

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi della qualità dei processi di produzione in
contesto agroalimentare e introduzione di miglioramenti
per ridurre gli scarti produttivi**



**Politecnico
di Torino**

Relatore
prof. Maurizio Galetto

Candidato
Alessandro Palleschi

Anno Accademico 2022-2023

Sommario

La seguente tesi è stata elaborata in seguito ad un percorso formativo di cinque mesi svolto presso l'azienda Cereal Food S.r.l. di Chivasso. La tesi è frutto di un lavoro di coppia che ha riguardato l'analisi di un processo produttivo agroalimentare, con l'obiettivo di individuare, mappare e ridurre gli scarti di produzione.

Nell'elaborato di tesi sono riportate ed illustrate le fasi di analisi e mappatura degli scarti di produzione, con conseguente implementazione di alcune prove atte alla riduzione dei principali scarti individuati.

Lo scopo del lavoro svolto è stato quello di applicare i concetti della filosofia Lean all'interno delle linee di produzione, approfondendo le tematiche di miglioramento continuo e problem solving. Per far ciò sono state seguite le linee guida dettate dalla metodologia DMAIC.

Nel primo capitolo di questo elaborato viene descritta nel dettaglio la realtà organizzativa dell'azienda ed il suo contesto esterno, con particolare riferimento alle attività del reparto qualità.

Successivamente, all'interno della tematica del miglioramento continuo, è stato implementato un monitoraggio per la mappatura degli scarti di produzione e l'analisi dell'umidità delle materie prime.

Infine, analizzando i dati raccolti dai monitoraggi, avvalendosi di strumenti di problem solving quali l'Analisi di Pareto, sono state ipotizzate ed implementate alcune prove, avvalendosi della metodologia DOE, con l'obiettivo di ridurre le principali cause di scarto individuate, secondo la logica della metodologia FMEA. Le prove hanno evidenziato come, modificando l'attuale metodo di lavorazione ed umidificazione della materia prima, sia possibile ridurre la principale causa di scarto, individuata nel sovrappeso delle confezioni. I risultati di queste prove serviranno all'azienda per delineare le attività da sviluppare in futuro in ottica di miglioramento continuo.

Il lavoro di coppia ha, inoltre, condotto ad ulteriori considerazioni, tra cui l'individuazione di una metodologia di lavoro corretta da adottare per ogni cambio di produzione e la tematica della formazione del personale, entrambe importanti per ridurre ulteriormente gli scarti di produzione.

Indice

Elenco delle tabelle	5
Elenco delle figure	7
1 L'azienda	9
1.1 Presentazione dell'azienda	9
1.2 I prodotti	10
1.3 La qualità all'interno dell'azienda	12
1.4 Analisi del mercato	13
1.5 Scopo del lavoro e obiettivi prefissati	14
2 Lean production	17
2.0.1 7 muda	18
2.1 Miglioramento continuo	21
2.1.1 Kaizen	22
2.2 Problem solving	22
2.2.1 I sette vecchi strumenti della qualità	23
2.2.2 5 whys	26
2.2.3 FMEA	27
3 Il metodo DMAIC	31
3.0.1 Define	32
3.0.2 Measure	32
3.0.3 Analyze	33
3.0.4 Improve	33
3.0.5 Control	35
3.1 Applicazione pratica del metodo DMAIC al caso Cereal Food S.r.l	35
4 Mappatura, definizione e costi dei tipi di scarto	37
4.0.1 Definizione e tipi di scarto	37
4.1 Sistema aziendale di raccolta ed analisi dati	41
4.2 Monitoraggio scarti di produzione	42
4.2.1 Metodo di misurazione utilizzato	43
4.2.2 Risultati ottenuti	48

4.2.3	Analisi di Pareto	52
4.2.4	Considerazioni	54
5	Progettazione ed implementazione di interventi migliorativi	57
5.1	DOE	58
5.1.1	Disegni fattoriali	59
5.2	Applicazione pratica al caso Cereal Food S.r.l.	61
5.2.1	Considerazioni	65
5.2.2	Ulteriori proposte migliorative	65
5.3	Monitoraggio dell'umidità in magazzino e in produzione	66
6	Conclusione	71
6.1	Risultati raggiunti	71
6.2	Possibili sviluppi futuri	75
7	Allegati	77
7.1	Allegato A	77
7.1.1	Linea 1 mais integrale	77
7.1.2	Linea 3 mais con confezionamento di tipo X-Fold	79
7.1.3	Linea 2 farro	81
7.1.4	Linea 4 mais	83
7.2	Allegato B	85
7.2.1	Monitoraggio umidità	85
7.2.2	Monitoraggio umidità riso	87
7.2.3	Monitoraggio umidità farro	89

Elenco delle tabelle

1.1	Percentuale di scarti per linea	14
2.1	Modulo per l'elaborazione di FMEA	27
2.2	Priorità di azioni con analisi FMEA [16]	29
3.1	Ciclo PDCA dentro fase Improve	34
3.2	Metodo DMAIC applicato al caso Cereal Food Srl	35
4.1	Fermi macchina per una produzione di mais in linea 1	43
4.2	Monitoraggio umidità	48
4.3	Perdita di umidità	48
4.4	Monitoraggio produzione di mais in linea 3	49
4.5	Dati riguardanti il materiale recuperato	50
4.6	Analisi dei risultati	51
4.7	Dati per analisi di Pareto	53
5.1	DOE con tre fattori a due livelli [26]	60
5.2	Fattori e livelli	62
5.3	Risultati delle prove	62
6.1	Differenze tra carichi ad umidità diverse	73
6.2	Kg di scarto per tipologia di cambio	74
6.3	Durata per tipologia di cambio	74
7.1	Perdita di umidità mais integrale	77
7.2	Monitoraggio produzione di mais integrale in linea 1	78
7.3	Analisi dei risultati mais integrale	78
7.4	Dati per analisi di Pareto mais integrale	79
7.5	Perdita di umidità mais con confezionamento di tipo X-Fold	79
7.6	Monitoraggio produzione di mais con confezionamento di tipo X-Fold	80
7.7	Analisi dei risultati mais x-fold	80
7.8	Dati per analisi di Pareto mais x-fold	81
7.9	Perdita di umidità farro	81
7.10	Monitoraggio produzione di farro	82
7.11	Analisi dei risultati farro	82
7.12	Dati per analisi di Pareto farro	83
7.13	Perdita di umidità mais linea 4	83
7.14	Monitoraggio produzione di mais in linea 4	84
7.15	Analisi dei risultati mais linea 4	84
7.16	Dati per analisi di Pareto mais linea 4	85

7.17 Monitoraggio umidità parte 1	85
7.18 Monitoraggio umidità parte 2	86

Elenco delle figure

1.1	Bilancio Cereal Food Srl	9
1.2	Tipi di gallette prodotte [1]	10
1.3	Gallette ricoperte [1]	11
1.4	Mini gallette triangolari [1]	11
1.5	Mini gallette rotonde [1]	12
1.6	snack estrusi [1]	12
1.7	Andamento degli scarti per linea nel tempo	15
1.8	Grafico temporale della suddivisione del lavoro	16
2.1	Casa della Lean [3]	18
2.2	7 muda [4]	19
2.3	Strumenti di risoluzione [27]	23
2.4	Diagramma di Ishikawa	24
2.5	Esempio di istogramma o curva di distribuzione [10]	25
2.6	Diagramma di Pareto [25]	26
3.1	Ciclo DMAIC [18]	32
3.2	Ciclo PDCA [19]	34
4.1	Malfunzionamento di una pressa	38
4.2	Materiale caduto a terra	39
4.3	Gallette incastrate nella zona "canale"	40
4.4	Saccone posto tra linee 3 e 4	41
4.5	Secchi rossi nella fase "canale"	43
4.6	Secchi rossi nella fase "confezionamento"	44
4.7	Secchi rosso e bianco posti nella zona "canale"	45
4.8	Secchio grigio posto nella zona "uscita presse"	46
4.9	Analizzatore di umidità [26]	46
4.10	Secchi utilizzati per la riapertura confezioni	47
4.11	Scarto in uscita presse	50
4.12	Scarto e materiale recuperato in rapporto alla quantità di prodotto finito	52
4.13	Diagramma di Pareto per produzione di mais in linea 3	54
4.14	Confronto tra scarto e pesi	55
4.15	Analisi tra scarto, peso nominale e tipo di prodotto	56
5.1	Confronto tra DOE, SPC e campionamenti di accettazione [22]	59
5.2	Rappresentazione geometrica tre fattori a due livelli [21]	60
5.3	Analisi della varianza	63

5.4	Retta di regressione	64
5.5	Main Effects Plot for peso galletta	64
5.6	Monitor per monitorare umidità e temperatura ambiente magazzino	67
5.7	Andamento umidità mais in magazzino	68
5.8	Andamento umidità mais in produzione	68
7.1	Andamento umidità riso in magazzino	87
7.2	Andamento umidità riso in produzione	88
7.3	Andamento umidità farro in magazzino	89
7.4	Andamento umidità farro in produzione	90

Capitolo 1

L'azienda

1.1 Presentazione dell'azienda

Cereal Food S.r.l. è un'azienda specializzata nella produzione di gallette ai cereali, mini gallette e snack estrusi per marchi privati. Situata a Chivasso in una posizione strategica per servire i principali mercati nazionali ed europei, è attiva in tre diversi continenti fornendo undici mercati, ed esportando all'estero circa il 40 per cento della sua produzione. L'azienda fa parte del gruppo francese Marbour, operante nel settore food e dei servizi per l'ambiente, che attualmente comprende più di 1000 collaboratori e 18 aziende in tutto il mondo. Cereal Food S.r.l. fa parte della divisione del gruppo che opera nel mercato degli snack.[1]

In seguito all'acquisizione da parte del Gruppo Marbour, avvenuta nel 2016, Cereal Food Srl ha subito una forte crescita sia in termini di ricavi che di numero dei dipendenti. Questi ultimi infatti sono ad oggi 43, mentre, dall'ultimo bilancio, i ricavi ammontano a 7,79 milioni di euro. Valori in aumento rispetto ai 16 dipendenti e ai 3,79 milioni di euro di ricavi del 2016, che testimoniano una crescita media negli ultimi quattro anni (CAGR) del 13 per cento.

Bilancio non consolidato	31/12/2021 EUR	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Abbreviato (D) ICS					
Ricavi delle vendite	7.790.388	7.273.440	6.927.861	6.773.036	4.621.115	3.794.075
EBITDA	545.760	891.751	494.854	739.978	458.558	530.637
Utile Netto	-204.449	98.555	-103.910	175.305	87.831	219.723
Totale Attività	8.792.786	9.209.019	9.012.494	6.465.286	3.942.710	2.187.099
Patrimonio Netto	1.294.798	1.548.242	1.449.691	1.553.601	938.676	850.843
Posizione finanziaria netta	2.632.672,00	2.962.521,00	2.122.795,00	1.552.677,00	1.800.998,00	372.334,00
EBITDA/Vendite (%)	6,92	12,22	7,12	10,83	9,92	13,98
Redditività delle vendite (ROS) (%)	-1,18	2,58	-1,31	4,07	3,32	9,08
Redditività del totale attivo (ROA) (%)	-1,06	2,04	-1,01	4,30	3,90	15,75

Figura 1.1. Bilancio Cereal Food Srl

Analizzando l'ultimo bilancio in figura 1.1, si evince, inoltre, come l'azienda nel 2021 abbia constatato un'erosione di alcuni margini, così come di vari indicatori quali ROS e ROE. Tuttavia, ciò è attribuibile alla diffusione del covid 19 ed all'aumento dei costi e delle limitazioni da esso derivanti. Nonostante ciò, l'azienda è stata capace di aumentare il fatturato del 7,1 per cento nell'ultimo anno e di aumentare le dimensioni dell'impresa assumendo nuovi dipendenti.

La gestione caratteristica, come si deduce dalla diminuzione dell'ebitda, dalla diminuzione del patrimonio netto e dai valori non positivi del ROS e del ROE, non è stata particolarmente efficiente, ma il calo, attribuibile ad una situazione temporanea, fa presagire un rinvigorismento della situazione finanziaria e operativa a partire dall'anno successivo. Inoltre, come si evince dal rapporto debt/ebitda, l'azienda ha richiesto finanziamenti per contrastare l'aumento dei costi e del prezzo di materie prime quali frumento e mais, cresciuti rispettivamente del 18 e 26 per cento nel corso del 2021. Con l'evoluzione degli effetti macroeconomici della pandemia, sono infatti peggiorate sensibilmente le condizioni di acquisto di materie prime e servizi, causando un'erosione dei margini. Inoltre, il conflitto russo-ucraino, scoppiato a febbraio 2022 ed ancora in corso, ha causato un incremento dei prezzi dell'energia elettrica, arrivata in certi momenti dell'anno ad un aumento del 700-800 per cento, e ad un rincaro dei prezzi di materie prime, imballaggi e trasporti. Ulteriore conseguenza della pandemia è stata, inoltre, la chiusura di numerose attività e la conseguente saturazione del mercato, che ha portato le aziende ad innalzare sensibilmente i prezzi.

1.2 I prodotti

L'azienda, come precedentemente accennato, si occupa della produzione di snack e gallette di diversa forma e materiale. In particolare, nelle otto linee dello stabilimento di Chivasso, vengono prodotte:

- gallette, riportate in figura 1.2, prodotte nelle linee 1, 2, 3 e 4, che variano dalle classiche gallette di riso o mais, a quelle speciali di mais integrale, farro, grano saraceno, multicereali, o innovative di legumi. La linea 4, a differenza delle altre, produce gallette in sacchetto anziché in tubo;



Figura 1.2. Tipi di gallette prodotte [1]

- gallette ricoperte di cioccolato al latte o fondente, come in figura 1.3, prodotte nelle linee 8 e 9, con topping quali arancia, limone o cocco;



Figura 1.3. Gallette ricoperte [1]

- mini gallette triangolari, in figura 1.4, prodotte nella linea 5;



Figura 1.4. Mini gallette triangolari [1]

- mini gallette rotonde, in figura 1.5, prodotte nella linea 5;



Figura 1.5. Mini gallette rotonde [1]

- snack estrusi, in figura 1.6, prodotti in linea 6, come cuscinetti ripieni o anche palline o riccioli al formaggio.



Figura 1.6. snack estrusi [1]

1.3 La qualità all'interno dell'azienda

L'azienda individua nella qualità un fattore fondamentale per la sua crescita e per affermarsi nel mercato. Infatti, una politica improntata al raggiungimento ed il mantenimento di elevati standard di qualità, permette di aumentare la soddisfazione del cliente, garantendosi così relazioni più durature con gli stessi.

Inoltre, la qualità permette di ridurre i costi interni, derivanti da prodotti mal riusciti, rilavorazioni, ritardi, i costi esterni, derivanti da reclami o materiale ritornato, e di conseguenza permette di aumentare i profitti. La qualità è, inoltre, un modo per innescare un processo virtuoso che è il miglioramento continuo all'interno dell'azienda, e che si pone alla base del seguente lavoro di tesi.

In ambito qualità, l'azienda Cereal Food S.r.l., tramite l'implementazione di un Sistema di Gestione Qualità, Sicurezza e Ambiente, SGQSA, mira al raggiungimento di un costante miglioramento dell'efficacia della propria gestione, attraverso:

- la valutazione dei rischi di gestione per la qualità, l'ambiente, la salute, la sicurezza e la prevenzione;

- la definizione dei controlli delle proprie attività;
- la definizione di obiettivi di miglioramento.

L'azienda individua nella Politica per la Qualità lo strumento principale per gestire il proprio SGQSA nell'ottica del miglioramento continuo delle prestazioni. Pertanto, si impegna a operare affinché sia sempre garantita la soddisfazione del cliente attraverso una sensibilizzazione alle esigenze del cliente stesso, raffrontate alle procedure interne con continua formazione e sensibilizzazione del personale.[1]

L'azienda, inoltre, mantiene un sistema d'autocontrollo basato sul metodo HACCP, acronimo di Hazard Analysis Critical Control Point, al fine di garantire la salubrità degli alimenti tramite continue analisi dei rischi e azioni preventive.

Nell'ambito della qualità, l'azienda possiede inoltre diverse certificazioni, atte a garantire al committente che il modo di operare rispetti certi canoni oggettivi, trasparenti, diffusi e prescritti dalle normative. Tra queste vi sono le certificazioni Naturland, Flocert, Bio Suisse e Kosher, ed inoltre Cereal Food S.r.l. è certificata secondo gli International Food Standards (IFS). L'IFS è uno standard riconosciuto per l'audit dei produttori di alimenti, la cui attenzione è rivolta alla sicurezza alimentare e alla qualità dei processi e dei prodotti. La certificazione IFS garantisce, infatti, che il processo produttivo, dall'approvazione del fornitore e delle materie prime al prodotto finito, soddisfi i più elevati standard di qualità e sicurezza alimentare.

Sotto questi aspetti, l'azienda si propone di controllare al meglio i prodotti importati (controllo della presenza di OGM e dei residui di prodotti fitosanitari) per mettere sempre più in sicurezza i consumatori. La vision del Gruppo Marbour è, infatti, quella di crescere continuando ad avere la fiducia di tutti gli attori che la circondano, dai clienti ai collaboratori e ai consumatori ("leading with trust").

1.4 Analisi del mercato

Cereal Food S.r.l. opera nel mercato degli snack, un settore in forte crescita, dovuta ad un trend per cui i consumatori tendono a preferire sempre di più gli snack ai pasti, in quanto sono più economici e necessitano di meno tempo per essere preparati e consumati, fattore fondamentale in un mondo sempre più frenetico. Il consumo di snack è cresciuto al punto che due consumatori su tre li preferiscono al pasto tradizionale (64 percento, +5 percento rispetto al 2019). Una tendenza, quella dello "snacking", diffusa soprattutto tra i giovani, con il 75 percento degli appartenenti alla Gen Z, ovvero nati tra il 1996 e il 2010, che tende a sostituire almeno un pasto al giorno con uno spuntino veloce. Il mercato delle gallette, in particolare, che aveva un valore di circa 358 milioni di dollari nel 2016, è salito a 472 milioni nel 2021, con un valore previsto di 712 milioni nel 2027 (CAGR atteso 2020-2027: 6.98 percento). Inoltre, sta aumentando la richiesta, da parte dei consumatori, di cibi sempre più sani, ricchi di proteine, con pochi zuccheri e buoni per l'ambiente, per questo motivo si prevede che il mercato degli snack bio, in particolare, raggiungerà i 23.7 miliardi di dollari nel 2025 (cagr atteso 2019-2025: 14,09 percento).[2]

Sull'onda di questo trend si pone la strategia di Cereal Food S.r.l., la cui mission è proprio

quella di sviluppare un'alimentazione sempre più sana e più pratica per i clienti. All'interno del mercato europei degli snack, Cereal Food S.r.l. si pone appena al di fuori della top ten, dietro a colossi il cui marchio è riconosciuto globalmente e con una base di clienti già ampiamente consolidata, come ad esempio Fiorentini Alimentari Spa. A tal proposito Cereal Food sta implementando una politica di espansione e di acquisizione di nuovi clienti in tutta Europa, garantendo, allo stesso momento, elevati standard di qualità per mantenere posizioni e accordi duraturi con i clienti attuali.

1.5 Scopo del lavoro e obiettivi prefissati

La difficile annata precedentemente descritta, caratterizzata da fenomeni esterni all'azienda quali il covid 19 e lo scoppio del conflitto russo-ucraino, e la difficile situazione economica da essa derivante, hanno costretto Cereal Food S.r.l. ad alcune importanti decisioni per contrastare questo particolare momento. La prima soluzione adottata dalla dirigenza è stata quella di aumentare i prezzi di vendita, in alcuni casi arrivando fino al +30 per cento, per contrastare parte dei rincari di materie prime ed energia. In questo modo l'azienda è riuscita a diminuire in parte le perdite e riversare una quota delle sue spese sui clienti. Un'ulteriore decisione è stata, invece, quella di avviare il progetto di riduzione degli scarti produttivi, tra le principali fonti di costo per l'azienda. Lo scopo di questo progetto è stato, infatti, la diminuzione degli scarti di produzione, partendo da un'analisi delle linee di produzione e dei processi produttivi, seguite da un monitoraggio di alcune produzioni campione, con l'obiettivo di individuare i tipi di scarto e localizzarli nel processo produttivo ed infine proporre ed implementare interventi migliorativi atti alla diminuzione degli stessi.

La riduzione degli scarti di produzione è stata, inoltre, individuata dall'azienda come un fattore fondamentale per aumentare la qualità del processo produttivo e per permettere all'azienda di restare competitiva nel mercato in questo delicato momento storico.

Al momento dell'inizio del progetto, l'azienda, che registrava uno scarto superiore del 7 per cento rispetto al livello accettabile preventivato in distinta base, disponeva dei dati riguardanti gli scarti settimanali delle varie linee, come mostrato in figura 1.7.

Dalla figura 1.7 risulta evidente come l'andamento degli scarti sia piuttosto altalenante nel corso delle settimane, ciò dovuto probabilmente alla produttività e agli ordini da evadere dei diversi prodotti.

Risulta però evidente come, nel corso delle settimane, gli scarti maggiori derivino dalle linee 1 e 3, responsabili rispettivamente per il 29 ed il 28 per cento degli scarti totali, come indicato in tabella 1.1.

