

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Misure prestazionali di sistemi di
condizionamento per Data Center,
refrigeratori e pompe di calore »***

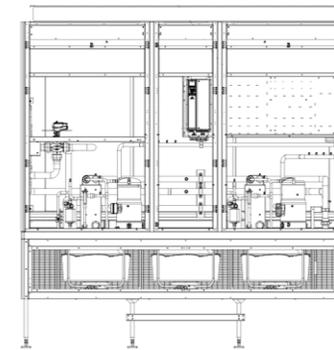
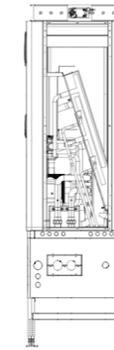
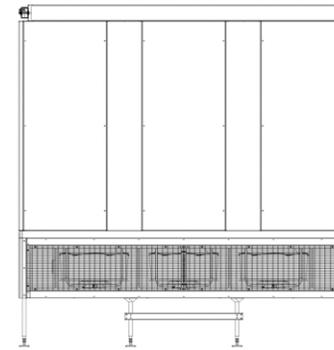
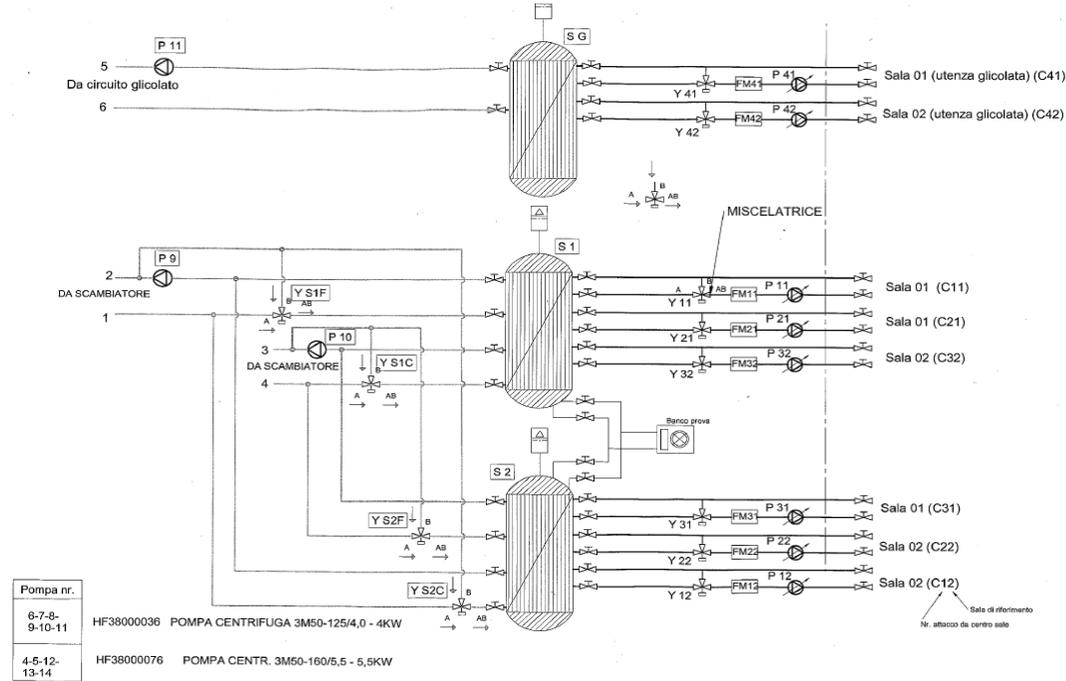
Tutor universitario: Prof. Alberto
Benato

Laureando: *Miguel De Bovi*

Matricola: 1226012

Padova, 26/09/2024

- Impianto Sala Prove e strumenti di misura
- Unità CCAC



Misure di punti di funzionamento dell'Unità CCAC, operante in free-cooling al fine di:

1. Caratterizzare la curva resistente della macchina
2. Verificare l'accuratezza del modello di misura utilizzato per la portata d'aria
3. Valutare la convenienza della configurazione a ranghi acqua-refrigerante interlacciati della batteria alettata

