica, in cristallo 8 mm, ha un lato profondo 60 o 70 cm per accostarsi anche alle piccole pareti, una porta d’ingresso e uno spazio doccia che si allarga fino ad 80 cm per un ottimo comfort...”;
- NEW LYRA: “Le diverse finiture soddisfano ogni richiesta esaltando il potenziale estetico della cabina. Ogni minimo dettaglio dai tappi di chiusura profili, fino alla maniglia integrata nel telaio di alluminio è studiato per rendere più intrigante un prodotto dall’ utilizzo quotidiano...”;
- STEAM: “Per trasformare un vano a nicchia in un ambiente doccia/bagno turco confortevole ed esteticamente accattivante...”
- FLAT: “...è una linea per le esigenze di un prodotto semplice ma curato in ogni suo dettaglio...”;
- XPUNTOZERO: box doccia di fascia economica, caratterizzati dallo stesso spirito raffinato delle altre linee, non direttamente venduti da relax al privato ma unicamente fornito alla grande distribuzione.

L’ intento della dirigenza è quello di farsi conoscere nei mercati stranieri per aumentare l’ export dei propri box doccia grazie alla suggestione del “Made in Italy”, che negli anni ha contribuito a costruire un’ immagine dei prodotti italiani di affidabilità e dal design

ricercato. Contemporaneamente però si sta aggreddendo il settore della grande distribuzione per arrivare a fornire i propri prodotti in tutte le regioni italiane.



*Figura 40: Famiglie di prodotto. Prima fila da sinistra: COVER, BOBOX, AXIA E KUBIK. Seconda fila da sinistra: WALL, MYRES, PETRARCA ED EVOLUTION. Terza fila da sinistra: LIGHT, PURO, UNICO E SMART. Quarta fila da sinistra: LUXURY, NEW LYRA, STEAM E FLAT. (fonte: <https://www.relaxsrl.com/relax/collezioni/>).*

### 3.2 I PROCESSI DI MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI “AS IS”

Pochi passaggi concorrono alla realizzazione finale di un box doccia da assemblare. Gli elementi costitutivi, come si può vedere dall’immagine sotto riportata, si presentano sottoforma di profili estrusi di alluminio, come la maniglia e le barre che vincolano il vetro e lo fissano al muro, elementi plastici, come guarnizioni e componenti di tenuta con finalità estetiche, e diversi accessori, come il tetto, la piletta di scarico, il piatto doccia, il doccione, il trattamento anti calcare ecc.



Figura 41: Cabina doccia BoBox. (fonte: [https://www.relaxsrl.com/wp-content/uploads/2018/04/Brochure-2018.B\\_web.pdf](https://www.relaxsrl.com/wp-content/uploads/2018/04/Brochure-2018.B_web.pdf))

Ad esclusione dei piatti doccia, delle pilette, dei doccioni non incorporati nel tetto del box e di altri accessori di arredo che sono a catalogo, tutti gli altri componenti sono sottoposti ad almeno una lavorazione interna ed esterna presso terzi.

Per quanto concerne i profilati di alluminio, arrivano in barre grezze di diversa lunghezza, a seconda delle esigenze aziendali, del valore di costo del profilo e delle lavorazioni successive che caratterizzano i codici figli, pronti per essere stoccati a magazzino o per essere spediti presso terzi per la verniciatura/brillantatura.

Alcuni codici prevedono in primo luogo il taglio e la calandratura per ottenere la configurazione di progetto (o solamente il taglio) prima del trattamento superficiale per esigenze tecniche dei terzi (limiti di lunghezza dati dall'impianto di verniciatura) o per evitare di rovinare il profilo verniciato durante la fase di piega. Nella maggior parte dei casi però, il pacco di profilati grezzi, solitamente con un peso che varia dai 400 ai 500 kg e che può contenere al suo interno diverse tipologie di matrici, viene stoccato su *cantilever* in attesa di essere lavorato in base a decisioni contestuali alle esigenze prioritarie quotidiane.



Figura 42: Magazzino verghe verniciate.

Una volta applicato il trattamento superficiale desiderato, il profilo è pronto per essere lavorato all'interno del reparto taglio.

Codice	Descrizione	UMP	Q.tà
<b>1613012105</b>	<b>PROF.COMP.RIO BRILL MM.1900</b>	<b>NR</b>	<b>2,0</b>
0149052400	MOD. 3.0 B2 84-92 BR SAT NR 2,00		
<b>1613022105</b>	<b>PROF.MONT.RIO BRILL MM.1900</b>	<b>NR</b>	<b>8,0</b>
0123012400	MOD. 3.0 F 68-76 BR SAT NR 2,00		
0125172100	MOD. 3.0 SC1 132-140 BR TRA NR 4,00		
0149052400	MOD. 3.0 B2 84-92 BR SAT NR 2,00		
<b>1613032123</b>	<b>PROF.SCORR.RIO F BRILL MM. 543</b>	<b>NR</b>	<b>2,0</b>
0123012400	MOD. 3.0 F 68-76 BR SAT NR 2,00 Vetri 1806180400 VETRO PIANO SATIN. 6 MM FL.TEMP.1816x568		
<b>1613032134</b>	<b>PROF.SCORR.RIO SC1 BRILL MM.1209</b>	<b>NR</b>	<b>4,0</b>
0125172100	MOD. 3.0 SC1 132-140 BR TRA NR 4,00 Vetri 1807240100 VET.PIANO TRASP. 6 MM FL.TE.1877X700+6F 1806180100 VET.PIANO TRASP. 6 MM FL.TEMP.1816x568		
<b>1613032185</b>	<b>PROF. SCOR. 3.0 B2 BRILL 84-92 MM.729</b>	<b>NR</b>	<b>2,0</b>
0149052400	MOD. 3.0 B2 84-92 BR SAT NR 2,00 Vetri 1804200400 VET.PIANO SATIN 6 MM FL.TEMP.1778x350+3F		
<b>1613052105</b>	<b>PROF.COMP.DOPP.RIO BRILL MM. 1900</b>	<b>NR</b>	<b>1,0</b>
0123012400	MOD. 3.0 F 68-76 BR SAT NR 1,00		
<b>1613062105</b>	<b>PROF.COMP+ALA.RIO BRILL MM. 1900</b>	<b>NR</b>	<b>4,0</b>
0125172100	MOD. 3.0 SC1 132-140 BR TRA NR 4,00		

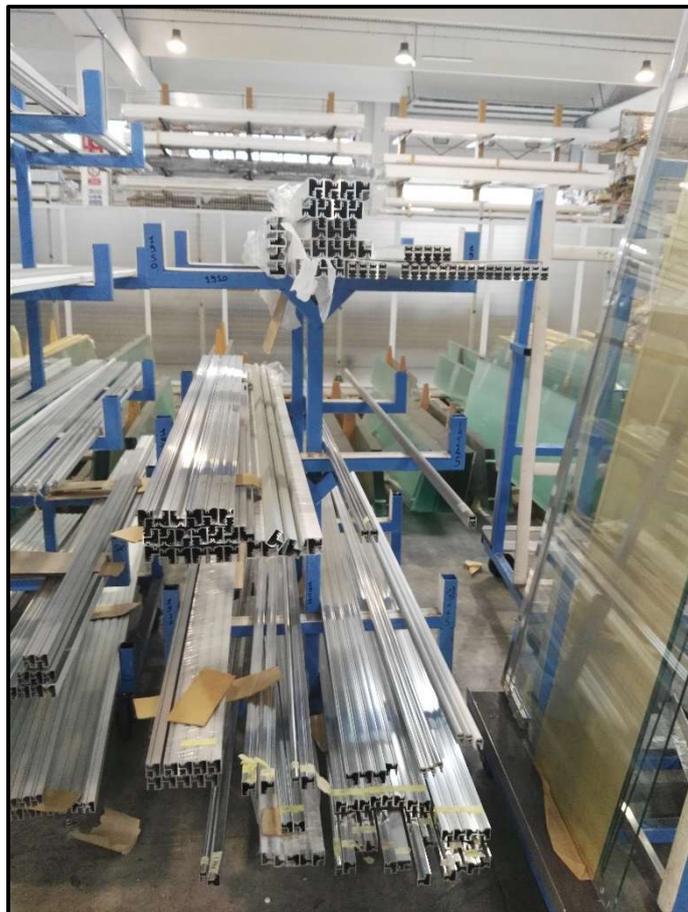
Figura 43: Esempio lista di taglio.

Partendo da liste di produzione dedicate per tale reparto, elaborate tramite MRP aziendale con logica a fabbisogno puro come si può vedere dalla figura sopra riportata, generalmente la verga di alluminio viene prima tagliata, in base alle dimensioni del box doccia sul quale verrà montata, poi, se previsti, verranno eseguiti dei fori o asole sul profilo, mediante l'utilizzo di fresatrice a controllo numerico (centro di lavoro), trapano o pressa, e infine assemblate con kit di rifinitura estetica, fermi corsa, perni o altri profili.



Figura 44: Esempio assemblaggio nel reparto taglio.

Per quanto concerne i profili che dovranno essere siliconati al vetro desiderato per la configurazione finale del box doccia, questi verranno predisposti nelle rastrelliere prossime alle postazioni di incollaggio, pronti per essere prelevati dall'operatore.



*Figura 45: Buffer profili tagliati per il reparto di incollaggio.*

Gli standard qualitativi prevedono sempre il controllo visivo dei profili lavorati per la verifica della presenza di eventuali graffi/danneggiamenti, soprattutto nelle parti che risulteranno essere a vista dopo il montaggio finale del box, dovuti a lavorazioni precedenti, movimentazioni incaute del pezzo, o difetti superficiali di varia natura (es ossidazione).

L'operazione successiva per i profili provenienti dal reparto taglio, ad esclusione di quelli che vengono direttamente inseriti nell'imballaggio, prevede il fissaggio meccanico del vetro a questi. Durante tale operazione viene prelevato il vetro, indicato nell'ordine di produzione e stoccato nel magazzino dedicato, ancorato ad un banco di lavoro appositamente progettato, e infine siliconato ad uno o più profili, con eventuale tenuta meccanica, garantita da viti di fissaggio, e tenuta idrica, garantita da guarnizioni polimeriche presenti tra vetro ed estruso di alluminio.

relax

**OP COMPLETO n° 1.501 del 20/11/2018**

Cliente : 9013677 [REDACTED] IC : O 8704 riga Comessa : 110691798

riga	Cod.articolo	Descrizione	Q.tà	Prod.	Imb.	Mag.	Partenza
2	0149052400	<b>MOD. 3.0 B2 84-92 BR SAT</b>  <small>* H 2 0 1 8 0 0 1 5 0 1 0 0 0 2 0 0 1 0 *</small>  <small>* H 2 0 1 8 0 0 1 5 0 1 0 0 0 2 0 0 2 0 *</small>	1	SI	SI		28/11/18
		INCOLLAGGIO					
		IMBALLAGGIO					
0199500500 <b>TRATTAMENTO ANTICALCARE ( 1 LATO )</b>			1				11/28/18

<b>PROFILI</b>			
1613012105	NR 2,0 PROF.COMP.RIO BRILL MM.1900	<input type="checkbox"/>	
1613022105	NR 2,0 PROF.MONT.RIO BRILL MM.1900	<input type="checkbox"/>	
1613032185	NR 2,0 PROF. SCOR. 3.0 B2 BRILL 84-92 MM.729	<input type="checkbox"/>	
<b>CRISTALLI</b>			
1804200400	NR 2,0 VET.PIANO SATIN 6 MM FL.TEMP.1778x350+3F	<input type="checkbox"/>	
<b>GUARNIZIONI</b>			
2603020100	MT 4,0 GUARN.TAPPO MONT.MOD.3.0 SC1 TRASP.	<input type="checkbox"/>	
2608050100	NR 2,0 GUAR. ALA VERT.12 L.MM.2000 LIGHT PS	<input type="checkbox"/>	
2615020100	NR 1,0 GUARNIZ.GOCCIOLATOIO.MM.12 VT.6 L.2000	<input type="checkbox"/>	
<b>MAGNETI</b>			
2803040100	NR 2,0 GUARN.MAGNET.45 REVERSE V.6 L.1877	<input type="checkbox"/>	
<b>CARTONI</b>			
4290020300	NR 1,0 ETICHETTA ADESIVA ALTO/TOP - mis.21X15	<input type="checkbox"/>	
<b>ACCESSORI</b>			
4001182900	NR 1,0 SCATOLA RELAX MIS.1990x950x75 RIO90	<input type="checkbox"/>	
4001182200	NR 1,0 SCATOLA RELAX MIS.2050X850X75 RIO 85 PAL	<input type="checkbox"/>	

NOTE DI PRODUZIONE:

NOTE :

INCOLLAGGIO	ASSEMBLAGGIO	IMBALLAGGIO
-------------	--------------	-------------

Figura 46: Esempio rodine di Produzione consegnato all'incollaggio.

Per quanto riguarda il flusso delle informazioni, l'ordine di produzione (OP) completo viene consegnato al responsabile del reparto incollaggio insieme a quello sintetico in cui vengono riportati, come si vede dall'immagine sottostante, i diversi numeri d'ordine con le quantità associate ed eventuali trattamenti superficiali anticalcare.

Una volta completato l'incollaggio della quantità indicata ed eventuali trattamenti superficiali, seguendo una schedulazione per data di consegna, l'operatore predispone i semilavorati in appositi contenitori attaccandoci sopra il relativo OP completo, mentre quelli sintetici, dopo essere stati compilati dagli operatori, vengono raccolti dal responsabile acquisti, che provvederà ad aggiornare all'interno del gestionale lo stato di

avanzamento dell'ordine di produzione così che il cliente possa usufruire del tracking del proprio ordine.

OPERATORE		<b>relax</b>							
<b>OP SINTETICO COMPLETO n° 1.501 del 20/11/2018</b>									
Cliente : 9010306 [REDACTED]									
Riga OP	Imp. Cliente	Cod.articolo	Descrizione	Q.tà	Prod.	Imb.	Mag.	Partenza	
1	O 8781	1 0125172100	MOD. 3.0 SC1 132-140 BR TRA  INCOLLAGGIO <small>*H2018 00150100010010*</small>	2	SI			27/11/18	
								OPERATORE	
Cliente : 9011548 [REDACTED]									
Riga OP	Imp. Cliente	Cod.articolo	Descrizione	Q.tà	Prod.	Imb.	Mag.	Partenza	
4	O 8990	1 P601RI01072 9NN	SOLO P FLORA SC1 116-124 BRILL SER 08 SOLO PORTA SCORREVOLE+IMBALLI  IMBALLAGGIO <small>*H2018 00150100040020*</small>	1		SI		22/11/18	
								OPERATORE	
Cliente : 9013677 [REDACTED]									
Riga OP	Imp. Cliente	Cod.articolo	Descrizione	Q.tà	Prod.	Imb.	Mag.	Partenza	
2	O 8704	1 0149052400	MOD. 3.0 B2 84-92 BR SAT  INCOLLAGGIO <small>*H2018 00150100020010*</small>	1	SI	SI		28/11/18	
								OPERATORE	
			 TRATTAMENTO ANTICAL <small>*H2018 00145700060005*</small>					OPERATORE	
3	O 8704	2 0123012400	MOD. 3.0 F 68-76 BR SAT  INCOLLAGGIO <small>*H2018 00150100030010*</small>	1	SI	SI		28/11/18	
								OPERATORE	
			 TRATTAMENTO ANTICAL <small>*H2018 00145700070005*</small>					OPERATORE	
Cliente : 9011549 [REDACTED]									
Riga OP	Imp. Cliente	Cod.articolo	Descrizione	Q.tà	Prod.	Imb.	Mag.	Partenza	

Figura 47: Esempio ordine di produzione sintetico per tracking del cliente.

La fase successiva è dedicata al montaggio delle porte dei box, dove vengono assemblati tutti quei componenti che non richiedono incollaggi con silicone, come ulteriori guarnizioni di tenuta e meccanismi di apertura per le porte (cuscinetti e cerniere).



*Figura 48: Fase di incollaggio.*

In questa fase si prelevano i componenti, che sono stati depositati in apposite ceste per far asciugare il collante con i rispettivi ordini di produzione, e si provvedere all'assemblaggio finale con tutte le componenti indicate nell'OP, come negli esempi sotto riportati.



*Figura 49: Esempio assemblati al montaggio.*



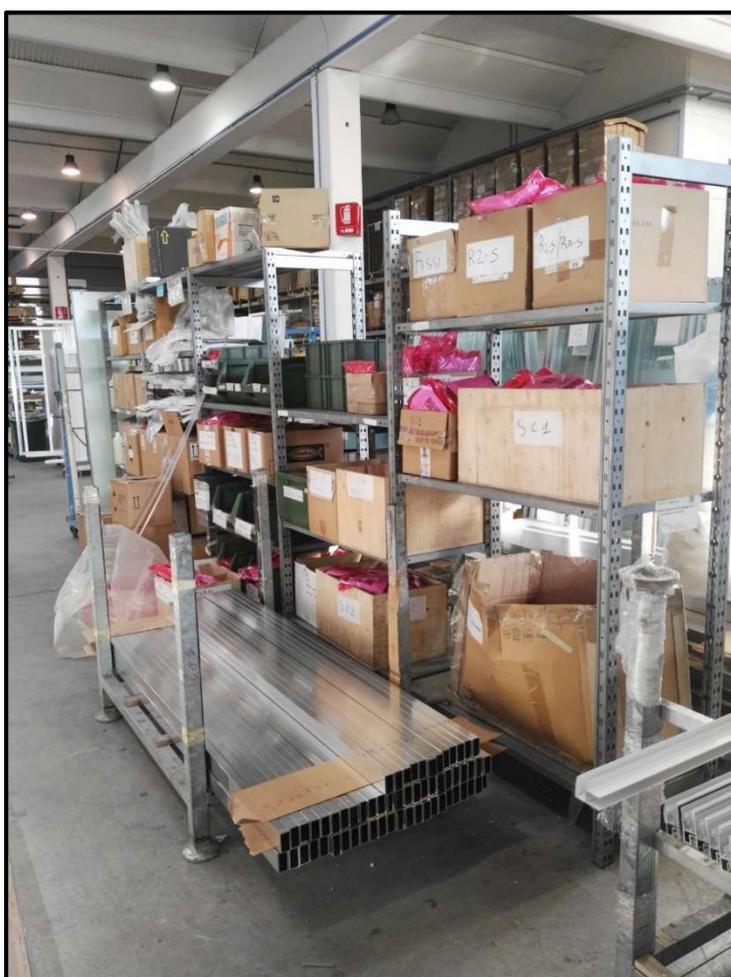
*Figura 50: Buffer pezzi montati in attesa di essere imballati.*

Ultimato il montaggio, il box è pronto per essere imballato e spedito insieme ad ulteriori profili di alluminio, kit e istruzioni per il montaggio, maniglie e i vetri delle porte se non previsto il pre-montaggio.



*Figura 51: esempio imballaggio.*

Per quanto riguarda i kit con tutta la minuteria, cerniere di montaggio, maniglie ecc. vengono preparati in una postazione dedicata e consegnati in appositi scatoloni nella zona di assemblaggio.



*Figura 52: Scaffalatura kit per imballo.*

### 3.3 ANALISI E ANOMALIE DEI PROCESSI

#### 3.3.1 MAGAZZINO IN INGRESSO

Nella gestione delle merci in entrata e in uscita dal magazzino di stoccaggio si sono rilevate le difficoltà maggiori nella gestione aziendale. Questo è principalmente dovuto al fatto che in questi magazzini si movimentano materiali pesanti ed ingombranti come i pacchi di profilati di alluminio, le cui dimensioni mediamente arrivano a 400x500x6000 mm per un peso totale che si aggira in torno ai 500 kg, e i pallet di vetri, disposti orizzontalmente per sicurezza nel trasporto dall'azienda fornitrice e per un peso totale di 1500 kg mediamente.

Quello che risalta agli occhi di un attento osservatore per prima cosa risulta essere la mancanza di indicazioni chiare e ben visibili per la gestione di tutti gli articoli da stoccare.

I pacchi di alluminio grezzi arrivano con una bolla, assai generica, contenente il peso del carico e i diversi codici presenti all'interno, ma non in forma di barcode bensì scritti a mano. Lo stoccaggio sui cantilever viene condotto, senza nessuna indicazione concordata e pensata a priori con il responsabile di produzione, da parte di un magazziniere esperto che riconosce i profili, se necessario, li suddivide per codici creando più pacchetti e infine li stocca nei ripiani più alti, in attesa che si manifesti il fabbisogno di quel determinato codice in una specifica rifinitura. La conferma di carico a magazzino del materiale viene effettuata negli uffici commerciali soltanto attraverso la ricezione del Documento Di Trasporto (DDT), senza alcuna verifica, anche di qualità, da parte del magazziniere.