Settimane	17							
1	2	3	4	6	9	Spurgo	TOTALE	
950,1	269,6	927,4	112,2	212,6	272,5	534,1	3278,5	
29%	8%	28%	3%	6%	8%	16%		

Tabella 1.1. Percentuale di scarti per linea

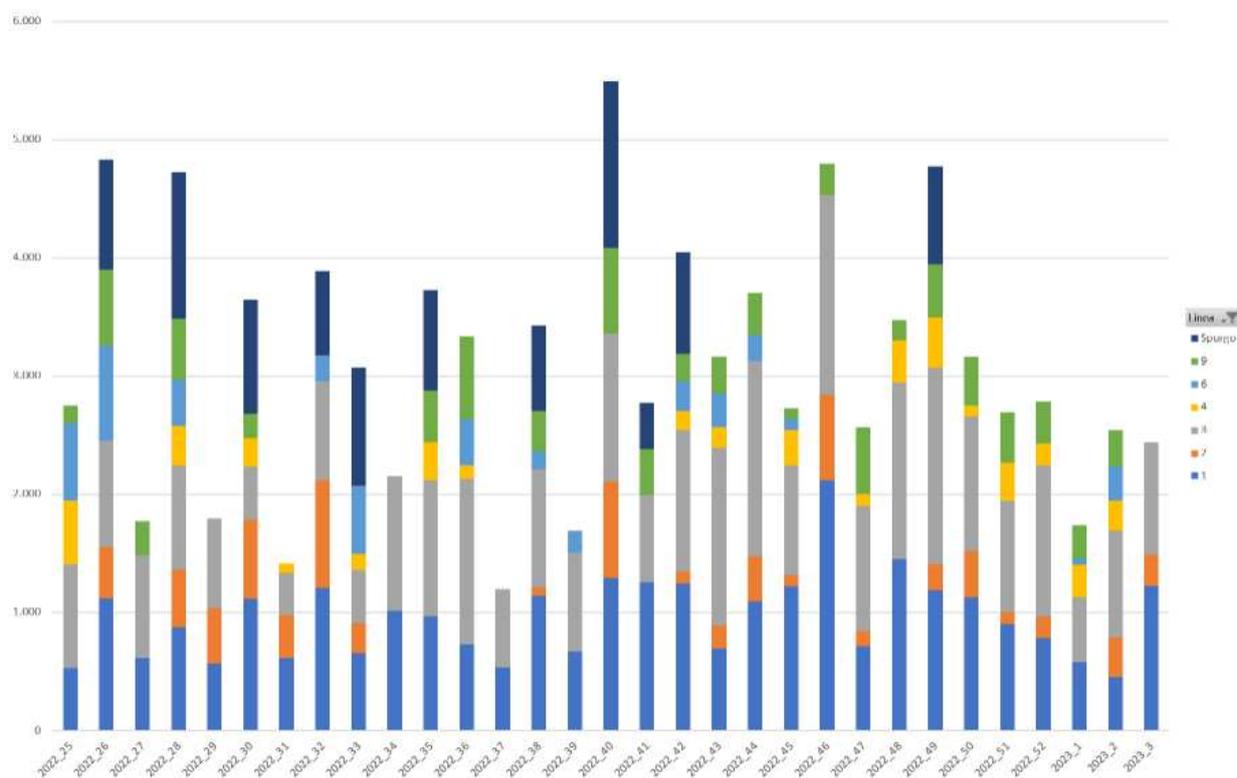


Figura 1.7. Andamento degli scarti per linea nel tempo

I dati presenti in tabella 1.1, che rappresentano lo scarto medio per linea nel corso delle 17 settimane antecedenti all’inizio del progetto, hanno permesso di focalizzare il lavoro ed i monitoraggi sulle linee 1,2,3 e 4, responsabili della maggioranza degli scarti totali. La linea 4 è stata oggetto di monitoraggio perché, a differenza delle altre tre linee, possiede un tipo di confezionamento verticale, e pertanto l’obiettivo di tale monitoraggio è stato quello di individuare quanto il differente confezionamento incidesse sugli scarti totali.

Dai dati a disposizione dell’azienda al momento dell’inizio del progetto, si è potuto dunque definire un piano di azione temporale, partendo da un’analisi iniziale dei processi fino ad arrivare alle prove effettuate per le soluzioni idealizzate. A tal proposito, la figura 1.8 mostra come è stato suddiviso il progetto nelle sue macrofasi nell’arco dei cinque mesi di permanenza in azienda.

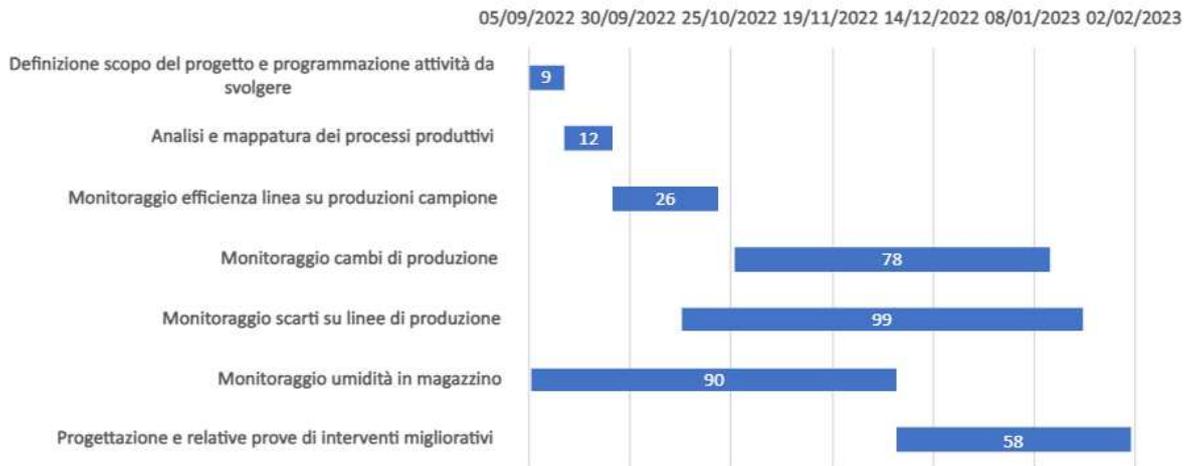


Figura 1.8. Grafico temporale della suddivisione del lavoro

Gli scarti produttivi possono essere suddivisi, a seconda del luogo in cui si manifestano, in scarti interni o esterni al processo di produzione. Per scarti interni si intendono tutti quei prodotti non conformi alle specifiche di qualità o il materiale che si perde lungo il processo. Per scarti esterni, invece, si intendono tutti quei prodotti che non rispondono alle specifiche del cliente in termini di qualità o quantità attesa.

Obiettivo di questo progetto è stato cercare di diminuire la quantità di scarti interni, in modo da ridurre conseguentemente i costi ad essi associati, cercando di intervenire a monte del processo, nelle sue prime fasi, evitando così uno spreco di materiale e di lavoro nelle fasi successive. Obiettivo secondario è la prevenzione dell'immagine dell'azienda che, ritrovandosi a gestire un numero minore di reclami da parte dei clienti, risulta tutelata e meno compromessa.

Capitolo 2

Lean production

Con il termine Lean Production o Lean Manufacturing si intende l'insieme di metodi e strumenti che permettono all'azienda di raggiungere l'eccellenza operativa. L'obiettivo principale della Lean Production è quello di progettare e mantenere un'organizzazione efficiente che consenta di produrre al meglio massimizzando le risorse. Letteralmente "Produzione snella", è il termine utilizzato per descrivere il moderno modo di produrre che, volto alla ricerca del miglioramento continuo, tende ad essere estremamente flessibile per poter soddisfare rapidamente le variazioni di domanda, ridurre gli sprechi e semplificare il lavoro.[19]

La filosofia Lean Production è nata a cavallo tra gli anni '50 e '60 in Giappone, dove alcuni manager della Toyota hanno ideato ed implementato il sistema TPS, Toyota Product System, volto principalmente all'eliminazione degli sprechi e alla ricerca del valore per il cliente. Il TPS ha come obiettivo quello di utilizzare in maniera ottimale le risorse disponibili in termini di sforzo, tempo, macchine e materiali, con l'obiettivo di far aumentare la produttività della fabbrica o azienda.

Un'immagine comune della Lean Production la vede rappresentata da un architrave che poggia su due pilastri, come in figura 2.1: il Just In Time e il Jidoka che, a sostegno del tetto, puntano alla realizzazione del servizio o prodotto utilizzando la giusta quantità, con la migliore qualità, nel minor tempo possibile e al minor costo.

Questa filosofia mette in pratica un insieme di azioni e correttivi al fine di ridurre gli sprechi (MUDA). L'eliminazione di tali sprechi si opera lungo tutta la catena del processo produttivo con un approccio basato su piccoli passi e sul miglioramento continuo, seguendo una filosofia denominata Kaizen.[3][19]



Figura 2.1. Casa della Lean [3]

2.0.1 7 muda

Nel processo produttivo tre tipologie di sprechi hanno influenza negativa sulle prestazioni produttive, comunemente denominate le tre “MU”, MUDA (i sette sprechi), MURI (sprechi di sovraccarico delle risorse) e MURA (sprechi di irregolarità nel carico di lavoro proposto dalla pianificazione della produzione). Questo progetto di tesi si è incentrato in particolare sulla riduzione dei MUDA, ovvero di tutte quelle attività che sottraggono risorse al processo produttivo senza creare valore.

Il pensiero di riduzione dei MUDA, parte dalla premessa che tutte le attività che assorbono risorse senza produrre valore aggiunto sono considerate degli sprechi e, in quanto tali, vanno rimosse. Tuttavia, non tutte queste attività possono essere eliminate, alcune di esse, infatti, sono inevitabili e necessarie per il corretto flusso dei materiali, come ad esempio i trasporti, i movimenti degli operatori e le scorte.

Gli sprechi MUDA vengono classificati in sette macro tipologie, come illustrato in figura 2.2.



Figura 2.2. 7 muda [4]

Un'organizzazione che segue la filosofia Lean si pone dunque come obiettivo quello di eliminare gli sprechi di:

- sovrapproduzione: producendo a lotti, secondo una logica non direttamente collegata agli ordini ricevuti, si può generare il rischio di avere una rimanenza di una quantità di prodotti non richiesti dal mercato. La filosofia Lean aspira a far sì che la produzione sia strettamente collegata alla domanda, per evitare scorte o rimanenze. Pertanto, è necessaria una pianificazione della produzione orientata alle effettive richieste del cliente, flessibile e reattiva, in modo tale da soddisfare le necessità produttive.

All'interno dell'azienda Cereal Food S.r.l., lo spreco per sovrapproduzione vuole essere ridotto al minimo pianificando e calcolando in anticipo la quantità di materia prima da utilizzare per evadere l'ordine, al netto degli scarti di produzione. Tuttavia, ciò non sempre accade in modo ottimale, in quanto il fattore di variabilità indotto dall'operatore e dalla relativa esperienza incide in maniera significativa sulle rimanenze di produzione. Anche per tale motivo nella tesi di Vittoria Regis è stato approfondito il tema della formazione del personale, con l'obiettivo di ridurre al minimo tale variabilità;[5]

- tempo di attesa: una errata sincronizzazione tra le varie fasi del processo o i tempi di attesa dovuti a problemi di bilanciamento, impattano negativamente sull'efficienza

del processo produttivo. Tutti i tempi non strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto o servizio, che si presentano quando una risorsa (macchina o operatore) resta in attesa, non svolgendo alcuna attività, non portano valore aggiunto e pertanto sono sprechi da eliminare.

Nella tesi di Vittoria Regis è stata inserita, a tal proposito, un'analisi dei tempi di attesa nei cambi di produzione, al fine di individuare la giusta procedura di cambio e ridurre al minimo le attese;[5]

- scorte inutili: con questo termine si indica il materiale fermo all'interno dell'azienda in attesa di una successiva azione. Nonostante le scorte siano necessarie per garantire la corretta continuità del processo produttivo, è importante ridurre al minimo la scorta di pezzi e materiali tra una fase e l'altra;
- trasporti: la movimentazione del materiale non crea valore aggiunto ma è spesso indispensabile. Il trasporto da una zona di lavorazione ad un'altra è dunque una lavorazione aggiuntiva che, se non ottimizzata, può comportare uno spreco di risorse e tempo. Pertanto, è opportuno analizzare continuamente il flusso dei materiali e valutare quali siano i trasporti necessari e quelli che possono essere evitati, agendo di conseguenza;
- movimenti inutili: come per i trasporti, tutti quei movimenti di uomo, macchina e prodotto all'interno del ciclo di fabbricazione che non aggiungono valore alla produzione, necessitano una riduzione o addirittura una eliminazione;
- processi inutili: è necessario identificare, attraverso l'analisi di tutto il processo produttivo, quali siano le fasi che risultano inefficienti all'interno del ciclo produttivo. Tutto ciò che crea rallentamenti del flusso, scarti sui prodotti e incremento dei costi, genera uno spreco. Pertanto, è opportuno effettuare costanti monitoraggi e analisi per identificare i processi che potrebbero essere eliminati, nel caso in cui non portano valore aggiunto ma solo spreco in termini di tempo, risorse, spazio e costi. Un'analisi dell'efficienza delle linee e del processo produttivo nell'azienda Cereal Food S.r.l. è stata approfondita nella tesi di Vittoria Regis;[5]
- difetti: la difettosità, oltre a generare una perdita di clientela, comporta anche una perdita di opportunità. Analizzando il pezzo sotto ogni punto di vista e ricontrollando tutto il suo ciclo di fabbricazione, è possibile identificare in quale fase il difetto si verifica con probabilità maggiore, intervenendo sulla causa per cercare di ridurla. Tale tipo di scarto ha interessato il seguente elaborato di tesi, nel quale è stato monitorato il processo produttivo al fine di individuare le fasi in cui lo scarto si verifica con maggiore frequenza.[4][6]

Muda difetti I difetti, già precedentemente elencati come uno dei sette MUDA, si verificano in tutti quei casi in cui i prodotti o semilavorati non sono conformi alle specifiche di produzione, che generano di conseguenza costi e perdite.

Il costo dei difetti non riguarda però solamente i costi diretti. I difetti, infatti, possono dare origine ad ulteriori costi, come quelli associati alla risoluzione dei problemi, ai materiali,

alla rilavorazione, al trasporto (MUDA Trasporto), alle mancate consegne e ai clienti potenzialmente persi.

Le cause che portano al generarsi dei difetti possono essere diverse, molte delle quali possono essere evitate con una corretta progettazione di prodotti, processi e macchinari. Molti difetti sono causati, infatti, da un errato metodo di gestione della produzione, dovuto a operazioni non standard o a differenze nel modo in cui i processi vengono eseguiti da operatori diversi. Ulteriori cause dei difetti possono essere:

- mancata formazione del personale;
- preferire la quantità di produzione piuttosto che la qualità;
- politiche di acquisto sbagliate;
- velocità di produzione troppo elevata;
- controlli qualità scarsi;
- poca cura di utensili e macchinari.

La Lean Production si basa sull'idea che la riduzione dei difetti sia fondamentale per ottimizzare i costi massimizzando la qualità offerta ai clienti.

Tuttavia, la Casa della Lean non si schematizza solo nella riduzione dei difetti e nella presenza dei due pilastri Jidoka e Just In Time. Vi sono elementi trasversali e che stanno alla base dell'intera struttura quali: il controllo visivo, la standardizzazione ed il miglioramento continuo.[4][19]

2.1 Miglioramento continuo

Le aspettative del cliente sono in continua crescita, parallelamente al progresso tecnologico. Per mantenere standard soddisfacenti e rispettare tali aspettative, il miglioramento continuo si pone alla base della filosofia Lean. Come accennato precedentemente, il miglioramento continuo è uno di quegli elementi trasversali alla base della Casa della Lean, che, analizzando periodicamente le attività produttive, mira a ridurre o eliminare tutte quelle fonti o cause di errori che danno luogo ad attività non ottimali o che non generano valore.

Questa filosofia tende ad incoraggiare le persone ad apportare giornalmente piccoli cambiamenti all'interno della loro area di lavoro, il cui effetto cumulativo diventa significativo nel tempo.

Per la corretta implementazione della filosofia del miglioramento continuo occorre superare ogni resistenza, causata dall'incognito e dall'incertezza, ed attuare un miglioramento che, in alcuni casi, richiede atteggiamenti e comportamenti diversi da quelli usuali. Infatti, tra gli ostacoli più frequenti al miglioramento continuo, vi è la volontà del management aziendale di rimanere ancorato agli schemi del passato, secondo la logica dell' "abbiamo sempre fatto così". Pertanto, è necessario adottare la pratica dell'autocritica, conosciuta in giapponese come "Hansei".

Alla base della filosofia del miglioramento continuo si pone, inoltre, il concetto dei tre Gen:

- Genba (luogo di lavoro): per trovare la causa del problema, bisogna innanzitutto recarsi nel luogo in cui esso si è verificato. In approfondimento a tale concetto, si rimanda alla lettura nella tesi di Vittoria Regis della metodologia "gemba walk";[5]
- Genbutsu (oggetto di lavoro): esaminare i prodotti difettosi in prima persona, evitando di basare le proprie valutazioni su numeri o supposizioni;
- Genjitsu (contesto di lavoro): quando si guarda ad un problema, bisogna considerare anche il contesto in cui il prodotto è stato lavorato o la macchina che è stata utilizzata.[8]

2.1.1 Kaizen

L'eliminazione degli sprechi MUDA avviene lungo tutto il processo produttivo con un approccio basato sul miglioramento continuo, seguendo una filosofia chiamata Kaizen. Piuttosto che apportare grandi cambiamenti che interessano l'intera organizzazione, Kaizen mira ad apportare piccole modifiche incrementali. Questa metodologia consente a piccoli team di persone di modificare autonomamente le proprie postazioni di lavoro o linee di produzione, senza lunghi processi di approvazione da parte dei manager, risultando in un processo molto più snello.

Questo approccio, basato su numeri e metodi scientifici, e non solo su supposizioni, trasforma l'ambiente di lavoro in un contesto di forte miglioramento, dove tutti partecipano in modo attivo a tale cambiamento progressivo.

A differenza di Kaizen, si pone Kaikaku che, tradotto dal giapponese come "riforma, cambiamento drastico", è una strategia di cambiamento radicale, applicata nel caso in cui l'azienda necessiti di una strategia mirata al cambiamento profondo. Generalmente, questo tipo di approccio viene utilizzato in situazioni di emergenza in cui è necessario ottenere velocemente una svolta, eliminando rapidamente gli sprechi e riallineando così la produzione ai risultati attesi.[9]

Tra gli strumenti a disposizione per implementare la filosofia Kaizen del miglioramento continuo, il più utilizzato è quello del Problem solving.[7]

2.2 Problem solving

Il problem solving è uno strumento utilizzato per implementare la filosofia del miglioramento continuo. Si tratta di una metodologia di lavoro che, di fronte al verificarsi di un problema, ne ricerca la causa anziché il colpevole.

Questo metodo consiste nell'identificare e definire un problema, cercare la soluzione attraverso una fase di raccolta dei dati, individuare le cause e le possibili misure correttive per la risoluzione di tale problema. Gli strumenti utilizzati nel problem solving possono essere schematizzati e collegati tra loro come in figura 2.4.

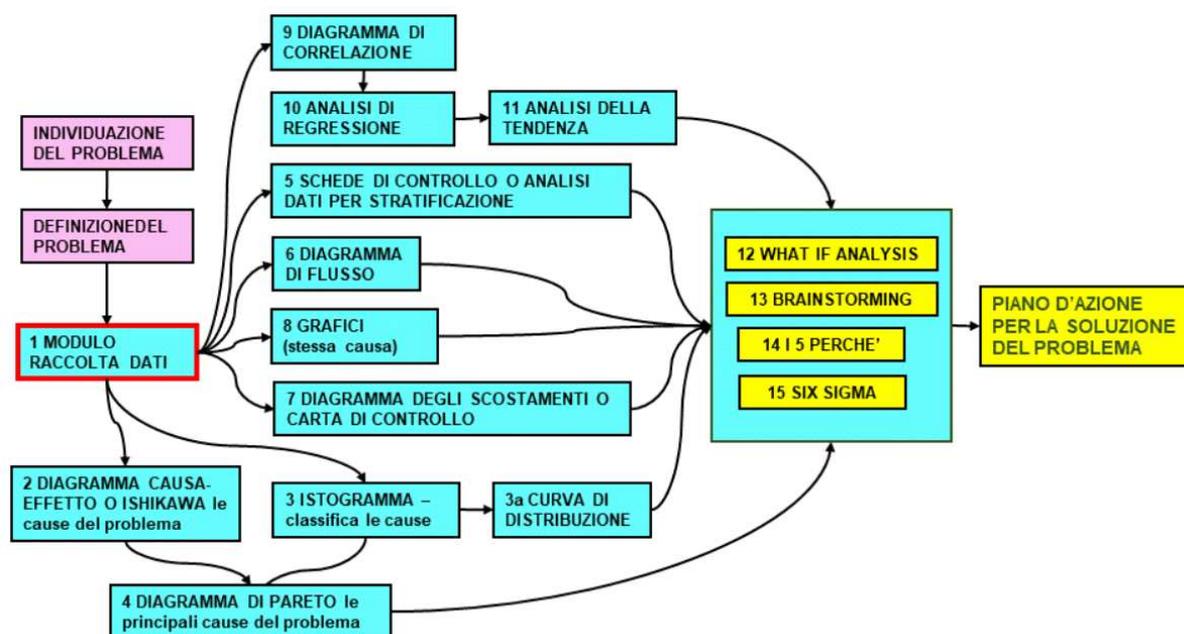


Figura 2.3. Strumenti di risoluzione [27]

Di seguito una breve descrizione di alcuni degli strumenti riportati nel grafico.

2.2.1 I sette vecchi strumenti della qualità

I sette vecchi strumenti della qualità sono stati diffusi da Kaoru Ishikawa che, nel libro “Guida al controllo di qualità”, descrive questi strumenti con l’obiettivo di fornire a chiunque nell’industria abbia bisogno di risolvere problemi specifici di miglioramento della qualità, metodi immediatamente applicabili alle realtà industriali. Questi strumenti consentono, infatti, di indagare su anomalie di produzione, per risolvere i problemi e ridurre gli sprechi.

I “vecchi” strumenti, per lo più basati su numeri e tecniche statistiche, si differenziano dai “nuovi” strumenti della qualità, più orientati alla persona e ai comportamenti.

Analisi causa-effetto L’analisi causa- effetto, che si avvale del Diagramma di Ishikawa per la sua rappresentazione, è utilizzata per identificare tutte le possibili cause di un dato problema.

Il Diagramma di Ishikawa, noto anche come diagramma causa-effetto o diagramma a lisca di pesce, è stato ideato da Kaoru Ishikawa. Si tratta di uno schema a lisca di pesce, in cui, dopo aver identificato e descritto il problema, si procede all’individuazione delle categorie in cui si ipotizza possano risiedere le cause principali. Queste vengono poi collegate attraverso linee oblique alla linea principale che collega al problema, come illustrato in

figura 2.5. Le categorie sono solitamente quattro, identificate dalle 4 M (manodopera, macchine, materiali e metodi).

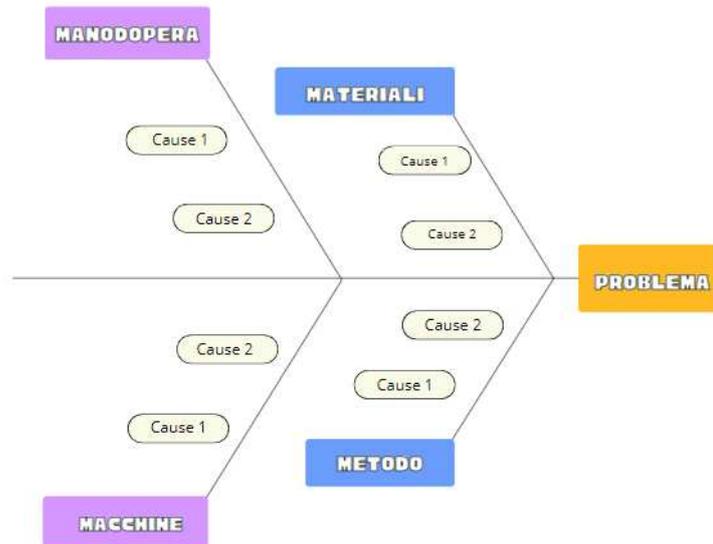


Figura 2.4. Diagramma di Ishikawa

Modulo o scheda di raccolta dati Il miglioramento continuo si attua partendo dalla raccolta di dati per confermare o confutare le ipotesi iniziali e proporre, di conseguenza, uno schema di azioni. La scheda di raccolta dati è usata per reperire informazioni ed i principali tipi di schede sono i seguenti:

- Modulo di Raccolta dati > cause del Problema > Istogrammi > Pareto
- Modulo di Raccolta dati > misura dell'entità della causa/frequenze > Curve di Distribuzione
- Modulo di Sintesi per ricerca delle Cause del Problema > Analisi per Stratificazione

Ogni Modulo deve comprendere informazioni come: Periodo raccolta dati, Persona addetta alla raccolta dati, Reparto, Settore, Data, Firma.