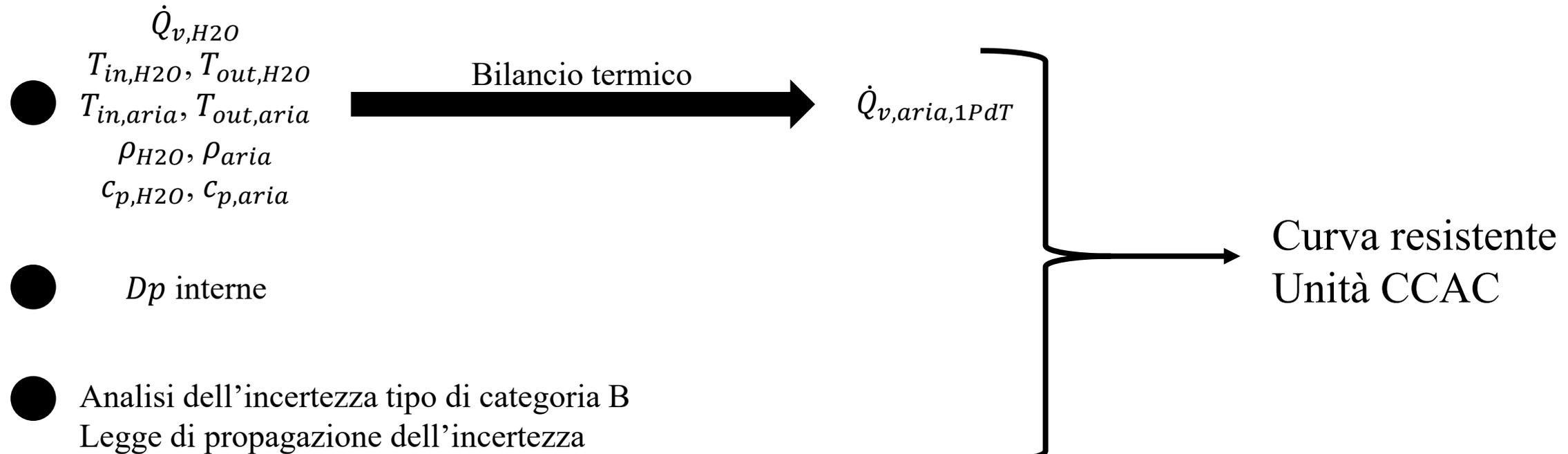
Punti di funzionamento misurati in termini di:

Lato acqua	Lato aria
$\dot{Q}_{v,H2O}$	$T_{in,aria}, T_{out,aria}$
$T_{in,H2O}, T_{out,H2O}$	Dp interne
	$\Delta p_{airflow}$

Punti di funzionamento misurati:

