

Ottimizzazione robusta delle prestazioni fluidodinamiche dei moduli di raffreddamento al variare dell'installazione

Relatore

Prof. Renzo Arina

Tutori

Ing. Enrico Ribaldone

Ing. Diego Vicentini

Candidato

Valentina Maria Scimenes



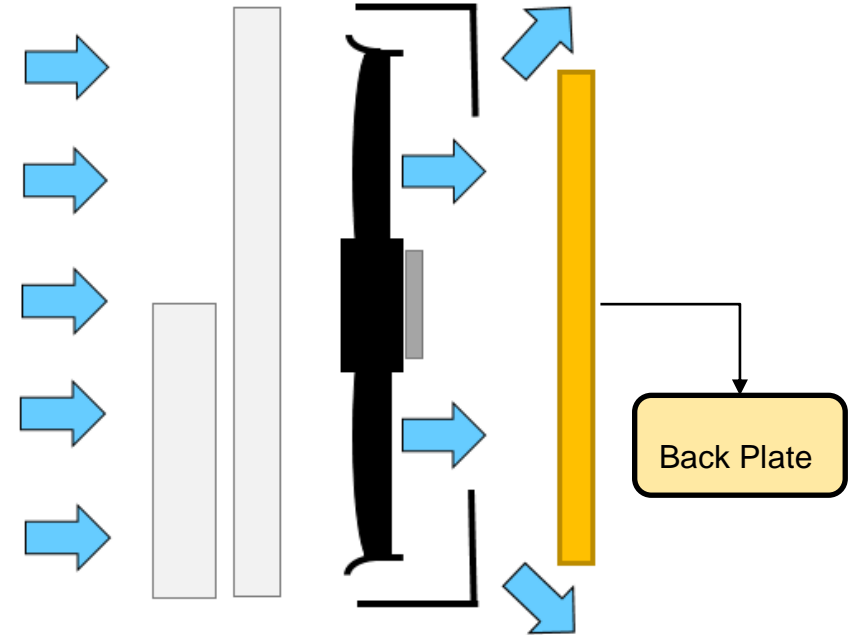
Obiettivo

Problema in esame

- Riduzione delle prestazioni fluidodinamiche in seguito all'inserimento del back plate (BP).

Approccio risolutivo

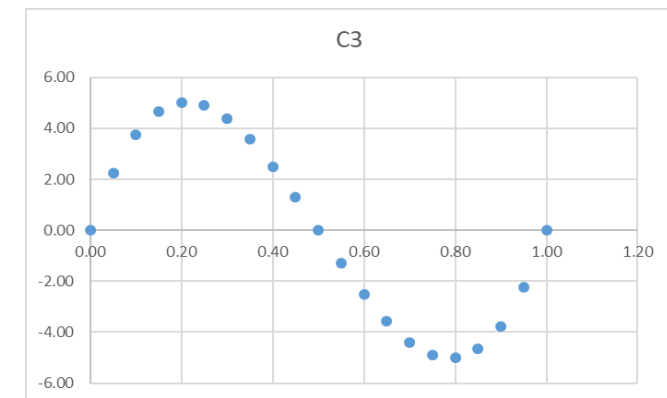
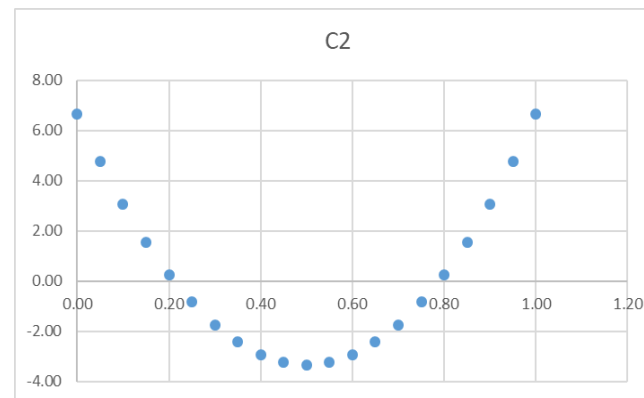
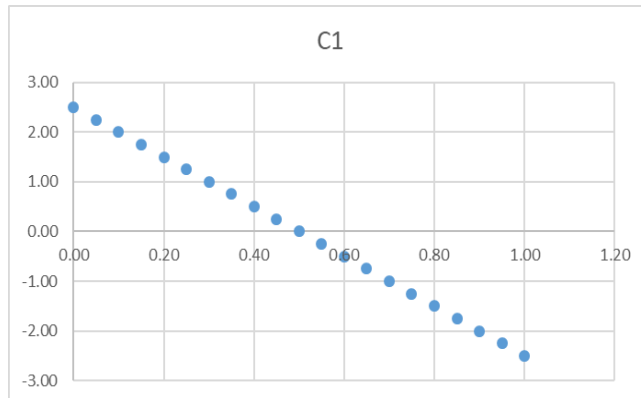
- Analisi di robust design al fine di ridurre le perdite di prestazioni dovute al BP.