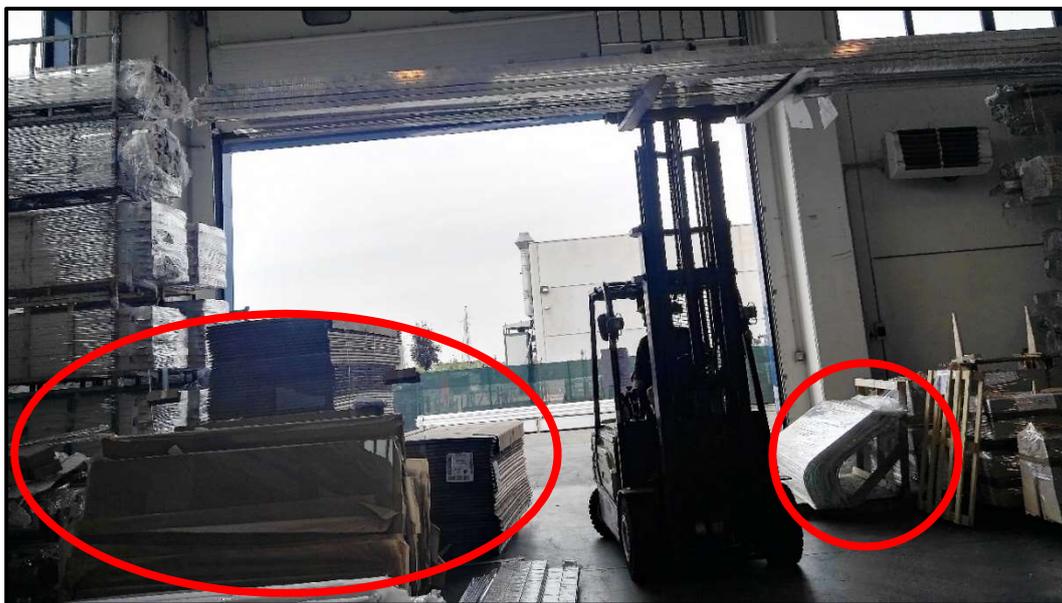
Per quanto riguarda i tempi, le operazioni di scarico, sballaggio e carico a magazzino delle verghe grezze di alluminio richiedono mediamente per un solo magazziniere la durata di 2h. Soventemente la presenza di un operatore risulta essere insufficiente per le operazioni condotte manualmente (senza l'ausilio del muletto), data la lunghezza dei profili da spostare senza danneggiarli. Nelle foto che seguono infatti sono presenti due persone.

Questi tempi sono influenzati dal fatto che, durante le operazioni di handling delle verghe, altri materiali occludono il passaggio e/o è necessario rimaneggiare profili già sballati e stoccati nei cantilever.

Le problematiche aumentano quando è necessario stoccare velocemente il materiale durante le giornate piovose, dato che la zona di scarico non ha punti coperti esterni, e

quindi i profili rischiano di ossidarsi ed essere inutilizzabili poiché impossibili da verniciare e/o brillantare. Le stesse considerazioni valgono per il materiale che ha subito trattamento superficiale.

L'attuale processo prevede che i grezzi vengano stoccati a magazzino prima della finitura superficiale come si evince dalle informazioni date precedentemente. Questo costituisce un onere non indifferente per l'azienda, che dovrà impiegare tempo e personale nello stoccaggio in entrata e quindi in uscita. Questo avviene sia perché attualmente non sussistono dei criteri specifici sull'approvvigionamento dei profili verniciati, sia per il fatto che è stata valutata a priori non economicamente vantaggiosa, senza alcuna analisi sui costi effettivi, l'opzione di inviare direttamente le barre grezze ai terzisti, subordinata anche alla non determinazione di statistiche sul consumo dei materiali. Di fatto, il responsabile del magazzino, analizzata visivamente sulla base della propria esperienza la giacenza di ogni singolo codice nelle diverse finiture e i rispettivi consumi, decide autonomamente, o in accordo con il responsabile di produzione, di far verniciare determinate quantità di materiale, che verrà suddiviso per fornitore. Eseguito il conteggio delle barre da spedire, comunica il quantitativo al responsabile dell'ufficio acquisti per la creazione del DDT. Questo materiale non ha inoltre un'area di stoccaggio dedicata e viene spostato costantemente fino al momento della spedizione.



*Figura 53: Movimentazione con materiale che ostruisce il portone di ingresso.*

Le operazioni di stoccaggio verniciato eseguito da due operatori occupano mediamente 1h piena di lavoro.

Come si può notare dalle figure sottostanti, l'ingombro dato da materiale stoccato a terra per mancanza di spazio, o per consentire una presa agevolata senza l'ausilio del carrello elevatore, risulta essere di ostacolo in primis al muletto per le manovre di handling che deve compiere e in secondo luogo al passaggio degli operatori per raggiungere i profili desiderati e che, incuranti di danneggiare i profili e della loro incolumità, camminano sopra gli articoli già verniciati e tagliati per risparmiare tempo.



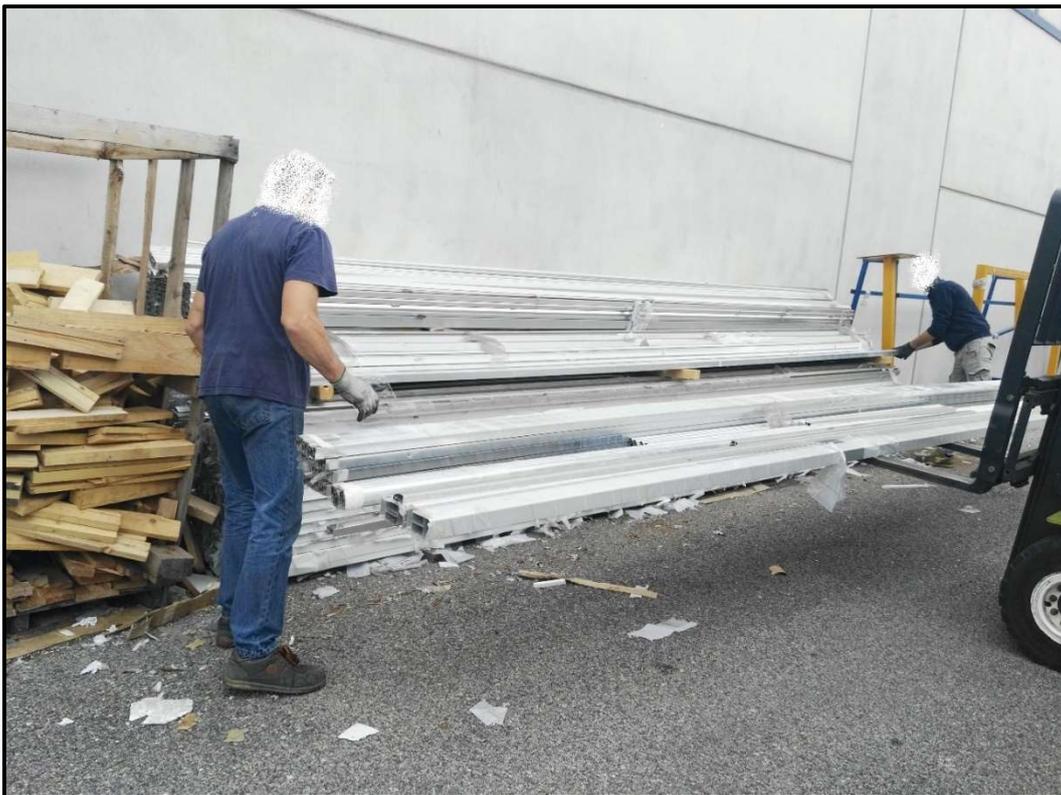
*Figura 54: Stoccaggio pacchi verniciati.*



*Figura 55: Ri-stoccaggio verniciati.*

La gestione frenetica delle scorte subordinata alle esigenze di produzione, la mancanza di indicazioni chiare in merito allo stoccaggio del materiale verniciato, la carenza di informazioni dovuta all'assenza di un sistema di controllo visivo/automatico efficace sulla giacenza fisica e la totale assenza di cartellini, riportanti codice prodotto, descrizione e immagine esemplificativa, congiuntamente all'accatastamento e al prelievo insensato e dissoluto dei profili di alluminio, genera conseguentemente un volume di scarti di materiale inutilizzabile per la produzione anche per motivi di obsolescenza (muda).

Ciò che aggrava questo ingiustificabile spreco di materiale è la presenza di dilapidazione economica associata alla movimentazione di questi profili che sono o che diventano inutilizzabili durante il processo di lavorazione, fino ad arrivare alla fase di imballaggio e nella peggiore delle ipotesi al cliente finale, ed esaurendosi, come si vede nell'immagine qui di seguito, con l'impiego di 2 persone per lo smaltimento di questo materiale, per una durata media di 30 minuti di lavoro.



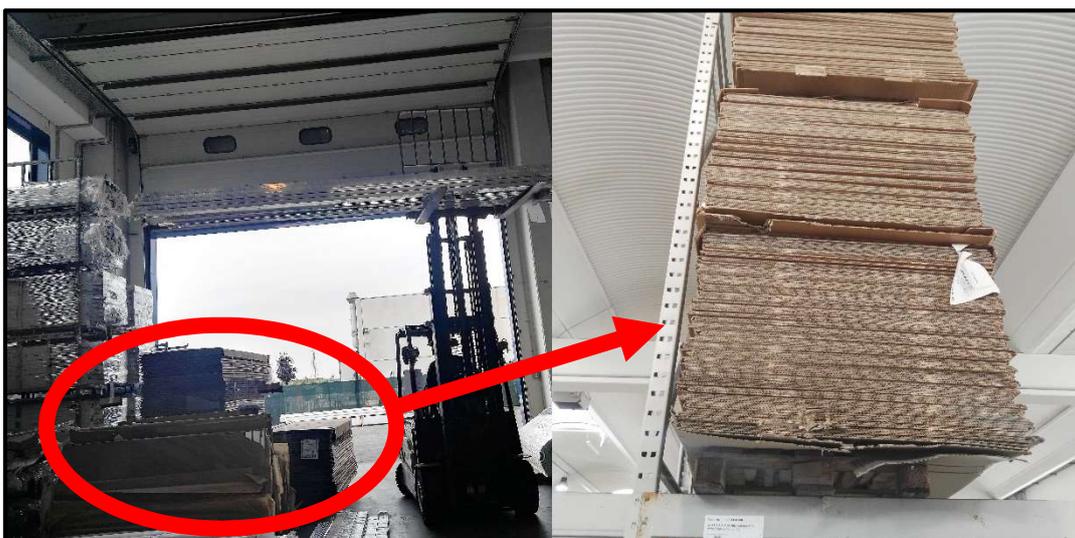
*Figura 56: Due operatori impiegati nello smaltimento delle verghe obsolete e/o rovinate.*



*Figura 57: Componenti tagliate e forate inutilizzabili.*

Come si vede nell'immagine 53, poche pagine più indietro, i materiali che impediscono la facile movimentazione dei muletti all'interno dell'impianto sono sempre articoli da stoccare nel magazzino in ingresso, come profili di alluminio, vetri e scatoloni per l'imballaggio.

Per quanto riguarda quest'ultimi, nella situazione fotografata si è rilevata una delle anomalie più frequenti tra i diversi codici analizzati, ovvero parte di quei cartoni che occludevano il passaggio di ingresso al carrello elevatore risultavano essere già abbondantemente stoccati nei vari scaffali dedicati e parte, al contrario, risultavano assenti nella scaffalatura di destinazione, come si può vedere dalle immagini sottostanti. Ancora una volta, da una parte, sono stati ordinati senza alcuna verifica del responsabile degli acquisti che si è fidato ciecamente dell'elaborazione MRP, dall'altra, si sottolinea la mancanza di informazioni al magazziniere che non gli consente di stoccare il materiale nella giusta posizione non appena ha ultimato lo scarico dal camion di fornitura.



*Figura 58: Overstock scatoloni.*



*Figura 59: Under stock e overstock scatoloni.*

La medesima situazione si verifica per lo stoccaggio dei vetri. In questo caso però la gestione risulta essere più oculata poiché il valore immobilizzato a magazzino di questi articoli risulta essere importante per l'azienda, come si vedrà nei paragrafi successivi.

Le differenze tra questi due materiali vanno a interessare principalmente la gestione delle distinte base prodotto che, per i vetri vengono costantemente aggiornate dato l'elevato costo associato. Infatti, attualmente l'MRP, completato un ordine di produzione, sottrae dalle giacenze a magazzino uno o più scatoloni, se questi sono correttamente indicati, e i vetri che vengono dichiarati all'interno dell'OP.

Anche per la gestione dei cristalli si osserva la mancanza di indicazioni chiare riguardo lo stoccaggio, l'assenza di qualsiasi segnale visivo dedicato ad ogni codice in giacenza, bancali semi consumati di materiale ordinato, impossibilità di prelievo per codici posti

dietro a barriere fisiche costituite da altri bancali contenenti vetro o altro materiale, evidente stato di inutilizzo evidenziato da uno strato importante di polvere, miscuglio di codici nello stesso bancale che comporta difficoltà nel prelievo e nel riconoscimento dei vetri necessari per la composizione del box doccia.

È chiaro che per qualsiasi materiale in entrata acquistato da fornitori non viene controllato, sia nelle quantità che nella qualità, dai magazzinieri che nella frenesia generale cercano di allocare il materiale nella prima posizione utile libera, senza che questa venga segnalata a nessuno.



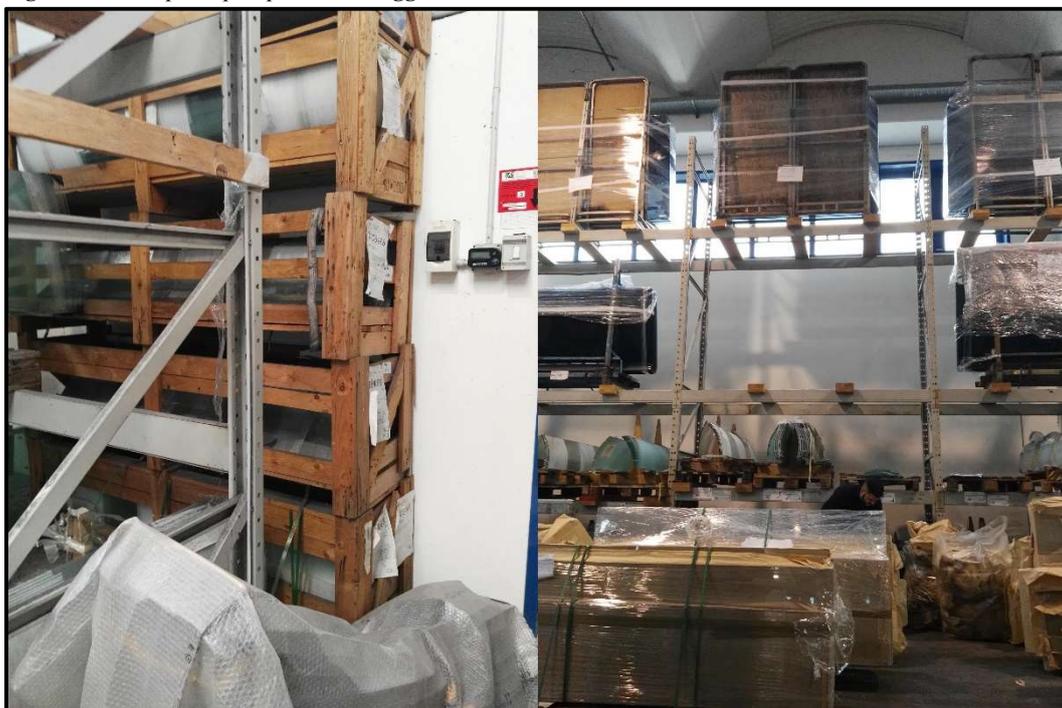
*Figura 60: Vetri stoccati in un'area impropria con evidente strato di polvere.*



*Figura 61: Esempio prelievo materiale indisciplinato, spreco di spazio libero.*



*Figura 62: Aree principali per lo stoccaggio dei vetri.*



*Figura 63: Esempio stoccaggio vetri in aree improprie.*

Tutta questa malagestione, disorganizzazione e mancanza di personale per far fronte alla mole di materiali in ingresso, genera un fabbisogno di spazio sempre maggiore per poter proseguire nelle attività di produzione rispettando i tempi prefissati di consegna.



*Figura 64: Buffer ricevimento merci, in attesa di essere smistate.*

Anche per gli articoli di acquisto di medie piccole dimensioni consegnati in scatole sigillate, come cerniere, perni e minuteria varia nell'immagine sopra riportata, risulta essere difficile in primis riconoscere il materiale e stoccarlo in appositi scaffali poi.

Le perdite di tempo associate a queste operazioni si traducono in ore di lavoro e fatica completamente inutili, che invece potrebbero essere impiegate per creare valore aggiunto. Mediamente, per ciascun magazziniere a cui viene affidato il compito di gestire la merce in ingresso, le perdite di tempo generiche, con gli attuali processi (forse meglio definiti come non-processi), si aggirano intorno al 50% del tempo lavorativo.



*Figura 65: Zona di scarico camion fornitori.*



*Figura 66: Semilavorati stoccati senza alcuna logica.*

### 3.3.2 REPARTO TAGLIO

La gestione esposta precedentemente per i materiali in ingresso ha chiaramente delle forti ripercussioni nelle fasi successive di lavorazione.

Si è visto che il reparto di taglio procede nel taglio di profili che vengono elencati in una lista consegnata al responsabile del reparto stesso (figura 43). In questo documento vengono riportate le quantità, la descrizione e il modello di box sul quale devono essere montati i codici da tagliare. Nessuna immagine descrittiva della matrice, con delle quote caratteristiche per differenziare profili simili tra loro, viene riportata in questo OP.

Unitamente alla mancanza di indicazioni sull'allocazione delle verghe (come descritto nel paragrafo precedente), l'operatore addetto alla sega dovrà iniziare a cercare il materiale da tagliare. Nella migliore delle ipotesi, ovvero per profili che hanno un elevato indice di rotazione, quindi un importante coefficiente di impiego, la ricerca si svolge in pochi minuti e consente di effettuare le lavorazioni successive in breve tempo; per quegli articoli che presentano una medio-bassa frequenza di consumo, la ricerca richiede circa il 50-60% del lead time associato al profilo pronto per essere incollato, soprattutto quando l'operatore non riconosce a memoria le matrici da tagliare (numero di matrici attualmente in uso circa 90). Questo se si presume che il profilo sia stato scelto correttamente dall'operatore; potrebbe accadere infatti che la verga tagliata non sia quella giusta e quindi, se l'errore viene riscontrato prima della successiva lavorazione, è possibile recuperare il profilo e le ore spese precedentemente, altrimenti è necessario scartare l'articolo lavorato.

Accade anche che i pezzi vengano danneggiati durante le fasi di movimentazione e/o lavorazioni successive e che queste imperfezioni vengano rilevate solamente quando si arrivi all'imballaggio o addirittura presso il cliente finale.

Banalmente anche lo stesso prelievo da parte dell'operatore prevede lo scorrimento tra due o più profili che potrebbe causarne la rigatura.

Le colpe si devono imputare principalmente alla disattenzione del lavoratore ma soprattutto alla disposizione delle verghe nei magazzini, come nell'immagine qui sotto, dove si vede chiaramente che non si ha la possibilità di prelevare il materiale dai lati ma solamente frontalmente.

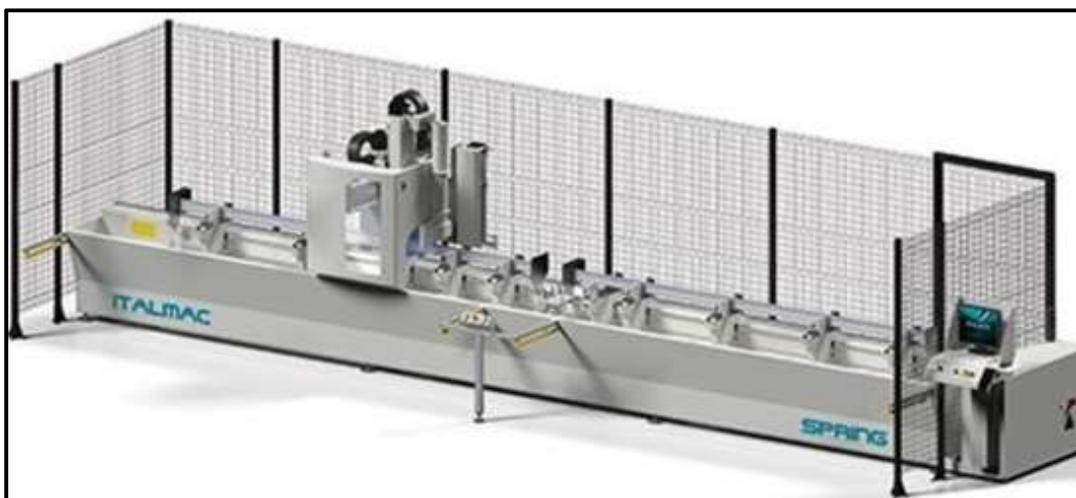
Per un'azienda che produce box doccia di fascia medio alta un profilo verniciato graffiato non può essere utilizzato e quindi deve essere scartato.



*Figura 67: Profili verniciati da prelevare.*

Molto spesso si verifica che vengano ordinati dei profili con una certa finitura poiché, dopo ore alla ricerca tra i diversi scaffali dei cantilever, si pensa che siano stati terminati ma che invece, nelle ore/giornate successive, si riscontri una piccola rimanenza a magazzino.

La fase successiva di lavorazione, per il 90% dei codici dei profili, dopo il taglio prevede solitamente la creazione di fori od asole per mezzo della fresatrice a controllo numerico o della pressa.



*Figura 68: Centro di lavoro attualmente in uso. (fonte: <https://www.italmac.it/it/products/spring>)*

Si può verificare, come già detto in precedenza, che il profilo venga tagliato grezzo, eventualmente piegato per mezzo della calandra e infine verniciato.

