

Progetto di riduzione Scarti

Linea di produzione pasta lunga

Plant: Pastificio italiano

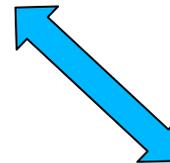
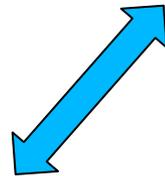
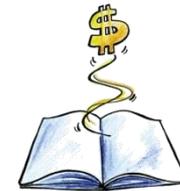


FASE DI DEFINE

Creare una "Project Charter"

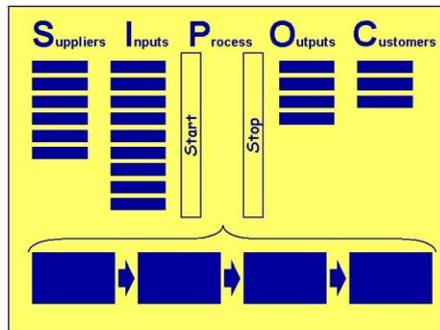
Project Charter	
Project Title	_____
Problem Statement	_____
Scope	_____
Team	_____
Financial Benefits	_____
Metrics	Y1 _____
	Y2 _____
Project Plan	_____

RIDUZIONE SCARTI AL 6%



High-level map of the process

SIPOC



Definire il cliente e capire la voce del cliente



FASE DI DEFINIRE

Calcolo di rendimento (Anno 2010)

Si è proceduti ad una valutazione del rendimento della linea basandoci sui dati storici riferiti all'anno 2010

Scarto fisiologico

Pasta prodotta Linea di lunga 1	182897,54 q.li
Cambi formati prodotto n = 297	1930,5 q.li
- 5 % scarto taglio pasta lunga testa e coda	9048,5 q.li
Pasta prodotta al netto di scarti fisiologici	171945,54 q.li
- Pasta confezionata Linea di lunga 1	160488,86 q.li
Scarto prodotto	11456,68 q.li

$$\eta = 1 - \frac{\text{scarto prodotto}}{\text{pasta prodotta}} = \left(1 - \frac{11456,68}{171945,54} \right) \times 100 \% = 93,4\%$$

FASE DI DEFINE

Obiettivi 6σ

Anno 2010

Pasta prodotta	171945,54 q.li
Scarto	11456,68 q.li
Pasta confezionata	160488,86 q.li
$\eta = 93,4 \%$	



Proiezione in regime di 6σ

Pasta prodotta	171945,54 q.li
Scarto	0,58 q.li
Pasta confezionabile	171944,96 q.li
$\eta = 99,99966\%$	

SAVING
di produzione
11456,10 q.li
28.640 €

FASE DI DEFINE

Team Charter

Business case

Nell'ambito della produzione dello stabilimento di pasta secca alimentare, si analizza la fase di processo di pastificazione della linea di produzione paste lunghe 1 – formati classici
All'interno dell'analisi si verificano le condizioni di programmazione (cambi formato), fermi tecnici e fermi operativi, input che generano scarto produttivo

Definizione del problema

Gli scarti produttivi ammontano al 10%

Definizione dell'obiettivo

Riduzione degli scarti al 6 %

Composizione del team

Project Lead	Domenico Di Gioia
Coach	Fabrizio Visconti
Project champion	Mario Rossi
Team members	Membro 1
	Membro 2
	Membro n

Milestones

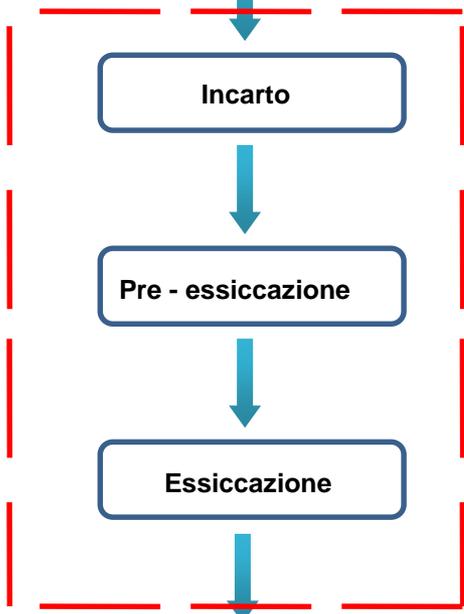
Define	10 Giugno
Measure	30 Luglio
Analyse	15 Settembre
Improve	10 Ottobre
Control	30 Ottobre

