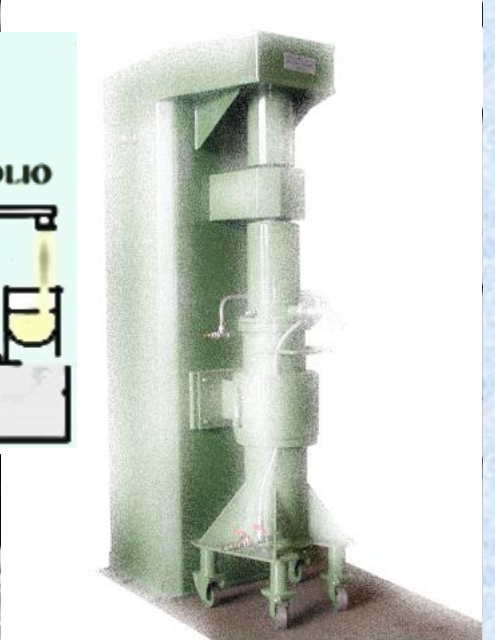




gmsl
SOFTWARE SCIENTIFICO

APRIL
21

Meet Minitab 2015



Il primo passo è consistito nel progettare e pianificare un piano fattoriale generale a tre fattori con due repliche e due blocchi. Successivamente all'ottenimento dei dati sperimentali si è provveduto all'elaborazione statistica, tramite ANOVA, di tre variabili di risposta scelte come oggetto di indagine. Servendosi delle informazioni desunte dall'elaborazione si sono individuati dei modelli matematici tramite i quali è stato possibile ottimizzare le tre variabili, assegnando una serie di vincoli su ciascuna di esse, con indice di importanza diverso per ciascun vincolo.

La lavorazione del cuoio si divide in due fasi: un primo processo a umido e un successivo processo a secco, assimilabile a un coating. Il processo a umido comprende tutte quelle operazioni che, a partire dal materiale grezzo iniziale, provvedono a impartire alla pelle la caratteristica di imputrescibilità e a realizzare una prima nobilitazione del materiale per la commercializzazione, conferendogli morbidezza, pienezza, elasticità e colore. Con il processo a secco, detto rifinitura, si arriva alla fase finale dei procedimenti di produzione del cuoio: lo scopo è di rendere le pelli utilizzabili e idonee all'uso a cui sono destinate. Attraverso trattamenti meccanici e l'applicazione di agenti filmogeni e non filmogeni si ottengono le seguenti caratteristiche, differenti a seconda del tipo di pelle finita:

- tonalità del colore desiderata in versione trasparente, coprente o con effetti;**
- aspetto lucido oppure opaco, più o meno brillante;**
- tatto di superficie secco, ceroso, untuoso o con mano frenante;**
- eliminazione di difetti superficiali, lesioni e ugualizzazione di macchie;**
- protezione contro l'azione dello sporco, umidità e prodotti chimici usati dai produttori di manufatti.**

Il processo produttivo è schematizzabile in tre fasi:

- bagnatura e dispersione dei pigmenti (premiscelazione);**
- macinazione (raffinazione);**
- completamento (aggiustamento della forza tintoriale).**

Nella bagnatura l'aria presente sulla superficie del pigmento è sostituita con una fase liquida ovvero l'interfaccia: da solido/gas (pigmento/aria), a solido/liquido (pigmento/soluzione acquosa). Nella dispersione gli agglomerati di pigmento vengono rotti e subiscono una prima riduzione di

dimensione attraverso forze di taglio generate con opportuni agitatori. Per la bagnatura e la dispersione l'azione meccanica di agitazione viene supportata dall'utilizzo di specifici additivi chimici: gli additivi bagnanti accelerano la bagnatura mentre gli additivi disperdenti vengono impiegati sia per rendere possibile o agevolare la raffinazione, sia per stabilizzare il prodotto in corso di produzione, nel magazzinaggio e nell'applicazione. Spesso lo stesso additivo riunisce azione bagnante e disperdente.

La macinazione permette l'ulteriore riduzione nelle dimensioni degli agglomerati di pigmento: la raffinazione varia da pigmento a pigmento e si ottiene tramite passaggi in mulini a microsferi del premiscelato. In questa fase si raggiungono le caratteristiche chimico-fisiche che vengono richieste al prodotto finito, quali la lucentezza e l'intensità del colore. La viscosità e la reologia in genere sono fondamentali per utilizzare la macchina al massimo del suo potere rafficante e ciò, unitamente al fatto che la macinazione è la fase più lenta dell'intero processo, comporta un costante monitoraggio nonché un preventivo lavoro di aggiustamento nella composizione del premiscelato nell'ottica di ridurre i tempi di lavorazione.

Una volta terminata la fase di raffinazione, la pasta concentrata viene "completata" ovvero vengono controllati e regolati i parametri chimico-fisici per garantire il rispetto del capitolato di ciascun prodotto. Il parametro più importante, in quanto indispensabile al cliente per l'agevole utilizzo della dispersione di pigmento, è senza dubbio la forza tintoriale, la quale viene aggiustata nell'intervallo di accettabilità riportato nelle specifiche di vendita mediante aggiunta dei cosiddetti prodotti di completamento (nella maggior parte dei casi acqua e/o leganti e prodotti addensanti).

Create Factorial Design ✕

Type of Design

- 2-level factorial (default generators) (2 to 15 factors)
- 2-level factorial (specify generators) (2 to 15 factors)
- 2-level split-plot (hard-to-change factors) (2 to 7 factors)
- Plackett-Burman design (2 to 47 factors)
- General full factorial design (2 to 15 factors)

Number of factors: ▼

Display Available Designs...

Designs... Factors...

Options... Results...

Help OK Cancel

Numerose sono le possibilità permesse da Minitab di progettare piani sperimentali.

Nel caso specifico, è stato progettato un piano sperimentale considerando tre fattori:

- **Portata** della pompa (kg/h): 350, 400, 450;
- **Numero** di ricircoli (n): 3, 4;
- **Velocità** della girante (giri/min): 830, 1130;

Si è inoltre tenuto conto, nella progettazione del piano, della presenza di due differenti lotti di materia prima (pigmento) per l'esecuzione delle prove.

Sulla base della quantità disponibile di materia prima, è stato possibile decidere di effettuare una replicazione del piano sperimentale, ognuna delle quali è avvenuta utilizzando lo stesso lotto di materia, cioè all'interno di ogni singolo blocco.

Create Factorial Design

Type of Design

- 2-level factorial (default generators) (2 to 15 factors)
- 2-level factorial (specify generators) (2 to 15 factors)
- 2-level split-plot (hard-to-change factors) (2 to 7 factors)
- Plackett-Burman design (2 to 47 factors)
- General full factorial design (2 to 15 factors)

Number of factors:

Display Available Designs...
Designs... Factors...
Options... Results...
Help OK Cancel

Create Factorial Design: Designs

Factor	Name	Number of Levels
A	Portata	3
B	Passaggi	2
C	Velocità	2

Number of replicates:

Block on replicates
Help OK Cancel

Create Factorial Design: Factors

Factor	Name	Type	Levels	Level Values		
A	Portata	Numeric	3	350	400	450
B	Passaggi	Numeric	2	3	4	
C	Velocità	Numeric	2	830	1130	

Help OK Cancel

The image shows a screenshot of a spreadsheet application with a menu bar (File, Edit, Data, Calc, Stat, Graph, Editor, Tools, Window, Help, Assistant) and a toolbar. The main area contains a table with 24 rows and 8 columns. The columns are labeled C1 through C7. The first row of data has the following values: 18, 1, 1, 2, 400, 3, 1130. The second row has: 14, 2, 1, 2, 350, 3, 830. The third row has: 20, 3, 1, 2, 400, 4, 1130. The fourth row has: 15, 4, 1, 2, 350, 4, 830. The fifth row has: 16, 5, 1, 2, 350, 4, 1130. The sixth row has: 19, 6, 1, 2, 400, 4, 830. The seventh row has: 17, 7, 1, 2, 400, 3, 830. The eighth row has: 21, 8, 1, 2, 450, 3, 830. The ninth row has: 24, 9, 1, 2, 450, 4, 1130. The tenth row has: 13, 10, 1, 2, 350, 3, 830. The eleventh row has: 22, 11, 1, 2, 450, 3, 1130. The twelfth row has: 23, 12, 1, 2, 450, 4, 830. The thirteenth row has: 1, 13, 1, 1, 350, 3, 830. The fourteenth row has: 8, 14, 1, 1, 400, 4, 1130. The fifteenth row has: 6, 15, 1, 1, 400, 3, 1130. The sixteenth row has: 10, 16, 1, 1, 450, 3, 1130. The seventeenth row has: 12, 17, 1, 1, 450, 4, 1130. The eighteenth row has: 2, 18, 1, 1, 350, 3, 1130. The nineteenth row has: 11, 19, 1, 1, 450, 4, 830. The twentieth row has: 5, 20, 1, 1, 400, 3, 830. The twenty-first row has: 7, 21, 1, 1, 400, 4, 830. The twenty-second row has: 3, 22, 1, 1, 350, 4, 830. The twenty-third row has: 4, 23, 1, 1, 350, 4, 1130. The twenty-fourth row has: 9, 24, 1, 1, 450, 3, 830.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	PtType	Lotto	Portata	Ricircoli	Velocità
1	18	1	1	2	400	3	1130
2	14	2	1	2	350	3	830
3	20	3	1	2	400	4	1130
4	15	4	1	2	350	4	830
5	16	5	1	2	350	4	1130
6	19	6	1	2	400	4	830
7	17	7	1	2	400	3	830
8	21	8	1	2	450	3	830
9	24	9	1	2	450	4	1130
10	13	10	1	2	350	3	830
11	22	11	1	2	450	3	1130
12	23	12	1	2	450	4	830
13	1	13	1	1	350	3	830
14	8	14	1	1	400	4	1130
15	6	15	1	1	400	3	1130
16	10	16	1	1	450	3	1130
17	12	17	1	1	450	4	1130
18	2	18	1	1	350	3	1130
19	11	19	1	1	450	4	830
20	5	20	1	1	400	3	830
21	7	21	1	1	400	4	830
22	3	22	1	1	350	4	830
23	4	23	1	1	350	4	1130
24	9	24	1	1	450	3	830