La pressa viene utilizzata con lotti di lavorazione numerosi, solitamente profili associati a prodotti standard e principalmente venduti alla GDO (Grande Distribuzione Organizzata), per ridurre i costi di attrezzaggio. Durante le rilevazioni cronometriche però non si è riscontrato un tempo eccessivo di setup, ma sicuramente riducibile (circa del 50% del tempo attuale) attraverso l'impiego della metodologia *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) introdotta da Shigeo Shingo nel 1950 negli stabilimenti della Toyota.

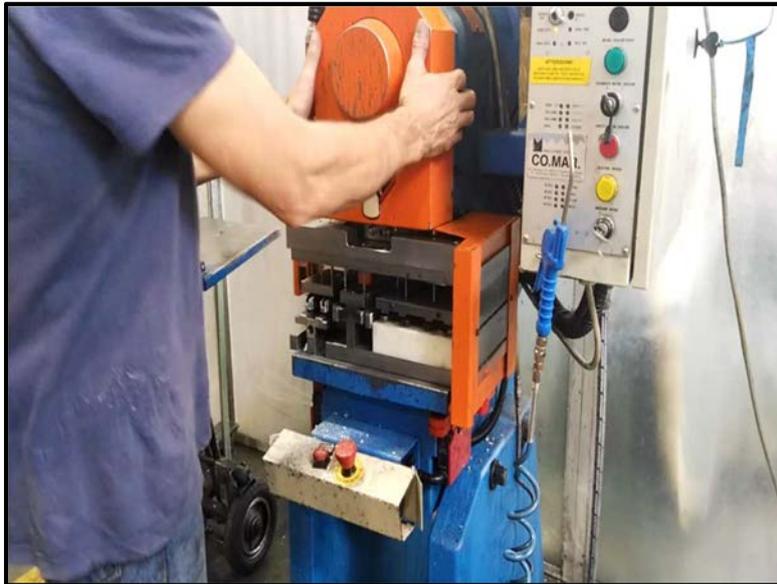


Figura 69: Pressa attualmente in uso.

Per quanto riguarda il centro di lavoro, la lunghezza utile di fresata, circa 7 metri, consente la produzione contemporanea di due profili completi facendo lavorare la macchina in regime pendolare e dopo aver selezionato prima il programma associato al codice di lavorazione e poi aver predisposto manualmente gli ancoraggi del pezzo da lavorare in modo da evitare la collisione tra mandrino e blocco pneumatico.

Le statistiche associate a questa macchina a controllo numerico risultano essere impietose. Attualmente, causa la mancanza totale di assistenza dall'azienda fornitrice del macchinario, di tutti i codici che vengono elaborati al suo interno, soltanto il 40% dei profili lavorati rispondono a requisiti qualitativi alla prima lavorazione.

In queste statistiche non vengono considerati quei pezzi che presentano già dei difetti estetici dalle lavorazioni precedenti, ma che vengono fresati ugualmente poiché non verranno montati nelle parti a vista.

Nelle immagini che fanno seguito, si sono riportati gli errori tipici che si verificano durante le lavorazioni tra il taglio e il fresaggio dei profili.



Figura 70: Errore nel taglio dei profili.

In questa figura viene riportato il 99% degli errori di lavorazione del reparto taglio. In primis, si nota la presenza di profili evidentemente ammaccati e ossidati che non dovrebbero nemmeno essere presi in mano dagli operatori se non per cercare di eliminare la parte danneggiata recuperando il resto del profilo. Trascurando la qualità degli articoli, dall'etichettatura precaria si evince che gli otto pezzi tagliati (4 destri e 4 sinistri) non debbano essere tutti della medesima lunghezza, eppure risultano tutti uguali (a parte nella rifinitura superficiale). Questo accade perché il profilo deve essere tagliato non secondo le dimensioni riportate nell'OP, ma deve essere effettuato un calcolo dall'operatore che tiene conto delle dimensioni del vetro prescelto dal cliente per la configurazione finale.

Il restante 1% di lavorazioni errate riguarda la scelta del profilo e l'inclinazione di taglio che determina il verso dell'installazione del box doccia.

I pezzi tagliati passano dunque al vicino centro di lavoro per la creazione di fori e/o asole. L'operatore, secondo le misure riportate sullo scotch, seleziona il programma di lavorazione, i parametri di funzionamento della macchina e infine ancora il/i profili.

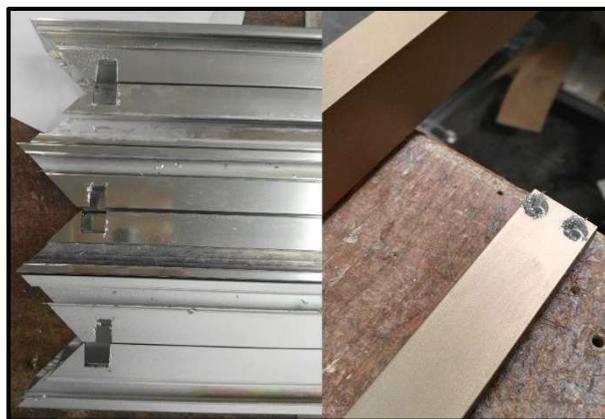
In queste due fasi si perde il 40% del tempo del lead time di consegna al reparto di incollaggio dei codici lavorati perché, da una parte, i programmi non sono codificati con il medesimo barcode degli articoli bensì presentano una descrizione generica che solo un operatore esperto riesce ad individuare (non esiste alcun know-how aziendale sul centro di lavoro), dall'altra, il posizionamento della morsettiera è manuale e non automatica e quindi l'operatore deve prima accertarsi che il mandrino non impatti sui blocchi per far lavorare la fresa al massimo della velocità di lavorazione possibile.

La morsetteria pneumatica, come si osserva dalla figura sottostante, risulta essere priva di alcuna manutenzione, con perni di fissaggio sulla guida rotti che non consentono di bloccare efficacemente il pezzo, impedendogli di slittare con le vibrazioni indotte durante la lavorazione di asportazione del truciolo. Vengono infine inseriti degli spessori per evitare danneggiamenti dei morsetti e del pezzo.



*Figura 71: Blocchi pneumatici del centro di lavoro in evidente stato di usura.*

Il risultato delle mancate manutenzioni del macchinario, complice il disassamento del mandrino, si traduce in pezzi che non presentano le medesime caratteristiche anche se fanno riferimento allo stesso codice prodotto e nella presenza di bava da rimuovere manualmente o con successive rilavorazioni ripetendo il programma del centro di lavoro, raddoppiando quindi i tempi di lavorazione (si arriva persino a lavorare un profilo per 4 volte consecutive prima di avere una configurazione finale accettabile).



*Figura 72: Difetti di lavorazione nel centro di lavoro.*

### 3.3.3 REPARTO INCOLLAGGIO

Ultimate le lavorazioni nel reparto taglio, i profili vengono smistate in apposite rastrelliere per essere quindi incollati, o fissati meccanicamente, ai vetri indicati nell'OP.

Come prima cosa vengono prelevati i cristalli dai magazzini dedicati. Come si è visto nei paragrafi precedenti però non è segnalata alcuna ubicazione nelle liste consegnate al responsabile del reparto di incollaggio e quindi, a meno dei vetri che sono dedicati ai prodotti venduti alla GDO (modello 3.0 e 2.0), a coppie si va alla ricerca dei vetri all'interno dello stabilimento produttivo, affidandosi alla memoria e chiedendo anche ai magazzinieri responsabili dello stoccaggio di questi articoli.

Mediamente questa operazione richiede 2 ore di tempo per un prelievo di materiale che consente di arrivare ad assemblare circa 22 box. Ovvero, considerando che il prelievo non è mai autonomo, a persona in 2h di tempo si riescono ad avere a disposizione i vetri per assemblare 11 cabine doccia.

Questo perché, da una parte, la mancata dichiarazione di stoccaggio genera una perdita di tempo spaventosa nella ricerca in giro per la fabbrica, dall'altra, il peso medio dei vetri e il loro malsano stoccaggio comporta una manipolazione che è impossibile da effettuare singolarmente, come si può vedere dalle immagini qui di seguito riportate.

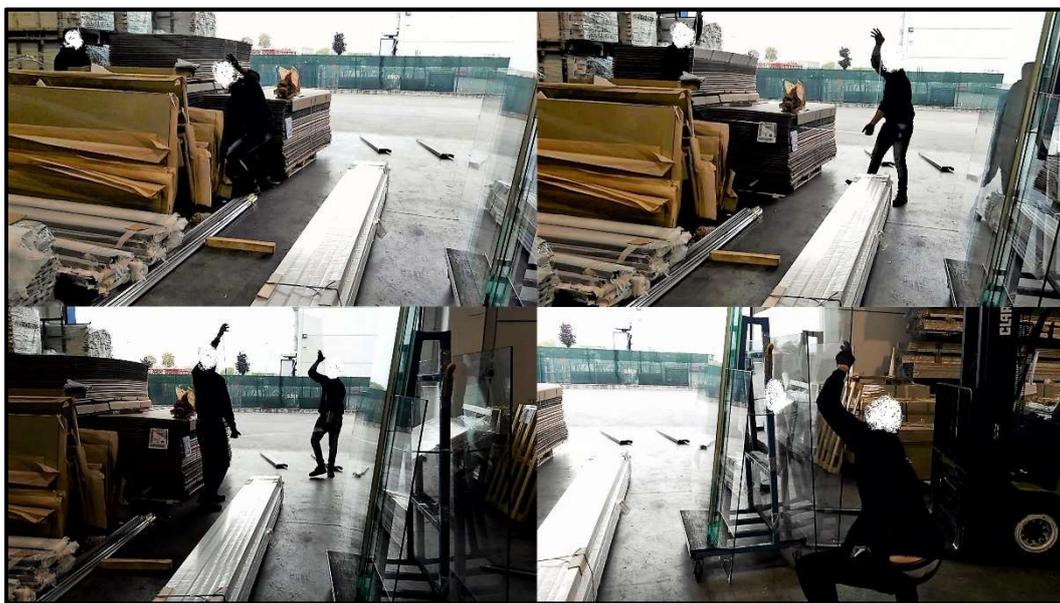
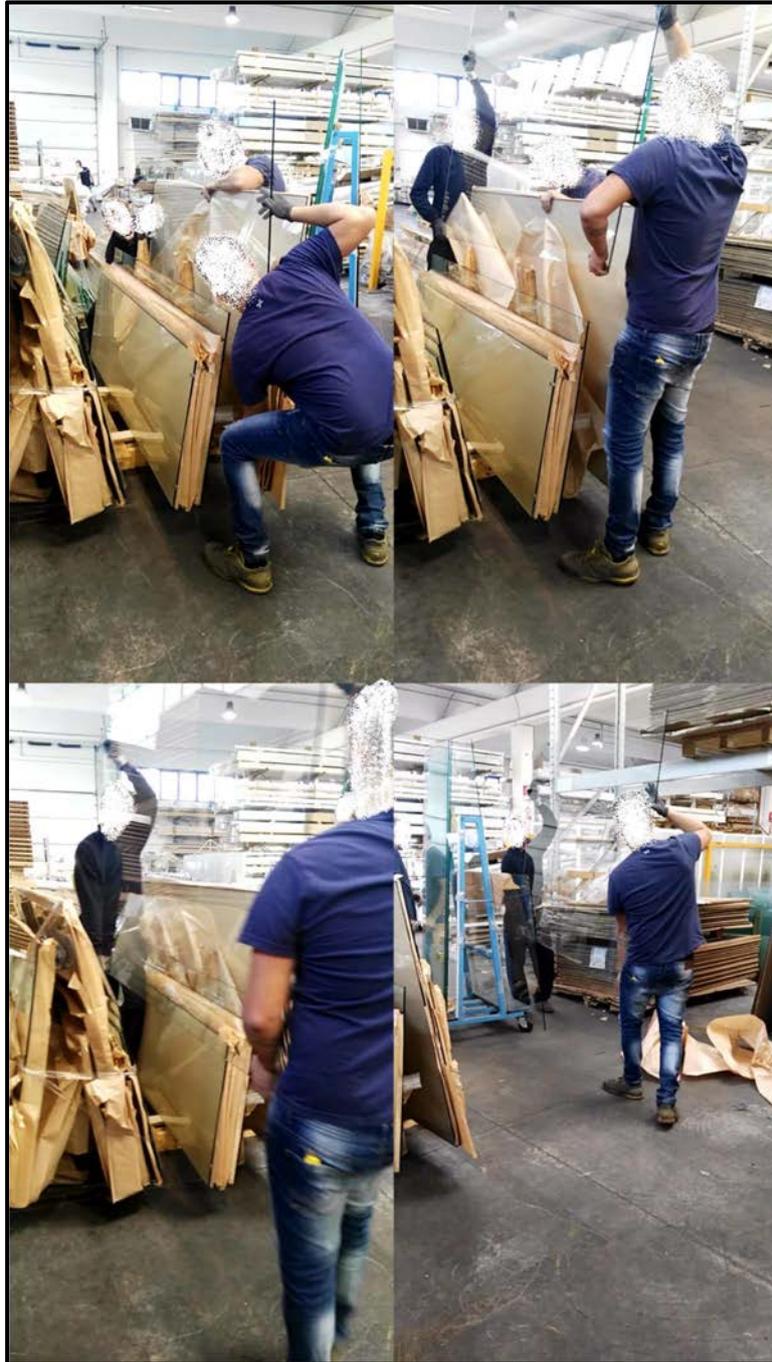


Figura 73: Esempio prelievo 1. (due persone, 1 minuto)



*Figura 74: Esempio prelievo 2. (tre persone, 1 minuto)*

Ultimato il prelievo, si passa alla fase di incollaggio dei profili e il loro eventuale fissaggio meccanico. In queste operazioni non si sono riscontrate importanti anomalie di processo legate alla costituzione delle parti del box doccia. Le difficoltà principali derivano dalla mancanza di sinergia con il reparto taglio, che avendo una propria lista da seguire, non sempre risponde al fabbisogno diretto dei task successivi, portando alcuni operatori dell'incollaggio a tagliarsi autonomamente i pezzi necessari.

La mancanza di lavoro per questo reparto è nel 95% dei casi da imputare a ritardi di consegna del materiale, sia dal fornitore dei vetri (15% dei casi) che dal reparto taglio (85%), e il restante 5% nella difficoltà di lavorazione, che richiede un lungo tempo di riposo per far asciugare la colla sul tavolo di lavoro, data dall'impossibilità di appoggiare il semilavorato su nessuno dei suoi lati.

Mediamente, per gli articoli che non appartengono alle famiglie di prodotto "modello 3.0 e 2.0", i tempi di lavorazione si aggirano intorno ai 15 minuti. Questi sono viziati da perdite di tempo generiche che possono sicuramente essere azzerate, ma che in confronto agli sprechi sopra elencati costituiscono il bacino di analisi conseguente alla risoluzione di quelli più gravi.

### 3.3.4 MONTAGGIO, IMBALLAGGIO E SPEDIZIONI.

I muda rilevati per queste fasi sono la diretta conseguenza delle difficoltà evidenziate per i reparti di taglio e incollaggio. La mancanza di ordini di produzione da montare, assemblare e imballare causa ritardi nella spedizione.

È assolutamente irrefutabile che tutti gli sprechi di questi reparti non si possano attribuire soltanto a cause esterne. Tempi morti si verificano principalmente nella movimentazione di carrelli tramite transpallet manuali, nel prelievo delle guarnizioni da effettuare lontano dalle postazioni di lavoro i cui codici non sono chiaramente visibili e vengono posti su scaffalature ad altezze difficilmente raggiungibili dagli operatori, nella mancanza dei cartoni per l'imballaggio stoccati in aree sconosciute o semplicemente terminati, mancanza di attrezzature idonee per il lavoro (avvitatori rotti o mal funzionanti, metri e cacciaviti rubati da altri) o anche nella necessità di modificare i pallet per la spedizione dei prodotti finiti, per realizzare la massima ottimizzazione di spazio per il trasporto ed evitare il ribaltamento del carico che porta alla conseguente rottura dei box doccia imballati.



*Figura 75: Stoccaggio guarnizioni.*

### 3.4 CONCLUSIONI GENERALI

Nei precedenti paragrafi si è avuto modo di analizzare e sottolineare le difficoltà maggiori a cui devono far fronte gli operatori. Queste difficoltà derivano da una totale mancanza di processi, formazione del personale e attrezzatura, software e hardware, per ridurre drasticamente le fasi che non creano alcun valore per il prodotto finito.

Ci sarebbe da includere anche l'analisi sui processi che avvengono all'interno degli uffici, che causano la disorganizzazione generale nei reparti produttivi. In questo elaborato si è sempre avuto presente che il percorso di riorganizzazione dovesse iniziare con l'individuazione di un agente del cambiamento fino ad arrivare all'individuazione di un progetto di ampio respiro, da svolgere in un arco di tempo lungo e fatto da step ben schedulati, come sottolineano Womack e Jones nel loro libro "*Lean Thinking*", coinvolgendo tutti quelli che costituiscono l'azienda.

L'obiettivo dichiarato dalla dirigenza è quello di voler aumentare la produzione, aumentando di conseguenza il fatturato, e acquisire nuovi immobili per aumentare i metri quadri coperti a disposizione della produzione.

È evidente la logica convenzionale che risiede in questa dichiarazione di intenti. Più complesso e faticoso è incominciare a riconoscere gli errori nelle scelte e porre rimedio a tutti gli sprechi che danno sfogo all'aumento dei costi generali.

Si potrebbe partire dall'analisi del layout attuale, individuare e segnalare aree congrue alle operazioni da effettuate. Si dovrebbe quindi passare alla formazione del personale per insegnare loro i processi corretti e a fare in modo che diventino i primi controllori del processo, spronandoli a trovare soluzioni migliorative per aumentare il livello di produttività e la qualità dei prodotti finiti. Si dovrebbe puntare infine, a investire sulla forza lavoro, integrandola con l'innovazione tecnologia, per agevolare la produzione rendendola ancora più flessibile.

Per la mancanza di tempo, complice il fatto di non trovare appoggio nelle altre persone rispetto ai concetti sopra ripotati, l'analisi seguente si è maggiormente concentrata sul ricercare soluzioni non troppo radicali, a basso costo, e che comportassero, almeno sulla carta, un risparmio dei costi allettante per la dirigenza. Questo potrebbe essere un ottimo inizio per il cambio di mentalità generale al fine di raggiungere l'aumento di fatturato e di produzione a fronte di una riduzione dei costi generali e di investimenti nell'innovazione.

## CAPITOLO 4.

### ANALISI ECONOMICA

#### 4.1 INTRODUZIONE GENERALE

La ricerca di soluzioni efficaci, sub-ottimali, ha visto scandire le fasi nello stesso ordine seguito nell'analisi dei processi di produzione, partendo dalla merce nei magazzini in ingresso fino ad arrivare al momento della spedizione.

Fortunatamente, forse un po' meno per gli attori aziendali, le rilevazioni condotte sono avvenute in un periodo in cui la domanda del mercato ha visto un picco di richieste da settembre fino a dicembre 2018. In questo quadrimestre la produzione è stata fortemente stressata e i difetti dell'organizzazione sono stati tutti messi in evidenza. Complice anche il fatto di un forte ricambio della forza lavoro che ha visto maggiormente colpiti il magazzino merci e il reparto taglio. La mancanza di esperienza ha aggravato i meccanismi poco regolati di tutta la produzione, comportando un ritardo sulle consegne di ordine fino a 3 settimane lavorative.

La crescita dell'azienda non si è però arrestata nel 2019 e quindi è necessario introdurre cambiamenti significativi nel breve tempo possibile programmandoli accuratamente.

La visione generale parte da una rielaborazione del plant produttivo che non viene stravolto anzi, si preserva la linea di produzione che mette ben in evidenza il flusso di valore dell'impianto stesso.



Figura 76: Magazzino secondario.

L'area a disposizione per i reparti produttivi risulta essere estesa per un valore di 6000 metri quadri a disposizione più un magazzino secondario esterno di circa 300 metri quadri dove vengono stoccati parte dei vetri, accessori come pilette, piatti doccia, tetti, doccioni, e materiale per l'imballo.





Figura 78: Esempio carrello elevatore multidirezionale. (fonte: <https://www.omgindustry.com/it/>)

Anche lavorando sulla standardizzazione dei cartoni e degli imballi interni si riuscirebbe a ridurre la varietà dei cartoni utilizzati, aumentando la frequenza e la regolarità del consumo e pensando quindi di poterli gestire con una tecnica a fabbisogno come il Kanban, togliendo codici computabili da MRP.

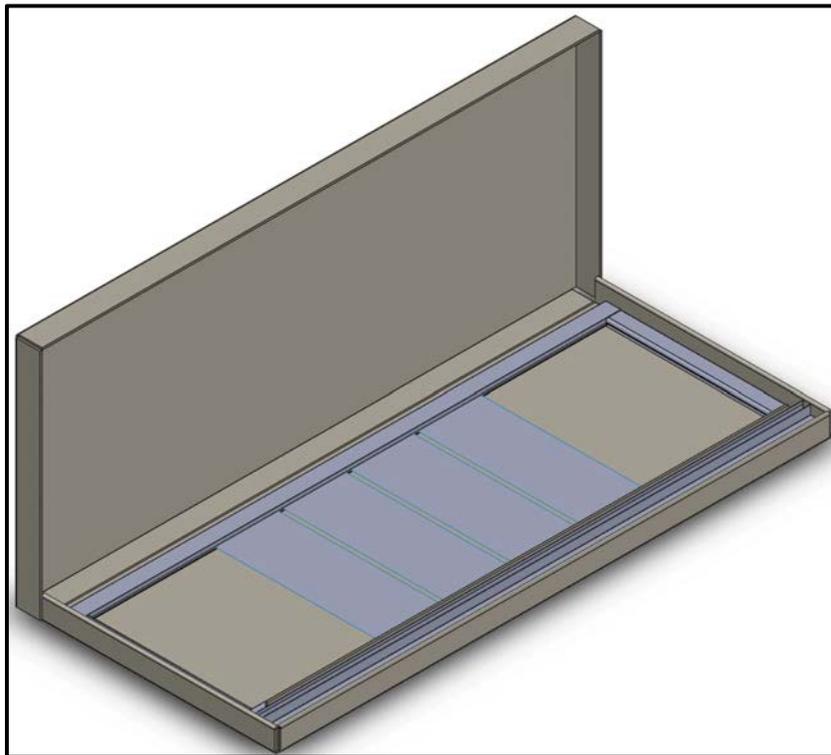


Figura 79: Esempio imballaggio senza polistirolo.