DIAGRAMMA DI FLUSSO

LINEA PASTA LUNGA



ACQUA →
SEMOLA →

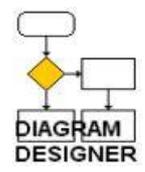


**E
S
S
I
C
C
A
Z
I
O
N
E**

**P
R
O
D
O
T
T
O
N
O
N
C
O
N
F
O
R
M
E**

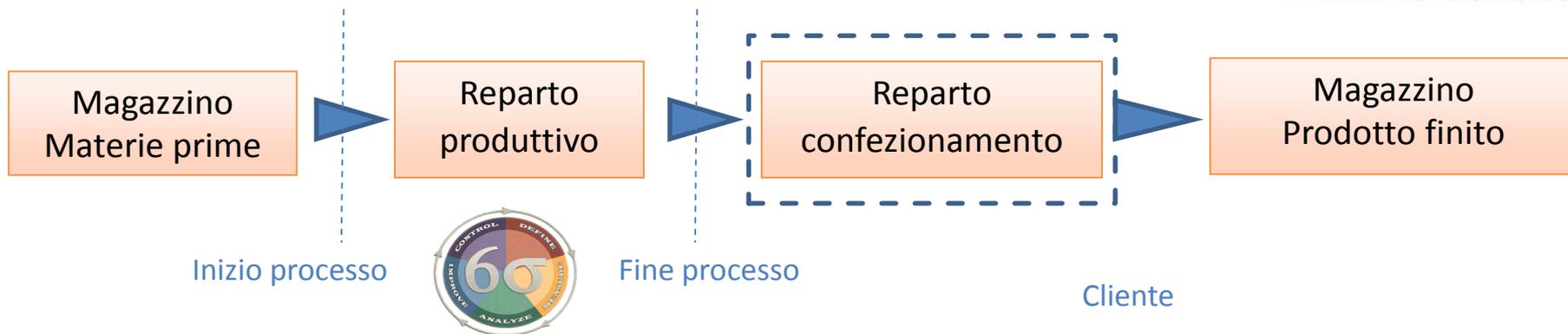


**PRODOTTI
CONFORMI**

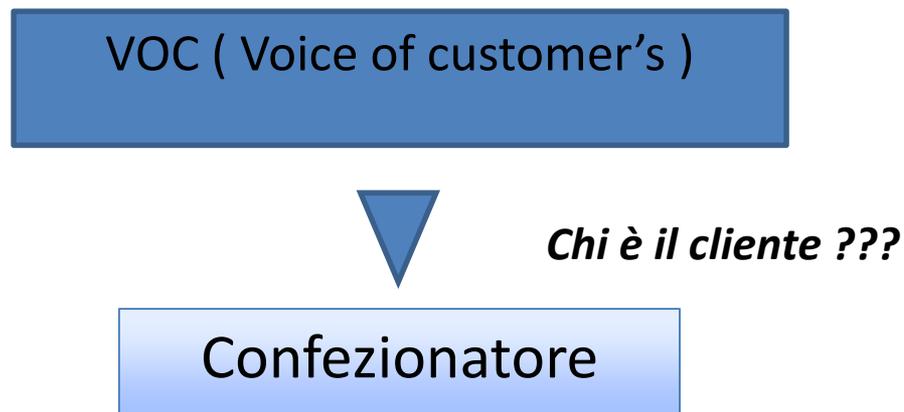


FASE DI DEFINE

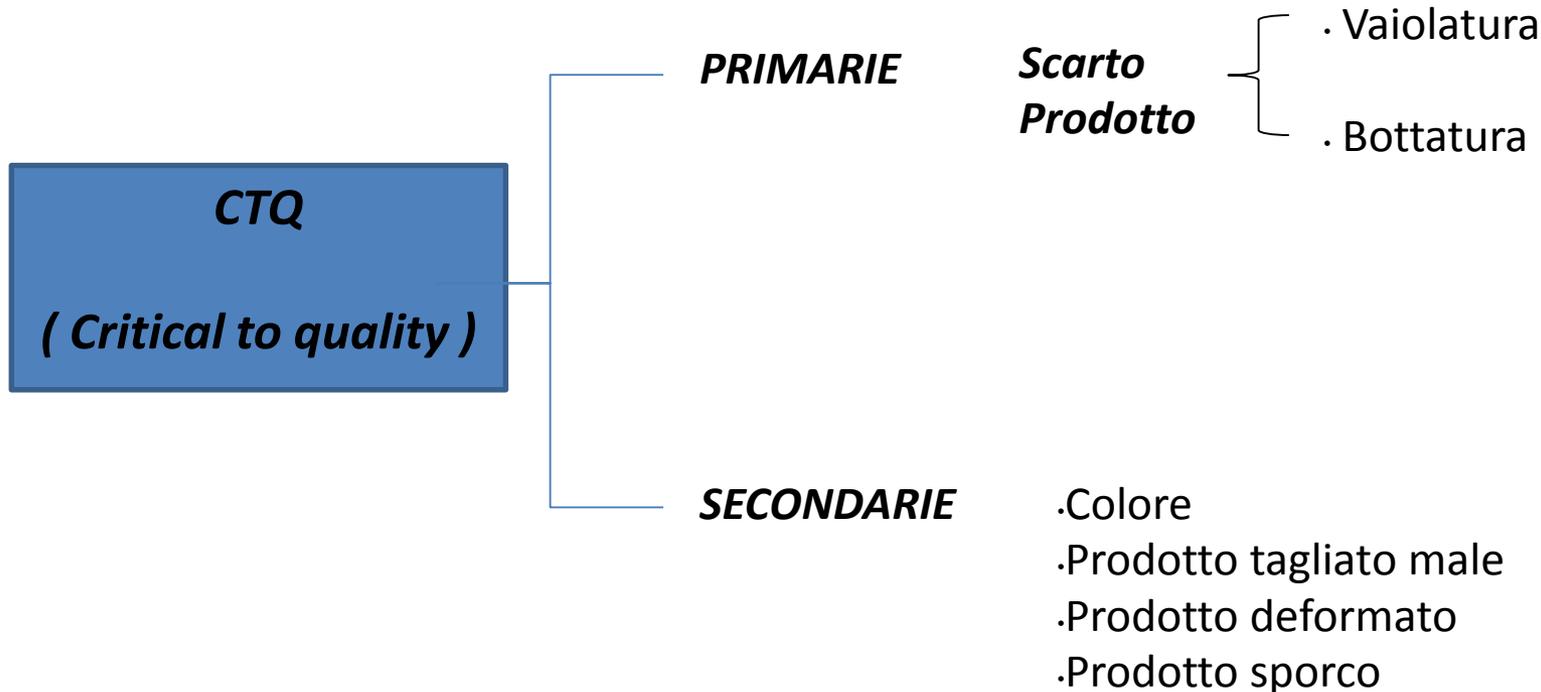
VOC ' s (Voice of the customer's)



Analizzando la filiera logistica del processo oggetto di analisi è stata limitata l'analisi al reparto produttivo ed è stato identificato come cliente l'insieme degli operatori del reparto confezionamento



I CTQ's sono stati dapprima analizzati e identificati dal Team e successivamente condivisi con i clienti identificati (operatori al confezionamento):



Sono stati predisposti per i clienti degli INFOPOINT per il rilevamento dei CTQ's

FASE DI DEFINIRE

VOC vs. CTQ's

VOC

Voce del cliente

PRODOTTO
CONFORME

Parametri definiti
da specifica
tecnica

Needs

Qualità

Riduzione
scarto

CTQ's

Indicatori critici del cliente

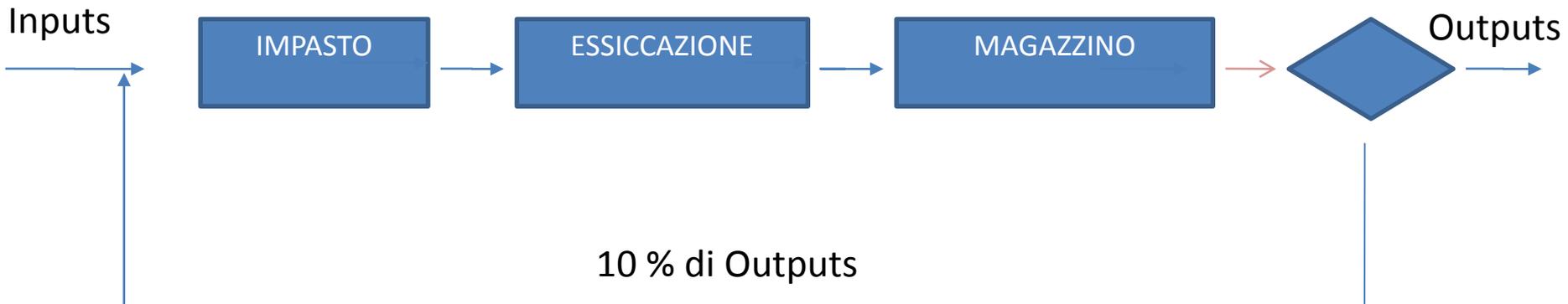
Bottatura

Vaiolatura



Colore
Prodotto deformato
Prodotto tagliato male
Prodotto sporco

FASE DI DEFINE SIPOC DIAGRAMM



FASE DI MEASURE

Raccolta dati

Dopo la fase di Define sono stati definiti i parametri processo d'interesse monitorati con una scansione temporale di 2 ore