Istogramma o curva di distribuzione Si tratta di un grafico a barre che mostra la distribuzione della frequenza di una variabile, correlando la frequenza alle diverse categorie/classi, come riportato in figura 2.6.

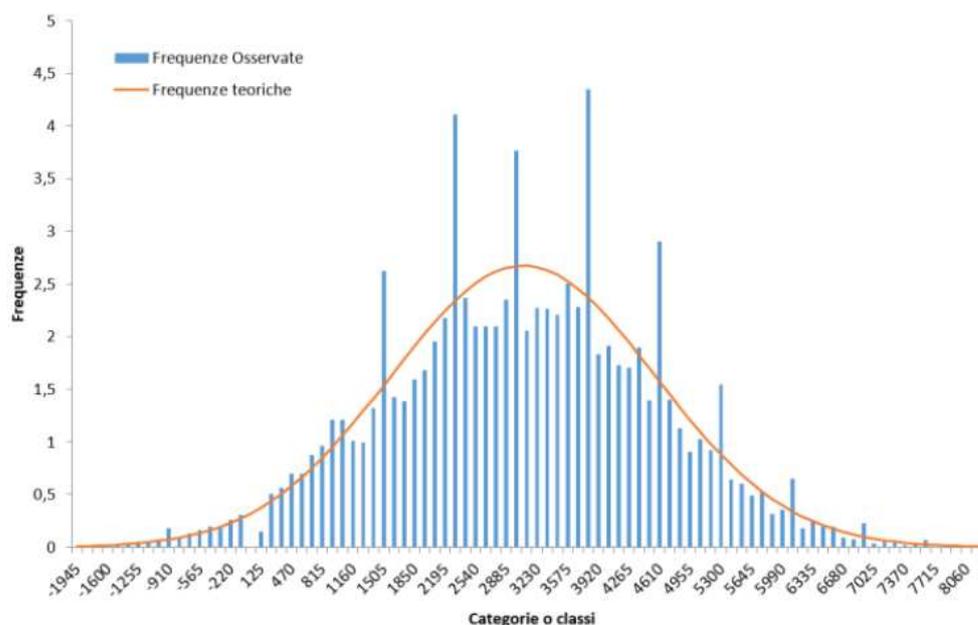


Figura 2.5. Esempio di istogramma o curva di distribuzione [10]

Diagramma di Pareto Sviluppato dall'economista italiano Vilfredo Pareto, questo strumento consente di classificare un insieme di dati dal più al meno importante, in ordine decrescente. Nel controllo qualità, lo scopo del diagramma è identificare la priorità di azioni da intraprendere, basandosi sul metodo dell' 80/20. Il principio di Pareto afferma, infatti, che il 20 percento delle cause spiega l'80 percento di un dato problema, e viceversa. Tale principio è la formalizzazione di una legge empirica, individuata in precedenza da Joseph M. Juran, che sostanzialmente stabilisce che, considerando grandi numeri, la maggior parte degli effetti è dovuta ad un ristretto numero di cause.[11]

Concentrandosi quindi sulle problematiche più importanti, è possibile migliorare l'efficienza e l'efficacia delle azioni correttive. Attraverso l'analisi di Pareto, si cerca dunque di individuare graficamente le cause più importanti, utilizzando il Diagramma di Pareto, in figura 2.7, e le conseguenti priorità di azioni. Un ulteriore elemento nel diagramma è la curva di Lorenz, che rappresenta la percentuale cumulata delle quantità misurate.[12]

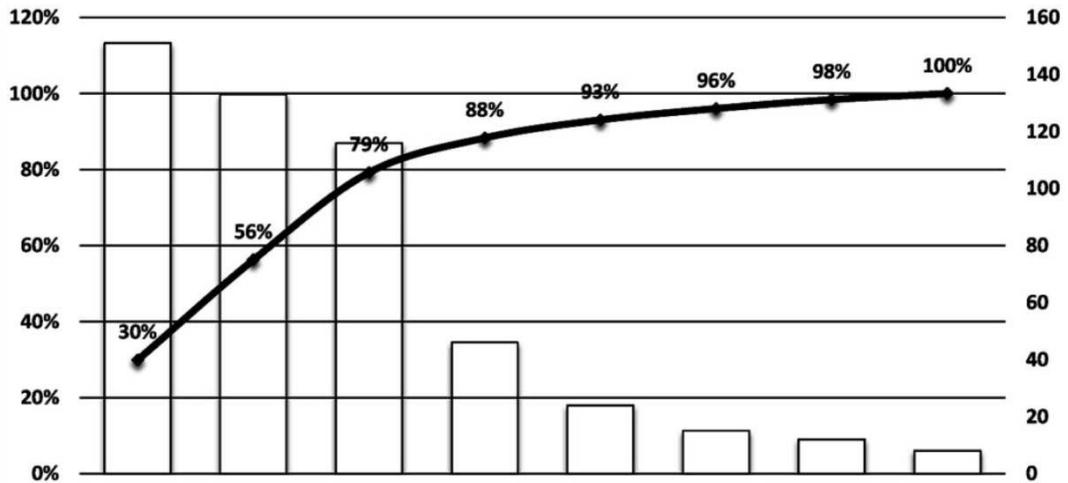


Figura 2.6. Diagramma di Pareto [25]

Carta di controllo Tale strumento si basa sul principio che non si può migliorare un processo che non sia sotto controllo. Si procede impostando i limiti del processo e controllando che non vi siano punti del processo che fuoriescono dai limiti (fuori controllo). Lo scopo delle Carte di Controllo è quello di verificare istante per istante che il processo si mantenga stabile nelle condizioni di partenza, in modo tale da adottare opportune misure correttive. Le carte di controllo possono essere per variabili (carta della media, carta del range, carta della varianza, carta della deviazione standard o carta dei valori singoli) o per attributi (carta p della percentuale di elementi difettosi, carta np del numero di elementi difettosi, carta u del numero di difetti per elemento, carta c del numero di difetti per campione).

Diagramma di correlazione Tale diagramma è utilizzato per rilevare possibili relazioni tra variabili.

Analisi per stratificazione In questo tipo di analisi i dati sono catalogati e stratificati, per vedere dove ha origine il problema: ad esempio si esamina il livello di produttività per turno, macchina o materiale.[13]

2.2.2 5 whys

Il metodo 5 Whys è uno strumento di problem solving e consiste nel porsi una serie di domande che permettono di analizzare un problema e trovarne le cause principali. Tale metodologia consente di distinguere efficacemente gli effetti e le conseguenze dalle cause principali.

A partire dal problema riscontrato, viene posta la domanda “Perché” 5 o più volte, col fine di arrivare alla causa principale del problema.[14]

2.2.3 FMEA

La FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) è un'ulteriore tecnica di problem solving, che consente di effettuare uno studio preventivo delle funzionalità di un prodotto o di un servizio, ai fini della sicurezza e dell'affidabilità. Può trattarsi di un'analisi di design (DFMEA), quando si conduce su un prodotto che sta per essere realizzato, o di processo (PFMEA), quando si conduce sul processo stesso. Quest'ultima viene utilizzata come strumento di analisi dei guasti e dei difetti per il miglioramento continuo dei processi. Con questa analisi si ricercano le possibili fonti di errore, si determina la loro importanza e si valutano misure preventive adeguate. In questo modo, è possibile evitare o ridurre notevolmente gli elevati costi derivanti da controlli ed errori.

Con l'analisi FMEA, è possibile identificare e suddividere guasti e difetti in base alla gravità delle loro conseguenze, alla loro frequenza e alla facilità di rilevamento, in modo da poter adottare misure per limitarne o prevenirne l'origine a cominciare da quelli più gravi, come riportato in tabella 2.2. Tale analisi consente così all'azienda di implementare la filosofia del miglioramento continuo già citata. La FMEA si basa su strumenti tecnici grafici, tabulari per raccogliere, sintetizzare e analizzare i dati ottenuti dalle analisi fatte. Il modulo di riferimento è la tabella 2.1, contenente:

N°	Modo di guasto	Effetto del modo di guasto	G	Causa del modo di guasto	P	Misure di controllo	R	IPR	Azioni proposte

Tabella 2.1. Modulo per l'elaborazione di FMEA

- modo di guasto: modalità in cui il componente esaminato può perdere la capacità di svolgere il proprio compito;
- effetti del modo di guasto : cosa accade se si verifica il modo di guasto.
- Indice di gravità G: è un valore che, espresso su una scala qualitativa, solitamente tra 1 e 10, esprime il grado di danneggiamento a cui è soggetto il prodotto per un dato modo di guasto;
- cause del modo di guasto: elenco delle cause che determinano un particolare modo di guasto;
- indice di probabilità P: valore che, espresso su una scala qualitativa tra 1 e 10, indica la probabilità di accadimento di un determinato modo di guasto;
- misure di controllo previste: azioni che vengono programmate per correggere eventuali malfunzionamenti del prodotto o processo;

- indice di rilevabilità del guasto R: è un valore espresso in scala qualitativa, generalmente compreso tra 1 e 10, che individua la capacità di non far arrivare al cliente prodotti con caratteristiche difettose;
- indice di priorità di rischio IPR:

$$IPR = G * P * R$$

è un indice il cui valore varia tra 1 e 1000 che definisce la priorità dei modi di guasto. Obiettivo della FMEA è quello di ridurre l'indice IPR di tutti i possibili modi di guasto.[15]

Gli indici IPR e G sono utilizzati in parallelo per indirizzare gli interventi sul processo. Se l'obiettivo è dare un ordine di priorità, ci sono casi in cui l'IPR è basso ma G è alto e quindi si interviene tempestivamente, anche se l'IPR è più basso. Pertanto, si guarda con attenzione anche l'indice G, oltre all'IPR. Un'importante critica rivolta a questo metodo è che l'indice IPR nasce come prodotto di informazioni espresse su tre scale qualitative. In effetti, è stato calcolato attribuendo proprietà alle scale di G, P e R che in realtà non esistono. Si tratta di scale che hanno al massimo proprietà di ordinamento, ma facendone il prodotto vi si attribuiscono proprietà di tipo di rapporto.

Per quanto riguarda la ricerca delle cause, invece, è fondamentale andare alla radice della causa, ragionando in termini di 4M ed utilizzando strumenti quali i 5 perchè ed i Diagrammi di Pareto e di Ishikawa.

RPN	Rischio e Gravità	Necessità di azione	Attività correlata
$500 \leq \text{RPN} \leq 1.000$	CRITICO	URGENTISSIMO	Interrompere la produzione per correggere il rischio di errore critico
$200 \leq \text{RPN} \leq 500$	MOLTO ALTO	urgente necessità di azione	Valutare se necessario l'interruzione della produzione per correggere al più presto il rischio di errore
$100 \leq \text{RPN} \leq 200$	ALTO	Pianificare azione nel brevissimo periodo	Pianificare nel brevissimo periodo le azioni per correggere al più presto il rischio di errore
$50 \leq \text{RPN} \leq 100$	MEDIO	Pianificare azione nel breve-medio periodo	Valutare il momento più idoneo nel breve-medio periodo al fine di implementare il processo.
$2 \leq \text{RPN} \leq 50$	BASSO	Introdurre azione nell'elenco dei miglioramenti continui	L'attività può essere formulata e implementata attraverso il modello KAIZEN
$\text{RPN} = 1$	MINIMO	non serve alcuna azione correttiva	Nessuna attività necessaria

Tabella 2.2. Priorità di azioni con analisi FMEA [16]

Capitolo 3

Il metodo DMAIC

La metodologia DMAIC è utilizzata per migliorare i processi produttivi, riducendone la variabilità, gli errori, gli scarti e i difetti. Tale metodologia è spesso utilizzata come strumento di problem solving e per il miglioramento continuo.

La metodologia può essere utilizzata per identificare i punti critici del processo e focalizzarsi sulle cause dei problemi. È uno dei metodi di produzione Lean Six Sigma, in cui il pensiero della Lean Production è connesso con il metodo Six Sigma.

- Lean Production: è quella metodologia, già descritta nel capitolo 2, ideata da Taiichi Ohno per gestire la linea di produzione Toyota massimizzando gli utili e minimizzando gli sprechi (MUDA), col fine di permettere all'azienda di raggiungere l'eccellenza operativa tramite un'ottimizzazione delle risorse.
- Il metodo Six Sigma: è una metodologia, nata nell'azienda Motorola negli anni '90, che si focalizza sul miglioramento della qualità di un prodotto o servizio, riducendo gli sprechi di processo e prevenendo i difetti, tramite una diminuzione della variabilità del processo.[17]

Il metodo DMAIC è composto da cinque fasi, da completare in ordine. La parola DMAIC è un acronimo, in cui ogni lettera rappresenta una fase della metodologia, come rappresentato in figura 3.1:

1. Definizione (Define)
2. Misurazione (Measure)
3. Analisi (Analyze)
4. Implementazione (Improve)
5. Controllo (Control)

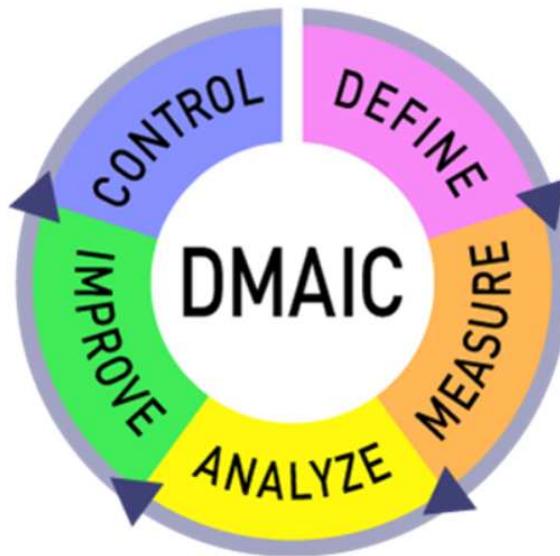


Figura 3.1. Ciclo DMAIC [18]

3.0.1 Define

La prima fase del metodo, di definizione del problema, consente di delineare chiaramente i miglioramenti da apportare e gli obiettivi da raggiungere. Nella fase Define, si definisce lo “scenario di riferimento” del progetto in cui sarà opportuno specificare il problema da analizzare, gli obiettivi che si intendono raggiungere ed i relativi vincoli.

In questa fase è inoltre necessario analizzare i processi aziendali, definendo le variabili di processo ed i parametri da misurare, avvalendosi di svariati strumenti quali ad esempio brainstorming, value stream map, diagrammi di affinità, o schede di processo.

3.0.2 Measure

In questa fase, l'obiettivo è analizzare le prestazioni del processo As-Is, ovvero misurare le performance del processo attuale e monitorare le criticità a cui saranno apportati dei miglioramenti. In genere, si crea un piano per raccogliere i dati necessari alla comprensione del problema, al fine di separare ciò che sta effettivamente accadendo da ciò che si suppone stia accadendo.

Questa fase è necessaria affinché la successiva fase Analyze sia svolta correttamente, in quanto fornisce i dati reali che verranno poi analizzati.

Tra gli strumenti utilizzati in questa fase vi sono il diagramma di Pareto, box plots, istogrammi o anche indicatori statistici e test di normalità.

3.0.3 Analyze

In questa fase, i dati raccolti nella fase Measure sono analizzati per identificare le probabili cause del problema.

Per fare ciò, tra gli strumenti a disposizione vi sono il diagramma di Ishikawa, il diagramma di Pareto, il metodo dei 5 whys o il brainstorming.

3.0.4 Improve

Nella fase Improve vengono individuate e implementate le soluzioni correttive, per garantire la riduzione dei difetti, l'efficacia strategica e l'efficienza gestionale.

In questa fase è necessario pianificare un "test pilota" per verificare l'efficacia delle soluzioni nel breve o medio periodo, per poi eseguire l'implementazione su larga scala".[23]

Questa quarta fase si conclude con la valutazione delle soluzioni e identificazione di quelle da perseguire e portare avanti, tenendo conto di alcuni possibili criteri di selezione quali ad esempio il costo di implementazione, i possibili benefici o la facilità di realizzazione. Una volta selezionate le soluzioni e applicate ai processi, si passa alla fase finale del ciclo DMAIC, quella di Controllo.

Tra i metodi utilizzati in questa fase vi sono il ciclo di Deming o ciclo PDCA, la FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), il Design Of Experiments (DOE) o tecniche Lean quali il 5s.

Ciclo di Deming Considerato il padre del moderno total quality management, William Edward Deming ha introdotto il concetto di miglioramento continuo, inteso sia come riduzione delle cause di difettosità sia come obiettivo strategico di sviluppare sempre prodotti all'avanguardia. Egli riteneva che "nulla è abbastanza buono da non poter essere migliorato" e credeva che un'azienda dovesse migliorare costantemente i sistemi di produzione e di servizio, perché un cambiamento graduale è più facile da gestire rispetto a un cambiamento radicale. Solo in questo modo, secondo lui, le aziende sono in grado di adattarsi al cambiamento delle tecnologie produttive e delle richieste dei clienti. Egli ha ripreso e reso popolare la teoria di Shewart di miglioramento in quattro fasi, nota come ciclo PDCA, PDSA o ciclo di Deming. Le fasi che compongono il ciclo sono:

- Plan, pianificazione delle attività correttive e degli obiettivi di qualità.
- Do, esecuzione pratica delle attività precedentemente pianificate. I processi corretti sono monitorati raccogliendo i dati che vengono verificati nella fase successiva.
- Check, controllo dei dati raccolti e verifica della compatibilità con quanto pianificato.
- Act, implementazione su ampia scala delle soluzioni che hanno superato le verifiche.

A questo punto, il processo riparte con la pianificazione di nuovi obiettivi di qualità, chiudendo così il cerchio, come illustrato in figura 3.2, innescando un processo di miglioramento continuo.

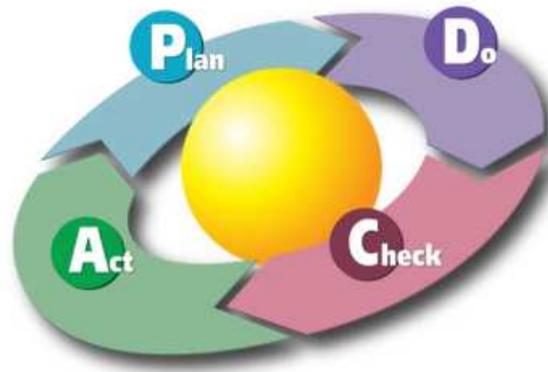


Figura 3.2. Ciclo PDCA [19]

Deming si riferiva generalmente a questo processo come a un "ciclo di apprendimento" e in seguito lo modificò per enfatizzare l'apprendimento e la riflessione, cambiando la fase di "Verifica" in "Studio", da cui il termine "ciclo PDSA".[20]
 Il ciclo può essere utilizzato in alternativa al ciclo DMAIC o come strumento nella fase Improve del ciclo DMAIC, come illustrato nella tabella 3.1.

Identificazione e proposta azioni di miglioramento	PLAN	IMPROVE
Applicazioni azioni di miglioramento	DO	
Verifica efficacia azioni di miglioramento	CHECK	
Standardizzazione azioni di miglioramento	ACT	

Tabella 3.1. Ciclo PDCA dentro fase Improve

3.0.5 Control

Lo scopo della fase Control è convalidare l'efficienza della soluzione implementata, analizzare le prestazioni del processo migliorato e confrontarlo con gli obiettivi del progetto originale.

In questa fase possono essere utilizzati strumenti come le procedure operative standard (SOP). Tale strumento consente una mappatura dettagliata dei processi, coordinando il lavoro del personale in modo coerente per ridurre al minimo la variabilità e semplificare le attività quotidiane. Un ulteriore strumento è il controllo statistico di processo (SPC), che consente di analizzare statisticamente i processi e identificare inefficienze, sprechi e colli di bottiglia.[24]

3.1 Applicazione pratica del metodo DMAIC al caso Cereal Food S.r.l

Nell'ambito del progetto svolto presso l'azienda Cereal Food S.r.l, le tematiche del miglioramento continuo e problem solving sopra citate sono state ampiamente riprese ed utilizzate.

Il progetto, le cui fasi sono state suddivise come riassunto nella tabella 3.2, è stato implementato applicando il metodo DMAIC per l'individuazione e la risoluzione delle principali cause di scarto aziendale.

DEFINE	Definizione scopo del progetto Analisi e mappatura dei processi produttivi aziendali Definizione parametri e variabili di processo
MEASURE	Monitoraggio scarti di produzione Monitoraggio efficienza linee su produzioni campione Monitoraggio cambi di produzione Monitoraggio umidità in magazzino
ANALYZE	Analisi delle principali cause di scarto Analisi di Pareto
IMPROVE	P: Individuazione azione correttive D: Prova con applicazione delle azioni correttive su una sola pressa C: Valutazione delle soluzioni A: Standardizzazione azioni di miglioramento su tutte le presse
CONTROL	Verifica efficienza soluzioni implementate Controllo e confronto dei risultati ottenuti con gli obiettivi iniziali

Tabella 3.2. Metodo DMAIC applicato al caso Cereal Food Srl

La fase Define del metodo ha interessato la definizione dello scopo del progetto, dei parametri e delle variabili da tenere sotto controllo, seguita dall'analisi dei processi produttivi aziendali, per il cui approfondimento si rimanda alla tesi di Vittoria Regis.[5]

Nella fase Measure, sono stati svolti diversi monitoraggi riguardanti gli scarti di produzione, l'efficienza delle linee su produzioni campione, i cambi di produzione e l'umidità in magazzino. Tali monitoraggi hanno avuto l'obiettivo di quantificare l'efficienza produttiva e gli scarti delle linee, in modo tale da ottenere i dati necessari per la successiva fase.

Nella seguente fase Analyze, infatti, questi dati raccolti sono stati analizzati per trovare le principali cause di scarto, avvalendosi anche dell'ausilio di strumenti di problem solving già citati, come ad esempio il Diagramma di Pareto.

Nella fase Improve, invece, seguendo le linee guida dettate dal ciclo PDCA ed utilizzando il metodo del Design Of Experiments, sono state individuate le azioni correttive ottimali, seguite da alcune prove, effettuate all'inizio su una sola pressa di una sola linea, ed in seguito implementate su tutte le presse della linea in considerazione.

Successivamente sono stati raccolti i dati e valutati i risultati fino ad arrivare alla fase Control, in cui sono stati controllati e confrontati i risultati ottenuti con gli obiettivi iniziali.

Sulla base dei risultati raggiunti, sono state, inoltre, proposte ulteriori migliorie all'azienda, le quali verranno prese in considerazione e valutate per futuri progetti.