Se si riuscisse ad eliminare gran parte del polistirolo, si ridurrebbero da una parte i materiali di acquisto, ma soprattutto, lo spazio dedicato a questi elementi, che come si può vedere dalla figura 76 poche pagine più indietro.

Questi ed altri interventi, che richiedono modeste risorse, potrebbero essere implementati nel giro di poche settimane realizzando importanti benefici al processo produttivo.

Le aree più significative d'intervento, che sono state accuratamente analizzate nel corso dei mesi trascorsi nell'azienda, di cui si sono raccolti importanti dati che hanno consentito una attenta analisi dei costi nell'applicazione delle tecniche di gestione dei materiali presentate nei primi capitoli e che possono portare a significativi cambiamenti riguardano la gestione dei vetri e dei profilati di alluminio, discussi nel prossimo capitolo. Materiali che come visto generano importanti ritardi di consegna rispetto alle date concordate quando il sistema si trova sottopressione.

La mancanza di un sistema di gestione diretto delle scorte fisiche ha costituito un importante ostacolo per l'analisi della gestione dei vetri e dei profilati di alluminio. In particolare, come si vedrà nei prossimi paragrafi, per le verghe di alluminio, gestite a chilogrammi per comodità di acquisto e di verniciatura, non è stato possibile fare un confronto tra le giacenze medie rilevate negli anni precedenti e quelle che si otterrebbero con sistemi di gestione ponderati per ogni codice.

## 4.2 MAGAZZINO VETRI

### 4.2.1 CRITERI ATTUALI DI GESTIONE DEI VETRI

Dai dati prelevati dai database aziendali, risultano creati 1799 codici per la gestione degli articoli che rientrano nella famiglia dei vetri, vale a dire che in questi sono compresi anche le lastre di acrilico che vengono ritagliate nella dimensione desiderata per il box doccia finale.

Di questi, non considerando i trentuno codici che risultano essere bloccati ovvero fuori produzione, il 63% circa risulta essere attivo e movimentato nel magazzino e quindi richiesto dal mercato (nell'anno 2018) mentre il 37% giacente a magazzino senza mai essere prelevato e quindi mai scelto dal cliente finale per la configurazione del box doccia.

Per quanto concerne i criteri di approvvigionamento, i vetri vengono gestiti a scorta minima con lotto minimo di riordino, a fabbisogno puro o con lotto minimo di acquisto, dove il limite di quantità viene imposto dall'azienda fornitrice per particolari esigenze produttive attualmente sconosciute all'azienda. Per riassumere i dati si ricorre alla tabella qui di seguito riportata.

Tipo di richiesta del mercato	Percentuale codici corrispondenti alla richiesta	Criterio di riordino	Percentuale codici corrispondente al criterio di riordino
Codici con <b>domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	37%	Scorta minima con lotto minimo	2.85%
		Fabbisogno puro	97.15%
		Fabbisogno puro con lotto minimo di acquisto	0%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	63%	Scorta minima con lotto minimo	37.57%
		Fabbisogno puro	62.33%
		Fabbisogno puro con lotto minimo di acquisto	0.1%
Codici totali	1768		

Tabella 12: Criteri di gestione della famiglia dei vetri.

È chiaro che non essendo solo materiali molto costosi, rispetto alle verghe di alluminio, ma anche altamente ingombranti e difficili da stoccare nella maniera corretta, come si è visto nei capitoli precedenti, è necessario anche ottimizzare gli spazi di allocazione dedicati alla famiglia dei vetri.

Attualmente si calcola occupata un'area di circa 900 metri quadrati per la giacenza dei cristalli, siano essi da incollare o da imballare solamente, ma probabilmente, in base alle considerazioni precedentemente fatte, questa area risulta essere altamente sottostimata. Infatti, si dovrebbe considerare oltre allo spazio fisico occupato dai vetri anche quello che si rende indispensabile per movimentarli, manualmente o con muletto, in sicurezza. La suddivisione tra aree di stoccaggio a terra e in scaffalatura può essere espressa nella forma seguente:

	Spazio disponibile dedicato al suolo	Spazio disponibile dedicato su scaffalatura	Area totale di stoccaggio
	~600 m <sup>2</sup>	~200 m <sup>2</sup>	~800 m <sup>2</sup>
Spazio disponibile in percentuale	75%	25%	

Tabella 13: Gestione delle aree di allocazione vetri.

Per quanto riguarda il valore dello stock fisico immobilizzato, considerando le giacenze medie mensili e utilizzando come funzione di valorizzazione l'ultimo costo disponibile a database, l'analisi, riassunta nella tabella 14, ha portato alle seguenti immobilizzazioni finanziarie per l'azienda associate alla gestione attuale dei vetri.

	Giacenza media a magazzino	Valore giacenza media a magazzino	Valore percentuale
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	1023.5 pz	30912.15 €	16.02 %
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	9085.33 pz	162030.68 €	83.98 %
Totale	10108.83 pz	192942.83 €	

Tabella 14: Giacenze media per la famiglia vetri.

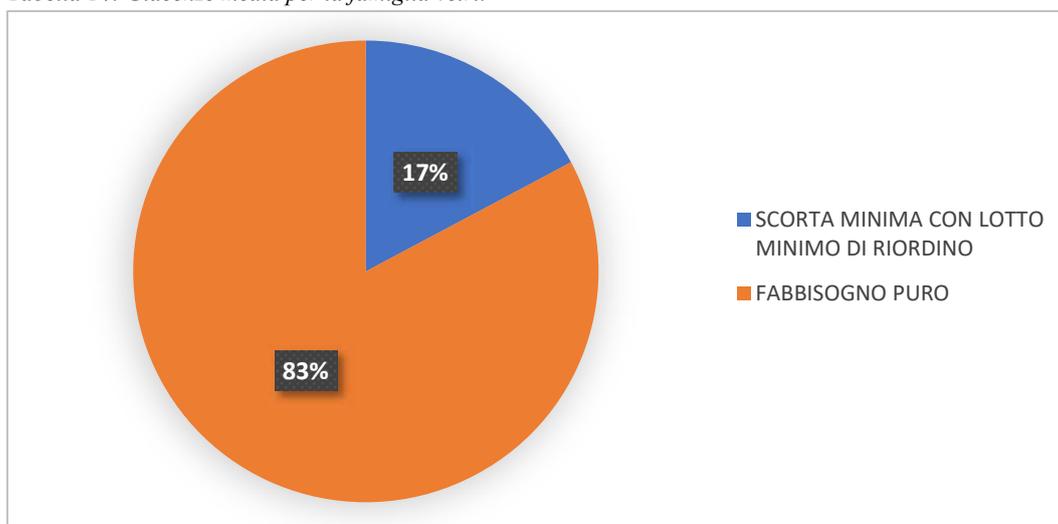


Figura 80: Suddivisione costi dei vetri con consumo nullo nel 2018 secondo i diversi criteri di gestione.

Infine, è interessante notare che il 16.02 % del valore totale, dovuto alla giacenza di materiale non consumato nel 2018, è derivante principalmente, come riportato in tabella 12, da materiali gestiti a fabbisogno puro. Questo potrebbe essere dovuto sicuramente alla cancellazione di ordini da parte del cliente, però la frequenza con la quale avviene questo fenomeno (83% come in figura 80) conduce a concludere che sia dovuto ad una errata applicazione del criterio di riordino.

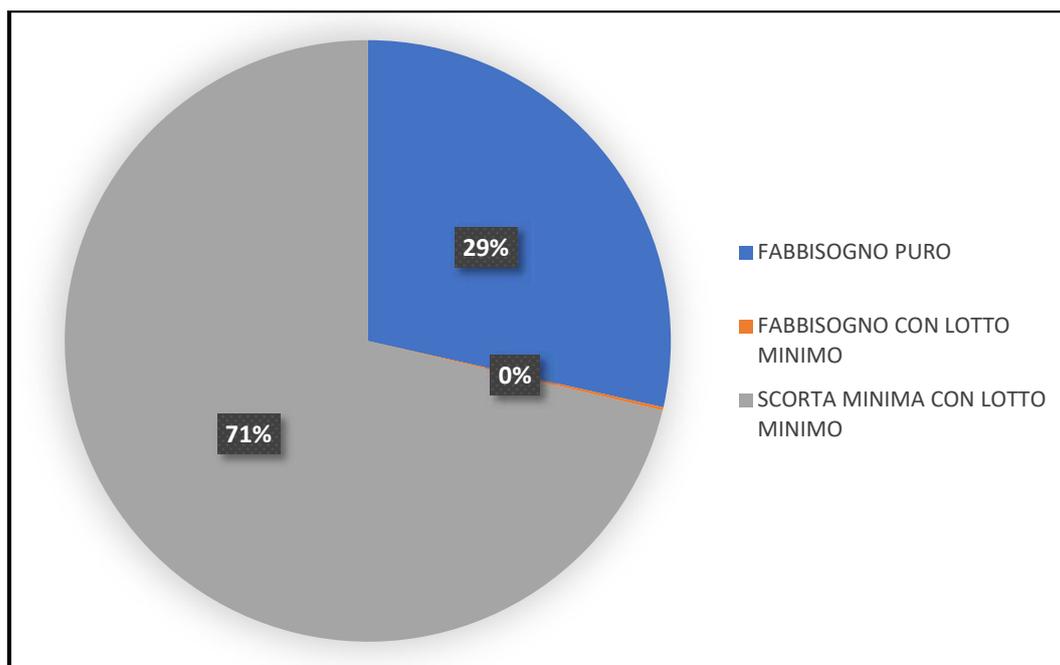


Figura 81: Suddivisione costi dei vetri consumati nel 2018 secondo i diversi criteri di gestione.

#### 4.2.2 REVISIONE DEI METODI DI GESTIONE

Nel secondo capitolo di questo elaborato si è dato ampio respiro alla trattazione del metodo di analisi che è stato seguito durante il lavoro in azienda.

Soprattutto per la gestione degli articoli appartenenti alla famiglia dei vetri, essendo la produzione del fornitore di questi particolarmente attenta a soddisfare tempestivamente l'azienda, si è cercato il modo per poter applicare tecniche più innovative come quelle afferenti alla categoria VMI. Non è stato possibile però percorrere questa strada poiché nel corso di questa esperienza non si è avuto modo di poter interagire direttamente con un responsabile della fornitura dei cristalli.

Il lavoro fin qui svolto quindi non costituisce assolutamente un punto di arrivo per l'azienda nella gestione dei vetri ma costituisce un miglioramento significativo per la selezione dei criteri atti non solo a ridurre i costi immobilizzati nelle scorte, ma anche ad

ottimizzare lo spazio di stoccaggio fisico che, come visto nella tabella 13 e nelle immagini riportate precedentemente, sembra essere insufficiente.

L'analisi ha previsto le seguenti estrazioni dal gestionale aziendale:

- Box doccia venduti e spediti al cliente finale dal 01/01/2018 al 15/12/2018;
- Distinte base aggiornate alla data 15/12/2018;
- Politiche di riordino aggiornate al 15/12/2018;
- Inventario di tutti i materiali presenti a magazzino per ogni mese del 2018.

Dalle vendite estrapolate è stato possibile risalire, attraverso le distinte base prodotto e ai coefficienti di impiego in esse presenti, alla domanda di ciascun codice.

Da questa prima elaborazione si sono filtrati i dati dei consumi appartenenti alla famiglia dei vetri e delle matrici di alluminio, dalla barra grezza fino al profilo tagliato e fresato. Questa scelta è stata fatta per ragioni di tempo, ma soprattutto per intervenire sulla gestione di codici che comportano un ingombro non indifferente, che generano un processo incontrollato durante periodi di forte stress produttivo e che comportano un costo non indifferente per l'azienda dovuto alle immobilizzazioni a magazzino.

Le prime considerazioni si rivolgono a tutti quei codici che nel corso dell'anno 2018 non sono stati movimentati a magazzino, ovvero tutti quegli articoli presenti a catalogo che non hanno avuto richiesta nel mercato, che costituiscono il 16.03% delle immobilizzazioni mensili a magazzino. Questi cristalli possono essere smaltiti senza emettere nuovi ordini di acquisto sia per quelli gestiti a scorta che a fabbisogno, fino ad azzerare le scorte ed eventualmente eliminarli dal catalogo. Un'alternativa potrebbe essere quella di far rientrare tutti questi codici all'interno della categoria "su misura", ovvero realizzando questi articoli in base alle richieste del cliente, aumentando i tempi di attesa per la ricezione del box doccia.

Il passo successivo ha visto la revisione dei codici che hanno presentato un consumo durante l'anno 2018, con lo scopo di riassegnare il criterio di gestione più adatto in base alle considerazioni fatte nei capitoli precedenti. Per questi articoli si è visto che la maggior parte (71%) risulta essere gestita a scorta. Da gestionale però l'unico dato disponibile, per l'applicazione del criterio prescelto, risulta essere lo stock minimo di sicurezza, tra l'altro calcolato senza alcuna considerazione riguardante i consumi. Come è stato detto nei paragrafi precedenti, questo criterio è sicuramente quello che garantisce un livello di servizio elevato se si predispone di importati giacenze a magazzino per codice, di

converso aumentano proporzionalmente gli oneri finanziari. La scelta di tale sistema di gestione è principalmente dovuta a lotti minimi di acquisto imposti dal fornitore, che nel caso in esame viene appunto stabilito per il 71% dei vetri, oltre alla solita mentalità che si contraddistingue nella maggioranza delle persone responsabili della gestione dei magazzini i quali pensano di fornire un livello di servizio maggiore garantendo a prescindere uno stock minimo per ogni codice, solitamente uguale per tutti gli articoli.

L'analisi ABC incrociata, ottenuta mediante analisi semplice del valore di impiego e delle giacenze valorizzate al prezzo di costo, condotta sui 1101 codici consumati nel 2018 ha portato ai seguenti risultati:

GIACENZE		CONSUMI							
		A		B		C		TOT	
A	Codici	101	9.17%	71	6.45%	48	4.35%	220	19.97%
	Giacenza (€)	66054.35	40.8%	33027.613	20.4%	32074.6	19.8%	131156.57	81%
	Consumo (€)	729068.68	74.03%	36716.298	3.73%	4352.25	0.44%	770137.233	78.2%
B	Codici	30	2.72%	111	10.08%	81	7.36%	222	20.16%
	Giacenza (€)	3780.1875	2.33%	12554.1121	7.7%	8052.71	4.97%	24387.0134	15%
	Consumo (€)	52146.67	5.29%	54355.615	5.52%	6798.14	0.69%	113300.429	11.5%
C	Codici	10	0.91%	146	13.26%	503	45.7%	659	59.87%
	Giacenza (€)	235.12	0.14%	3108.025	1.92%	3143.95	1.94%	6487.09875	4%
	Consumo (€)	16386.93	1.66%	56615.18	5.75%	28361.9	2.88%	101364.015	10.3%
TOT	Codici	141	12.8%	328	29.7%	632	57.4%	1101	100%
	Giacenza (€)	70069.657	43.27%	48689.7505	30.03%	43271.3	26.7%	162030.682	100%
	Consumo (€)	797602.28	80.98%	147687.093	15%	39512.3	4.02%	984801.677	100%

Tabella 15: Analisi ABC incrociata vetri.

Da questa analisi risulta evidente che soltanto il 59.87% dei codici viene gestita nel modo più vantaggioso in quanto appartengono alla classe "C" di giacenza. Il restante 40.13% è stato possibile analizzarlo e di conseguenza scegliere il miglior sistema di gestione per questi codici.

Come si è fatto presente nel secondo capitolo, la selezione del criterio deve considerare non soltanto le variabili come giacenza media e consumo ma anche la variabilità e la frequenza della domanda. Applicando gli intervalli di suddivisione riportati nella tabella 11, si sono ricavati i risultati di seguito esposti.

Variabilità del consumo	Alta	Z	CV>1.5	635	238	14
	Media	Y	0.5<CV<1.5	0	67	145
	Bassa	x	CV<0.5	0	0	2
				<15%	15%-50%	>50%
				Strangers	Repeaters	Runners
				Bassa	Media	Alta
Frequenza del consumo						

Tabella 16: Analisi incrociata variabilità-frequenza di consumo.

#### 4.2.2.1 CODICI CON ELEVATA VARIABILITÀ DI CONSUMO (Z)

A livello teorico, si è visto che il sistema più adeguato di gestione per gli 887 codici con elevata variabilità del consumo si identifica con il criterio a fabbisogno tramite l'utilizzo della tecnica MRP. Attualmente però, come si vede nella tabella sottostante, soltanto il 74.03% dei codici viene gestita a fabbisogno puro tramite elaborazione MRP, il restante viene gestito a scorta con lotto minimo di acquisto. Analizzando attentamente la situazione si è rilevato:

Variabilità del consumo	Tecnica attuale	Percentuale codici	Somma volume medio	Percentuale codici	Lead time di riordino (giorni lavorativi)
Elevata (Z)	A scorta con lotto minimo di a.c.q.	25.97%	33.11 pz	7.89%	20
			19.96 pz	43.42%	8
			28.05 pz	48.68%	Non determinato
	Fabbisogno puro	74.03%	2.9 pz	1.66%	20
			10.8 pz	59.64%	8
			4.44 pz	38.7%	Non determinato

Tabella 17: LT di riordino per codici ad elevata variabilità.

Di quelli che si dichiara una gestione a fabbisogno puro però presentano degli stock stabili a magazzino, persino maggiori dei consumi annuali. Analizzando attentamente l'andamento delle scorte nel corso dell'anno, si sono esclusi quei codici che, dopo l'inventario per la chiusura del magazzino, presentano una giacenza fisica nulla o prossima allo zero (1-2 vetri tollerabili). Questo perché l'arrivo della merce potrebbe

essere avvenuto durante la fine del mese, oppure errati ordini di produzione che hanno visto l'utilizzo di vetri sbagliati ecc.

Quindi di tutti quei vetri gestiti a fabbisogno puro si registra che:

Variabilità del consumo	Tecnica	Classe di giacenza	Codici presenti	Giacenze valorizzate
Elevata (Z)	Fabbisogno puro	A	4.9%	33380.74 €
		B	5%	2919.2 €
		C	90.1%	4251.32 €
			TOTALE	40551.26 €

Tabella 18: Costi associati alle giacenze dei vetri gestiti a fabbisogno.

È evidente che tutti quei codici appartenenti alla classe A e B di giacenza risultano essere non correttamente gestiti a fabbisogno, presentando paradossalmente una gestione a scorta senza lotto minimo di acquisto.

Considerando i consumi passati settimanali, se venisse correttamente applicato il criterio di gestione a fabbisogno puro attraverso elaborazione MRP, ovvero considerando la giacenza media come la sommatoria dei consumi avvenuti nell'arco di tempo considerato, si otterrebbe il seguente risparmio:

Sommatoria giacenza media 2018	Sommatoria giacenza media teorica 2018	
1066.42 pz	470.52 pz	Risparmio
40551.26 €	9700.9 €	30850.36 €

Tabella 19: Ipotesi di giacenza teorica con una applicazione della tecnica MRP.

Il restante 25.97% degli 887 codici in classe Z di variabilità dovrebbe essere portato dal sistema di gestione a scorta con lotto minimo di riordino ad una tecnica a fabbisogno tramite elaborazione MRP, con lotti minimi di acquisto ove non fosse possibile raggiungere accordi commerciali con il fornitore per eventualmente eliminare tale limite.

Per quanto riguarda questi codici, l'analisi dei costi ha rilevato la seguente suddivisione nelle rispettive classi di giacenza e gli oneri finanziari ad essi associati:

Variabilità del consumo	Tecnica	Classe di giacenza	Codici presenti	Giacenze valorizzate
Elevata (Z)	A scorta con lotto minimo di a.c.q.	A	35.53%	41018.11 €
		B	46.05%	11276.46 €
		C	18.42%	1612.78 €
			TOTALE	53907.35 €

Tabella 20: Costi associati alle giacenze dei vetri gestiti a scorta.

Supponendo di predisporre della tecnica a fabbisogno con lotti minimi di riordino, attraverso una simulazione Excel che potrebbe rappresentare una situazione pseudo reale considerando i consumi passati, si potrebbero avere i seguenti risparmi:

Variabilità del consumo	Tecnica	Classe di valore di impiego	Codici presenti	Giacenze valorizzate
Elevata (Z)	A scorta con lotto minimo di a.c.q.	A	6.14%	2828.50 €
		B	47.37%	14763.8 €
		C	46.49%	17700.3 €
			TOTALE	35292.6 €
			RISPARMIO	18614.75 €

Tabella 21: Costi ipotizzati per le giacenze dei vetri con elevata variabilità se gestiti tramite MRP.