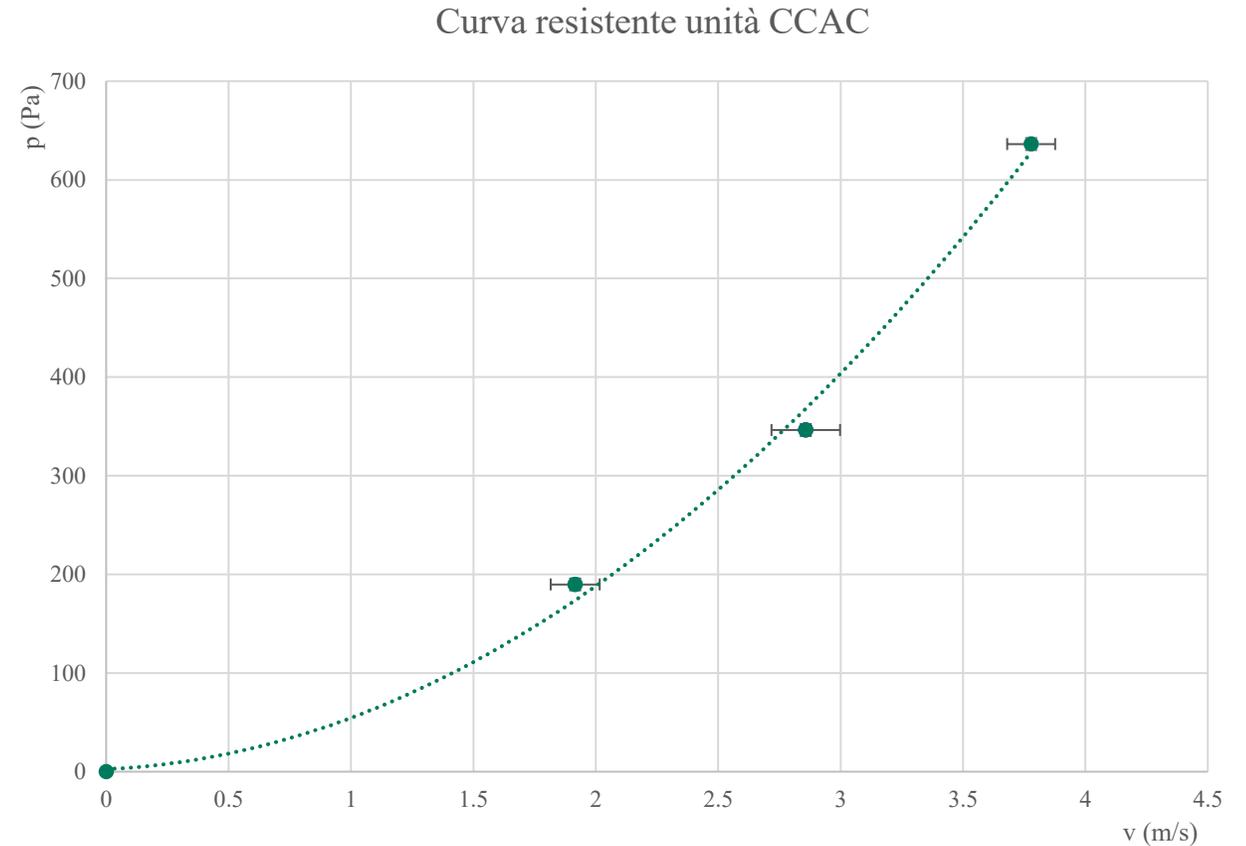
1. $N=750$ rpm, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nominale
2. $N=1020$ rpm, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nominale
3. $N=1411$ rpm, $\dot{Q}_{v,H2O}$ pari a 50% del valore nominale

Per ognuno di questi punti (campione di dati):



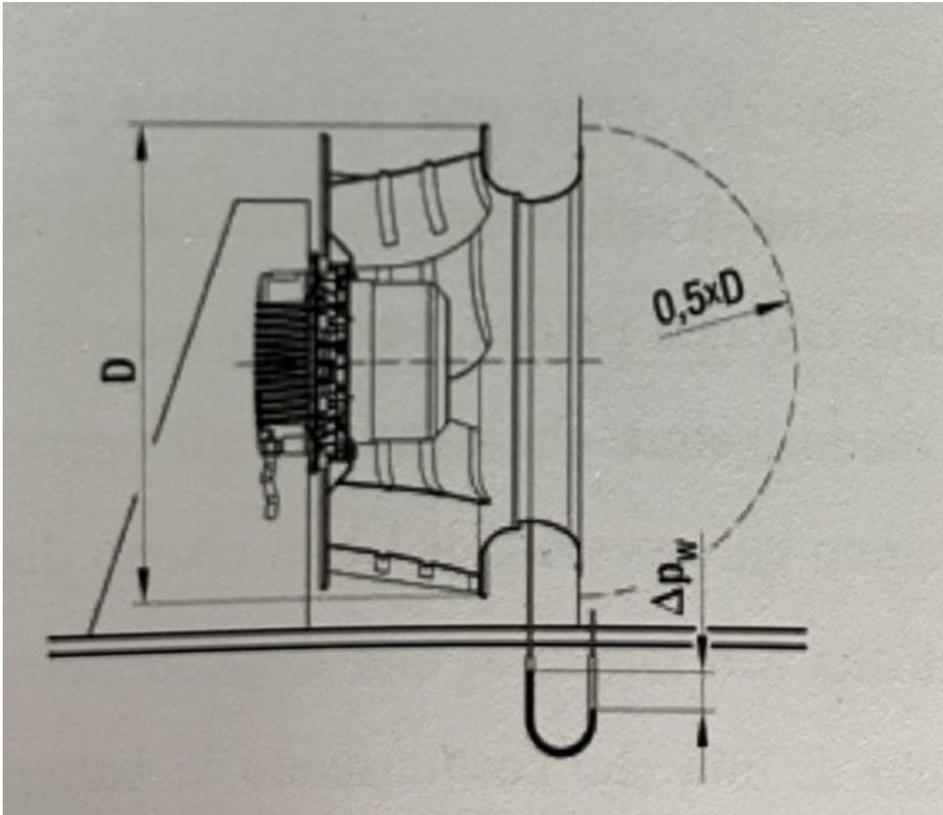
Risultati ottenuti:

N	$\overline{\dot{Q}_{v,aria,1PdT}}$	$i_{\dot{Q}_{v,aria,1PdT}}$	\overline{Dp}	i_{Dp}
[rpm]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[Pa]	[Pa]
750	20268.84	5.2%	190	6
1020	30234.55	4.9%	346	6
1411	39975.57	2.6%	636	6



$$Dp_{interne} = 56.171 \cdot v^{1.8234}$$

Modello di misura basato su boccaglio calibrato



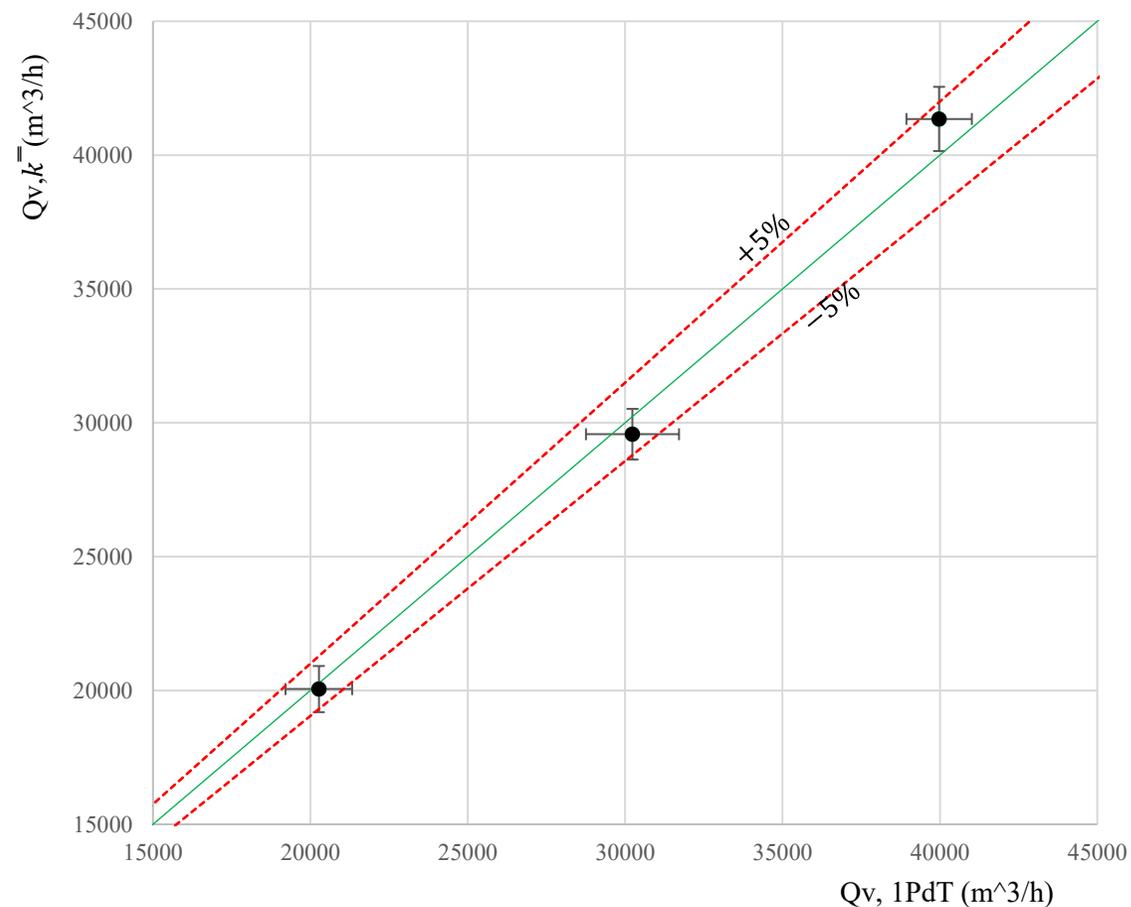
- Formulazione: $\dot{Q}_{v,aria} = \sqrt{\frac{\rho_{T\text{ nominale}}}{\rho_{op}}} \cdot k_{T\text{ nominale}} \cdot \sqrt{\Delta p}$
- Ipotesi:
 - Δp misurato è statico
 - $k_{T\text{ nominale}}$ costante una volta fissata la temperatura
- Verifica dell'accuratezza \longrightarrow Compatibilità tra stime di portate d'aria ottenute con Primo Principio della termodinamica:
 1. $\dot{Q}_{v,aria,1PdT}$
 2. k
 3. $\dot{Q}_{v,aria,\bar{k}}$
 4. Confronto