Capitolo 4

Mappatura, definizione e costi dei tipi di scarto

Partendo da un'iniziale mappatura ed analisi del processo produttivo, nella quale sono stati approfonditi i temi di efficienza del processo e dei metodi di lavoro, e per il cui approfondimento si rimanda alla tesi di Vittoria Regis [5], il progetto si è focalizzato sul monitoraggio di alcune produzioni campione, per individuarne i principali scarti di produzione e proporre opportune migliorie.

Dalla prima parte del lavoro, infatti, è stato possibile suddividere il processo produttivo nelle varie fasi principali ed individuare i principali punti di scarto con le relative tipologie di scarto. Dai risultati ottenuti è stato possibile suddividere le linee di produzione in quattro macro-fasi: la prima, chiamata "uscita presse", comprende tutto il processo dal momento in cui le gallette, uscite dalle presse, cadono sul nastro trasportatore fino ad arrivare nel canale; la seconda fase, denominata "canale", comprende quel tratto di processo che va dal momento in cui le gallette arrivano nel canale vibrante, che le impila, al momento in cui giungono al porzionatore; la successiva fase, chiamata infatti "porzionatore", termina nel momento in cui le gallette ormai impilate e suddivise in porzioni, arrivano nella zona di confezionamento, che può essere di tipo X-fold o Flow pack, a seconda di come viene chiusa la confezione; l'ultima fase, denominata appunto "confezionamento", inizia dal momento in cui le gallette vengono confezionate nel film, fino a quando le confezioni sono inscatolate dall'operatore.

4.0.1 Definizione e tipi di scarto

Lo scarto di produzione può essere definito come la quantità di prodotto finito o semilavorato che viene scartato perché non rispetta la qualità attesa dall'azienda, il materiale non soddisfa le specifiche o le dimensioni effettive non corrispondono ai requisiti di progetto. Essenzialmente rappresentano qualsiasi materiale o parte scartata perché inutilizzabile, difettosa o di scarsa qualità, che non viene conteggiata tra i "pezzi buoni" nel processo di fabbricazione.

All'interno dell'azienda Cereal Food S.r.l. viene considerato scarto tutto quel materiale, materia prima, semilavorato o prodotto finito, che non raggiunge il cliente e che viene perso lungo la catena di produzione. Tali scarti generano di ovviamente dei costi, come ad esempio il costo della materia prima, del mancato costo opportunità o della lavorazione in termini di ore macchina e ore uomo.

Partendo dalla definizione di scarti produttivi data dall'azienda, è stata individuata un'ulteriore suddivisione in base al tipo di scarto, di cui seguono alcune immagini:

- scarto dovuto ad un malfunzionamento di un macchinario.



Figura 4.1. Malfunzionamento di una pressa

Tali scarti si verificano quando un macchinario lavora in modo difettoso, in seguito ad un'errata manutenzione o all'impostazione di parametri sbagliati, portando di conseguenza a scarti in termini di prodotti non conformi ed in termini di tempo impiegato nella riparazione del macchinario. In figura 4.1 si evince come, a causa di un'errata pulizia della pressa, il prodotto finito non sia riuscito a scorrere sul nastro ed abbia causato un blocco;

- materiale caduto a terra.
Questo tipo di scarto, mostrato in figura 4.2, si verifica lungo tutto il processo produttivo ed è dovuto ad eventuali blocchi che causano il sovraccumulo dei canali e la conseguente caduta del prodotto finito. Tali blocchi, dovuti a prodotti finiti irregolari che si incastrano lungo i canali, come mostrato in figura 4.3, sono più frequenti in prodotti più irregolari e difficili da lavorare, come ad esempio il mais integrale, che riporta infatti la più alta percentuale di scarto dovuto a materiale caduto.



Figura 4.2. Materiale caduto a terra

- prodotto finito scartato dagli operatori perchè non conforme alle specifiche di qualità. Lungo tutta la linea di produzione, gli operatori controllano e scartano i prodotti finiti ritenuti difettosi, perchè ad esempio poco cotti, rotti o irregolari;
- prodotto finito rotto in fase di confezionamento o lungo i nastri. Questo tipo di scarto comprende tutto quel materiale che non viene utilizzato perchè rotto dalla confezionatrice a causa di un'errata disposizione o rotto in seguito a blocchi avvenuti lungo i nastri o i canali.
- scarto di avviamento. Rappresenta quello scarto dovuto alle prime produzioni successive a cambi turno, prodotto o a lunghi stop. Questi scarti sono intrinseci nel processo produttivo e sono dovuti alla ricerca degli opportuni parametri di temperature e tempi di cottura da inserire nelle presse. Un'analisi sulla eventuale riduzione di questi scarti, e la ricerca di una corretta procedura di avviamento, è stata approfondita nella tesi di Vittoria Regis;^[5]

- scarto dovuto all'inesperienza o poca abilità dell'operatore.
La variabilità indotta dalla differenza di esperienza e di abilità degli operatori è un argomento da tenere sotto considerazione. Il tema della corretta formazione degli operatori è stato approfondito nella tesi di Vittoria Regis;[5]
- materia prima non conforme o difettosa;
Questo tipo di scarto può essere riconducibile al materiale difettoso consegnato dai fornitori, che l'azienda non considera come scarti propri, o ad un errato stoccaggio e conservazione della materia prima in magazzino, imputabile invece all'azienda.



Figura 4.3. Gallette incastrate nella zona "canale"

Per una più dettagliata descrizione degli scarti e dei punti di scarto nelle linee di produzione si rimanda alla lettura della tesi di Vittoria Regis.[5]

4.1 Sistema aziendale di raccolta ed analisi dati

Al momento dell'inizio del progetto di tesi, l'azienda teneva traccia giornalmente di dati riguardanti produttività, l'andamento di alcuni KPI, tracciando anche alcuni dati riguardanti gli scarti di produzione. In aggiunta a queste informazioni di cui l'azienda già disponeva, durante il progetto di tesi sono stati raccolti ulteriori dati riguardanti gli scarti, catalogandoli per tipologie, ad esempio iniziando a tenere traccia dei chilogrammi di scarto suddivisi per fase del processo produttivo in cui essi avvengono, turno e prodotto da realizzare. Questa introduzione ha permesso di individuare in modo più efficace eventuali migliorie da apportare al processo produttivo ed in quali fasi del processo intervenire con maggiore urgenza. L'azienda, infatti, fino a quel momento teneva solamente traccia dei chilogrammi di scarto settimanali, senza però effettuare alcuna distinzione sul tipo di scarto. Difatti l'azienda aggiornava un report settimanale sui chilogrammi di scarto per linea, senza però differenziarli per i vari prodotti, le cause e i luoghi degli scarti. Per fare ciò, l'azienda utilizza dei sacconi posti tra le linee e pesati al loro riempimento, come mostrato in figura 4.4.



Figura 4.4. Saccone posto tra linee 3 e 4

Contemporaneamente è stata introdotta un'analisi e una raccolta dati riguardante i principali parametri di processo, quali ad esempio l'umidità, che in precedenza veniva tracciata

tramite controlli campionari all'arrivo della materia prima, mentre, durante il progetto di tesi, è stata monitorata tra le singole fasi, per singolo prodotto e per singola linea. Inoltre, i campionamenti per l'umidità sono stati ripetuti più volte all'interno di una stessa macro-fase ad intervalli regolari, non solamente una volta al loro arrivo, per cercare di ridurre ogni forma di variabilità. Si è deciso, inoltre, di monitorare i livelli di umidità dei sacchi in magazzino per verificare la loro variazione nel corso del tempo, per il cui approfondimento si rimanda al capitolo 5. Infatti l'umidità è un parametro fondamentale per la buona riuscita del prodotto, in quanto a diversi livelli di umidità corrispondono diversi livelli di acqua da inserire nella miscela, mentre l'azienda utilizzava sempre la stessa quantità acqua, differenziandola solamente per tipo di ricetta, senza tener conto delle diverse umidità delle materie prime. L'ipotesi iniziale era, infatti, che l'umidità di uno stesso sacco di materia prima potesse cambiare nel tempo, a seconda delle stagioni, della temperatura e dell'umidità dell'ambiente.

4.2 Monitoraggio scarti di produzione

Come già descritto, in seguito ad un'iniziale fase di analisi dei processi di produzione e della loro efficienza, si è proceduto con il monitoraggio di alcune produzioni campione, con l'obiettivo di quantificare gli scarti e poterli relazionare al tipo di prodotto, al tipo di scarto, al posizionamento lungo la linea, alla durata di produzione e ad altri fattori. La successiva analisi di questi monitoraggi ha permesso di ipotizzare e poi implementare prove risolutive.

I monitoraggi hanno interessato le linee 1,2,3 e 4, essendo le linee risultate più critiche dai dati posseduti dall'azienda. Sono stati eseguiti un totale di undici monitoraggi così suddivisi: cinque per la linea 1, quattro per la linea 3 e uno a testa per le linee 2 e 4. Si è tenuto conto delle produzioni più significative in termini di ordini e scarti presenti nei report aziendali, cercando di dare una spiegazione in termini quantitativi e causali ai dati presenti nei report.

Parte del lavoro ha interessato anche l'analisi dei fermi macchina e dei guasti per la linea 1. Scopo di questo monitoraggio è stato individuare la percentuale e l'incidenza dei fermi macchina della linea sul processo produttivo, in merito alla possibilità di un investimento atto a ridurre questi fermi, ed in parte anche gli scarti. L'investimento è stato, infatti, sottoposto alla dirigenza del gruppo utilizzando anche i dati raccolti da questo monitoraggio, i cui risultati sono riportati in tabella 4.1, ed è stato successivamente approvato.

Per tale motivo la quasi totalità della linea 1, ad eccezione delle presse, verrà sostituita nel corso dell'anno 2023, con l'obiettivo di migliorare i tempi di fermo e gli scarti. Infatti, i tempi di fermo vengono, in seguito all'investimento, garantiti all'1 per cento del tempo totale di produzione, mentre dai monitoraggi effettuati sulla produzione campione tale valore risultava al 4 per cento. Questo investimento dovrebbe, inoltre, ridurre in parte gli scarti, garantendo un migliore flusso di materiale, con conseguente diminuzione della quantità di materiale caduto a terra, bloccato nei canali ed una minore percentuale di prodotto finito rotto nei pacchetti.

inizio	fine	durata (ore)
10:08	10:10	00:02
10:26	10:27	00:01
10:35	10:36	00:01
11:29	11:30	00:01
totale fermi		00:05
totale produzione monitorata		02:00
incidenza fermi		4%

Tabella 4.1. Fermi macchina per una produzione di mais in linea 1

4.2.1 Metodo di misurazione utilizzato

La fase di analisi e mappatura dei processi non solo ha permesso di suddividere il processo produttivo nelle sue quattro macro-fasi principali, ma ha, inoltre, consentito di identificare i punti critici del processo, dove, in questa fase di monitoraggio sono stati posizionati appositi contenitori per raccogliere e quantificare gli scarti.

I contenitori sono stati diversificati, oltre che per zona, anche per colore a seconda del diverso tipo di scarto: giallo per il materiale scartato dagli operatori perché non conforme agli standard di qualità, rosso per lo scarto recuperabile, come nelle figure 4.5 e 4.6, grigio, come in figura 4.8, per le gallette scartate in fase di avviamento, e bianco, come in figura 4.7, per le gallette cadute a terra o rotte, e quindi irrecuperabili. Tutti questi contenitori utilizzati sono stati opportunamente pesati da vuoti prima di ogni monitoraggio, per avere una taratura che fosse il più precisa possibile.



Figura 4.5. Secchi rossi nella fase "canale"



Figura 4.6. Secchi rossi nella fase "confezionamento"

Per ogni monitoraggio è stato utilizzato lo stesso metodo, prendendo nota di ogni ricetta, ora di inizio e ora di fine produzione, in modo tale da valutare anche l'efficienza della linea e di risalire alla produttività oraria per prodotto.

I monitoraggi sono stati svolti tenendo come unità di riferimento un carico di materia prima che a seconda della ricetta, varia generalmente tra i 300 ed i 500 kg. Nel lasso di tempo necessario alla linea per trasformare i chili di materia prima in prodotto finito, i chili di scarto lungo la linea sono stati raccolti, pesati ed infine rapportati in percentuale rispetto al carico. In questo modo si è riusciti a quantificare gli scarti ed individuare le zone e le tipologie più critiche. E' importante sottolineare che tutti i monitoraggi sono stati effettuati una singola volta e che, per avere un risultato più veritiero, è necessario effettuare ulteriori monitoraggi ripetuti sotto le medesime condizioni.

I dati raccolti hanno dunque fornito una prima immagine di come si comporta il processo in condizioni standard, senza fenomeni o avvenimenti speciali e per un intervallo di tempo relativamente ristretto, in genere compreso tra le quattro e le sei ore.

Fondamentale, in questa fase di monitoraggi, è stato inoltre il confronto continuo con gli operatori ed i capi turno. Tale confronto, in linea con le filosofie del gemba walk e del kaizen, ha permesso di venire a conoscenza del perché accadessero molti degli avvenimenti



Figura 4.7. Secchi rosso e bianco posti nella zona "canale"

verificatisi nel corso dei monitoraggi, di comprendere meglio il funzionamento dei macchinari e di individuare i principali tipi e luoghi di scarto.

Per quanto riguarda lo scarto di sovrappeso, è stato possibile risalire a tale dato confrontando il peso dichiarato sulle confezioni con il peso medio effettivo delle confezioni riportato sulla bilancia durante il monitoraggio.

Si è inoltre tenuto traccia degli scarti riguardanti la perdita di umidità del materiale, dalla materia prima al prodotto finito, lungo tutto il ciclo di lavorazione. In questo modo è stato possibile quantificare la materia prima persa durante la fase di cottura nelle presse, di cui l'azienda non disponeva informazioni all'inizio del progetto. Per fare ciò, sono state effettuate misurazioni ripetute sull'umidità della materia prima tramite un analizzatore di umidità come in figura 4.9. La media di tali valori è stata poi confrontata con la media dell'umidità del prodotto finito nelle quattro macro-fasi del processo, rilevata tramite misurazioni ripetute per ogni fase. Per risalire all'umidità del prodotto finito, il metodo utilizzato è stato lo stesso per ogni tipo di prodotto e materia prima. Il prodotto finito, dopo essere stato tritato, veniva introdotto in un'apposita termobilancia in grado di misurare l'umidità in base alla variazione di peso del prodotto stesso.



Figura 4.8. Secchio grigio posto nella zona "uscita presse"



Figura 4.9. Analizzatore di umidità [26]

Gli scarti riutilizzabili, come ad esempio il materiale caduto nei secchi appositamente disposti lungo la linea, o anche quello contenuto nelle confezioni non conformi ai limiti di peso e/o dimensione, sono stati raccolti in appositi secchi, come in figura 4.10, quantificati e poi reimmessi nei canali e riutilizzati.



Figura 4.10. Secchi utilizzati per la riapertura confezioni

Gli scarti inutilizzabili, quali ad esempio il materiale caduto a terra o non conforme alle specifiche tecniche, sono stati invece raccolti negli appositi contenitori già citati, poi pesati e svuotati nei sacchi presenti tra le linee. In questo modo l'azienda è riuscita a quantificare in maniera approssimativa i chili di materiale scartato durante il processo nell'arco di un turno. Questi scarti, tranne quelli contenenti cioccolato, vengono successivamente venduti ad un'azienda che produce mangime per animali. Per avere un'idea delle quantità, basti pensare che, tra i mesi di gennaio e settembre 2022, sono stati rivenduti circa 184 tonnellate di prodotto finito scartato. Scarti riutilizzabili ed inutilizzabili rappresentano due tipologie di scarti interni aziendali.

Per quanto riguarda gli scarti esterni, invece, dovuti ad esempio ad un errato confezionamento o alla presenza di prodotto finito difettoso, dopo aver ricevuto un reclamo da parte del cliente, l'azienda svolge generalmente tutte le attività necessarie atte ad individuare

la causa di tale non conformità segnalata e in quale punto del processo si è verificata. Successivamente l'azienda propone una soluzione al cliente che generalmente consiste in uno sconto sul prezzo o in una cessione gratuita del prodotto.

4.2.2 Risultati ottenuti

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dal monitoraggio di una produzione di gallette di mais in linea 3, scelta come campione dei monitoraggi effettuati, in quanto si tratta della produzione più significativa per l'azienda, in termini di ordini, produttività, quantità e durata di produzione. Per un approfondimento sui risultati ottenuti dai monitoraggi più significativi, si rimanda alla lettura dell'Appendice A.

Dai dati presenti in tabella 4.2, si evince come la differenza tra le umidità medie, della materia prima umidificata in fase di miscelazione e del prodotto finito, sia del 15,26 per cento, generando di conseguenza una perdita di umidità attesa di circa 79,35 kg su un carico totale di 520 kg, come riportato in tabella 4.3.

UMIDITA'	misurazione1	misurazione2	misurazione3	Media
Materia prima	20,1%	20,17%	20,03%	20,1%
Prodotto finito in uscita dalle presse	4,77%	4,61%	5,13%	4,84%

Tabella 4.2. Monitoraggio umidità

Umidità sacco in produzione [%]	16,10%
Umidità carico umidificato [%]	20,10%
Umidità prodotto finito [%]	4,81%
Perdita umidità attesa [%]	15,26%
Scarto per perdita di umidità [Kg]	79,37
Peso dichiarato confezione [g]	120
Peso medio confezioni [g]	135,8
Carico totale [Kg]	520
Materia prima in uscita dalle presse [Kg]	440,63

Tabella 4.3. Perdita di umidità

Analizzando i vari monitoraggi è emerso come l'umidità del prodotto finito si mantenga costante con valori compresi tra il 4 ed il 5 per cento di umidità media, indifferentemente dal tipo di prodotto e dalla materia prima utilizzata. Mentre per quanto riguarda l'umidità della materia prima umidificata, cioè alla quale è stata aggiunta l'acqua in fase di

miscelazione, quest'ultima varia molto a seconda del tipo di materiale, passando dal 16 percento del farro fino ad arrivare al 20 percento del mais.

Per quanto riguarda i dati degli scarti lungo la linea di produzione, ottenuti raccogliendo il materiale caduto a terra e pesando i contenitori opportunamente posti lungo la linea, i risultati sono mostrati nella tabella 4.4.

SCARTI [Kg]	Uscita presse	Canale	Porzionatore	Confezionamento	
<i>Materiale irrecuperabile</i>	2,574	3,404	3,672	1,836	
<i>tra i nastri--></i>	3,775	3,424			
<i>riapertura confezioni--></i>		3,774			
<i>Materiale recuperabile</i>		3,414			
Totale [Kg]	6,349	10,602	3,672	1,836	22,459
Scarto totale [Kg]					101,83
Scarto totale [%]	scarto di materiale + scarto per perdita di umidità -->				20,37%

Tabella 4.4. Monitoraggio produzione di mais in linea 3

Dalla tabella 4.4 si evince come, su un carico totale di 520 kg, si siano verificati 22,459 kg di scarto lungo la linea, che in aggiunta ai 79,35 kg di perdita di umidità, costituiscono un totale di 101,83 kg, corrispondenti al 20,37 percento del carico utilizzato.

Dalla tabella risulta inoltre evidente come la zona "canale" sia quella dove si verificano più scarti produttivi. Ciò è dovuto alle gallette rotte, incastrate o cadute a terra, ma anche agli scarti derivanti dalla riapertura delle confezioni scartate a causa del film difettoso o perché contenenti gallette rotte. Infatti, tutte quelle confezioni scartate dal controllo della bilancia perché sottopeso o non opportunamente sigillate, vengono riaperte dagli operatori ed il materiale in esse contenuto viene reimmesso nel canale. In tabella 4.4, il valore 3,774 in giallo corrisponde al materiale scartato dalle confezioni riaperte, mentre il valore 3,414 corrisponde alla quantità di materiale riutilizzabile recuperato dai secchi opportunamente disposti lungo la linea.

Il materiale scartato nella zona "uscita presse", invece, corrisponde a tutto quel materiale caduto a terra, sia esso prodotto finito o materia prima caduta dalle presse, al prodotto finito bruciato o poco cotto dalle presse e scartato dagli operatori, o ancora al prodotto finito incastrato o rotto all'interno delle presse a causa della scarsa manutenzione. Gran parte di questa voce è costituito dai chicchi di materia prima che, come riportato in figura 4.11, cadono dalle presse perché troppo piccoli, per i quali basterebbe porre dei secchi o contenitori sotto le presse stesse, per riutilizzare il materiale caduto.



Figura 4.11. Scarto in uscita presse

Le voci di "porzionatore" e "confezionamento", invece, oltre al materiale caduto a terra, comprendono il prodotto finito rotto dai macchinari in fase di porzionamento o confezionamento, perchè non impilato o allineato correttamente. Questo disallineamento delle gallette genera scarti dovuti al prodotto finito rotto ma anche in termini di confezioni contenenti più o meno gallette del dovuto, e di conseguenza scartate dalla bilancia a fondo linea perchè sopra o sotto il peso dichiarato.

In tabella 4.5 si può notare come sia stata tenuta traccia delle confezioni scartate e riaperte lungo tutta la durata del monitoraggio.

210 confezioni riaperte nel canale	
kg gallette recuperate	28,52
kg gallette rotte o difettose	3,774
kg gallette reimmesse nel canale	24,74

Tabella 4.5. Dati riguardanti il materiale recuperato

Le 210 confezioni riaperte, considerato il peso medio indicato sulla bilancia di 135,8 g, equivalgono ad un totale di 28,52 kg di gallette recuperate, che, togliendo i 3,774 kg di gallette rotte o difettose all'interno delle confezioni, corrispondono a 24,74 kg di gallette reimmesse nel canale. Con questi dati emersi dai monitoraggi, l'azienda ha potuto avere un'idea del ricircolo di materiale e della quantità di confezioni difettose e riaperte in media lungo un carico di produzione.

Analizzando i risultati ottenuti, come in tabella 4.6, si nota che, per le 3079 confezioni prodotte con il peso dichiarato sulla confezione di 120g, l'azienda avrebbe avuto bisogno di 369,52 kg di materiale, mentre al netto degli scarti di umidità e lungo la linea, l'azienda ne ha utilizzati 418,17, ovvero 48,65 kg in più. Questo scarto è stato denominato con la voce "sovrappeso", in quanto rappresenta la quantità in chilogrammi di prodotto finito nelle confezioni superiore rispetto a quanto dichiarato sulla confezione stessa. Questa voce rappresenta un costo molto importante per l'azienda che, oltre ad inserire nelle confezioni un prodotto finito che non si sta facendo pagare, deve tener conto anche del costo opportunità, ovvero del potenziale guadagno che avrebbe comportato utilizzare quei 48,65 kg per produrre altre confezioni. Producendo, infatti, confezioni esattamente di 120g, come dichiarato, l'azienda avrebbe potuto confezionare 593 pacchetti in più solamente nella durata del monitoraggio. Pertanto, a lungo andare, questa voce rappresenta un costo molto importante nel bilancio aziendale.

kg carico	520
kg in uscita (Carico-Umidità-Scarto)	418,17
confezioni prodotte (135,8g)	3079
kg teorici in uscita	369,52
kg sovrappeso	48,65
confezioni realizzabili con peso consigliato senza scarto	3672
differenza confezioni	593
Scarto totale [kg]	150,48
Scarto totale [%]	30,10%

Tabella 4.6. Analisi dei risultati

Inoltre, in tabella 4.6, si può notare come lo scarto totale ammonti a 150,48 kg, che rapportati ai 500kg di materia prima utilizzata, corrispondono al 30,10 per cento.