È chiaro che l'ostacolo principale per l'utilizzo del criterio del fabbisogno puro è il tempo di attesa che intercorre tra l'ordine di acquisto e l'arrivo del materiale a magazzino, soprattutto per quei codici il cui lead time imputato è pari a venti giorni lavorativi. I volumi di vendita e i costi a questi associati suggeriscono che il cliente però ne sia informato e sia disposto a questa attesa.

#### 4.2.2.2 CODICI CON MEDIO-BASSA VARIABILITÀ DI CONSUMO (X-Y)

Per i codici che presentano una medio-bassa variabilità e una medio alta frequenza di consumo (zona evidenziata in azzurro in tabella 16), si è detto che le tecniche più idonee per il caso aziendale, disponibili in letteratura, risultano essere le Vendor Managed Inventory (VMI), quelle della famiglia del Just In Time oppure le classiche a scorta.

Purtroppo, come già detto, non è stato possibile poter perseguire nell'immediato un confronto costruttivo con l'azienda fornitrice dei cristalli.

Si deve anche far notare che in questa piccola realtà veneta la formazione culturale tecnica di chi è responsabile della scelta dei criteri di gestione del magazzino non è risultata adeguata riguardo queste tematiche e tutto viene basato solamente su esperienze dirette pregresse. Inoltre, non si era nemmeno a conoscenza delle tecniche avanzate derivanti dal progetto Efficient Consumer Response (ECR) e quindi, per le grosse lacune riscontrate nel sistema di gestione dei materiali a magazzino, è stato necessario applicare i classici criteri a scorta e/o a Kan Ban di forte impatto sugli attori aziendali.

L'attuale sistema di gestione prevede che l'87.4% dei codici, aventi medio-bassa variabilità di consumo, venga gestito a scorta e il restante 12.6%, ad eccezione di un solo codice, a fabbisogno puro senza lotto minimo di riordino.

Come si può vedere dalla tabella 16, poche pagine addietro, solamente due codici sarebbero idonei alla gestione tramite Kan Ban. Effettuando i calcoli si evince che si troverebbe giovamento con l'applicazione di questo criterio ma lo scoglio principale

risulta sempre essere la presenza di un lotto minimo di acquisto. Quindi, come già detto, dopo un'attenta analisi sui costi e consumi, è necessario concordare con il fornitore codice per codice, attraverso gli ordini quadro, i criteri di fornitura che garantiscano ad entrambi la riduzione dei costi e la continuità della produzione.

L'analisi, a questo punto, si concentra sull'ottimizzazione dei sistemi attuali. Per questi 214 articoli la suddivisione in classi di consumo e giacenza vede:

Criterio di gestione	Valore di impiego				
		A	B	C	
A scorta Fabbisogno	Giacenza	A	75	24	2
			5	0	0
B			21	53	2
			5	3	0
C			1	7	1
			2	12	0

Tabella 22: ABC incrociata per i materiali appartenenti alle classi X-Y di consumo.

Da quello che si può vedere dalla tabella 22 basterà concentrarsi sui codici evidenziati per cercare di ridurre la giacenza media per ottimizzare l'attuale sistema di gestione. Si analizzeranno in seguito quelli gestiti a fabbisogno per rilevare eventuali anomalie.

Per quanto riguarda la scelta della tecnica di gestione a scorta, si sono considerati diversi fattori come frequenza dell'ordine di acquisto, limiti di spazio e facilità di applicazione. Attualmente è previsto in tempo reale il controllo della giacenza fisica disponibile che consente al responsabile degli acquisti, dopo gli inserimenti d'ordine di produzione da parte dell'ufficio commerciale, di emettere uno o più ordini di acquisto all'azienda fornitrice in base all'elaborazione automatica del gestionale, per quantità minime imposte o superiori a queste, in base alla necessità contestuale. Per non stravolgere l'attuale sistema di avanzamento degli OP, la scelta migliore ricade sulla tecnica di Reorder Point (ROP) discusso nel corso del primo capitolo.

A questo punto, fissata la probabilità della rottura di stock desiderata, inferiore al 3%, per tutte le nove classi della cross analysis, calcolata la scorta di sicurezza, il livello di riordino e la giacenza media prevista, il risparmio che si ottiene mensilmente risulta essere pari a 21864.63 €, il cui contributo per ogni classe è riassunto nella tabella sotto riportata.

Come da previsione, il risparmio maggiore è dovuto alla riduzione delle giacenze per quegli articoli che si trovano in classe A di giacenza, meno per quelli in classe B e praticamente nullo il contributo dato da quelli di classe C che presentano già un'ottima gestione.

		VALOE DI IMPIEGO		
		A	B	C
GIACENZA	A	52.93%	18.1%	1.31%
	B	10.53%	16.83%	0.12%
	C	0%	0.17%	0%
RISPARMIO TOTALE		21864.63 €		

Tabella 23: Risparmio ottenuto con applicazione della tecnica ROP per materiali con medio-bassa variabilità di consumo.

Per quei 27 codici che sono gestiti a fabbisogno puro è necessario capire se siano essi inseriti come finiture del box doccia standard o personalizzate, poiché dalle statistiche emerge che, nel corso del 2018, hanno avuto una frequenza medio-alta di consumo e le giacenze medie si discostano in modo significativo da quelle che si otterrebbero con fabbisogno puro teorico.

Basandosi puramente sui dati raccolti, passare ad una gestione a scorta con punto di riordino significherebbe aumentare la giacenza media annua, e quindi gli oneri finanziari, per quei codici appartenenti alla classe A di giacenza. Viceversa, applicando nella sua forma teorica il fabbisogno puro si otterrebbe una riduzione importante delle scorte fisiche a magazzino.

In quest'ultimo caso si registreranno le seguenti diminuzioni di stock:

		VALOE DI IMPIEGO		
		A	B	C
GIACENZA	A	95.27%	0%	0%
	B	0%	4.5%	0%
	C	0%	0.23%	0%
RISPARMIO TOTALE		2376.88 €		

Tabella 24: Risparmio ottenuto con applicazione della tecnica a fabbisogno puro per materiali con medio-bassa variabilità di consumo.

In ultima analisi, per avere un efficace gestione delle scorte è necessario lavorare con dati sempre aggiornati e corretti ma senza perdere tempo con inventari giornalieri. È apprezzabile lo scarico a magazzino quando si registra un avanzo di lavorazione tramite OP, ma questo sistema in uso porta a sprechi di tempo per fare operazioni a valore zero.

Sarebbe necessario quindi disporre di un sistema di *Inventory Control* per consentire ai magazzinieri di confermare l'arrivo del carico da parte del fornitore, sgravando il responsabile degli acquisti di registrare la bolla di avvenuta consegna, e contestualmente verificarne le quantità; successivamente poter imputare l'area di stoccaggio preventivamente concordata da un processo chiaro e ben definito a priori per ogni singolo codice lavorato; infine lasciare agli addetti all'incollaggio l'avanzamento dell'ordine di produzione con la possibilità di rettificare la giacenza in caso di vetri non conformi o rotti durante la manipolazione.

Questi passaggi consentirebbero direttamente al gestionale di effettuare delle verifiche sull'andamento della domanda e, di conseguenza, delle giacenze al fine di poter ridefinire i diversi criteri di gestione dei materiali, ma soprattutto utilizzare la copertura totale per quei materiali che presentano necessità.

Infine, un sistema di controllo espresso in letteratura, per quanto riguarda il criterio di gestione ROP, risulta essere quello di mantenere sotto controllo l'andamento dell'indice di rotazione delle scorte (*Inventory Turnover Rate* o semplicemente ITR) durante l'anno per capire se il sistema prescelto consente di non arrivare a rottura di stock. Nell'esempio sotto riportato, tratto da un articolo scritto da C. A. Watts, C. K. Hahn, B. Sohn (1994) dal titolo "*Monitoring the Performance of a Reorder Point System: A Control Chart Approach*" nella rivista *International Journal of Operations & Production Management*, si vede chiaramente come la domanda prevista stia all'interno dei limiti dati dalla previsione statistica mentre l'indice di rotazione (ITR) risulta essere fuori controllo, ovvero assai maggiore rispetto a quello aspettato.

$$- \text{ITR} = \frac{D}{\frac{Q}{2} + SS} \left[ \frac{\text{volte}}{\text{anno}} \right] \text{ (con SD in figura per standard deviation).}$$

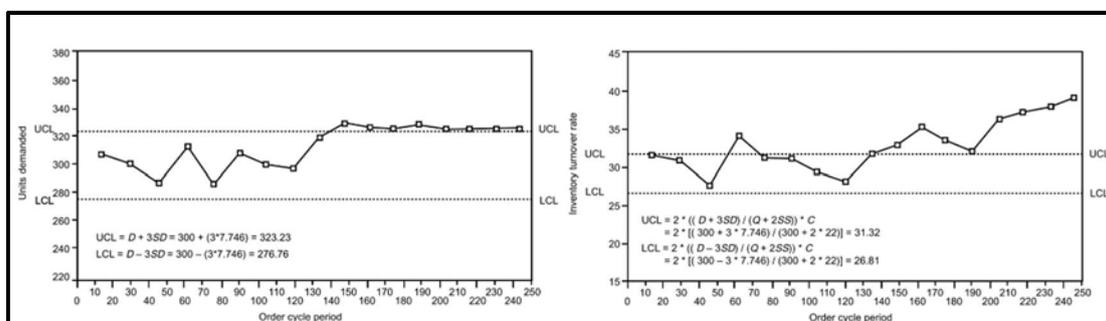


Figura 82: Esempio andamento della domanda durante un ciclo di riordino. (fonte: C. A. Watts, C. K. Hahn, B. Sohn, 1994, *Monitoring the Performance of a Reorder Point System: A Control Chart Approach*, *International Journal of Operations & Production Management*, 14: 2, 51-61)

#### 4.2.3 OTTIMIZZAZIONE SPAZIO FISICO OCCUPATO

La risoluzione del problema dello stoccaggio dei vetri passa soprattutto per la fase di immagazzinamento fisico. Trascurando il surplus di materiale ordinato e movimentato, ciò che sottrae risorse alla produzione, che si traducono in perdite di tempo sproporzionate in confronto alle operazioni che crano valore per il prodotto finito, è la mancanza di indicazioni chiare e visibili sulla collocazione dei singoli codici.

Ad eccezione delle famiglie di prodotto “NEW LYRA” e “XPUNTOZERO”, il personale deve andare alla ricerca dei vetri in giro per lo stabilimento produttivo e misurarli per essere certi di prelevare quello giusto. Non è raro infatti che venga prelevato un vetro sbagliato, non tanto per le dimensioni quanto per il numero di fori presenti nel vetro.

In generale si è detto che la cattiva gestione degli spazi attualmente perseguita scaturisce nel pensiero comune dei lavoratori e della direzione aziendale il fabbisogno ulteriore di aree di stoccaggio in magazzini immobili secondari.

Nel corso di questa esperienza, con l’obiettivo della lotta agli sprechi, si è cercato di eliminare le perdite di tempo associate alla ricerca dei vetri e di giungere a sistemi di movimentazione dei cristalli che garantissero maggior ergonomia, il tutto cercando di ottimizzare lo spazio attualmente disponibile.

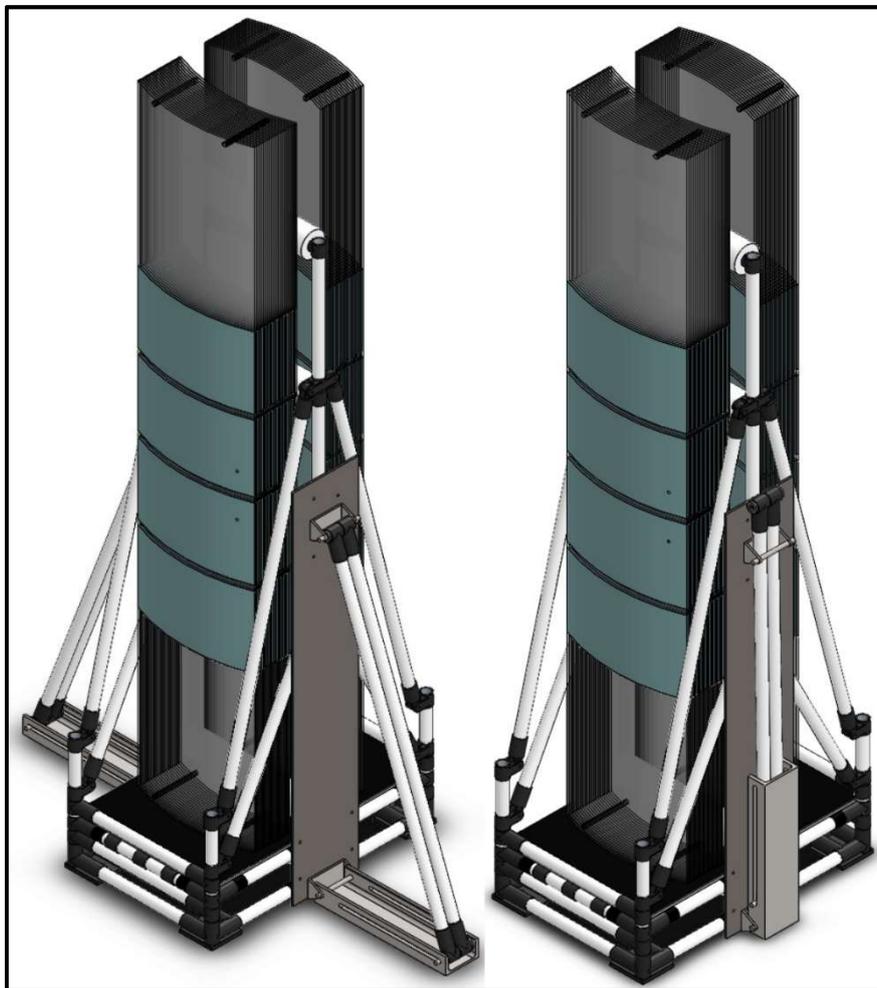
Considerando l’ingombro generale di un pallet su cui vengono consegnati al massimo 1500kg di materiale, i cristalli sono disposti solitamente sul lato lungo in modo tale che il baricentro sia più vicino al suolo, garantendo la sicurezza durante la fase di trasporto. A questo punto, con l’attuale disposizione dei magazzini rappresentati in figura 59 (le due immagini in alto), si potrebbe ricorrere all’acquisto di un servo manipolatore, come in figura sotto, per l’immagazzinamento dei vetri da parte di un unico operatore.



Figura 83: Esempio servo manipolatore vetri ELEPHANT. (fonte: <https://www.elephant.it/prodotto/vt2rb/>)

Questo sistema potrebbe tradursi in un vantaggio marginale che influenzerebbe di fatto solamente la gestione dello spazio, rendendo meno incontrollato lo stoccaggio. Resterebbe il problema del tempo dedicato allo smistamento dei vetri che, considerando un carico medio di fornitura, impegnerebbe il magazziniere per più di un'ora di tempo. Inoltre, si dovrebbe cambiare la disposizione dei codici, che non dovranno più essere impilati uno sopra l'altro poiché questo comporterebbe l'operazione di spostare prima tutti gli articoli che sono davanti, prelevare quindi i cristalli necessari per la produzione e infine risistemare i vetri soprastanti.

Per questi motivi si è pensato di smantellare il vecchio magazzino e di ricorrere solamente all'utilizzo di appositi contenitori come nelle figure sottostanti.

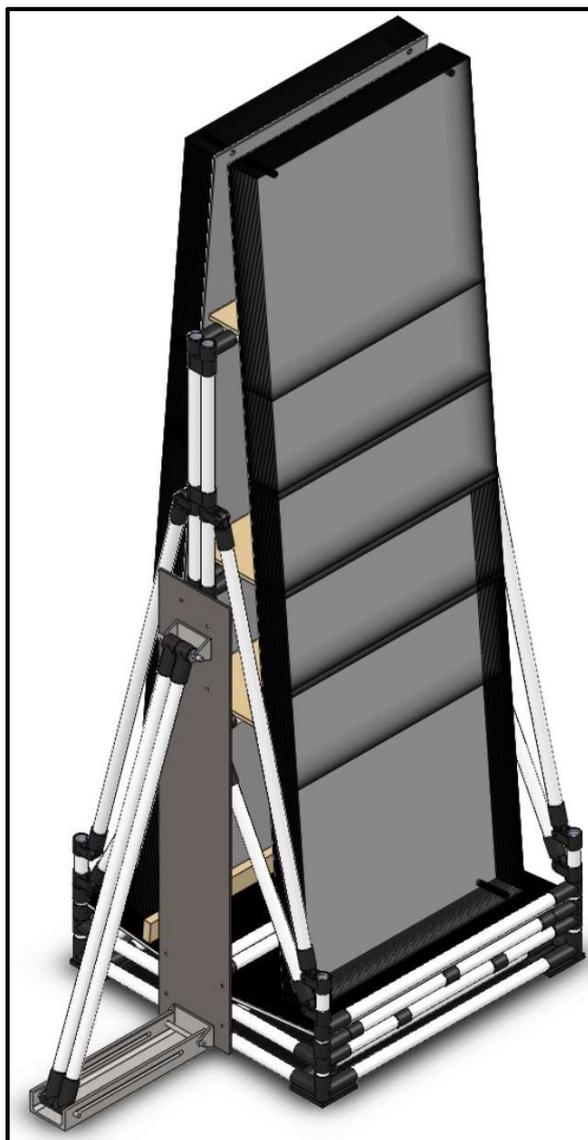


*Figura 84: Esempio di carrelli appositamente progettati per il trasporto e lo stoccaggio di vetri curvi.*

La stabilità durante il trasporto verrebbe inoltre garantita dai cavalletti laterali, dimensionati in modo da sostenere un'accelerazione massima pari a quella terrestre, che

grazie alla loro configurazione consentirebbero di non occupare ulteriore spazio per lo stoccaggio.

L'utilizzo di questo carrello consente, a parità di numero di vetri, un risparmio di spazio di stoccaggio a terra pari al 70%, un'ergonomia migliore per il prelievo da parte degli operatori, eventuale possibilità di predisporre di carrelli con ruote per una manipolazione autonoma, e anche uno stoccaggio più rapido con una metodologia pseudo "Milk-Run", e di conseguenza avere per ogni codice un contenitore dedicato, eliminando le perdite di tempo per l'individuazione dei cristalli o errori durante il prelievo.



*Figura 85: Esempio di carrelli appositamente progettati per il trasporto e lo stoccaggio di vetri piani.*

Le simulazioni condotte, di seguito riportate, per la verifica strutturale dei carrelli ha previsto l'applicazione del carico massimo attualmente consegnato dal fornitore su pallet,

ovvero 1500kg, e, per quanto riguarda il sostegno laterale, un'accelerazione pari a  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

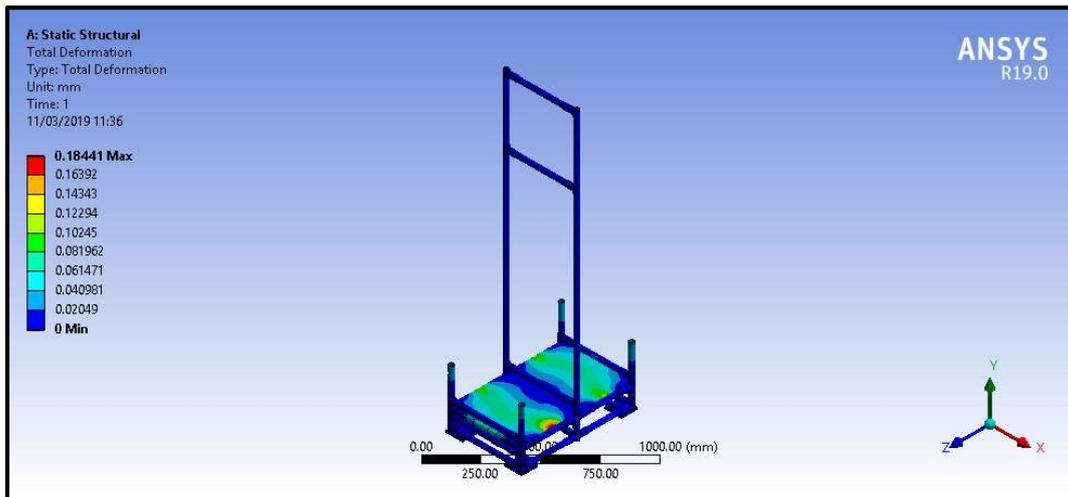


Figura 86: Deformazione massima con 1500kg di vetri.

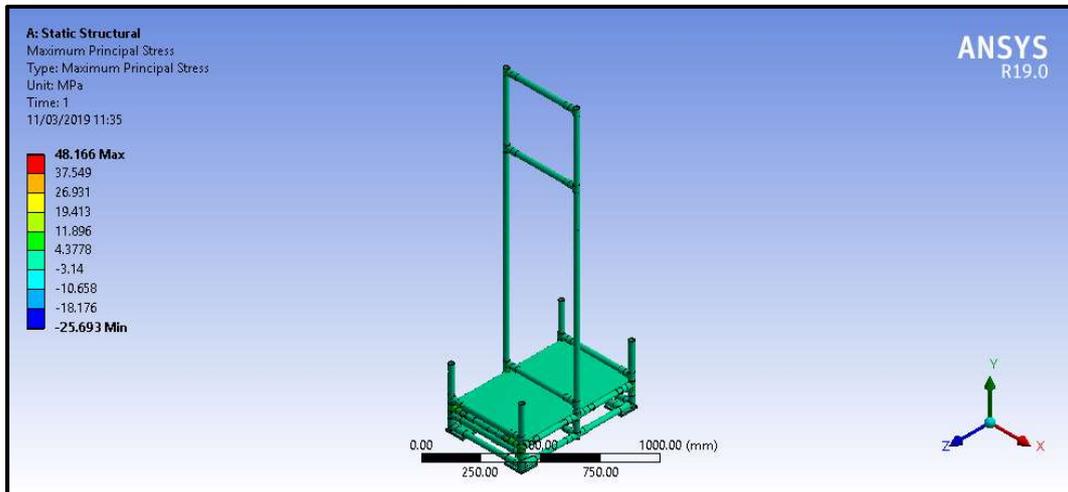


Figura 87: Tensione massima con 1500kg di vetri.