Risultati della verifica della compatibilità tra i due modelli di misura

N	$\overline{\dot{Q}_{v,aria,1PdT}}$	$i_{\dot{Q}_{v,aria,1PdT}}$	$\overline{k_{20}}$	$\overline{\dot{Q}_{v,aria,\bar{k}}}$	$i_{\dot{Q}_{v,aria,\bar{k}}}$	s
[rpm]	[m ³ /h]	%	-	[m ³ /h]	%	%
750	20268.84	5.2%	702.89	20051.10	4.3%	1.1%
1020	30234.55	4.9%	707.72	29572.26	3.2%	2.2%
1411	39975.57	2.6%	665.28	41350.69	2.9%	3.4%

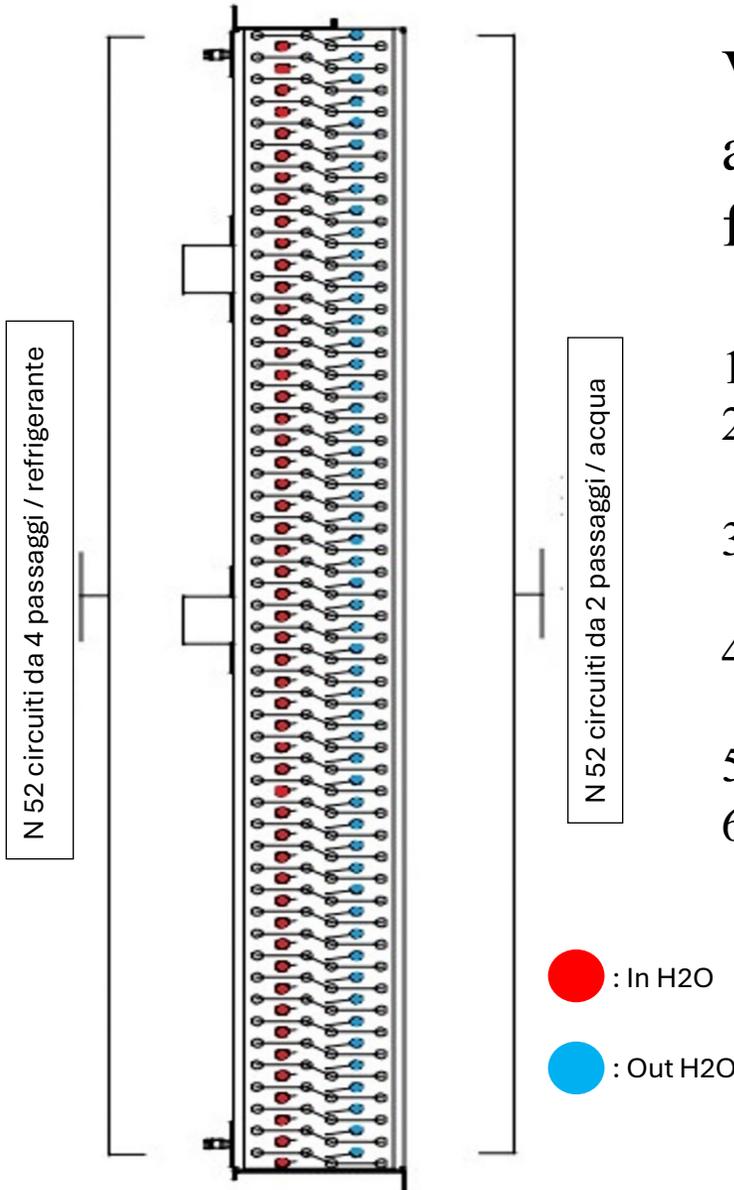
$$\bar{k} = 686.7$$

Scostamenti tra portate stimate con i due modelli di misura



Valutazione della convenienza di una batteria con ranghi acqua interlacciati a refrigerante in un'Unità CCAC freecooling