- ▶ Back Plate: pannello posizionato a valle della ventola su richiesta del cliente.

Parametrizzazione geometrica

- ▶ Parametrizzazione geometrica di una pala già esistente tramite delle funzioni di forma additive.
- ▶ Le funzioni di forma sono scelte in modo tale da annullare eventuali variazioni di solidità media.
- ▶ C0: ampiezza della funzione di forma costante
- ▶ C1: ampiezza della funzione di forma lineare
- ▶ C2: ampiezza della funzione di forma quadratica
- ▶ C3: ampiezza della funzione di forma cubica

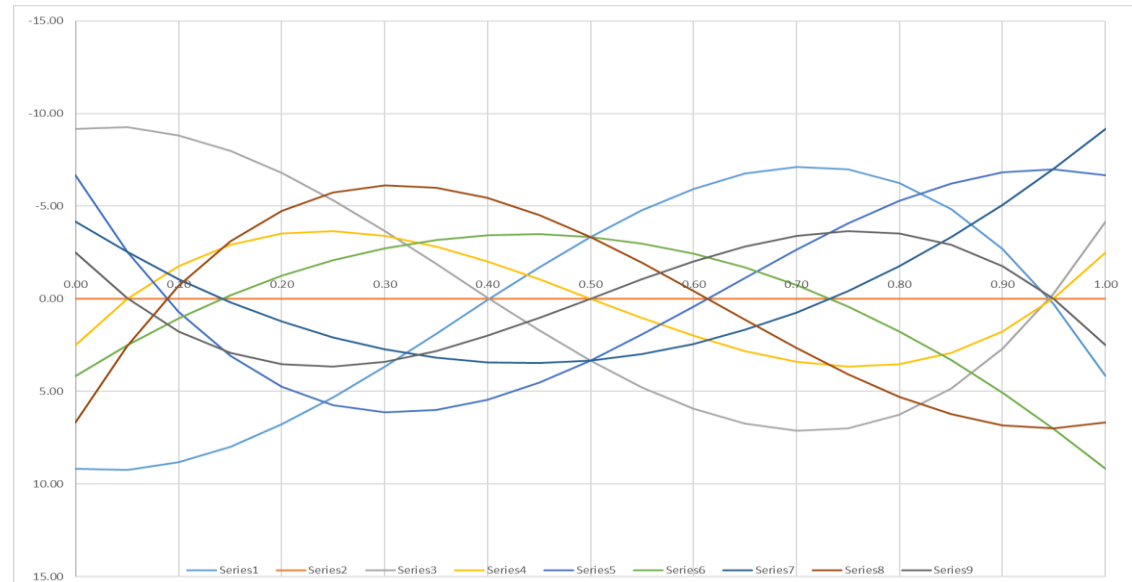


Metodo di Taguchi

- ▶ Individua quei parametri di controllo (control factors) che consentono di massimizzare il signal-to-noise ratio (SN ratio), ricorrendo a delle matrici ortogonali.
- ▶ SN ratio: misura della robustezza, ovvero della capacità di un componente di avere un funzionamento meno sensibile possibile a specifiche condizioni di rumore (noise factors).
- ▶ DOE L9 (3^4): 4 parametri di controllo, 3 livelli per ciascun parametro, 9 casi considerati.
- ▶ I parametri di controllo sono quelli relativi alle distribuzioni di corda (C0, C1, C2, C3).