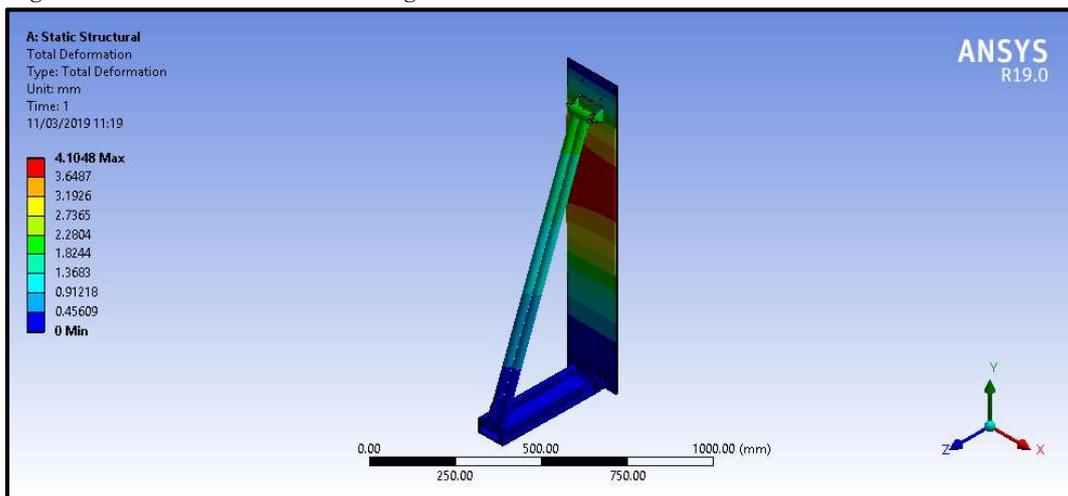


Figura 88: Deformazione misurata per  $9.81 \text{ m/s}^2$  di accelerazione.

NB: la deformazione massima di 4 mm rilevata per la piastra in acciaio è sovrastimata poiché, per ridurre i tempi di calcolo, si è semplificata la struttura di partenza.

## 4.3 MAGAZZINO PROFILI DI ALLUMINIO

### 4.3.1 ANALISI DI GESTIONE ATTUALE

Come accennato già nel terzo capitolo dell'elaborato, esiste un ordine di produzione che governa il reparto taglio, dove vengono riportati il numero di profili verniciati che devono essere tagliati della giusta lunghezza e quindi lavorati nel centro di lavoro (o pressa) per la formatura di eventuali fori e/o asole.

Attualmente esistono cinque diversi prefissi dei codici che identificano la tipologia di profilo di alluminio che si governa tramite gestionale, ovvero barre grezze, barre verniciate, profili grezzi, profili verniciati e profili pronti per il montaggio, come riportato nella tabella che segue.

PREFISSO CODICE ARTICOLO	DESCRIZIONE	CODICE FIGLIO
10...	Barra grezza (3/5/6 m)	Nessuno
11...	Barra grezza tagliata	10...
12...	Barra verniciata	10...
14...	Barra tagliata verniciata	11...
16...	Profili per montaggio box doccia	12... o 14...

Tabella 25: Suddivisione prefissi famiglia dei profili in alluminio.

Nella figura 43, riportata nel paragrafo 3.2, si vede chiaramente che l'ordine di produzione è incentrato sul profilo finale da ottenere a seguito delle lavorazioni all'interno del reparto e non si fa alcun riferimento ai codici figli dai quali ricavare i profili finiti, come è già stato sottolineato precedentemente.

Per quanto riguarda però gli altri codici non è stato rilevato alcun criterio fissato a priori per il loro rifornimento, oltre ad indicazioni sullo stoccaggio. Tutto il rifornimento viene basato da input inviati direttamente da chi gestisce il magazzino e movimentata questi profilati di alluminio. Da questo partono prontamente richieste di verniciatura di profili grezzi e acquisti di materiale mancante.

La gestione della famiglia delle matrici di alluminio costituisce il principale ostacolo ad una produzione costante, ritmata e senza intoppi, costituendo il principale collo di bottiglia dell'intera linea di produzione.

Le anomalie riscontrate durante la raccolta dati hanno trovato poi conferma nell'estrazione dei volumi di produzione e giacenza registrati a magazzino.

Il primo problema consiste nella totale mancanza di un sistema di monitoraggio delle risorse lavorate, ovvero un MES, *Manufacturing Execution System*, che registri i pezzi

effettivamente prodotti, distinguendoli in conformi per il montaggio e scarti di lavorazione. Questo consentirebbe in primo luogo di poter ricavare delle statistiche di produzione per gli standard di qualità ma anche di registrare la giacenza fisica effettiva, in quanto, essendo tutti i codici gestiti a fabbisogno puro, attualmente avviene solamente lo scarico dei profili indicati nell'OP e non quelli effettivamente prodotti.

Scendendo al di sotto del primo livello della distinta base, dal profilo finito per essere incollato, si trova la seconda problematica del sistema di produzione, ovvero si passa da un'unità di misura che tiene conto del numero di pezzi finiti ad una che vede il consumo del materiale in chilogrammi.

Unendo queste ultime due considerazioni si ha come risultato un enorme voragine nella giacenza registrata a gestionale, non soltanto per le materie prime quali le barre grezze, verniciate o tagliate ma anche per i pezzi pronti per l'incollaggio o l'imballaggio. Il motivo è aggravato dal fatto che il consumo di chili è imputato bonariamente senza alcuna prova di peso effettiva, che chiaramente costituirebbe solamente una perdita di tempo per chi la vedesse come soluzione al problema.

L'ultima anomalia riscontrata nella gestione di questi materiali risiede nella programmazione della produzione in generale. Logicamente il fatto di produrre secondo necessità concrete, seguendo appunto il criterio del fabbisogno puro, provoca giacenze minime. Se però non sussiste alcuna coordinazione tra i reparti, il rischio è quello di avere ritardi nella consegna del prodotto finito poiché, ad esempio come si verifica sovente, si potrebbe assistere alla produzione ostinata di profili di cui al reparto incollaggio già esistono alcuni pezzi ma mancano i vetri per l'assemblaggio finale e viceversa. La colpa però, non è da imputare solamente alla generazione della lista dell'MRP ma anche al fatto che gli operatori, fortificati dalla loro esperienza nel reparto, elaborano delle statistiche soggettive di consumo che li porta a produrre più di quanto ordinato/richiesto nell'immediato.

Questo mal costume generale è dovuto alla mancanza di un vero ufficio tecnico e di produzione che si è venuto a costituire solamente negli ultimi tre anni di attività, poiché in precedenza l'azienda si identificava come terzista. Nonostante ciò la strada risulta essere ancora in salita poiché non si sono rilevate le conoscenze tecniche di base per riconoscere e colmare i vuoti nella programmazione della produzione. Si deve aggiungere inoltre che la mancanza di riferimenti nei vari uffici, tecnici e commerciali, ha portato i

reparti produttivi a procedere con iniziative personali nella risoluzione di problemi immediati (ad esempio errori negli ordini di produzione). Questo ha costretto, e costringe tutt'ora in questi mesi, ad un grande lavoro di revisione delle distinte base prodotto.

A suffragio delle considerazioni precedenti, frutto di rilevazioni condotte in prima persona all'interno dei reparti produttivi, vengono riportati qui di seguito, in forma tabellare, i consumi e le giacenze medie a magazzino per ogni prefisso di codice articolo per la famiglia dei profili di alluminio.

Codici articolo con prefisso 16...	Percentuale codici corrispondenti	Criterio di riordino	Giacenza <b>media</b>	
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	63.18%	Fabbisogno puro	Nulla	93.41%
			Positiva	3.52%
			Negativa	3.07%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	36.82%	Fabbisogno puro	Nulla	21.13%
			Positiva	57.64%
			Negativa	21.23%
Codici totali	3148			

Tabella 26: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 16... (profili finiti)

Codici articolo con prefisso 14...	Percentuale codici corrispondenti	Criterio di riordino	Giacenza <b>media</b>	
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	52.08%	Fabbisogno puro	Nulla	61.33%
			Positiva	32%
			Negativa	6.67%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	47.92%	Fabbisogno puro	Nulla	11.59%
			Positiva	66.67%
			Negativa	21.74%
Codici totali	144			

Tabella 27: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 14... (barre tagliate verniciate)

Codici articolo con prefisso 12...	Percentuale codici corrispondenti	Criterio di riordino	Giacenza <b>media</b>	
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	63.33%	Fabbisogno puro	Nulla	60.23%
			Positiva	39.77%
			Negativa	0%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	36.67%	Fabbisogno puro	Nulla	15.33%
			Positiva	70.67%
			Negativa	14%
Codici totali	409			

Tabella 28: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 12... (barre verniciate)

Codici articolo con prefisso 11...	Percentuale codici corrispondenti	Criterio di riordino	Giacenza <b>media</b>	
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	67.74%	Fabbisogno puro	Nulla	95.24%
			Positiva	4.08%
			Negativa	0.68%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	32.26%	Fabbisogno puro (98.58%) o Scorta minima (1.42%)	Nulla	44.3%
			Positiva	24.3%
			Negativa	31.4%
Codici totali	217			

Tabella 29: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 11... (barre tagliate grezze)

Codici articolo con prefisso 10...	Percentuale codici corrispondenti	Criterio di riordino	Giacenza <b>media</b>	
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	26.09%	Fabbisogno puro	Nulla	66.67%
			Positiva	29.16%
			Negativa	4.17%
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	73.91%	Fabbisogno puro (97.06%) o Scorta minima (2.94%)	Nulla	5.88%
			Positiva	79.41%
			Negativa	14.71%
Codici totali	92			

Tabella 30: Suddivisione giacenze articoli con prefisso 10... (barre grezze)

È evidente la forte discordanza tra la gestione reale della famiglia dei profilati di alluminio in magazzino e quella che ne deriva dalle movimentazioni a gestionale effettuate solamente da calcoli indiretti quando viene registrato il completamento di un ordine di produzione, che va a scalare le quantità registrate a priori inserite nel database senza tener conto della quantità effettivamente prodotta, e l'avvenuta consegna di materiale da parte del fornitore, senza controllare i chilogrammi per codice consegnato, che si ricorda possono essere forniti in un unico pacco di alluminio.

Ma le ragioni per cui si registrano giacenze negative non possono essere imputate solamente alla mancata consegna di materiale poiché, se fosse solo questo il motivo, per le barre che non sono state movimentate nel corso del 2018 non si registrerebbero ammanchi negli stock presenti nel gestionale. Le motivazioni risiedono nel cambio di unità di misura, da pezzi a chilogrammi, nel mancato controllo del materiale consegnato, che potrebbe essere inferiore a quello acquistato o addirittura danneggiato, la mancanza

di un sistema MES, che garantirebbe il riscontro tra il materiale effettivamente lavorato compreso di scarti di lavorazione e quello scaricato al completamento dell'OP, ma soprattutto la revisione lacunosa delle informazioni imputate a gestionale, che tra tutte è quella più grave considerando che il sistema che analizza i database è di tipo MRP.

Quest'ultima considerazione trova riscontro nei dati sopra riportati, che sottolineano la poca conoscenza del funzionamento del gestionale, soprattutto da parte di chi gestisce gli acquisti e le registrazioni dei DDT, che dovrebbe essere il primo ad insistere sulla creazione di processi standardizzati di produzione e gestione delle materie prime a magazzino per ottenere un vantaggioso risparmio di tempo ed una diminuzione significativa degli errori nelle giacenze. Ad ulteriore riprova delle affermazioni sostenute, durante le riunioni è stato asserito dalla dirigenza aziendale che, soprattutto per quanto riguarda il materiale grezzo, il criterio di gestione prescelto per tutti gli articoli appartenenti alla famiglia dei profilati di alluminio fosse la scorta minima con lotto minimo di acquisto. Da quello che emerge dalla tabella 31, meno del 3% dei codici articolo afferenti alle barre grezze risulta essere gestito con scorta minima.

Unità di misura	Volume annuo 2018 calcolato mediante box venduti	Giacenze positive	Ammanchi registrati durante l'anno
kg	180653.42	388987.355	138872.532
	Percentuale rispetto al materiale necessario	215.32%	76.87%

Tabella 31: Sovra e sotto scorte di materiale con prefisso 10... (barre grezze)

Nell'esempio sopra descritto, se fosse vero ciò che viene registrato a gestionale, si verificherebbe un eccesso di scorte del 215% circa rispetto a quello necessario e una rottura di stock del 76% di materiale grezzo. È chiaro che il sistema sia viziato da errori all'interno delle distinte base prodotto, a partire dall'eventuale legame tra codici padri e figli fino ad arrivare ai coefficienti di impiego che rappresentano il cambio da chilogrammi a pezzi per prodotto finito.

La prova finale viene fornita dal confronto della giacenza media che si verifica nel corso degli undici mesi in cui non viene fatto l'inventario fisico con quello del dodicesimo mese dell'anno. Il rapporto tra quello che si registra durante l'anno e quello che si ha alla fine di dicembre risulta essere circa 3 volte superiore in valore assoluto.

#### 4.3.2 REVISIONE DEI METODI DI GESTIONE

In seguito alle considerazioni effettuate nel paragrafo precedente, risulta difficile condurre un'analisi che abbia le stesse fasi e caratteristiche operative illustrate nei capitoli precedenti e che, per la famiglia dei vetri, ha dimostrato un importante vantaggio economico nella revisione dei criteri adottati dall'azienda.

Allo stato dei fatti sarebbe praticamente inutile definire dei sistemi di gestione coerenti con il consumo di materiale registrato sulla base dei dati storici. Si dovrebbe procedere prima di tutto nella revisione delle distinte base prodotto, partendo da quelli più richiesti dal mercato fino ad arrivare a quelli customizzati. Questo comporterebbe l'eliminazione di codici obsoleti/errati o completamente inutilizzati, ma soprattutto la possibilità di estrarre dai consumi dei codici padri l'effettiva richiesta di profili finiti per quantità e metratura.

Essendo però preferita come unità di acquisto il chilogrammo, per ragioni legate all'articolo di fornitura, la conversione da pezzi a peso rimane necessaria. Grazie ai software CAD, *Computer Aided Design*, disegnato il pezzo nella configurazione finale per essere assemblato con il box doccia, privo di elementi esterni come vetri, viti e guarnizioni, e dopo aver assegnato il materiale costitutivo è possibile avere una stima del peso con un ottimo grado di coerenza con la realtà, sicuramente più accurato di una stima bonaria come avviene attualmente.

In questi ultimi anni l'azienda sta subendo una profonda ristrutturazione, compreso l'ufficio tecnico. È in atto, contemporaneamente alle attività quotidiane di produzione, la conversione di tutti i disegni cartacei dei prodotti finiti in documenti digitali, grazie all'uso del software CAD SolidWorks®, e contestualmente la revisione delle distinte base per modifiche ai prodotti. Grazie alla creazione di questo nuovo database sarà possibile aggiornare anche il peso associato alla lavorazione del taglio dalla barra grezza o verniciata.

Questo escamotage consentirebbe di eliminare almeno l'80% degli errori nella registrazione della giacenza. Non si riuscirebbe comunque ad annullare completamente gli ammanchi nella giacenza registrata poiché non verrebbe considerato lo scarto, che seppur minimo, caratterizza l'operazione del taglio e quello dovuto ad errori di misurazione o danneggiamenti durante la fase di handling nei vari reparti. Rimarrebbe la

necessita di un sistema tipo MES per garantire l'affidabilità dell'andamento delle scorte per quanto riguarda i codici dei livelli più bassi della distinta base.

L'ultimo problema da affrontare riguarda la definizione dei criteri di gestione delle materie prime, che può essere determinato solamente quando si è certi che le movimentazioni a gestionale concordino con quelle fisiche.

Benché i dati sui consumi siano affetti da errori macroscopici, si è effettuata ugualmente l'analisi sui consumi dei materiali, ricavati dalle vendite di box doccia avvenute nel 2018, per proporre un sistema di gestione per la famiglia dei profili di alluminio.

		Prefisso codice articolo	10	11	12	14	16	10	11	12	14	16	10	11	12	14	16
Variabilità del consumo	Z	CV>1.5	7	21	41	28	697	13	13	42	11	238	4	2	6	0	24
	Y	0.5<CV<1.5	0	0	0	0	0	4	4	5	2	30	29	18	53	16	163
	x	CV<0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12	0	12	7
			<15%				15%-50%				>50%						
			Strangers				Repeaters				Runners						
			Bassa				Media				Alta						
			Frequenza del consumo														

Tabella 32: Analisi incrociata variabilità-frequenza di consumo per codici appartenenti alla famiglia dei profili di alluminio.

Per i codici che prevedono una elevata frequenza di consumo e una medio-bassa variabilità si potrebbe prevedere un sistema di prelievo e rimpiazzo della giacenza attraverso un sistema a Kan Ban, che garantirebbe continuità nella produzione, una giacenza massima per questi codici e meno oneri di controllo per il responsabile degli acquisti che non deve confermare la corretta elaborazione da parte dell'MRP, andando a visionare personalmente la giacenza in magazzino, prima di emettere un ordine di acquisto presso il fornitore.

Eventualmente, per i codici con prefisso 10 e 12, si potrebbe pensare di applicare le tecniche VMI con i fornitori di materiale grezzo e verniciato per eliminare l'inutile passaggio attraverso l'azienda, attraverso ordini quadro che si basano su previsioni di vendita e consumi storici. Così facendo si taglierebbero le ore che mediamente si

impiegano nello stoccaggio del materiale grezzo e nella preparazione del materiale che deve essere spedito al terzista per la verniciatura/brillantatura.

Per i codici con elevata variabilità si è visto che il criterio prediletto dalla teoria risulta essere quello del fabbisogno puro. Questo viene tranquillamente applicato attualmente per i profili che devono essere incollati o imballati. Volendo è possibile applicare questo criterio anche al materiale che, partendo dalle barre grezze, deve essere tagliato, piegato e verniciato poiché mediamente queste fasi non richiedono un tempo superiore alla settimana lavorativa. I codici per cui è necessaria un'attenta analisi sono quelli col prefisso 10, ovvero le barre grezze, poiché il lead time di approvvigionamento supera il mese lavorativo. È evidente che si corre il rischio di non soddisfare la richiesta del mercato se non si sceglie accuratamente la tecnica di gestione idonea.

La prima considerazione potrebbe riguardare il fornitore stesso, ovvero si potrebbe ricercare un'azienda, che garantisca una certa qualità e affidabilità di consegna, più vicina e con un lead time di approvvigionamento inferiore rispetto all'attuale fornitore, a fronte di un costo maggiore per l'acquisto del materiale.

Se questo fosse impossibile è consigliabile ricorrere alla gestione a scorta, prevalentemente ROP, con l'utilizzo della copertura libera, oppure un sistema a piano MPS/FAS sfruttando la solida rete commerciale su cui l'azienda ha puntato molto per vendere i suoi prodotti. Così facendo si potrebbero individuare tutti i box doccia che hanno come codici figli tutti quei materiali con elevata variabilità di consumo, pianificare tramite i propri agenti di vendita le richieste del mercato future e, infine, calcolare tutti i materiali necessari a soddisfare tale previsione. La rete commerciale potrebbe anche dare input tali da influenzare il management aziendale ad eliminare alcuni prodotti invenduti oppure suggerendo modifiche al prodotto tramite la nota *Quality Function Deployment (QFD) Analysis*.

Tutto ciò si rende possibile se i dati che vengono elaborati nel sistema di gestione software sono pressoché gli stessi che vengono movimentati fisicamente. Si è sottolineata la necessità di un sistema MES per superare completamente questi disallineamenti.

Nel corso dell'esperienza aziendale si è cercato di trovare una soluzione che vada a coprire momentaneamente questa mancanza con tipologie di controllo diverse da un sistema dedicato, diventando però in futuro, se gli investimenti punteranno ad una robusta crescita, dei check point dell'ERP aziendale.

#### 4.3.2.1 I CENTRI DI LAVORO

Il primo passo per ridurre gli scarti di lavorazione, ma soprattutto anche i tempi di lavoro, è stato quello di valutare l'acquisto di un nuovo centro di lavoro che rimpiazzasse quello in uso. È evidente che prima di imboccare la strada dell'acquisto di nuovi macchinari si è cercato di migliorare la fresa attuale, ma la scarsa affidabilità del centro di assistenza, i cui tempi di intervento sono dell'ordine dei mesi, e la mancanza di formazione per chi utilizza il centro di lavoro hanno fatto propendere per un cambio radicale.

Tra le diverse configurazioni proposte da due diversi costruttori leader nel mercato delle fresatrici a controllo numerico dedicate alla lavorazione dell'alluminio in barre per la costruzione di serramenti, il miglior compromesso tra prestazioni desiderate e prezzo di acquisto è stato rappresentato dal prodotto MODUS di FomIndustrie®.



