

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA PRIMARIA

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MONO-ZONA

- a singolo condotto con post-riscaldamento
- a doppio condotto con box di miscelazione
- a doppio condotto con plenum

ITALIANO - INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA PRIMARIA
REGIME ESTIVO

ITALIANO • INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA
UMIDITA' SPECIFICA O TEMPERATURA DI IMMISSIONE CONTROLLATA

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICROMETRICO INTERATTIVO

AE-SW SOFTWARE

AE-SW SOFTWARE

- ▶ A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO
- ▶ A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE
- ▶ A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

MANUALE D'USO

PREPARED AND PRESENTED BY
AE-SW SOFTWARE



AE-SW SOFTWARE

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

MANUALE D'USO

AE-SW SOFTWARE

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

© AE-SW - Tutti i diritti riservati
Vietata la riproduzione al di fuori dei termini di legge
I testi sono stati curati con la più scrupolosa attenzione
L'autore declina ogni responsabilità per eventuali involontari errori o inesattezze

AE-SW software

AE-SW SOFTWARE

INDICE

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

PREMESSA	pag. 1
1 DATI GENERALI	pag. 3
2 PROGETTAZIONE "A UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA"	pag. 5
2.1 - Dimensionamento "a singolo condotto con post-riscaldamento"	pag. 6
2.2 - Dimensionamento "a doppio condotto con box di miscelazione"	pag. 11
2.3 - Dimensionamento "a doppio condotto con plenum"	pag. 15
2.4 - Dimensionamento batteria di raffreddamento	pag. 18
3 PROGETTAZIONE "A TEMPERATURA DI IMMISSIONE CONTROLLATA"	pag. 22
3.1 - Dimensionamento "a singolo condotto con post-riscaldamento"	pag. 23
3.2 - Dimensionamento "a doppio condotto con box di miscelazione"	pag. 28
3.3 - Dimensionamento "a doppio condotto con plenum"	pag. 32
3.4 - Dimensionamento batteria di raffreddamento	pag. 35
4 RELAZIONE TECNICA_ esempio di calcolo	pag. 39
5 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 52
BIBLIOGRAFIA	pag. 102

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

PREMESSA

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in *formato Excel* per il dimensionamento degli impianti di trattamento dell'aria per la climatizzazione estiva di ambienti le cui condizioni termoigrometriche sono omogenee e definibili attraverso una sola zona termica.

Il calcolo è riferito a edifici pubblici o privati; residenziali o meno; può essere condotto a umidità specifica di immissione controllata o a temperatura di immissione controllata. I parametri psicrometrici dell'aria sono calcolati in funzione dei diversi valori che la pressione atmosferica assume in dipendenza dell'ubicazione geografica della località. La pressione atmosferica (se nota) può essere inputata direttamente dal progettista; ovvero può essere calcolata dal programma in funzione della quota dell'edificio e della temperatura esterna esistente a quella quota.

Il dimensionamento è condotto in conformità alle Norme UNI EN 16798 in riferimento al volume minimo di ventilazione e al numero minimo di ricambi orari che la norma stabilisce in funzione della destinazione d'uso dei locali, della categoria di qualità ambientale attesa, del grado di inquinamento, del grado di affollamento, della consistenza della superficie di pavimento e del volume dell'immobile.

Le tipologie di impianto previste sono:

- a singolo condotto con post-riscaldamento;
- a doppio condotto con box di miscelazione;
- a doppio condotto con plenum.

Per ciascuna tipologia il dimensionamento è condotto analiticamente con calcoli numerici e successivamente illustrato su diagramma psicrometrico interattivo con il riporto delle trasformazioni termoigrometriche dell'aria. Per ciascuna tipologia di impianto è infine dimensionata la batteria fredda con definizione delle dimensioni; del numero di tubi alettati; del loro interasse e del numero di ranghi.

L'illustrazione del programma è effettuata in riferimento a un caso concreto; in tal senso il manuale d'uso costituisce anche un esempio pratico applicativo.

1 - DATI GENERALI

Tutti i dati sono inseribili unicamente in celle su sfondo di colore giallo a carattere e bordo di colore rosso; le uniche attive ed editabili. Le restanti sono celle di restituzione. Le celle vengono inputate nell'ordine di lettura verticale dei fogli di calcolo.

I dati generali riguardano:

**IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA
REGIME ESTIVO**

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA PRIMARIA

OPZIONE DI CALCOLO
 a umidità specifica controllata
 a temperatura di immissione controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA
 INPUT DIRETTO Pa **101.325**
 INPUT INDIRETTO per: altitudine e temperatura
 - H_altitudine m 2.000
 - TH_temperatura alla altitudine H °C 15
 $101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$
 $101325 * (1 - 0,0001216 * H)^{2,84}$
 $101325 * 0,9577^{(H/100)}$
 $101325 * e^{(1,875 * H / (273 + T))}$

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO Pa **101.325**

DATI GENERALI

Destinazione d'uso locale **residenc. e simili** non residenziale
 Qualità ambientale attesa UNI EN 16798:
 1_molto buono 2_buono 3_poco buono

Grado inquinamento ambiente UNI EN 16798: **opzioni non attive**
 inquinato med. inquinato poco inquinato

Metodo di calcolo UNI EN 16798:
 metodo 1 metodo 2 metodo 3

DIMENSIONE AMBIENTE

S_superficie pavimento locale mq **100**
 %_superficie_soggiorno + camere letto mq **80,0%**
 V_volume locale mc **5.000**

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_temperatura aria esterna °C **32**
 φE_umidità relativa aria esterna % **60%**
 TA_temperatura ambiente voluta °C **26**
 φA_umidità relativa ambiente voluta % **60%**

CARICHI

Wsens *fonti ambiente esterno, persone, apparecchi, infiltraz.* kW **12**
 Wlat *fonti persone, apparecchi, infiltrazioni* kW **5**

p_numero persone - 500

VENTILAZIONE MINIMA UNI EN 16798

GRN_min portata minima di ricambio UNI EN 16798 mc/h **7.200**
 n_min numero minimo di vol. amb/h UNI EN 16798 l/h **1,44**

Studio associato di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

- la tipologia di impianto: a tutt'aria primaria (predefinita);
- l'opzione di calcolo: tra "a umidità specifica controllata" e "a temperatura di immissione controllata" (nell'esempio svolto: "a umidità specifica controllata");
- la pressione atmosferica: definibile per "input diretto" o per "input indiretto" attraverso l'indicazione della quota dell'edificio e la temperatura esterna corrispondente (nell'esempio svolto: P = 101.325 Pa);
- la destinazione d'uso dei locali: residenziale o non residenziale (nell'esempio svolto: residenziali e simili);

- la categoria di qualità ambientale attesa ai sensi delle norme UNI EN 16798 (nell'esempio svolto: 1_molto buono);
- il grado di inquinamento ambientale ai sensi delle norme UNI EN 16798 (nell'esempio svolto: non selezionabile in quanto destinazione d'uso residenziale);
- il metodo di calcolo ai sensi delle norme UNI EN 16798: ai fini della determinazione del volume minimo di ventilazione e del numero minimo di ricambi orari sono previsti n. 3 metodi di calcolo; ovvero in funzione della sola superficie; in funzione del solo affollamento; in funzione della superficie e dell'affollamento (nell'esempio svolto: metodo 1);
 - le condizioni dell'area esterna e ambientale (nell'esempio svolto: TE = 32 °C; ΦE = 60%; TA = 26 °C; ΦA = 60%);
- i carichi sensibile e latente gravanti sugli ambienti della zona (nell'esempio svolto: Wsens = 12 kW; Wlat = 5 kW).

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA			
TE_temperatura aria esterna	°C		32
ΦE_umidità relativa aria esterna	%		60%
TA_temperatura ambiente voluta	°C		26
ΦA_umidità relativa ambiente voluta	%		60%
CARICHI			
Wsens	fonti: ambiente esterno, persone, apparecchi., infiltraz.	kW	12
Wlat	fonti: persone, apparecchi., infiltrazioni	kW	5
p_numero persone	-		500
VENTILAZIONE MINIMA_UNI EN 16798			
GRN_min	portata minima di ricambio_UNI EN 16798	mc/h	7.200
n_min	numero minimo di vol. amb/h_UNI EN 16798	1/h	1,44
DATI GENERALI			
Destinazione d'uso locale	<input checked="" type="checkbox"/> residenz. e simili	non residenziale	
Qualità ambientale attesa_UNI EN 16798:	<input checked="" type="radio"/> 1_molto buono <input type="radio"/> 2_buono <input type="radio"/> 3_poco buono		
Grado inquinamento ambiente_UNI EN 16798:	→ opzioni non attive		
	<input type="radio"/> inquinato <input checked="" type="radio"/> med. Inquinato <input type="radio"/> poco inquinato		
Metodo di calcolo_UNI EN 16798:	<input checked="" type="radio"/> metodo 1 <input type="radio"/> metodo 2 <input type="radio"/> metodo 3		
DIMENSIONE AMBIENTE			
S_superficie pavimento locale	mq		100
%_superficie_soggiorno + camere letto	mq		80,0%
V_volume locale	mc		5.000

In funzione dei dati inseriti il programma restituisce:

- GRN_min: il valore della portata minima di ventilazione esterna da assicurare agli ambienti (nell'esempio svolto: 7.200 mc/h);
- n_min: il numero minimo di ricambi orari espressi in volumi ambienti/ora da assicurare agli ambienti (nell'esempio svolto: 1,44 [1/h]).

2 – PROGETTAZIONE A UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA

La progettazione a umidità specifica controllata fa riferimento al foglio di calcolo denominato "4.1 – Calcolo a tutt'aria – xi". Come illustrato nel prosieguo, il dimensionamento dell'impianto prevede la fissazione del valore dell'umidità specifica dell'aria di immissione. Il foglio di calcolo fa riferimento a tre diverse tipologie di impianto:

1. a singolo condotto con post-riscaldamento;
2. a doppio condotto con box di miscelazione;
3. a doppio condotto con plenum.

Per tutte e tre le tipologie è prefissata l'umidità specifica dell'aria di immissione. Le tipologie di impianto sono progettate per rispondere alla medesima esigenza, ovvero quella di smaltire un determinato carico sensibile e latente degli ambienti, essendo note la temperatura e l'umidità relativa esterna e le condizioni ambientali che si desiderano raggiungere.

La progettazione è dunque eseguita sulla base di un dato generale del problema riassumibile in una situazione ipotetica; ovvero:

- si suppone l'esistenza di un locale-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A [°C] e una umidità relativa Φ_A [%] supponendo che da separato calcolo risulta gravare sul locale medesimo un carico sensibile W_{sens} [kW] e un carico latente W_{lat} [kW]. Per l'aria esterna si suppone una temperatura T_E [°C] e una umidità relativa Φ_E [%]. La superficie del locale è S [mq]; il volume è V [mc]; la capienza massima dell'ambiente è di p [persone].

La finalità del programma è quella di reperire le condizioni termoigrometriche e la portata dell'aria da immettere nell'ambiente utile ad asportare il carico sensibile e il carico latente; inoltre le trasformazioni psicrometriche alle quali dovrà essere sottoposta la portata d'aria nell'unità di trattamento (UTA) per pervenire alle condizioni di immissione; le potenze scambiate; il vapore sottratto; la pendenza della retta ambiente; i fattori termici (interno ed

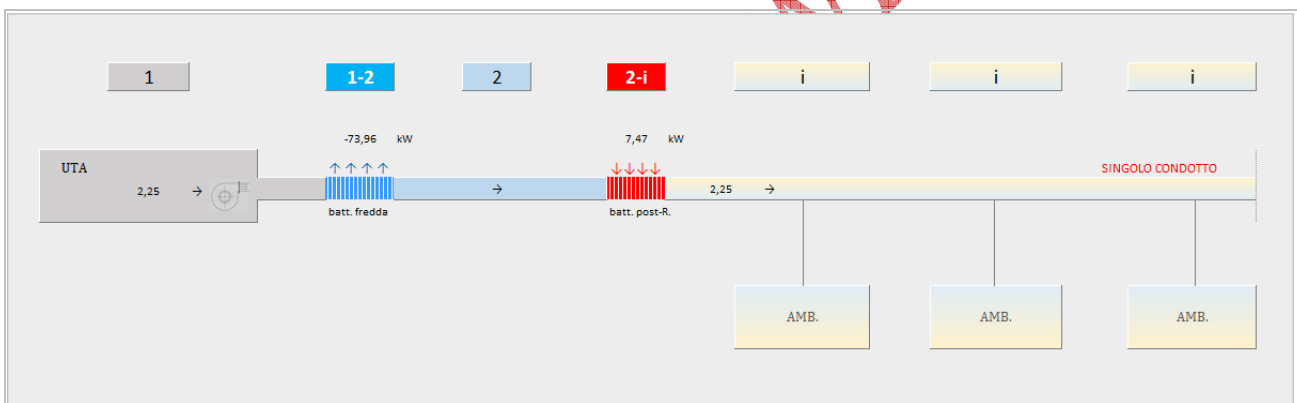
esterno); il fattore di bypass; le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

Per ciascuna tipologia di impianto, le relative trasformazioni psicrometriche dell'aria umida sono rappresentate sul diagramma psicrometrico interattivo, in modo tale da avere un riscontro tra i dati numerici calcolati dal programma e i dati numerici leggibili sul diagramma. Di seguito sono illustrati i procedimenti di dimensionamento per ciascuna delle tre tipologie di impianto.

2.1 - DIMENSIONAMENTO "A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO"

1 SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISC.

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:



Sul diagramma psicrometrico riportato in fondo a tale paragrafo, le trasformazioni relative a tale tipologia di impianto sono rappresentate con grafico di colore nero.

I numeri/lettere sopra riportati (1; 1-2; 2; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico.

Il dimensionamento necessita della preventiva definizione della retta ambiente sulla quale giacciono i punti rappresentativi delle condizioni termoigrometriche potenzialmente tutte idonee ad abbattere i carichi sensibile e latente degli ambienti di zona.

Il trattamento dell'aria avviene nella Unità di Trattamento (UTA). Qui l'aria subisce un primo raffreddamento 1 → D (vedi diagramma psicrometrico) e successiva deumidificazione sulla curva di saturazione D → 2; infine un **POST-RISCALDAMENTO** 2 → i a umidità specifica "xi" costante fino al raggiungimento del punto di immissione "i" giacente sulla retta ambiente.

Per la definizione della portata da immettere negli ambienti e delle sue caratteristiche termoigrometriche è necessario determinare preventivamente:

- Le condizioni termoigrometriche dell'aria esterna "E"; dell'aria ambiente "A"; del punto di rugiada "D" dell'aria esterna secondo quanto riportato in figura.

a	STATO ARIA ESTERNA E AMBIENTE								
G1 2,25	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
1	32	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,79	23,27
D	23,27	100%	2.855,80	28,56	0,01804	0,864	69,27	23,31	23,27
GA 2,25	TA °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
A	26	60%	3.361,16	20,17	0,0126	0,865	58,31	20,40	17,64

- Le condizioni termoigrometriche del punto 2' di massimo raffreddamento:

b	PORTATA DI IMMISSIONE E RICAMBI ORARI								
G_{2'} 2,25	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
2'	15,18	100%	1.723,69	17,24	0,0108	0,831	42,47	15,16	15,18

Dopo il calcolo delle suddette grandezze è possibile determinare la portata massica G_i [kg/s] di aria da immettere in ambiente. Per reperire tale valore è necessario fissare il valore dell'umidità specifica dell'aria di immissione "xi"¹.

Il programma indica il valore di x_{i_min} al di sotto del quale non è possibile scendere; tale valore ovviamente coincide con l'umidità specifica del punto 2' (nell'esempio svolto: $x_{i_min} = 0,0108$ [kgv/kg as]).

Il programma inoltre indica che i valori per cui è $x_{i_ottimale}$ sono tutti quelli per cui sono soddisfatte le due relazioni:

- $x_i > x_{i_min}$
- x_i è tale che la differenza tra temperatura di aria di immissione e temperatura ambiente ($T_i - T_A$) è compresa tra $-9,0$ °C e -3 °C:

Nell'inputare il valore di progetto x_i nella cella su sfondo giallo in carattere e bordo rosso

¹ Da qui la denominazione di progettazione "a umidità specifica controllata".

(nell'esempio svolto: $x_i = 0,115$ [kgv/kg as]), nel caso in cui sono soddisfatte entrambe le due relazioni sopra evidenziate il programma attiva la cella su sfondo verde con la dicitura "OK_xi in range ottimale". La quantità $(T_i - T_A)$ si attesta infatti al valore di $-6,57$ °C compreso tra $-9,0$ °C e $-3,0$ °C.

xi_min			kg/kg as	0,0108
input xi	xi ott. se	$-9,00 \leq T_i - T_A \leq -3,00$	kg/kg as	0,0115
OK_xi IN RANGE OTTIMALE				
Ti - TA			°C	-6,57
Gi_min	UNI EN 16798		kg/s	2,25
Gi_calc.	$W_{lat} / [r \cdot (x_A - x_i)]$		kg as/s	1,77
Gi			kg as/s	2,25
n_min	UNI EN 16798		1/h	1,44
n			1/h	1,44

Il valore di $x_i = 0,0115$ [kgv/kg as] così fissato è propedeutico alla determinazione della portata massica di immissione G_i [kg/s]. Tale valore è assunto pari al massimo tra il valore minimo G_{i_min} di ventilazione imposto dalle norme UNI EN 16798 e il valore di calcolo G_{i_calc} relativo alla massa d'aria necessaria ad asportare i carichi termici presenti negli ambienti di zona.

Nell'esempio svolto, la procedura di calcolo stabilita dalle norme UNI EN 16798 e implementata nel programma conduce al valore $G_{i_min} = 2,25$ [kg/s]; il valore di calcolo è invece pari a $G_{i_calc} = 1,77$ [kg/s]. Conseguentemente la portata di progetto è:

$$G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$$

Dopo la determinazione di G_i è possibile determinare il numero di ricambi orari di aria primaria. La procedura di calcolo delle norme UNI EN 16798 conduce a un valore minimo pari a $n_{min} = 1,44$ [1/h]; il valore di n calcolato dal programma si attesta a valori minori; conseguentemente il programma fissa il valore di n pari al valore massimo tra i due calcolati ovvero:

$$n = 1,44 \text{ [1/h]}$$

Le condizioni termoigrometriche dell'aria di immissione sono calcolate dal programma in funzione di $x_i = 0,0115$ [kgv/kg as] e $h_i = 48,70$ [kJ/kg as] e sono di seguito riportate:

G_i	T	Φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

La fissazione del valore $x_i = 0,0115$ [kgv/kg as] permette altresì di determinare il punto 2 di fine deumidificazione giacente sulla curva di saturazione a $\Phi = 100\%$:

G₂	T	Φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,18	16,19

Tutti valori finora calcolati dal programma, consentono di determinare la potenza termica e il contenuto di vapore sottratti dalla batteria fredda:

	$h1'$	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$		kJ / kg as	61,58
	Wsens_1-2	$G1 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-2	kW	-36,44
	Wlat_1-2	$G1 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-2	kW	-37,52
	W-	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-73,96
	U	$(x_i - x1) \cdot G1$	vapore sottratto a G1 nella UTA	kgv/s	-0,015

- $h1' = 61,58$ kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica 0,0115 [kgv/kg as] passante per il punto 2. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- Wsens_1-2 = -36,44 kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- Wlat_1-2 = -37,52 kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- W- = -73,96 kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;

- $U = -0,015 \text{ kgv/s}$ è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma liquida nel deumidificatore nella trasformazione $1 \rightarrow 2$ (in realtà nella sub-trasformazione $D \rightarrow 2$).

La potenza fornita all'aria attraverso il post-riscaldamento $2 \rightarrow i$ è la seguente:

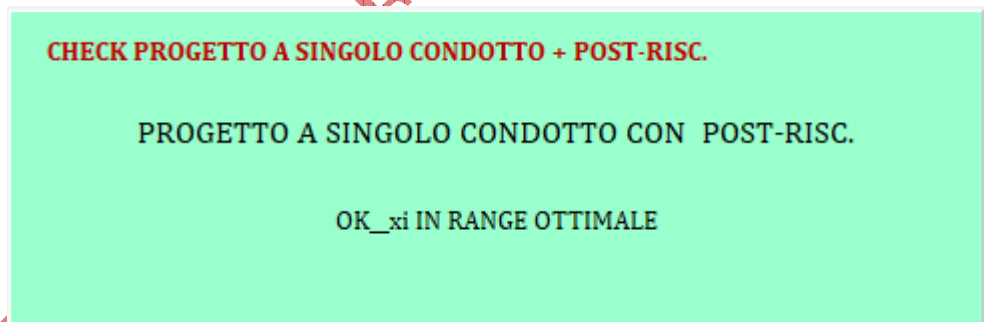
W+	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	kW	7,47
----	------------------------	----	-------------

Il fattore termico interno vale $RI = W_{sens}/W_t = 12/17 = 0,71$.

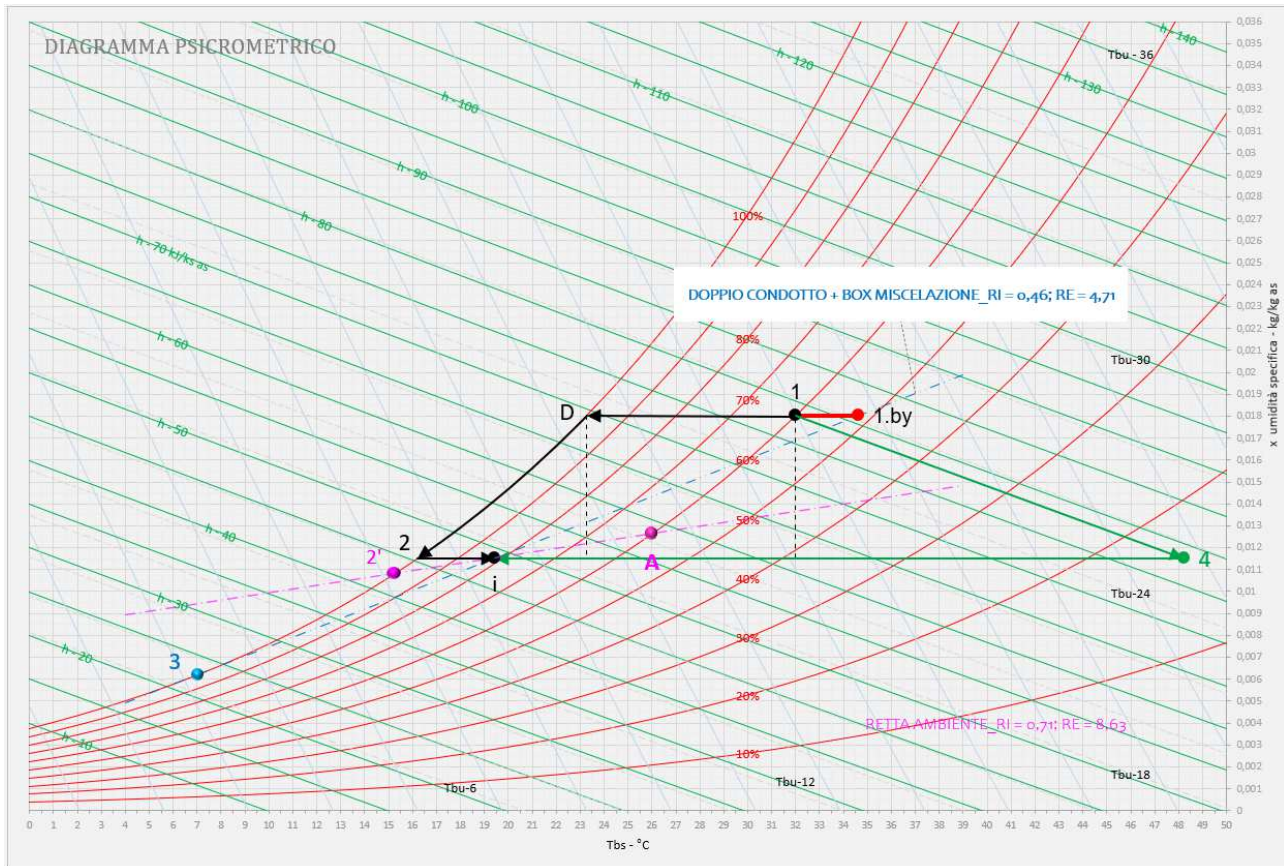
Il fattore termico esterno vale $RE = \Delta H/\Delta x = 8,50$.

RE_i-A	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$	kJ/gr _v	8,50
--------	------------------------------------------	--------------------	------

Il programma alla fine fornisce l'esito della progettazione attraverso un check di verifica:



Tutte gli stati psicrometrici dell'aria e le trasformazioni nella UTA, sono rappresentati su diagramma psicrometrico interattivo. I numeri o lettere sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria umida e trovano corrispondenza con quelli presenti nelle celle del foglio di calcolo. La tipologia di impianto "a singolo condotto + post-riscaldamento" è rappresentata mediante grafico di colore nero 1-D-2-i.



Per tale tipologia di impianto vale la prima parte di calcolo già vista per la tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento in riferimento alla fissazione del valore dell'umidità specifica di immissione $x_i = 0,0115$ [kg/kg]; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,25$ [kg/s]; alla determinazione del numero di ricambi orari $n = 1,44$ [1/h]; alla determinazione dei parametri psicrometrici relativi ai punti "1" (condizioni dell'aria esterna) e "i" (condizioni dell'aria di immissione).

Il programma in via preliminare considera la retta passante per il punto "1" e per il punto di immissione "i" (le coordinate [T; x] di tali punti sono note dai prospetti di calcolo sopra riportati; punto 1: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 60\%$; punto i: $T_i = 19,43^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 81,52\%$) e verifica preliminarmente se tale retta interseca o meno la curva di saturazione. Nell'esempio svolto tale retta non interseca la curva di saturazione; pertanto il programma determina in automatico il minimo riscaldamento al quale preliminarmente deve essere sottoposta la portata di bypass (rappresentata dal punto "1") affinché lo stato psicrometrico rappresentativo di tale portata si sposti dal punto iniziale "1" al punto finale "1.by" attraverso il citato riscaldamento sensibile; il tutto in modo tale che la nuova retta passante per i punti "1.by" e "i" possa intersecare la curva di saturazione nel primo punto utile. L'esito (nell'esempio svolto) è restituito nella schermata che segue:

La retta di miscelazione '1-i' non interseca la curva di saturazione; è stato necessario riscaldare la portata di bypass G1.by dallo stato '1' allo stato '1.by' avente $T_{1.by} = 34,73$ °C. In tal modo la nuova retta di miscelazione '1.by-i' incontra la curva di saturazione nel punto 3 avente $T_3 = 7$ °C. Il punto di immissione 'i' è ottenuto senza post-risc. per semplice miscelazione tra G1.by nelle condizioni '1.by' e G3.tr nello stato '3' di uscita dalla UTA.