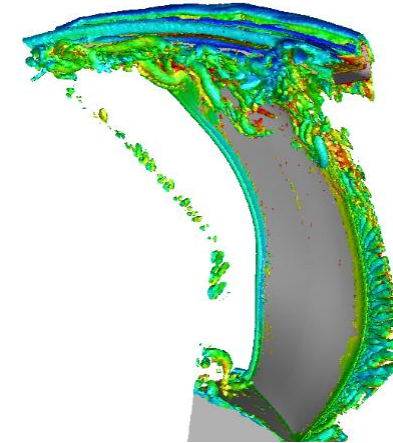
	C0	C1	C2	C3
Liv. 1	0	5	-10	10
Liv. 2	0	0	0	0
Liv. 3	0	-5	10	-10

	C0	C1	C2	C3	C0	C1	C2	C3
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	5	-10	10
2	1	2	2	2	0	0	0	0
3	1	3	3	3	0	-5	10	-10
4	2	1	2	3	0	5	0	-10
5	2	2	3	1	0	0	10	10
6	2	3	1	2	0	-5	-10	0
7	3	1	3	2	0	5	10	0
8	3	2	1	3	0	0	-10	-10
9	3	3	2	1	0	-5	0	10

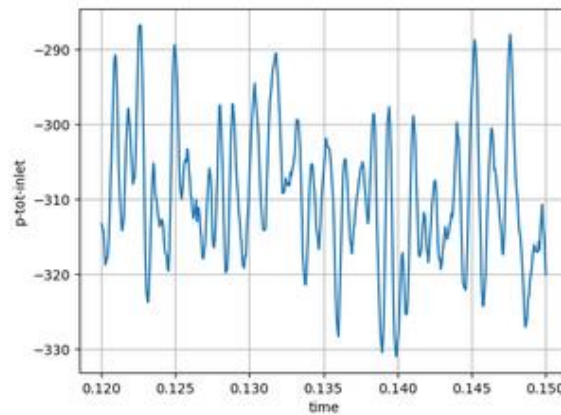


Simulazioni CFD

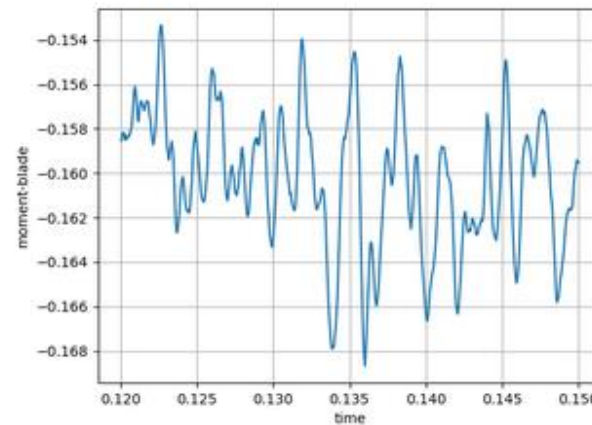
- ▶ Condotte sulle 9 pale generate nella configurazione senza BP e con BP.
- ▶ Software utilizzati: Ansys Fluent, Turbogrid
- ▶ Mesh strutturata
- ▶ Modello DES
- ▶ Time history simulata di 0.15 s
- ▶ Numero di giri costante
- ▶ Pala simulata con il banco prova