1. Misure termiche su batteria interlacciata e calcolo della potenza scambiata
2. Calcolo dei coefficienti di scambio termico convettivo tramite misure su batteria a 6 ranghi acqua
3. Stima dell'efficienza della superficie alettata e del coefficiente di trasmissione globale del calore per batteria a ranghi indipendenti
4. Stima della potenza termica scambiata da batteria a ranghi indipendenti tramite approccio $\varepsilon - NTU$
5. Confronto tra batteria a ranghi indipendenti e batteria a ranghi interlacciati
6. Metodo di calcolo per stimare la potenza scambiata dalla batteria a ranghi interlacciati



1) MISURE TERMICHE SU BATTERIA INTERLACCIATA E CALCOLO DELLA POTENZA SCAMBIATA

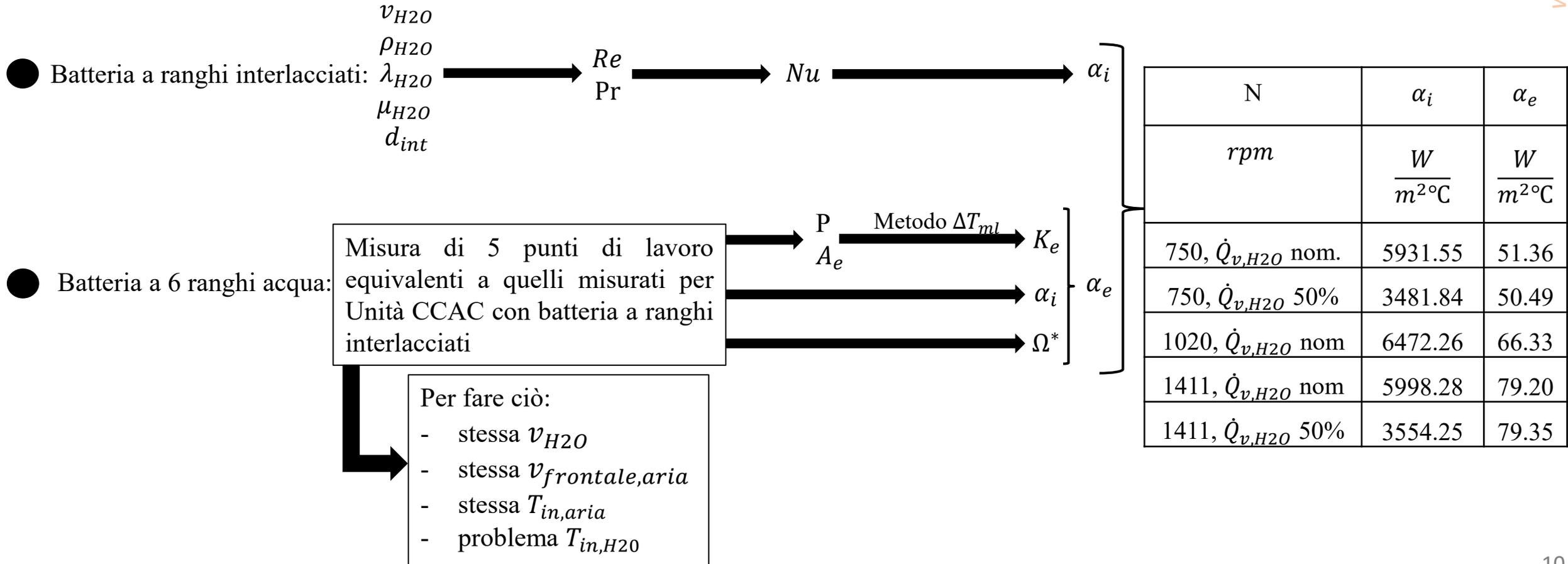
1. $N=750$ rpm, \dot{Q}_{v,H_2O} nominale
2. $N=750$ rpm, \dot{Q}_{v,H_2O} pari al 50% del valore nominale
- 3. $N=1020$ rpm, \dot{Q}_{v,H_2O} nominale
4. $N=1411$ rpm, \dot{Q}_{v,H_2O} nominale
5. $N=1411$ rpm, \dot{Q}_{v,H_2O} pari a 50% del valore nominale