In definitiva il programma indica che lo stato di immissione "i" della portata $G_i = 2,25$ [kg/s] giacente sulla retta ambiente, può essere ottenuto per miscelazione della portata di bypass G1.by rappresentata dal punto "1.by" e la portata G3.tr non bypassata e trattata nella UTA (raffreddata+deumidificata) rappresentata dal punto "3"; la miscelazione è prevista in apposito **BOX DI MISCELAZIONE** ubicato a ridosso degli ambienti di zona da climatizzare.

I valori degli estremi di miscelazione "1.by" e "3" sono calcolati in automatico dal programma; Sono determinate altresì le portate di miscelazione $G_{1.by} = 1,01$ [kg/s] e $G_{3.tr} = 1,24$ [kg/s] la cui somma è, ovviamente pari a $G_i = 2,25$ [kg/s].

ESTREMI DI MISCELAZIONE__1by-3									
G_{3.tr}	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,24	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
3	7,00	100%	999,95	10,00	0,00620	0,802	22,62	6,9	7,0
G_{1.by}	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,01	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1.by	34,73	51,50%	5.540,66	28,53	0,01802	0,898	81,11	26,66	23,28

Le condizioni dell'aria nello stato di immissione "i" ottenute dalla miscelazione sono riportate nel seguente prospetto di calcolo:

MISCELAZIONE__1by-3=i									
G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1.by+3	19,58	80,80%	2.276,65	18,39	0,0115	0,845	48,84	17,22	16,19

La potenza termica e il vapore sottratti alla portata G3.tr a seguito del raffreddamento e

deumidificazione eseguita nella UTA nella trasformazione 1 → 3 sono calcolate dal programma e riportate nel prospetto che segue:

POTENZA + VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA_1-3				
h1''	$c_{pa} \cdot T1'' + c_{pv} \cdot x1'' \cdot T1'' + r \cdot x1''$		kJ / kg as	48,02
Wsens_1-3	$G3.tr \cdot (h3 - h1'')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW	-31,49
Wlat_1-3	$G3.tr \cdot (h1'' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW	-37,52
W-_1-3	$G3.tr \cdot (h3 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-69,02
U	$G3.tr \cdot (x3 - x1'')$	portata vapore condensato	kgv/s	-0,015

- $h1'' = 48,02$ kJ/kg è l'entalpia del punto 1'', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante $0,00620$ [kg/kg] passante per il punto 3. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- $Wsens_{1-3} = -31,49$ kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $Wlat_{1-3} = -37,52$ kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $W_{-1-3} = -69,02$ kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $U = -0,015$ kg/s è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma liquida nel deumidificatore nella trasformazione 1 → 3 (in realtà nella sub-trasformazione D → 3).

I fattori termici Interno ed Esterno rappresentativi della pendenza della retta di miscelazione e il Fattore di bypass sono i seguenti:

RETTA DI MISCELAZIONE__1by-3				
RI	$Wsens/Wt$	rapporto termico interno	-	0,46
RE	$Wt/[G3.tr \cdot (x1.by-x3) \cdot 1000]$	rapporto termico esterno	kJ/grv	4,71
FB	$G1.by / Gi$	fattore di bypass	-	0,45

In riferimento al preventivo riscaldamento della portata di bypass $G1.by = 1,01$ [kg/s], i valori della potenza termica sensibile fornita $W+$; dell'aumento di temperatura $\Delta T+$ e della riduzione di umidità relativa $\Delta \Phi-$ subiti, i corrispondenti valori sono riportati nel prospetto seguente:

RISCALDAMENTO PORTATA_G1.by			
W+	$G1.by \cdot (h1.by - h1)$	kW	2,86
$\Delta T+$	$T1.by - T1$	°C	2,73
$\Delta \Phi-$	$\Phi1.by - \Phi1$	%	-8,50%

Il progetto si conclude col check finale sul dimensionamento:

CHECK PROGETTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

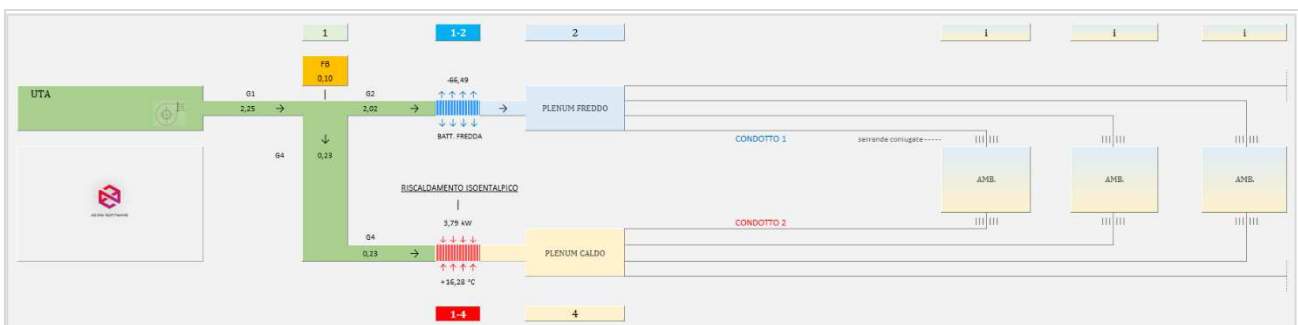
PROGETTO A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE_OK.

LA PORTATA DI BYPASS G1.by E' MISCELATA (PREVIO RISCALDAMENTO) CON PARTE DELLA PORTATA G3.tr IN USCITA DALLA UTA.

2.3 - DIMENSIONAMENTO "A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM"

3 DOPPIO CONDOTTO + PLENUM

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:



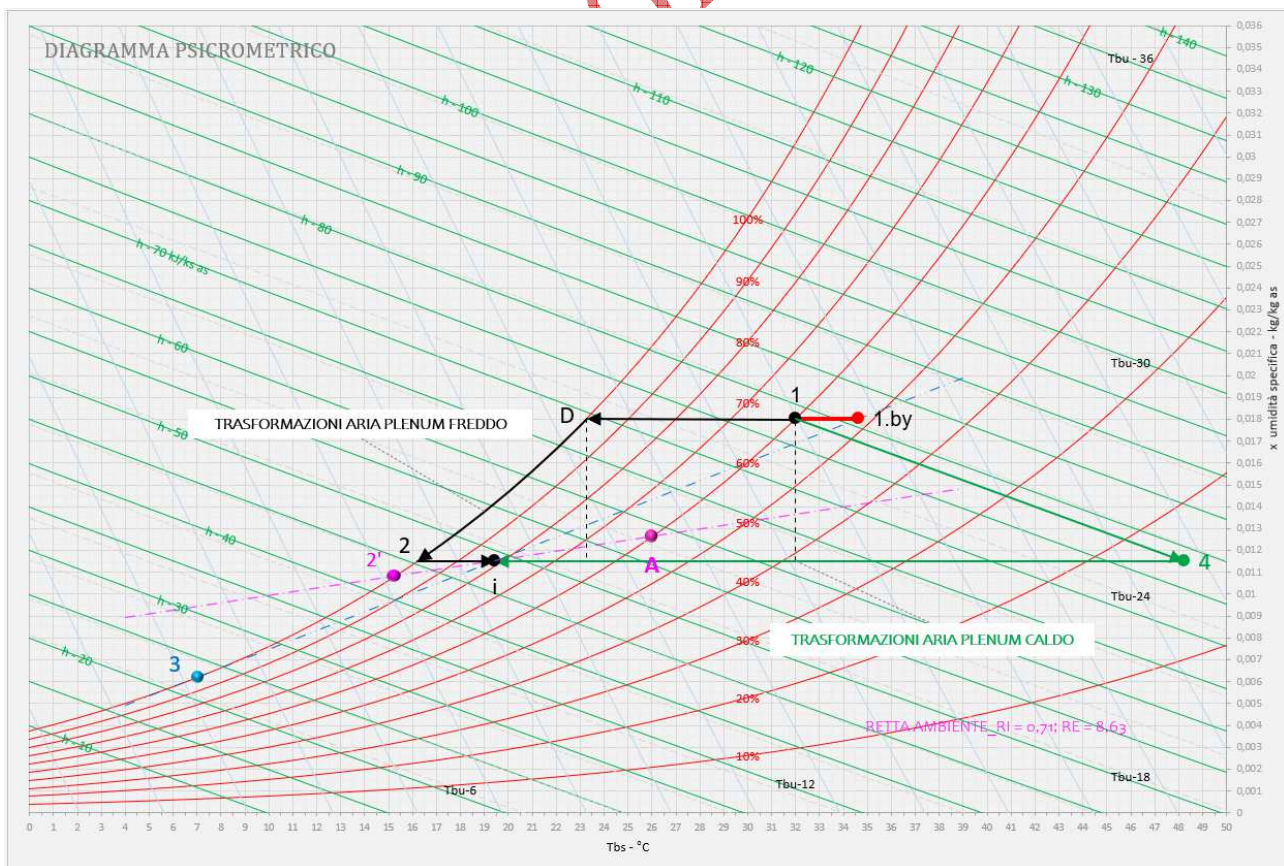
Le trasformazioni psicrometriche relative a tale tipologia di impianto avvengono diversamente per le due portate d'aria destinate a confluire nei due plenum. In particolare, l'aria destinata a confluire nel **PLENUM FREDDO** è sottoposta alle trasformazioni

rappresentate sul diagramma psicrometrico dalle linee a tratto continuo di colore nero (raffreddamento e deumidificazione; rif. percorso 1-D-2); l'aria di bypass desinata a confluire nel **PLENUM CALDO** è sottoposta alle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico dalle linee a tratto continuo di colore verde (riscaldamento adiabatico di tipo isoentalpico igroscopico; rif. percorso 1-4).

Successivamente parte della portata all'uscita dalla UTA del plenum freddo nelle condizioni termoigrometriche del punto "2" si mescola con parte della porta del plenum caldo nelle condizioni termoigrometriche del punto "4" determinando così le condizioni termoigrometriche del punto di immissione "i".

L'illustrazione del funzionamento dell'impianto avviene come sempre in riferimento all'esempio di calcolo.

Anche per tale tipologia di impianto vale la prima parte di calcolo già vista per la tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento in riferimento al valore dell'umidità specifica di immissione $x_i = 0,0115$ [kg/kg]; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,25$ [kg/s]; alla determinazione del numero di ricambi orari $n = 1,44$ [1/h]; alla determinazione dei parametri psicrometrici relativi ai punti "1" (condizioni dell'aria esterna) e "i" (condizioni dell'aria di immissione).



Pertanto le condizioni termoigrometriche del punto "i" derivano dal calcolo già effettuato in riferimento alla predetta tipologia di impianto e sono di seguito riproposte:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

Il punto 2 costituisce il primo estremo della retta di miscelazione 2-i-4 ed è relativa alla portata proveniente dal plenum freddo; il secondo estremo è il punto 4 ed è relativa alla portata proveniente dal plenum caldo. Le caratteristiche termoigrometriche dell'aria in riferimento a tali punti e le relative portate da miscelarsi sono rappresentate nel prospetto di calcolo che segue:

ESTREMI DI MISCELAZIONE__2-4									
G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,18	16,19
G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	48,28	16,25%	11.320,34	18,39	0,0115	0,928	78,28	26,62	16,27

La portata G2 vale 2,02 [kg/s]; la portata G4 = 0,23 [kg/s].

La miscelazione di tali portate restituisce le condizioni termoigrometriche del punto di immissione "i":

MISCELAZIONE__2+4→i									
G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

È istantaneo verificare che i parametri psicrometrici relativi ad "i" coincidono esattamente con quelli calcolati in riferimento alla tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento.

I parametri psicrometrici del punto 4 sono stati reperiti considerando per l'aria una trasformazione adiabatica isoentalpica con conversione di potenza latente in potenza sensibile. In riferimento all'aria trattata nella UTA e confluita nel plenum freddo sottoposta a raffreddamento e deumidificazione nel ciclo 1-D-2, si evince che la potenza termica e il vapore sottratti sono i seguenti:

POTENZA + VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA_1→2				
h1'	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$	1': proiezione punto 1 su orizz. per punto 2	kJ / kg as	61,58
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-2	kW	-32,76
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-2	kW	-33,73
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-66,49
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	portata vapore condensato	kgv/s	-0,013

- $h1' = 61,58$ kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante = 0,0115 [kg/kg] passante per il punto 2. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche;
- $Wsens_{1-2} = -32,76$ kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -33,73$ kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $W- = -66,49$ kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $U = -0,013$ kg/s è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma liquida nel deumidificatore nella trasformazione 1 → 2 (in realtà nella sub-trasformazione D → 2).

La potenza latente trasformata in potenza sensibile nel riscaldamento isoentalpico ISO-H 1-4, il vapore sottratto e il fattore di bypass sono riportati di seguito:

POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. ISO-H__1→4				
Wlat→Ws	$G4 \cdot (h4 - h1')$	energia convertita nel riscaldam. Isoentalpico	kW	3,79
U	$G4 \cdot (x4 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,0015
FB	$G4/Gi$	fattore di bypass	-	0,10

2.4 – DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

4 DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

Come sopra illustrato, il programma esegue simultaneamente il dimensionamento delle tre tipologie di impianto a “umidità specifica xi controllata”. In fase di dimensionamento della batteria fredda è il progettista a scegliere per quale delle tre tipologie eseguire il calcolo.

Sulla base della tipologia prescelta il programma riprende i valori calcolati della portata d'aria trattata nella batteria e della potenza termica.

SELEZIONA TIPOLOGIA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO					
<input type="radio"/>	IMPIANTO A SINGOLO CONDOTTO + POST-RISC.				
<input checked="" type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE				
<input type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + PLENUM				
Portata	kg/s	1,24	Potenza	kW	-69,02

Nell'esempio svolto è stata selezionata la tipologia "a doppio condotto + box miscelazione". Per essa i valori valgono:

Portata d'aria trattata = 1,24 kg/s;

Potenza = 69,02 kW (viene omissa il segno negativo in quanto potenza considerata dal punto di vista della batteria e non dell'aria trattata).

La tipologia di batteria prescelta è di tipo alettata con le caratteristiche di seguito riportate:

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Ai mmq
5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177

In riferimento all'alimentazione dei tubi alettati della batteria si assumono per l'acqua di circolazione i valori riportati di seguito:

$T_{hi} = 6^{\circ}\text{C}$: temperatura di ingresso dell'acqua nei tubi;

$\Delta T_{th} = 10^{\circ}\text{C}$: salto di temperatura dell'acqua tra ingresso e uscita dai tubi alettati;

Pertanto le grandezze relative all'acqua di alimentazione risultano quelle di seguito riportate:

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
T_{hi}	temp. ingresso acqua	$^{\circ}\text{C}$	6,0
ΔT_{th}	salto termico acqua	$^{\circ}\text{C}$	10,0
T_{hu}	temp. uscita acqua	$^{\circ}\text{C}$	16,00
T_m	temperatura superficiale media batteria	$^{\circ}\text{C}$	12,00
G_h	portata acqua batteria	l/s	1,65

In riferimento al calcolo del numero dei ranghi della batteria è necessario fissare il verso di circolazione dell'aria all'interno della batteria rispetto a quello dell'acqua all'interno dei tubi alettati. Nell'esempio svolto si è optato per un verso "incrociato".

NUMERO RANGHI					
flusso aria risp. flusso acqua:					
<input type="radio"/>	equicorrente	<input type="radio"/>	controcorrente	<input checked="" type="radio"/>	incrociato
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua		°C	10,3	
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente		°C	12,9	
F	fatt. correz. scambio term._risp. controcorrente	P=0,38	R=1,58	0,80	
va	velocità aria		m/s	2,5	
vh	velocità acqua		m/s	1,0	

In funzione di questo il programma determina:

$\Delta T_{ml} = 9,7$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in incrociato. Tale valore è dedotto dal preventivo calcolo delle seguenti grandezze (riportate in colore grigio in quanto grandezze propedeutiche);

$\Delta T_{ml_co} = 12,9$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

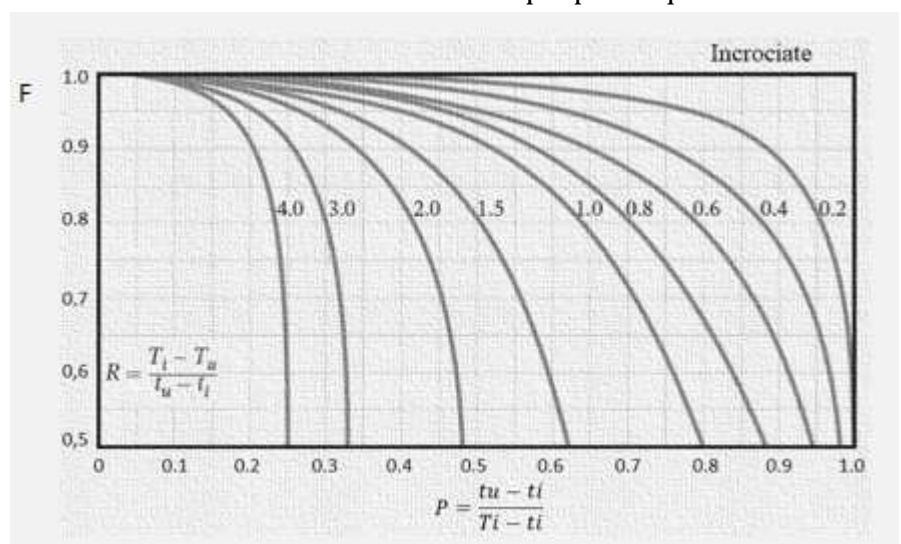
$F = 0,8$: fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze $P = 0,38$ ed $R = 1,58$; tali fattori fanno riferimento a grafici della letteratura in materia di dimensionamento di scambiatori di calore in funzione dei quali è diagrammato l'andamento del fattore di correzione. Nella maggior parte dei casi legati a casi pratici di dimensionamento delle batterie, il valore di F oscilla mediamente tra 0,7 e 0,8 essendo graficizzato con valori potenzialmente oscillanti tra 0,5 e 1,0. Nell'esempio svolto, come da grafico, il valore di F per $P = 0,38$ ed $R = 1,58$, è all'incirca pari a $F = 0,93$.

Il programma assume, a vantaggio di sicurezza il valore di 0,80. Per il calcolo del numero dei ranghi è altresì richiesta la definizione delle velocità dell'aria e dell'acqua per le quali sono stati assunti i valori che seguono:


va = 2,5 m/s: velocità dell'aria;

vh = 1,0 m/s: velocità dell'acqua.

Il tutto è riportato nel prospetto seguente:



Una volta definita anche la l'altezza della batteria (valore da inserirsi a cura del progettista) il programma calcola le caratteristiche dimensionali della batteria secondo il prospetto di seguito riportato:

	H	altezza batteria	mm	600
	L	$GE/(v_a \cdot H)$	larghezza batteria	mm
	Af	H*L	area frontale batteria	m ²
	N	$W_{tf}/(v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-
	i	H/N	interasse verticale tubi	mm

Inoltre determina il coefficiente di scambio termico globale U [W/mq°C] e il numero dei ranghi:



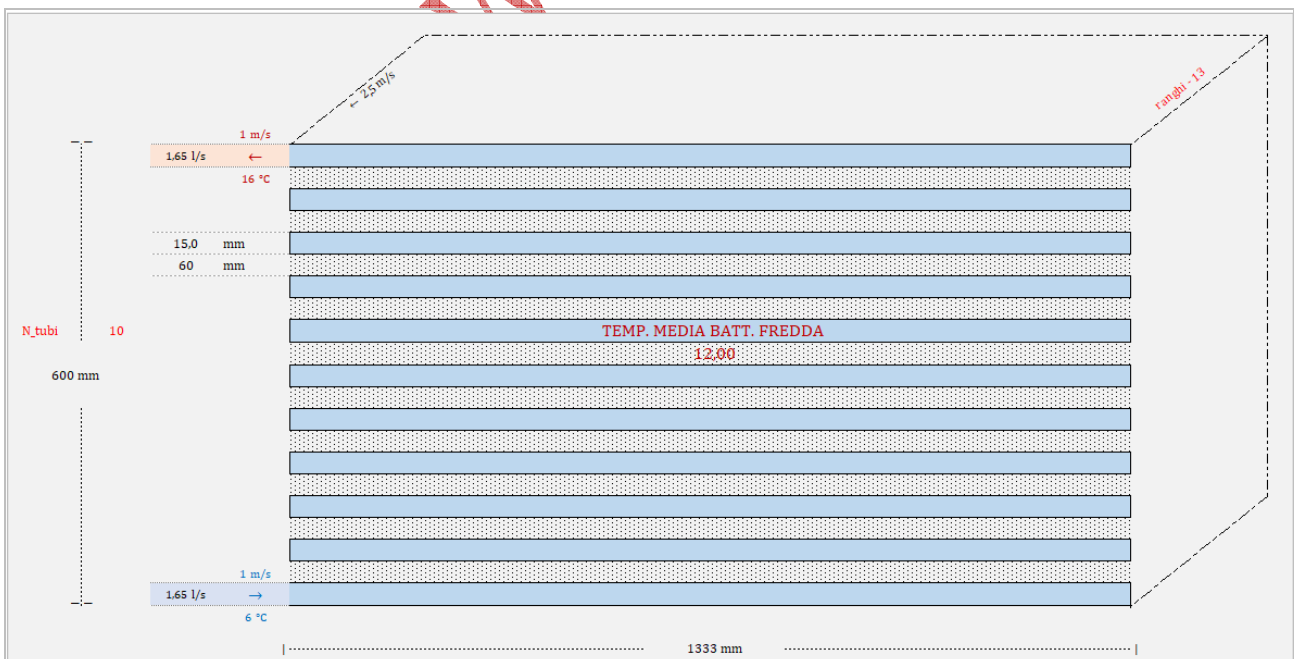
U_W/mq°C

868,57

NR - numero ranghi_Wt/Af*U*ΔTml)

13

Il dimensionamento della batteria è riassunto in uno schema grafico recante le caratteristiche principali.



3 - PROGETTAZIONE A TEMPERATURA DI IMMISSIONE CONTROLLATA

La progettazione a umidità specifica controllata fa riferimento al foglio di calcolo denominato "4.2 - Calcolo a tutt'aria - Ti". Come illustrato nel prosieguo, il dimensionamento dell'impianto prevede la fissazione del valore della temperatura dell'aria di immissione. Il foglio di calcolo fa riferimento a tre diverse tipologie di impianto:

1. a singolo condotto con post-riscaldamento;
2. a doppio condotto con box di miscelazione;
3. a doppio condotto con plenum.

Per tutte e tre le tipologie è prefissata la temperatura dell'aria di immissione. Le tipologie di impianto sono progettate per rispondere alla medesima esigenza, ovvero quella di smaltire un determinato carico sensibile e latente degli ambienti, essendo note la temperatura e l'umidità relativa esterna e le condizioni ambientali che si desiderano raggiungere.

La progettazione è dunque eseguita sulla base di un dato generale del problema riassumibile in una situazione ipotetica; ovvero:

Per tutte e tre le tipologie è prefissata la temperatura dell'aria di immissione. Le tipologie di impianto sono progettate per rispondere alla medesima esigenza, ovvero quella di smaltire un determinato carico sensibile e latente degli ambienti, essendo note la temperatura e l'umidità relativa esterna e le condizioni ambientali che si desiderano raggiungere.

La progettazione è dunque eseguita sulla base di un dato generale del problema riassumibile in una situazione ipotetica; ovvero:

- si suppone l'esistenza di un locale-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A [°C] e una umidità relativa Φ_A [%] supponendo che da separato calcolo risulta gravare sul locale medesimo un carico sensibile W_{sens} [kW] e un carico latente W_{lat} [kW]. Per l'aria esterna si suppone una temperatura T_E [°C] e una umidità relativa Φ_E [%]. La superficie del locale è S [mq]; il volume è V [mc]; la capienza massima dell'ambiente è di p [persone].

La finalità del programma è quella di reperire le condizioni termoigrometriche e la portata dell'aria da immettere nell'ambiente utile ad asportare il carico sensibile e il carico latente; inoltre le trasformazioni psicrometriche alle quali dovrà essere sottoposta la portata d'aria nell'unità di trattamento (UTA) per pervenire alle condizioni di immissione; le potenze

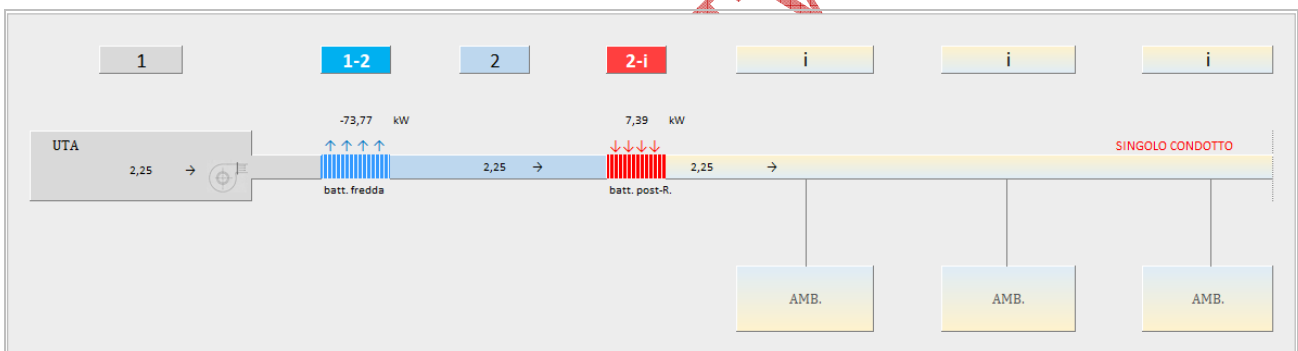
scambiate; il vapore sottratto; la pendenza della retta ambiente; i fattori termici (interno ed esterno); il fattore di bypass; le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

Per ciascuna tipologia di impianto, le relative trasformazioni psicrometriche dell'aria umida sono rappresentate sul diagramma psicrometrico interattivo, in modo tale da avere un riscontro tra i dati numerici calcolati dal programma e i dati numerici leggibili sul diagramma. Di seguito sono illustrati i procedimenti di dimensionamento per ciascuna delle tre tipologie di impianto.

3.1 - DIMENSIONAMENTO "A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO"

1 SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISC.

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:



Sul diagramma psicrometrico riportato in fondo a tale paragrafo, le trasformazioni relative a tale tipologia di impianto sono rappresentate con grafico di colore nero.

I numeri/lettere sopra riportati (1; 1-2; 2; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico.

Il dimensionamento necessita della preventiva definizione della retta ambiente sulla quale giacciono i punti rappresentativi delle condizioni termoigrometriche potenzialmente tutte idonee ad abbattere i carichi sensibile e latente degli ambienti di zona.

Il trattamento dell'aria avviene nella Unità di Trattamento (UTA). Qui l'aria subisce un primo raffreddamento $1 \rightarrow D$ (vedi diagramma psicrometrico) e successiva deumidificazione sulla curva di saturazione $D \rightarrow 2$; infine un **POST-RISCALDAMENTO** $2 \rightarrow i$ a umidità specifica "xi" costante fino al raggiungimento del punto di immissione "i" giacente sulla retta ambiente.