p-tot-inlet



moment-blade

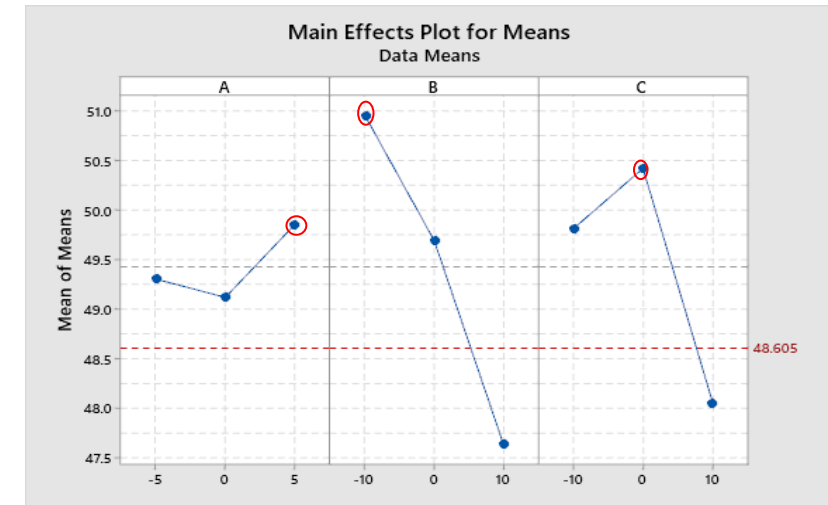
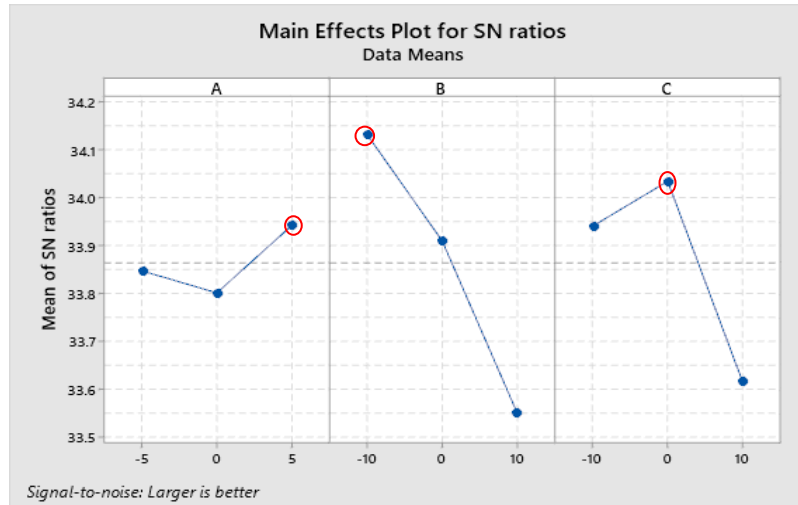


Risultati ottenuti

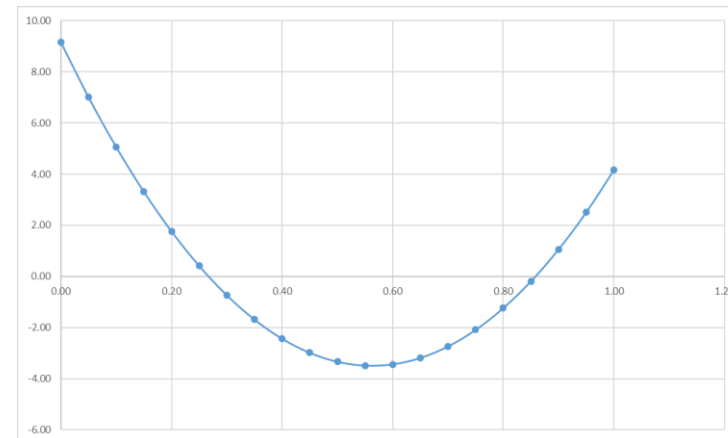
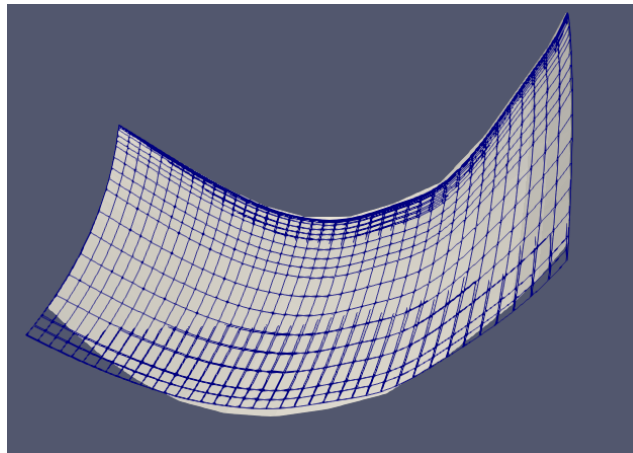
- ▶ Nota l'efficienza dal post-processing, è stato fatto un DOE in miniTab per individuare quella combinazione di parametri di controllo tale da massimizzare il SN ratio, e quindi le prestazioni.