Figura 89: Centro di lavoro MODUS di FomIndustrie® acquistato (fonte: catalogo prodotti FomIndustrie®).

Rispetto al centro di lavoro con il quale si sono condotti i rilevamenti cronometrici e qualitativi, questo prodotto presenta:

- tre assi controllati di lavorazione con rotazione del piano, dove viene alloggiata la barra di alluminio, di 0°, 90° e 180°;
- numero 4 morse pneumatiche, eventualmente maggiorabili a 6, per bloccaggio pezzo che vengono fatte traslare automaticamente dal software di controllo in base alle lavorazioni previste;

- carenatura perimetrale con apertura portellone verticale pneumatica, fondamentale per la riduzione dell'inquinamento acustico del plant produttivo;
- velocità massima del mandrino pari a 12000 rpm, inferiori alla velocità teorica ammissibile per la lavorazione per asportazione di truciolo pari a circa 18000 rpm (calcolata con una punta del diametro di 3 mm). Il vecchio centro di lavoro aveva la possibilità di arrivare fino a 21000 rpm, ma comunque non si verifica un'importante perdita di tempo per la lavorazione del pezzo;
- possibilità di lavorare due o più profili contemporaneamente disposti in modo parallelo. Questo costituisce un grosso vantaggio in quanto la maggior parte dei box doccia prevede solitamente il montaggio di due profili simmetrici, beneficio che non poteva essere sfruttato, se non per un codice articolo, con il vecchio centro di lavoro causa gli ingombri fisici del mandrino che interferivano con le morse di bloccaggio, senza rischiare di danneggiare seriamente l'utensile stesso e la morsettiera pneumatica. Questo divario viene parzialmente colmato se si considera la possibilità di lavorare con la modalità pendolare della precedente apparecchiatura ma che non garantiva gli stessi tempi di lavorazione;
- per quanto concerne il software di gestione delle lavorazioni, è presente FOMCAM®, sia a bordo macchina che nei computer dell'ufficio tecnico, con rappresentazione grafica del pezzo in 2D, che consente il riconoscimento automatico delle lavorazioni principali, quali foro, tasca, fresata lineare e foro cilindrico, la gestione di lavorazioni parametriche, il calcolo ottimale della posizione delle morse, la gestione facilitata dell'ordine di esecuzione delle lavorazioni e la memorizzazione delle lavorazioni, che unitamente al lettore barcode incorporato, consente la selezione automatica del programma, direttamente elaborato dall'ufficio tecnico, a partire dall'ordine di produzione;
- grazie agli incentivi di industria 4.0, la possibilità di estrarre il report dei pezzi lavorati nel macchinario per data e ora in cui è stato inserito il pezzo del macchinario. Indirettamente si ha quindi la possibilità di inserire a gestionale i lead time di produzione;
- infine, essendo la macchina progettata per una lunghezza di lavorazione del profilo pari a 3000 mm, nel caso in cui si volesse lavorare un profilo più lungo, è presente una apertura laterale per consentire la fuoriuscita dell'eccesso.

Oltre alle caratteristiche che consentono di ridurre le perdite di tempo nella produzione dei profili per l'assemblaggio del box doccia, il nuovo centro di lavoro ha costretto e costringerà l'ufficio tecnico alla creazione in ambiente CAD di tutti i codici con prefisso 16, operazione che consentirà di aggiornare il coefficiente di traduzione dell'unità da "pezzo" a "kg", quindi il passaggio di questi file all'interno dell'ambiente FOMCAM® per la creazione dei programmi di lavorazione da associare direttamente agli OP e, infine, si potranno confrontare il numero di pezzi dichiarati dalla lista di taglio con quelli effettivamente prodotti, ricavando la quantità di scarti di lavorazione in un certo periodo. Quest'ultima possibilità apre la strada alla creazione di statistiche oggettive sul livello qualitativo della produzione interna.

<b>Caratteristiche innovative</b>	<b>Vantaggi</b>	<b>Influenza sul Lead Time (LT)</b>
Morse pneumatiche automatiche.	L'operatore non è costretto a controllare che la testa del mandrino e/o i suoi accessori impattino sulle morse o altri accessori del centro di lavoro.	L'attrezzaggio si riduce al tempo necessario per il prelievo del pezzo/i e l'avvio del programma.
Modalità di lavoro multi-pezzo.	Fornisce la possibilità di lavorare 2/4 pezzi alla volta.	I tempi di lavorazione medi si dimezzano o addirittura si riducono del 70/75%, escludendo la fase di lavorazione pura con il mandrino.
Software di gestione FOMCAM®.	Semplificazione nella creazione e gestione dei programmi di lavorazione, ottimizzati anche per lavorazione multi-pezzo.	Non serve più arrivare a bordo macchina per riprogrammare lavorazioni obsolete, tramite l'utilizzo del DXF. Il programma viene inserito contestualmente all'OP.
Carenatura perimetrale esterna	Riduzione dell'inquinamento acustico.	L'operatore non interrompe l'esecuzione del programma per paura che il pezzo non sia bel vincolato.
Apertura laterale per profili con lunghezza superiore a 3m	Consente la lavorazione di qualsiasi profilo.	L'operatore non deve percorrere ogni volta 7 metri per far partire la lavorazione.
Software per la rilevazione dei tempi per ogni pezzo lavorato.	Consente la creazione di statistiche qualitative e consente di tenere sotto controllo la produzione di scarti di lavorazione.	

Tabella 33: Vantaggi e influenza sul lead time di lavorazione dovuti all'acquisto del centro di lavoro MODUS.

#### 4.3.2.2 LA RIORGANIZZAZIONE DELLO SPAZIO

Rimane da analizzare il fondamentale problema della gestione dello stoccaggio, e relativo controllo, dei profili di alluminio. Attualmente non esiste alcuna indicazione visiva che consenta di distinguere i diversi cantilever disponibili in magazzino e quindi i materiali stoccati al suo interno. Contemporaneamente, allo stato dei fatti, non esiste un vero e proprio contenitore, se non per le barre tagliate, per lo stoccaggio nel cantilever dei pacchi di alluminio che una volta aperti rimangono stoccati sfusi e difficilmente gestibili con il muletto.

Per mettere ordine nel caos attuale si dovrebbe iniziare imputando una lettera maiuscola ad ogni lato disponibile del cantilever, visibile a tutti e quindi posta sulla parte alta del buffer stesso, assegnando poi per ogni ripiano disponibile un numero partendo dal suolo. In questo caso non occorre una segnalazione ben visibile ma basterà chiarire la logica a tutti gli operatori presenti durante una riunione formativa.

A questo punto sarà possibile da parte dei carrellisti, ancora prima di stabilire la miglior collocazione dei codici nei vari scaffali attraverso le analisi del consumo, di poter segnalare l'ubicazione del materiale attraverso dei cartellini, riportanti il codice dell'articolo, la finitura e la forma della matrice come mostrato in figura qui di seguito riportata, che dovrà essere disposto in una apposita rastrelliera che riporta le lettere dei cantilever e i ripiani disponibili, simile a quella riportata in figura 25.

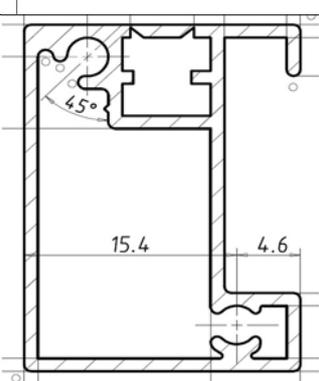
Codice articolo	1066040000
	
Descrizione	SCORREVOLE GREZZO MM.5850
Finitura	GREZZO

Figura 90: Esempio cartello per lo stoccaggio di alluminio.

Infine, non rimane che agevolare i magazzinieri nella movimentare dei profili già stoccati ma che devono lasciare spazio all'arrivo di nuovo materiale. È possibile

introdurre l'utilizzo di contenitori appositamente progettati per facilitare le fasi di stoccaggio, prelievo e spedizione di materiale grezzo per la verniciatura, nell'eventualità che non si riesca a spedire direttamente il materiale al fornitore.

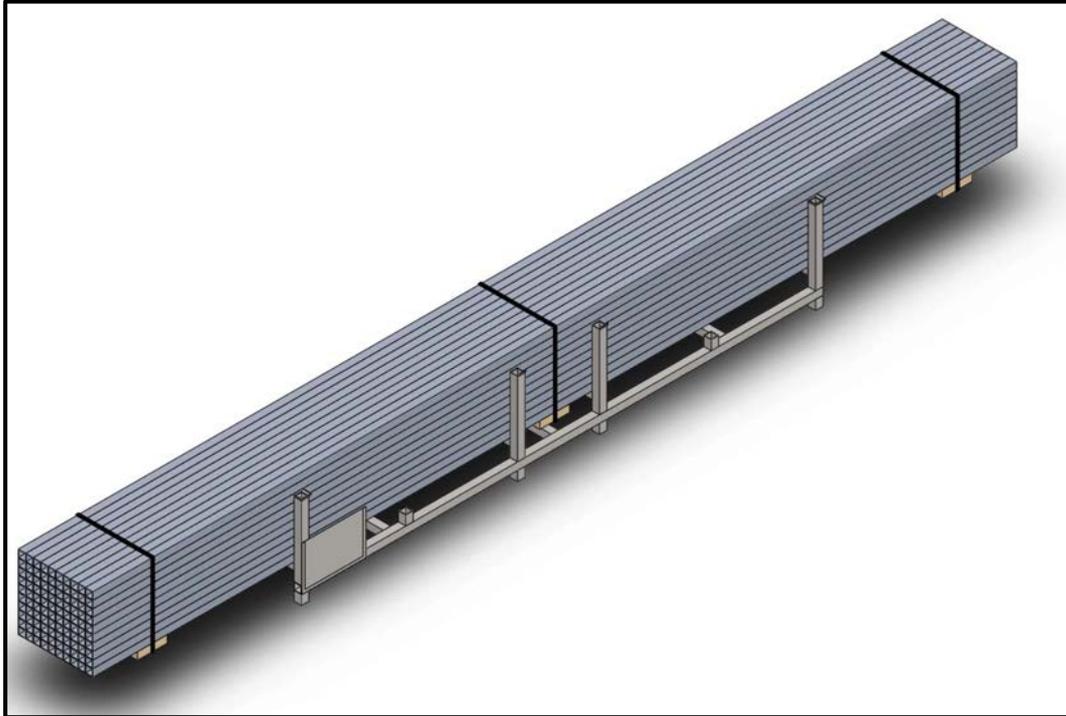


Figura 91: Esempio contenitore per lo stoccaggio di barre di alluminio.

I vantaggi nell'applicazione di questi procedimenti sono riassunti in tabella.

<b>Novità</b>	<b>Vantaggi</b>	<b>Influenza sul Lead Time (LT)</b>
Distinzione chiara delle aree di stoccaggio.	Chiunque entri all'interno del magazzino dei profili di alluminio può distinguere immediatamente le aree di stoccaggio.	Possibile riduzione del 80% per le operazioni di ricerca e prelievo del materiale da lavorare all'interno del reparto taglio. Per alcuni codici è necessaria la movimentazione con muletto.
Cartellini e rastrelliere per la gestione dei profili di alluminio.	Gli operatori del reparto taglio, tramite la lista consegnata contenenti i diversi ordine di produzione, possono individuare il materiale da lavorare senza andare in cerca all'interno del magazzino ma consultando la rastrelliera.	
Contenitore dedicato per i pacchi di alluminio.	Facilita la movimentazione e lo stoccaggio di pacchi di verghe a cui viene tolta la reggetta di imballo.	Possibile riduzione del 90% per lo stoccaggio di grezzi e verniciati e per la spedizione di materiale a terzi.

Figura 92: Riepilogo vantaggi con piccole correzioni all'attuale gestione del magazzino dell'alluminio.

Nonostante queste migliorie a basso costo però non si riuscirebbe a monitorare, in termini di peso, le giacenze effettive delle barre a magazzino. Inoltre, per i codici stoccati

nei ripiani dei cantilever oltre il terzo, si avrebbero delle difficoltà nel prelievo autonomo da parte degli operatori del reparto taglio, che dovranno essere quindi coadiuvati da un magazziniere con relativo muletto.

Per queste ragioni, e sulla spinta dell'ossessione generale di dover acquisire nuovi capannoni industriali per aumentare la produzione e quindi il fatturato, le ricerche effettuate durante l'esperienza aziendale si sono concentrate maggiormente nell'ottimizzazione degli spazi disponibili, nella riduzione dei tempi a "zero valore aggiunto al prodotto" e nella semplificazione nel controllo delle giacenze fisiche presenti a magazzino.

Prendendo spunto dalle grandi aziende, tra tutte soprattutto quelle automobilistiche, si è cercato un sistema che concedesse al singolo operatore il prelievo di tutti gli articoli disponibili a magazzino nel minor tempo, applicando il minimo sforzo possibile in termini di tempo e spazio percorso nella ricerca del codice di lavorazione.

La miglior soluzione che possa garantire sufficiente flessibilità al sistema e, contemporaneamente, la riduzione dei tempi, che costituiscono solamente un costo vivo per l'azienda e non un valore aggiunto al prodotto finale, risiede in un mix tra un magazzino automatizzato e uno fisico immobile.

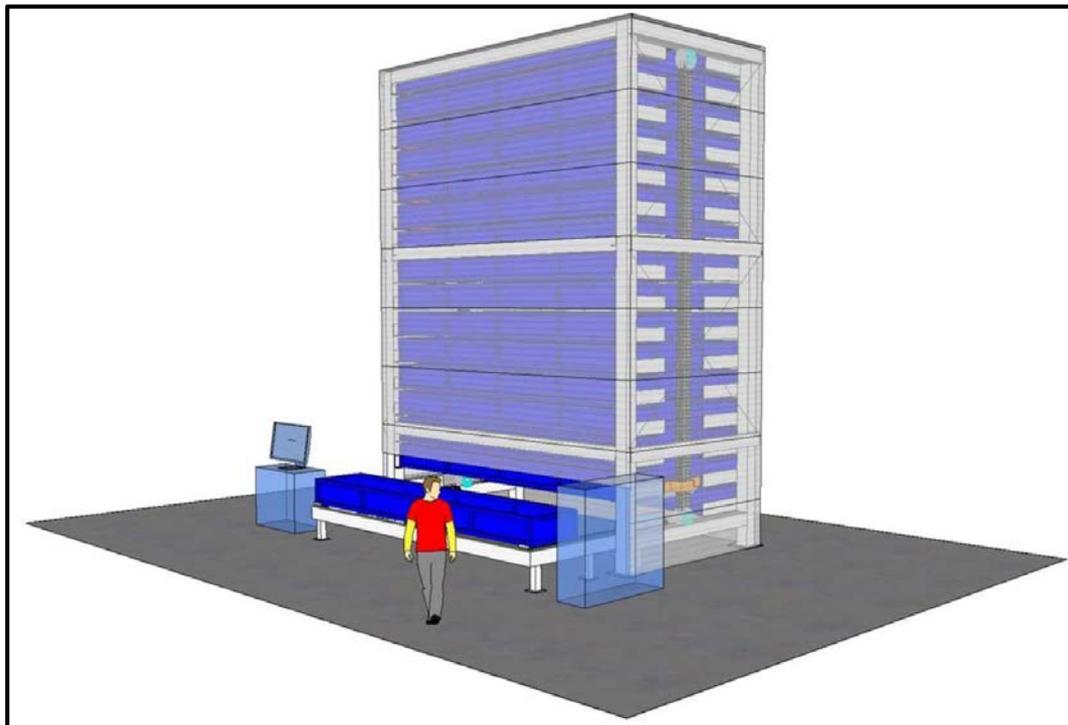


Figura 93: Esempio di magazzino automatizzato con un'unica baia di carico e scarico. (fonte: <http://www.incaricotech.com/magazzini-automatici-barre/>)

Questo espediente trova la sua giustificazione nelle variabili che caratterizzano i consumi dei diversi articoli stoccati, oltre che alle caratteristiche fisiche del codice stoccato.

Per quanto riguarda una barra di alluminio verniciata, se si ipotizza un consumo con frequenza elevata e, contestualmente, medio-bassa variabilità, è sconveniente prevedere uno stoccaggio che preveda un prelievo lungo e macchinoso e quindi si sceglierà uno stoccaggio al suolo, in un apposito contenitore per consentire un prelievo autonomo da parte dell'operatore per la quantità designata. Viceversa, con consumo ad elevata variabilità e medio-bassa frequenza, è possibile ottimizzare lo spazio verticale disponibile all'interno del capannone. Nel caso dei cantilever si è visto che, anche in caso di massima ottimizzazione, è necessario l'impiego di due persone e un tempo che si può prevedere essere compreso mediamente tra i dieci e i quindici minuti per completare le operazioni di:

- ricerca della posizione del codice desiderato all'interno della rastrelliera;
- segnalare la necessità di aiuto ad un magazziniere;
- prelevare il pacchetto di barre dal cantilever;
- prendere il numero di profili necessari, con l'ausilio di un carrello che ad oggi non viene utilizzato;
- ri-stoccare le barre nel cantilever;
- infine, recarsi alla sega per lavorare il profilo prelevato.

Con l'acquisto di un magazzino automatizzato tutte queste operazioni potrebbero avvenire con un tempo stimato dal produttore inferiore ai tre minuti di lavoro condotti da un'unica persona. Nel caso concreto l'operatore, che non dovrà muoversi dalla sua postazione di lavoro (banco di taglio), attraverso barcode riportato nell'ordine di produzione, richiamerà il codice desiderato stoccato all'interno di un cassetto nel magazzino automatizzato, il quale arriverà in prossimità della baia di lavoro senza farlo spostare, se non di qualche metro.

Tra gli altri vantaggi che offrono questi sistemi di stoccaggio verticali automatici si trova la rilevazione in tempo reale della variazione della giacenza per ogni codice stoccato, anche se in un cassetto è presente più di un articolo, grazie alla presenza di celle di carico installate nella navicella che sposta i singoli cassettei. Grazie a questa funzionalità è possibile registrare gli andamenti dei consumi per ogni codice stoccato e quindi tener

sotto controllo i livelli delle giacenze, senza la predisposizione di un sistema, appositamente progettato, hardware e software di inventory control.

<b>Sistema di gestione</b>	<b>Vantaggi (rispetto alla situazione attuale)</b>	<b>Benefici</b>
Mix tra magazzino verticale automatico e spazio fisico a terra o mini-cantilever.	Controllo in tempo reale della giacenza fisica in kg dei codici stoccati all'interno dei cassetti.	Possibilità di verificare eventuali ammanchi di materiale le elaborazioni del MRP ed emettere ordini di acquisto coerenti. Tenere sotto controllo il consumo di materiale.
	Prelievo materiale autonomo e direttamente in baia di lavoro desiderata.	<b>Eliminazione</b> (quasi totale) dei costi superflui di prelievo del materiale da lavorare. <b>Maggior tempo disponibile per la produzione.</b> <b>Un operatore necessario.</b>
	Rapidità di carico del materiale a magazzino, tramite muletto o monta carichi incorporato.	<b>Eliminazione</b> (quasi totale) dei costi superflui per lo stoccaggio di materiale verniciato.
	Ottimizzazione dello spazio disponibile sia in altezza che per quanto riguarda le attuali corsie necessarie al passaggio dei carrelli elevatori nel capannone (massimo 8 metri) o eventuale possibilità di installazione esterna con copertura per eventi atmosferici.	Occupazione di tutto lo spazio attualmente disponibile a magazzino senza necessita di acquistare un magazzino immobile, lontano dalla produzione che causerebbe ulteriori perdite di tempo nella movimentazione del materiale.
<b>Questa soluzione porta al saving di un magazzinoiere (su 4 attualmente assunti).</b>		
Cantilever contraddistinti da lettere e numeri per ogni scaffale, con rastrelliera di raccolta cartellini e contenitori appositi per le barre di alluminio.	Conoscenza dei codici stoccati attraverso l'utilizzo dei cartellini e le rastrelliere.	Riduzione del 80% del tempo speso alla ricerca del profilo da lavorare.
	Ottimizzazione del prelievo per gli operatori collocando i codici secondo le frequenze di consumo.	Riduzione del 80% del tempo speso nel prelievo del profilo da lavorare.
	Facilità di stoccaggio degli articoli nei cantilever grazie ai contenitori.	Riduzione del 90% di tempo speso nella sistemazione a magazzino degli articoli di fornitura e/o conto terzi.
<b>Questa soluzione consente ai magazzinoiere di svolgere gli attuali compiti senza bisogno di straordinari.</b>		

Tabella 34: Riepilogo vantaggi e benefici introdotti con i miglioramenti nella gestione dello spazio attuale.