Per la definizione della portata da immettere negli ambienti e delle sue caratteristiche

termoigrometriche è necessario determinare preventivamente:

- Le condizioni termoigrometriche dell'aria esterna "E"; dell'aria ambiente "A"; del punto di rugiada "D" dell'aria esterna secondo quanto riportato in figura.

a		STATO ARIA ESTERNA E AMBIENTE								
G_E	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD	
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C	
1	32	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27	
D	23,27	100%	2.855,80	28,56	0,01804	0,864	69,27	23,3	23,27	
G_A	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD	
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C	
A	26	60%	3.361,16	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64	

- Le condizioni termoigrometriche del punto 2' di massimo raffreddamento:

b		PORTATA DI IMMISSIONE NEL LOCALE AMBIENTE								
G_{2'}	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD	
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C	
2'	15,25	100%	1.731,47	17,31	0,01081	0,831	42,67	15,2	15,3	

Dopo il calcolo delle suddette grandezze è possibile determinare la portata massica G_i [kg/s] di aria da immettere in ambiente. Per reperire tale valore è necessario fissare il valore della temperatura dell'aria nello stato di immissione "Ti"².

Il programma indica il valore di T_{i_min} al di sotto del quale non è possibile scendere; tale valore ovviamente coincide con la temperatura del punto 2' (nell'esempio svolto: $T_{i_min} = 15,25$ °C).

Il programma inoltre indica che i valori per cui è $T_{i_ottimale}$ sono tutti quelli per cui sono soddisfatte le due relazioni:

- $T_i > T_{i_min}$
- T_i è tale che la differenza tra temperatura di aria di immissione e temperatura ambiente ($T_i - T_A$) è compresa tra -9,0 °C e -3°C:

Nell'inputare il valore di progetto T_i nella cella su sfondo giallo in carattere e bordo rosso (nell'esempio svolto: $T_i = 19,43$ °C), nel caso in cui sono soddisfatte entrambe le due relazioni sopra evidenziate il programma attiva la cella su sfondo verde con la dicitura "OK_ T_i in range".

² Da qui la denominazione di progettazione "a temperatura di immissione controllata".

ottimale". La quantità $(T_i - T_A)$ si attesta infatti al valore di $-6,57$ °C compreso tra $-9,0$ °C e $-3,0$ °C.

Ti_min		°C	15,25
input_Ti	ottim. se	$-9,00 \leq T_i - T_A \leq -3,00$	°C
			19,43
OK_Ti IN RANGE OTTIMALE			
Ti - TA		$-10,75 \leq T_i - T_A \leq -5,38$	°C
			-6,57
Gi_min	UNI EN 16798		kg/s
			2,25
xi	$[RI \cdot r \cdot x_A - c_{pa} \cdot (1-RI) \cdot (T_A - T_i) - c_{pv} \cdot (1-RI) \cdot x_A \cdot T_A] / [r \cdot RI - c_{pv} \cdot (1-RI) \cdot T_i]$		kgv/kg
			0,0115
Gi_calc	$W_{lat} / [r \cdot (x_A - xi)]$		kg/s
			1,80
Gi	portata immissione		kg/s
			2,25
n_min	UNI EN 16798		1/h
			1,44
n	ricambi orari		1/h
			1,44

Il valore di $T_i = 19,43$ °C così fissato è propedeutico alla determinazione della portata massica di immissione G_i [kg/s]. Tale valore è assunto pari al massimo tra il valore minimo G_{i_min} di ventilazione imposto dalle norme UNI EN 16798 e il valore di calcolo G_{i_calc} relativo alla massa d'aria necessaria ad asportare i carichi termici presenti negli ambienti di zona.

Nell'esempio svolto, la procedura di calcolo stabilita dalle norme UNI EN 16798 e implementata nel programma conduce al valore $G_{i_min} = 2,25$ [kg/s]; il valore di calcolo è invece pari a $G_{i_calc} = 1,80$ [kg/s]. Conseguentemente la portata di progetto è:

$$G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$$

Dopo la determinazione di G_i è possibile determinare il numero di ricambi orari di aria primaria. La procedura di calcolo delle norme UNI EN 16798 conduce a un valore minimo pari a $n_{min} = 1,44$ [1/h]; il valore di n calcolato dal programma si attesta a valori minori; conseguentemente il programma fissa il valore di n pari al valore massimo tra i due calcolati ovvero:

$$n = 1,44 \text{ [1/h]}$$


Le condizioni termoigrometriche dell'aria di immissione sono calcolate dal programma in funzione di $T_i = 19,43$ °C e $xi = 0,0115$ [kg/kg] e sono di seguito riportate:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

La fissazione del valore $T_i = 19,43 \text{ °C}$ permette altresì di determinare il punto 2 di fine deumidificazione giacente sulla curva di saturazione a $\Phi = 100\%$:

G₂	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,22	100%	1.842,86	18,43	0,0115	0,835	45,46	16,21	16,22

Tutti valori finora calcolati dal programma, consentono di determinare la potenza termica e il contenuto di vapore sottratti dalla batteria fredda:

	$h1'$	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$		kJ / kg as	61,64
	W_{sens_1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-2	kW	-36,37
	W_{lat_1-2}	$G1 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-2	kW	-37,40
	$W-$	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-73,77
	U	$(x_i - x_1) \cdot G1$	vapore sottratto a G1 nella UTA	kg_v/s	-0,015

- $h1' = 61,64 \text{ kJ/kg}$ è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica $0,0115 \text{ [kg/kg]}$ passante per il punto 2. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- $W_{sens_1-2} = -36,37 \text{ kW}$ è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $W_{lat_1-2} = -37,40 \text{ kW}$ è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $W- = -73,77 \text{ kW}$ è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $U = -0,015 \text{ kg/s}$ è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma liquida nel deumidificatore nella trasformazione 1 → 2 (in realtà nella sub-trasformazione D → 2).

La potenza fornita all'aria attraverso il post-riscaldamento 2 → i è la seguente:

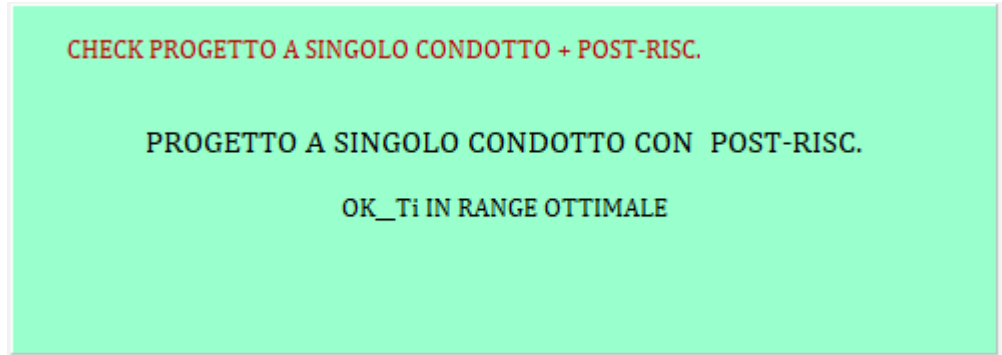
$W+$	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	potenza sensibile fornita nel post-riscald.	kW	7,39
------	------------------------	---------------------------------------------	----	-------------

Il fattore termico interno vale $RI = W_{sens}/W_t = 12/17 = 0,71$.

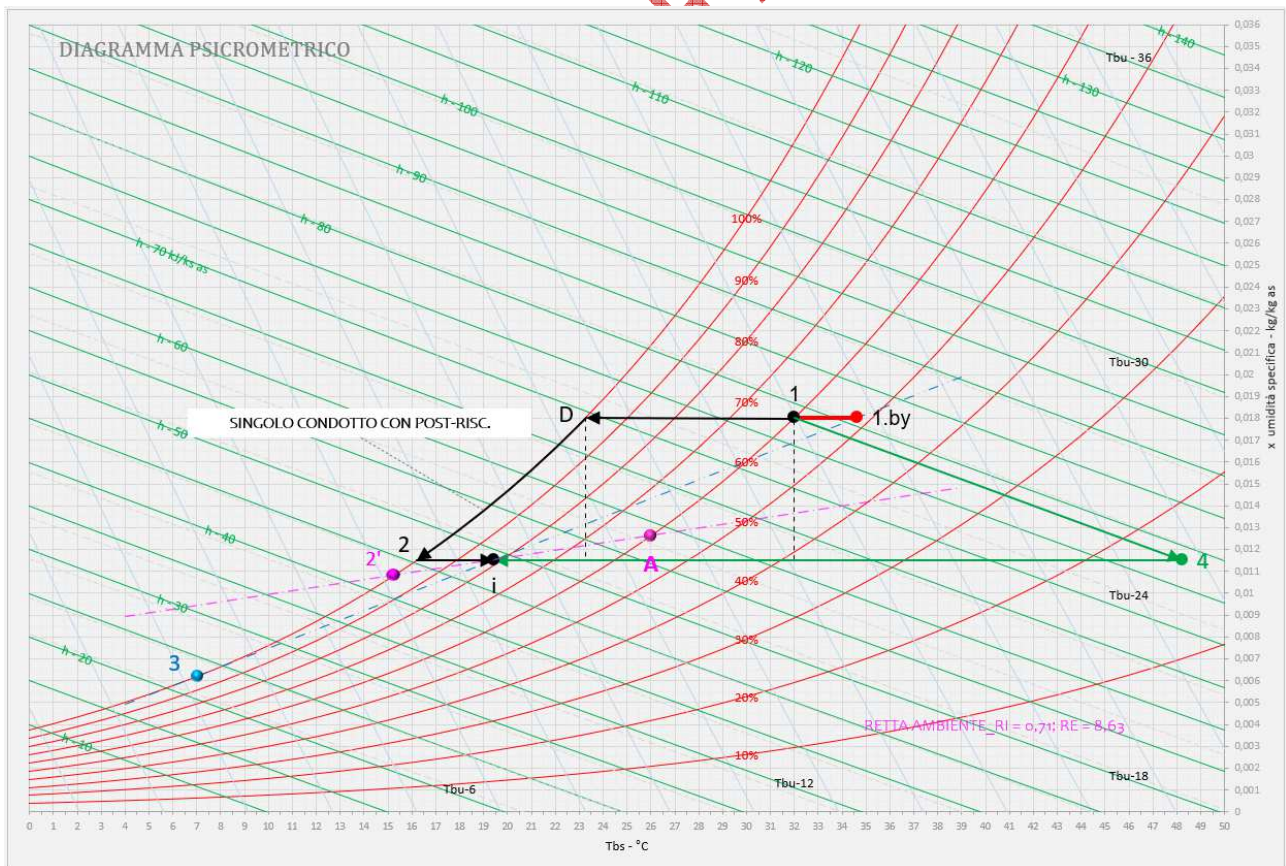
Il fattore termico esterno vale $RE = \Delta H / \Delta x = 8,63$.

RE _{i-A}	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$	kJ/gr _v	8,63
-------------------	------------------------------------------	--------------------	------

Il programma alla fine fornisce l'esito della progettazione attraverso un check di verifica:



Tutte gli stati psicrometrici dell'aria e le trasformazioni nella UTA, sono rappresentati su diagramma psicrometrico interattivo. I numeri o lettere sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria umida e trovano corrispondenza con quelli presenti nelle celle del foglio di calcolo. La tipologia di impianto "a singolo condotto + post-riscaldamento" è rappresentata mediante grafico di colore nero 1-D-2-i.



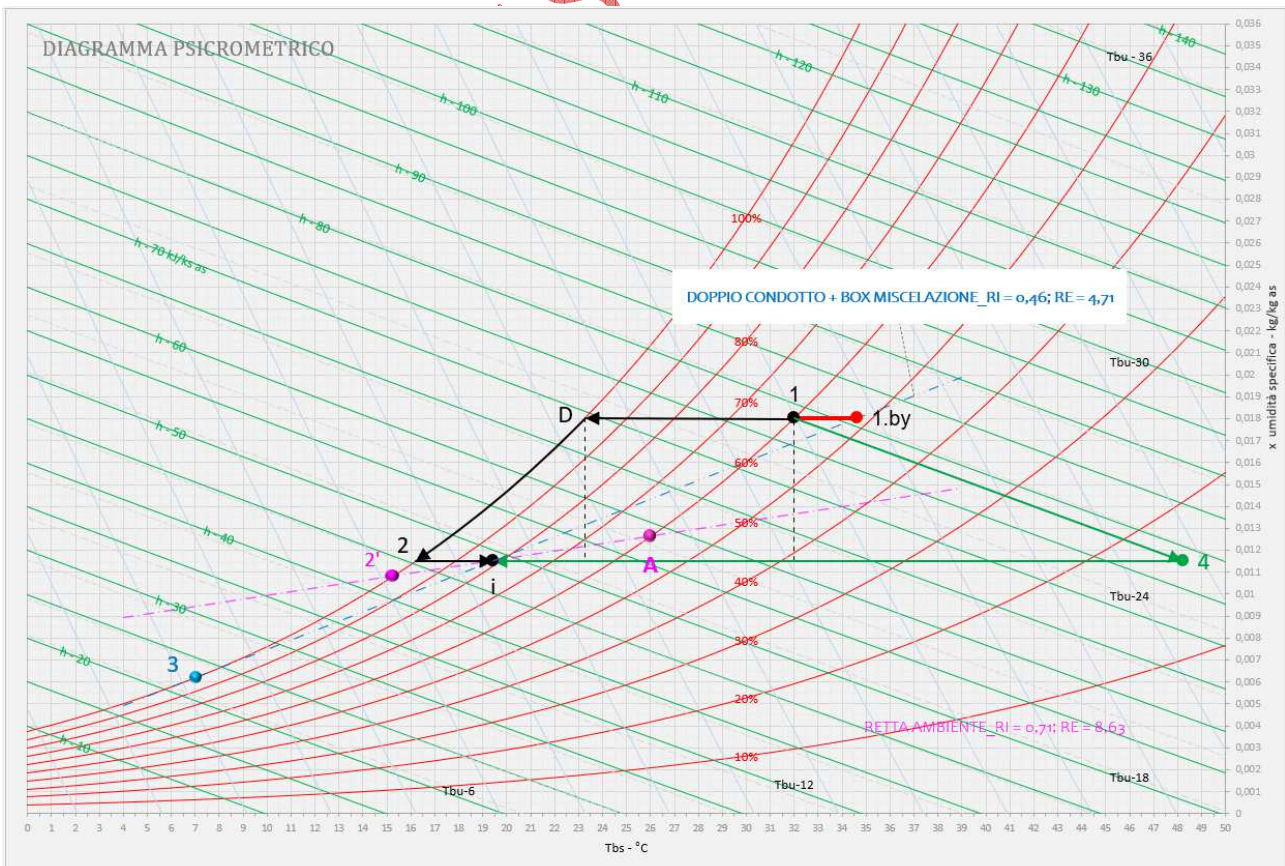
3.2 - DIMENSIONAMENTO "A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE"

2 DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:



Le trasformazioni relative a tale tipologia di impianto, sul diagramma psicrometrico sono normalmente rappresentate da retta di miscelazione a tratteggio di colore blu 1-i-3; nel caso specifico dell'esempio svolto, è invece rappresentata dalla retta di miscelazione a tratteggio di colore blu 1.by-i-3, a causa dell'intervenuto riscaldamento sensibile della portata bypassata (come meglio illustrato nel seguito).



Per tale tipologia di impianto vale la prima parte di calcolo già vista per la tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento in riferimento alla fissazione del valore della temperatura dell'aria di immissione $T_i = 19,43 \text{ }^\circ\text{C}$; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$; alla determinazione del numero di ricambi orari $n = 1,44 \text{ [1/h]}$; alla determinazione dei parametri psicrometrici relativi ai punti "1" (condizioni dell'aria esterna) e "i" (condizioni dell'aria di immissione).

Il programma in via preliminare considera la retta passante per il punto "1" e per il punto di immissione "i" (le coordinate $[T; x]$ di tali punti sono note dai prospetti di calcolo sopra riportati; punto 1: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 60\%$; punto i: $T_i = 19,43 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 81,69\%$) e verifica preliminarmente se tale retta interseca o meno la curva di saturazione. Nell'esempio svolto tale retta non interseca la curva di saturazione; pertanto il programma determina in automatico il minimo riscaldamento al quale preliminarmente deve essere sottoposta la portata di bypass (rappresentata dal punto "1") affinché lo stato psicrometrico rappresentativo di tale portata si sposti dal punto iniziale "1" al punto finale "1.by" attraverso il citato riscaldamento sensibile; il tutto in modo tale che la nuova retta passante per i punti "1.by" e "i" possa intersecare la curva di saturazione nel primo punto utile. L'esito (nell'esempio svolto) è restituito nella schermata che segue:

La retta di miscelazione '1-i' non interseca la curva di saturazione; è stato necessario riscaldare la portata di bypass $G_{1.by}$ dallo stato '1' allo stato '1.by' avente $T_{1.by} = 34,61 \text{ }^\circ\text{C}$. In tal modo la nuova retta di miscelazione '1.by-i' incontra la curva di saturazione nel punto 3 avente $T_3 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$. Il punto di immissione 'i' è ottenuto senza post-risc. per semplice miscelazione tra $G_{1.by}$ nelle condizioni '1.by' e $G_{3.tr}$ nello stato '3' di uscita dalla UTA.

In definitiva il programma indica che lo stato di immissione "i" della portata $G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$ giacente sulla retta ambiente, può essere ottenuto per miscelazione della portata di bypass $G_{1.by}$ rappresentata dal punto "1.by" e la portata $G_{3.tr}$ non bypassata e trattata nella UTA (raffreddata+deumidificata) rappresentata dal punto "3"; la miscelazione è prevista in apposito **BOX DI MISCELAZIONE** ubicato a ridosso degli ambienti di zona da climatizzare.

I valori degli estremi di miscelazione "1.by" e "3" sono calcolati in automatico dal programma; Sono determinate altresì le portate di miscelazione $G_{1.by} = 1,12 \text{ [kg/s]}$ e $G_{3.tr} = 1,13 \text{ [kg/s]}$ la cui somma è, ovviamente pari a $G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$.

ESTREMI DI MISCELAZIONE__1by-3									
G3_tr 1,13	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
3	7,00	100%	999,95	10,00	0,00620	0,802	22,62	6,92	7,00
G1.by 1,12	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
1.by	34,61	51,84%	5.503,60	28,53	0,01802	0,897	80,98	26,62	23,28

Le condizioni dell'aria nello stato di immissione "i" ottenute dalla miscelazione sono riportate nel seguente prospetto di calcolo:

MISCELAZIONE__1by+3 = i									
G_i 2,25	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
i	20,87	78,25%	2.466,61	19,30	0,0121	0,849	51,64	18,14	16,95

La potenza termica e il vapore sottratti alla portata G3.tr a seguito del raffreddamento e deumidificazione eseguita nella UTA nella trasformazione 1 → 3 sono calcolate dal programma e riportate nel prospetto che segue:

POTENZA + VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA__1-3			
h1"	$c_{pa} \cdot T1" + c_{pv} \cdot x1" \cdot T1" + r \cdot x1"$		kJ / kg as 48,02
Wsens_1-3	G3.tr * (h3 - h1")	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW -28,70
Wlat_1-3	G3.tr * (h1" - h1)	comp. latente sottratta tra 1-3	kW -34,20
Wt	G3.tr * (h3 - h1)	tot. potenza sottratta	kW -62,90
U	G3.tr * (x3 - x1)	vapore condensato	kgv/s -0,013

- h1" = 48,02 kJ/kg è l'entalpia del punto 1", proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante 0,00620 [kg/kg] passante per il punto 3. È un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- Wsens_1-3 = -28,70 kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- Wlat_1-3 = -34,20 kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- W-1-3 = -69,90 kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- U = -0,013 kg/s è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma

liquida nel deumidificatore nella trasformazione 1 → 3 (in realtà nella sub-trasformazione D → 3).

I fattori termici Interno ed Esterno rappresentativi della pendenza della retta di miscelazione e il Fattore di bypass sono i seguenti:

RETTA DI MISCELAZIONE__1by-3				
RI	W_{sens}/W_t	rapporto termico interno	-	0,46
RE	$W_t/[G1.tr * (x1.by-x3)*1000]$	rapporto termico esterno	kJ/grv	4,71
FB	$G1.by / G_i$	fattore di bypass	-	0,50

In riferimento al preventivo riscaldamento della portata di bypass $G1.by = 1,12$ [kg/s], i valori della potenza termica sensibile fornita $W+$; dell'aumento di temperatura $\Delta T+$ e della riduzione di umidità relativa $\Delta \phi-$ subiti, i corrispondenti valori sono riportati nel prospetto seguente:

RISCALDAMENTO PORTATA_ G1.by			
W-	$G1.by * (h1.by - h1)$	kW	3,03
$\Delta T+$	$T1.by - T1$	°C	2,61
$\Delta \phi-$	$\phi1.by - \phi1$	%	-8,16%

Il progetto si conclude col check finale sul dimensionamento:

CHECK

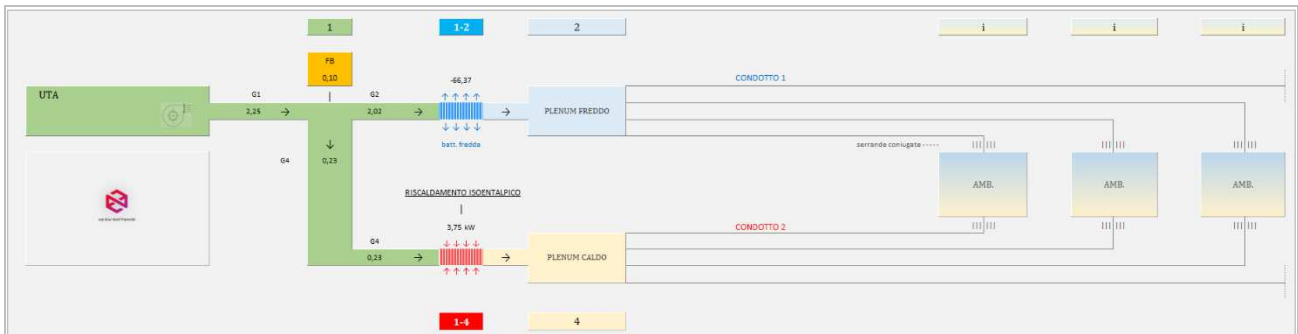
PROGETTO A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE_OK

LA PORTATA DI BYPASS $G1.by$ E' MISCELATA (PREVIO RISCALDAMENTO) CON PARTE DELLA PORTATA $G3.tr$ IN USCITA DALLA UTA

3.3 - DIMENSIONAMENTO "A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM"

3 DOPPIO CONDOTTO + PLENUM

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:

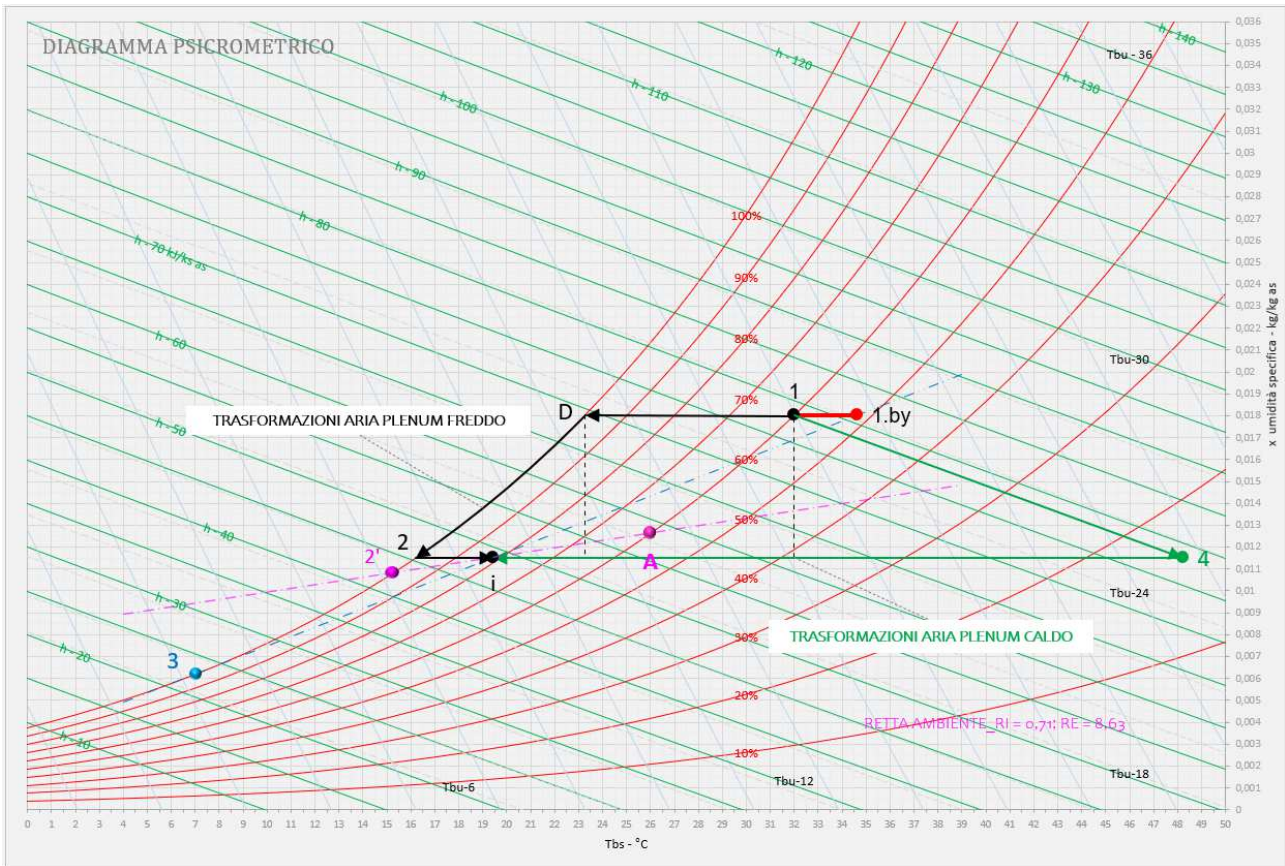


Le trasformazioni psicrometriche relative a tale tipologia di impianto avvengono diversamente per le due portate d'aria destinate a confluire nei due plenum. In particolare, l'aria destinata a confluire nel **PLENUM FREDDO** è sottoposta alle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico dalle linee a tratto continuo di colore nero (raffreddamento e deumidificazione; rif. percorso 1-D-2); l'aria di bypass destinata a confluire nel **PLENUM CALDO** è sottoposta alle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico dalle linee a tratto continuo di colore verde (riscaldamento adiabatico di tipo isoentalpico igroscopico; rif. percorso 1-4).