Blocco

Fattori

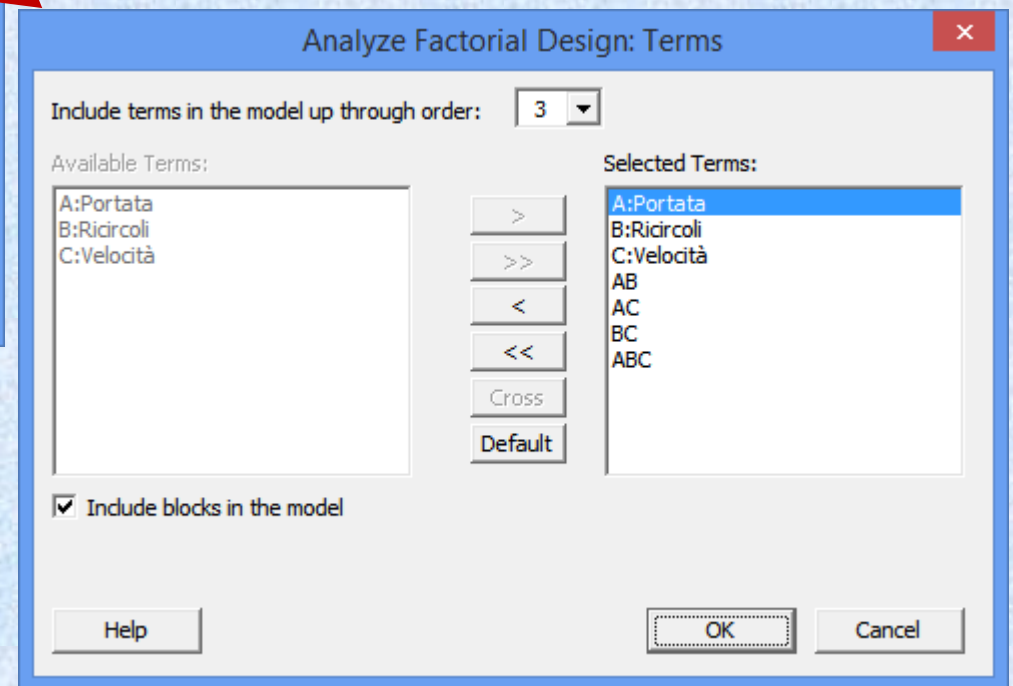
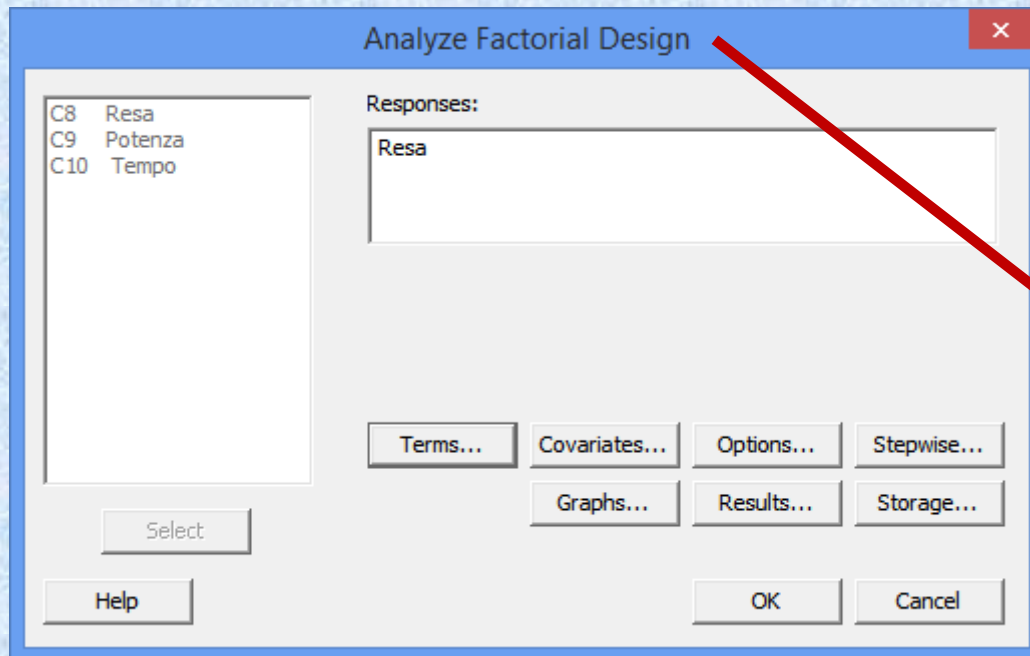
Le variabili di risposta oggetto di studio sono:

- **Resa** coloristica;
- **Consumo di energia della girante (Potenza KW);**
- **Tempo** di lavorazione (min).

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	StdOrder	RunOrder	PtType	Lotto	Portata	Ricircoli	Velocità	Resa	Potenza	Tempo
1	18	1	1	2	400	3	1130	119,0	35,2	209
2	14	2	1	2	350	3	1130	122,2	39,5	230
3	20	3	1	2	400	4	1130	119,0	45,2	262
4	15	4	1	2	350	4	830	115,6	42,7	251
5	16	5	1	2	350	4	1130	120,0	44,3	255
6	19	6	1	2	400	4	830	114,0	34,1	277
7	17	7	1	2	400	3	830	115,1	27,7	204
8	21	8	1	2	450	3	830	112,0	18,2	188
9	24	9	1	2	450	4	1130	121,0	34,4	217
10	13	10	1	2	350	3	830	115,3	21,6	245
11	22	11	1	2	450	3	1130	115,3	31,3	181
12	23	12	1	2	450	4	830	112,2	20,2	207
13	1	13	1	1	350	3	830	110,8	26,6	238
14	8	14	1	1	400	4	1130	115,0	30,4	260
15	6	15	1	1	400	3	1130	111,8	22,9	182
16	10	16	1	1	450	3	1130	110,5	21,9	155
17	12	17	1	1	450	4	1130	113,8	30,5	231
18	2	18	1	1	350	3	1130	113,2	27,2	261
19	11	19	1	1	450	4	830	108,0	16,7	225
20	5	20	1	1	400	3	830	108,3	16,3	198
21	7	21	1	1	400	4	830	110,0	20,6	243
22	3	22	1	1	350	4	830	111,9	21,8	247
23	4	23	1	1	350	4	1130	115,0	35,4	260
24	9	24	1	1	450	3	830	107,5	13,4	166

Elaborazione statistica del piano sperimentale

Variabile di risposta: Resa



General Factorial Regression: **Resa** versus Lotto; Portata; Ricircoli; Velocità


Factor Information

Factor	Levels	Values
Portata	3	350; 400; 450
Ricircoli	2	3; 4
Velocità	2	830; 1130


Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	12	361,885	95,79%	361,885	30,157	20,87	0,000
Blocks	1	175,500	46,46%	175,500	175,500	121,46	0,000
Linear	4	170,367	45,10%	170,367	42,592	29,48	0,000
Portata	2	35,106	9,29%	35,106	17,553	12,15	0,002
Ricircoli	1	8,760	2,32%	8,760	8,760	6,06	0,032
Velocità	1	126,500	33,49%	126,500	126,500	87,55	0,000
2-Way Interactions	5	9,607	2,54%	9,607	1,921	1,33	0,321
Portata*Ricircoli	2	4,931	1,31%	4,931	2,465	1,71	0,226
Portata*Velocità	2	1,226	0,32%	1,226	0,613	0,42	0,665
Ricircoli*Velocità	1	3,450	0,91%	3,450	3,450	2,39	0,151
3-Way Interactions	2	6,411	1,70%	6,411	3,205	2,22	0,155
Portata*Ricircoli*Velocità	2	6,411	1,70%	6,411	3,205	2,22	0,155
Error	11	15,895	4,21%	15,895	1,445		
Total	23	377,780	100,00%				

**% di variabilità
spiegata dai termini
del modello**



**per valutare la significatività
statistica dei termini del modello**



per valutare la bontà del modello

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
1,20207	95,79%	91,20%	75,6635	79,97%

È una misura della multicollinearità (correlazione statistica tra predittori) presente nel modello.

La multicollinearità può aumentare la varianza dei coefficienti del modello rendendoli instabili e di difficile interpretazione.

Coefficients

per valutare la bontà delle previsioni

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	114,021	0,245	(113,481; 114,561)	464,69	0,000	
Blocks						
1	-2,704	0,245	(-3,244; -2,164)	-11,02	0,000	1,00
2	2,704	0,245	(2,164; 3,244)	11,02	0,000	*
Portata						
350	1,479	0,347	(0,715; 2,243)	4,26	0,001	1,33
400	0,004	0,347	(-0,760; 0,768)	0,01	0,991	1,33
450	-1,483	0,347	(-2,247; -0,720)	-4,27	0,001	*
Ricircoli						
3	-0,604	0,245	(-1,144; -0,064)	-2,46	0,032	1,00
4	0,604	0,245	(0,064; 1,144)	2,46	0,032	*
Velocità						
830	-2,296	0,245	(-2,836; -1,756)	-9,36	0,000	1,00
1130	2,296	0,245	(1,756; 2,836)	9,36	0,000	*
Portata*Ricircoli						
350 3	0,479	0,347	(-0,285; 1,243)	1,38	0,195	1,33
350 4	-0,479	0,347	(-1,243; 0,285)	-1,38	0,195	*
400 3	0,129	0,347	(-0,635; 0,893)	0,37	0,717	1,33
400 4	-0,129	0,347	(-0,893; 0,635)	-0,37	0,717	*
450 3	-0,608	0,347	(-1,372; 0,155)	-1,75	0,107	*
450 4	0,608	0,347	(-0,155; 1,372)	1,75	0,107	*
Portata*Velocità						
350 830	0,196	0,347	(-0,568; 0,960)	0,56	0,584	1,33
350 1130	-0,196	0,347	(-0,960; 0,568)	-0,56	0,584	*
400 830	0,121	0,347	(-0,643; 0,885)	0,35	0,734	1,33
400 1130	-0,121	0,347	(-0,885; 0,643)	-0,35	0,734	*