Parametri monitorati

- .Lotto produttivo
- .Codice cliente
- .Codice formato

Dati identificativi

- .Umidità semola [%]
- .Indice proteico semola [%]
- .Portata massica semola [Kg/h]
- .Portata volumetrica acqua [l/h]

Materie prime

- .Temperatura semola [°C]
- .Temperatura impasto [°C]
- .Umidità Punto 1 - Umidità impasto [%]
- .Umidità Punto 2 - Primo punto di prelievo [%]
- .Umidità Punto 3 - Secondo punto di prelievo [%]

Verifica processo

- . Umidità Punto 4 – Umidità finale prodotto [%]
- . Bottatura prodotto finale

Prodotto Finito

FASE DI MEASURE

Campionamento

-Stima della dimensione del campione

$$n = \left(\frac{2}{d} \right)^2 (p)(1 - p)$$

n = Dimensione del campione

p = stima della proporzione (se non nota p=0,50)

d = precisione desiderata nella stima del campionamento

Considerando come stima della proporzione (p) il valore di 0,50 e di precisione strumentale (d) il valore di 0,2 avremo una dimensione del campione (n) pari a 25.

Vista la complessità e numerosità delle variabili considerate nell'analisi di processo si è preferito sovradimensionare il campionamento al valore di 60 rilievi strumentali.

FASE DI MEASURE

Raccolta dati

Data Collection plan

														CTQ Primario
Classe	Cod_cliente	Cod_form	Lotto	% Umid_Sem	% Ind_Prot	Temp sem [°C]	% Rim	Kg/h	Lt/h_H2O	Temp Imp [°C]	°C_H2O	% U_Punto_1	%U_Punt_4	Esito
														Analisi_Bott
2	636005	5	L0274RI	14,87	12,79	33,99	3	2593,00	767,00	36,87	34,50	34,20	11,40	ok
2	636005	5	L0274RI	14,60	12,69	34,47	3	2686,00	784,00	37,61	34,70	34,21	11,48	ok
4	390005	5	L0274RI	14,32	11,64	42,98	3	2713,00	797,00	37,49	39,50	34,11	11,61	ok
4	390005	5	L0274RI	14,31	11,70	33,62	3	2911,00	860,00	37,21	34,80	34,20	11,54	ok
4	390005	5	L0275RI	14,07	11,60	33,40	3	2710,00	811,00	37,67	35,40	34,40	11,46	ok
4	390005	5	L0275RI	14,44	11,63	33,40	3	2695,00	816,00	37,17	34,90	34,57	11,37	ok
4	390005	5	L0275RI	14,66	11,54	33,40	3	2720,00	803,00	37,26	35,40	34,20	11,40	ok
4	390005	5	L0275RI	14,50	11,25	33,50	3	2715,00	815,00	37,20	35,30	34,45	11,19	ok
4	390005	5	L0275RI	14,70	11,66	33,45	3	2888,00	864,00	37,40	34,80	34,40	11,85	ok
4	390005	5	L0275RI	14,80	11,78	34,62	3	2701,00	783,00	37,67	35,00	34,20	11,08	ok
4	390005	5	L0275RI	14,64	11,87	32,70	3	2953,00	842,00	37,69	34,60	34,61	11,49	ok
4	390005	5	L0275RI	14,72	11,72	33,07	3	2926,00	821,00	37,59	34,80	33,43	11,17	ok
4	390005	5	L0276RI	14,91	11,68	32,88	3	2917,00	826,00	37,51	35,00	33,57	11,20	ok
4	390013	13	L0276RI	14,67	11,74	32,44	6	3352,00	1006,00	37,73	35,00	34,43	11,15	ok
4	390013	13	L0276RI	14,50	11,84	32,40	6	3244,00	1010,00	38,00	34,20	34,80	11,62	ok
4	390013	13	L0276RI	14,52	11,60	35,25	6	3142,00	977,00	37,91	35,44	34,85	11,70	ok
4	390013	13	L0276RI	14,13	11,80	35,69	6	3235,00	1042,00	39,32	34,90	34,29	11,63	ok
4	390013	13	L0276RI	13,98	11,65	35,54	6	3348,00	1031,00	38,01	34,80	34,63	11,43	ok
4	390013	13	L0276RI	14,73	11,74	34,17	6	3246,00	983,00	38,52	35,00	34,57	11,56	ok
3	100002	2	L0277RI	14,40	12,15	35,43	6	3154,00	882,00	39,65	29,60	33,38	11,60	ok
3	100002	2	L0277RI	14,46	12,05	33,18	6	3030,00	835,00	36,74	29,90	33,18	11,64	ok
3	100002	2	L0277RI	14,57	12,20	33,20	6	3100,00	860,00	37,15	30,00	33,20	11,56	ok
3	100002	2	L0277RI	14,60	12,13	33,15	6	3220,00	870,00	37,20	30,40	33,15	11,58	ok
4	390002	2	L0277RI	15,09	11,58	33,20	6	3223,00	968,00	37,17	31,60	34,40	11,08	ok
4	390002	2	L0277RI	14,51	11,60	35,06	6	2940,00	885,00	36,50	29,60	34,48	11,40	ok
4	390002	2	L0277RI	14,50	11,77	34,77	6	2929,00	856,00	37,03	31,00	34,04	11,27	ok
4	390002	2	L0277RI	14,60	11,57	35,32	6	3163,00	923,00	36,93	34,30	34,02	11,49	KO
4	390002	2	L0277RI	14,66	11,66	34,43	6	2907,00	850,00	36,78	30,08	34,25	11,18	ok
4	390002	2	L0277RI	13,34	10,40	35,39	6	3247,00	975,00	36,92	29,20	34,44	11,62	ok