Successivamente parte della portata all'uscita dalla UTA del plenum freddo nelle condizioni termoigrometriche del punto "2" si mescola con parte della porta del plenum caldo nelle condizioni termoigrometriche del punto "4" determinando così le condizioni termoigrometriche del punto di immissione "i".

L'illustrazione del funzionamento dell'impianto avviene come sempre in riferimento all'esempio di calcolo.

Anche per tale tipologia di impianto vale la prima parte di calcolo già vista per la tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento in riferimento al valore della temperatura dell'aria di immissione $T_i = 19,42 \text{ }^\circ\text{C}$; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,25 \text{ [kg/s]}$; alla determinazione del numero di ricambi orari $n = 1,44 \text{ [1/h]}$; alla determinazione dei parametri psicrometrici relativi ai punti "1" (condizioni dell'aria esterna) e "i" (condizioni dell'aria di immissione).



Pertanto le condizioni termoigrometriche del punto “i” derivano dal calcolo già effettuato in riferimento alla predetta tipologia di impianto e sono di seguito riproposte:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

Il punto 2 costituisce il primo estremo della retta di miscelazione 2-i-4 ed è relativa alla portata proveniente dal plenum freddo; il secondo estremo è il punto 4 ed è relativa alla portata proveniente dal plenum caldo. Le caratteristiche termoigrometriche dell'aria in riferimento a tali punti e le relative portate da miscelarsi sono rappresentate nel prospetto di calcolo che segue:

ESTREMI DI MISCELAZIONE__2-4									
G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,22	100%	1.842,86	18,43	0,0115	0,835	45,46	16,21	16,22
G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	48,22	16,32%	11.288,95	18,43	0,0115	0,928	78,28	26,63	16,30

La portata G2 vale 2,02 [kg/s]; la portata G4 = 0,23 [kg/s].

La miscelazione di tali portate restituisce le condizioni termoisometriche del punto di immissione "i":

MISCELAZIONE__2+4→i									
G _i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

È istantaneo verificare che i parametri psicrometrici relativi ad "i" coincidono esattamente con quelli calcolati in riferimento alla tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento.

I parametri psicrometrici del punto 4 sono stati reperiti considerando per l'aria una trasformazione adiabatica isoentalpica con conversione di potenza latente in potenza sensibile. In riferimento all'aria trattata nella UTA e confluita nel plenum freddo sottoposta a raffreddamento e deumidificazione nel ciclo 1-D-2, si evince che la potenza termica e il vapore sottratti sono i seguenti:

POTENZA + VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA__1→2			
h1'	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$ [1': proiezione punto 1 su orizz. per punto 2]	kJ / kg as	61,64
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$ comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW	-32,73
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$ comp. latente sottratta tra 1-3	kW	-33,65
Wt	$G2 \cdot (h2 - h1)$ tot. potenza sottratta	kW	-66,37
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$ vapore condensato	kgv/s	-0,013

- h1' = 61,64 kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante = 0,0115 [kg/kg] passante per il punto 2. È un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche:
- Wsens_1-2 = -32,73 kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- Wlat_1-2 = -33,65 kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- W- = -66,37 kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- U = -0,013 kg/s è il valore del vapore condensato e sottratto all'aria umida sotto forma liquida nel deumidificatore nella trasformazione 1 → 2 (in realtà nella sub-trasformazione D

→ 2).

La potenza latente trasformata in potenza sensibile nel riscaldamento isoentalpico ISO-H 1-4, il vapore sottratto e il fattore di bypass sono riportati di seguito:

POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. ISO-H__1→4				
Wlat→Ws	$G4 * (h4 - h1')$	energia convertita nel riscaldam. Isoentalpico	kW	3,75
U	$G4 * (x4 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,0015
FB	G4/Gi	fattore di bypass	-	0,10

3.4 - DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

4

DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

Come sopra illustrato, il programma esegue simultaneamente il dimensionamento delle tre tipologie di impianto “a temperatura di immissione T_i controllata”. In fase di dimensionamento della batteria fredda è il progettista a scegliere per quale delle tre tipologie eseguire il calcolo. Sulla base della tipologia prescelta il programma riprende i valori calcolati della portata d'aria trattata nella batteria e della potenza termica.

SELEZIONA TIPOLOGIA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO				
<input type="radio"/>	IMPIANTO A SINGOLO CONDOTTO + POST-RISC.			
<input checked="" type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE			
<input type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + PLENUM			
Portata aria	kg/s	1,13	Potenza batteria	kW
				-62,90

Nell'esempio svolto è stata selezionata la tipologia “a doppio condotto + box miscelazione”. Per essa i valori valgono:

Portata d'aria trattata = 1,13 kg/s;

Potenza = 62,90 kW (viene omissa il segno negativo in quanto potenza considerata dal punto di vista della batteria e non dell'aria trattata).

La tipologia di batteria prescelta è di tipo alettata con le caratteristiche di seguito riportate:

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Ai mmq
5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177

In riferimento all'alimentazione dei tubi alettati della batteria si assumono per l'acqua di circolazione i valori riportati di seguito:

Thi = 6°C : temperatura di ingresso dell'acqua nei tubi;

ΔTh = 10°C : salto di temperatura dell'acqua tra ingresso e uscita dai tubi alettati;

Pertanto le grandezze relative all'acqua di alimentazione risultano quelle di seguito riportate:

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
Thi	temperatura ingresso acqua	°C	6,0
ΔTh	salto termico acqua	°C	10,0
Thu	temperatura uscita acqua	°C	16,00
Tm	temperatura superficiale media batteria	°C	12,00
Gh	portata acqua batteria	l/s	1,50

In riferimento al calcolo del numero dei ranghi della batteria è necessario fissare il verso di circolazione dell'aria all'interno della batteria rispetto a quello dell'acqua all'interno dei tubi alettati. Nell'esempio svolto si è optato per un verso "incrociato". In funzione di questo il programma determina:

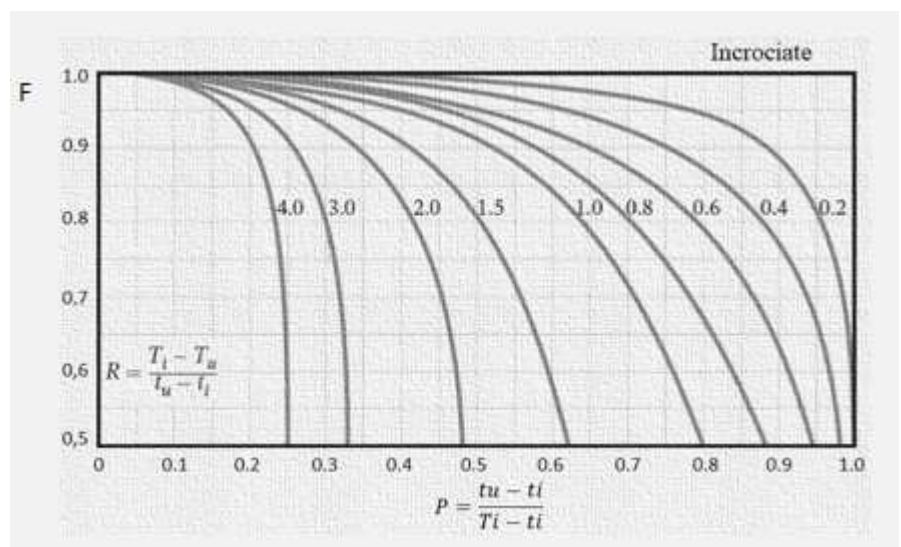
ΔTml = 10,3 °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in incrociato.

Tale valore è dedotto dal preventivo calcolo delle seguenti grandezze (riportate in colore grigio in quanto grandezze propedeutiche):

ΔTml_co = 12,9 °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

F = 0,8: fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il

riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo).



Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze $P = 0,38$ ed $R = 1,58$; tali fattori fanno riferimento a grafici della letteratura in materia di dimensionamento di scambiatori di calore in funzione dei quali è diagrammato l'andamento del fattore di correzione. Nella maggior parte dei casi legati a casi pratici di dimensionamento delle batterie, il valore di F oscilla mediamente tra 0,7 e 0,8 essendo graficizzato con valori potenzialmente oscillanti tra 0,5 e 1,0. Nell'esempio svolto, come da grafico, il valore di F per $P = 0,38$ ed $R = 1,58$, è all'incirca pari a $F = 0,93$. Il programma assume, a vantaggio di sicurezza il valore di 0,80. Per il calcolo del numero dei ranghi è altresì richiesta la definizione delle velocità dell'aria e dell'acqua per le quali sono stati assunti i valori che seguono:

$v_a = 2,5$ m/s: velocità dell'aria;

$v_h = 1,0$ m/s: velocità dell'acqua.

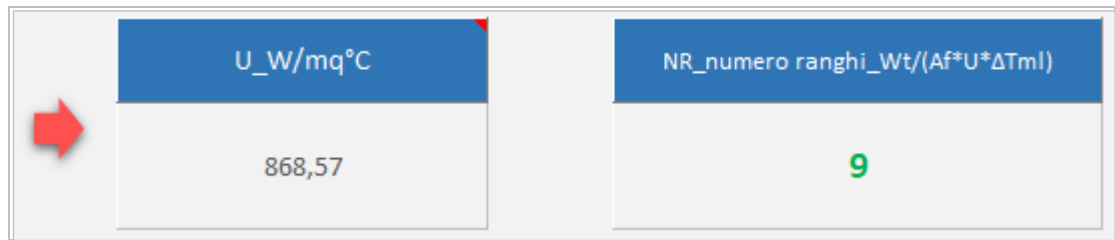
Il tutto è riportato nel prospetto seguente:

NUMERO RANGHI					
flusso aria risp. flusso acqua:					
<input type="radio"/>	equicorrente	<input type="radio"/>	controcorrente	<input checked="" type="radio"/>	incrociato
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua			°C	10,3
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente			°C	12,9
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	$P=0,38$	$R=1,58$	-	0,80
v_a	velocità aria			m/s	2,5
v_h	velocità acqua			m/s	1,0

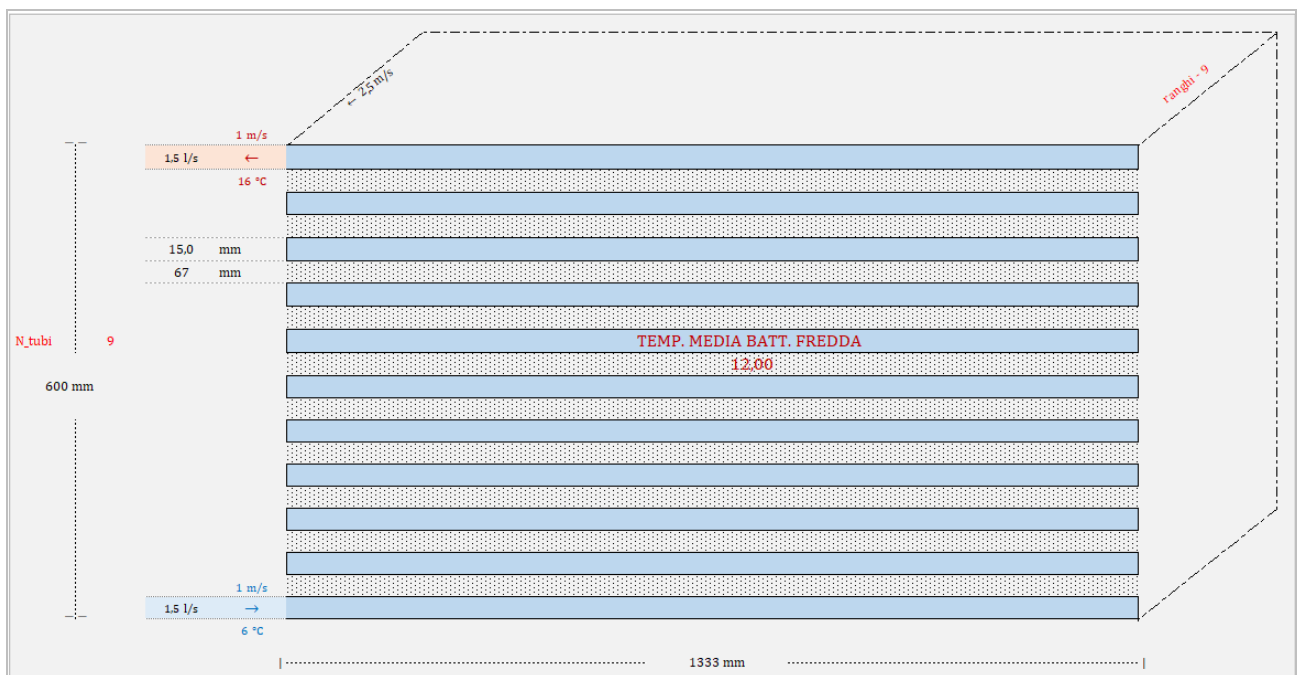
Una volta definita anche la l'altezza della batteria (valore da inserirsi a cura del progettista) il programma calcola le caratteristiche dimensionali della batteria secondo il prospetto di seguito riportato:

H		altezza batteria	mm	600
L	$GE/(v_a * H)$	larghezza batteria	mm	1.333
Af	$H * L$	area frontale batteria	m ²	0,80
N	$W_{tf}/(v_h * 4186 * A_{tu} * (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	9
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	67

Inoltre determina il coefficiente di scambio termico globale U [W/m²°C] e il numero dei ranghi:



Il dimensionamento della batteria è riassunto in uno schema grafico recante le caratteristiche principali.



AE-S

4- STAMPA RELAZIONE_Esempio di calcolo

La stampa della relazione del calcolo di esempio fa riferimento al file in excel di esempio allegato, unitamente al programma di calcolo, al presente manuale d'uso.



RELAZIONE TECNICA

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA PRESSIONE ATMOSFERICA 101325 Pa

COMMITTENTE	TIZIO Angelo
COD. FISCALE/P. IVA	ABC DEF 77H60 G005H
LOCALITA'	Roma (RM)
INDIRIZZO	Via dei Paschi di Siena, 20

ZONA URBANISTICA	B
FOGLIO	97
PARTICELLA	25
SUBALTERNO	6

PROGETTAZIONE	Ing. Alvaro BIANCHI	
	Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Studio tecnico	Massa di Somma_NA Via G. Falcone n. 53

DIREZIONE LAVORI	Ing. Aldo ROSSI	
	Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Studio tecnico	Massa di Somma_NA Via P. Borsellino n. 44

COLLAUDO	Ing. Filippo VERDI	
	Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Studio tecnico	Massa di Somma_NA Via R. Chinnici n. 64

© AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA**PREMESSA**

Ipotesi di progetto:

Locale-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A °C e una umidità relativa ϕ_A %.

Carico sensibile gravante pari a W_{sens} [kW]; carico latente gravante pari a W_{lat} [kW].

Aria esterna con temperatura T_E [°C] e umidità relativa ϕ_E [%].

Superficie di pavimento S [mq]; volume V [mc]; capienza massima locale p [persone].

TIPOLOGIE DI IPianto PROGETTATE:

- ▶ **A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO**
- ▶ **A DOPPIO CONDOTTO DON BOX DI MISCELAZIONE**
- ▶ **A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM**

PER CIASCUNA TIPOLOGIA SONO DETERMINATI:

- *i parametri psicrometrici dell'aria umida esterna e di quella ambiente;*
- *la portata di immissione G_i [kg/s] le sue condizioni termoigrometriche di immissione;*
- *la potenza termiche scambiate nelle batterie distinte in sensibile e latente;*
- *la portata di vapore condensato U [kg/s] nel processo di deumidificazione;*
- *il fattore termico R_i [-] interno ed $R_E = \Delta h / \Delta x$ esterno, relativi alla retta ambiente;*
- *le caratteristiche di funzionamento e le dimensioni della batteria fredda.*

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	A TUTT'ARIA PRIMARIA	
Metodo di calcolo:	a umidità specifica controllata	
Categoria locale	101.325	Pa
Categoria locale	residenz. e simili	
Categoria qualità attesa_UNI EN 16798	1_molto buono	
Grado inquinamento_UNI EN 16798	n.d.	
Metodo di calcolo_UNI EN 16798	metodo 1	
p_{numero} persone	n.d.	
$S_{superficie}$ pavimento locale	100	
$\%_{superficie}$ soggiorno + camere letto	n.d.	
V_{volume} locale	5.000	mc
T_E Temperatura esterna:	32,0	°C
ϕ_E Umidità relativa esterna:	60%	-
T_A Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
ϕ_A Umidità relativa ambiente di progetto:	60%	-
W_{sens} carico sensibile	12	kW
W_{lat} carico latente	5	kW

© AE-SW SOFTWARE

CONDIZIONI PSICROMETRICHE INIZIALI

E	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	32	60%	4.755,4	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27

aria esterna

A	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	26	60%	3.361,2	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64

aria ambiente

IMPIANTO A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO

L'impianto consiste nella installazione di Unità trattamento d'aria per singola zona a condizioni temo-igrometriche omogenee. Il dimensionamento è sulla base della portata d'aria necessaria ad asportare il carico termico distinto nelle componenti sensibile e latente. Il dimensionamento è condotto a tutt'aria primaria senza ricircolo. Le condizioni dell'aria in ingresso alla UTA sono le seguenti:

1	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	32	60%	4.755,4	28,53	0,0180	0,890	78,28	25,8	23,27

aria_ingresso UTA

PORTATA D'ARIA E CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE

Gi_Portata di immissione 2,25 kg/s

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,4	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,2	16,19

parametri psicrometrici aria di immissione

GRN_portata di rinnovo 2,25 kg/s
 N. vol. amb. /h 1,44 1/h
 GRC_portata di ricircolo 0,00 kg/s

POTENZA TERMICA E VAPORE SOTTRATTI IN BATTERIA FREDDA

Wsens_potenza sensibile sottratta -36,44 kW
 Wlat_potenza latente sottratta -37,52 kW
 Wt_potenza complessiva **73,96 kW**
 U_vapore condensato -14,66 gr_v/s

POTENZA TERMICA FORNITA IN BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO

© AE-SW SOFTWARE

W+_Potenza fornita	7,5	kW
--------------------	-----	----

FATTORE TERMICO RETTA AMBIENTE_i-A

RI = Wsens/Wt_fattore termico interno	0,71	-
RE = ΔH/Δx_fattore termico esterno	8,50	kJ/gr

IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO CON BOX MISCELAZIONE

L'impianto consiste nella installazione di Unità trattamento d'aria per singola zona a condizioni termometriche omogenee. Il dimensionamento è sulla base della portata d'aria necessaria ad asportare il carico termico distinto nelle componenti sensibile e latente. Il dimensionamento è condotto a tutt'aria primaria senza ricircolo. E' previsto un doppio condotto. Nel condotto 1 circola l'aria trattata in batteria fredda nelle condizioni di uscita dalla UTA. Nel condotto 2 circola l'aria esterna bypassata dalla batteria fredda (previo eventuale preriscaldamento). Le due correnti d'aria sono miscelate in apposito box posto nelle immediate vicinanze dell'ambiente, in modo da ottenere le condizioni di immissione.

Nel caso specifico risulta che:

La retta di miscelazione '1-i' non interseca la curva di saturazione; è stato necessario riscaldare la portata di bypass G1.by dallo stato '1' allo stato '1.by' avente T1.by = 34,73 °C. In tal modo la nuova retta di miscelazione '1.by-i' incontra la curva di saturazione nel punto 3 avente T3 = 7 °C. Il punto di immissione 'i' è ottenuto senza post-risc. per semplice miscelazione tra G1.by nelle condizioni '1.by' e G3.tr nello stato '3' di uscita dalla UTA.

PORTATE

G3_portata in scita dalla UTA	1,24	kg/s
G1-by_portata bypassata dalla batetria fredda	1,01	kg/s
G1_portata totale	2,25	kg/s
FB_fattore di bypass	0,45	-

CONDIZIONI PSICROMETRICHE PORTATE DI MISCELAZIONE

G3 1,24	T °C	φ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg	v mc/kg	h kJ/kg	Tbu °C	TD °C
3	7,00	100%	1.000,0	10,00	0,0062	0,802	22,62	6,9	7,00

aria in uscita dalla UTA

G1.by-R 1,01	T °C	φ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg	v mc/kg	h kJ/kg	Tbu °C	TD °C
1.by-R	34,73	51%	5.540,7	28,53	0,0180	0,898	81,11	26,7	23,28

aria bypassata riscaldata

Gi 2,25	T °C	φ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg	v mc/kg	h kJ/kg	Tbu °C	TD °C
i	19,58	81%	2.276,7	18,39	0,0115	0,845	48,84	17,2	16,19

aria miscelata di immissione

© AE-SW SOFTWARE

FATTORE TERMICO RETTA DI MISCELAZIONE		1.by-R - 3	
RI = W_{sens}/W_t fattore termico interno	0,46	-	
RE = $\Delta H/\Delta x$ fattore termico esterno	4,71	kJ/gr	
W _{sens} _potenza sensibile sottratta batt. fredda	-31,49	kW	
W _{lat} _potenza latente sottratta batt. fredda	-37,52	kW	
W _t _potenza complessiva	-69,02	kW	
U_vapore condensato batt. fredda	-14,66	gr/s	

IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM

L'impianto consiste nella installazione di Unità trattamento d'aria per singola zona a condizioni temo-igrometriche omogenee. Il dimensionamento è sulla base della portata d'aria necessaria ad asportare il carico termico distinto nelle componenti sensibile e latente. Il dimensionamento è condotto a tutt'aria primaria senza ricircolo. L'aria, essendo in ciclo estivo, non subisce trattamenti nella UTA. All'uscita è convogliata in due condotti separati. Nel condotto 1 è raffreddata mediante batteria fredda (punto 2); nel condotto 2 è riscaldata in modo adiabatico (punto 4). Successivamente le due correnti d'aria confluiscono in un plenum di miscelazione in condizioni di immissione in zona. Dal plenum si dipartono le diverse condotte di distribuzione verso gli ambienti della zona.

PORTATE

G2_portata condotto 1	2,02	kg_as/s
G4_portata condotto 2	0,23	kg_as/s
Gi_portata totale di immissione	2,25	kg_as/s
FB_fattore bypass	0,10	-

Condizioni aria condotto 1 all'uscita dalla batteria fredda:

G2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,2	16,19

Condizioni aria condotto 2 all'uscita dal trattamento adiabatico isoentalpico:

G4	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
4	48,28	16,25%	11.320,3	18,39	0,0115	0,928	78,28	26,6	16,27

Condizioni aria dopo miscelazione in plenum (condizioni di immissione di zona):

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,4	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,2	16,19

© AE-SW SOFTWARE

Potenza e vapore sottratti nella batteria fredda:

Wt_potenza complessiva	-66,49	kW
U_vapore condensato	-13,18	gr/s

Potenza latente convertita in sensibile e vapore sottratto nel riscaldamento isoentalpico:

Wlat→Ws	3,79	kW
U_vapore condensato	-1,48	gr/s

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDAPREVISIONE ESECUTIVA: **IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE**

TIPOLOGIA BATTERIA	De mm	Di mm	s mm
5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	0,43

Verso flusso aria risp. flusso acqua **incrociato**

Gb_portata aria su batteria	1,24	kg/s
Wt_potenza complessiva	-69,02	kW

Tin_temperatura acqua in ingresso	6,00	°C
Tout_temperatura acqua in uscita	16,00	°C
0	10,00	°C
Tm_Temperatura media alette	12,00	°C
Gh_portata acqua batteria	1,65	l/s

H_altezza batteria	600,00	mm
L_larghezza batteria	1333	mm
N_numero tubi orizzontali	10	-
i_interasse verticale tubi	60,0	mm
NR_numero ranghi	13	-



ALLEGATI

- tabulati di calcolo
- diagramma psicrometrico

Il Tecnico progettista
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

TABULATI DI CALCOLO

 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA REGIME ESTIVO		
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA PRESSIONE ATMOSFERICA 101325 Pa		
COMMITTENTE	TIZIO Angelo	
COD. FISCALE/P. IVA	ABC DEF 77H60 G005H	
RESIDENZA	Roma (RM)	
INDIRIZZO	Via dei Paschi di Siena, 20	
LOCALITA'	Roma (RM)	
INDIRIZZO	Via Michelangelo, 10	
ZONA URBANISTICA	B	
FOGLIO	97	
PARTICELLA	25	
SUBALTERNO	6	
PROGETTAZIONE	Ing. Alvaro BIANCHI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via G. Falcone n. 53	
DIREZIONE LAVORI	Ing. Aldo ROSSI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via P. Borsellino n. 44	
COLLAUDO	Ing. Filippo VERDI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via R. Chinnici n. 64	
<i>Studio associato di Ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)</i>		
AE-5W - © Tutti i diritti riservati		

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA REGIME ESTIVO

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA PRIMARIA

OPZIONE DI CALCOLO

xi a umidità specifica controllata
Ti a temperatura ambiente controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT 3/FETTO

INPUTINDIRETTO per altitudine e temperatura

H_{altitudine}

T₁ temperatura alla costruzione I

101.305 * (1 - 0.000126 * H_{altitudine})

101.305 * (1 - 0.000126 * H_{altitudine})

101.305 * (1 - 0.000126 * H_{altitudine})

101.305 * (1 - 0.000126 * H_{altitudine})

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

Pa **101.305**

DATI GENERALI

Destinazione d'uso locale **residenze simili** non residenziale

Quantità ambiente aria UNI EN 16798:

1_molto buono 2_buono 3_poco buono

Grado inquinamento ambiente UNI EN 15793: **opzioni attivate**

inquinata poco inquinata poco inquinato

Metodo di calcolo UNI EN 15798:

metodo 1 metodo 2 metodo 3

DIMENSIONE AMBIENTE

S_{superficie pavimento locale}

mg **100**

mg **100**

V_{volume locale}

mc **5.000**

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_{temperatura aria esterna}

°C **32**

qE_{umidità estiva aria esterna}

% **60%**

TA_{temperatura ambiente voluta}

°C **25**

qA_{umidità estiva ambiente voluto}

% **60%**

CARICHI

W_{MBMS} **12**

W_{let} **5**

S_{numero persone}

500

VENTILAZIONE MINIMA UNI EN 16798

GRN_{min}

mc/h **7.200**

T_{min}

h **1.44**

Studio associato di ingegneria - Via Napoleone III - Classe di Somma - (NA)

AE SW - Tutti i diritti riservati

3

DOPPIO CONDOTTO + PLENUM

ESTREMI DI MISCELAZIONE_2_4

G	T	φ	Pa,cal	Pv	x	v	h	Tb,cal	Tb,ref	Tb,ref
°C	%	Pa	kg/kg a.s.	kg/kg a.s.	kg/kg a.s.	m³/kg	°C	°C	°C	°C
2,25	61,20%	10,30	1,200,00	1,200,00	0,0115	0,848	18,70	17,17	14,18	14,18

MISCELAZIONE_2_4

G	T	φ	Pa,cal	Pv	x	v	h	Tb,cal	Tb,ref	Tb,ref
°C	%	Pa	kg/kg a.s.	kg/kg a.s.	kg/kg a.s.	m³/kg	°C	°C	°C	°C
18,17	61,20%	10,30	1,200,00	1,200,00	0,0115	0,848	18,70	17,17	14,18	14,18

POTENZA Y ARGOM. SOTTIATTI NELLA BATTERIA FREDDA_1-2

W	Watt	Watt	Watt	Watt
66,49	66,49	66,49	66,49	66,49

POTENZA LA TENDE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL BUC. ISO-T_1-4

W	Watt	Watt	Watt
3,79	3,79	3,79	3,79

CHECK

DOPPIO CONDOTTO - PLENUM_OK

EQUIVALENZE

CONTOCORRENTE

SCAMBIATORE

FLUSSO	ATT.	ATZ	AMEL	P
PLENUM FREDDO	20,1	0,2	7,3	0,81
PLENUM CALDO	10,1	0,2	3,0	1,20
MISCELAZIONE	-	-	10,3	0,00

4 DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

SELEZIONE TIPOLOGIA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO

IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + FORNITURA
 IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOMMISCELAZIONE
 IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BURNING

Gb. Portata: **1.24** kg/s Wd. Potenza batteria: **147** kW **69.02**

TIPOLOGIA

3/8" 8.31diate/pollice Dc: **1.525** mm Di: **1.525** mm Ai: **1.525** mm
 3/8" 8.31diate/pollice Dc: **1.525** mm Di: **1.525** mm Ai: **1.525** mm

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA

Tb1	temperatura ingresso acqua	°C	10.0
A.Tb	velocità ingresso acqua	m/s	0.00
Tb2	temperatura uscita acqua	°C	10.0
A.Tb2	velocità uscita acqua	m/s	0.00
Ch	potenza uscita batteria	kW	147

NUMERO RANGHII

Flusso d'aria tipo Flusso acqua

Q.Batt	velocità ingresso acqua	m/s	0.00
A.Q.Batt	velocità uscita acqua	m/s	0.00
Q	potenza uscita batteria	kW	147
Qd	velocità d'aria	m/s	0.00
A.Qd	velocità d'aria	m/s	0.00

CHECK GLOBALE PROGETTO

PROGETTO COMPLESSIVO - IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE...OK

LA PORTATA DI BYPASS 'G1.by' NELLE CONDIZIONI '1.by' E' STATA MISCELATA (PREVIO RISCALDAMENTO) CON LA PORTATA 'G3.t' NELLE CONDIZIONI '3' IN USCITA DALLA UTA.