450 830	-0,317	0,347	(-1,080;	0,447)	-0,91	0,381	*
450 1130	0,317	0,347	(-0,447;	1,080)	0,91	0,381	*
Ricircoli*Velocità							
3 830	0,379	0,245	(-0,161;	0,919)	1,55	0,151	1,00
3 1130	-0,379	0,245	(-0,919;	0,161)	-1,55	0,151	*
4 830	-0,379	0,245	(-0,919;	0,161)	-1,55	0,151	*
4 1130	0,379	0,245	(-0,161;	0,919)	1,55	0,151	*
Portata*Ricircoli*Velocità							
350 3 830	-0,604	0,347	(-1,368;	0,160)	-1,74	0,110	1,33
350 3 1130	0,604	0,347	(-0,160;	1,368)	1,74	0,110	*
350 4 830	0,604	0,347	(-0,160;	1,368)	1,74	0,110	*
350 4 1130	-0,604	0,347	(-1,368;	0,160)	-1,74	0,110	*
400 3 830	-0,054	0,347	(-0,818;	0,710)	-0,16	0,879	1,33
400 3 1130	0,054	0,347	(-0,710;	0,818)	0,16	0,879	*
400 4 830	0,054	0,347	(-0,710;	0,818)	0,16	0,879	*
400 4 1130	-0,054	0,347	(-0,818;	0,710)	-0,16	0,879	*
450 3 830	0,658	0,347	(-0,105;	1,422)	1,90	0,084	*
450 3 1130	-0,658	0,347	(-1,422;	0,105)	-1,90	0,084	*
450 4 830	-0,658	0,347	(-1,422;	0,105)	-1,90	0,084	*
450 4 1130	0,658	0,347	(-0,105;	1,422)	1,90	0,084	*

Regression Equation

Resa = 114,021 + 1,479 Portata_350 + 0,004 Portata_400 - 1,483 Portata_450
- 0,604 Ricircoli_3 + 0,604 Ricircoli_4 - 2,296 Velocità_830 + 2,296 Velocità_1130
+ 0,479 Portata*Ricircoli_350_3 - 0,479 Portata*Ricircoli_350_4
+ 0,129 Portata*Ricircoli_400_3 - 0,129 Portata*Ricircoli_400_4
- 0,608 Portata*Ricircoli_450_3 + 0,608 Portata*Ricircoli_450_4
+ 0,196 Portata*Velocità_350_830 - 0,196 Portata*Velocità_350_1130
+ 0,121 Portata*Velocità_400_830 - 0,121 Portata*Velocità_400_1130
- 0,317 Portata*Velocità_450_830 + 0,317 Portata*Velocità_450_1130
+ 0,379 Ricircoli*Velocità_3_830 - 0,379 Ricircoli*Velocità_3_1130
- 0,379 Ricircoli*Velocità_4_830 + 0,379 Ricircoli*Velocità_4_1130
- 0,604 Portata*Ricircoli*Velocità_350_3_830 + 0,604 Portata*Ricircoli*Velocità_350_3_1130
+ 0,604 Portata*Ricircoli*Velocità_350_4_830
- 0,604 Portata*Ricircoli*Velocità_350_4_1130 - 0,054 Portata*Ricircoli*Velocità_400_3_830
+ 0,054 Portata*Ricircoli*Velocità_400_3_1130
+ 0,054 Portata*Ricircoli*Velocità_400_4_830 - 0,054 Portata*Ricircoli*Velocità_400_4_1130
+ 0,658 Portata*Ricircoli*Velocità_450_3_830
- 0,658 Portata*Ricircoli*Velocità_450_3_1130 - 0,658 Portata*Ricircoli*Velocità_450_4_830
+ 0,658 Portata*Ricircoli*Velocità_450_4_1130

equazione del modello

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Resa	Fit	SE Fit	95% CI	Resid	Std Resid	Del Resid	HI
2	122,200	120,404	0,885	(118,457; 122,351)	1,796	2,21	2,82	0,541667
18	113,200	114,996	0,885	(113,049; 116,943)	-1,796	-2,21	-2,82	0,541667

Obs	Cook's D	DFITS
2	0,44	3,06393 R
18	0,44	-3,06393 R

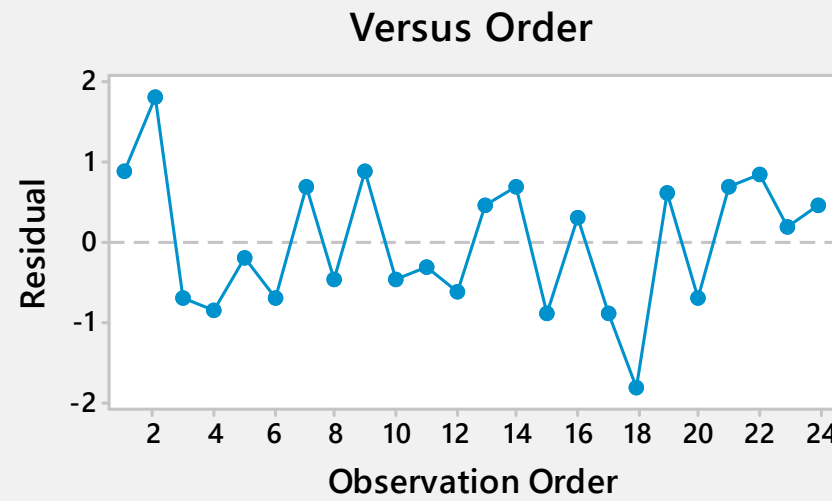
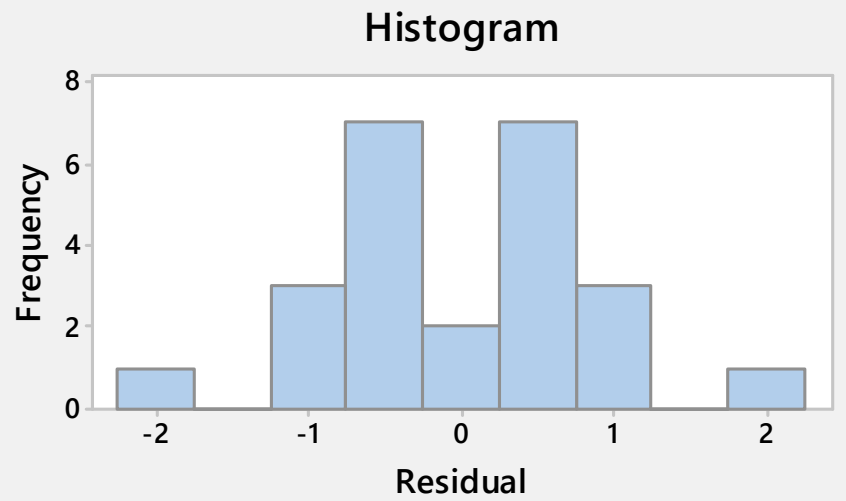
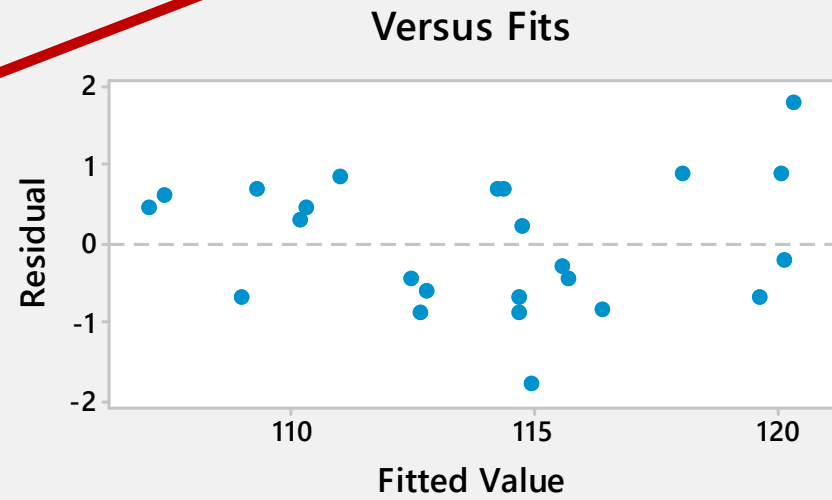
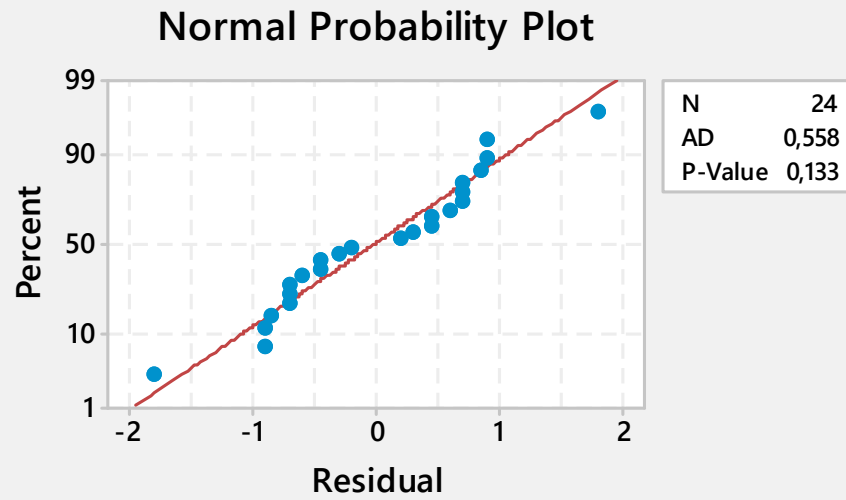
R Large residual

 **osservazioni anomale (outliers)
si dovrebbero approfondire le cause**

Term	Fitted Mean	SE Mean
Means		
Portata		
350	115,500	0,425
400	114,025	0,425
450	112,537	0,425
Ricircoli		
3	113,417	0,347
4	114,625	0,347
Velocità		
830	111,725	0,347
1130	116,317	0,347
Portata*Ricircoli		
350 3	115,375	0,601
350 4	115,625	0,601
400 3	113,550	0,601
400 4	114,500	0,601
450 3	111,325	0,601
450 4	113,750	0,601
Portata*Velocità		
350 830	113,400	0,601
350 1130	117,600	0,601
400 830	111,850	0,601
400 1130	116,200	0,601
450 830	109,925	0,601
450 1130	115,150	0,601
Ricircoli*Velocità		
3 830	111,500	0,491
3 1130	115,333	0,491
4 830	111,950	0,491
4 1130	117,300	0,491
Portata*Ricircoli*Velocità		
350 3 830	113,050	0,850
350 3 1130	117,700	0,850
350 4 830	113,750	0,850
350 4 1130	117,500	0,850
400 3 830	111,700	0,850
400 3 1130	115,400	0,850
400 4 830	112,000	0,850
400 4 1130	117,000	0,850
450 3 830	109,750	0,850
450 3 1130	112,900	0,850
450 4 830	110,100	0,850
450 4 1130	117,400	0,850