In figura 4.12, sono riportate le percentuali di scarto di prodotto finito e di materiale recuperato in rapporto alla quantità di prodotto finito disponibile, ovvero il carico usato depurato della perdita di umidità attesa. Lo scarto di prodotto finito (71,11 Kg) comprende la quantità di materiale irrecuperabile e lo scarto per sovrappeso, mentre per materiale recuperato (28,16 Kg) si intende la quantità di materiale contenuto nelle confezioni riaperte. Questi valori sono poi calcolati in percentuale rispetto alla quantità di prodotto finito disponibile (440,63 Kg).

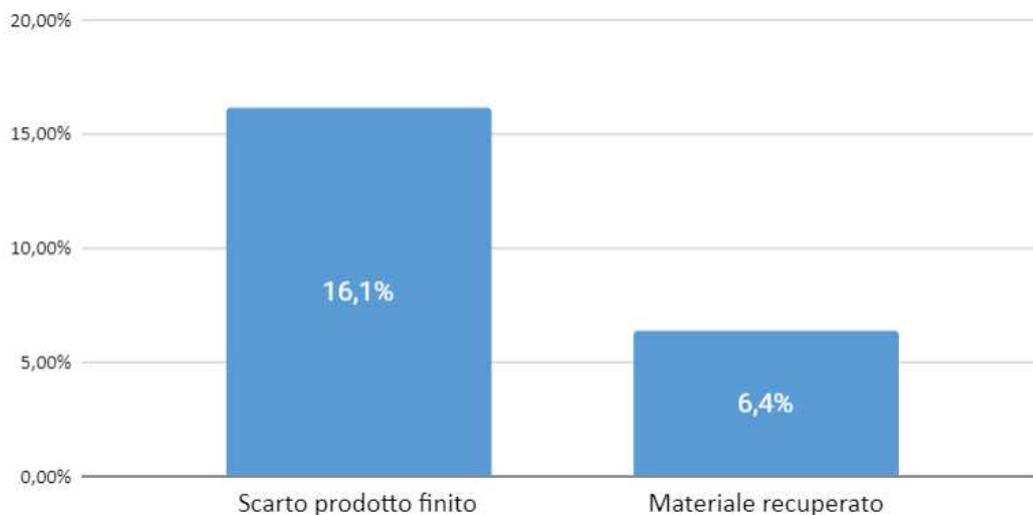


Figura 4.12. Scarto e materiale recuperato in rapporto alla quantità di prodotto finito

E' importante sottolineare come il seguente monitoraggio sia stato svolto in condizioni di normale andamento della linea, "quando tutto procede per il verso giusto", senza considerare eventi straordinari che possano influenzare gli scarti ulteriormente ed in misura maggiore.

Per quantificare altri tipi di cause di scarto non rilevabili dai seguenti monitoraggi, si è deciso di introdurre un'ulteriore analisi e monitoraggio dei cambi di produzione. In questo modo è stato possibile quantificare, in termini di tempi e materiale, gli scarti derivanti da ogni cambio di produzione e dal relativo avviamento, non rilevabili dai monitoraggi precedenti. Per un approfondimento di tali monitoraggi si rimanda alla lettura della tesi di Vittoria Regis.[5]

4.2.3 Analisi di Pareto

L'analisi di Pareto, come già esposto nel paragrafo 2.2.1 del capitolo 2, è uno strumento di problem solving, uno dei sette vecchi strumenti per la qualità diffusi da Ishikawa. Tale strumento, che permette di classificare un insieme di dati dal più importante al meno importante, in ordine decrescente, ha l'obiettivo di individuare la priorità di azioni da intraprendere, basandosi sul metodo dell'80/20.

Nel progetto di tesi, l'analisi e poi il diagramma di Pareto sono stati utilizzati per illustrare graficamente le quantità di scarto misurate nei monitoraggi, associarle alla relativa fase del processo produttivo ed individuare di conseguenza il luogo in cui si verificano gli scarti maggiori.

L'istogramma è stato suddiviso in cinque colonne rappresentanti i luoghi di scarto nel processo produttivo. Quattro di esse rappresentano le macro-fasi in cui è stato suddiviso il

processo (uscita presse, canale, porzionatore e confezionamento), mentre la quinta, denominata "sovrappeso", indica il prodotto finito presente nei pacchetti in quantità maggiore rispetto alle specifiche indicate sulla confezione. Proprio il sovrappeso è risultato essere, in dieci delle undici misurazioni effettuate, la principale fonte di scarto. Ad eccezione, infatti, della produzione di mais con confezionamento di tipo X-Fold sulla linea 3, dove lo scarto lungo il canale è risultato il maggiore, la quantità di prodotto finito inserito nelle confezioni è stata individuata come il principale problema da risolvere, arrivando a toccare picchi del 16,66 percento di scarto rapportato al carico di produzione del mais in linea 1, o del 72 percento sul totale degli scarti nelle tre linee principali: in linea 3 con la produzione di riso e confezionamento X-Fold, in linea 1 con il mais ed in linea 2 con il farro, dove la percentuale di scarto per sovrappeso sul carico di produzione raggiunge il 15,63 percento.

Tali misurazioni dimostrano come il sovrappeso sia la causa principale di scarto, a prescindere dal tipo di prodotto, linea o dal fatto che il confezionamento sia di tipo tradizionale o di tipo X-Fold. Inoltre, confrontando i dati di questo monitoraggio, con quello effettuato per il mais in linea 4 e presente nell'Allegato B, si nota come la voce "sovrappeso" sia nettamente inferiore nel caso della linea 4, in quanto in questa linea si utilizza un tipo di porzionamento verticale ma soprattutto per peso, ovvero la confezione viene chiusa al raggiungimento del peso prestabilito. Cambiare il tipo di porzionamento dal volumetrico attuale ad un tipo di porzionamento per peso, potrebbe, infatti, diminuire in maniera sostanziale gli scarti dovuti al sovrappeso nelle linee 1,2 e 3.

Luogo di scarto	Scarto [Kg]	Percentuale	Cumulata
Sovrappeso	48,65	68%	68%
Canale	10,60	15%	83%
Uscita presse	6,35	9%	92%
Porzionatore	3,67	5%	97%
Confezionamento	1,84	3%	100%
Totale	71,11	100%	

Tabella 4.7. Dati per analisi di Pareto

La tabella 4.7 mostra, nel caso preso in esempio di una produzione di mais in linea 3, come il sovrappeso, con 48,65 kg di scarto, rappresenti il 68 percento dello scarto totale. Tale scarto risulta di gran lunga il maggiore, seguito dallo scarto della zona "canale" con solo il 15 percento dello scarto totale. Queste misurazioni sono illustrate graficamente nel diagramma di Pareto in figura 4.13. Nella figura 4.13 è, inoltre, riportata in arancione la curva di Lorenz, che rappresenta la cumulata dei valori percentuali di scarto.

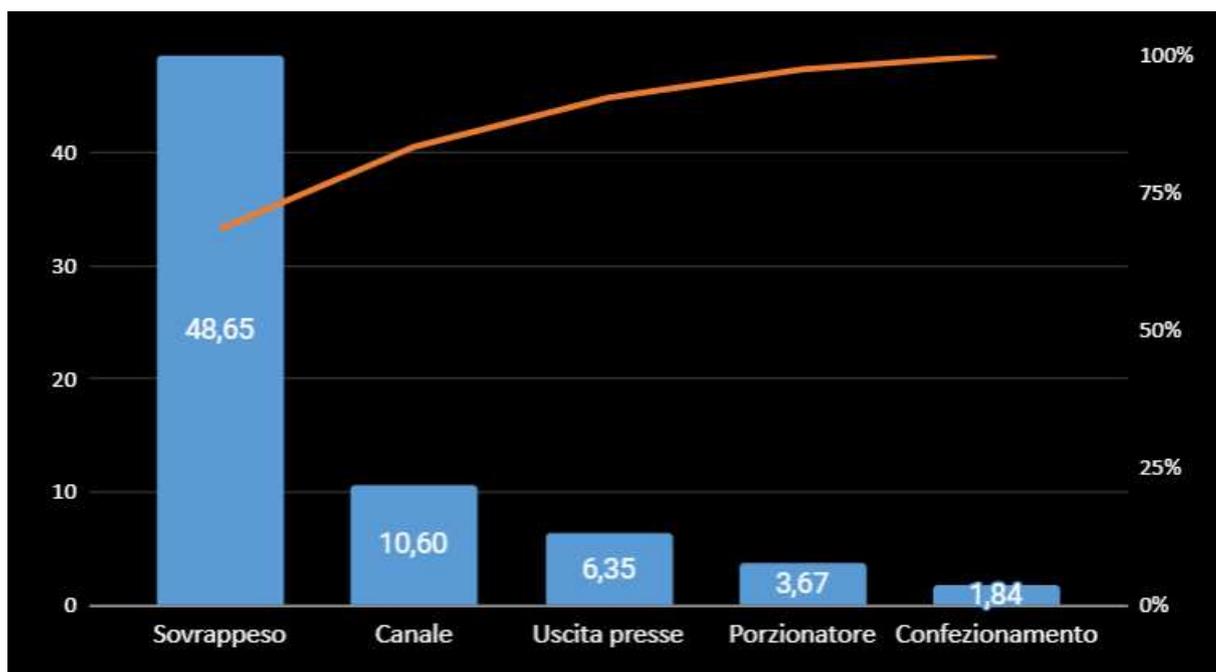


Figura 4.13. Diagramma di Pareto per produzione di mais in linea 3

Da questa analisi, tenendo conto anche di quanto descritto dalla metodologia FMEA, è emerso, dunque, che la priorità di azione deve essere rivolta nei confronti del sovrappeso, con particolare attenzione da rivolgere anche alla zona "canale". Per questo motivo, dopo aver discusso anche della possibilità di apportare modifiche alla linea per la riduzione degli scarti lungo il canale, le prove effettuate nelle fasi successive del progetto hanno interessato la risoluzione del problema del sovrappeso.

4.2.4 Considerazioni

I monitoraggi effettuati hanno dimostrato come, quando il processo è stabile, gli scarti di produzione non siano troppo alti o troppo al di sopra di quanto preventivato dall'azienda. Questa fase del progetto ha però permesso di quantificare tali scarti per le produzioni principali e soprattutto di catalogarli per tipologia e fase del processo, dati di cui l'azienda non possedeva informazioni all'inizio del progetto. Tale analisi ha individuato, inoltre, nel sovrappeso la causa principale di scarto, sottolineando come, nelle altre fasi del processo, la situazione sia comunque contenuta nei limiti preventivati dall'azienda.

Inoltre, mettendo in relazione i risultati emersi dai monitoraggi svolti, con alcuni dei dati a disposizione dell'azienda, è stato possibile effettuare un'ulteriore analisi e riscontrare alcune correlazioni. Confrontando gli scarti con la differenza tra i pesi nominali e reali

monitorati, con l'aggiunta dei dati riguardanti produttività ed ordini in possesso dell'azienda, si può notare, come mostrato in figura 4.14, che lo scarto aumenta al diminuire del peso nominale dichiarato sulla confezione, ed aumenta all'aumentare del delta peso, o sovrappeso.

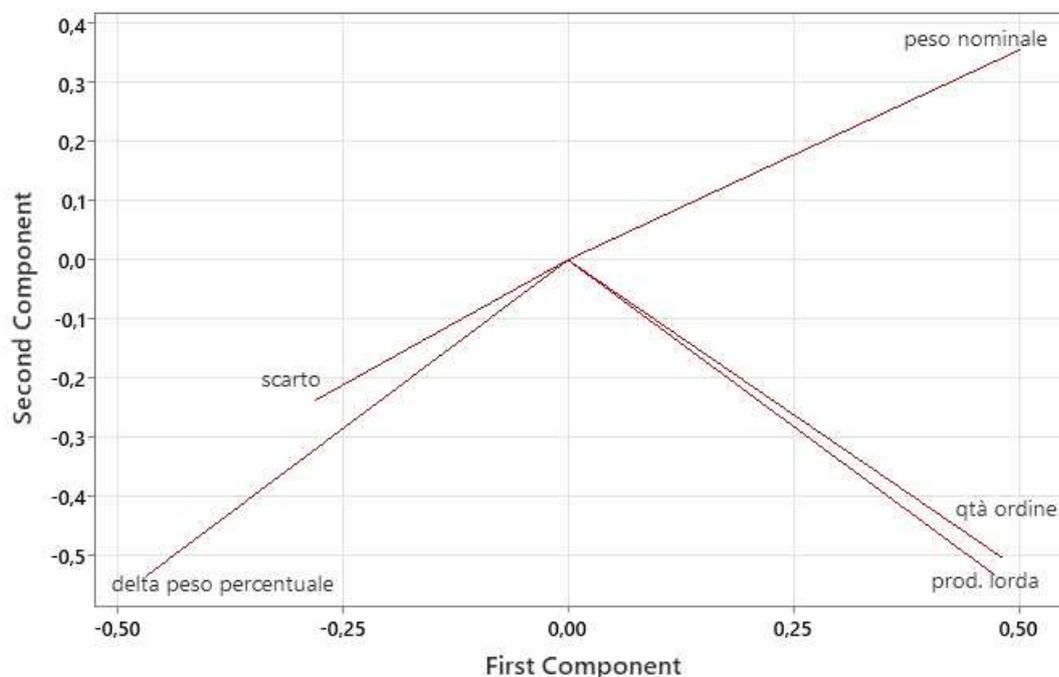


Figura 4.14. Confronto tra scarto e pesi

Dalla figura 4.15 si evince come le produzioni con peso nominale minore, siano quelle con scarti di produzione più elevati, senza un'evidente distinzione per tipo di materiale, fatta eccezione per il mais integrale che, con il 45 per cento di scarti per carico di produzione, è risultato il più critico tra le materie prime utilizzate. Ciò può essere dovuto all'irregolarità delle gallette, che tendono più facilmente ad incastrarsi, rompersi o cadere a terra. Infatti, nel caso del mais integrale, il sale inserito nella miscelazione è maggiore rispetto alle altre produzioni, facendo seccare il prodotto che tenderà, di conseguenza, a rompersi più facilmente durante le fasi di lavorazione. A tal proposito, l'azienda sta valutando l'opportunità di inserire minori quantità di sale in fase di miscelazione, modificando alcune delle sue ricette.

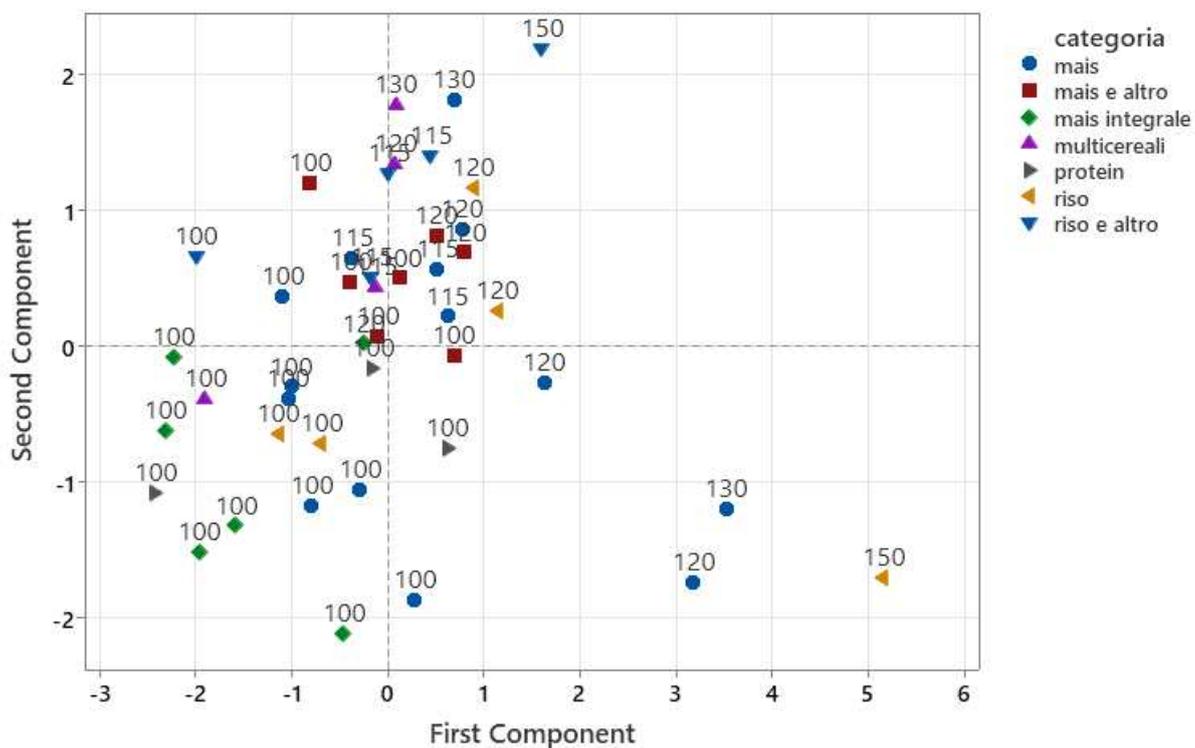


Figura 4.15. Analisi tra scarto, peso nominale e tipo di prodotto

I risultati emersi da questa ulteriore analisi, confermano che il sovrappeso rappresenta la principale fonte di scarto. Infatti, il peso reale delle confezioni prodotte risulta essere costante nonostante la differenza di pesi nominali o materiali utilizzati. Pertanto, per pacchetti con peso dichiarato minore, il sovrappeso sarà maggiore, causando di conseguenza scarti molto elevati. A tal proposito, dopo aver esaminato i risultati di questa analisi, l'azienda sta valutando l'opportunità di ricontrattare con i clienti alcuni dei pesi nominali, offrendo confezioni dal peso dichiarato maggiore, per ridurre in parte il problema del sovrappeso.

Capitolo 5

Progettazione ed implementazione di interventi migliorativi

Al termine dei monitoraggi degli scarti di produzione e della successiva analisi dei luoghi e tipologie di scarto, la fase seguente del progetto ha interessato la progettazione e l'implementazione di interventi migliorativi atti alla risoluzione delle principali cause di scarto individuate. Questa parte del progetto, approfondita all'interno del seguente capitolo, è stata sviluppata, dopo un'iniziale fase di analisi dati e sessioni di brainstorming, utilizzando la metodologia DOE.

Analizzando i risultati emersi dai monitoraggi, si è discusso su come poter ridurre le cause di scarto più frequenti e su quali zone del processo concentrarsi, in linea con la teoria della FMEA. Come si evince dalle analisi di Pareto effettuate, in tutte le produzioni il problema principale è stato identificato nel sovrappeso. Per tale motivo, tutte le prove sono state effettuate con l'obiettivo di ridurre o attenuare questa problematica.

Le prove hanno interessato una linea campione, individuata nella linea 2 per il suo layout simile a quello delle linee 1 e 3, che hanno registrato le più alte percentuali di scarto. La linea 2 presentava, inoltre, una maggiore facilità di organizzazione delle prove, dati i turni e i volumi di produzione ridotti rispetto alle linee 1 e 3. Le prove sono state svolte su una produzione di farro che, come si può approfondire nell'allegato A, presenta scarti al 33,91 per cento su un carico di riferimento (101,74 kg di scarto su un carico di 300 kg), con il 71 per cento degli scarti totali rappresentato dalla voce "sovrappeso" (46,92 kg su 101,74 kg totali di scarto).

Obiettivo di questa fase è stato dunque cercare di ridurre il peso delle gallette, o in alternativa il numero di gallette inserite all'interno di ogni confezione, col fine di diminuire il peso delle confezioni e di conseguenza attenuare il problema del sovrappeso. Le prove hanno interessato carichi di materia prima a diverse umidità, lavorati con parametri di temperatura e tempi di cottura diversi, tramite il metodo del Design Of Experiment (DOE), col fine di individuare la migliore combinazione di questi tre fattori.

5.1 DOE

Durante un esperimento, o prova, si modificano in modo intenzionale i parametri di input di un processo o di un sistema per identificare i motivi dei cambiamenti osservabili nella risposta di output.

Diversi approcci possono essere utilizzati per condurre esperimenti. Ad esempio si potrebbe utilizzare un approccio best-guess, che individua e sperimenta combinazioni arbitrarie di parametri. Se la combinazione non produce il risultato atteso, viene provata la combinazione successiva finché non si ottiene un risultato accettabile. Tuttavia, questo metodo può richiedere un numero elevato di test e non è garantito che trovi la soluzione migliore, chiamata appunto best-guess.

Un ulteriore approccio, quello sperimentale tradizionale denominato OFAT (one factor at a time), consiste nel valutare gli effetti sulle proprietà del prodotto ottenuti modificando per ogni test un solo parametro, o fattore, per volta tenendo costanti gli altri. Tale approccio ha il principale svantaggio di essere molto dispendioso in termini di tempo e di risorse e, inoltre, può condurre a conclusioni errate non considerando la possibilità di interazioni tra i diversi parametri.

Per questo motivo, è opportuno utilizzare l'approccio statistico multivariato denominato DOE, Design Of Experiments. Tale approccio fornisce una valutazione degli effetti sulle proprietà del prodotto ottenuti modificando simultaneamente i parametri. Questo metodo, utilizzato per pianificare, implementare ed analizzare esperimenti, permette di valutare le possibili interazioni tra diverse variabili, massimizzando così il numero di informazioni che possono essere ottenute con un dato sforzo sperimentale.

Utilizzando questa metodologia è possibile ridurre o eliminare tutte le forme di variabilità derivanti da fattori esterni non contabilizzati, come il tipo di materiale utilizzato o l'abilità dell'operatore.

Dopo aver raccolto i dati da un esperimento, è possibile utilizzare modelli statistici, come ad esempio ANOVA, per identificare condizioni e fattori ottimali che influenzano maggiormente i risultati.

Ideato da Sir Ronald Fisher nel 1920, il Design Of experiments viene oggi utilizzato per sviluppare nuovi prodotti o processi o per migliorarne di già esistenti, o ancora per individuare i parametri principali per un processo e la loro interazione, come nel caso del progetto di tesi.