H	altezza batteria	mm	600
L	larghezza batteria	mm	1.525
N	numero tubi orizzontali	mm	30
I	interasse vert. tubi	mm	20

U (W/mq) °C: **88.827**
 nR - numero ranghi: **13**

AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING PROJECT

SINGLE-ZONE SYSTEMS SIZING WITH ALL PRIMARY AIR

PREMISE

The Manual illustrates the functions of the program in *Excel format* for the sizing of air treatment systems for summer air conditioning of rooms whose thermo-hygrometric conditions are homogeneous and can be defined through a single thermal zone.

The calculation refers to public or private buildings; residential or not; It can be conducted at controlled specific input humidity or controlled input temperature. The psychrometric parameters of the air are calculated according to the different values that the atmospheric pressure assumes depending on the geographical location of the locality. Atmospheric pressure (if known) can be input directly by the designer; that is, it can be calculated by the program according to the height of the building and the external temperature existing at that level.

The sizing is carried out in accordance with the UNI EN 16798 standards with reference to the minimum ventilation volume and the minimum number of hourly changes that the standard establishes according to the intended use of the premises, the category of expected environmental quality, the degree of pollution, the degree of crowding, the consistency of the floor surface and the volume of the building.

The types of system envisaged are:

- single-duct with post-heating;
- double duct with mixing box;
- double duct with plenum.

For each type, the sizing is carried out analytically with numerical calculations and subsequently illustrated on an interactive psychrometric diagram with the reporting of the thermo-hygrometric transformations of the air. Finally, for each type of system, the cold coil is sized with definition of the dimensions; the number of finned tubes; their wheelbase and the number of ranks.

The illustration of the program is made with reference to a concrete case; In this sense, the user manual is also a practical application example.

1 - GENERAL DATA

All data can only be entered in cells on a yellow background with a red font and border; the only ones that are active and editable. The rest are return cells. The cells are entered in the vertical reading order of the spreadsheets.

The general data concern:

**SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEM
SUMMER REGIME**

SYSTEM TYPE
FULL AIR PRIMARY

CALCULATION OPTION
 xi with controlled specific humidity
 T1 air controlled inlet temperature

ATMOSPHERIC PRESSURE
 DIRECT INPUT Pa **101.325**
INDIRECT INPUT by altitude and temperature
- H_altitude m 2.000
- TH_temperature to altitude H °C 15
101325 - 11,57 * H + 0,00655 * H² Pa
101325 * (1 - 0,000225 * H)^{-5,25} Pa
101325 * 0,9677^(H/100) Pa
101325 * e^{-9,8 * H * (101325 / P)} Pa

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION Pa **101.325**

GENERAL DATA

Building use no residential
 resid. and similar

Expected environmental quality_UNI EN 16798:
 1_very good 2_good 3_not very good

Degree of environmental pollution_UNI EN 16798: → no active options
 polluted moderately polluted little polluted

Calculation method_UNI EN 16798:
 method 1 method 2 method 3

BUILDING DIMENSION

S_building floor area mq **100**
S6_surface living room + bedrooms mq **80.00**
V_building volume mc **5.000**

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature °C **32**
phi_E_relative humidity outdoor air % **60%**
TA_desired room temperature °C **25**
phi_A_desired relative humidity % **60%**

LOADS

W_sens sources: external environment, people, equipment, infiltrations kW **12**
W_lat sources: people, apparel, infiltrations kW **5**
n_number of people - 500

MINIMUM VENTILATION_UNI EN 16798

GRN_min minimum replacement flow rate_UNI EN 16798 mc/h **7.200**
n_min minimum number of vol. amb/h_UNI EN 16798 1/h **1.44**

Studio associati di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)

AE-SW - © All rights reserved

- the type of system: all-primary air (default);
- the calculation option: between "controlled specific humidity" and "controlled input temperature" (in the example carried out: "controlled specific humidity");
- atmospheric pressure: definable by "direct input" or "indirect input" through the indication of the height of the building and the corresponding external temperature (in the example carried out: P = 101.325 Pa);
- the intended use of the premises: residential or non-residential (in the example carried out: residential and similar);
- the environmental quality category expected pursuant to the UNI EN 16798 standards (in the example carried out: 1_very good);
- the degree of environmental pollution in accordance with UNI EN 16798 standards (in the

example carried out: not selectable as it is intended for residential use);

- the calculation method in accordance with the UNI EN 16798 standards: for the purpose of determining the minimum ventilation volume and the minimum number of hourly changes, 3 calculation methods are provided; that is, as a function of the surface area only; depending only on crowding; depending on the surface area and crowding (in the example carried out: method 1);
 - the conditions of the outdoor and environmental area (in the example carried out: TE = 32 °C; ΦE = 60%; TA = 26 °C; ΦA = 60%);
- the sensitive and latent loads weighing on the environments in the area (in the example carried out: Wsens = 12 kW; Wlat = 5 kW).

GENERAL DATA			
Building use	<input checked="" type="checkbox"/>	resid. and similar	no residential
Expected environmental quality_UNI EN 16798:	<input checked="" type="radio"/>	1_very good	<input type="radio"/> 2_good <input type="radio"/> 3_not very good
Degree of environmental pollution_UNI EN 16798:	→ no active options		
	<input type="radio"/>	polluted	<input checked="" type="radio"/> moderately polluted <input type="radio"/> little polluted
Calculation method_UNI EN 16798:	<input checked="" type="radio"/>	method 1	<input type="radio"/> method 2 <input type="radio"/> method 3
BUILDING DIMENSION			
S_building floor area	mq		100
%_ surface living room + bedrooms	mq		80,0%
V_building volume	mc		5.000
EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS			
TE_outside air temperature	°C		32
Φ E_relative humidity outdoor air	%		60%
TA_desired room temperature	°C		26
Φ A_desired relative humidity	%		60%
LOADS			
Wsens	sources: external environment, people, equipment, infiltrations	kW	12
Wlat	sources: people, apparel, infiltrations	kW	5
p_number of people	-		500
MINIMUM VENTILATION_UNI EN 16798			
GRN_min	minimum replacement flow rate_UNI EN 16798	mc/h	7.200
n_min	minimum number of vol. amb/h_UNI EN 16798	1/h	1,44

Depending on the data entered, the program returns:

- GRN_{min}: the value of the minimum external ventilation flow rate to be ensured to the rooms (in the example carried out: 7,200 mc/h);
- n_{min}: the minimum number of hourly changes expressed in room volumes/hour to be ensured to the environments (in the example carried out: 1.44 [1/h]).

2 – PROJECT WITH CONTROLLED SPECIFIC HUMIDITY

The controlled specific humidity design refers to the spreadsheet called "4.1 – All-Air Calculation – xi". As illustrated below, the sizing of the system involves setting the value of the specific humidity of the intake air. The spreadsheet refers to three different types of systems:

4. single-duct with post-heating;
5. double duct with mixing box;
6. double duct with plenum.

For all three types, the specific humidity of the intake air is predetermined. The types of systems are designed to meet the same need, i.e. to dispose of a certain sensitive and latent load of the rooms, since the external temperature and relative humidity and the environmental conditions to be achieved are known.

The design is therefore carried out on the basis of a general datum of the problem that can be summarized in a hypothetical situation; or:

- it is assumed that there is a room-environment in which a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%] are to be maintained, assuming that a separate calculation results in a sensible load W_{sens} [kW] and a latent load W_{lat} [kW] weighing on the room itself. For the outside air, a temperature T_E [°C] and a relative humidity Φ_E [%] are assumed. The surface area of the room is S [sqm]; the volume is V [mc]; The maximum capacity of the room is p [people].

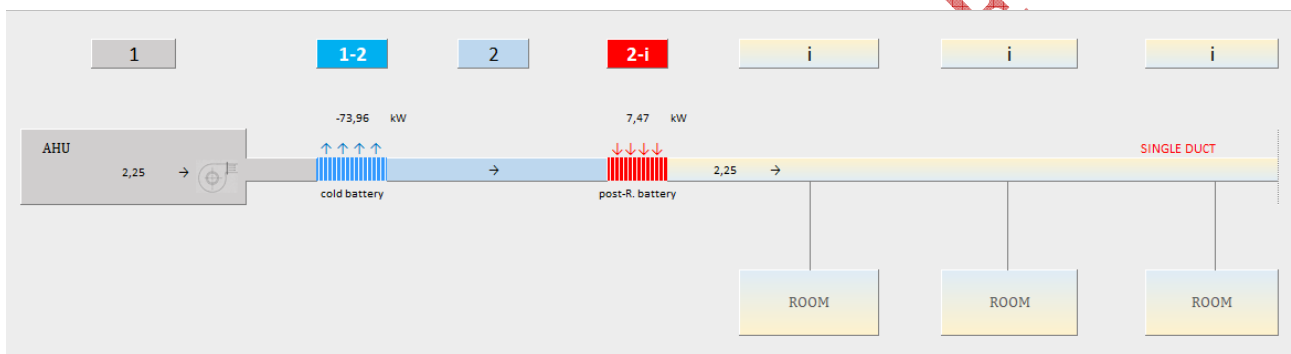
The purpose of the program is to find the thermo-hygrometric conditions and the flow rate of air to be introduced into the environment useful for removing the sensitive load and the latent load; in addition, the psychrometric transformations to which the air flow rate in the treatment unit (AHU) must be subjected in order to reach the intake conditions; the powers exchanged; the steam subtracted; the slope of the room line; thermal factors (internal and external); the bypass factor; the functional and dimensional characteristics of the cooling coil.

For each type of system, the relative psychrometric transformations of humid air are represented on the interactive psychrometric diagram, so as to have a match between the numerical data calculated by the program and the numerical data readable on the diagram. The sizing procedures for each of the three types of system are illustrated below.

2.1 - "SINGLE DUCT WITH POST-HEATING" SIZING

1 SINGLE DUCT WITH POST-HEATING

The type of system is graphically schematized in the following model:



On the psychrometric diagram at the end of this paragraph, the transformations relating to this type of implant are represented with a black graph.

The numbers/letters above (1; 1-2; 2; etc...) are representative of the psychrometric states of the air and the transformations represented on the psychrometric diagram.

The sizing requires the prior definition of the environmental line on which lie the points representative of the thermo-hygrometric conditions, potentially all suitable for reducing the sensitive and latent loads of the area environments.

The air treatment takes place in the Handling Unit (AHU). Here the air undergoes an initial cooling 1 → D (see psychrometric diagram) and subsequent dehumidification on the saturation curve D → 2; finally a 2 → i **POST-HEATING** with constant specific humidity "xi" until the emission point "i" lying on the room line is reached.

To define the flow rate to be introduced into the rooms and its thermo-hygrometric characteristics, it is necessary to determine in advance:

- The thermo-hygrometric conditions of the outside air "E"; of ambient air "A"; of the dew point "D" of the outside air as shown in the figure.

a	OUTDOOR AND AMBIENT AIR STATUS								
G1 2,25	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	32	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,79	23,27
D	23,27	100%	2.855,80	28,56	0,01804	0,864	69,27	23,31	23,27
GA 2,25	TA	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
A	26	60%	3.361,16	20,17	0,0126	0,865	58,31	20,40	17,64

- The thermo-hygrometric conditions of the 2' point of maximum cooling:

b	INLET FLOW RATE AND HOURLY CHANGES								
G2' 2,25	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2'	15,18	100%	1.723,69	17,24	0,0108	0,831	42,47	15,16	15,18

After calculating the above quantities, it is possible to determine the mass flow rate G_i [kg/s] of air to be released into the environment. To find this value, it is necessary to set the specific humidity value of the intake air "xi".³

The program indicates the x_{i_min} value below which it is not possible to go down; this value obviously coincides with the specific humidity of point 2' (in the example carried out: $x_{i_min} = 0.0108$ [kg/kg]).

The program also indicates that the values for which it is $x_{i_ottimale}$ are all those for which the two relationships are satisfied:

- $x_i > x_{i_min}$
- x_i is such that the difference between the intake air temperature and the ambient temperature ($T_i - T_A$) is between -9.0 °C and -3 °C:

When entering the project value x_i into the cell on a yellow background in font and red border (in the example carried out: $x_i = 0.115$ [kg/kg]), if both of the two relationships highlighted above are satisfied, the program activates the cell on a green background with the wording "OK_ x_i in optimal range". The quantity ($T_i - T_A$) is in fact -6.57 °C between -9.0 °C and -3.0 °C.

³ Hence the designation "controlled specific humidity".

xi_min				kg/kg as	0,0108
input xi	xi opt. If	-9,00 ≤ Ti-TA ≤ -3,00	-	kg/kg as	0,0115
OK_xi IN OPTIMAL RANGE					
Ti - TA				°C	-6,57
Gi_min	UNI EN 16798			kg/s	2,25
Gi_calc.	Wlat / [r*(xA - xi)]			kg as/s	1,77
Gi				kg as/s	2,25
n_min	UNI EN 16798			1/h	1,44
n				1/h	1,44

The value of $xi = 0.0115$ [kg/kg] thus fixed is preparatory to the determination of the mass discharge Gi [kg/s]. This value is assumed to be equal to the maximum of the minimum Gi_{min} ventilation value imposed by the UNI EN 16798 standards and the calculation value Gi_{calc} relating to the mass of air necessary to remove the thermal loads present in the area environments.

In the example carried out, the calculation procedure established by the UNI EN 16798 standards and implemented in the program leads to the value $Gi_{min} = 2.25$ [kg/s]; the calculation value is instead equal to $Gi_{calc.} = 1.77$ [kg/s]. Consequently, the scope of the project is:

$$Gi = 2.25 \text{ [kg/s]}$$

After the determination of Gi , the number of hourly changes of primary air can be determined. The calculation procedure of the UNI EN 16798 standards leads to a minimum value of $n_{min} = 1.44$ [1/h]; the value of n calculated by the program is lower values; Consequently, the program sets the value of n equal to the maximum value between the two calculated, namely:

$$n = 1.44 \text{ [1/h]}$$


The thermo-hygrometric conditions of the intake air are calculated by the program as a function of $xi = 0.0115$ [kg/kg] and $hi = 48.70$ [kJ/kg] and are shown below:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

The fixing of the value $xi = 0.0115$ [kg/kg] also makes it possible to determine the point 2 of the end of dehumidification lying on the saturation curve at $\Phi = 100\%$:

G₂	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,18	16,19

All values calculated so far by the program allow you to determine the heat output and steam content subtracted from the cold coil:

	h1'	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$		kJ / kg as	61,58
	Wsens_1-2	$G1 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-2	kW	-36,44
	Wlat_1-2	$G1 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-2	kW	-37,52
	Wt	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-73,96
	U	$(xi - x1) \cdot G1$	steam removed from G1 in the AHU	kgv/s	-0,015

- $h1' = 61.58$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity 0.0115 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $Wsens_{1-2} = -36.44$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in transformation 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -37.52$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W = -73.96$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $U = -0.015$ kg/s is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation 1 → 2 (actually in the sub-transformation D → 2).

The power supplied to the air through the 2 → i post-heating is as follows:

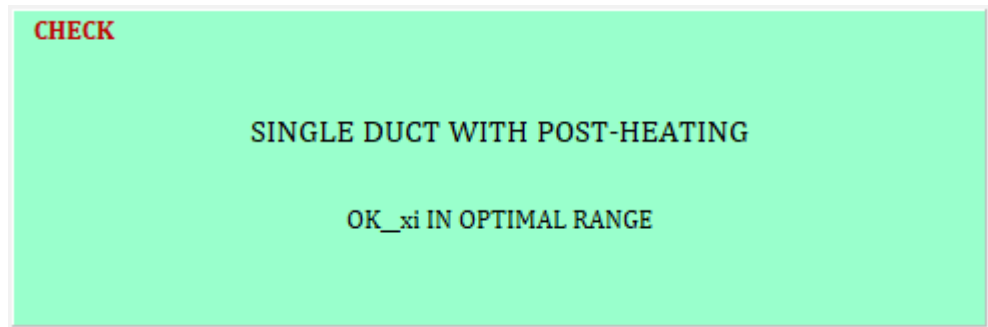
W+	$G1 \cdot (hi - h2)$	kW	7,47
----	----------------------	----	-------------

The internal thermal factor is $RI = Wsens/Wt = 12/17 = 0.71$.

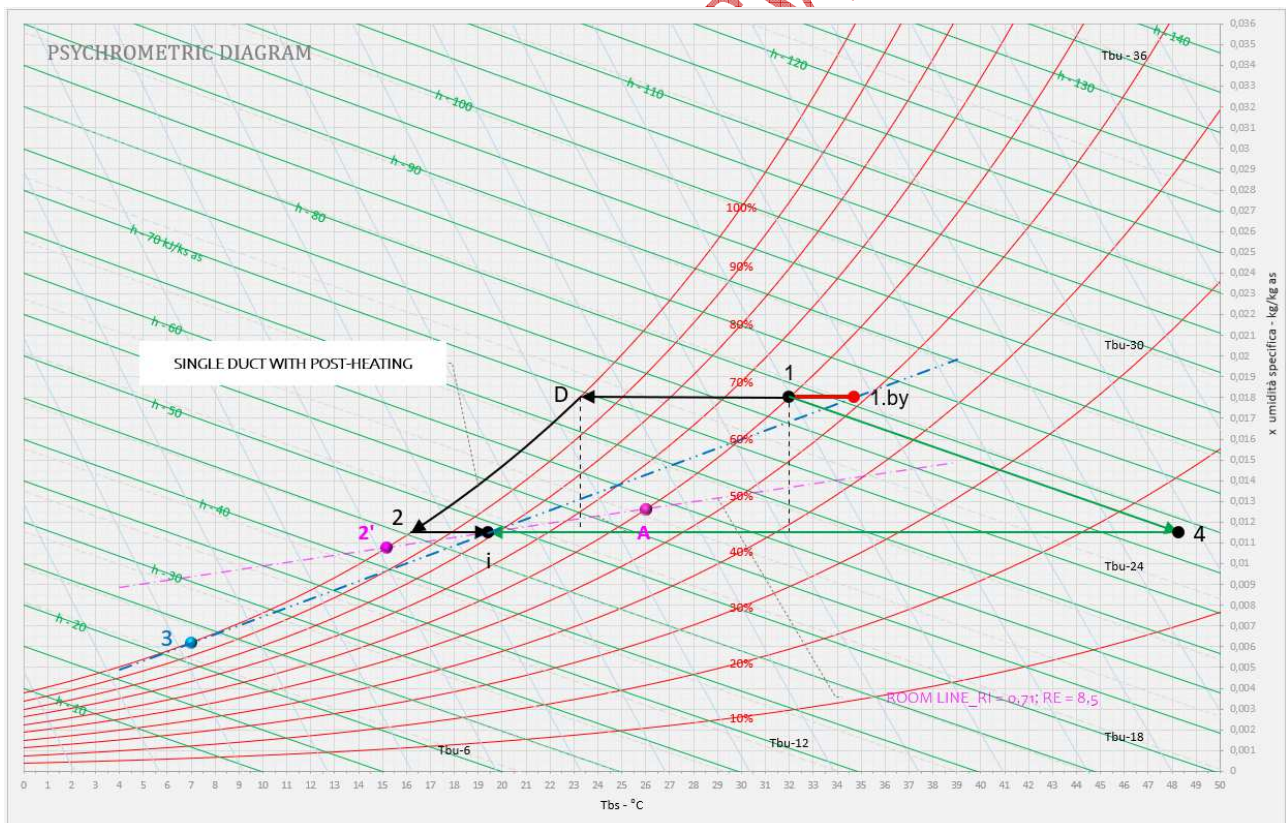
The external thermal factor is $RE = \Delta H/\Delta x = 8.50$.

RE_i-A	$(hA - hi) / [(xA - xi) \cdot 1000]$	kJ/gr _v	8,50
--------	--------------------------------------	--------------------	------

The program finally provides the outcome of the design through a verification check:



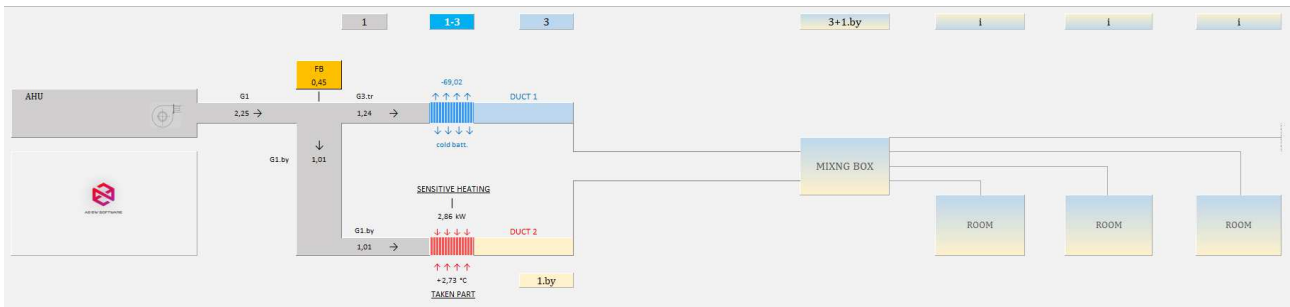
All the psychrometric states of the air and the transformations in the AHU are represented on an interactive psychrometric diagram. The numbers or letters are representative of the psychrometric states of humid air and correspond to those present in the cells of the spreadsheet. The type of system "single duct + post-heating" is represented by a black 1-D-2-i graph.



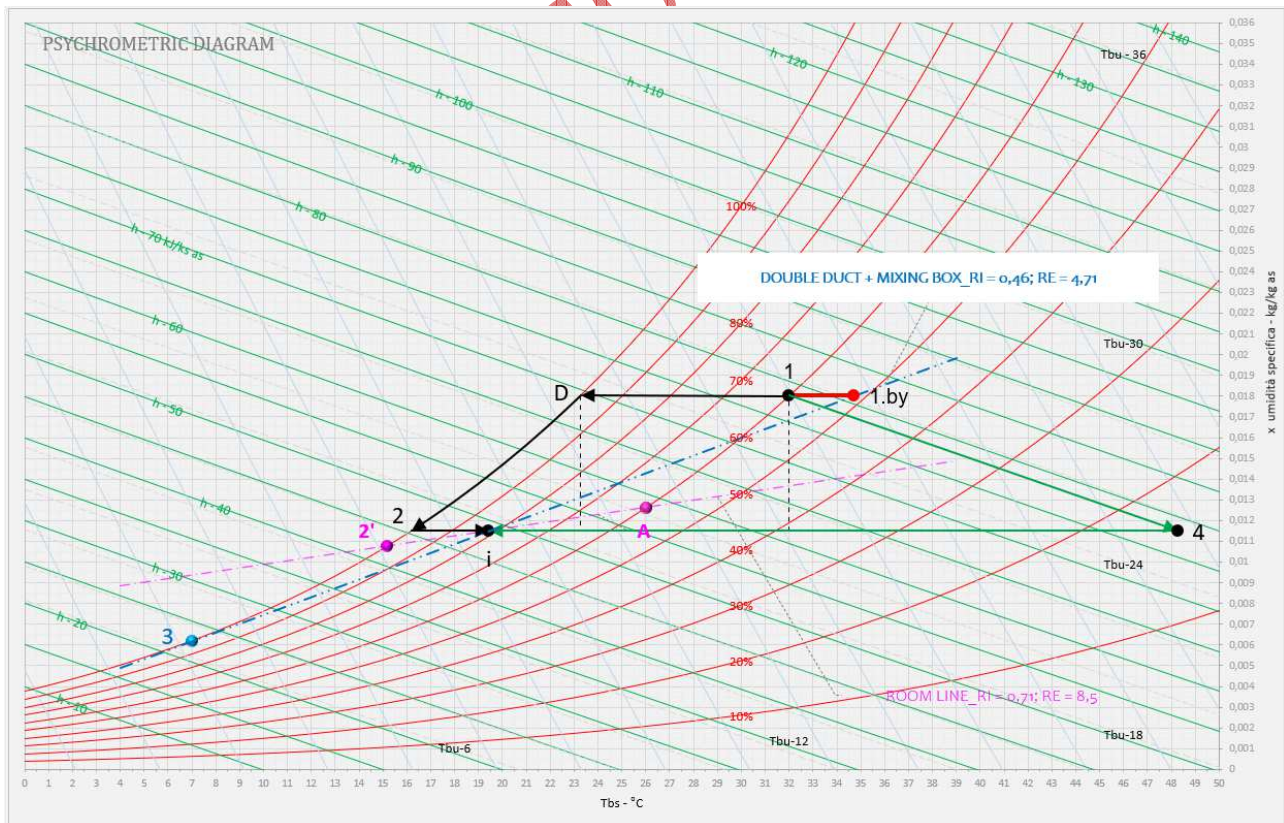
2.2 - "DOUBLE DUCT WITH MIXING BOX" SIZING

2 DOUBLE DUCT + MIXING BOX

The type of system is graphically schematized in the following model:



The transformations relating to this type of plant, on the psychrometric diagram, are normally represented by a blue dashed mixing line 1-i-3; In the specific case of the example carried out, it is instead represented by the blue hatched mixing line 1.by-i-3, due to the significant heating of the bypassed flow rate (as better illustrated below).