Le variabili sono state campionate con un intervallo temporale di 3 ore

FASE DI ANALYZE

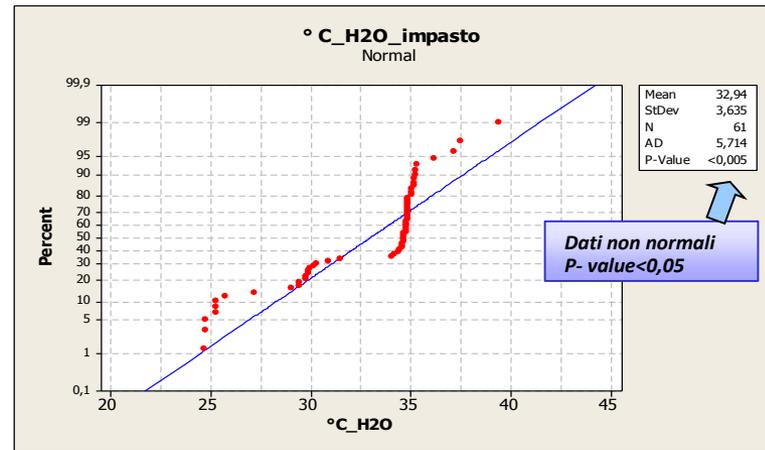
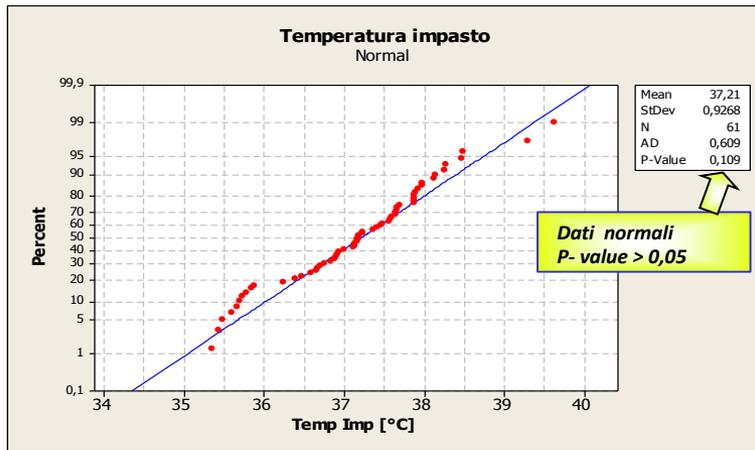
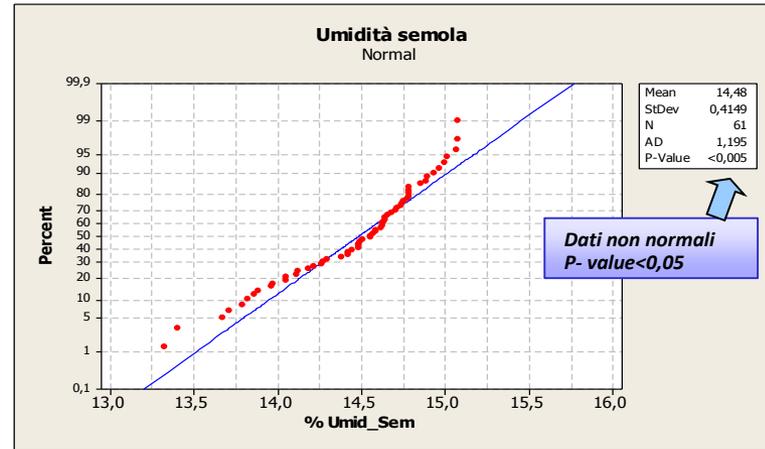
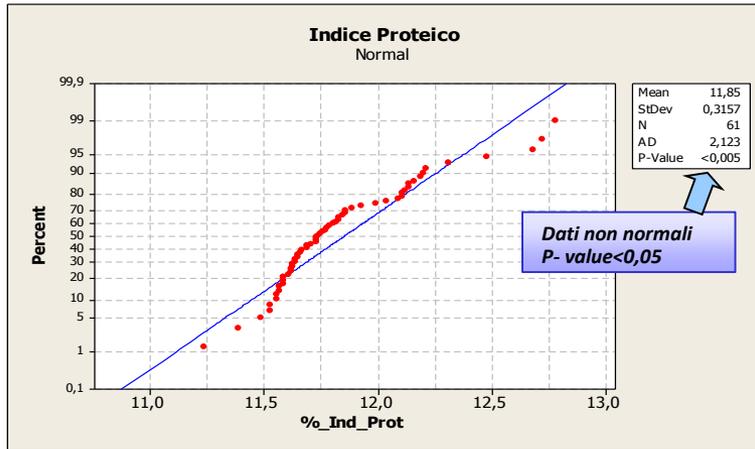
Variabili significative

Analizzata la complessità della tecnologia di produzione e le possibili cause inducenti una più tendente difformità del prodotto finito si è ritenuto opportuno analizzare le seguenti variabili:

- ***Umidità semola [Ur %]***
- ***Indice proteico IP [%]***
- ***Temperatura semola [°C]***
- ***Umidità finale [Ur %]***
- ***CTQ (Bottatura)***

FASE DI ANALYZE

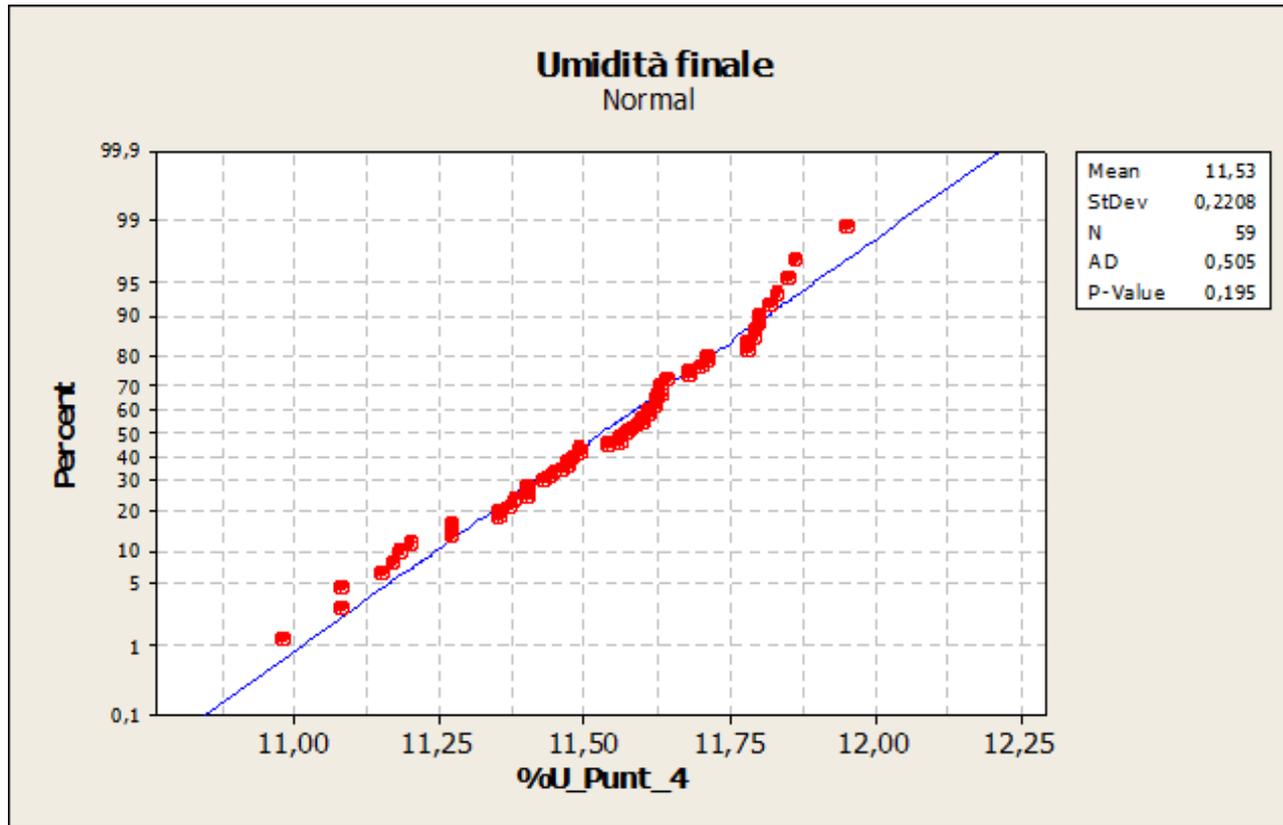
Test di normalità



Dai dati analizzati risulta essere normale (p-value > 0,05) la temperatura impasto a fronte di una non normalità delle restanti variabili analizzate