● $T_{out,H_2O} > T_{in\ rugiada,aria}$ per raffreddamento sensibile

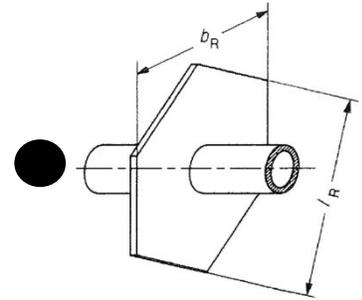
N	P
rpm	KW
750, \dot{Q}_{v,H_2O} nom.	106.04
750, \dot{Q}_{v,H_2O} 50%	90.03
1020, \dot{Q}_{v,H_2O} nom	125.77
1411, \dot{Q}_{v,H_2O} nom	145.53
1411, \dot{Q}_{v,H_2O} 50%	117.81

2) CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI SCAMBIO TERMICO CONVETTIVO TRAMITE MISURE SU BATTERIA A 6 RANGHI ACQUA

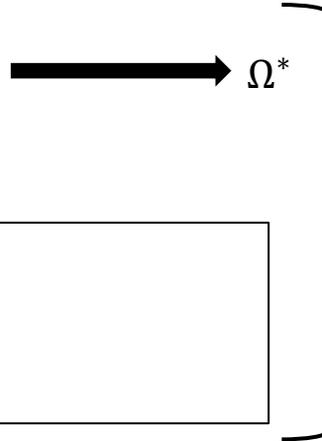
α_e , uguale per le due batterie poste a confronto e utile per la stima della potenza scambiata da batteria a ranghi indipendenti, ricavato a partire da misure condotte su un'Unità CCAC avente una batteria a 6 ranghi acqua



3) STIMA DELL'EFFICIENZA DELLA SUPERFICIE ALETTATA E DEL COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE GLOBALE DEL CALORE PER BATTERIA A RANGHI INDIPENDENTI



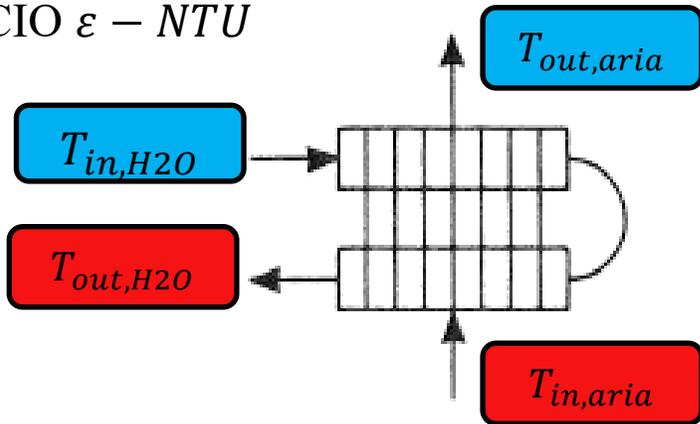
Formulazione classica
alette di forma esagonale



α_i
 α_e
 A_e, A_i

N	Ω^*	K_e
<i>rpm</i>	%	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom.	84,4	41.36
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	84,6	39.54
1020, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	80,9	50.92
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	78,3	58.04
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	78.2	55.69

4) STIMA DELLA POTENZA TERMICA SCAMBIATA DA BATTERIA A RANGHI INDIPENDENTI TRAMITE APPROCCIO $\varepsilon - NTU$



N	P_{H2O}
<i>rpm</i>	<i>KW</i>
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom.	87.73
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	76.38
1020, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	107.52