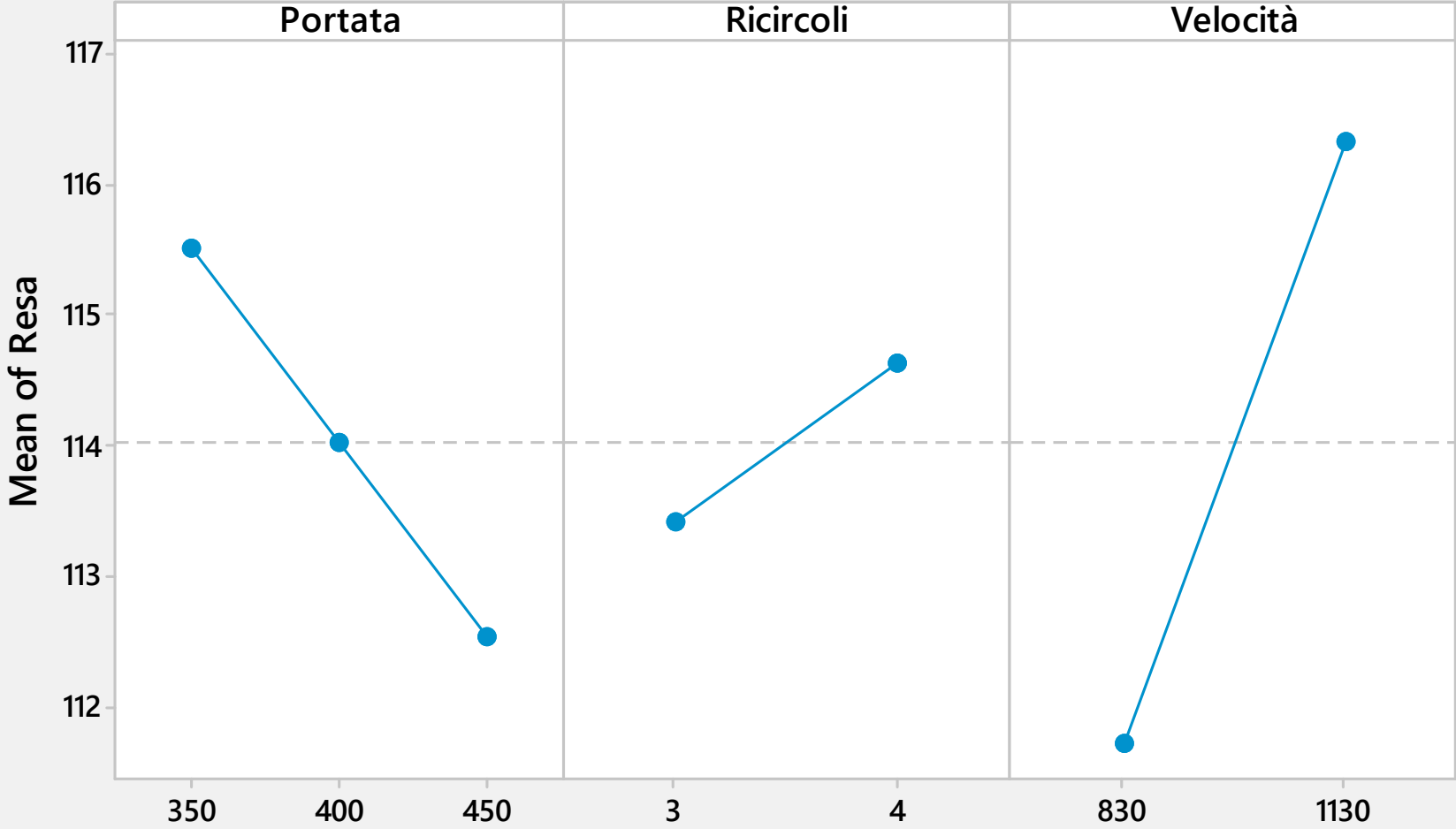
tabella che riporta i valori medi calcolati utilizzando il modello, per ciascun livello dei fattori e delle interazioni presenti nello stesso

Residual Plots for Resa Anderson-Darling sui residui

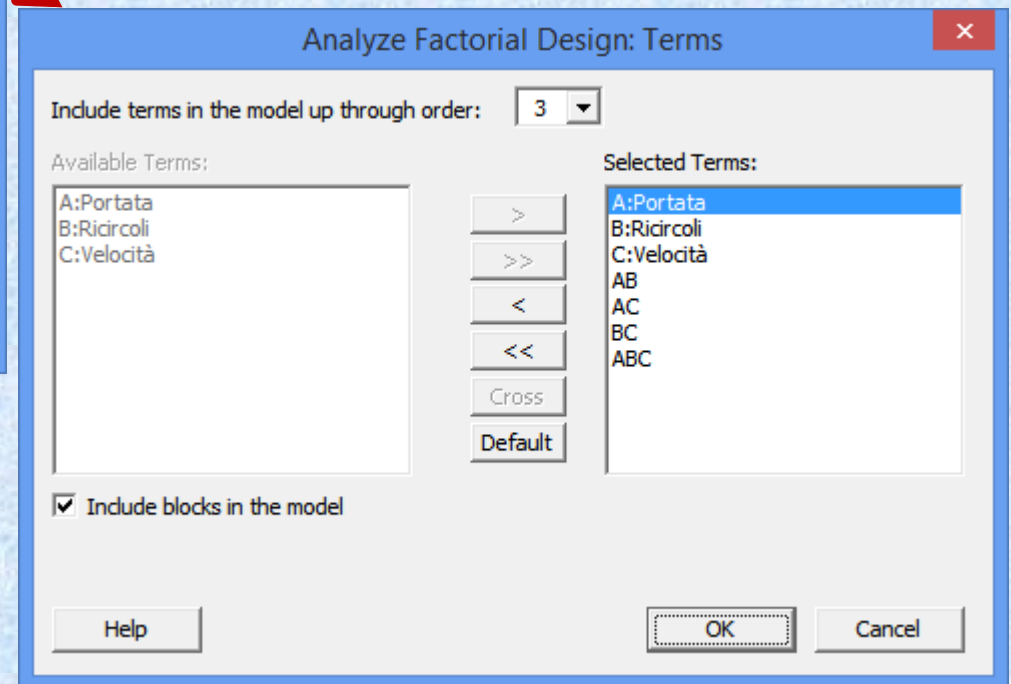
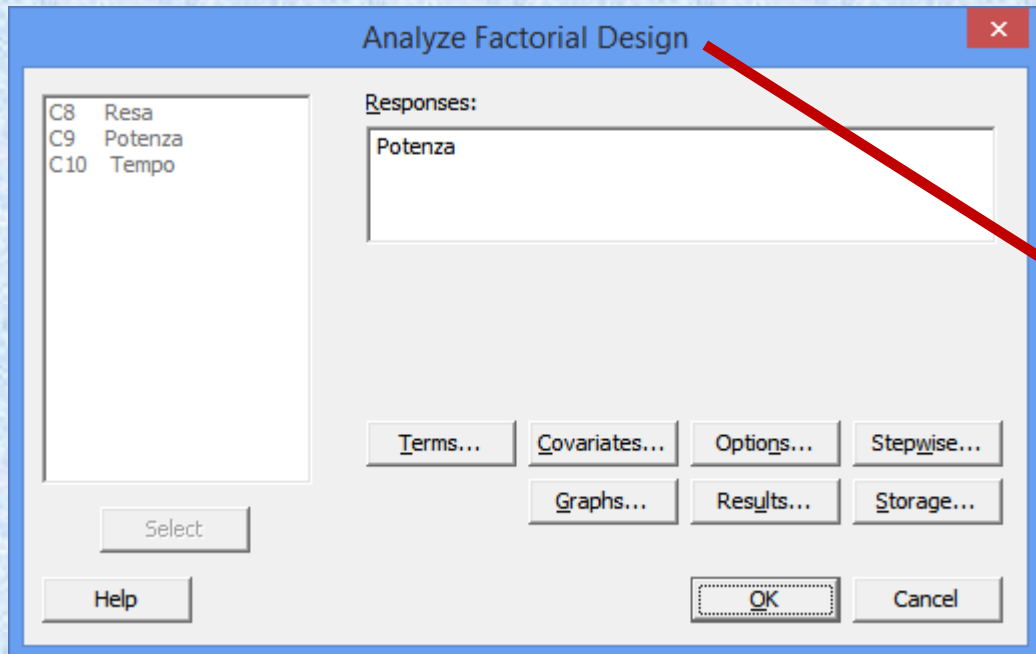


Main Effects Plot for Resa

Fitted Means



Variabile di risposta: Potenza



General Factorial Regression: **Potenza** versus Lotto; Portata; Ricircoli; Velocità

Factor Information

Factor	Levels	Values
Portata	3	350; 400; 450
Ricircoli	2	3; 4
Velocità	2	830; 1130

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	12	1704,43	87,38%	1704,43	142,036	6,34	0,002
Blocks	1	510,60	26,18%	510,60	510,604	22,81	0,001
Linear	4	1150,50	58,98%	1150,50	287,624	12,85	0,000
Portata	2	336,12	17,23%	336,12	168,058	7,51	0,009
Ricircoli	1	231,26	11,86%	231,26	231,260	10,33	0,008
Velocità	1	583,12	29,89%	583,12	583,120	26,05	0,000
2-Way Interactions	5	35,15	1,80%	35,15	7,030	0,31	0,894
Portata*Ricircoli	2	11,58	0,59%	11,58	5,790	0,26	0,777
Portata*Velocità	2	19,49	1,00%	19,49	9,743	0,44	0,658
Ricircoli*Velocità	1	4,08	0,21%	4,08	4,084	0,18	0,678
3-Way Interactions	2	8,18	0,42%	8,18	4,089	0,18	0,836
Portata*Ricircoli*Velocità	2	8,18	0,42%	8,18	4,089	0,18	0,836
Error	11	246,25	12,62%	246,25	22,386		
Total	23	1950,68	100,00%				