FASE DI ANALYZE

Test di normalità – Umidità Finale Ur %



Risulta importante osservare che i valori rilevati dell'umidità finale risultano essere normali. Questi rappresentano l'unico dato rilevabile e misurabile in uscita dalla linea produttiva.

FASE DI ANALYZE

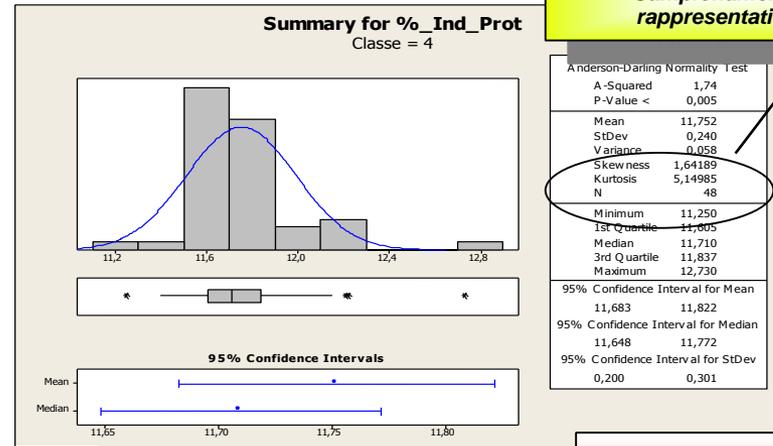
Summary statistic Ip % Vs Classe

Si è proceduti ad una classificazione delle semole in base al loro indice proteico IP % in 5 distinte classi:

- Classe 1 LSL 14,00 % USL 15,00 %
- Classe 2 LSL 12,50 % USL 13,50 %
- Classe 3 LSL 12,00 % USL 13,00 %
- Classe 4 LSL 11,50 % USL 12,50 %
- Classe 5 LSL 11,00 % USL 12,00 %

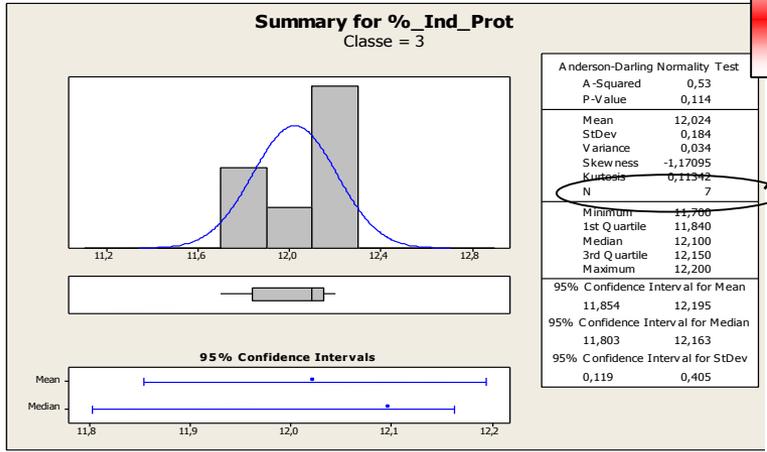
Dal campionamento effettuato di n=61 campioni sono presenti le sole classi 2,3,4

N=48 > n=25
n= dimensione campionaria
Campionamento rappresentativo



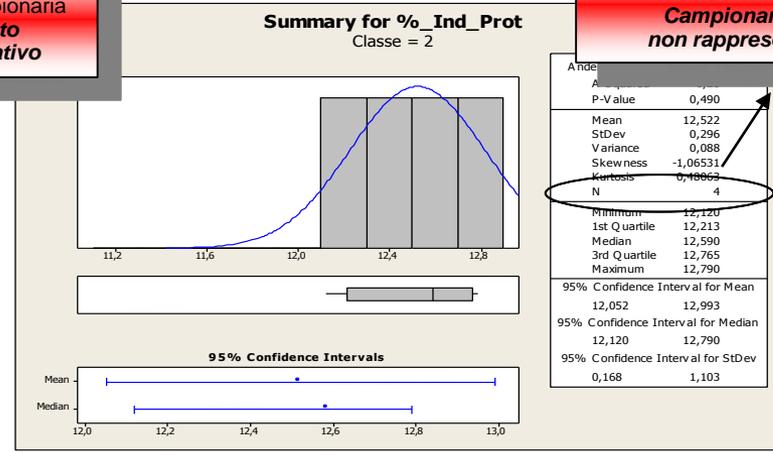
Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	1,74
P-Value <	0,005
Mean	11,752
StDev	0,240
Variance	0,058
Skewness	1,64189
Kurtosis	5,14985
N	48
Minimum	11,250
1st Quartile	11,605
Median	11,710
3rd Quartile	11,837
Maximum	12,730

N=7 < n=25
n= dimensione campionaria
Campionamento non rappresentativo



Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	0,53
P-Value	0,114
Mean	12,024
StDev	0,184
Variance	0,034
Skewness	-1,17095
Kurtosis	0,11342
N	7
Minimum	11,700
1st Quartile	11,840
Median	12,100
3rd Quartile	12,150
Maximum	12,200