Ciò che differenzia il DOE dalle altre tecniche di miglioramento della qualità, è la capacità di progettare il prodotto in modo da renderlo pienamente soddisfacente rispetto alle specifiche. Determinando i livelli da utilizzare per avere una resa ottimale, si garantisce, infatti, una maggior concentrazione del risultato attorno al valore medio e una minor dispersione, con un conseguente rispetto dei limiti di tolleranza.[26]

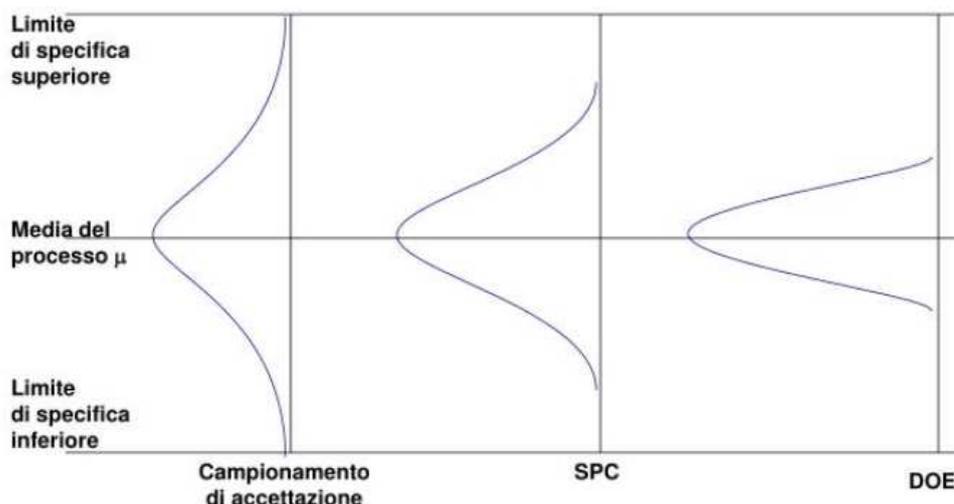


Figura 5.1. Confronto tra DOE, SPC e campionamenti di accettazione [22]

Dalla figura 5.1 si può infatti notare come, a differenza di altre tecniche quali SPC (statistical process control) o i controlli di accettazione, la metodologia DOE permetta di ridurre la variazione relativa ad un prodotto o processo, rispettando in maniera ottimale i limiti di specifica, garantendo così una minore quantità di prodotti non conformi.[21]

5.1.1 Disegni fattoriali

Nella prima fase del metodo, denominata screening, si utilizzano disegni fattoriali per separare i fattori significativi da tutti gli altri. Per fare ciò è necessario condurre una serie di test. In ogni test dell'esperimento vengono analizzate tutte le possibili combinazioni dei livelli dei fattori. Per ogni fattore individuato viene successivamente stimato l'intervallo di variazione, ovvero due valori rispettivamente basso e alto (-1,+1), denominati livelli.

A questo punto viene disegnato il piano di prova, le prove vengono eseguite e i risultati analizzati per valutare quali siano i fattori che, singolarmente, influenzano maggiormente il processo.

Se ci sono "a" livelli del fattore A, "b" livelli del fattore B e "c" livelli del fattore C, il numero totale di prove da effettuare è pari ad $a*b*c$. Se ci sono n ripetizioni di ogni disegno fattoriale, il totale delle prove è $n*a*b*c$. Il numero di prove richieste aumenta esponenzialmente con il numero di fattori esaminati. Pertanto, quando è presente un numero elevato di fattori, tale metodo risulta poco conveniente ed al suo posto sono utilizzati i disegni fattoriali frazionari o i disegni di Plackett-Burman.

Nel caso di un disegno fattoriale con tre fattori a due livelli, le prove da effettuare saranno 8 ($2*2*2=8$), come riportato nella tabella 5.1, e può essere rappresentato graficamente da un cubo, in cui le prove corrispondono ai vertici dello stesso, come illustrato in figura 5.2.

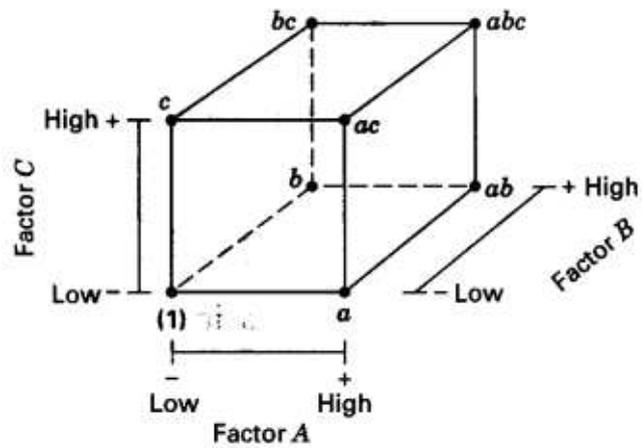


Figura 5.2. Rappresentazione geometrica tre fattori a due livelli [21]

Prova	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Tabella 5.1. DOE con tre fattori a due livelli [26]

Dopo aver raccolto i risultati, si procede individuando il modello matematico che meglio

descrive la relazione tra i fattori e la risposta di output, generalmente identificato in una funzione lineare o polinomiale quadratica.

Nel caso di un modello lineare con tre fattori, come nel caso del progetto di tesi, X_1, X_2, X_3 , esso può essere scritto come:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + \epsilon$$

Dove:

- Y è il valore della risposta
- β_{123} è l'effetto dell'interazione tra i 3 fattori
- ϵ è l'errore sperimentale

Per stimare l'effetto principale β_1 del fattore X_1 , viene calcolata la risposta media di tutte le prove con X_1 al livello alto, cioè $(1/4)(y_2 + y_4 + y_6 + y_8)$, sottratta della risposta media di tutte le prove con X_1 al livello basso, cioè $(1/4)(y_1 + y_3 + y_5 + y_7)$.

Successivamente viene svolta l'analisi ANOVA dei risultati per verificare quali fattori siano statisticamente significativi.

E' molto importante sottolineare che, per la buona riuscita del modello, i livelli dei fattori debbano essere misurabili, espressi cioè in scala quantitativa, e non assegnando dei valori numerici a scale qualitative.[21]

5.2 Applicazione pratica al caso Cereal Food S.r.l.

Il caso pratico ha riguardato l'esecuzione di alcune prove con l'obiettivo di ridurre il peso delle gallette, risolvendo così il problema del sovrappeso che, come si evince dai monitoraggi e dalla successiva analisi di Pareto, è la causa principale degli scarti di produzione aziendali.

Obiettivo delle prove è stato quello di identificare quale fosse il fattore che più influenza l'output, individuato nel peso delle gallette, stabilendo, inoltre, quali siano i livelli ottimali dei fattori che garantiscono l'output desiderato. Per pianificare, implementare ed analizzare le prove, sono state seguite le linee guida dettate dalla metodologia DOE.

Le prove sono state svolte in linea 2 su una produzione campione di farro ed i tre fattori individuati sono stati la temperatura di cottura della pressa, il tempo di cottura e l'umidità del carico. Dai monitoraggi effettuati in precedenza, lo scarto totale per tale produzione è risultato del 33,9 per cento, con 46 kg di scarto, ovvero il 15,3 per cento, dovuti al sovrappeso.

Per ognuno dei tre fattori sono stati individuati due livelli, uno alto ed uno basso, cercando di rispettare le condizioni di una buona qualità e buona lavorazione del prodotto finito. Infatti i livelli sono stati individuati, in accordo con la direzione aziendale, i capi turno e gli operatori, stabilendo quali fossero i valori in grado di lavorare un prodotto finito accettabile.

Per quanto riguarda il fattore umidità del carico, il livello alto è stato individuato con il ** per cento di umidità, mentre quello basso con il ** per cento. Infatti, altre prove effettuate con umidità al ** e al ** per cento hanno portato a risultati negativi, in termini di qualità del prodotto finito, dove per qualità si intendono sapore ed uniformità della galletta.

Il fattore tempo di cottura è stato, invece, suddiviso in due livelli, rispettivamente di * e ** secondi, in quanto prove effettuate con valori più alti o più bassi portavano a gallette troppo o troppo poco cotte, e quindi di pessima qualità.

L'ultimo fattore, invece, ovvero la temperatura di cottura, ha come alto livello ***°C e ***°C come basso livello. Anche in questo caso con altri valori il prodotto finito risultava troppo o troppo poco cotto.

Una descrizione dei tre fattori ed i relativi livelli è riportata in tabella 5.2.

FATTORI	DESCRIZIONE	ALTO (+)	BASSO (-)
Fattore A	Temperatura (°C)	■	■
Fattore B	Tempo di cottura (sec)	■	■
Fattore C	Umidità carico (%)	■	■

Tabella 5.2. Fattori e livelli

Il risultato di ogni prova, come già detto precedentemente, è stato inteso come il peso medio della galletta, al quale sono stati aggiunti, per completezza, il numero medio di gallette inserite in ogni confezione ed il peso medio di ogni confezione. Ciò è stato fatto per trovare la perfetta combinazione dei tre fattori in ingresso, che consentisse di avere il minimo scarto per sovrappeso, garantendo comunque una buona qualità del prodotto finito.

Dati i tre fattori ed i due livelli per fattore, sono state necessarie otto prove ($2*2*2=8$), i cui risultati sono riportati in tabella 5.3.

PROVA	A	B	C	PESO GALLETTA (g)	PESO MEDIO CONFEZIONE (g)	GALLETTE PER CONFEZIONE
1	-	-	-	8,93	116	13
2	+	-	-	8,90	116	13
3	-	+	-	8,83	115	13
4	+	+	-	9,08	118	13
5	-	-	+	8,16	114	14
6	+	-	+	8,23	107	13
7	-	+	+	8,19	106	13
8	+	+	+	8,35	100	12

Tabella 5.3. Risultati delle prove

Per aumentare l'efficienza del disegno, le prove sono state eseguite in ordine casuale e non in ordine standard. Così facendo, le condizioni di una prova non sono dipese da quelle della precedente e non hanno predetto quelle della seguente. La randomizzazione è infatti

necessaria perché le conclusioni dell'esperimento siano corrette, difendibili e inequivocabili, in quanto in questo modo tutti gli effetti derivanti da fattori esterni, quali il materiale usato o l'abilità dell'operatore, vengono minimizzati.

Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	8,5838	0,0264	325,53	0,000	
temperatura (°C)	0,0563	0,0264	2,13	0,100	1,00
tempo di cottura (sec)	0,0287	0,0264	1,09	0,337	1,00
umidità (%)	-0,3513	0,0264	-13,32	0,000	1,00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0745822	97,86%	96,26%	91,45%

Figura 5.3. Analisi della varianza

Dalla successiva analisi della varianza effettuata con i risultati ottenuti, riportata in figura 5.3, si evince come l'umidità sia un fattore altamente significativo, a differenza degli altri due, in quanto il suo coefficiente è significativamente diverso da zero, con un p-value di 0,00 inferiore al 5 per cento. Invece, sia la temperatura che il tempo di cottura non sono coefficienti significativi in quanto il loro p-value, rispettivamente 0,1 e 0,337, è superiore al 5 per cento. I coefficienti di determinazione R quadro e R quadro adjusted, rispettivamente di 97,86 e 96,26 per cento, dimostrano invece come il modello abbia un alto potere predittivo. Più grande è il valore di R quadro, infatti, migliore è la capacità delle variabili esplicative di prevedere i valori della variabile dipendente.

Inoltre, l'alta significatività del fattore umidità, sottolinea l'importanza del monitoraggio delle umidità effettuato in magazzino ed in produzione. Essendo il parametro di maggiore importanza, l'azienda dovrà costantemente monitorare questi valori, per regolarsi sulla quantità di acqua da aggiungere, in modo tale da ottenere un carico con umidità al ** per cento in fase di lavorazione, che, come si evince dalla tabella 5.3, restituisce il peso delle gallette ottimale.

La retta di regressione lineare multipla può essere dunque scritta come in figura 5.4:

Dalla retta di regressione si deduce come, con l'obiettivo di diminuire il peso delle gallette, si debba utilizzare un'umidità più alta, con basse temperature e tempi di cottura. Questo risultato conferma l'ipotesi iniziale, per cui un carico più umido permette di ottenere gallette più leggere, che necessitano di meno tempo per essere cotte, garantendo così un

$$\text{peso galletta (g)} = 14,25 + 0,0225 \text{ temperatura } (^{\circ}\text{C}) + 0,115 \text{ tempo di cottura (sec)} - 0,7025 \text{ umidità (\%)}$$

Figura 5.4. Retta di regressione

duplice guadagno, sia in termini di sovrappeso che di energia e tempo impiegati.

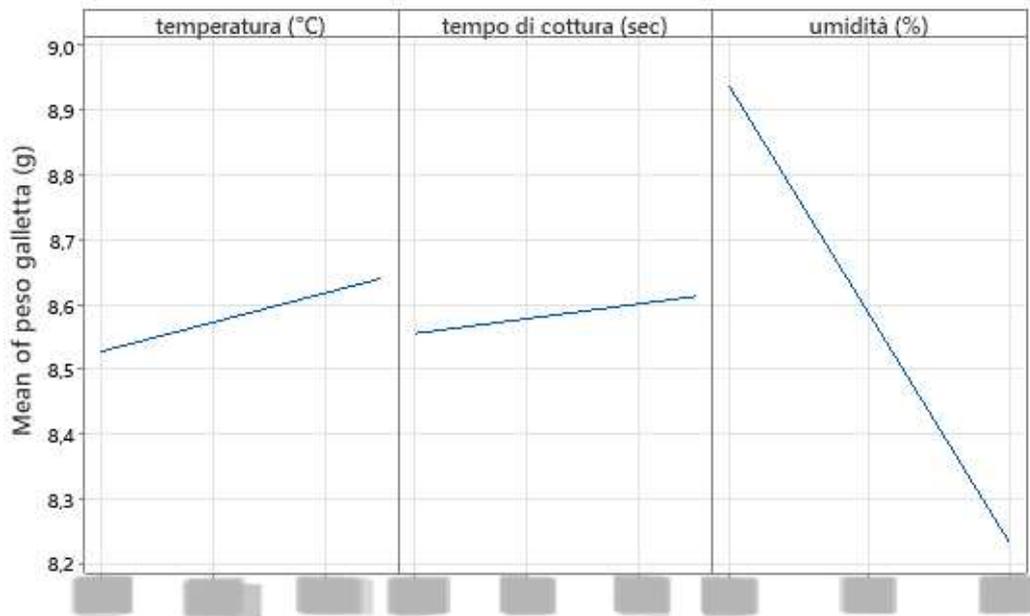


Figura 5.5. Main Effects Plot for peso galletta

Quanto appena detto è visibile anche dal main effects plot in figura 5.5, in cui si evince come, a fronte di un aumento di un punto percentuale dell'umidità, si verifica una diminuzione di circa l'8 per cento nel peso delle gallette. Mentre a fronte di un aumento di temperatura e tempo di cottura, il peso delle gallette aumenta ma in maniera poco significativa. Tale risultato può essere giustificato dal fatto che, aumentando l'umidità del carico tramite l'aggiunta di più acqua in fase di miscelazione, il cereale tende ad ingrossarsi e, di conseguenza, in fase di cottura, il numero di chicchi che riescono ad entrare nella pressa per ogni stampaggio diminuisce drasticamente. Questo si traduce in un prodotto finito di uguali dimensioni, ma più leggero perché meno denso.

Analizzando i risultati in tabella 5.3, si ottiene un'ulteriore prova di come sia necessario utilizzare un carico con umidità superiore, ma, a differenza di quanto emerso dalla figura 5.5, non è richiesto un basso livello di temperatura e tempo di cottura. Utilizzando questi livelli, infatti, si ottengono gallette più leggere ma allo stesso tempo meno spesse, aumentando di conseguenza il numero di gallette presenti in media all'interno di ogni confezione

ed il peso medio della confezione stessa. I livelli ottimali, per ridurre il problema del sovrappeso, risultano essere, dalla tabella 5.3, un basso livello della temperatura di cottura ed un alto livello di tempo di cottura e, ovviamente, dell'umidità del carico.

5.2.1 Considerazioni

E' importante sottolineare come, nello svolgimento delle prove, i valori siano stati ottenuti tramite una ripetizione delle prove e non, come dispone invece la teoria del DOE, tramite una replicazione. Per motivi di tempistiche, infatti, i valori sono stati ottenuti e registrati ripetendo più volte gli esperimenti sullo stesso carico, invece che una sola volta per carichi diversi. Il rischio principale di utilizzare questa procedura è la possibilità di trascurare la variabilità dovuta ad ogni tipo di fattore che possa influenzare il processo.

Pertanto, per ottenere un risultato più attendibile e che tenga conto di tutti i possibili fattori che influenzano il processo e della loro variabilità, tale analisi effettuata può essere approfondita implementando ulteriori prove tramite replicazione con carichi diversi.

5.2.2 Ulteriori proposte migliorative

Oltre ai tre fattori individuati nelle prove effettuate in linea 2, in seguito ad una sessione di brainstorming con i capi reparto e gli operatori, è stato possibile identificare un ulteriore fattore nello spessore delle boccole della pressa. Tali boccole, infatti, possono essere di più dimensioni e regolano la quantità di materia prima che può entrare nella pressa in fase di cottura. La differenza di boccole può dunque determinare una differenza di peso nel prodotto finito, in base alla minore o maggiore quantità di materia prima inserita nello stampo. Pertanto, sarebbe stato possibile svolgere un ulteriore DOE, aggiungendo il diametro delle boccole come fattore aggiuntivo, con l'obiettivo di individuare i corretti livelli dei parametri per ottenere un prodotto finito conforme alle direttive di qualità, ma con un sovrappeso ridotto.

Ciò non è però di facile implementazione, in quanto ogni prodotto richiede una specifica quantità di materiale, che ne influenza la buona cottura ma soprattutto lo spessore e la densità richiesti dal cliente. Dopo una prima prova effettuata, dalla quale è risultata un'evidente diminuzione del peso del prodotto finito con l'utilizzo della boccola di diametro minore, si è deciso di non implementare ulteriori prove, almeno per la durata dello svolgimento del progetto, in quanto le prove erano possibili solo per alcuni prodotti che non richiedessero una predefinita misura delle boccole ed il cui spessore potesse cambiare.

A tal proposito, l'azienda sta pensando di lavorare in futuro con boccole di diametro minore rispetto a quelle utilizzate adesso, in quanto è stato dimostrato, dalle prove effettuate, che a boccole di diametro minore corrisponde un prodotto finito più leggero, e di conseguenza un minor sovrappeso.

5.3 Monitoraggio dell'umidità in magazzino e in produzione

Uno dei tre parametri principali tenuti sotto osservazione durante lo svolgimento delle prove è stata l'umidità della materia prima. Infatti, le materie prime, che l'azienda acquista da fornitori esterni, oltre ad avere caratteristiche che non influiscono sul processo produttivo, quali ad esempio il fatto di avere o meno allergeni, glutine o infestanti, hanno alcune caratteristiche chimiche che, al contrario, influenzano il processo e la sua buona riuscita, come ad esempio la granulometria dei cereali o la loro umidità. Quest'ultima è, infatti, un fattore determinante per la buona riuscita di un prodotto finito, sia in termini di qualità che di peso.

Analizzando i risultati ottenuti applicando la metodologia DOE, si è deciso di implementare un monitoraggio dell'umidità delle materie prime, essendo quest'ultimo risultato come il fattore che più influenza il peso delle gallette.

Al momento dell'inizio del progetto, l'azienda non disponeva di monitoraggi dell'umidità delle materie prime, se non per il loro valore in fase di arrivo e di accettazione dal fornitore. Questo costituiva, però, la causa di un grande problema di lavorazione, in quanto, nonostante le umidità delle materie prime fossero diverse, gli operatori tendevano ad aggiungere sempre la stessa quantità di acqua in fase di miscelazione, secondo ricetta. Infatti, l'umidità del cereale può variare a seconda del lotto, del fornitore, ma anche del tempo di permanenza in magazzino, dell'umidità dell'ambiente e dalla temperatura alla quale viene conservato. Di conseguenza, lavorare carichi di umidità diverse, sempre con la stessa quantità di acqua aggiunta, portava a numerosi scarti dovuti a gallette mal riuscite, troppo o troppo poco cotte, e soprattutto più o meno pesanti a seconda dell'umidità iniziale del carico.

Questo parametro, infatti, non solo influenza la buona riuscita di una galletta, ma anche il suo peso, in quanto un carico più umido tende a generare un prodotto finito più leggero, cuocendo inoltre in un tempo più breve, permettendo di avere un risparmio in termini di tempo e di energia. Per tale motivo, durante il progetto, è stato implementato un monitoraggio dei valori delle umidità delle materie prime stoccate in magazzino ed in produzione, cercandone una correlazione con la variazione dell'umidità e della temperatura dell'ambiente, con l'obiettivo di stabilire un andamento temporale e un'umidità media per le diverse materie prime. Implementando questa metodologia di monitoraggio, ogni operatore può essere a conoscenza dell'umidità della materia prima poco prima di lavorarla, e di conseguenza può regolarsi sulla quantità di acqua da aggiungere in fase di miscelazione.

Il monitoraggio ha riguardato il magazzino materie prime con e senza glutine, senza interessare le celle frigorifere, nelle quali vengono stoccati materie prime quali cioccolato o creme, utilizzate per lo più da topping, e quindi poco influenti nella buona riuscita della galletta. Inoltre, è stata monitorata l'umidità delle materie prime dal momento del loro arrivo in produzione fino alla loro lavorazione, per cercare una correlazione tra la variazione di umidità ed il loro tempo di permanenza in produzione e non solo in magazzino, valutando, di conseguenza, l'opportunità di installare un deumidificatore.

Oggetto dei monitoraggi sono stati solamente cereali quali farro, mais e riso integrale, senza prendere in considerazione le farine, stoccate anch'esse in magazzino ed utilizzate nella produzione di estrusi, per le quali, a differenza di quanto emerso per i cereali, l'umidità ed il peso del prodotto finito sono direttamente proporzionali tra loro. Le misurazioni sono state effettuate utilizzando un analizzatore di umidità per i cereali e monitorando l'umidità e la temperatura dell'ambiente, tramite un apposito rilevatore presente solo in magazzino, in figura 5.6.



Figura 5.6. Monitor per monitorare umidità e temperatura ambiente magazzino

E' stata inoltre tenuta traccia, per ogni cereale, del lotto di provenienza e della data di arrivo, in modo tale da riuscire a monitorarlo lungo tutto il ciclo di lavorazione. I valori dei monitoraggi, effettuati nell'arco di 90 giorni, sono riportati nell'Allegato B.

Come già anticipato, i monitoraggi sono stati effettuati su farro, riso integrale e mais. In questo capitolo sono riportati i grafici dell'andamento dell'umidità del mais, mentre per un approfondimento sui grafici di farro e riso si rimanda alla lettura dell'Allegato B.