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
4,73144	87,38%	73,60%	1172,24	39,91%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	28,254	0,966	(26,128; 30,380)	29,25	0,000	
Blocks						
1	-4,613	0,966	(-6,738; -2,487)	-4,78	0,001	1,00
2	4,613	0,966	(2,487; 6,738)	4,78	0,001	*
Portata						
350	4,13	1,37	(1,13; 7,14)	3,03	0,012	1,33
400	0,80	1,37	(-2,21; 3,80)	0,58	0,572	1,33
450	-4,93	1,37	(-7,94; -1,92)	-3,61	0,004	*
Ricircoli						
3	-3,104	0,966	(-5,230; -0,978)	-3,21	0,008	1,00
4	3,104	0,966	(0,978; 5,230)	3,21	0,008	*
Velocità						
830	-4,929	0,966	(-7,055; -2,803)	-5,10	0,000	1,00
1130	4,929	0,966	(2,803; 7,055)	5,10	0,000	*
Portata*Ricircoli						
350 3	-0,56	1,37	(-3,56; 2,45)	-0,41	0,691	1,33
350 4	0,56	1,37	(-2,45; 3,56)	0,41	0,691	*
400 3	-0,42	1,37	(-3,43; 2,59)	-0,31	0,764	1,33
400 4	0,42	1,37	(-2,59; 3,43)	0,31	0,764	*
450 3	0,98	1,37	(-2,03; 3,99)	0,72	0,488	*
450 4	-0,98	1,37	(-3,99; 2,03)	-0,72	0,488	*
Portata*Velocità						
350 830	0,72	1,37	(-2,29; 3,72)	0,52	0,610	1,33
350 1130	-0,72	1,37	(-3,72; 2,29)	-0,52	0,610	*
400 830	0,55	1,37	(-2,45; 3,56)	0,41	0,693	1,33
400 1130	-0,55	1,37	(-3,56; 2,45)	-0,41	0,693	*

450 830	-1,27	1,37	(-4,28;	1,74)	-0,93	0,372	*
450 1130	1,27	1,37	(-1,74;	4,28)	0,93	0,372	*
Ricircoli*Velocità							
3 830	0,412	0,966	(-1,713;	2,538)	0,43	0,678	1,00
3 1130	-0,412	0,966	(-2,538;	1,713)	-0,43	0,678	*
4 830	-0,412	0,966	(-2,538;	1,713)	-0,43	0,678	*
4 1130	0,412	0,966	(-1,713;	2,538)	0,43	0,678	*
Portata*Ricircoli*Velocità							
350 3 830	-0,82	1,37	(-3,83;	2,18)	-0,60	0,558	1,33
350 3 1130	0,82	1,37	(-2,18;	3,83)	0,60	0,558	*
350 4 830	0,82	1,37	(-2,18;	3,83)	0,60	0,558	*
350 4 1130	-0,82	1,37	(-3,83;	2,18)	-0,60	0,558	*
400 3 830	0,44	1,37	(-2,57;	3,44)	0,32	0,755	1,33
400 3 1130	-0,44	1,37	(-3,44;	2,57)	-0,32	0,755	*
400 4 830	-0,44	1,37	(-3,44;	2,57)	-0,32	0,755	*
400 4 1130	0,44	1,37	(-2,57;	3,44)	0,32	0,755	*
450 3 830	0,39	1,37	(-2,62;	3,39)	0,28	0,782	*
450 3 1130	-0,39	1,37	(-3,39;	2,62)	-0,28	0,782	*
450 4 830	-0,39	1,37	(-3,39;	2,62)	-0,28	0,782	*
450 4 1130	0,39	1,37	(-2,62;	3,39)	0,28	0,782	*

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Potenza} = & 28,254 + 4,13 \text{ Portata}_{350} + 0,80 \text{ Portata}_{400} - 4,93 \text{ Portata}_{450} - 3,104 \text{ Ricircoli}_3 \\ & + 3,104 \text{ Ricircoli}_4 - 4,929 \text{ Velocità}_{830} + 4,929 \text{ Velocità}_{1130} \\ & - 0,56 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{350} \text{ 3} + 0,56 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{350} \text{ 4} \\ & - 0,42 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{400} \text{ 3} + 0,42 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{400} \text{ 4} \\ & + 0,98 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{450} \text{ 3} - 0,98 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{450} \text{ 4} \\ & + 0,72 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{350} \text{ 830} - 0,72 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{350} \text{ 1130} \\ & + 0,55 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{400} \text{ 830} - 0,55 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{400} \text{ 1130} \\ & - 1,27 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{450} \text{ 830} + 1,27 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{450} \text{ 1130} \\ & + 0,412 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_3 \text{ 830} - 0,412 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_3 \text{ 1130} \\ & - 0,412 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_4 \text{ 830} + 0,412 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_4 \text{ 1130} \\ & - 0,82 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \text{ 3 830} + 0,82 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \text{ 3} \\ & \text{1130} + 0,82 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \text{ 4 830} \\ & - 0,82 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \text{ 4 1130} + 0,44 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \\ & \text{3 830} - 0,44 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \text{ 3 1130} \\ & - 0,44 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \text{ 4 830} + 0,44 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \text{ 4} \\ & \text{1130} + 0,39 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \text{ 3 830} \\ & - 0,39 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \text{ 3 1130} - 0,39 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \\ & \text{4 830} + 0,39 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \text{ 4 1130} \end{aligned}$$

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

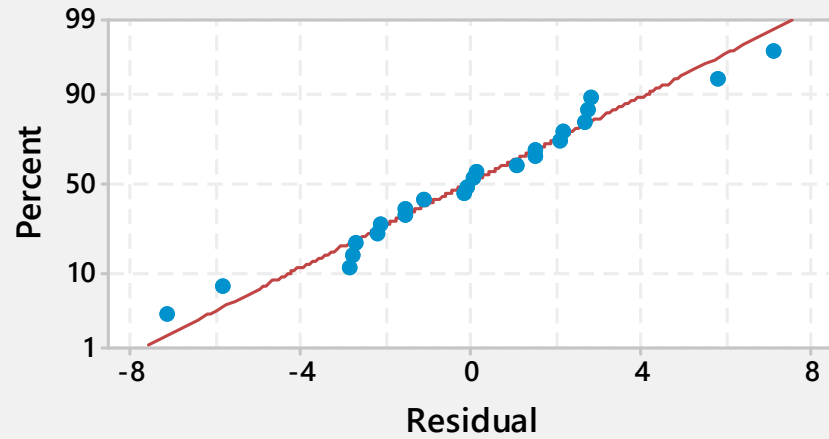
Obs	Potenza	Fit	SE Fit	95% CI	Resid	Std Resid	Del Resid	HI	Cook's D
10	21,60	28,71	3,48	(21,05; 36,38)	-7,11	-2,22	-2,85	0,541667	0,45
13	26,60	19,49	3,48	(11,82; 27,15)	7,11	2,22	2,85	0,541667	0,45