N=4 < n=25
n= dimensione campionaria
Campionamento non rappresentativo

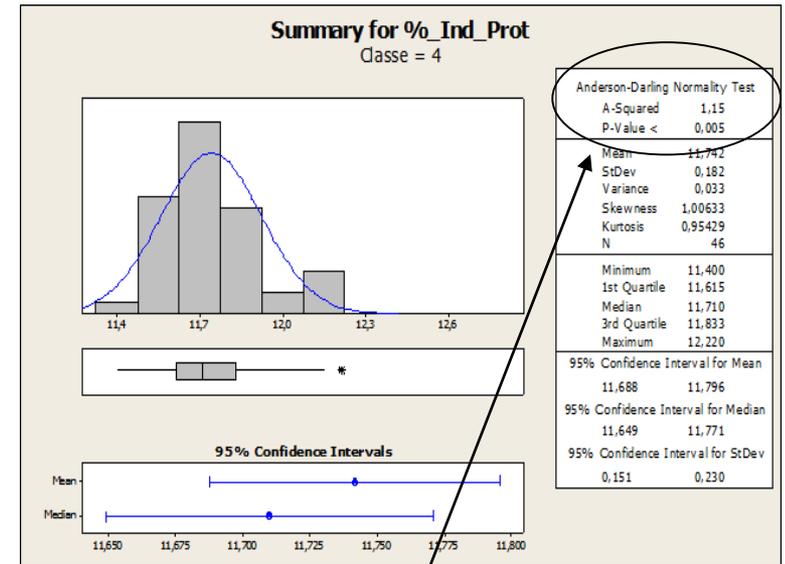
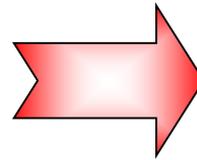
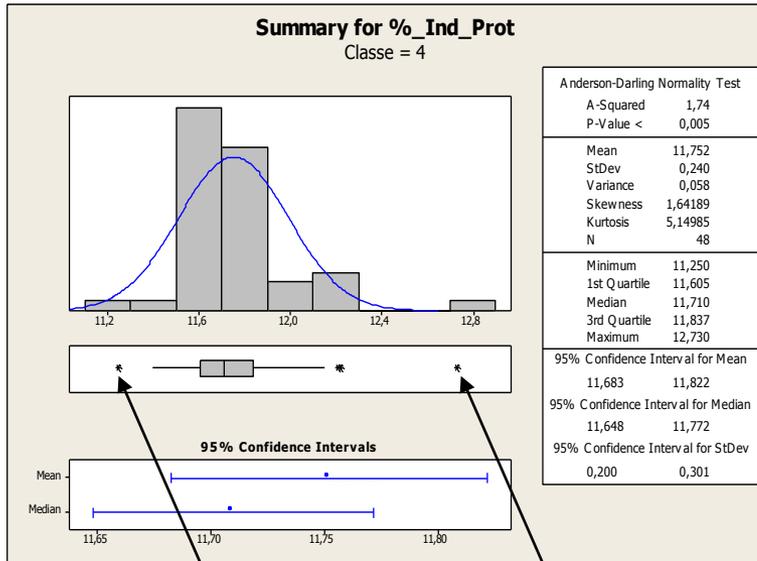


Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	0,490
P-Value	0,490
Mean	12,522
StDev	0,296
Variance	0,088
Skewness	-1,06531
Kurtosis	0,10669
N	4
Minimum	12,120
1st Quartile	12,213
Median	12,590
3rd Quartile	12,765
Maximum	12,790

Delle tre classi presenti separatamente sono stati avviati test statistici per individuare parametri statistici di posizione (media, moda, mediana), di dispersione (deviazione standard, varianza) e di forma.

FASE DI ANALYZE

Prova di normalizzazione Ip % Classe 4



Si è proceduti ad una eliminazione degli outliers esterni al Boxplot per cercare di normalizzare l'insieme campionario.

Pur eliminando gli outliers il test di normalità non riproduce un insieme campionario normale
P - value < 0,05

FASE DI ANALYZE

DPMO, Rendimento e Process Sigma

Sulla base del numero di unità ispezionate (U) pari a n =61 e al numero di difetti totali rilevati (D) pari a 4 e valutata come possibilità di difetto la sola Bottatura (O) si è valutata la Defects per opportunity DPO:

$$DPO = \frac{D}{U \times O} = 0,066$$

Dove la Defects per Milion of opportunity DPMO è definita come:

$$DPMO = DPO \times 1000000 = 66000$$

Dove il rendimento η è definito come:

$$\eta = 1 - DPO = 93,4\%$$

Il livello del Process Sigma è pari a 3,01

FASE DI IMPROVE

DOE Piano sperimentale

Variabili Input analizzate		Min	Max
Indice proteico		11,5 %	12,5 %
Temperatura	H2O	20° C	35° C
Percentuale	H2O	28 %	29 %

Variabili Output analizzate
Umidità finale (Ur_4 [%])

Analisi fattoriale completa con $n = 2$ repliche e $k = 3$ fattori a 2 livelli → **Run = 16**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	IP(%)	°C H2O	% H2O
4	1	1	1	12,5	35	28
3	2	1	1	11,5	35	28
6	3	1	1	12,5	20	29
13	4	1	1	11,5	20	29
8	5	1	1	12,5	35	29
16	6	1	1	12,5	35	29
7	7	1	1	11,5	35	29
12	8	1	1	12,5	35	28
11	9	1	1	11,5	35	28
14	10	1	1	12,5	20	29
10	11	1	1	12,5	20	28
1	12	1	1	11,5	20	28
9	13	1	1	11,5	20	28
5	14	1	1	11,5	20	29
2	15	1	1	12,5	20	28
15	16	1	1	11,5	35	29



Ur_4(%)
11,48
11
11,6
11,8
11,54
11,63
11,5
11,68
11,1
11,74
11,87
11,63
11,58
11,72
11,71
11,39

FASE DI IMPROVE

DOE *Analisi di varianza*

Factorial Fit: Ur_4(%) versus IP(%); °C H2O; % H2O

Estimated Effects and Coefficients for Ur_4(%) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		11,5606	0,02204	524,65	0,000
IP (%)	0,1912	0,0956	0,02204	4,34	0,002
°C H2O	-0,2913	-0,1456	0,02204	-6,61	0,000
% H2O	0,1088	0,0544	0,02204	2,47	0,039
IP (%) * °C H2O	0,1438	0,0719	0,02204	3,26	0,011
IP (%) * % H2O	-0,1663	-0,0831	0,02204	-3,77	0,005
°C H2O * % H2O	0,0913	0,0456	0,02204	2,07	0,072
IP (%) * °C H2O * % H2O	-0,0287	-0,0144	0,02204	-0,65	0,532

Interazione 1° ordine

Interazione 2° ordine

Interazione 3° ordine

P-value < 0,05

**INTERAZIONI
SIGNIFICATIVE**

P-value > 0,05

**INTERAZIONI
NON
SIGNIFICATIVE**

S = 0,0881405 PRESS = 0,2486
R-Sq = 92,47% R-Sq(pred) = 69,86% R-Sq(adj) = 85,87%