Come si nota dalle figure 5.7 e 5.8, l'andamento dell'umidità della materia prima mais, evidenziato dalla linea blu, è risultato inversamente proporzionale a quello dell'umidità dell'ambiente, evidenziata dalla linea rossa, mentre è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura, i cui valori sono riportati nell'Allegato B. I lotti monitorati hanno mostrato un calo da un valore medio del 16,5 percento fino a raggiungere un valore poco al

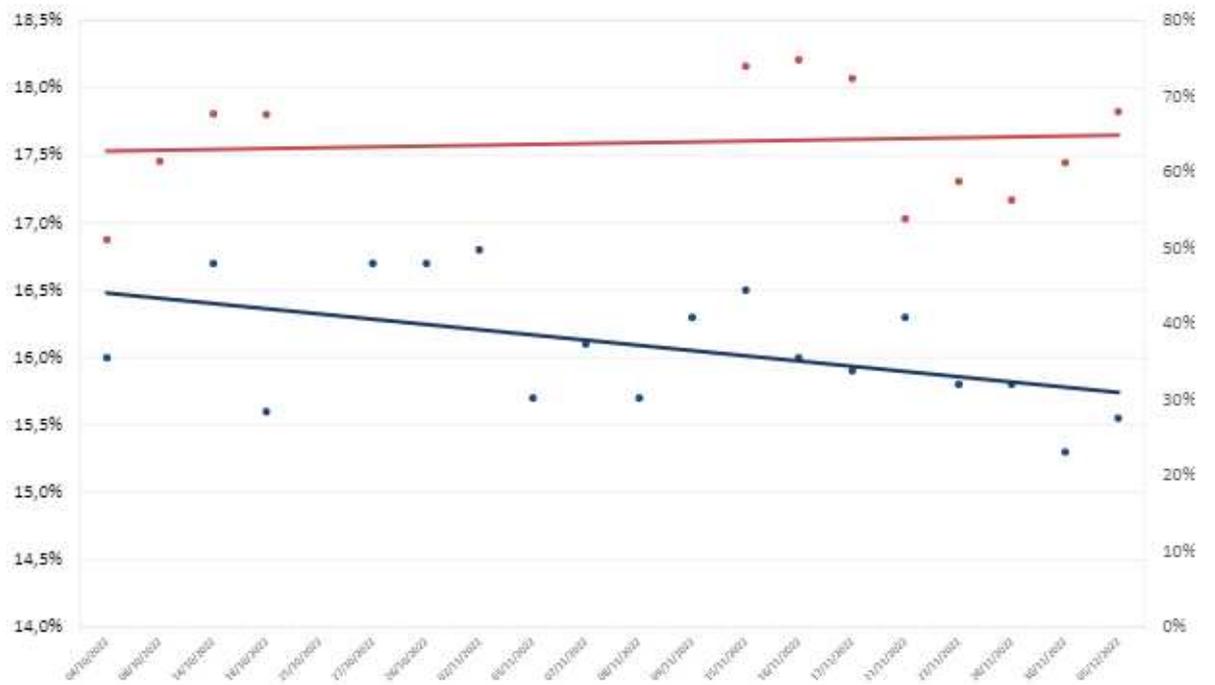


Figura 5.7. Andamento umidità mais in magazzino

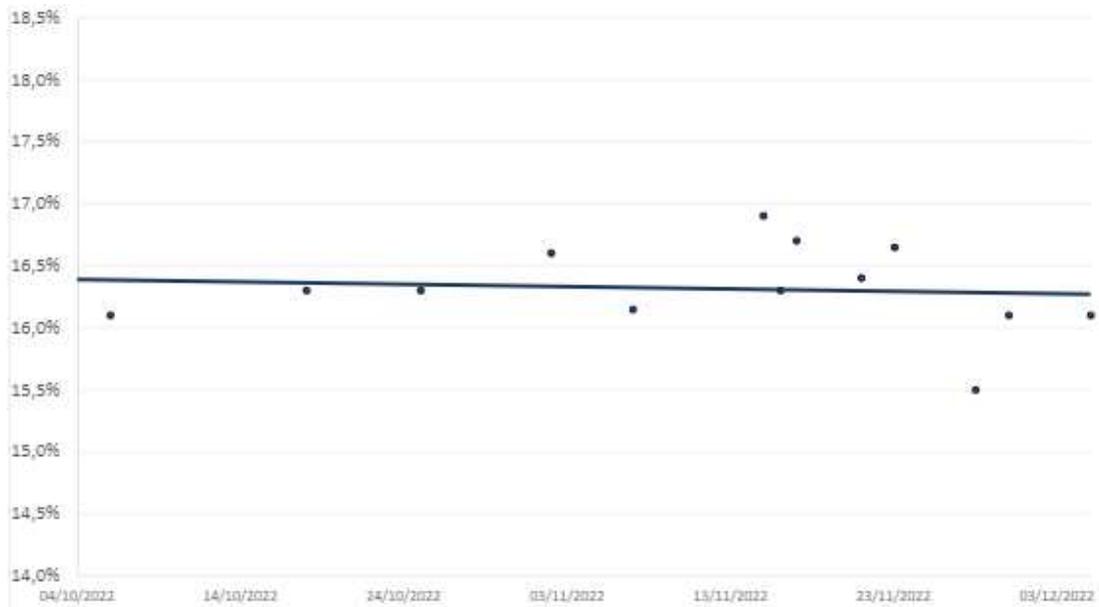


Figura 5.8. Andamento umidità mais in produzione

di sotto del 16 per cento. Mentre il valore medio durante tutto il monitoraggio è stato del 16,08 per cento di umidità. Una volta raggiunto l'ambiente produzione, invece, l'umidità della materia prima mais tende a rimanere stabile, con un valore medio del 16,3 per cento, di poco superiore al valore medio in magazzino. Il fatto che l'umidità della materia prima si mantenga costante una volta in produzione, può portare ad escludere l'opzione di dover installare un deumidificatore in produzione.

Le altre materie prime oggetto del monitoraggio sono state, come già detto, il riso ed il farro. Il riso, stoccato nello stesso magazzino del mais, ha un andamento simile a quest'ultimo. Infatti, partendo da un valore medio intorno al 14,5 per cento, diminuisce fino a raggiungere il 14 per cento di umidità, valore che rimane stabile anche nell'ambiente produzione.

Per quanto riguarda la materia prima farro, invece, il monitoraggio è stato effettuato in maniera leggermente diversa. Quest'ultimo è infatti stoccato nel magazzino per prodotti con glutine, sprovvisto di un misuratore di umidità e temperatura. Pertanto, non è stato possibile confrontare l'andamento dell'umidità del farro con questi due fattori, ma la materia prima farro, ha avuto un andamento opposto rispetto a quello di mais e riso. Il monitoraggio ha, infatti, evidenziato come l'umidità di questa materia prima sia diminuita durante il periodo delle misurazioni. Partendo infatti da un valore medio dell'11,2 per cento, è salita fino a superare il 12 per cento di umidità.

E' importante sottolineare come, nello svolgimento dei monitoraggi, siano state misurate le umidità di più sacchi appartenenti allo stesso lotto e a lotti diversi, contemporaneamente ed in momenti diversi, per avere un quadro più completo al netto della variabilità.

Capitolo 6

Conclusione

All'inizio del progetto di tesi, lo scopo del lavoro di gruppo era quello di riuscire a fornire all'azienda i dati necessari per comprendere le dinamiche e le cause dei loro elevati costi di scarto. Obiettivo del progetto è stato, infatti, cercare le cause degli scarti di produzione ed implementare opportune migliorie al processo, partendo da un'analisi delle linee di produzione e dei processi produttivi, proseguendo con un successivo monitoraggio di alcune produzioni campione, con l'obiettivo di individuare i tipi di scarto, localizzarli nel processo produttivo ed infine proporre ed implementare interventi migliorativi atti alla diminuzione degli stessi.

Inizialmente, l'azienda non disponeva di alcuna informazione riguardante gli scarti di produzione, fatta eccezione per i chilogrammi di scarto per linea a settimana. Il lavoro di gruppo ha pertanto permesso di catalogare gli scarti in base al tipo di produzione, alla materia prima utilizzata ed alla linea di produzione. L'approccio ed il metodo utilizzato hanno dunque permesso all'azienda di porre le basi per una successiva analisi e di avere ben chiara la situazione su come fossero suddivisi gli scarti in base alle categorie sopra citate.

Il lavoro di gruppo, svolto in coppia, ha permesso di affrontare ed approfondire diverse tematiche contemporaneamente. Per quanto riguarda l'approccio al lavoro, nel progetto sono state seguite le linee guida dettate dalla metodologia DMAIC, sfruttando come supporto diversi strumenti di problem solving offerti dalla teoria, come ad esempio l'Analisi di Pareto, la Gemba Walk o la metodologia FMEA. In alternativa, si sarebbe potuto adottare il ciclo PDCA per il miglioramento continuo, con l'approfondimento di alcuni strumenti utilizzati per nulla o solo superficialmente, quali il metodo delle 5 S, 5 whys o il diagramma di Ishikawa causa-effetto.

6.1 Risultati raggiunti

Nell'elaborato di tesi sono stati analizzate e riportate le fasi di monitoraggio, analisi dei processi produttivi e relative migliorie apportate ad alcuni dei tipi di scarto individuati. Nella fase di analisi dei processi produttivi, sono stati riportati i monitoraggi effettuati su alcune produzioni campione e dell'umidità delle materie prime. Tali monitoraggi hanno

permesso di quantificare alcuni degli scarti di produzione e di avere conoscenza di come varia l'umidità delle materie prime nel tempo. Quest'ultimo risultato ha permesso di valutare l'opportunità di cambiare la quantità di acqua aggiunta in fase di miscelazione, a seconda della materia prima utilizzata e del tempo di permanenza in magazzino e produzione.

Dai monitoraggi effettuati per gli scarti di produzione, invece, è emerso come il problema da risolvere con più urgenza fosse quello del sovrappeso. A tal proposito, seguendo le fasi della teoria DMAIC, sono state progettate e condotte delle prove su una linea campione, con l'obiettivo di ridurre tale problematica. I risultati di tali prove hanno evidenziato come, in accordo con l'ipotesi iniziale, si potesse diminuire il peso delle gallette aumentando l'umidità della materia prima. Per tale motivo è stato fondamentale condurre in parallelo il monitoraggio delle umidità. Per fornire un'idea dell'andamento dell'umidità delle materie prime, e potersi regolare di conseguenza sulla quantità di acqua da aggiungere in fase di miscelazione.

Dalle prove effettuate, è emerso come l'aumento di un punto percentuale dell'umidità del carico utilizzato, il peso delle gallette sia diminuito in media dell'8 per cento, portando di conseguenza ad una diminuzione del peso finale delle confezioni e ad una riduzione del problema del sovrappeso. Facendo riferimento alla figura 5.8 del capitolo 5, considerando un valore medio del peso delle gallette, con umidità bassa, di circa 8,9 g e un totale di 13 gallette per confezioni, si producevano in precedenza, al netto degli scarti lungo la linea, circa 2249 confezioni, partendo da un carico di 315kg, con uno scarto di circa 35,3 kg dovuto al sovrappeso. Con le migliorie introdotte, invece, considerando il peso medio delle gallette, con umidità del carico maggiore, pari a 8,2 g, si sarebbero potute produrre 2454 confezioni, ovvero 205 confezioni in più, con uno scarto per sovrappeso ridotto a 14,73 kg. In questo modo si verifica un duplice guadagno, sia per una diminuzione dello scarto, sia per un aumento delle confezioni prodotte. I calcoli effettuati sono riportati in tabella 6.1, dove le confezioni prodotte sono state calcolate dividendo i kg in uscita (260,18) per il peso medio delle confezioni, 115,7 g nel primo caso ($8,9 \cdot 13 = 115,7$) e 106,6g nel secondo ($8,2 \cdot 13 = 106,6$).

Analizzando i dati in tabella 6.1, risulta evidente come l'aumento di un punto percentuale dell'umidità del carico permetta di diminuire del 58,2 per cento lo scarto per sovrappeso, avendo di conseguenza un risparmio notevole in termini di spreco di prodotto finito. Tale risparmio, di 20,58 kg, fa registrare una diminuzione di 6,53 punti percentuali dello scarto sul carico di produzione, che passa dal precedente 33,9 all'attuale 27,37 per cento. Dunque, applicando questa modifica riguardante l'umidità del carico, è possibile diminuire lo scarto totale, per la produzione di farro in linea 2, del 19,27 per cento.

Umidità carico [%]	-	+
Carico totale [Kg]	315	318
Materiale utilizzabile [Kg]	260,18	260,18
Peso medio gallette [g]	8,9	8,2
Peso medio confezioni [g]	115,7	106,6
Confezioni prodotte	2249	2454
Materiale necessario [Kg]	224,87	245,45
Scarto per sovrappeso [Kg]	35,31	14,73

Tabella 6.1. Differenze tra carichi ad umidità diverse

Il lavoro di gruppo, invece, ha riguardato l'ipotesi e l'analisi di altre soluzioni, come quella della formazione personale, del problema dello spurgo tra le linee 1 e 3 o della corretta metodologia di lavoro da attuare nei cambi di produzione, per i cui approfondimenti si rimanda alla lettura della tesi di Vittoria Regis.[5]

Una delle prime soluzioni trovate dall'azienda durante il progetto di tesi è stata, infatti, quella di risolvere il problema dello spurgo. Quest'ultimo, secondo i report settimanali aziendali, incideva sul 16 percento dello scarto totale, secondo solo allo scarto generato dalla linea 1 e 3. Per far fronte a questo problema è stato riprogettato il sistema di alimentazione per le linee 1 e 3. Inizialmente, difatti, queste linee avevano lo stesso tubo di alimentazione e questo comportava un grande scarto di materiale ogni qual volta si doveva lavorare materia prima diversa sulle due linee. Per ogni cambio di materiale si era costretti a ripulire il tubo di alimentazione, per evitare contaminazioni, scartando il materiale rimasto nei tubi, generando in questo modo, come già detto, il 16 percento degli scarti totali aziendali. Separando i tubi di alimentazione e rendendo reciprocamente indipendenti le due linee, l'azienda è riuscita a portare a zero la voce derivante dagli scarti per spurgo tra le due linee. Nonostante ciò, l'azienda registra ancora una voce di spurgo ogni qual volta ci sia da effettuare un cambio di materia prima all'interno della stessa

linea. Per cercare di quantificare questa voce, ed attuare misure correttive, nel progetto di gruppo si è proceduto con il monitoraggio dei cambi di produzione.[5]
 Oggetto del monitoraggio dei cambi di produzione è stato quello di quantificare le perdite in termini di tempo e materiale da essi derivanti, con l'obiettivo di identificare una metodologia di lavoro che permetta di generare i minori scarti possibili. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 6.2 e 6.3, dalle quali si evince come la metodologia da utilizzare consigliata sia quella che prevede l'accensione delle presse in sequenza, ovvero una regolazione delle presse una ad una, piuttosto che accenderle tutte insieme e regolarle successivamente.[5]

PULIZIA	PARTENZA	mais [Kg]	riso [Kg]	multicereali [Kg]
svuotamento	insieme	22,41		
buttato a terra	insieme		14,9	
aspirato	sequenza	4,131		2,422
buttato a terra	sequenza		6,489	
svuotamento	sequenza	2,787		

Tabella 6.2. Kg di scarto per tipologia di cambio

PULIZIA	PARTENZA	mais [ore]	riso [ore]	multicereali [ore]
svuotamento	insieme	1.50.00		
buttato a terra	insieme		1.25.00	
aspirato	sequenza	2.12.00		1.26.00
buttato a terra	sequenza		1.33.00	
svuotamento	sequenza	0.57.00		

Tabella 6.3. Durata per tipologia di cambio

Tali monitoraggi hanno portato alla luce un'altra tematica, quella della formazione del personale. Analizzando i cambi di produzione, infatti, è emerso come non ci sia una procedura prestabilita da seguire, bensì ogni operatore tende ad utilizzare un proprio metodo che, a seconda dell'abilità e dell'esperienza dell'operatore stesso, può generare più o meno perdite in termini di materiale e tempo. Per tale motivo, si è discusso con l'azienda la possibilità di trovare la giusta procedura che permetta di ridurre questi scarti e di ampliare, in futuro, il discorso della formazione del personale, garantendo che ogni operatore

abbia le conoscenze necessarie per far fronte ad ogni tipo di difficoltà e che rispetti la procedura prestabilita. Difatti, la corretta formazione del personale, non permette solamente di omogeneizzare gli scarti nei cambi di produzione, ma anche di ridurre tutti gli scarti derivanti da un malfunzionamento delle macchine, un intoppo lungo la linea di produzione o una materia prima di difficile lavorazione.

6.2 Possibili sviluppi futuri

Dai risultati ottenuti, l'azienda ha potuto catalogare gli scarti, mapparli lungo il processo di produzione ed ottenere i dati risultanti da alcune prove effettuate. Il progetto di gruppo ha, pertanto, posto le basi, a livello di dati e metodo utilizzato, per permettere all'azienda di implementare un sistema di controllo della qualità e di portare avanti, nell'ottica di miglioramento continuo, ulteriori prove per la riduzione delle problematiche individuate in questo progetto.

Sono diverse, infatti, le opportunità di sviluppo future per questo progetto. Ad esempio, si può pensare di ridurre gli scarti individuati nelle fasi "uscita presse" e "canale" che, dopo gli scarti per sovrappeso, sono risultati tra i più ingenti. A questo proposito, l'investimento che l'azienda ha approvato per il cambiamento della linea 1, dovrà portare ad una sostanziale diminuzione di tali scarti, grazie ad un più omogeneo ed uniforme flusso di materiale. Tale investimento potrebbe, inoltre, diminuire ulteriormente la voce di scarto per sovrappeso, in quanto verrà cambiato il tipo di porzionamento ed il modo in cui le gallette vengono impilate e mantenute all'interno del canale.

Inoltre, il progetto si è concentrato sull'analisi delle due linee principali (1 e 3), mentre le prove per il sovrappeso sono state effettuate solo sulla linea 2. Tali prove possono, infatti, in futuro essere svolte anche per le altre linee, per verificare se e in che quantità i risultati della linea 2 si riflettono anche sulle altre linee.

Infine, l'azienda può portare avanti ulteriori prove per verificare se l'utilizzo di boccole dal diametro inferiore, rispetto a quello attuale, porti ad una riduzione significativa dello scarto per sovrappeso.

Capitolo 7

Allegati

7.1 Allegato A

Di seguito alcuni dei risultati più significativi emersi dai monitoraggi sugli scarti di produzione.

7.1.1 Linea 1 mais integrale

Monitoraggio su un carico di mais integrale in linea 1 che ha evidenziato come il mais integrale sia il prodotto con più scarti percentuali.

Umidità sacco in produzione [%]	14,80%
Peso dichiarato confezione [g]	100
Peso medio confezioni [g]	129
Carico totale [Kg]	309
Perdita umidità attesa [%]	13,27%
Materia prima in uscita dalle prese [Kg]	267,99
Scarto per perdita di umidità [Kg]	41,01

Tabella 7.1. Perdita di umidità mais integrale

SCARTI	Uscita presse	Canale	Porzionatore	Confezionamento	
<i>Materiale irrecuperabile</i>	2,748	5,764	0,908	2,114	
	0,894	3,138	0,818	2,884	
<i>tra i nastri--></i>	1,386	2,94	1,284		
<i>tra i nastri--></i>	0,404	14,4	0,89		
		5,096			
Materiale recuperato		30,81			
Totale	5,432	31,338	3,9	4,998	45,668
Scarto totale [kg]					86,68
Scarto totale [%]					28,89%

Tabella 7.2. Monitoraggio produzione di mais integrale in linea 1

kg carico	309
kg in uscita (Carico-Umidità-Scarto)	222,32
confezioni prodotte (129g)	1723,39
kg teorici in uscita	172,34
kg sovrappeso	49,98
confezioni realizzabili con peso consigliato senza scarto	2679,85
differenza confezioni	956,46
Scarto totale [kg]	136,66
Scarto totale [%]	45,55%

Tabella 7.3. Analisi dei risultati mais integrale

Luogo di scarto	Scarto [Kg]	Percentuale	Cumulata
Sovrappeso	49,98	52%	52%
Canale	31,34	33%	85%
Uscita presse	5,43	6%	91%
Confezionamento	5,00	5%	96%
Porzionatore	3,90	4%	100%
Totale	95,65	100%	

Tabella 7.4. Dati per analisi di Pareto mais integrale

7.1.2 Linea 3 mais con confezionamento di tipo X-Fold

Monitoraggio su un carico di mais con confezionamento di tipo X-Fold in linea 3. Si evince che, a differenza di quanto accade per il confezionamento tradizionale, il canale è la zona principale di scarto, seguita dal sovrappeso.

Umidità sacco in produzione [%]	15,90%
Peso dichiarato confezione [g]	130
Peso medio confezioni [g]	142,6
Carico totale [Kg]	312
Perdita umidità attesa [%]	14,42%
Materia prima in uscita dalle prese [Kg]	267,01
Scarto per perdita di umidità [Kg]	44,99

Tabella 7.5. Perdita di umidità mais con confezionamento di tipo X-Fold

SCARTI	Uscita presse	Canale	Porzionatore	Confezionamento	
<i>Materiale irrecuperabile</i>	3,517	2,759	2,904	1,236	
		3,009		2,156	
		12,26			
<i>tra i nastri--></i>	0,584	1,936			
		5,68			
<i>Materiale recuperabile</i>	1,266				
Totale	4,101	25,644	2,904	3,392	36,041
Scarto totale [kg]					81,03
Scarto totale [%]					27,01%

Tabella 7.6. Monitoraggio produzione di mais con confezionamento di tipo X-Fold

kg carico	312
kg in uscita (Carico-Umidità-Scarto)	230,97
confezioni prodotte (142,6g)	1619,70
kg teorici in uscita	210,56
kg sovrappeso	20,41
confezioni realizzabili con peso consigliato senza scarto	2053,92
differenza confezioni	434,22
Scarto totale [kg]	101,44
Scarto totale [%]	33,81%

Tabella 7.7. Analisi dei risultati mais x-fold

Luogo di scarto	Scarto [Kg]	Percentuale	Cumulata
Canale	25,64	45%	45%
Sovrappeso	20,41	36%	82%
Uscita presse	4,10	7%	89%
Confezionamento	3,39	6%	95%
Porzionatore	2,90	5%	100%
Totale	56,45	100%	

Tabella 7.8. Dati per analisi di Pareto mais x-fold

7.1.3 Linea 2 farro

Monitoraggio su un carico di farro in linea 2. Come accade per le linee 1 e 3, anche qui il sovrappeso è la causa principale di scarto.

Umidità sacco in produzione [%]	11,20%
Peso dichiarato confezione [g]	100
Peso medio confezioni [g]	122
Carico totale [Kg]	315
Perdita umidità attesa [%]	11,48%
Materia prima in uscita dalle prese [Kg]	278,83
Scarto per perdita di umidità [Kg]	36,17

Tabella 7.9. Perdita di umidità farro

SCARTI	Uscita presse	Canale	Porzionatore	Confezionamento	
<i>Materiale irrecuperabile</i>	0,624	2,06	0,26	1,28	
	0,546	1	2,17		
	3,94				
	3,47				
<i>tra i nastri--></i>	2,41				
	0,89				
Totale	11,88	3,06	2,43	1,28	18,65
Scarto totale [kg]					54,82
Scarto totale [%]					18,27%

Tabella 7.10. Monitoraggio produzione di farro

kg carico	315
kg in uscita (Carico-Umidità-Scarto)	260,18
confezioni prodotte (142,6g)	2132,60
kg teorici in uscita	213,26
kg sovrappeso	46,92
confezioni realizzabili con peso consigliato senza scarto	2788,28
differenza confezioni	655,67
Scarto totale [kg]	101,74
Scarto totale [%]	33,91%

Tabella 7.11. Analisi dei risultati farro

Luogo di scarto	Scarto [Kg]	Percentuale	Cumulata
Sovrappeso	46,92	72%	72%
Uscita presse	11,88	18%	90%
Canale	3,06	5%	94%
Porzionatore	2,43	4%	98%
Confezionamento	1,28	2%	100%
Totale	65,57	100%	

Tabella 7.12. Dati per analisi di Pareto farro

7.1.4 Linea 4 mais

In questo caso, anche se il sovrappeso rimane la causa principale di scarto, gli scarti sono ridotti rispetto alle altre tre linee. Questo è in parte dovuto al tipo di confezionamento verticale, che riduce l'incidenza del sovrappeso. In questo caso le fasi "canale" e "porzionamento" sono state sostituite dalla fase "nastro" a causa del diverso layout della linea.