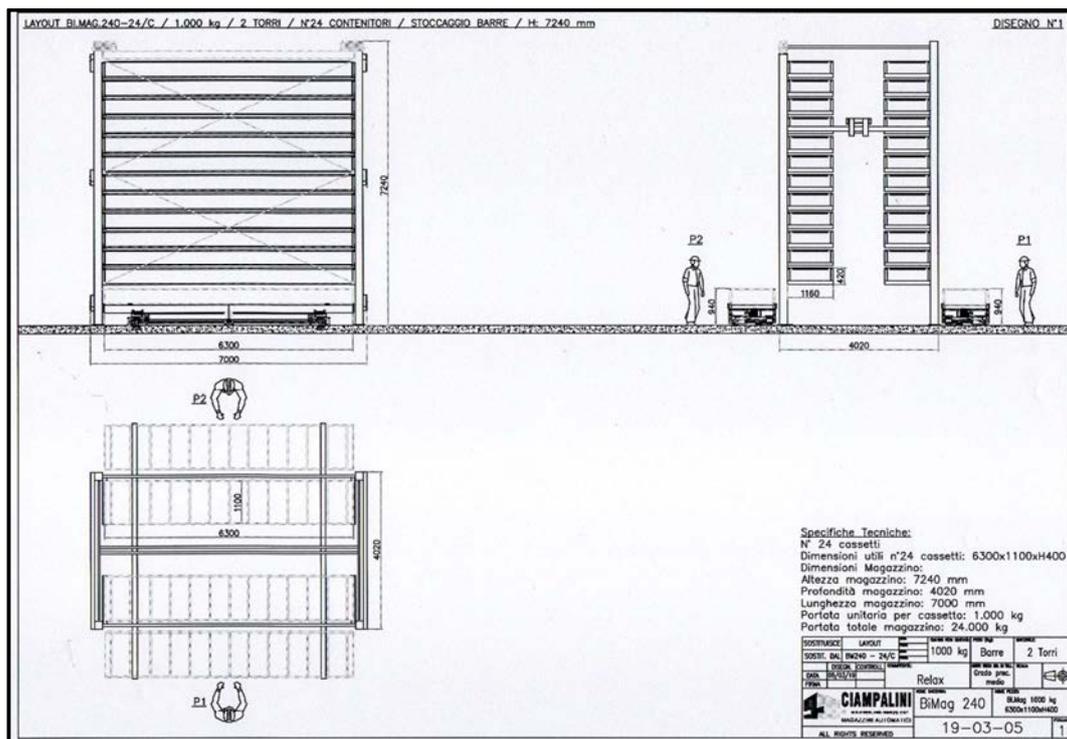


Figura 94: Layout proposto su misura per RELAX srl da CIAMPALINI (BI.MAG 240).

Per fornire un esempio dello spazio risparmiato con l'utilizzo di un magazzino automatico come quello riportato nella figura soprastante, considerando gli stessi metri quadri occupati al suolo, attualmente possono essere stoccati 26 pacchi di barre di alluminio di dimensione 500x400x6000 mm. Se si installasse il BI.MAG 240, considerando un massimo di due codici per cassetto, si riuscirebbero a stoccare ben 48 codici di verghe di alluminio, ovvero quasi il doppio rispetto a quello attuale.

Nel layout proposto le baie di carico e scarico sono state configurate entrambe frontali; l'assetto desiderato invece prevede che la baia di carico sia laterale e in corrispondenza del portone di ingresso del capannone, in modo da sfruttare tutto lo spazio disponibile all'interno del magazzino lasciando libera la luce di passaggio per il muletto.



Figura 95: Caricamento laterale BI.MAG. (fonte: <http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/>)



Figura 96: Spazio possibile per l'installazione di 10 colonne.

Con la configurazione sopra proposta si riuscirebbero a installare più di dieci colonne per il magazzino automatizzato, con una capienza massima di 120000 kg in barre di alluminio con pacchetti di 500x400x6000 mm.

Eventualmente, sarà possibile aumentare il numero di colonne installato sfruttando lo spazio esterno al capannone.



Figura 97: Magazzino BIMAG installato esternamente al capannone con carico esterno. (fonte: <http://www.ciampalini.it/bimag-sistema-stoccaggio-barre/>)

## CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

In seguito alle rilevazioni effettuate, di cui si sono riportate le principali caratteristiche soprattutto nei capitoli finali di questo lavoro, si evince la chiara necessità di un progetto ben strutturato e che sdipani tutte le fasi che attualmente caratterizzano i processi aziendali, per permettere all'impresa di fare quel salto di qualità tanto bramato.

Dall'esperienza vissuta in prima persona è possibile affermare che le possibilità di crescita sono concrete grazie alla solidità della rete commerciale, i clienti importanti che sono stati acquisiti nella grande distribuzione, la dedizione e lo sforzo dimostrati da tutti i dipendenti per soddisfare le richieste del cliente nel miglior modo e nel minor tempo possibile. L'acquisto delle nuove macchine utensili ha contribuito sia a migliorare la qualità dei prodotti finiti ma anche ad aumentare l'umore generale degli operatori i quali hanno capito che sono possibili investimenti importanti nell'innovazione per le fasi produttive.

Si dovrebbe immediatamente intervenire anche nell'acquisto e sostituzione di strumentazione base come avvitatori, tavoli da lavoro regolabili in altezza, dotazioni di sicurezza e sostegni per il sollevamento di carichi pesanti come i cristalli che spesso superano i 60 kg di peso. Questo consentirebbe sicuramente la diminuzione dei tempi di lavorazione, ma soprattutto la riduzione dei rischi di infortunio o malessere dei lavoratori, garantendo così la presenza quotidiana di tutti i lavoratori.

Un ulteriore aspetto, che si ricollega all'ultima considerazione fatta, è la necessità di programmare eventi formativi per tutti i dipendenti dell'azienda. Basti pensare che, prima dell'acquisto dei nuovi centri di lavoro, solamente una persona era a conoscenza del funzionamento della fresa a controllo numerico, e non esisteva alcun know-how archiviato nell'ufficio produzione, che tra l'altro è praticamente inesistente.

Questo non è che un piccolo esempio della mancanza di formazione e di un archivio contenente tutte le procedure che attualmente vengono svolte all'interno dell'azienda. È per questa ragione che il turnover di molte persone, la cui esperienza aveva radici fin dalla nascita dell'azienda, all'interno della produzione ha fatto emergere le lacune dei processi aziendali e dell'ufficio tecnico. Ancora oggi accade che i suoi componenti chiedano ai veterani, o al responsabile di produzione, chiarimenti riguardanti i prodotti finiti.

In quest'ottica è necessario dedicare gran parte del tempo non soltanto alla creazione di nuovi box doccia ma anche alla revisione di quelli vecchi che eventualmente

potrebbero essere messi fuori produzione o standardizzati con la maggior parte dei prodotti esistenti, per snellire la quantità di materie prime di acquisto come vetri e profili di alluminio.

Per questi motivi, si è partiti dall'analisi dei box doccia venduti nel corso del 2018, escludendo quelli che sono stati prodotti e stoccati a magazzino. Grazie all'ausilio delle distinte base prodotto, si è riusciti a calcolare il risparmio che si otterrebbe riassegnando i criteri di approvvigionamento, secondo i dettami della teoria e del buon senso illustrati nei primi capitoli dell'elaborato, per la gran parte dei codici dei vetri, riassunti nella tabella che segue.

Tipo di richiesta del mercato	Percentuale codici	Criterio di riordino previsto futuro	Risparmio sugli oneri finanziari calcolati rispetto alla giacenza media
Codici <b>con domanda nulla</b> nel corso dell'anno 2018	37%	Fabbisogno puro	30912.15 €
Codici <b>consumati</b> nell'anno 2018	63%	Scorta minima con lotto minimo	21864.63 €
		Fabbisogno puro	51841.99 €
		Fabbisogno puro con lotto minimo di acquisto	0
<b>Totale</b>	<b>1768</b>		<b>104618.77 €</b>

Tabella 35: Riassunto risparmio costi con revisione dei criteri di gestione per i vetri.

Riduzione possibile dei costi immobilizzati a magazzino implica una diminuzione del livello delle giacenze totali, stimate in torno al 35-40% di quelle attuali, che avrebbe un influenza diretta sullo spazio occupato. Avvalendosi dell'utilizzo dei carrelli illustrati nei capitoli precedenti si andrebbe in contro ad un ulteriore saving di aree fisicamente occupate dallo stoccaggio dei vetri, arrivando ad impegnare meno del 50% di spazio attualmente dedicato (sottostimato per circa 1000 m<sup>2</sup>).

Per quanto concerne i profili di alluminio e tutti i codici appartenenti a questa famiglia, si è visto che persistono delle forti incongruenze nell'inventario registrato nel corso del 2018. La causa è stata principalmente imputata alla mancanza di un sistema di controllo per la produzione, che registri il livello di scarti prodotto durante le fasi di lavorazione e movimentazione, e all'obsolescenza delle distinte prodotto, ovvero la mancanza di un corretto fattore di conversione dall'unità di misura "pezzo" a quella del "chilogrammo".

Tutto ciò non è imputabile alla mancanza di sistemi hardware e software poiché, anche se con alcune difficoltà e imprecisioni, è possibile evitare di inventariare giacenze positive pari al 215% del materiale che dovrebbe essere impiegato per la costruzione dei box venduti e il 76% negative, come riproposto nella tabella sottostante.

Unità di misura	Volume annuo 2018 calcolato mediante box venduti	Giacenze positive	Ammanchi registrati durante l'anno
kg	180653.42	388987.355	138872.532
	Percentuale rispetto al materiale necessario	215.32%	76.87%

Tabella 36: Differenze inventariali registrate per l'alluminio nel 2018.

Anche per questi materiali insiste il problema della gestione a magazzino in termini di tempo e spazio impiegato. L'attuale processo comporta perdite di tempo che, in via cumulata, arrivano ad occupare il 50% delle ore lavorative per quei magazzinieri responsabili della gestione delle giacenze dei profilati di alluminio. Perdite di tempo che influenzano negativamente la produzione in quanto non sempre le matrici vengono individuate nel giro di pochi minuti, fatta eccezione per i profili dedicati alla linea di prodotto "XPUNTOZERO", fornitura esclusiva della GDO.

Nell'elaborato si è visto che con investimenti a bassissimo costo, inseguito alla revisione delle distinte prodotto, è possibile assegnare la collocazione ottimale di ogni codice negli scaffali dei cantilever basandosi sulle caratteristiche del consumo registrato, predisponendo il materiale con elevata frequenza di consumo nei ripiani facilmente accessibili dagli operatori senza l'ausilio di carrello elevatori e più in alto codici con medio-bassa frequenza di consumo. Tale gestione comporterebbe notevoli risparmi di tempo e soprattutto di spazio, ad oggi visto come esigenza primaria.

Infine, si è proposta un'alternativa all'investimento riguardante l'acquisizione di un ulteriore capannone immobile, dove la dirigenza pensa di poter stoccare e/o spostare il reparto di taglio dei profili di alluminio. Sicuramente per aumentare produzione, e il conseguente fatturato, in futuro sarà necessario ampliare il numero di linee di produzione.

Nell'immediato futuro però, prima di sostenere una spesa di questo tipo, aumentando i costi generali attualmente sostenuti dall'azienda causa tasse per il bene immobile, si è pensato di ridurre tutte le possibili perdite di tempo sostenute dagli operatori.

In contrapposizione al magazzino immobile, si è proposto un sistema dinamico di movimentazione e stoccaggio per le barre di alluminio, riducendo le ore impiegate dai magazzinieri per il deposito o il prelievo dei codici stoccati nei cantilever. Non solo

rappresenta un sistema che supporta la gestione dei magazzini in ingresso ma anche un importante ausilio per gli operatori del reparto taglio, rendendoli completamente indipendenti.

I vantaggi e gli svantaggi per i due diversi tipi di investimento sono riportati in forma tabellare qui di seguito.

	VANTAGGI	SVANTAGGI
MAGAZZINO AUTOMATICO VERTICALE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema di controllo per la rilevazione delle modifiche del peso nella fase di prelievo e/o carico;</li> <li>2. Conoscenza dei codici stoccati, con relativa quantità per ogni cassetto disponibile;</li> <li>3. Riduzione dei tempi di movimentazione e stoccaggio per i magazzinieri, che riuscirebbero a svolgere tutte le attuali mansioni in metà giornata;</li> <li>4. Riduzione dei tempi di prelievo;</li> <li>5. Minor spazio percorso dagli operatori nella ricerca e nel prelievo dei codici;</li> <li>6. Ottimizzazione dello spazio verticale senza ausilio del carrello elevatore;</li> <li>7. Ottimizzazione dello spazio orizzontale (vengono occupate le corsie che prima erano indispensabili per la movimentazione del carico con il muletto: minimo 6.1 metri);</li> <li>8. Maggior spazio disponibile per la produzione;</li> <li>9. Riduzione nei tempi necessari all'emissione di un ordine da parte del responsabile acquisti;</li> <li>10. Minori, se non nulle, probabilità di rotture di stock rispetto al sistema attuale di gestione;</li> <li>11. Possibilità di occupare spazio esterno al capannone con struttura di ricoprimento autoportante;</li> <li>12. Saving di un magazziniere su due attualmente assegnati al magazzino in ingresso;</li> <li>13. Minor tasse da pagare per i capannoni posseduti.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elevati costi di investimento iniziale (160000 € previsti per magazzino a 50 cassette e 4 torri).</li> </ol>

Tabella 37: Vantaggi vs. svantaggi magazzino automatico.

	VANTAGGI	SVANTAGGI
MAGAZZINO IMMOBILE CON CANTILEVER	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maggior spazio disponibile per lo stoccaggio di merce;</li> <li>2. Ottimizzazione dello spazio verticale con l'utilizzo di cantilever;</li> <li>3. Maggior spazio disponibile per la produzione;</li> <li>4. Maggior spazio di stoccaggio orizzontale, con la possibilità di avere più codici gestibili senza muletto;</li> <li>5. Codici non accatastati e facilmente rintracciabili.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elevati costi di investimento iniziali;</li> <li>2. Maggiori tasse da pagare per il bene immobile;</li> <li>3. Difficoltà nella segnalazione dei codici stoccati con le relative quantità;</li> <li>4. Nessun sistema di controllo integrato per la conoscenza della giacenza reale per codice;</li> <li>5. Tempi elevati di movimentazione e stoccaggio per i magazzinieri, che a stento riuscirebbero a svolgere tutte le attuali mansioni senza ricorrere a straordinari;</li> <li>6. Tempi elevati di prelievo del materiale, influenzati gran parte dalla ricerca del codice da lavorare;</li> <li>7. Tempi elevati per l'emissione di un ordine di acquisto causati dalla verifica della giacenza;</li> <li>8. Maggiore spazio percorso dai magazzinieri per lo stoccaggio e movimentazione della merce;</li> <li>9. Maggiori probabilità di rotture di stock;</li> </ol>

Tabella 38: Vantaggi vs. svantaggi magazzino immobile.

È innegabile il chiaro vantaggio offerto dal magazzino automatico rispetto ad un capannone immobile, che al netto, garantirebbe soltanto ulteriore spazio orizzontale coperto.

In conclusione, dopo aver analizzato le anomalie di processo ed essersi concentrati in primo luogo sulla gestione dei materiali ingombranti, principali fattori delle perdite di tempo, si sono valutate le possibili alternative per la riduzione di sforzi inutili e a valore zero per il prodotto finale con lo scopo di aumentare la produzione e quindi il fatturato. Quanto detto è in linea con gli obiettivi societari ma risulta ancor più vantaggioso considerando l'aumento dell'utile netto. In breve, si può dire di aver perseguito l'aumento della produzione sostenendo minori costi di gestione e sforzi complessivi da parte sia della produzione che degli uffici.

Per il futuro sarà fondamentale sviluppare un piano solido per sostenere la crescita dell'azienda. Risulterà necessario:

- riorganizzare la programmazione della produzione sulla base dei consumi, per ottenere un processo non sgangherato, standard e che punti ad una produzione di elevata qualità;
- suddividere gli investimenti, ritenuti opportuni, nel corso degli anni previsti per l'aumento del fatturato;
- programmare le azioni di cambiamento cercando di prevedere tutte le possibili problematiche, riducendo di conseguenza le decisioni prese in situazioni emergenziali;
- formare tutti gli attori aziendali, dalla produzione agli uffici, per creare l'archivio con il "Know-How" acquisito nel corso degli anni;
- ridefinire il lay-out della produzione e degli uffici;
- stabilire l'organico adatto per lo svolgimento delle mansioni che costituiscono valore per il prodotto finale, eliminando operazioni che costituiscono soltanto spreco di tempo;
- dare spazio al capitale umano, risorsa aziendale inestimabile, e all'innovazione tecnologica per perseguire la crescita attraverso il miglioramento continuo.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A.F. De Toni, R. Panizzolo, A. Villa, 2013, *Gestione della produzione*, Isedi, Milano;
- [2] J. E. Boylan, A. A. Syntetos, G. C. Karakostas, 2008, *Classification for forecasting and stock control: a case study*, Journal of the Operational Research Society, 59:4, 473-481;
- [3] A.A. Syntetos, J.E. Boylan, 2005, *The accuracy of intermittent demand estimates*, International Journal of Forecasting 21, 303–314;
- [4] F. Dallari, *Strategie e tecniche di demand planning and sales forecasting*, Corso di gestione della produzione industriale 2, Università Carlo Cattaneo;
- [5] D. Ha, S. Kim, 1997, *Implementation of JIT purchasing: An integrated approach*, Production Planning & Control, 8:2, 152-157;
- [6] L. Tiacci, S. Sietta, 2009, *An approach to evaluate the impact of interaction between demand forecasting method and stock control policy on the inventory system performances*, International Journal Production Economics, 118, 63-71;
- [7] H. Osman, K. Demirli, 2012, *Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time*, International Journal Production Economics, 135, 299-307;
- [8] S.C. Graves, S.P. Willems, 2003, *Supply Chain Design: Safety Stock Placement and Supply Chain Configuration*, Handbooks in OR & MS, 11:3, 95-131;
- [9] C. A. Watts, C. K. Hahn, B. Sohn, 1994, *Monitoring the Performance of a Reorder Point System: A Control Chart Approach*, International Journal of Operations & Production Management, 14: 2, 51-61;
- [10] M. Parlar, D. Perry, 1995, *Analysis of a  $(Q, r, T)$  inventory policy with deterministic and random yields when future supply is uncertain*, European Journal of Operational Research, 84, 431-443;
- [11] J. Buliński, C. Waszkiewicz, P. Buraczewski, 2013, *Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise*, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture No 61, 89-96;
- [12] B. Scholz-Reiter, J. Heger, C. Meinecke, J. Bergmann, 2012, *Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company*, International Journal of Productivity and Performance Management, 61:4, 445-451;

- [13] G. Liberopoulos, Y. Dallery, 2003, *Comparative modelling of multistage production-inventory control policies with lot sizing*, International Journal of Production Research, 41:6, 1273-1298;
- [14] C. Sendil Kumar. R. Panneerselvam, 2007, *Literature review of JIT-KANBAN system*, Int J Adv Manuf Technol, 32, 393-408;
- [15] S. Wang, B. R. Sarker, 2004, *A single-stage supply chain system controlled by kanban under just-in-time philosophy*, Journal of the Operational Research Society, 55:5, 485-494;
- [16] A. Gunasekaran, L. Forker, B. Kobu, 2000, *Improving operations performance in a small company: a case study*, International Journal of Operations & Production Management, 20:3, 316-336;
- [17] P. A. Brinkley, T. McMahon Zwierzynski, G. J. Gerenser, T. Lindsay Dorval, 1999, *Inventory management strategy evaluation system and method*, United States Patent, N° 5.963.919;
- [18] K. Takahashi, Myreshka, D. Hirotoni, 2005, *Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains*, Int. J. Production Economics, 93:94, 25-40;
- [19] T. Haslett, C. Osborne, 2000, *Local rules: their application in a kanban system*, International Journal of Operations & Production Management, 20:9,1078-1092;
- [20] S. Wang, B. R. Sarker, 2006, *Optimal models for a multi-stage supply chain system controlled by kanban under just-in-time philosophy*, European Journal of Operational Research, 172, 179-200;
- [21] Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho, S. Uchikawa, 1977, *Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system*, the International Journal of Production Research, 15:6, 553-564;
- [22] S. Kotani, 2007, *Optimal method for changing the number of kanbans in the e - Kanban system and its applications*, International Journal of Production Research, 45:24, 5789-5809;
- [23] J. P. Womack, D. T. Jones, 2016, *Lean thinking*, edizione italiana a cura di Alberto Poli, Guerini Next s.r.l, Milano.

## SITOGRAFIA

- [1] Approfondimenti sugli strumenti Lean Manufacturing, *KMSENPAI S.R.L.*,  
<https://www.kmsenpai.it/lean-transformation/codici-parlanti-righe-dordine-distinte-base-ed-estese/>;
- [2] Analisi sul fallimento dell'azienda BlackBerry-RIM ®, *WIRED*,  
<https://www.wired.it/economia/business/2017/02/27/blackberry-storia-di-un-fallimento/>;
- [3] Approfondimenti sulla storia dell'azienda e dei suoi prodotti, *RELAX S.R.L.*,  
<https://www.relaxsrl.com/>;
- [4] Approfondimenti funzionamento KanBan, *CHIARINI & ASSOCIATI*,  
<https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html>;
- [5] Centri di lavoro CNC, <https://www.italmac.it/it/products/spring>;
- [6] Carrelli elevatori multidirezionali, *OMG*, <https://www.omgindustry.com/it/>;
- [7] Sollevatori a ventosa, *ELEPHANT*, <https://www.elephant.it/prodotto/vt2rb/>;
- [8] Magazzini automatici, *CIAMPALINI*, <http://www.ciampalini.it/>;
- [9] Magazzini automatici, *INCARICOTECH*, <http://www.incaricotech.com/>;
- [10] Centri di lavoro CNC, *FOME INDUSTRIE*, <https://www.fomindustrie.com/it/>;
- [11] Centri di lavoro CNC, *EMMEGI*, <https://www.emmegi.com/it/home>;
- [12] Approfondimenti sulla tassazione alle PMI, *QUIFINANZA*,  
<https://quifinanza.it/fisco-tasse/imprese-nella-morsa-del-fisco-senza-correttivi-per-le-pmi-tasse-al-614/213284/>.