For this type of system, the first part of the calculation already seen for the single duct type with post-heating is valid, with reference to the fixing of the value of the specific input humidity $x_i = 0.0115$ [kg/kg]; to the retrieval of the mass flow rate of input $G_i = 2.25$ [kg/s]; to the determination of the number of hourly changes $n = 1.44$ [1/h]; to the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (outdoor air conditions) and "i" (external air conditions) of the intake air).

The program preliminarily considers the line passing through point "1" and the entry point "i" (the coordinates [T; x] of these points are known from the calculation tables above; point 1: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 60\%$; point i: $T_i = 19.43^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 81.52\%$) and first verifies whether or not this line intersects the saturation curve. In the example carried out, this line does not intersect the saturation curve; therefore, the program automatically determines the minimum heating to which the bypass flow rate (represented by point "1") must be preliminarily subjected so that the psychrometric state representative of this flow rate moves from the starting point "1" to the end point "1.by" through the aforementioned sensible heating; all in such a way that the new line passing through the points "1.by" and "i" can intersect the saturation curve at the first useful point. The result (in the example carried out) is returned in the following screenshot:

The mixing line '1-i' does not intersect the saturation curve. The bypass flow rate $G_{1.by}$ had to be heated from state '1' to state '1.by' having $T_{1.by} = 34,73^\circ\text{C}$. In this way, the new mixing line '1.by-i' meets the saturation curve at point 3 having $T_3 = 7^\circ\text{C}$. The entry point 'i' is obtained without post-heating for simple mixing between $G_{1.by}$ in the '1.by' conditions and $G_{3.tr}$ in the '3' state of exit from the AHU.

Ultimately, the program indicates that the state of emission "i" of the flow rate $G_i = 2.25$ [kg/s] lying on the room line, can be obtained by mixing the bypass flow rate $G_{1.by}$ represented by point "1.by" and the flow rate $G_{3.tr}$ not bypassed and treated in the AHU (cooled + dehumidified) represented by point "3"; the mixing is provided in a special **MIXING BOX** located close to the rooms of the area to be air-conditioned.

The values of the mixing extremes "1.by" and "3" are automatically calculated by the program; The mixing flow rates $G_{1.by} = 1.01$ [kg/s] and $G_{3.tr} = 1.24$ [kg/s] are also determined, the sum of which is, of course, equal to $G_i = 2.25$ [kg/s].

MIXING EXTREMES__1BY-3									
G_{3.tr}	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,24	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
3	7,00	100%	999,95	10,00	0,00620	0,802	22,62	6,9	7,0
G_{1.by}	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,01	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1.by	34,73	51,50%	5.540,66	28,53	0,01802	0,898	81,11	26,66	23,28

The air conditions in the state of intake "i" obtained from mixing are shown in the following calculation table:

MIXING__1by+3 = i									
G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1.by+3	19,58	80,80%	2.276,65	18,39	0,0115	0,845	48,84	17,22	16,19

The heat output and steam subtracted from the G_{3.tr} flow rate as a result of cooling and dehumidification carried out in the AHU in transformation 1 → 3 are calculated by the programme and shown in the following table:

POWER + STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY__1-3			
h1''	$c_{pa} \cdot T1'' + c_{pv} \cdot x1'' \cdot T1'' + r \cdot x1''$		kJ / kg as 48,02
Wsens_1-3	$G_{3.tr} \cdot (h3 - h1'')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW -31,49
Wlat_1-3	$G_{3.tr} \cdot (h1'' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW -37,52
W-1-3	$G_{3.tr} \cdot (h3 - h1)$	tot. power subtracted	kW -69,02
U	$G_{3.tr} \cdot (x3 - x1'')$	steam removed	kgv/s -0,015

- h1'' = 48.02 kJ/kg is the enthalpy of point 1'', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost 0.00620 [kg/kg] passing through point 3. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- Wsens_1-3 = -31.49 kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- Wlat_1-3 = -37.52 kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;

- $W_{-1-3} = -69.02$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the 1 → 3 transformation;
- $U = -0.015$ kg/s is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation 1 → 3 (actually in the sub-transformation D → 3).

The Inner and Outer thermal factors representative of the slope of the mixing line and the Bypass Factor are as follows:

MIXING LINE__1by-3				
RI	W_{sens}/W_t	internal thermal report	-	0,46
RE	$W_t/[G3.tr*(x1.by-x3)*1000]$	external thermal report	kJ/grv	4,71
FB	$G1.by / G_i$	bypass factor	-	0,45

With reference to the prior heating of the bypass flow $G1.by = 1.01$ [kg/s], the values of the supplied sensible heat output $W+$, the temperature increase $\Delta T+$ and the relative humidity reduction $\Delta\Phi-$ suffered, the corresponding values are shown in the following table:

HEATING FLOW_G1.by				
$W+$	$G1.by * (h1.by - h1)$		kW	2,86
$\Delta T+$	$T1.by - T1$		°C	2,73
$\Delta\Phi-$	$\phi1.by - \phi1$		%	-8,50%

The project ends with the final check on the sizing:

CHECK

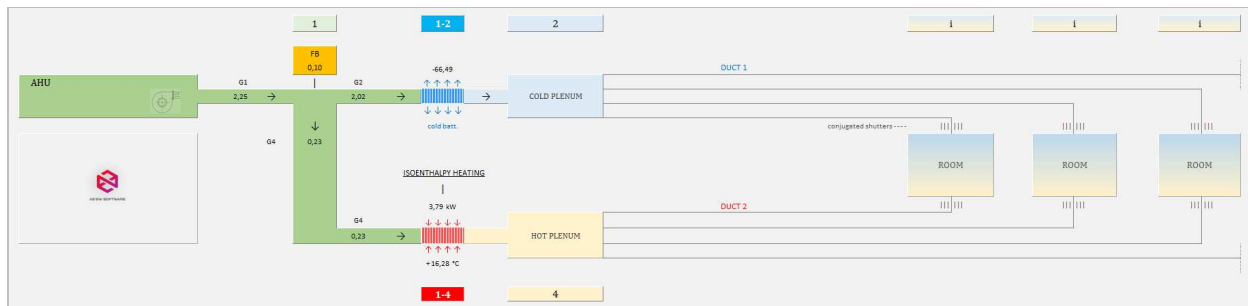
DOUBLE DUCT PROJECT WITH MIXING BOX_OK

THE BYPASS FLOW RATE $G1.by$ IS MIXED (AFTER HEATING)
WITH PART OF THE FLOW RATE $G3.tr$ LEAVING THE AHU

2.3 - "DOUBLE DUCT WITH PLENUM" SIZING

3 DOUBLE DUCT + PLENUM

The type of system is graphically schematized in the following model:

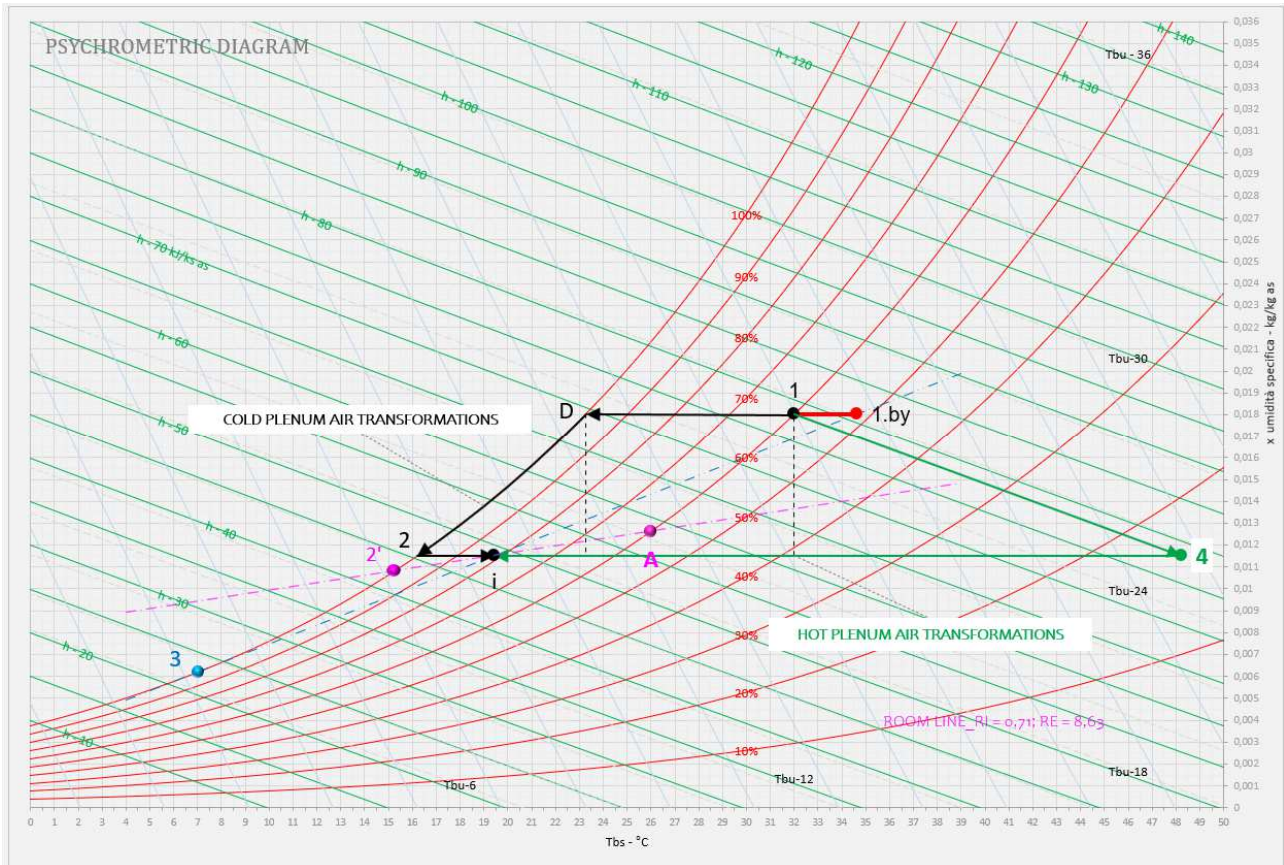


The psychrometric transformations relating to this type of system take place differently for the two air flows destined to flow into the two plenums. In particular, the air destined to flow into the **COLD PLENUM** is subjected to the transformations represented on the psychrometric diagram by the black continuous line lines (cooling and dehumidification; ref. path 1-D-2); the bypass air destined to flow into the **HOT PLENUM** is subjected to the transformations represented on the psychrometric diagram by the green continuous line lines (isoenthalpy adiabatic heating hygrosopic; Ref. path 1-4).

Subsequently, part of the flow rate at the exit from the AHU of the cold plenum in the thermo-hygrometric conditions of point "2" mixes with part of the port of the hot plenum in the thermo-hygrometric conditions of point "4" thus determining the thermo-hygrometric conditions of the injection point "i".

The explanation of the operation of the system takes place as always with reference to the calculation example.

The first part of the calculation already seen for the single duct type with post-heating is also valid for this type of system with reference to the value of the specific input humidity $x_i = 0.0115$ [kg/kg]; to the retrieval of the mass flow rate of input $G_i = 2.25$ [kg/s]; to the determination of the number of hourly changes $n = 1.44$ [1/h]; to the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (outdoor air conditions) and "i" (air conditions) of input).



Therefore, the thermo-hygrometric conditions of point "i" derive from the calculation already made with reference to the aforementioned type of system and are reproduced below:

G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

Point 2 is the first extreme of the mixing line 2-i-4 and is related to the flow rate coming from the cold plenum; the second extreme is point 4 and is related to the flow coming from the hot plenum. The thermo-hygrometric characteristics of the air with reference to these points and the relative flow rates to be mixed are represented in the calculation table below:

The flow rate G2 is 2.02 [kg/s]; the flow rate G4 = 0.23 [kg/s].

MIXING EXTREMES_2-4									
G_2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,18	16,19
G_4	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	48,28	16,25%	11.320,34	18,39	0,0115	0,928	78,28	26,62	16,27

The mixing of these flow rates returns the thermo-hygrometric conditions of the injection point "i":

MIXING_2+4→i									
G _i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,35	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,17	16,19

It is instantaneous to verify that the psychrometric parameters relating to "i" coincide exactly with those calculated with reference to the single duct type with post-heating.

POWER + STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY_1→2				
h1'	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$ [1': projection of point 1 on horizon for point 2]		kJ / kg as	61,58
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW	-32,76
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW	-33,73
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-66,49
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,013

The psychrometric parameters of point 4 have been found considering for air an isoenthalpy adiabatic transformation with conversion of latent power into sensible power.

With reference to the air treated in the AHU and flowing into the cold plenum subjected to cooling and dehumidification in the 1-D-2 cycle, it can be deduced that the thermal power and steam subtracted are as follows:

- $h1' = 61.58$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost = 0.0115 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of thermal powers;
- $Wsens_{1-2} = -32.76$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $Wlat_{1-2} = -33.73$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W- = -66.49$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $U = -0.013$ kg/s is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation 1 → 2 (actually in the sub-

transformation $D \rightarrow 2$).

The latent power transformed into sensible power in ISO-H 1-4 isenthalpy heating, the subtracted steam and the bypass factor are given below:

LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN ISO-H HEATING __1→4				
Wlat→Ws	$G4 * (h4 - h1')$	energy converted into isenthalpy heating	kW	3,79
U	$G4 * (x4 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,0015
FB	$G4/Gi$	bypass factor	-	0,10

2.4 - COOLING COIL SIZING

4 COLD BATTERY SIZING

As illustrated above, the program simultaneously performs the sizing of the three types of system at "controlled specific humidity xi". When sizing the cold coil, it is the designer who chooses which of the three types to perform the calculation for.

Based on the type chosen, the program takes up the calculated values of the air flow rate treated in the coil and the thermal power.

SELECT TYPE OF SYSTEM OPERATION				
<input type="radio"/>	SINGLE-DUCT SYSTEM + POST-HEATING			
<input checked="" type="radio"/>	DOUBLE DUCT SYSTEM + MIXING BOX			
<input type="radio"/>	DOUBLE DUCT SYSTEM + PLENUM			
Air flow rate	kg/s	1,24	Battery power	kW
				-69,02

In the example carried out, the "double duct + mixing box" type was selected. For it, the values are valid:

Treated air flow rate = 1.24 kg/s;

Power = 69.02 kW (the negative sign is omitted as power considered from the point of view of the battery and not of the treated air).

The type of coil chosen is of the finned type with the following characteristics:

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Ai mmq
5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177

With reference to the supply of the coil finned tubes, the following values are assumed for the circulating water:

$T_{hi} = 6^{\circ}\text{C}$: water inlet temperature in the pipes;

$\Delta T_h = 10^{\circ}\text{C}$: difference in water temperature between inlet and outlet of the finned tubes;

Therefore, the quantities relating to the feed water are as follows:

COLD BATTERY POWER SUPPLY			
T_{hi}	water inlet temperature	$^{\circ}\text{C}$	6,0
ΔT_h	water thermal difference	$^{\circ}\text{C}$	10,0
T_{hu}	water outel temperature	$^{\circ}\text{C}$	16,00
T_m	average battery surface temperature	$^{\circ}\text{C}$	12,00
G_h	battery water flow rate	l/s	1,65

With reference to the calculation of the number of coil rows, it is necessary to fix the direction of air circulation inside the coil with respect to that of water inside the finned tubes. In the example carried out, a "crossed" verse was opted for. On the basis of this, the program determines:

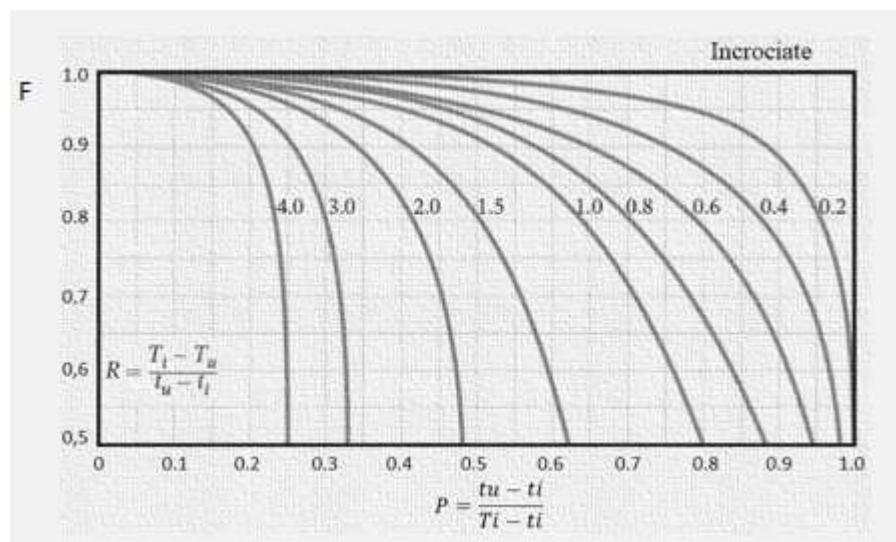
$\Delta T_{ml} = 10.3^{\circ}\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference for cross-flow.

This value is deducted from the prior calculation of the following quantities (shown in grey as preparatory quantities):

$\Delta T_{ml_co} = 12.9^{\circ}\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior calculation of the quantities

$P = 0.38$ and $R = 1.58$; These factors refer to graphs in the literature on the sizing of heat exchangers on the basis of which the trend of the correction factor is plotted. In most cases related to practical battery sizing



cases, the value of F fluctuates on average between 0.7 and 0.8 being graphed with values potentially oscillating between 0.5 and 1.0. In the example carried out, as shown in the graph, the value of F for P = 0.38 and R = 1.58, is approximately equal to F = 0.93. The program assumes, for safety reasons, the value of 0.80. For the calculation of the number of ranks, the definition of air and water velocities is also required, for which the following values have been assumed:

VA = 2.5 m/s: air velocity;

vh = 1.0 m/s: water velocity.


All this is shown in the following table:

NUMBER OF RANKS				
air flow respect to water flow:				
<input type="radio"/>	co-current	<input type="radio"/>	countercurrent	<input checked="" type="radio"/> crosscurrent
ΔT_{ml}	logarithmic air/water thermal jump		°C	10,3
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow		°C	12,9
F	Heat transfer corr. factor resp. to counterflow	P = 0,38	R = 1,58	0,80
va	air speed		m/s	2,5
vh	water speed		m/s	1,0

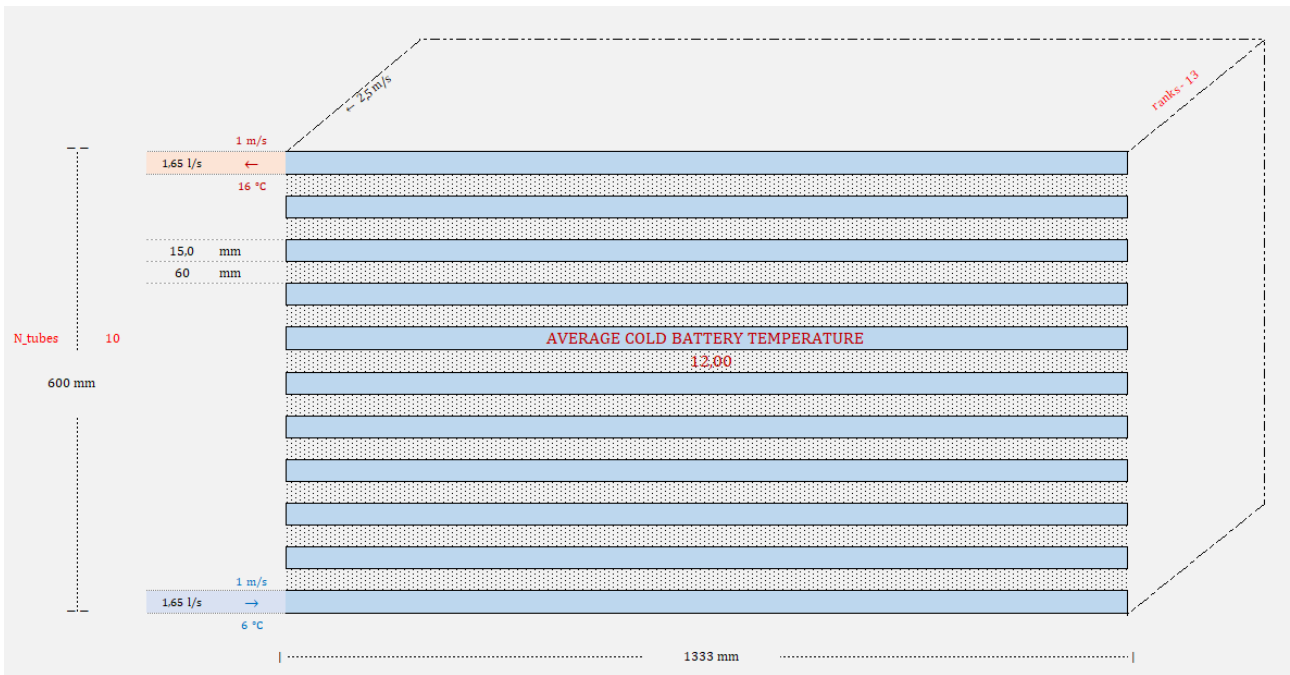
Once the height of the battery has also been defined (a value to be entered by the designer), the program calculates the dimensional characteristics of the battery according to the table below:

H		battery height	mm	600
L	$GE/(v_a * H)$	battery width	mm	1.333
Af	H*L	front battery area	m ²	0,80
N	$Wt/(v_h * 4186 * A_{tu} * (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	10
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	60

It also determines the global heat transfer coefficient U [W/m²°C] and the number of ranks:

	U_W/mq°C	NR_number of ranks _Wt/(Af*U*ΔTml)
	868,57	13

The sizing of the battery is summarized in a graphic diagram showing the main characteristics.



AE-SW SOFTWARE

3 - CONTROLLED INLET TEMPERATURE PROJECT

The controlled inlet temperature project refers to the spreadsheet called "4.2 - All-Air Calculation - T_i ". As illustrated below, the sizing of the system involves setting the value of the intake air temperature. The spreadsheet refers to three different types of systems:

4. single-duct with post-heating;
5. double duct with mixing box;
6. double duct with plenum.

For all three types, the temperature of the intake air is fixed. The types of systems are designed to meet the same need, i.e. to dispose of a certain sensitive and latent load of the rooms, since the external temperature and relative humidity and the environmental conditions to be achieved are known.

The project is therefore carried out on the basis of a general datum of the problem that can be summarized in a hypothetical situation; or:

- it is assumed that there is a room-environment in which a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%] are to be maintained, assuming that a separate calculation results in a sensible load W_{sens} [kW] and a latent load W_{lat} [kW] weighing on the room itself. For the outside air, a temperature T_E [°C] and a relative humidity Φ_E [%] are assumed. The surface area of the room is S [sqm]; the volume is V [mc]; The maximum capacity of the room is p [people].

The purpose of the program is to find the thermo-hygrometric conditions and the flow rate of air to be introduced into the environment useful for removing the sensitive load and the latent load; in addition, the psychrometric transformations to which the air flow rate in the treatment unit (AHU) must be subjected in order to reach the intake conditions; the powers exchanged; the steam subtracted; the slope of the room line; thermal factors (internal and external); the bypass factor; the functional and dimensional characteristics of the cooling coil.

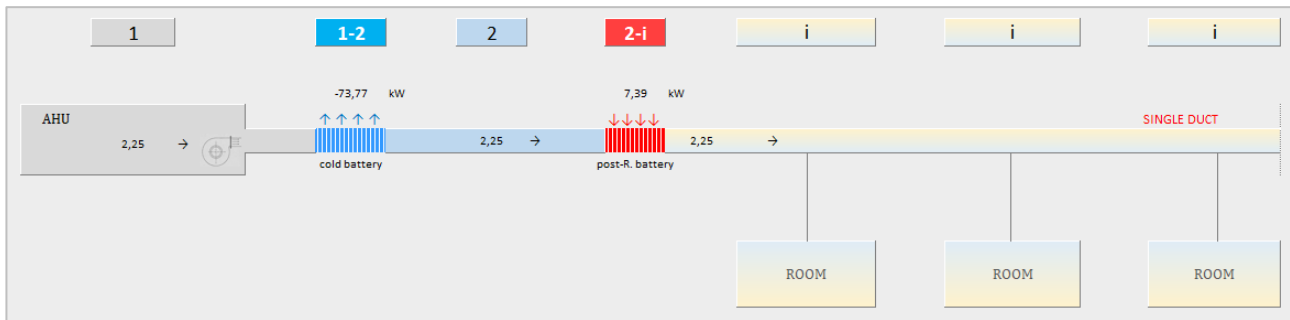
For each type of system, the relative psychrometric transformations of humid air are represented on the interactive psychrometric diagram, so as to have a match between the numerical data calculated by the program and the numerical data readable on the diagram.

The sizing procedures for each of the three types of system are illustrated below.

3.1 - "SINGLE DUCT WITH POST-HEATING" SIZING

1 SINGLE DUCT WITH POST-HEATING

The type of system is graphically schematized in the following model:



On the psychrometric diagram at the end of this paragraph, the transformations relating to this type of implant are represented with a black graph.

The numbers/letters above (1; 1-2; 2; etc...) are representative of the psychrometric states of the air and the transformations represented on the psychrometric diagram.

The sizing requires the prior definition of the environmental line on which lie the points representative of the thermo-hygrometric conditions, potentially all suitable for reducing the sensitive and latent loads of the area environments.

The air treatment takes place in the Handling Unit (AHU). Here the air undergoes an initial cooling $1 \rightarrow D$ (see psychrometric diagram) and subsequent dehumidification on the saturation curve $D \rightarrow 2$; finally a $2 \rightarrow i$ **POST-HEATING** at constant specific humidity "xi" until the emission point "i" lying on the room line is reached.

To define the flow rate to be introduced into the rooms and its thermo-hygrometric characteristics, it is necessary to determine in advance:

- The thermo-hygrometric conditions of the outside air "E"; of ambient air "A"; of the dew point "D" of the outside air as shown in the figure.

a		OUTDOOR AND AMBIENT AIR STATUS							
G_E	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	32	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27
D	23,27	100%	2.855,80	28,56	0,01804	0,864	69,27	23,3	23,27
G_A	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
A	26	60%	3.361,16	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64

- The thermo-hygrometric conditions of the 2' point of maximum cooling:

b		FLOW RATE INTO THE ROOM							
$G_{2'}$	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2'	15,25	100%	1.731,47	17,31	0,01081	0,831	42,67	15,2	15,3

After calculating the above quantities, it is possible to determine the mass flow rate G_i [kg/s] of air to be released into the environment. To find this value, it is necessary to set the value of the air temperature in the "Ti" intake state⁴.