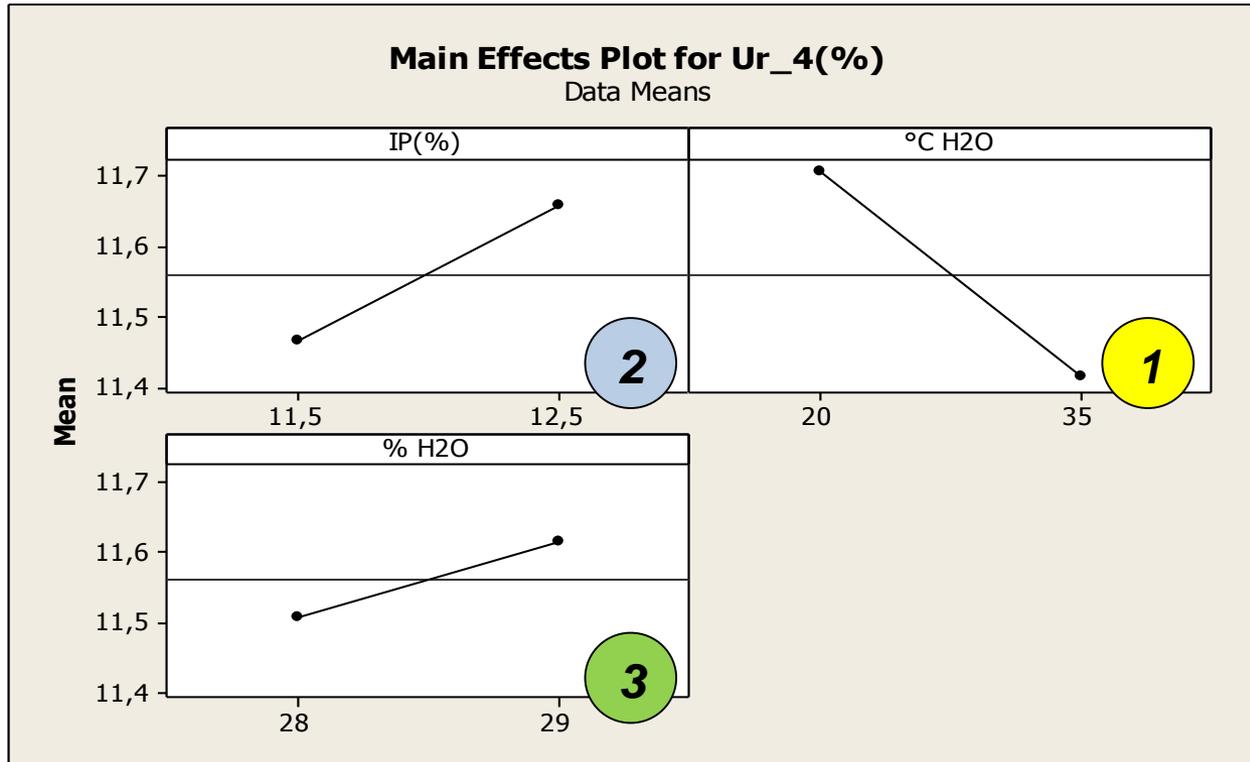
Analysis of Variance for Ur_4(%) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0,532919	0,532919	0,177640	22,87	0,000
IP (%)	1	0,146306	0,146306	0,146306	18,83	0,002
°C H2O	1	0,339306	0,339306	0,339306	43,68	0,000
% H2O	1	0,047306	0,047306	0,047306	6,09	0,039
2-Way Interactions	3	0,226519	0,226519	0,075506	9,72	0,005
IP (%) * °C H2O	1	0,082656	0,082656	0,082656	10,64	0,011
IP (%) * % H2O	1	0,110556	0,110556	0,110556	14,23	0,005
°C H2O * % H2O	1	0,033306	0,033306	0,033306	4,29	0,072
3-Way Interactions	1	0,003306	0,003306	0,003306	0,43	0,532
IP (%) * °C H2O * % H2O	1	0,003306	0,003306	0,003306	0,43	0,532
Residual Error	8	0,062150	0,062150	0,007769		
Pure Error	8	0,062150	0,062150	0,007769		
Total	15	0,824894				

R-square 92,47 % !!!

FASE DI IMPROVE

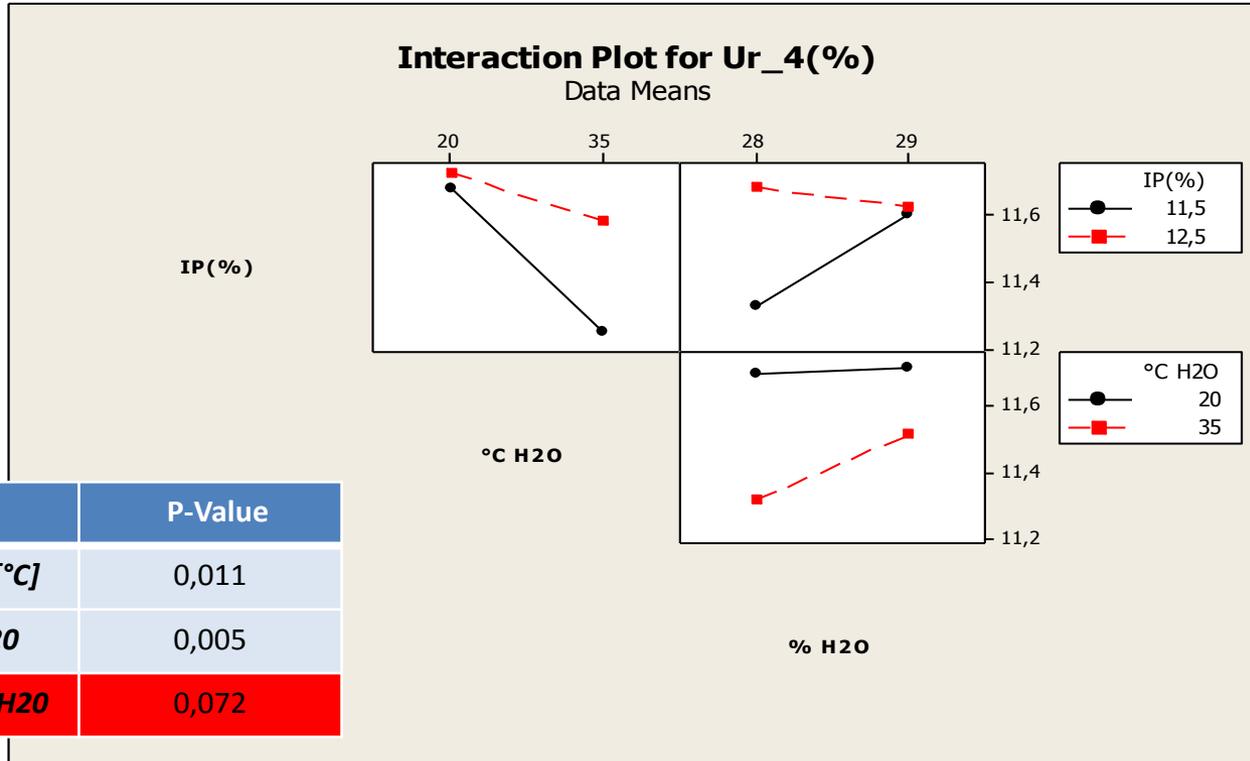
DOE Effetti singoli variabili



- 1** Significativa variabilità (↓) dell'umidità finale all'aumentare della temperatura
- 2** Significativa variabilità (↑) dell'umidità finale all'aumentare dell'indice proteico IP %
- 3** Scarsa variabilità dell'umidità finale all'aumentare della percentuale di acqua %

FASE DI IMPROVE

DOE Interazione delle variabili



Interazione	P-Value
<i>IP [%] vs. T H2O [°C]</i>	0,011
<i>IP [%] vs. % H2O</i>	0,005
<i>T H2O [°C] vs. % H2O</i>	0,072

IP [%] vs. T H2O [°C] : ad Indice proteico basso (11,5%) vi è una forte variabilità di Ur % (↓) all'aumentare della temperatura, mentre ad indice proteico alto (12,5%) vi è una bassa variabilità all'aumentare della temperatura.