Obs	DFITS	
10	-3,09836	R
13	3,09836	R

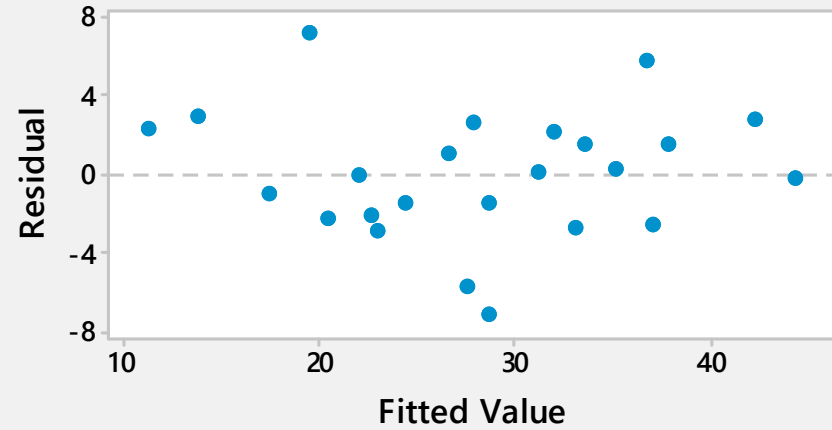
R Large residual

Residual Plots for Potenza

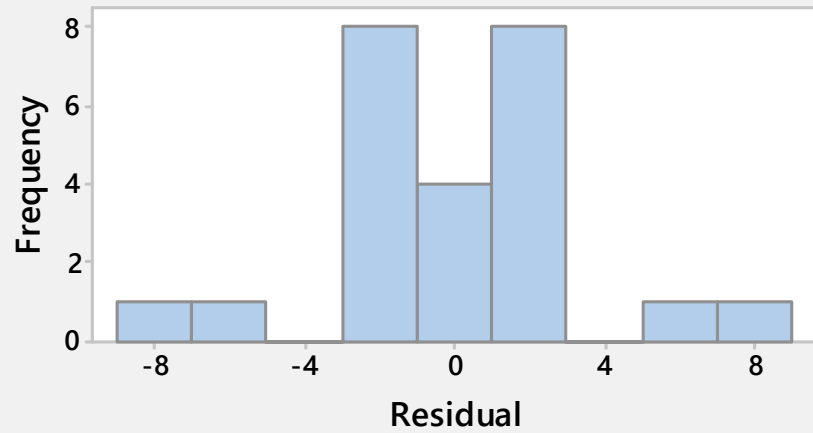
Normal Probability Plot



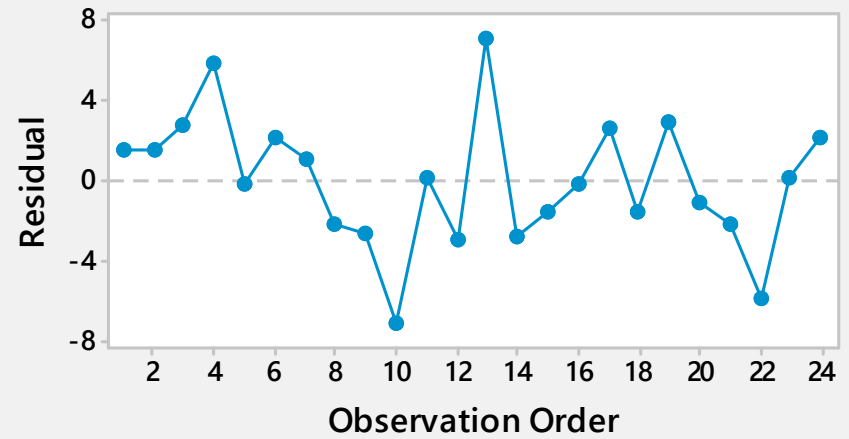
Versus Fits



Histogram

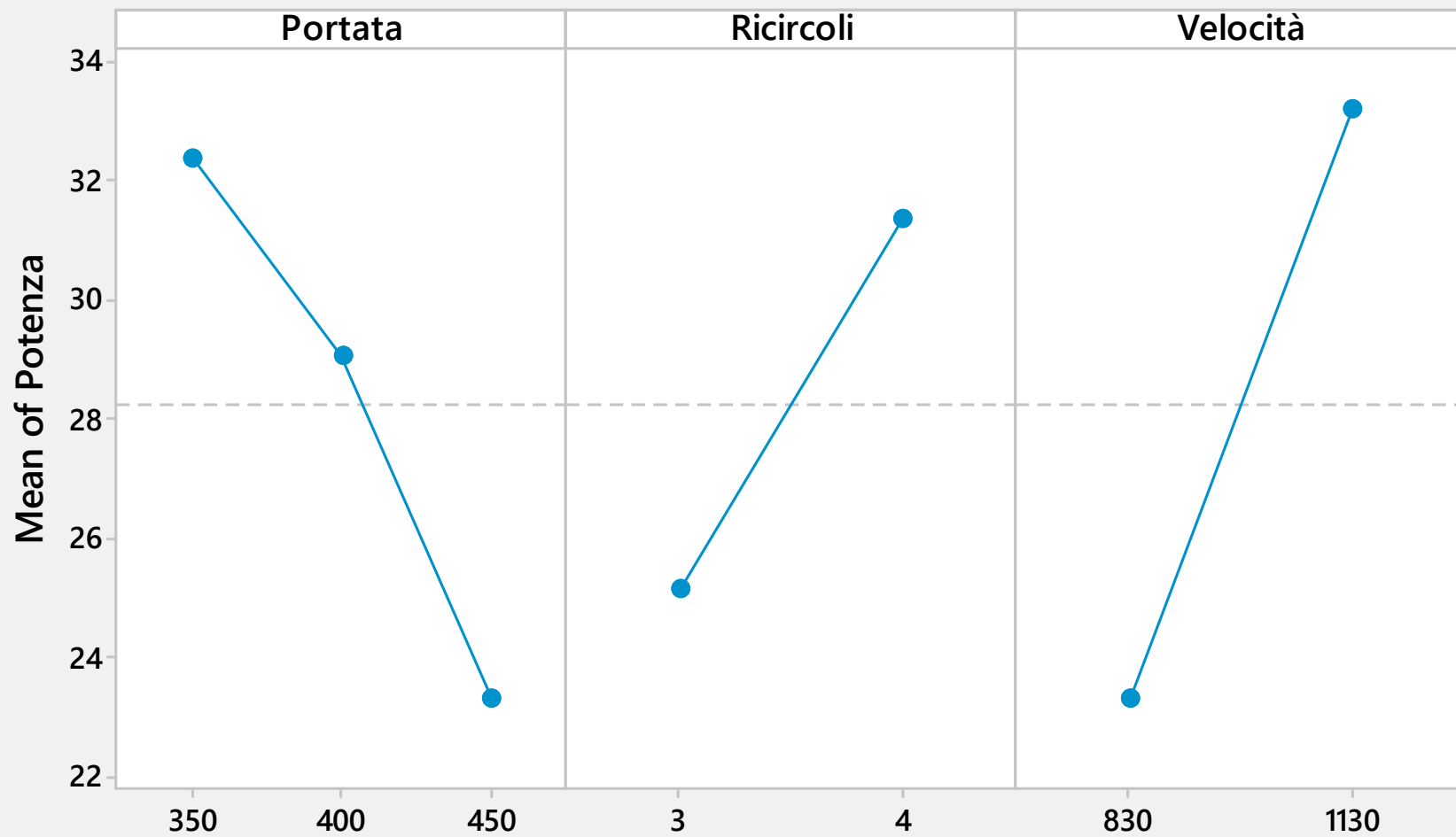


Versus Order

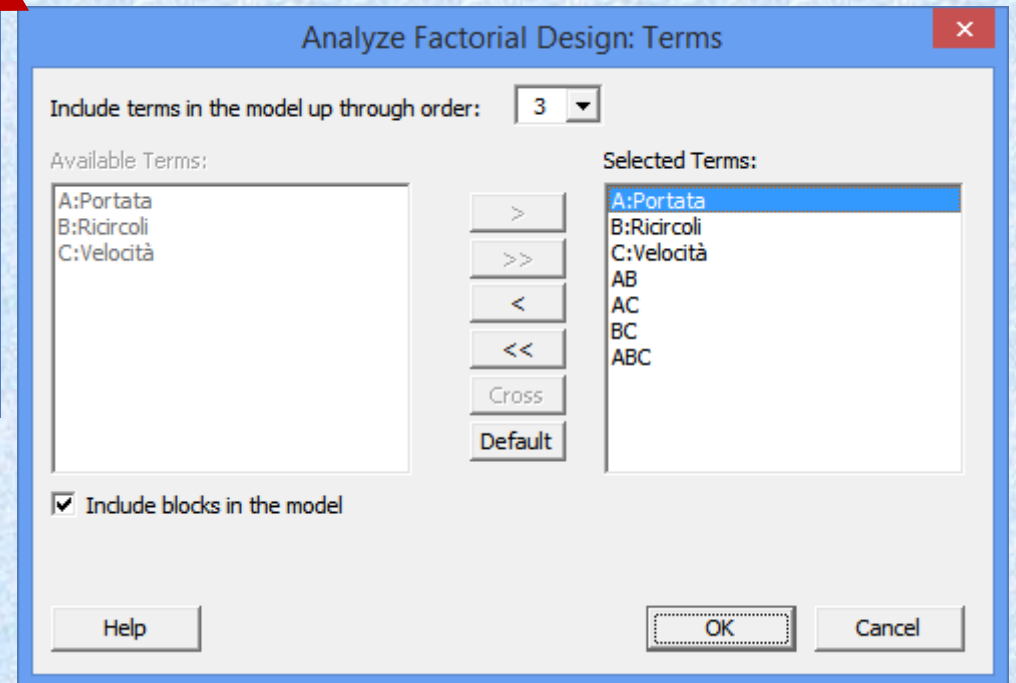
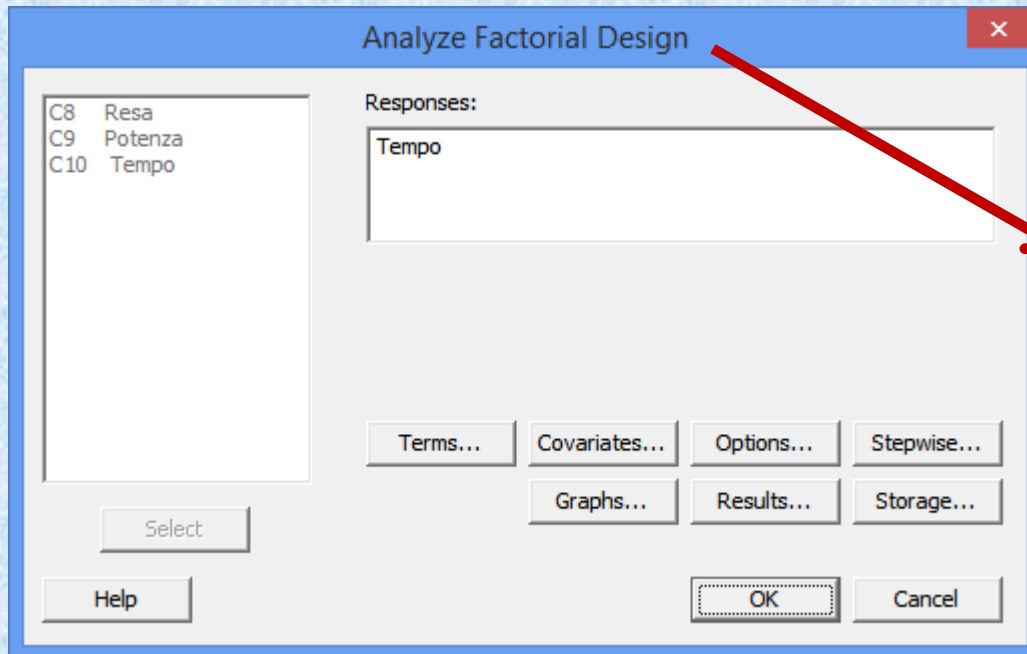


Main Effects Plot for Potenza

Fitted Means



Variabile di risposta: Tempo



General Factorial Regression: **Tempo** versus Lotto; Portata; Ricircoli; Velocità

Factor Information

Factor	Levels	Values
Portata	3	350; 400; 450
Ricircoli	2	3; 4
Velocità	2	830; 1130

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	12	24001,3	91,68%	24001,3	2000,11	10,10	0,000
Blocks	1	150,0	0,57%	150,0	150,00	0,76	0,403
Linear	4	20662,4	78,93%	20662,4	5165,60	26,09	0,000
Portata	2	11134,1	42,53%	11134,1	5567,04	28,12	0,000
Ricircoli	1	9520,2	36,37%	9520,2	9520,17	48,08	0,000
Velocità	1	8,2	0,03%	8,2	8,17	0,04	0,843
2-Way Interactions	5	3143,8	12,01%	3143,8	628,77	3,18	0,051
Portata*Ricircoli	2	2932,6	11,20%	2932,6	1466,29	7,41	0,009
Portata*Velocità	2	80,6	0,31%	80,6	40,29	0,20	0,819
Ricircoli*Velocità	1	130,7	0,50%	130,7	130,67	0,66	0,434
3-Way Interactions	2	45,1	0,17%	45,1	22,54	0,11	0,893
Portata*Ricircoli*Velocità	2	45,1	0,17%	45,1	22,54	0,11	0,893
Error	11	2178,0	8,32%	2178,0	198,00		
Total	23	26179,3	100,00%				