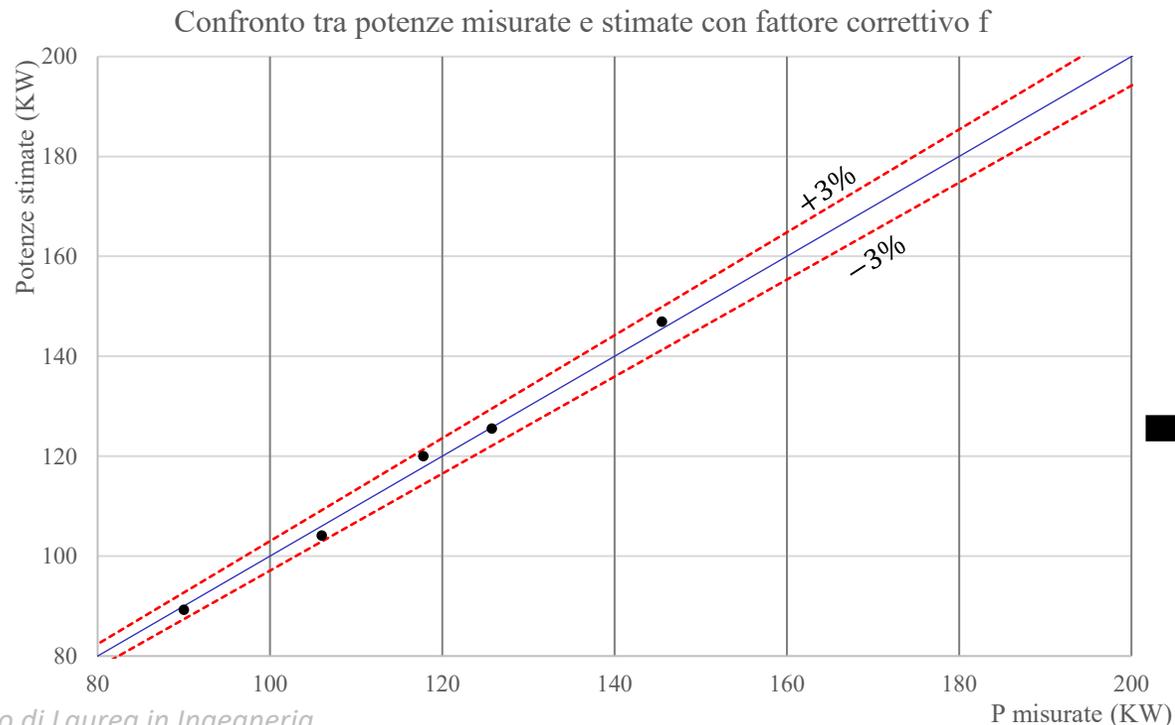
N	P_{H2O}
<i>rpm</i>	<i>KW</i>
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	128.15
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	107.30

5) CONFRONTO TRA BATTERIA A RANGHI INDIPENDENTI E BATTERIA A RANGHI INTERLACCIATI

N	Batteria con ranghi indipendenti	Batteria con ranghi interlacciati	s
	<i>P</i>	<i>P</i>	
<i>rpm</i>	<i>KW</i>	<i>KW</i>	%
750, \dot{Q}_{v,H_2O} nom.	87.73	106.04	20.87%
750, \dot{Q}_{v,H_2O} 50%	76.38	90.03	17.87%
1020, \dot{Q}_{v,H_2O} nom	107.52	125.77	16.98%
1411, \dot{Q}_{v,H_2O} nom	128.15	145.53	13.56%
1411, \dot{Q}_{v,H_2O} 50%	107.30	117.81	9.79%

6) METODO DI CALCOLO PER STIMARE LA POTENZA SCAMBIATA DALLA BATTERIA A RANGHI INTERLACCIATI

- Perché non si può applicare la formulazione classica? **→** sovrastima:
Cosa succede se la si applica comunque?
- Introduzione fattore correttivo f
- Risultati dell' introduzione fattore correttivo f



N	P	s
<i>rpm</i>	<i>KW</i>	%
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom.	129.05	21.69%
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	108.42	20.43%
1020, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	164.62	30.89%
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	197.46	35.68%
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	151.36	28.48%

N	P	s
<i>rpm</i>	<i>KW</i>	%
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom.	104.10	1.83%
750, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	89.20	0.92%
1020, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	125.51	0.21%
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ nom	146.88	0.93%
1411, $\dot{Q}_{v,H2O}$ 50%	119.94	1.81%

GRAZIE PER L'ATTENZIONE