IP [%] vs. % H2O : ad Indice proteico basso (11,5%) vi è una forte variabilità di Ur % (↑) all'aumentare della % H2O d'impasto, mentre ad indice proteico alto (12,5%) vi è una bassa variabilità all'aumentare della % H2O d'impasto.

FASE DI CONTROL

Considerazioni

A seguito dell'analisi del piano sperimentale, abbiamo dedotto che il ns. processo è fortemente influenzato dalla variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche della materia prima (indice proteico ed umidità) e dalla quantità e temperatura dell'H₂O di dosaggio.

Stato di fatto prima dell'implementazione 6sigma:

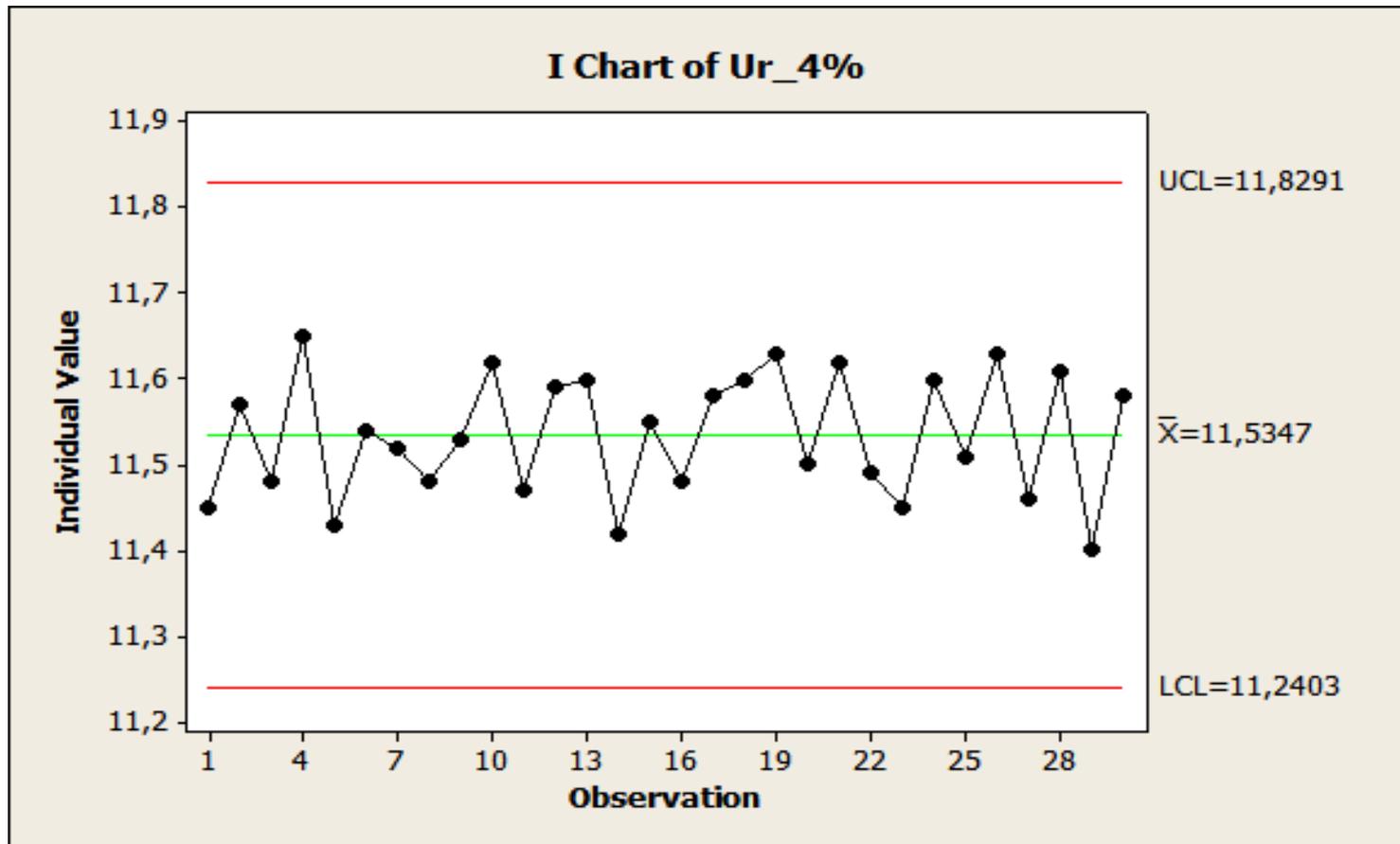
1. Analisi delle materie prime in accettazione tramite strumentazione scientifica NIR condotte solo al ricevimento e su campionamento ridotto;
2. Assegnazione della classe di riferimento del lotto ricevuto, in relazioni al campionamento eseguito;
3. preparazione, con calcolo manuale, delle % di dosaggio da assegnare alla ricetta per ogni lotto in lavorazione;
4. Non si eseguono misurazioni chimico-fisico della materia prima durante la lavorazione (processo di pastificazione)

Con l'implementazione del 6sigma:

1. modifica del limite di specifica inferiore per il parametro dell'**Indice Proteico** in accettazione
2. Implementato una modifica al SW SCADA dell'impianto semole, al fine di gestire i dosaggi con logiche automatiche e con campionamenti sistematici della miscela delle ricetta finale;
3. Implementato una modifica al SW di gestione e controllo processo linea, con l'installazione di sonde di temperatura laser, per la gestione automatica della temperatura dell'impasto e dell'H₂O di dosaggio.

FASE DI CONTROL

Analisi della I Chart



Dal campionamento fatto a seguito delle implementazioni tecniche e di procedure, il processo risulta stabile e capace di rispettare i termini di specifica (VOC)

FASE DI CONTROL

Conclusioni

Il progetto lean-sixsigma ha consentito di:

1. di individuare le principali variabili che influenzano significativamente il processo di pastificazione;
2. di individuare le cause speciali che determinano variazione di stabilità, con conseguente scarto (bottatura e/o vaiolatura)
3. di avviare all'interno dell'area produttiva un percorso di miglioramento continuo del controllo di processo;
4. di affrontare le problematiche di processo con una metodologia scientifica

Le suddette azioni correttive sono state successivamente implementate su tutti gli impianti di processo presenti nello stabilimento.