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
14,0712	91,68%	82,60%	10368	60,40%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	224,67	2,87	(218,34; 230,99)	78,22	0,000	
Blocks						
1	-2,50	2,87	(-8,82; 3,82)	-0,87	0,403	1,00
2	2,50	2,87	(-3,82; 8,82)	0,87	0,403	*
Portata						
350	23,71	4,06	(14,77; 32,65)	5,84	0,000	1,33
400	4,71	4,06	(-4,23; 13,65)	1,16	0,271	1,33
450	-28,42	4,06	(-37,36; -19,48)	-7,00	0,000	*
Ricircoli						
3	-19,92	2,87	(-26,24; -13,59)	-6,93	0,000	1,00
4	19,92	2,87	(13,59; 26,24)	6,93	0,000	*
Velocità						
830	-0,58	2,87	(-6,91; 5,74)	-0,20	0,843	1,00
1130	0,58	2,87	(-5,74; 6,91)	0,20	0,843	*
Portata*Ricircoli						
350 3	15,04	4,06	(6,10; 23,98)	3,70	0,003	1,33
350 4	-15,04	4,06	(-23,98; -6,10)	-3,70	0,003	*
400 3	-11,21	4,06	(-20,15; -2,27)	-2,76	0,019	1,33
400 4	11,21	4,06	(2,27; 20,15)	2,76	0,019	*
450 3	-3,83	4,06	(-12,77; 5,11)	-0,94	0,366	*
450 4	3,83	4,06	(-5,11; 12,77)	0,94	0,366	*
Portata*Velocità						
350 830	-2,54	4,06	(-11,48; 6,40)	-0,63	0,544	1,33
350 1130	2,54	4,06	(-6,40; 11,48)	0,63	0,544	*
400 830	1,71	4,06	(-7,23; 10,65)	0,42	0,682	1,33
400 1130	-1,71	4,06	(-10,65; 7,23)	-0,42	0,682	*

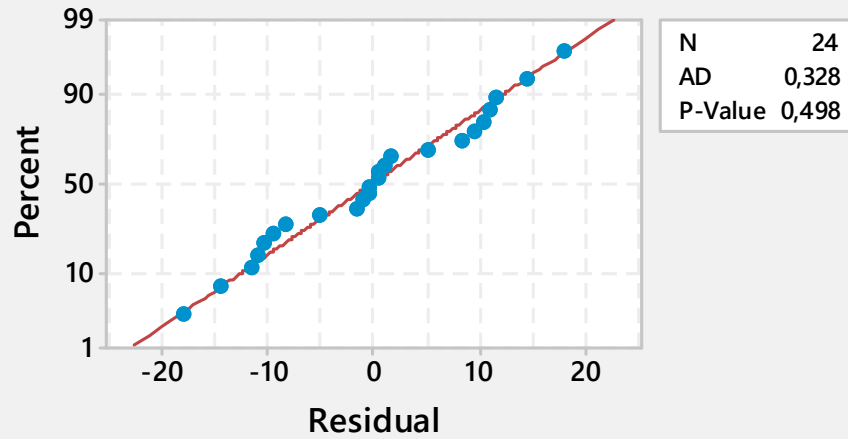
450 830	0,83	4,06	(-8,11;	9,77)	0,21	0,841	*
450 1130	-0,83	4,06	(-9,77;	8,11)	-0,21	0,841	*
Ricircoli*Velocità							
3 830	2,33	2,87	(-3,99;	8,66)	0,81	0,434	1,00
3 1130	-2,33	2,87	(-8,66;	3,99)	-0,81	0,434	*
4 830	-2,33	2,87	(-8,66;	3,99)	-0,81	0,434	*
4 1130	2,33	2,87	(-3,99;	8,66)	0,81	0,434	*
Portata*Ricircoli*Velocità							
350 3 830	-1,21	4,06	(-10,15;	7,73)	-0,30	0,772	1,33
350 3 1130	1,21	4,06	(-7,73;	10,15)	0,30	0,772	*
350 4 830	1,21	4,06	(-7,73;	10,15)	0,30	0,772	*
350 4 1130	-1,21	4,06	(-10,15;	7,73)	-0,30	0,772	*
400 3 830	-0,71	4,06	(-9,65;	8,23)	-0,17	0,865	1,33
400 3 1130	0,71	4,06	(-8,23;	9,65)	0,17	0,865	*
400 4 830	0,71	4,06	(-8,23;	9,65)	0,17	0,865	*
400 4 1130	-0,71	4,06	(-9,65;	8,23)	-0,17	0,865	*
450 3 830	1,92	4,06	(-7,02;	10,86)	0,47	0,646	*
450 3 1130	-1,92	4,06	(-10,86;	7,02)	-0,47	0,646	*
450 4 830	-1,92	4,06	(-10,86;	7,02)	-0,47	0,646	*
450 4 1130	1,92	4,06	(-7,02;	10,86)	0,47	0,646	*

Regression Equation

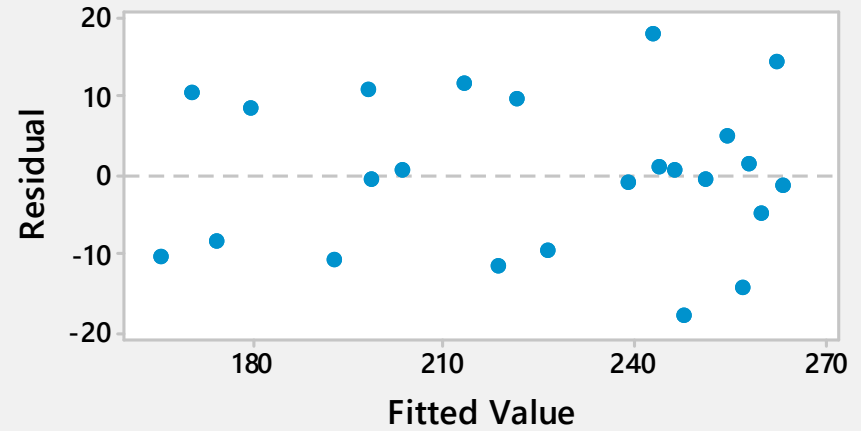
$$\begin{aligned} \text{Tempo} = & 224,67 + 23,71 \text{ Portata}_{350} + 4,71 \text{ Portata}_{400} - 28,42 \text{ Portata}_{450} - 19,92 \text{ Ricircoli}_3 \\ & + 19,92 \text{ Ricircoli}_4 - 0,58 \text{ Velocità}_{830} + 0,58 \text{ Velocità}_{1130} \\ & + 15,04 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{350} \ 3 - 15,04 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{350} \ 4 \\ & - 11,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{400} \ 3 + 11,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{400} \ 4 \\ & - 3,83 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{450} \ 3 + 3,83 \text{ Portata} * \text{Ricircoli}_{450} \ 4 \\ & - 2,54 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{350} \ 830 + 2,54 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{350} \ 1130 \\ & + 1,71 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{400} \ 830 - 1,71 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{400} \ 1130 \\ & + 0,83 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{450} \ 830 - 0,83 \text{ Portata} * \text{Velocità}_{450} \ 1130 \\ & + 2,33 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_3 \ 830 - 2,33 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_3 \ 1130 \\ & - 2,33 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_4 \ 830 + 2,33 \text{ Ricircoli} * \text{Velocità}_4 \ 1130 \\ & - 1,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \ 3 \ 830 + 1,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \ 3 \\ & 1130 + 1,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \ 4 \ 830 \\ & - 1,21 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{350} \ 4 \ 1130 - 0,71 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \ 3 \\ & 830 + 0,71 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \ 3 \ 1130 \\ & + 0,71 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \ 4 \ 830 - 0,71 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{400} \ 4 \\ & 1130 + 1,92 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \ 3 \ 830 \\ & - 1,92 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \ 3 \ 1130 - 1,92 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \ 4 \\ & 830 + 1,92 \text{ Portata} * \text{Ricircoli} * \text{Velocità}_{450} \ 4 \ 1130 \end{aligned}$$