The program indicates the T_{i_min} value below which it is not possible to go down; this value obviously coincides with the temperature of point 2' (in the example carried out: $T_{i_min} = 15.25$ °C).

The program also indicates that the values for which it is $T_{i_ottimale}$ are all those for which the two relationships are satisfied:

- $In > T_{i_min}$
- T_i is such that the difference between the intake air temperature and the ambient temperature ($T_i - T_A$) is between -9.0 °C and -3 °C:

When entering the design value T_i in the cell on a yellow background in font and red border (in the example carried out: $T_i = 19.43$ °C), if both of the two relationships highlighted above are satisfied, the program activates the cell on a green background with the wording "OK_ T_i in optimal range". The quantity ($T_i - T_A$) is in fact -6.57 °C between -9.0°C and -3.0°C.

⁴ Hence the designation "controlled intake temperature" design.

Ti_min		°C	15,25						
input_Ti	Ti opt. if	-9,00 ≤ Ti-TA ≤ -3,00	19,43						
OK_Ti IN OPTIMAL RANGE									
Ti - TA		°C	-6,57						
Gi_min	UNI EN 16798	kg/s	2,25						
xi	$[RI \cdot r \cdot xA - cp_a \cdot (1-RI) \cdot (TA-Ti) - cp_v \cdot (1-RI) \cdot xA \cdot TA] / [r \cdot RI - cp_v \cdot (1-RI) \cdot Ti]$	kgv/kg	0,0115						
Gi_calc	$Wlat / [r \cdot (xA - xi)]$	kg/s	1,80						
Gi	input flow rate	kg/s	2,25						
n_min	UNI EN 16798	1/h	1,44						
n	hourly changes	1/h	1,44						
Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

The value of $T_i = 19.43 \text{ °C}$ thus fixed is preparatory to the determination of the mass discharge G_i [kg/s]. This value is assumed to be equal to the maximum of the minimum G_{i_min} ventilation value imposed by the UNI EN 16798 standards and the calculation value G_{i_calc} relating to the mass of air necessary to remove the thermal loads present in the area environments.

In the example carried out, the calculation procedure established by the UNI EN 16798 standards and implemented in the program leads to the value $G_{i_min} = 2.25$ [kg/s]; the calculation value is instead equal to $G_{i_calc} = 1.80$ [kg/s]. Consequently, the scope of the project is:

$$G_i = 2.25 \text{ [kg/s]}$$

After the determination of G_i , the number of hourly changes of primary air can be determined. The calculation procedure of the UNI EN 16798 standards leads to a minimum value of $n_{min} = 1.44$ [1/h]; the value of n calculated by the program is lower values; Consequently, the program sets the value of n equal to the maximum value between the two calculated, namely:

$$n = 1.44 \text{ [1/h]}$$


The thermo-hygrometric conditions of the intake air are calculated by the program as a function of $T_i = 19.43 \text{ °C}$ and $xi = 0.0115$ [kg/kg] and are shown below:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

The setting of the value $T_i = 19.43 \text{ °C}$ also makes it possible to determine the point 2 of the end of dehumidification lying on the saturation curve at $\Phi = 100\%$:

G₂	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,22	100%	1.842,86	18,43	0,0115	0,835	45,46	16,21	16,22

All values calculated so far by the program allow you to determine the heat output and steam content subtracted from the cold coil:

	$h1'$	$c_{pa} \cdot T1' + c_{pv} \cdot x1' \cdot T1' + r \cdot x1'$		kJ / kg as	61,64
	W_{sens_1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-2	kW	-36,37
	W_{lat_1-2}	$G1 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-2	kW	-37,40
	W_t	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-73,77
	U	$(x_i - x_1) \cdot G1$	steam removed from G1 in the AHU	kg_v/s	-0,015

- $h1' = 61.64 \text{ kJ/kg}$ is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity 0.0115 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $W_{sens_1-2} = -36.37 \text{ kW}$ is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation $1 \rightarrow 2$;
- $W_{lat_1-2} = -37.40 \text{ kW}$ is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the $1 \rightarrow 2$ transformation;
- $W_t = -73.77 \text{ kW}$ is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation $1 \rightarrow 2$;
- $U = -0.015 \text{ kg/s}$ is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation $1 \rightarrow 2$ (actually in the sub-transformation $D \rightarrow 2$).

The power supplied to the air through the $2 \rightarrow i$ post-heating is as follows:

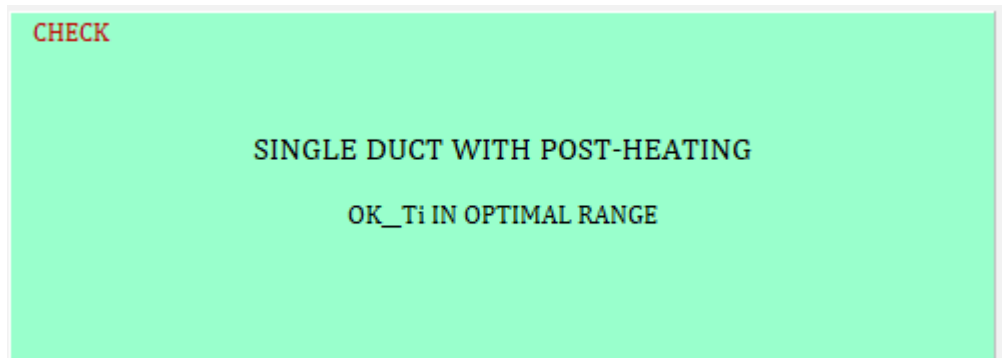
W+	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	potenza sensibile fornita nel post-riscald.	kW	7,39
-----------	------------------------	---------------------------------------------	----	-------------

The internal thermal factor is $RI = W_{sens}/W_t = 12/17 = 0.71$.

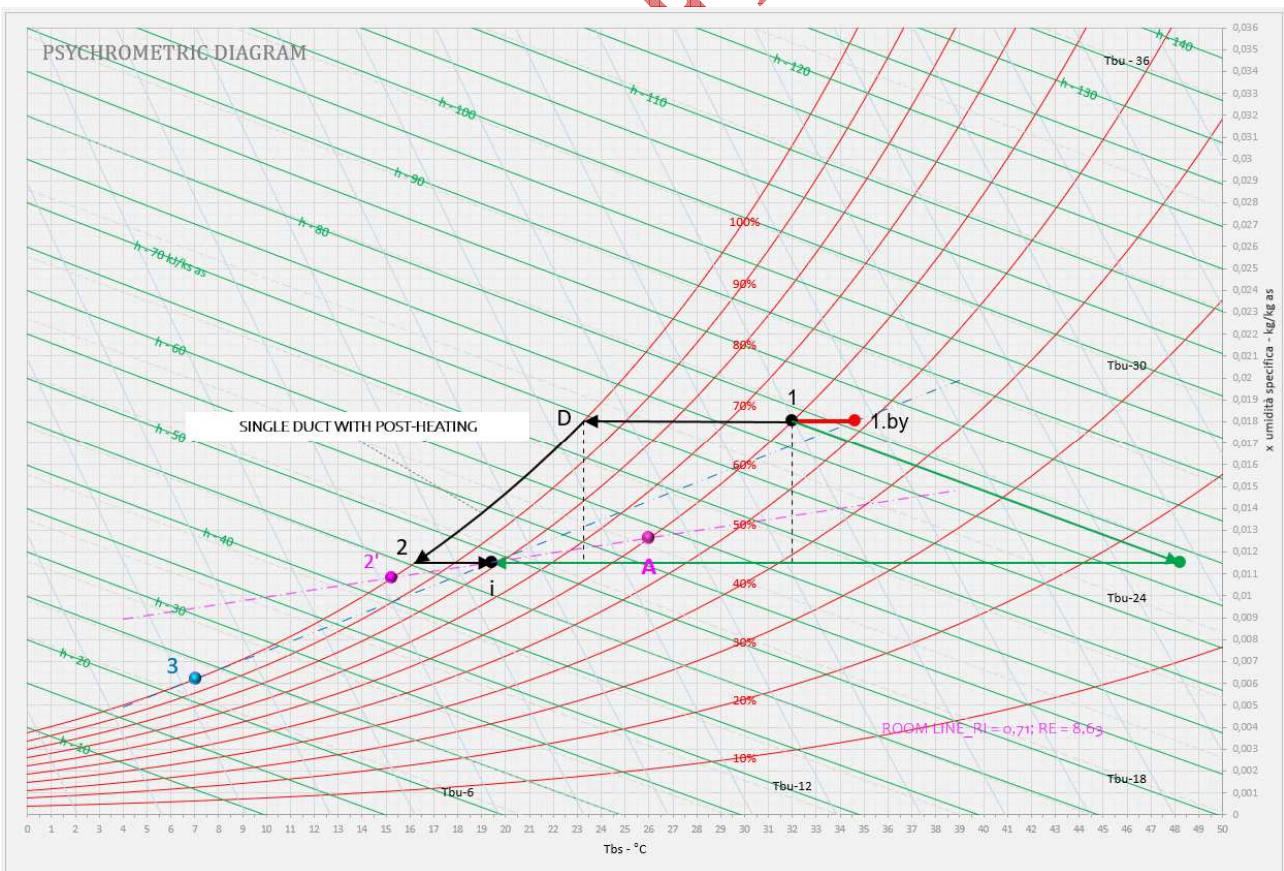
The external thermal factor is $RE = \Delta H/\Delta x = 8.63$.

RE_i-A	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$	kJ/gr _v	8,63
--------	------------------------------------------	--------------------	------

The program finally provides the outcome of the design through a verification check:



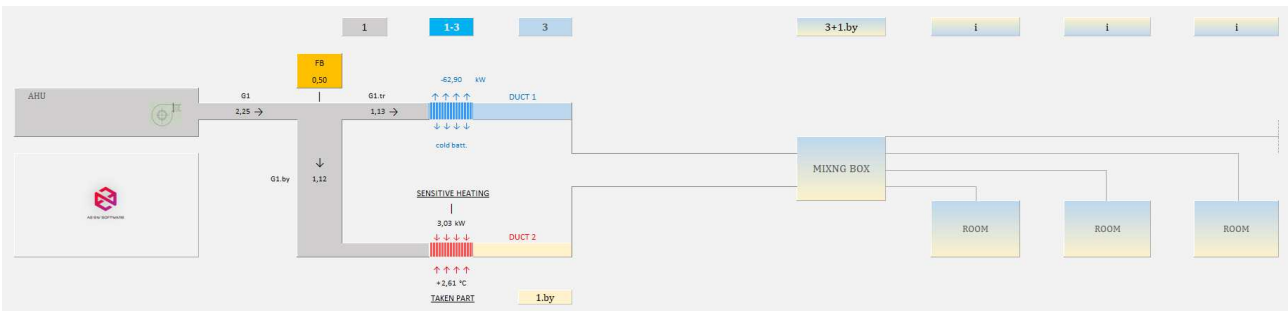
All the psychrometric states of the air and the transformations in the AHU are represented on an interactive psychrometric diagram. The numbers or letters are representative of the psychrometric states of humid air and correspond to those present in the cells of the spreadsheet. The type of system "single duct + post-heating" is represented by a black 1-D-2-i graph.



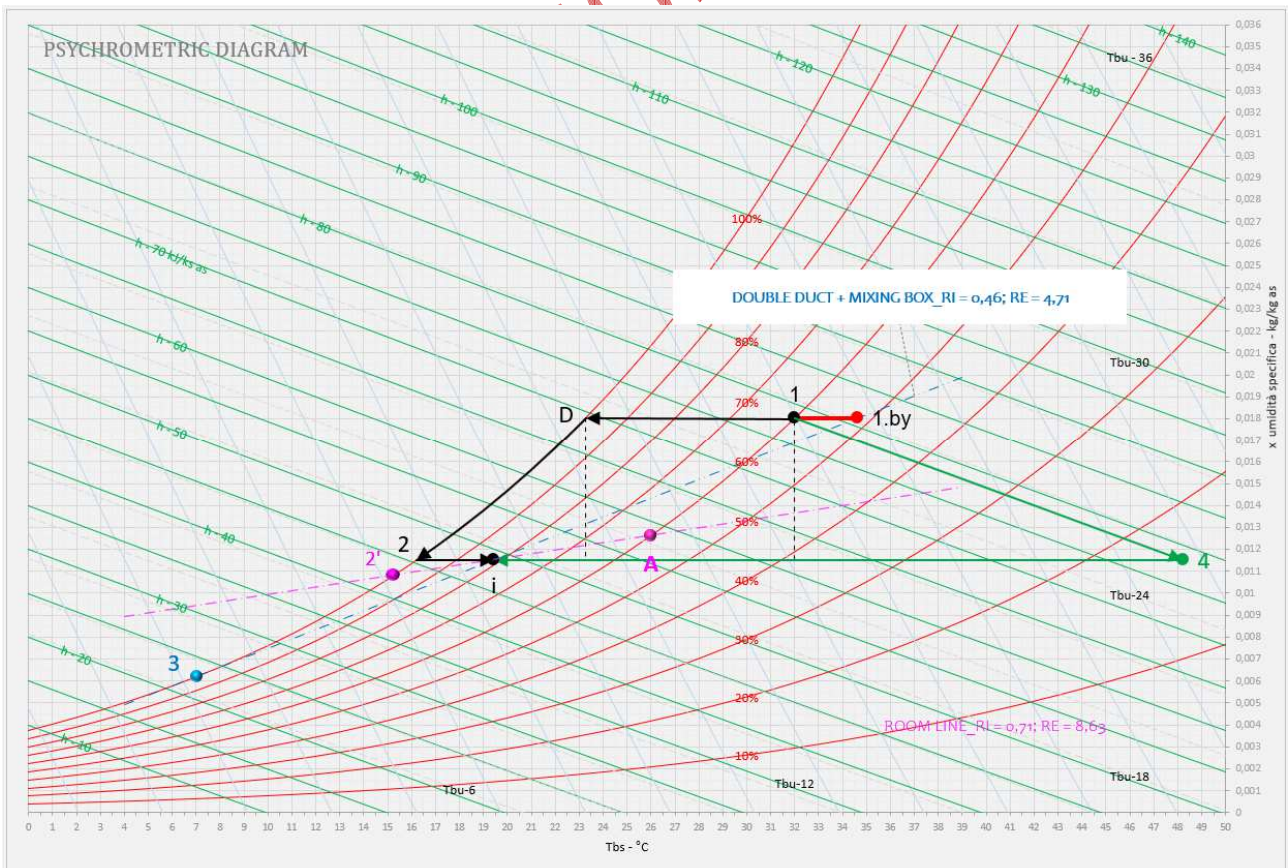
3.2 - "DOUBLE DUCT WITH MIXING BOX" SIZING

2 DOUBLE DUCT + MIXING BOX

The type of system is graphically schematized in the following model:



The transformations relating to this type of plant, on the psychrometric diagram, are normally represented by a blue dashed mixing line 1-i-3; In the specific case of the example carried out, it is instead represented by the blue hatched mixing line 1.by-i-3, due to the significant heating of the bypassed flow rate (as better illustrated below).



For this type of system, the first part of the calculation already seen for the single-duct type with post-heating is valid with reference to the determination of the value of the intake air temperature $T_i = 19.43$ °C; to the determination of the intake mass flow rate $G_i = 2.25$ [kg/s]; to the determination of the number of hourly changes $n = 1.44$ [1/h]; to the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (outdoor air conditions) and "i" (external air conditions) of the intake air).

The program preliminarily considers the line passing through point "1" and the entry point "i" (the coordinates [T; x] of these points are known from the calculation tables above; point '1': $T_1 = 32$ °C; $\Phi_1 = 60\%$; point 'i': $T_i = 19.43$ °C; $\Phi_i = 81.69\%$) and first verifies whether or not this line intersects the saturation curve. In the example carried out, this line does not intersect the saturation curve; therefore, the program automatically determines the minimum heating to which the bypass flow rate (represented by point "1") must be preliminarily subjected so that the psychrometric state representative of this flow rate moves from the starting point "1" to the end point "1.by" through the aforementioned sensible heating; all in such a way that the new line passing through the points "1.by" and "i" can intersect the saturation curve at the first useful point. The result (in the example carried out) is returned in the following screenshot:

The mixing line '1-i' does not intersect the saturation curve. The bypass flow rate $G_{1.by}$ had to be heated from state '1' to state '1.by' having $T_{1.by} = 34,61$ °C. In this way, the new mixing line '1.by-i' meets the saturation curve at point 3 having $T_3 = 7$ °C. The entry point 'i' is obtained without post-heating for simple mixing between $G_{1.by}$ in the '1.by' conditions and $G_{3.tr}$ in the '3' state of exit from the AHU.

Ultimately, the program indicates that the state of emission "i" of the flow rate $G_i = 2.25$ [kg/s] lying on the room line, can be obtained by mixing the bypass flow rate $G_{1.by}$ represented by point "1.by" and the flow rate $G_{3.tr}$ not bypassed and treated in the AHU (cooled + dehumidified) represented by point "3"; the mixing is provided in a special **MIXING BOX** located close to the rooms of the area to be air-conditioned.

The values of the mixing extremes "1.by" and "3" are automatically calculated by the program; The mixing flow rates $G_{1.by} = 1.12$ [kg/s] and $G_{3.tr} = 1.13$ [kg/s] are also determined, the sum of which is, of course, equal to $G_i = 2.25$ [kg/s].

MIXING EXTREMES__1BY-3									
G3_tr 1,13	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
3	7,00	100%	999,95	10,00	0,00620	0,802	22,62	6,92	7,00
G1.by 1,12	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
1.by	34,61	51,84%	5.503,60	28,53	0,01802	0,897	80,98	26,62	23,28

The air conditions in the state of intake "i" obtained from mixing are shown in the following calculation table:

MIXING__1by+3 = i									
G_i 2,25	T °C	ϕ %	Pv.sat Pa	Pv Pa	x kg/kg as	v mc/kg	h kJ/kg as	Tbu °C	TD °C
i	20,87	78,25%	2.466,61	19,30	0,0121	0,849	51,64	18,14	16,95

The heat output and steam subtracted from the G3.tr flow rate as a result of cooling and dehumidification carried out in the AHU in transformation 1 → 3 are calculated by the programme and shown in the following table:

POWER + STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY__1-3			
h1''	$c_{pa} \cdot T1'' + c_{pv} \cdot x1'' \cdot T1'' + r \cdot x1''$		kJ / kg as 48,02
Wsens_1-3	$G3.tr \cdot (h3 - h1'')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW -28,70
Wlat_1-3	$G3.tr \cdot (h1'' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW -34,20
Wt	$G3.tr \cdot (h3 - h1)$	tot. power subtracted	kW -62,90
U	$G3.tr \cdot (x3 - x1)$	steam removed	kgv/s -0,013

- $h1'' = 48.02$ kJ/kg is the enthalpy of point 1'', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost 0.00620 [kg/kg] passing through point 3. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $Wsens_{1-3} = -28.70$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- $Wlat_{1-3} = -34.20$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 3 transformation;
- $W_{-1-3} = -69.90$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the 1 → 3 transformation;

- $U = -0.013$ kg/s is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation $1 \rightarrow 3$ (actually in the sub-transformation $D \rightarrow 3$).

The Inner and Outer thermal factors representative of the slope of the mixing line and the Bypass Factor are as follows:

MIXING LINE__1by-3				
RI	W_{sens}/W_t	internal thermal report	-	0,46
RE	$W_t/[G1.tr * (x1.by-x3)*1000]$	external thermal report	kJ/grv	4,71
FB	$G1.by / G_i$	bypass factor	-	0,50

With reference to the prior heating of the bypass flow $G1.by = 1.12$ [kg/s], the values of the supplied sensible heat output $W+$, the temperature increase $\Delta T+$ and the relative humidity reduction $\Delta \Phi-$ undergone, the corresponding values are shown in the following table:

HEATING FLOW_G1.by				
$W-$	$G1.by * (h1.by - h1)$		kW	3,03
$\Delta T+$	$T1.by - T1$		°C	2,61
$\Delta \Phi-$	$\phi1.by - \phi1$		%	-8,16%

The project ends with the final check on the sizing:

CHECK

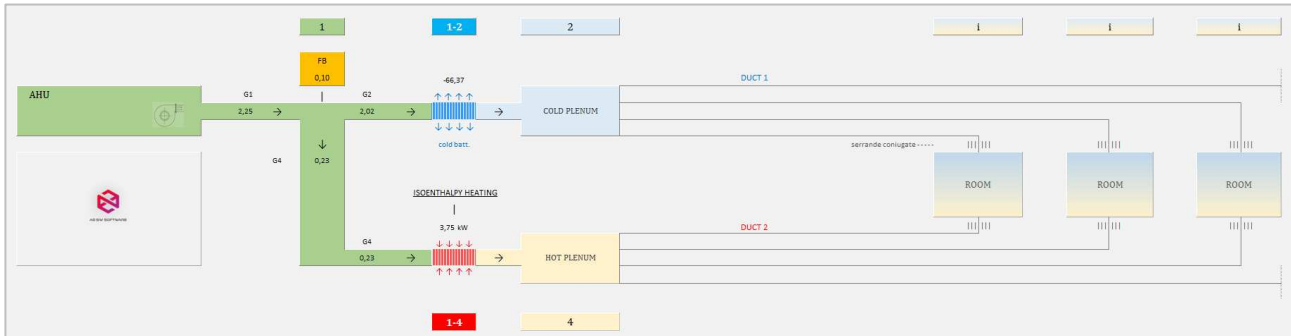
DOUBLE DUCT PROJECT WITH MIXING BOX_OK

THE BYPASS FLOW RATE $G1.by$ IS MIXED (AFTER HEATING)
WITH PART OF THE FLOW RATE $G3.tr$ LEAVING THE AHU

3.3 - "DOUBLE DUCT WITH PLENUM" SIZING

3 DOUBLE DUCT + PLENUM

The type of system is graphically schematized in the following model:

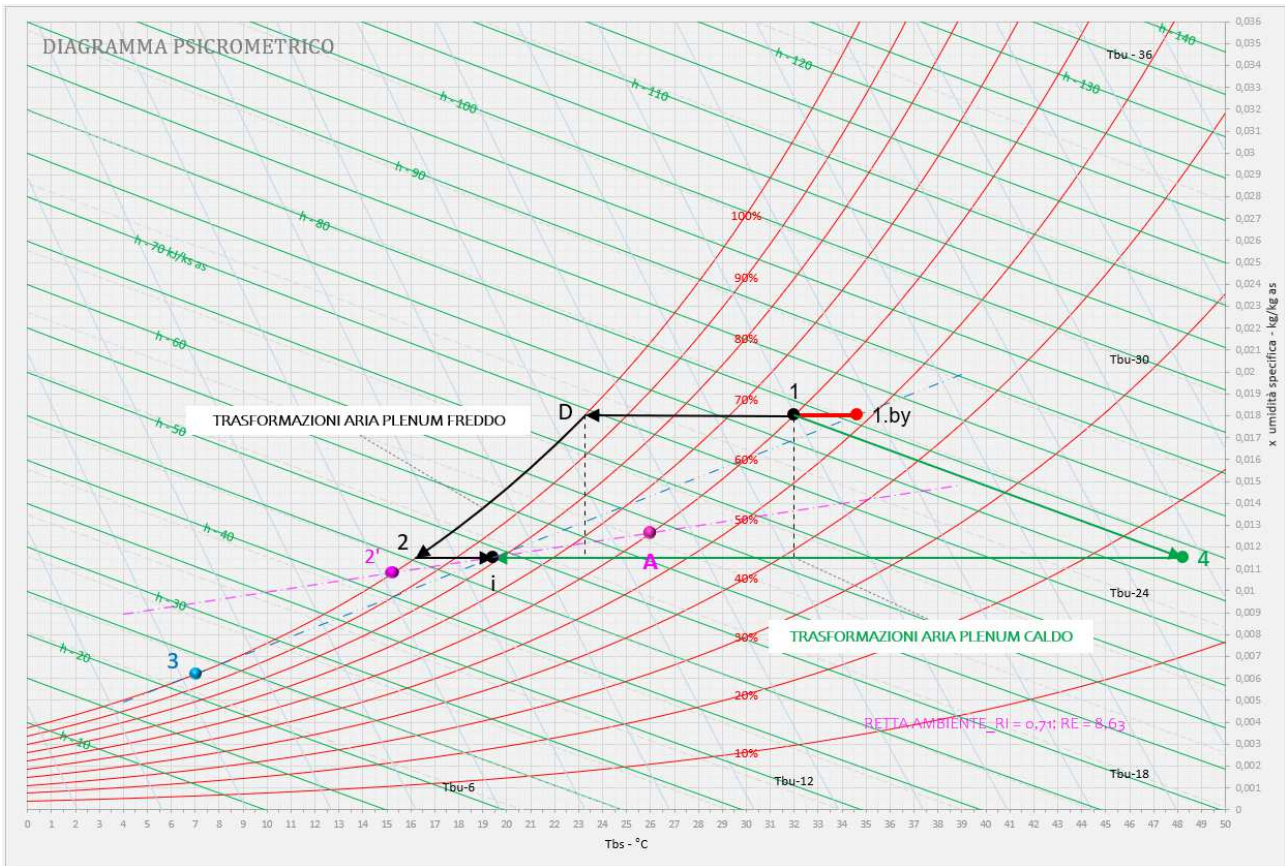


The psychrometric transformations relating to this type of system take place differently for the two air flows destined to flow into the two plenums. In particular, the air destined to flow into the **COLD PLENUM** is subjected to the transformations represented on the psychrometric diagram by the black continuous line lines (cooling and dehumidification; ref. path 1-D-2); the bypass air destined to flow into the **HOT PLENUM** is subjected to the transformations represented on the psychrometric diagram by the green continuous line lines (isoenthalpy adiabatic heating hygroscopic; ref. path 1-4).

Subsequently, part of the flow rate at the exit from the AHU of the cold plenum in the thermo-hygrometric conditions of point "2" mixes with part of the port of the hot plenum in the thermo-hygrometric conditions of point "4" thus determining the thermo-hygrometric conditions of the injection point "i".

The explanation of the operation of the system takes place as always with reference to the calculation example.

The first part of the calculation already seen for the single-duct type with post-heating is also valid for this type of system with reference to the value of the intake air temperature $T_i = 19.42$ °C; when the mass flow rate of input $G_i = 2.25$ [kg/s] is found; the determination of the number of hourly changes $n = 1.44$ [1/h]; the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (outdoor air conditions) and "i" (intake air conditions).