- ▶ Configurazione ottimale :

C0=0,
C1=5,
C2=-10,
C3=0

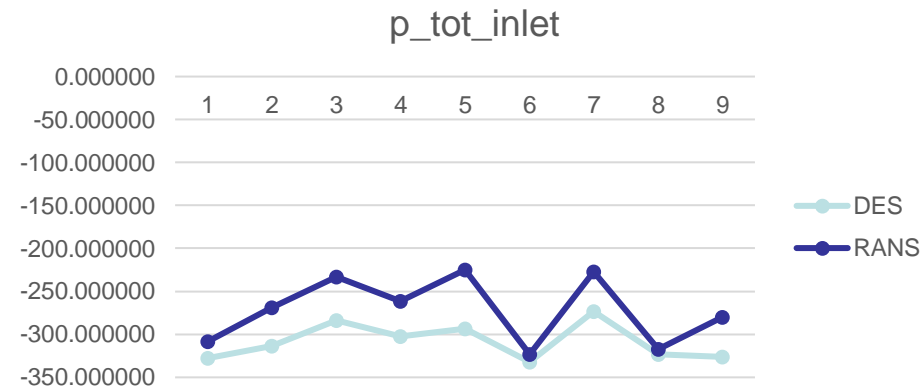
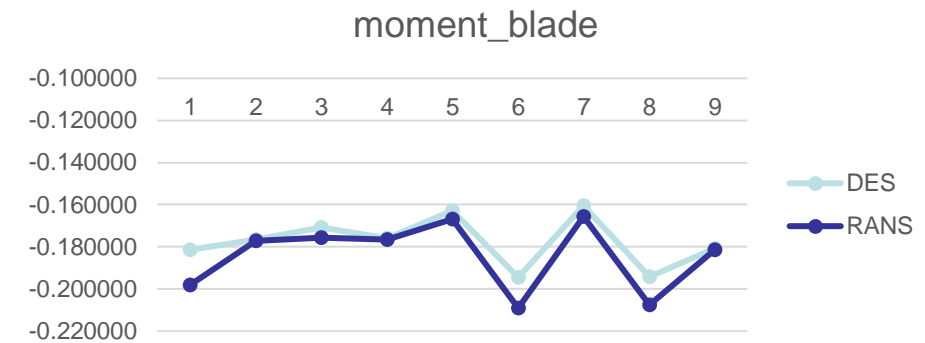
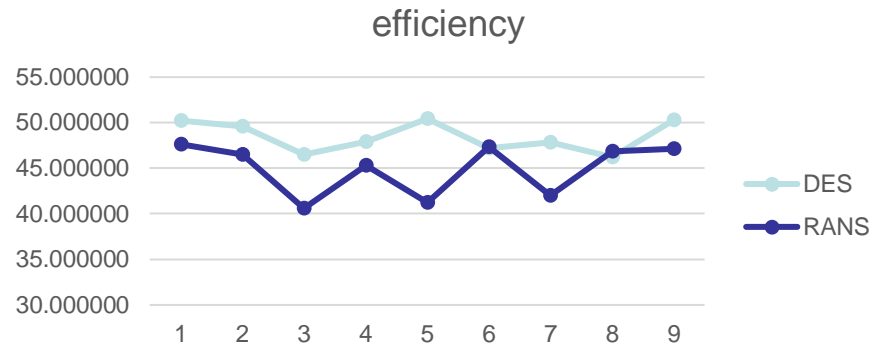


- ▶ Variazione di efficienza attesa: +1.07%
- ▶ Variazione di efficienza effettiva: +1.87%



Confronto RANS e DES

- ▶ Si vuole verificare che l'efficienza nel punto di lavoro coincida con l'efficienza massima, e in caso contrario, individuare quel valore di portata che massimizza l'efficienza.
- ▶ Conviene ricorrere alle simulazioni RANS, considerando 5 diversi valori di portata.
- ▶ Prima si procede con un confronto tra le simulazioni RANS e DES, in corrispondenza del punto di lavoro ($Q=0.75 \text{ m}^3/\text{s}$) e nella configurazione senza BP.



Matrici di correlazione

- ▶ Sono matrici simmetriche, che rappresentano la correlazione tra tutte le possibili coppie di valori di pressione, momento ed efficienza.
- ▶ 1: le simulazioni RANS e DES hanno lo stesso trend.
- ▶ 0: le simulazioni RANS e DES hanno trend opposto.