Residual Plots for Tempo

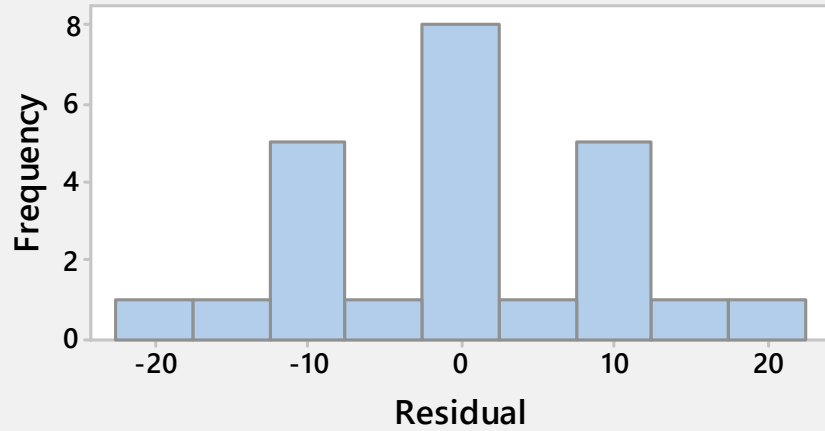
Normal Probability Plot



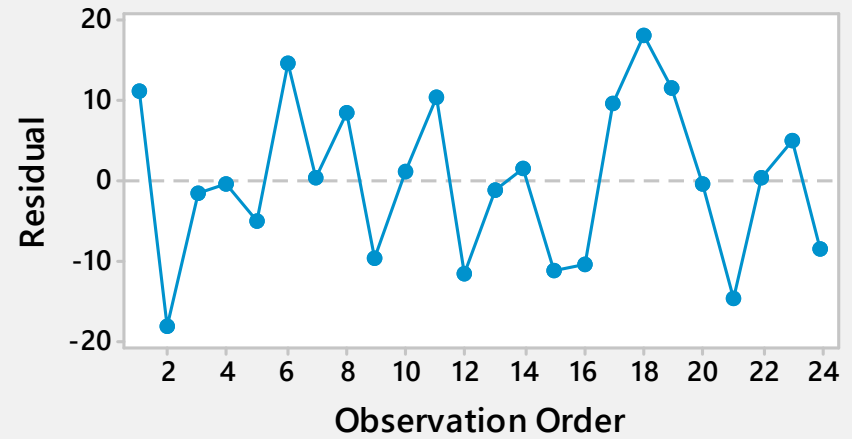
Versus Fits



Histogram

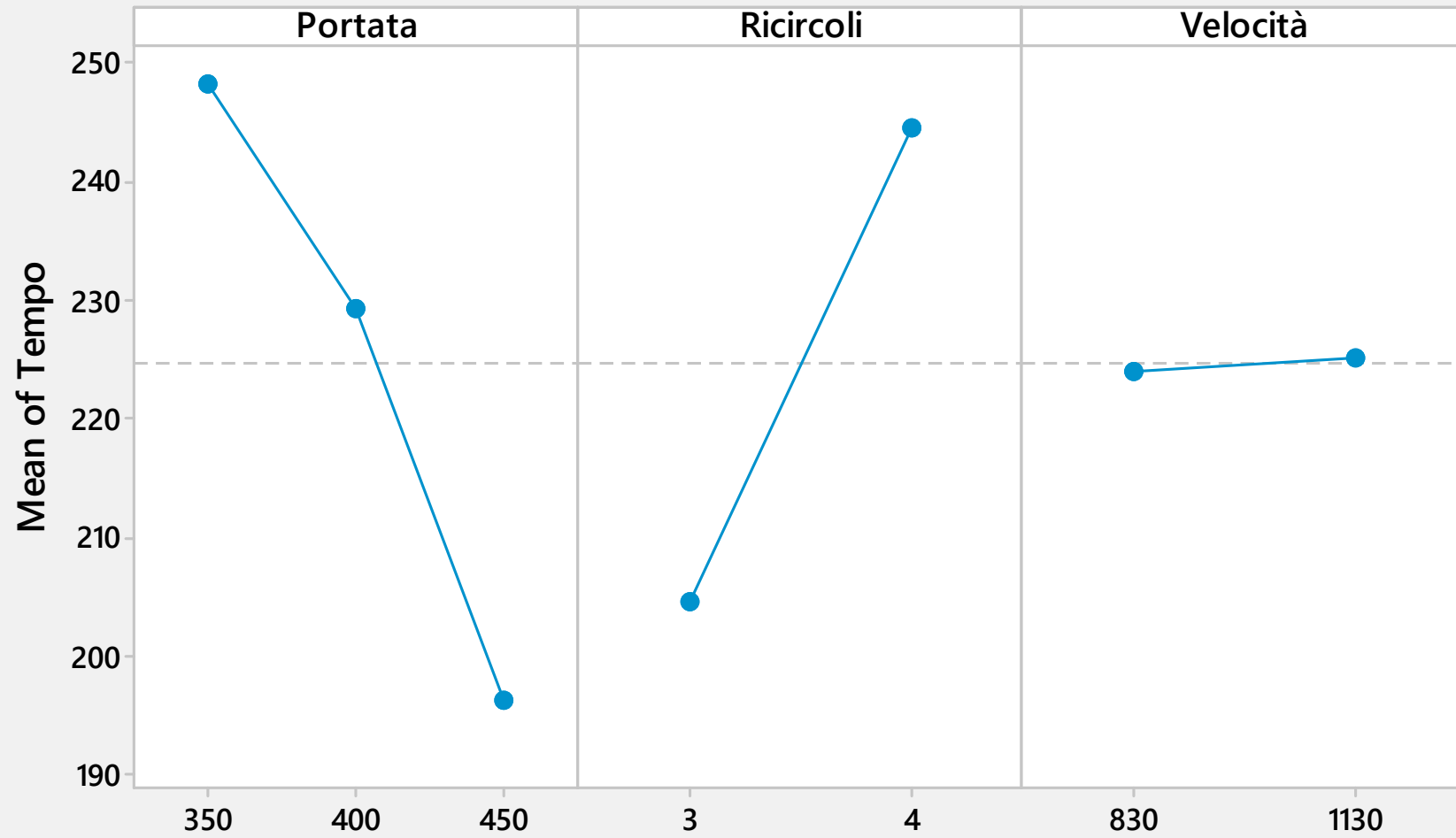


Versus Order



Main Effects Plot for Tempo

Fitted Means



Ottimizzazione statistica

L'ottimizzazione delle condizioni operative si basa sull'ottimizzazione della funzione di desiderabilità che tiene conto dei singoli obiettivi che si vogliono ottenere per le risposte; in particolare:

- Resa raggiungere un target di 116;
- Consumo di energia (Potenza) da minimizzare;
- Tempo di lavorazione da minimizzare.

É possibile attribuire alle varie risposte un differente peso a seconda di ciò che si reputa più importante per l'ottimizzazione: un peso elevato significa dare importanza al punto in sé, un basso valore significa privilegiare l'intervallo attorno al punto.

In particolare, nel caso in esame è stato attribuito un peso maggiore (pari a 5) al consumo di energia in quanto è prioritario abbattere i consumi, mentre alle altre variabili è stato dato un peso comune pari ad 1.

É inoltre possibile attribuire a ciascuna di esse una diversa **“importanza”**.

Tale parametro si sceglie a seconda di quanto si voglia privilegiare il raggiungimento dell’ottimo di una variabile rispetto ad un’altra. In questo caso è stato privilegiato il tempo di lavorazione (pari a 4) rispetto alle altre variabili (pari a 2).

Response Optimizer



Optimize up to 25 responses:

Response	Goal	Target
Tempo	Minimize	
Potenza	Minimize	
Resa	Target	116

Setup...

Options...

Graphs...

Results...

Storage...

View Model...

Help

OK

Cancel

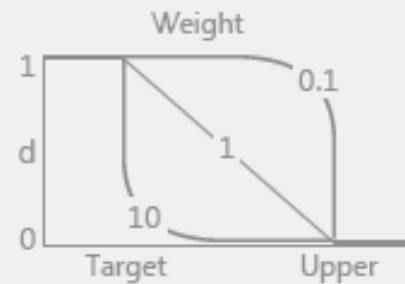
Response Optimizer: Setup



Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Tempo	Minimize	155	155	277	1	4
Potenza	Minimize	13,4	13,4	45,2	5	2
Resa	Target	107,5	116	122,2	1	2

Desirability functions for different goals - how weights affect their shapes

Minimize the response

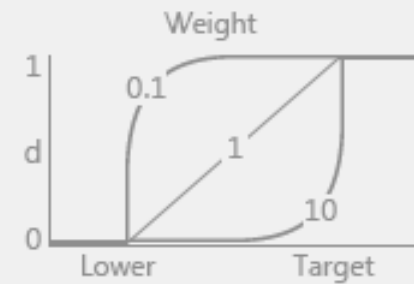


Help

Hit a target value



Maximize the response



OK

Cancel

Response Optimizer: Options

Constraints

Variable	Constraint	Hold Value	Lower	Upper
Portata	No constraints	350	350	450
Ricircoli	No constraints	3	3	4
Velocità	No constraints	830	830	1130

Confidence level for all intervals: 95

Type of confidence level: Two-sided

Help OK Cancel

→ è possibile
ricercare
soluzioni di
ottimo anche
“vincolando” i
livelli dei fattori
nel modello

Optimal		Portata	Ricircol	Velocità
D: 0,5975	High	450	4	1130
<u>Predict</u>	Cur	450	3	830
	Low	350	3	830

Composite
Desirability
D: 0,5975

Tempo
Minimum
 $y = 175,750$

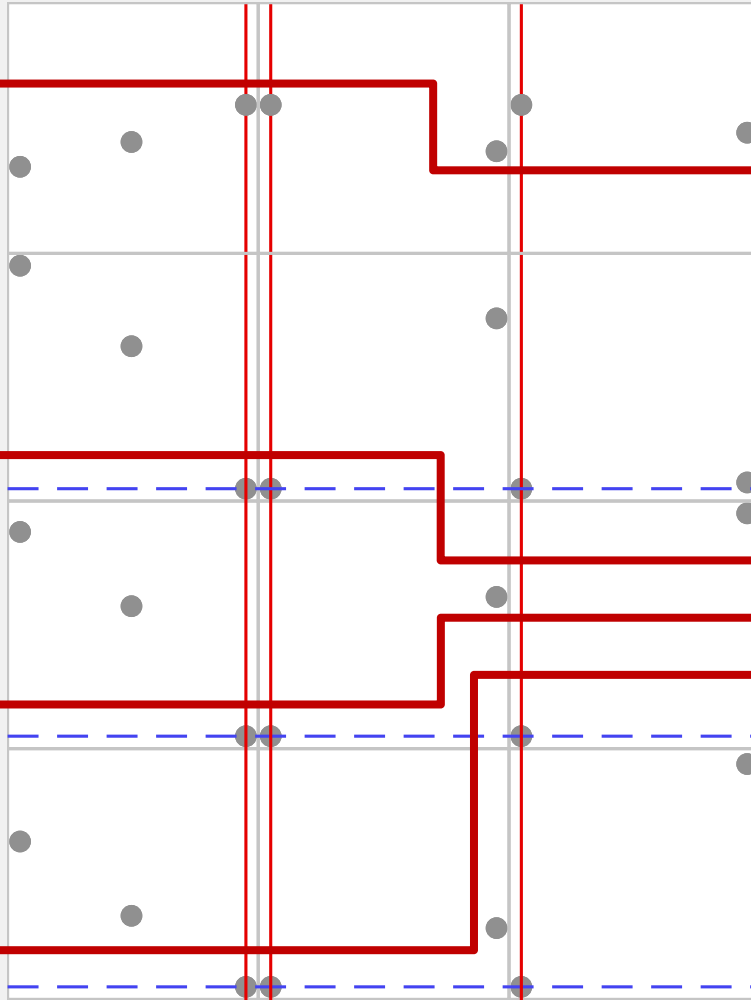
$d = 0,82992$

Potenza
Minimum
 $y = 15,2917$

$d = 0,73591$

Resa
Targ: 116,0
 $y = 109,6375$

$d = 0,25147$



combinazione di ottimo

desiderabilità complessiva

desiderabilità individuale

Response Optimization: Tempo; Potenza; Resa

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Tempo	Minimum		155,0	277,0	1	4
Potenza	Minimum		13,4	45,2	5	2
Resa	Target	107,5	116,0	122,2	1	2

Solution

Solution	Portata	Ricircoli	Velocità	Tempo Fit	Potenza Fit	Resa Fit	Composite Desirability
1	450	3	830	175,75	15,2917	109,637	0,597511

combinazione di ottimo

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Portata	450 (kg/h)
Ricircoli	3 (n)
Velocità	830 (giri/min)

intervallo di confidenza

intervallo di previsione

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Tempo	175,75	7,88	(159,19; 192,31)	(135,87; 215,63)
Potenza	15,29	1,83	(11,45; 19,14)	(6,03; 24,55)
Resa	109,637	0,608	(108,361; 110,914)	(106,562; 112,713)