Umidità sacco in produzione [%]	16,30%
Peso dichiarato confezione [g]	150
Peso medio confezioni [g]	152
Carico totale [Kg]	364
Perdita umidità attesa [%]	14,88%
Materia prima in uscita dalle prese [Kg]	309,85
Scarto per perdita di umidità [Kg]	54,15

Tabella 7.13. Perdita di umidità mais linea 4

SCARTI	Uscita presse	Nastro	Confezionamento	
<i>Materiale irrecuperabile</i>	0,294	0,364	0,318	
<i>tra i nastri--></i>	0,834			
Totale	1,128	0,364	0,318	1,81
Scarto totale [kg]				55,96
Scarto totale [%]				15,99%

Tabella 7.14. Monitoraggio produzione di mais in linea 4

kg carico	364
kg in uscita (Carico-Umidità-Scarto)	308,04
confezioni prodotte	2026,57
kg teorici in uscita	303,99
kg sovrappeso	4,05
confezioni realizzabili con peso consigliato senza scarto	2065,66
differenza confezioni	39,09

Tabella 7.15. Analisi dei risultati mais linea 4

Luogo di scarto	Scarto [Kg]	Percentuale	Cumulata
Sovrappeso	4,05	69%	69%
Uscita presse	1,13	19%	88%
Nastro	0,36	6%	95%
Confezionamento	0,32	5%	100%
Totale	5,86	100%	

Tabella 7.16. Dati per analisi di Pareto mais linea 4

7.2 Allegato B

7.2.1 Monitoraggio umidità

Di seguito le tabelle 7.13 e 7.14 riportano i valori dei monitoraggi delle umidità, con informazioni di materia prima, lotto, data, umidità in magazzino ed in produzione, umidità e temperatura dell'ambiente.

MATERIA PRIMA	Lotto	Data	Umidità in produzione	Umidità in magazzino	Umidità ambiente	Temperatura [°C]
Farro perlato bio	564	27/10/2022	11,20%			
Farro perlato bio	564	02/11/2022	11,80%	12,00%		
Farro perlato bio	564	07/11/2022		12,00%		
Farro perlato bio	564	15/11/2022	12,10%	12,50%	74,00%	12
Farro perlato bio	564	16/11/2022	12,30%	12,00%	74,80%	12,8
Farro perlato bio	564	17/11/2022	12,30%	11,80%	72,30%	11,7
Farro perlato bio	564	21/11/2022	12,00%	12,00%	53,80%	8,7
Farro perlato bio	564	23/11/2022		11,70%	58,80%	12,5
Farro perlato bio	564	28/11/2022	11,70%	12,00%	56,30%	12,7
Farro perlato bio	564	30/11/2022	12,00%	11,90%	61,20%	11,6
Farro perlato bio	564	05/12/2022		11,30%	68,00%	12,5
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220008932	28/10/2022		16,90%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220008932	02/11/2022	17,00%	16,95%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220008932	07/11/2022		16,80%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220008932	15/11/2022	17,40%	17,20%	74,00%	12
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220008932	16/11/2022	16,60%		74,80%	12,8
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	28/10/2022		16,70%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	02/11/2022		17,00%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	07/11/2022		16,20%		
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	15/11/2022		16,50%	74,00%	12
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	16/11/2022	16,80%	16,70%	74,80%	12,8
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	17/11/2022	17,30%	17,00%	72,30%	11,7
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	21/11/2022	17,70%	16,80%	53,80%	8,7
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	23/11/2022	17,10%	16,60%	58,80%	12,5
Mais hominy grosso bio NATURLAND	MRP220009601	28/11/2022	17,10%		56,30%	12,7

Tabella 7.17. Monitoraggio umidità parte 1

MATERIA PRIMA	Lotto	Data	Umidità in produzione	Umidità in magazzino	Umidità ambiente	Temperatura [°C]
Riso integrale bio Italia	820657	26/09/2022	14,30%			
Riso integrale bio Italia	820657	02/11/2022		14,20%		
Riso integrale bio Italia	820749	17/10/2022	14,50%		69,20%	20,2
Riso integrale bio Italia	820749	28/10/2022		14,70%		
Riso integrale bio Italia	820749	02/11/2022	14,70%	14,70%		
Mais bio UE	S17002222-002304	07/11/2022	16,10%	15,80%		
Mais bio UE	S17002222-002304	15/11/2022		16,50%	74,00%	12
Mais bio UE	S17002222-002304	16/11/2022		15,30%	74,80%	12,8
Mais bio UE	S17002222-002304	17/11/2022		15,10%	72,30%	11,7
Mais bio UE	S17002222-002304	21/11/2022	15,50%	16,20%	53,80%	8,7
Mais bio UE	S17002222-002304	23/11/2022		15,10%	58,80%	12,5
Mais bio UE	S17002222-002304	28/11/2022		15,50%	56,30%	12,7
Mais bio UE	S17002222-002304	30/11/2022		14,80%	61,20%	11,6
Mais bio	10220225	07/11/2022	16,20%	15,70%		
Mais bio	10220225	15/11/2022	16,50%		74,00%	12
Mais bio	10220225	16/11/2022	15,60%		74,80%	12,8
Riso integrale bio Italia	820809	07/11/2022	14,30%	14,20%		
Riso integrale bio Italia	820809	15/11/2022	14,50%	13,50%	74,00%	12
Riso integrale bio Italia	820809	16/11/2022	14,20%	13,80%	74,80%	12,8
Riso integrale bio Italia	820809	17/11/2022	13,70%	13,60%	72,30%	11,7
Riso integrale bio Italia	820809	21/11/2022	13,90%		53,80%	8,7
Riso integrale bio Italia	820809	23/11/2022	13,70%		58,80%	12,5
Mais hominy grits	S02002122-002338	15/11/2022	16,70%	15,90%	74,00%	12
Mais hominy grits	S02002122-002338	16/11/2022	16,20%	16,10%	74,80%	12,8
Mais hominy grits	S02002122-002338	17/11/2022	16,10%	15,60%	72,30%	11,7
Mais hominy grits	S02002122-002338	21/11/2022	15,90%	16,30%	53,80%	8,7
Mais hominy grits	S02002122-002338	23/11/2022	16,20%	15,60%	58,80%	12,5
Mais hominy grits	S02002122-002338	28/11/2022	16,50%	16,00%	56,30%	12,7
Mais hominy grits	S02002122-002338	30/11/2022	16,50%		61,20%	11,6
Mais hominy grits	S02002122-002338	05/12/2022	16,10%		68,00%	12,5

Tabella 7.18. Monitoraggio umidità parte 2

7.2.2 Monitoraggio umidità riso

Di seguito, nelle figure 7.1 e 7.2, è riportato l'andamento dell'umidità del riso.

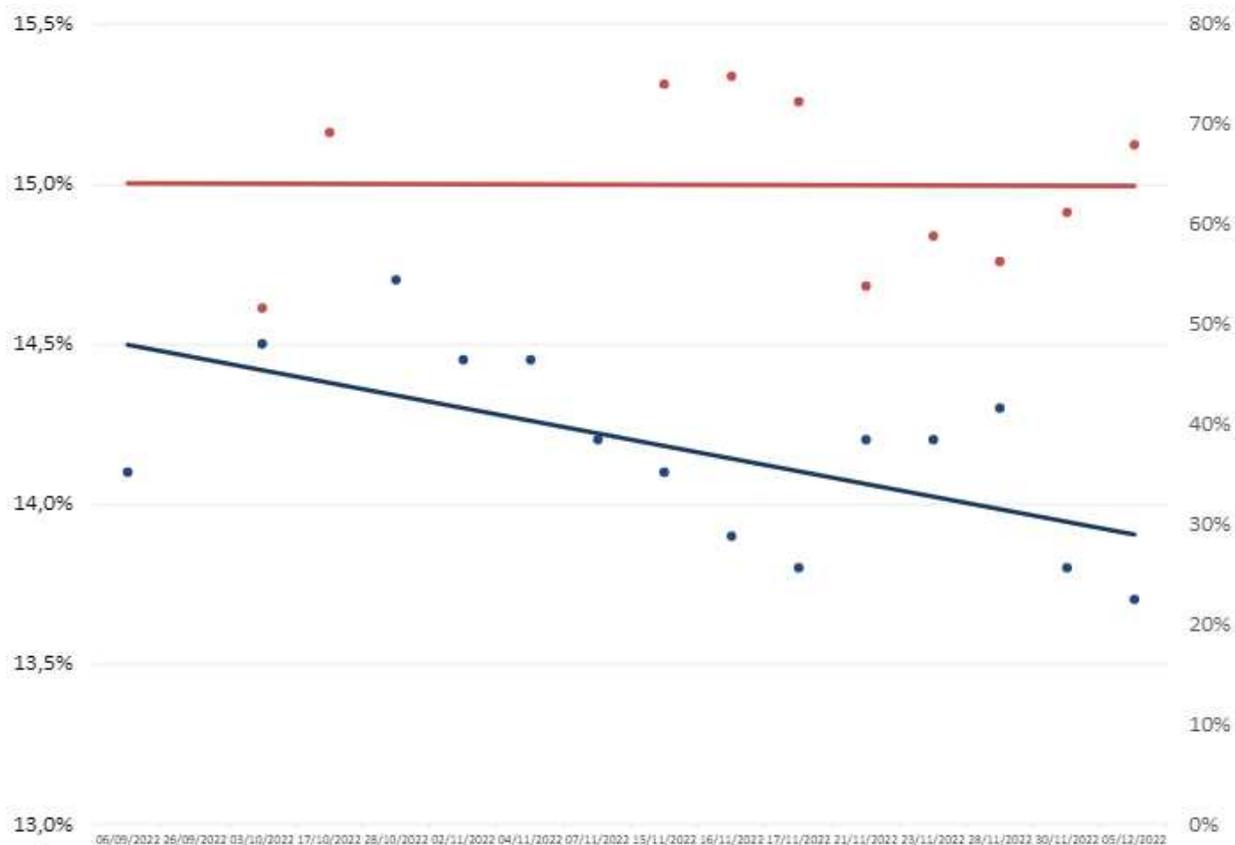


Figura 7.1. Andamento umidità riso in magazzino

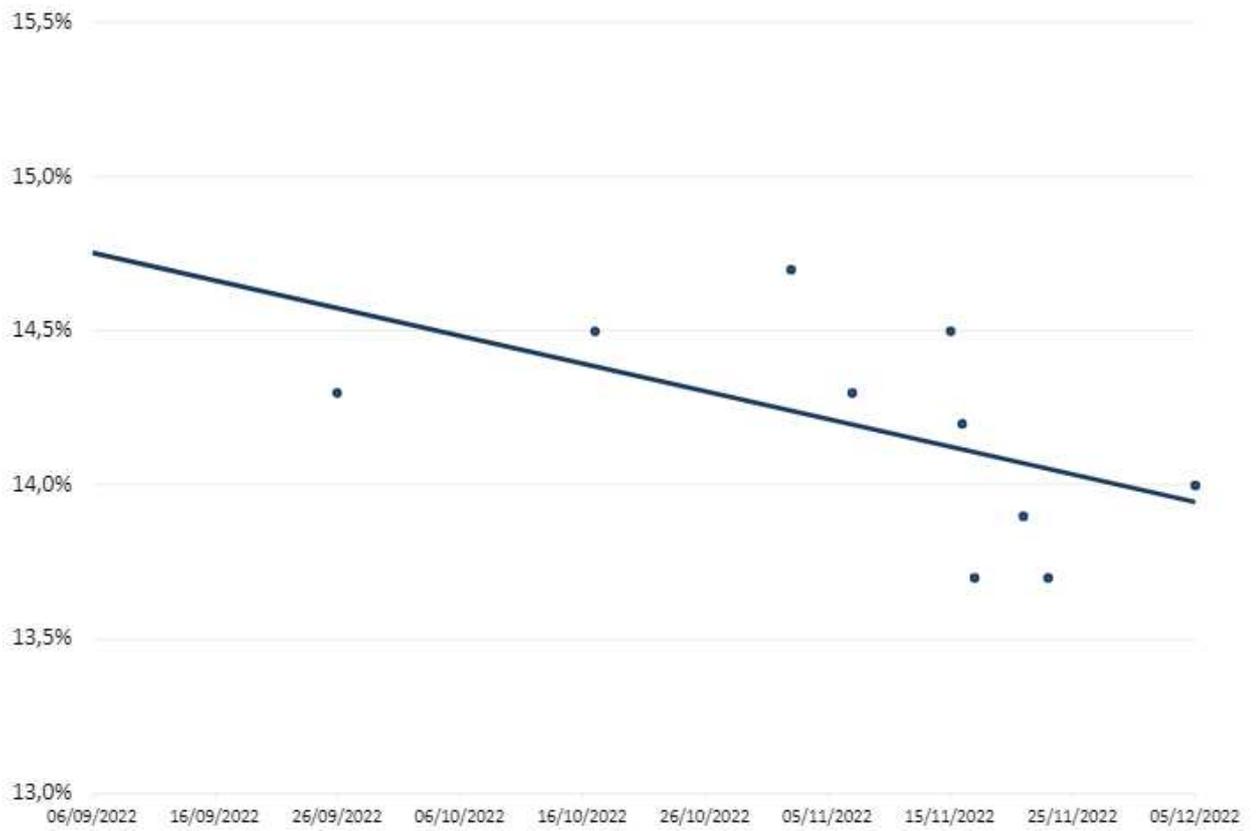


Figura 7.2. Andamento umidità riso in produzione

7.2.3 Monitoraggio umidità farro

Di seguito, nelle figure 7.3 e 7.4, è riportato l'andamento dell'umidità del farro.

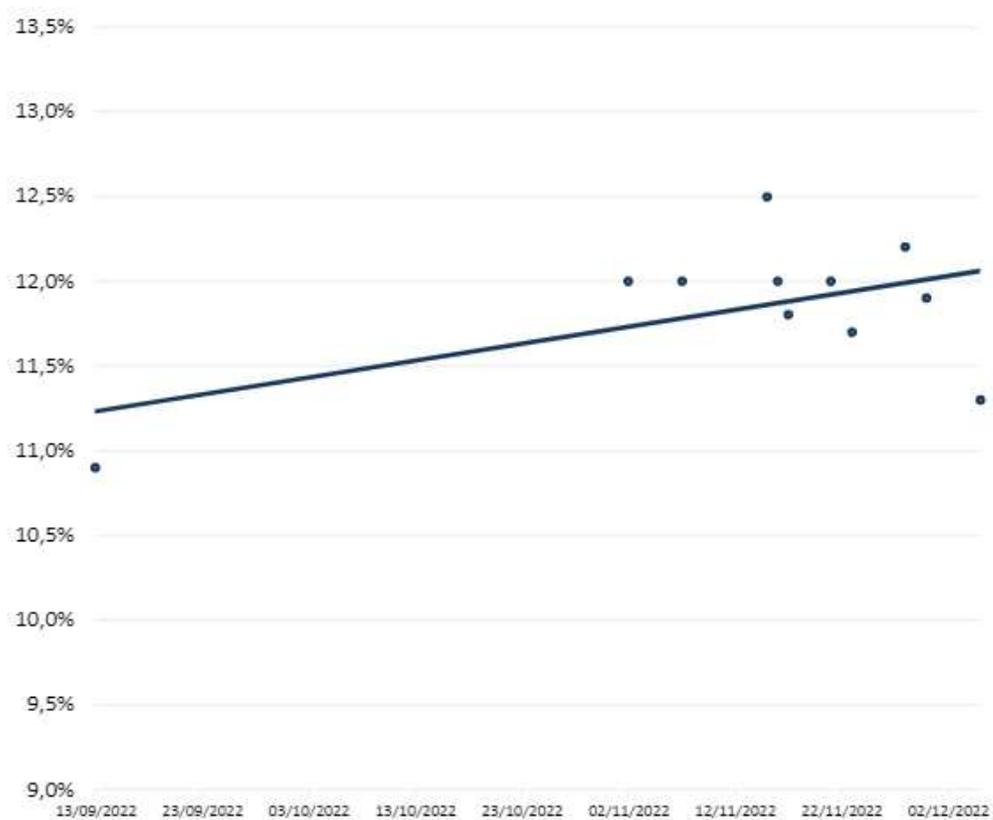


Figura 7.3. Andamento umidità farro in magazzino

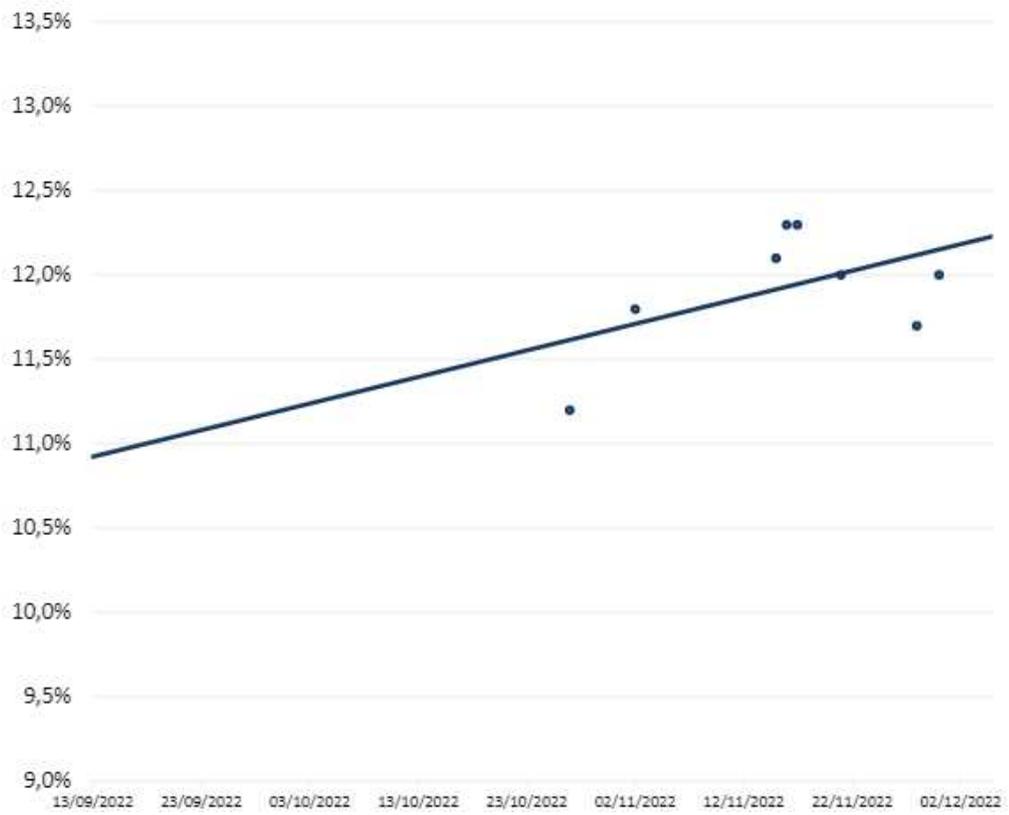


Figura 7.4. Andamento umidità farro in produzione

Bibliografia

- [19] Barlotti C., Industrial Engineering and Lean Manufacturing, Esculapio, 2013
- [6] Battezzati L., Bianchi F., Kaizen. Il miglioramento continuo, Guerini e Associati, 2010
- [11] Brun A, Strozzi M. C., Manuale Six Sigma per le Green Belt, Esculapio, 2020
- [12] Calvino, R., Iodice, C., Nonino, O., A45 scienze economico-aziendali (ex A017), Maggiori Editore, 2016
- [23] Drohomerski G. D., Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: An Analysis Based on Operations. International Journal of Production Research, 2014.
- [26] Gazzaniga A, Palugan L., slide del Corso di Laurea Magistrale in Chimica e Tecnologia Farmaceutica, Università Degli Studi Di Milano, 2016
- [9] Imai M., Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. McGraw-Hill Education, 1986
- [15] Montgomery D. C., Controllo statistico della qualità, McGraw-Hill, Milano, 2005
- [21] Montgomery D. C., Design and Analysis of Experiments, J.Wiley 8th edition, 2013
- [13] Nicholas J., Lean Production for Competitive Advantage, A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices, Taylor And Francis, 2018
- [14] Rafinead D., Innovation, Product Development and Commercialization, J. Ross Pub., 2007
- [5] Regis V., Analisi dei processi produttivi e delle metodologie di lavoro al fine di introdurre miglioramenti per la riduzione degli scarti di produzione in contesto agroalimentare, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino, 2023
- [20] Röthlin M., Management of Data Quality in Enterprise Resource Planning Systems, Eul, 2010
- [24] Saravanan S., Meera M., Prakash S., Gijo E., Efficiency improvement on the multicrystalline silicon wafer through six sigma methodology, International Journal of Sustainable Energy, 2012
- [8] Yamamoto Y., Kaikaku in production, School of Innovation, Design and Engineering, Malardalen University Press Licentiate Theses, Sweden 2013
- [18] <https://www.biz-pi.com/what-is-dmaic/>
- [1] <https://cerealfood.it/company>
- [26] <https://www.geass.com/shop/analizzatore-di-umidita-caffe-cereali-frumento-humimeter-fs3/>
- [16] <https://www.headvisor.it/analisi-fmea>
- [17] <https://www.headvisor.it/dmaic>
- [3] <https://www.headvisor.it/lean-production>
- [4] <https://www.headvisor.it/muda-difetti>
- [27] <https://www.ingrenatolunelli.it/11-i-clienti-soddisfatti-creano-valore.html>
- [10] <https://meetheskilled.com/macro-excel-istogramma-delle-frequenze-con-gaussiana>

BIBLIOGRAFIA

- [7] <https://oraconsulting.altervista.org/blog/organizzazione/lean-organization/?doing-wp-cron=1676458509.0039598941802978515625>
- [2] <https://www.repubblica.it/economia/rapporti/osserva-italia/trend/2022/02/16/news/lo-spuntino-veloce-soppianta-il-pasto-tradizionale-337972977/>
- [22] <https://www.slideserve.com/saddam/il-controllo-statistico-dei-processi>
- [25] <https://terzoni.com.br/leanblog/diagrama-ishikawa-e-grafico-de-pareto/pareto/>