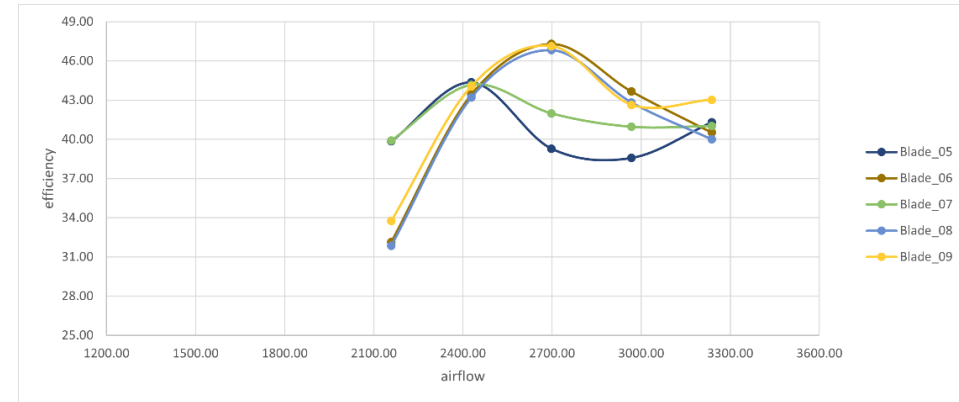
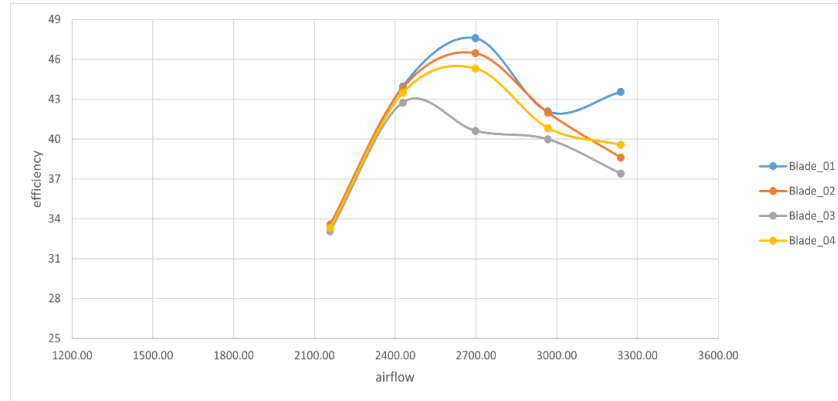
	p_tot_inlet									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

	moment_blade									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

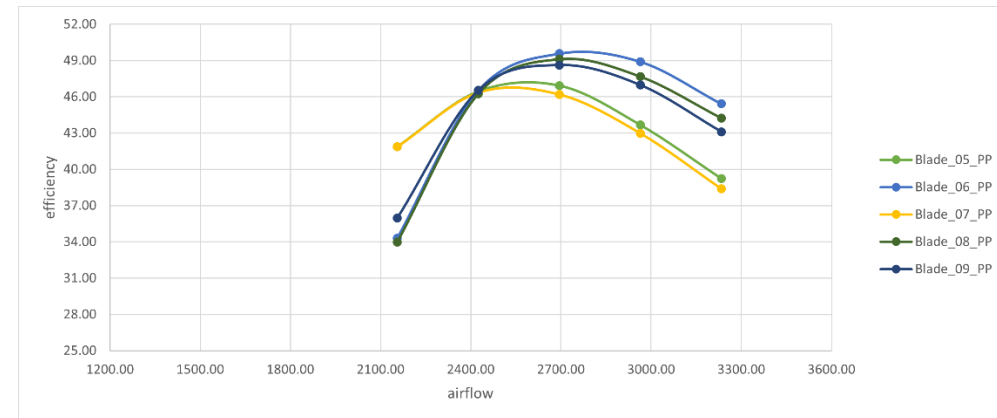
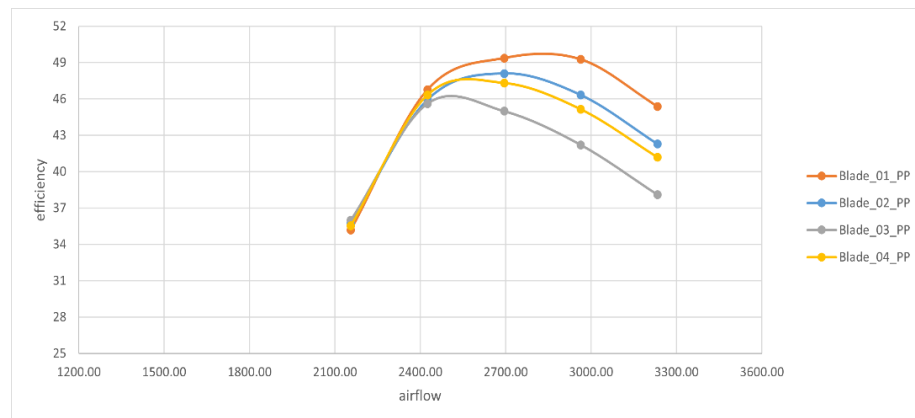
	efficiency									
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
2	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
6	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
7	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
8	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
9	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1