Therefore, the thermo-hygrometric conditions of point "i" derive from the calculation already made with reference to the aforementioned type of system and are reproduced below:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

Point 2 is the first extreme of the mixing line 2-i-4 and is related to the flow rate coming from the cold plenum; the second extreme is point 4 and is related to the flow coming from the hot plenum. The thermo-hygrometric characteristics of the air with reference to these points and the relative flow rates to be mixed are represented in the calculation table below:

ESTREMI DI MISCELAZIONE_2-4									
G₂	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	16,22	100%	1.842,86	18,43	0,0115	0,835	45,46	16,21	16,22
G₄	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	48,22	16,32%	11.288,95	18,43	0,0115	0,928	78,28	26,63	16,30

The flow rate G₂ is 2.02 [kg/s]; the flow rate G₄ = 0.23 [kg/s].

The mixing of these flow rates returns the thermo-hygrometric conditions of the injection point "i":

MISCELAZIONE__2+4→i									
G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	19,43	81,69%	2.255,91	18,43	0,0115	0,844	48,75	17,19	16,22

It is instantaneous to verify that the psychrometric parameters relating to "i" coincide exactly with those calculated with reference to the single duct type with post-heating.

The psychrometric parameters of point 4 have been found considering for air an isoenthalpy adiabatic transformation with conversion of latent power into sensible power.

With reference to the air treated in the AHU and flowing into the cold plenum subjected to cooling and dehumidification in the 1-D-2 cycle, it can be deduced that the thermal power and steam subtracted are as follows:

POTENZA + VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA__1→2			
h_1'	$c_{pa} \cdot T_1' + c_{pv} \cdot x_1 \cdot T_1' + r \cdot x_1'$ [1': proiezione punto 1 su orizz. per punto 2]		kJ / kg as
			61,64
W_{sens_1-2}	$G_2 \cdot (h_2 - h_1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW
			-32,73
W_{lat_1-2}	$G_2 \cdot (h_1' - h_1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW
			-33,65
W_t	$G_2 \cdot (h_2 - h_1)$	tot. potenza sottratta	kW
			-66,37
U	$G_2 \cdot (x_2 - x_1)$	vapore condensato	kgv/s
			-0,013

- $h_1' = 61.64$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost = 0.0115 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of thermal powers:
- $W_{sens_1-2} = -32.73$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W_{lat_1-2} = -33.65$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W_t = -66.37$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $U = -0.013$ kg/s is the value of the vapor condensed and subtracted from the humid air in liquid form in the dehumidifier in the transformation 1 → 2 (actually in the sub-transformation D → 2).

The latent power transformed into sensible power in ISO-H 1-4 isenthalpy heating, the subtracted steam and the bypass factor are given below:

LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN ISO-H HEATING_1→4				
Wlat→Ws	$G4 * (h4 - h1')$	energy converted into isenthalpy heating	kW	3,75
U	$G4 * (x4 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,0015
FB	$G4/Gi$	bypass factor	-	0,10

3.4 - COOLING COIL SIZING

4 DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

As illustrated above, the program simultaneously performs the sizing of the three types of "controlled Ti input temperature" system. When sizing the cold coil, it is the designer who chooses which of the three types to perform the calculation for.

Based on the type chosen, the program takes up the calculated values of the air flow rate treated in the coil and the thermal power.

SELEZIONA TIPOLOGIA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO				
<input type="radio"/>	IMPIANTO A SINGOLO CONDOTTO + POST-RISC.			
<input checked="" type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE			
<input type="radio"/>	IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO + PLENUM			
Portata aria	kg/s	1,13	Potenza batteria	kW
				-62,90

In the example carried out, the "double duct + mixing box" type was selected. For it, the values are valid:

Treated air flow rate = 1.13 kg/s;

Power = 62.90 kW (the negative sign is omitted as power considered from the point of view of the battery and not of the treated air).

The type of coil chosen is of the finned type with the following characteristics:

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Ai mmq
5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177

With reference to the supply of the coil finned tubes, the following values are assumed for the circulating water:

$T_{hi} = 6^{\circ}\text{C}$: water inlet temperature in the pipes;

$\Delta T_h = 10^{\circ}\text{C}$: difference in water temperature between inlet and outlet of the finned tubes;

Therefore, the quantities relating to the feed water are as follows:

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
T_{hi}	temperatura ingresso acqua	$^{\circ}\text{C}$	6,0
ΔT_h	salto termico acqua	$^{\circ}\text{C}$	10,0
T_{hu}	temperatura uscita acqua	$^{\circ}\text{C}$	16,00
T_m	temperatura superficiale media batteria	$^{\circ}\text{C}$	12,00
G_h	portata acqua batteria	l/s	1,50

With reference to the calculation of the number of coil rows, it is necessary to fix the direction of air circulation inside the coil with respect to that of water inside the finned tubes. In the example carried out, a "crossed" verse was opted for. On the basis of this, the program determines:

$\Delta T_{ml} = 10.3^{\circ}\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference for cross-flow.

This value is deducted from the prior calculation of the following quantities (shown in grey as preparatory quantities):

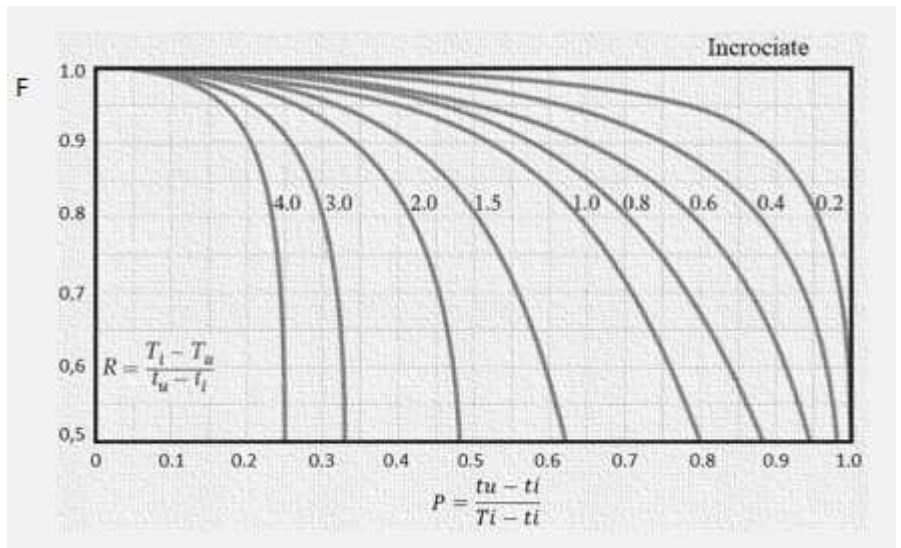
$\Delta T_{ml_co} = 12.9^{\circ}\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior calculation of the quantities $P = 0.38$ and $R = 1.58$; These factors refer to graphs in the literature on the sizing of heat exchangers on the basis of which the trend of the correction factor is plotted. In most cases related to practical battery sizing cases, the value of F fluctuates on average between 0.7 and 0.8 being graphed with values potentially oscillating between 0.5 and 1.0. In the example carried out, as shown in the graph, the value of F for $P = 0.38$ and $R = 1.58$, is approximately equal to $F = 0.93$. The program assumes, for safety reasons, the value of 0.80. For the calculation of the number of ranks, the definition of air and water velocities is also required, for which the following values have been assumed:

$V_A = 2.5 \text{ m/s}$: air velocity;

$v_h = 1.0$ m/s: water velocity.

All this is shown in the following table:



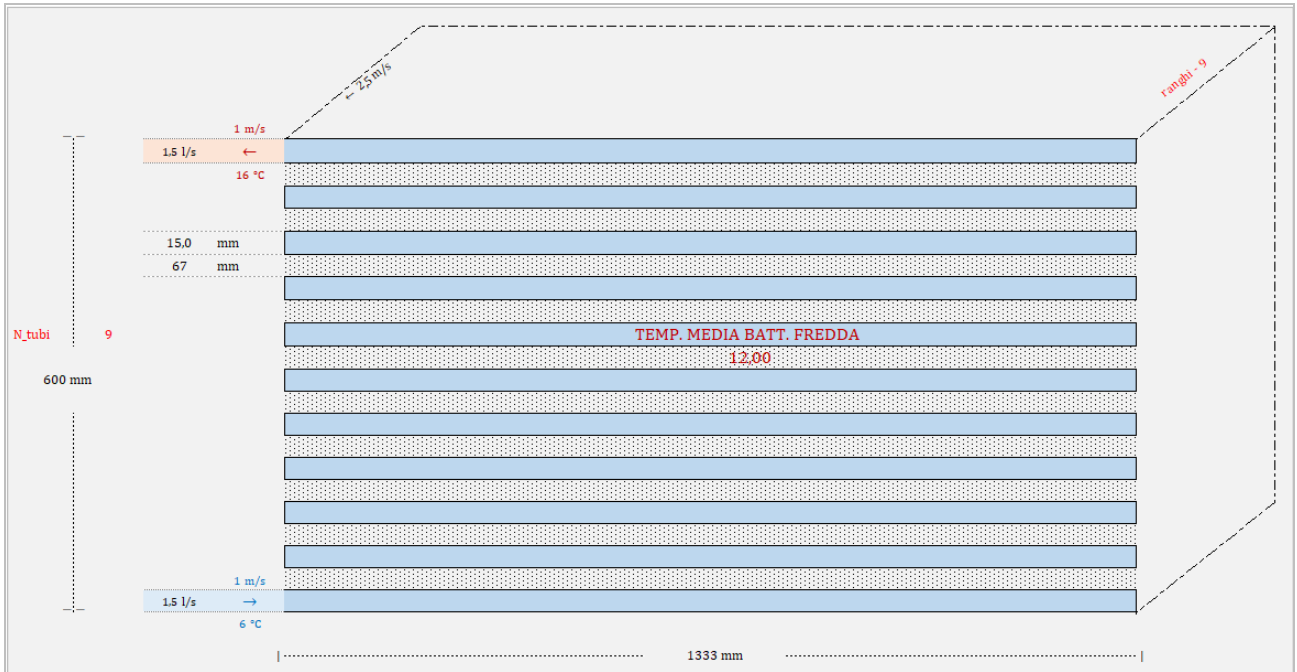
Once the height of the battery has also been defined (a value to be entered by the designer), the program calculates the dimensional characteristics of the battery according to the table below:

NUMERO RANGHI				
flusso aria risp. flusso acqua:				
<input type="radio"/>	equicorrente	<input type="radio"/>	controcorrente	<input checked="" type="radio"/> incrociato
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua	$^{\circ}C$		10,3
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente	$^{\circ}C$		12,9
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	$P=0,38$	$R=1,58$	0,80
v_a	velocità aria	m/s		2,5
v_h	velocità acqua	m/s		1,0
H		altezza batteria	mm	600
L	$GE/(v_a * H)$	larghezza batteria	mm	1.333
Af	$H * L$	area frontale batteria	m ²	0,80
N	$W_{tf}/(v_h * 4186 * A_{tu} * (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	9
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	67

It also determines the global heat transfer coefficient U [W/sqm $^{\circ}C$] and the number of ranks:

U	$U_W/mq^{\circ}C$		NR	numero ranghi $W_{tf}/(A_f * U * \Delta T_{ml})$
	868,57			9

The sizing of the battery is summarized in a graphic diagram showing the main characteristics.



AE-SW SOFTWARE

4 - PRINT REPORT_Example calculation

The printout of the sample calculation report refers to the example excel file attached, together with the calculation program, to this user manual.



TECHNICAL REPORT

SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEM WITH ALL PRIMARY AIR ATMOSPHERIC PRESSURE 101325 Pa

CLIENT	TIZIO Angelo
TAX CODE/VAT NUMBER	ABC DEF 77H60 G005H
LOCATION	Roma (RM)
ADDRESS	Via dei Paschi di Siena, 20

URBAN ZONE	B
CADASTRAL SHEET	97
CADASTRAL PARCEL	25
CADASTRAL SUBORDINATE	6

PROJECT	Ing. Alvaro BIANCHI	
	Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Technical office	Massa di Somma_NA Via G. Falcone n. 53

CONSTRUCT. MANAGEMENT	Ing. Aldo ROSSI	
	Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Technical office	Massa di Somma_NA Via P. Borsellino n. 44

TEST	Ing. Filippo VERDI	
	Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Technical office	Massa di Somma_NA Via R. Chinnici n. 64

© AE-SW SOFTWARE

TECHNICAL REPORT

PREMISE

Project hypothesis:

Room-environment in which a temperature T_A °C and a relative humidity ϕ_A % are to be maintained.

Heavy sensitive load equal to W_{sens} [kW]; latent load equal to W_{lat} [kW].

Outdoor air with temperature T_E [°C] and relative humidity ϕ_E [%].

Floor area S [sqm]; volume V [mc]; maximum local capacity p [people].

TYPES OF PLANT DESIGNED:

- ▶ SINGLE DUCT WITH POST-HEATING
- ▶ DOUBLE DUCT DON MIXING BOX
- ▶ DUAL DUCT WITH PLENUM

FOR EACH TYPE, THE FOLLOWING ARE DETERMINED:

- the psychrometric parameters of the humid outdoor air and the ambient air;
- the inlet flow rate G_i [kg/s] its thermo-hygrometric conditions in the state of intake;
- the thermal power exchanged in the batteries divided into sensitive and latent;
- the condensed steam flow rate U [kg/s] in the dehumidification process;
- the thermal factor R_i [-] internal and $R_E = \Delta h / \Delta x$ external, relative to the room line;
- the operating characteristics and size of the cold battery.

GENERAL DATA

System type:	A TUTT'ARIA PRIMARIA	
Calculation method:	with controlled specific humidity	
Local category	101.325	Pa
Room category	resid. and similar	
Expected quality category_UNI EN 16798	1_very good	
Pollution degree_UNI EN 16798	n.d.	
Calculation method _UNI EN 16798	method 1	
p _numero people	n.d.	
S _room floor area	100	
%_living room + bedrooms surface	n.d.	
V _room volume	5.000	mc
T_E _outdoor temperature	32,0	°C
ϕ_E _oudoor relative humidity:	60%	-
T_A _project internal temperature	26,0	°C
ϕ_A _project internal relative humidity:	60%	-
W_{sens} _sensitive load	12	kW
W_{lat} _latent load	5	kW

© AE-SW SOFTWARE

INITIAL PSYCHROMETRIC CONDITIONS

E	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	32	60%	4.755,4	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27

outside air

A	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	26	60%	3.361,2	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64

internal air

SINGLE-DUCT SYSTEM WITH POST-HEATING

The system consists of the installation of air handling units for each zone at homogeneous temperature-hygrometric conditions. The sizing is based on the air flow rate necessary to remove the distinct heat load in the sensitive and latent components. The sizing is conducted to all primary air without recirculation. The conditions of the air entering the AHU are as follows:

1	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	32	60%	4.755,4	28,53	0,0180	0,890	78,28	25,8	23,27

air_AHU inlet

AIR FLOW RATE AND PSYCHROMETRIC INTAKE CONDITIONS

Gi_input flow rate 2,25 kg/s

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,4	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,2	16,19

Psychrometric parameters Intake air

GRN renewal_flow rate 2,25 kg/s
 N_volume changes/h 1,44 1/h
 GRC_recirculation flow rate 0,00 kg/s

HEAT POWER AND STEAM SUBTRACTED IN COLD BATTERY

Wsens_sensitive power subtracted -36,44 kW
 Wlat_latent power subtracted -37,52 kW
 Wt_overall power **73,96 kW**
 U_removed steam -14,66 gr_v/s

THERMAL POWER SUPPLIED IN THE POST-HEATING BATTERY

© AE-SW SOFTWARE

W+_ Power supplied	7,5	kW
--------------------	-----	----

ROOM LINE THERMAL FACTOR_i-A

RI = Wsens/internal thermal factor	0,71	-
RE = $\Delta H/\Delta x$ _external thermal factor	8,50	kJ/gr

DOUBLE DUCT SYSTEM WITH MIXING BOX

The system consists of the installation of air handling units for each zone at homogeneous temperature-hygrometric conditions. The sizing is based on the air flow rate necessary to remove the distinct heat load in the sensitive and latent components. The sizing is conducted to all primary air without recirculation. A double conduit is planned. In duct 1 circulates the air treated in cold coil in the conditions of exit from the AHU. Outside air circulates in duct 2 bypassed by the cold coil (after preheating if necessary). The two air currents are mixed in a special box placed in the immediate vicinity of the room, in order to obtain the emission conditions.

In the specific case it appears that:

The mixing line '1-i' does not intersect the saturation curve. The bypass flow rate G1.by had to be heated from state '1' to state '1.by' having T1.by = 34,73 °C. In this way, the new mixing line '1.by-i' meets the saturation curve at point 3 having T3 = 7 °C. The entry point 'i' is obtained without post-heating for simple mixing between G1.by in the '1.by' conditions and G3.tr in the '3' state of exit from the AHU.

FLOW RATES

G3_UTA output flow rate	1,24	kg/s
G1-by_flow bypassed by cold battery	1,01	kg/s
G1_total flow rate	2,25	kg/s
FB_bypass factor	0,45	-

PSYCHROMETRIC CONDITIONS MIXING FLOW RATES

G3	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,24	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
3	7,00	100%	1.000,0	10,00	0,0062	0,802	22,62	6,9	7,00

Air leaving the AHU

G1.by-R	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,01	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
1.by-R	34,73	51%	5.540,7	28,53	0,0180	0,898	81,11	26,7	23,28

Heated bypassed air

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	19,58	81%	2.276,7	18,39	0,0115	0,845	48,84	17,2	16,19

Mixed air intake

© AE-SW SOFTWARE

THERMAL FACTOR MIXING LINE		1.by-R - 3	
RI = Wsens/Wt_internal thermal factor	0,46	-	
RE = $\Delta H/\Delta x$ _external thermal factor	4,71	kJ/gr	
Wsens_sens. power subtracted by cold battery	-31,49	kW	
Wlat_latent power subtracted by cold battery	-37,52	kW	
Wt_overall power	-69,02	kW	
U_removed steam by cold battery	-14,66	gr/s	

DOUBLE DUCT SYSTEM WITH PLENUM

The system consists of the installation of air handling units for each zone at homogeneous temperature-hygrometric conditions. The sizing is based on the air flow rate necessary to remove the distinct heat load in the sensitive and latent components. The sizing is conducted to all primary air without recirculation. The air, being in the summer cycle, does not undergo treatment in the AHU. At the exit it is conveyed into two separate ducts. In duct 1 it is cooled by a cold coil (point 2); in duct 2 it is heated adiabatically (point 4). Subsequently, the two air currents flow into a mixing plenum under in-zone release conditions. The various distribution pipelines to the rooms in the area branch off from the plenum.

FLOW RATES

G2_portata duct 1	2,02	kg_as/s
G4_duct flo rate 2	0,23	kg_as/s
Gi_total inlet flow rate	2,25	kg_as/s
bypass factor	0,10	-

Air conditions conducted 1 at the outlet from the cold coil:

G2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,02	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16,19	100%	1.839,42	18,39	0,0115	0,835	45,37	16,2	16,19

Conditions of duct air 2 at the exit of the isoenthalpy adiabatic treatment:

G4	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
4	48,28	16,25%	11.320,3	18,39	0,0115	0,928	78,28	26,6	16,27

Air conditions after mixing in plenum (zone intake conditions):

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,25	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	19,43	81,52%	2.256,4	18,39	0,0115	0,844	48,70	17,2	16,19

© AE-SW SOFTWARE

Power and steam subtracted from the cold battery:

Wt_overall power	-66,49	kW
U_removed steam	-13,18	gr/s

Latent power converted to sensible and steam subtracted in isoenthalpy heating:

Wlat→Ws	3,79	kW
U_removed steam	-1,48	gr/s

COLD BATTERY SIZING

EXECUTIVE FORECAST: **DOUBLE DUCT SYSTEM + MIXING BOX**

BATTERY TYPOLOGY	De mm	Di mm	s mm
5/8' - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016	0,43

Airflow direction respect to water flow **crosscurrent**

Gb_air flow on battery	1,24	kg/s
Wt_total power	-69,02	kW
Tin_inlet water temperature	6,00	°C
Tout_outlet water temperature	16,00	°C
0	10,00	°C
Tm_average fin temperature	12,00	°C
Gh_battery water flow rate	1,65	l/s

H_battery height	600,00	mm
L_battery width	1333	mm
N_number of horizontal tubes	10	-
i_vertical pipe center distance	60,0	mm
NR_number of ranks	13	-



ATTACHMENTS

- calculation tables
- psychrometric diagram

The project technician
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved

CALCULATION TABLES

 SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEM SUMMER REGIME	
SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEM WITH ALL PRIMARY AIR ATMOSPHERIC PRESSURE 101325 Pa	
CLIENT	TIZIO Angelo
TAX CODE/VAT NUMBER	ABC DEF 77H60 G005H
RESIDENCE	Roma (RM)
ADDRESS	Via dei Paschi di Siena, 20
LOCATION	Roma (RM)
ADDRESS	Via Michelangelo, 10
URBAN ZONE	B
CADASTRAL SHEET	97
CADASTRAL PARCEL	25
CADASTRAL SUBORDINATE	6
	
PROJECT	Ing. Alvaro BIANCHI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA
address	Via G. Falcone n. 53
CONSTRUCT. MANAGEMENT	Ing. Aldo ROSSI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA
address	Via P. Borsellino n. 44
TEST	Ing. Filippo VERDI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA
address	Via R. Chinnici n. 64
<i>Studio associato di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)</i>	
AE-SW - © All rights reserved	

SINGLE-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEM SUMMER REGIME

SYSTEM TYPE
R111 AIR PRIMARY

CALCULATION OPTION

- with controlled specific humidity
- air controlled heat temperature

ATMOSPHERIC PRESSURE

DIRECT INPUT

INDIRECT: MP (0) by altitude and temperature

H_0 altitude

T_0 temperature to altitude H

$$101325 \cdot (1 - 1.57 \cdot 10^{-5} \cdot H + 0.00035 \cdot H^2)$$

$$101325 \cdot (1 - 0.000325 \cdot H)^{5.256}$$

$$101325 \cdot 0.92077^{(H/100)}$$

$$101325 \cdot e^{(0.00011 \cdot H)}$$

Pa	101325
m	7.000
°C	15
Pa	-
Pa	-
Pa	-

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION

Pa	101325
----	--------

GENERAL DATA

Building use resid. and similar no residentia

Expected environmental quality: UNI EN 16758:
 1_very good 2_good 3_not very good

Degree of air movement pollution: (UNI EN 16758) → no active carbon
 0_better 1_moderately polluted 2_very polluted

Calculation method: UNI EN 16758:
 method 1 method 2 method 3

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature	°C	32
UR_r, relative humidity outdoor air	%	60%
TA_design room temperature	°C	26
UA_design relative humidity	%	60%

LOADS

W_sensit	source: outdoor environment, people, equipment, appliances	kW	17
W_lat	source: people, apparel, appliances	kW	5
E_number of people			500

BUILDING DIMENSION

S_building floor area	m ²	100
A_surface living room + bedrooms	m ²	30.00
V_building volume	m ³	5.000

MINIMUM VENTILATION UNI EN 16798

QPM_min	minimum requirement flow rate UNI EN 16798	m ³ /h	7.210
P_min	minimum number of fresh air intakes UNI EN 16798	1/n	1.44

3 DOUBLE DUCT + PLENUM

MIXING EXTERMS_2-4											
G2	T	d	P _{ext}	P _v	x	v	h	T _{th}	T _{db}	TD	
220	°C	%	Pa	Pa	kg/kg da	m³/kg da	kJ/kg da	°C	°C	°C	
2	15,19	50%	1.000,00	13,39	0,0117	0,833	65,37	10,13	10,13	10,13	

MIXING_2-4-4											
G4	T	d	P _{ext}	P _v	x	v	h	T _{th}	T _{db}	TD	
1	°C	%	Pa	Pa	kg/kg da	m³/kg da	kJ/kg da	°C	°C	°C	
1	15,01	51,25%	2.250,00	13,26	0,0115	0,890	69,70	11,77	11,77	11,03	

POWER + STEAM SUBTRACTED FROM THE COOL BEAT W_1-2											
W1	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT	comTT
W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN ISO-HEATING_1-4											
W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1
W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4 DOUBLE DUCT + PLENUM OK

CHECK											
DOUBLE DUCT + PLENUM OK											
OK											

5 EXCHANGER

AE-SW SOFTWARE

BIBLIOGRAFIA

ARIA UMIDA. CLIMATIZZAZIONE ED INVOLUCRO EDILIZIO. Teoria, applicazione e software.
L. Bella; P. Mazzei; F. Minichiello; D. Palma
Liguori, Milano, 2006

MANUALE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Luca Stefanutti
Tecniche Nuove, Milano, 2008

CLIMATIZZAZIONE DEGLI EDIFICI. Fabbisogno energetico, efficienza e certificazione.

p. Andreini; F. Soma
Hoepli, Milano, 2010

MANUALE DEL TERMOTECNICO. Fondamenti, riscaldamento, condizionamento, refrigerazione, risorse energetiche.

Nicola Rossi
Hoepli, Milano, 2014

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE. Manuale di calcolo.

M. Vio
Editoriale Delfino, Milano, 2022

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Livio De Santoli, Francesco Mancini
Maggioli editore, Milano, 2022

IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO PER USI CIVILI

Cammarata Giuliano
Legislazione Tecnica, Roma, 2024

AE-SW SOFTWARE

AE-SW SOFTWARE

AE-SW SOFTWARE**PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA PRIMARIA**

Programma in excel per il condizionamento estivo

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in formato *excel* per il dimensionamento degli impianti di trattamento dell'aria per la climatizzazione estiva MONO-ZONAA TUTT'ARIA PRIMARIA.

Il calcolo è riferito a edifici pubblici o privati; residenziali o meno; può essere condotto a umidità specifica di immissione controllata o a temperatura di immissione controllata. I parametri psicrometrici dell'aria sono calcolati in funzione dei diversi valori che la pressione atmosferica assume in dipendenza dell'ubicazione geografica della località.

Il dimensionamento è condotto in conformità alle Norme UNI EN 16798 in riferimento al volume minimo di ventilazione e al numero minimo di ricambi orari in relazione alla destinazione d'uso dei locali, alla categoria di qualità ambientale attesa, al grado di inquinamento e affollamento, alla superficie e volume dell'immobile.

Il programma esegue il dimensionamento di tre diverse tipologie di impianto:

- *a singolo condotto con post-riscaldamento;*
- *a doppio condotto con box di miscelazione;*
- *a doppio condotto con plenum.*

Per ciascuna tipologia il dimensionamento è condotto analiticamente e successivamente rappresentato su diagramma psicrometrico interattivo con evidenziazione delle trasformazioni psicrometriche dell'aria umida nell'unità di trattamento dell'aria. Per ciascuna tipologia di impianto è dimensionata la batteria di raffreddamento.

Il programma redige in automatico una dettagliata relazione tecnica pronta per la stampa. I fogli di calcolo sono impostati per la stampa diretta in formato pdf.

Nel manuale è illustrato un esempio di calcolo in applicazione del programma; in appendice è riportata la stampa della relativa relazione tecnica di progetto.

Il Manuale e il programma sono in lingua italiana e in lingua inglese.

MANUALE D'USO

**PREPARED AND PRESENTED BY
AE-SW SOFTWARE**