Curve di efficienza

- ▶ Variazioni di portata considerate per costruire la curva dell'efficienza: $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, 0%
- ▶ 90 simulazioni RANS condotte tramite il software CFX.
- ▶ Configurazione senza BP:



- ▶ Configurazione con BP:

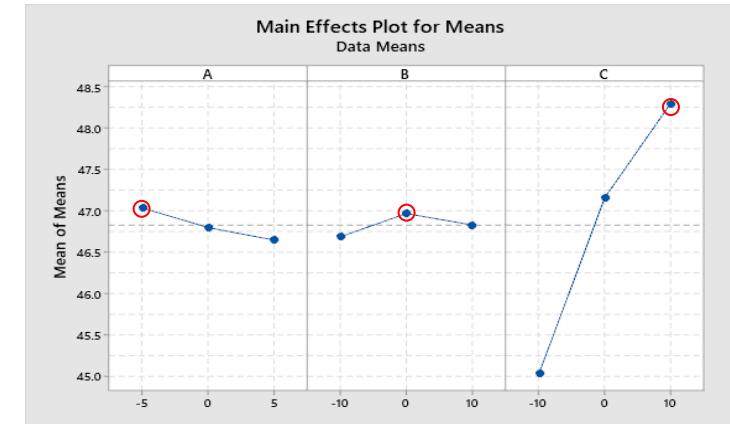
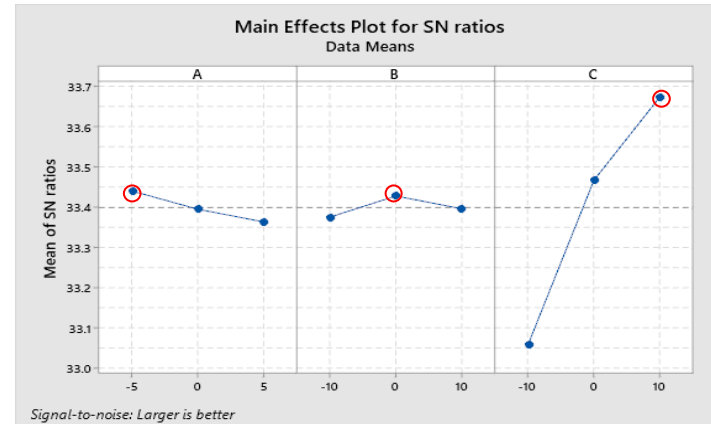


Efficienza massima

- ▶ Una volta individuato il punto di efficienza massima, è stato fatto un DOE in miniTab considerando prima l'efficienza nel punto di lavoro e in seguito l'efficienza massima.

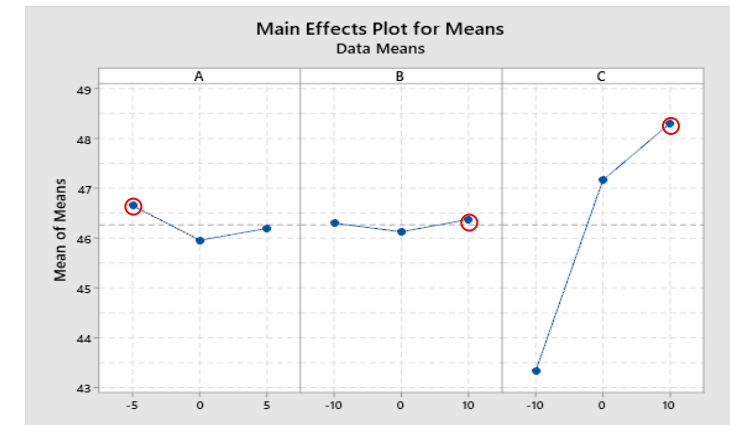
- ▶ Configurazione ottimale nel caso di efficienza massima:

C0=0,
C1=-5,
C2=0,
C3=10



- ▶ Configurazione ottimale nel caso di efficienza nel punto di lavoro:

C0=0,
C1=-5,
C2=10,
C3=10

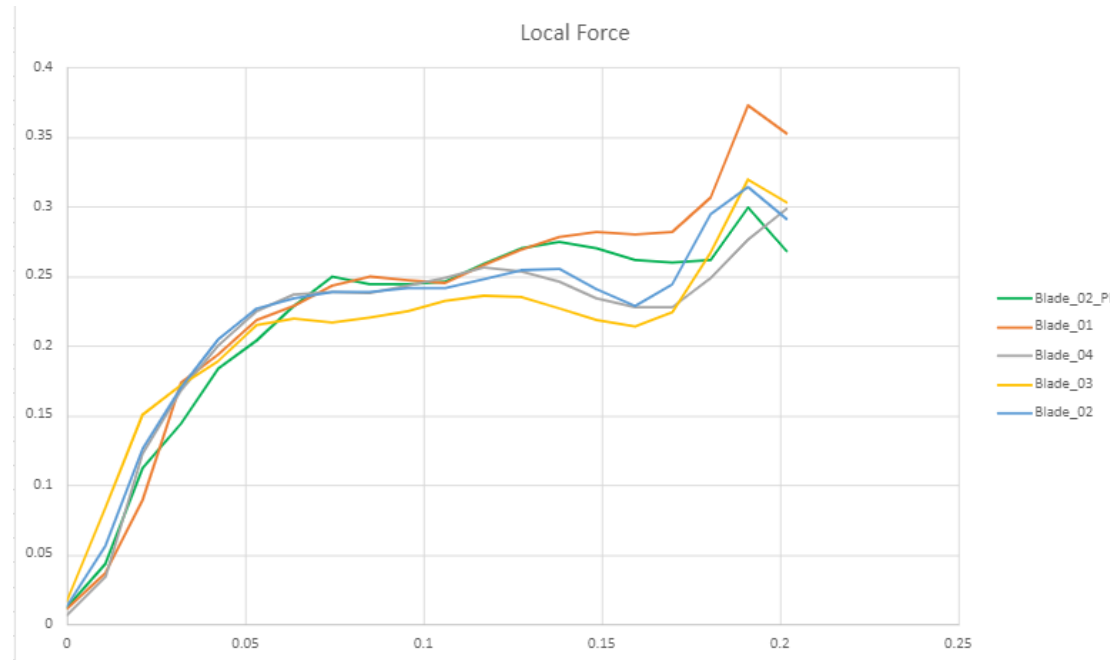


Considerazioni

- Il parametro più importante è C3, ovvero la distruzione cubica della corda.
- Le differenze tra le due configurazioni ottimali sono minime, e dovute al parametro C2.
- Si ricorre a delle simulazioni DES, considerando l'efficienza nel punto di lavoro.
- Tenendo conto della variazione di efficienza dovuta ad una diversa distribuzione di corda (+1.87%), si incrementa il numero di parametri (calettamento, impilamento).

Distribuzioni di portanza

- ▶ A partire dalle simulazioni DES delle 9 pale, condotte in corrispondenza del punto di lavoro, è possibile ricavare le distribuzioni di portanza, le quali sono strettamente legate alle distribuzioni di corda.
- ▶ Dal confronto delle diverse distribuzioni si deduce che modificare la distribuzione di portanza verso il tip, e nello specifico a $\frac{3}{4}$ della corda, è conveniente.



Ottimizzazione robusta multi-obiettivo

- ▶ Uno dei limiti del metodo di Taguchi è la forte dipendenza dei risultati dalla scelta degli estremi. Conviene pertanto ricorrere all'ottimizzazione robusta, e quindi a modeFrontier, per poter superare questa problematica.
- ▶ Parametri di input: coordinate dei punti di controllo della Bézier cubica (3 per la corda e 5 per il calettamento, per un totale di 8 parametri).
- ▶ Obiettivi: uno sull'efficienza e uno sulla differenza di pressione.
- ▶ Corda:

x	0.00	0.25	0.75	1.00
y	0.00	20.00	13.00	7.00

x	0.00	0.25	0.75	1.00
y	0.00	-15.00	-16.00	-5.00

- ▶ Calettamento:

x	0.00	0.33	0.66	1.00
y	0.00	-15.00	-8.00	-9.00

x	0.00	0.40	0.60	1.00
y	0.00	14.00	10.00	5.00

