

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MONO-ZONA CON RICIRCOLO

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

ITALIANO - INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA CON RICIRCOLO
REGIME ESTIVO

ITALIANO • INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA CON RICIRCOLO
UMIDITA' SPECIFICA O TEMPERATURA DI IMMISSIONE CONTROLLATA

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON GRAFICO 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 CON RICIRCOLO

MANUALE D'USO

AE-SW SOFTWARE

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MONO-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

© 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 CON RICIRCOLO

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. 16
2.4 - Dimensionamento batteria di raffreddamento	pag. 19
3 PROGETTAZIONE "A TEMPERATURA DI IMMISSIONE CONTROLLATA"	pag. 23
3.1 - Dimensionamento "a singolo condotto con post-riscaldamento"	pag. 24
3.2 - Dimensionamento "a doppio condotto con box di miscelazione"	pag. 29
3.3 - Dimensionamento "a doppio condotto con plenum"	pag. 33
3.4 - Dimensionamento batteria di raffreddamento	pag. 36
4 RELAZIONE TECNICA_ esempio di calcolo	pag. 40
5 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 53
BIBLIOGRAFIA	pag. 98

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

PROGETTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO MONO-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

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:

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA
IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONOZONA

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

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

PRESSIONE ATMOSFERICA
 INPUT DIRETTO
 INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura
 H_altitudine
 TH_temperatura alla altitudine H
 $101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$
 $101325 * (1 - 0,0001226 * H)^{5,2561}$
 $101325 * 0,9877^{H/284}$
 $101325 * e^{-(1,25 * H) / 284}$

Pa: 101.325

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO
Pa: 101.325

DATI GENERALI
 Destinazione d'uso locale: residenz. e simili
 Qualità ambientale attesa_UNI EN 16798: 1_molto buono
 Grado inquinamento ambiente_UNI EN 16798: med. inquinato
 Metodo di calcolo_UNI EN 16798: metodo 1

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA
 TE_temperatura aria esterna: 32 °C
 φE_umidità relativa aria esterna: 55%
 TA_temperatura ambiente voluta: 20 °C
 φA_umidità relativa ambiente voluta: 55%

CARICHI
 Wsens: 36 kW
 Wlat: 5 kW
 n_Ricarico persone: 500

DIMENSIONE AMBIENTE
 S_pavimento locale: 100 mq
 S_superficie_soggiorno + camera letto: 100 mq
 V_volumi locale: 5.000 mc

VENTILAZIONE MINIMA_UNI EN 16798
 GRN_min: 7.200 m³/h
 n_min: 1.44 1/h

Studio associato di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)
AE-SW - © Tutti i diritti riservati

- la tipologia di impianto: a tutt'aria con ricircolo (predefinita);
- l'opzione di calcolo: "a umidità specifica controllata" ovvero "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 = 55%; TA = 26 °C; ΦA = 55%);
- i carichi sensibile e latente gravanti sugli ambienti della zona (nell'esempio svolto: Wsens = 16 kW; Wlat = 5 kW).

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	
CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA			
TE_temperatura aria esterna	°C	32	
ΦE_umidità relativa aria esterna	%	55%	
TA_temperatura ambiente voluta	°C	26	
ΦA_umidità relativa ambiente voluta	%	55%	
CARICHI			
Wsens	fonti: ambiente esterno, persone, apparecchi., infiltraz.	kW	16
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

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

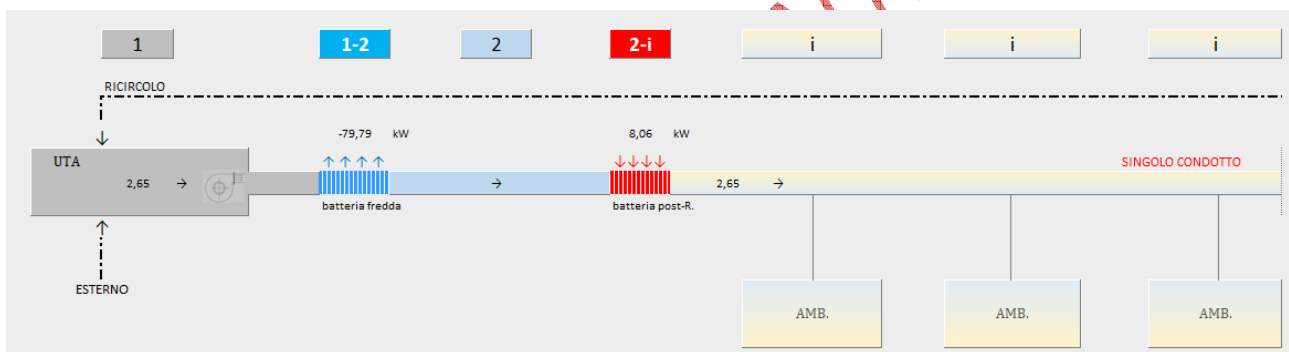
esterno); il fattore di bypass; le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

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 $1 \rightarrow D$ (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" (rappresentanti anche le condizioni termoigrometriche dell'aria di rinnovo) e quelle dell'aria ambiente "A" (rappresentanti anche le condizioni termoigrometriche dell'aria di ricircolo):

a	STATO ARIA ESTERNA/RINNOVO E AMBIENTE/RICIRCOLO								
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
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,92	21,84
G_A	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	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,64	16,27

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

b	PORTATA DI IMMISSIONE - RINNOVO - RICIRCOLO - RICAMBI ORARI								
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'	14,10	100%	1.607,41	16,07	0,0100	0,827	39,50	14,07	14,10

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 " x_i "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: $x_{i_min} = 0,0100$ [kg/kg]).

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 (nell'esempio svolto: $x_i = 0,0105$ [kg/kg]), nel caso in cui sono soddisfatte entrambe le due

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

relazioni sopra evidenziate il programma attiva la cella su sfondo verde con la dicitura "OK_xi in range ottimale". La quantità $(T_i - T_A)$, in questo caso, si attesta infatti al valore di $-8,23$ °C, compreso tra $-9,0$ °C e $-3,0$ °C.

xi_min			kg/kg as	0,0100
xi	xi ott. se	$-9,00 \leq T_i - T_A \leq -3,00$	kg/kg as	0,0105
Ti - TA		OK_xi IN RANGE OTTIMALE	°C	-8,23
Gi_calc.	$Wlat / [r \cdot (x_A - x_i)]$		kg/s	1,89
GRN_min	UNI EN 16798		kg/s	2,25
GRN			kg/s	2,25
GRC_%	% di Gi		kg/s	15%
Gi			kg/s	2,65
GRC			kg/s	0,40
n_min	UNI EN 16798		1/h	1,44
n			1/h	1,44

Il valore di $x_i = 0,0105$ [kg/kg] così fissato è propedeutico alla determinazione della portata di rinnovo GRN [kg/s]. Tale valore è assunto pari al massimo tra il valore di calcolo G_{i_calc} relativo alla massa d'aria necessaria ad asportare i carichi termici presenti negli ambienti di zona e il valore minimo GRN_min di ventilazione imposto dalle norme UNI EN 16798.

Nell'esempio svolto, il valore di calcolo è pari a $G_{i_calc} = 1,89$ [kg/s]; il valore minimo dell'aria di rinnovo calcolato secondo la procedura imposta dalle norme UNI EN 16798 e implementata nel programma, è pari a $GRN_{min} = 2,25$ [kg/s]. Conseguentemente la portata di rinnovo necessaria alla ventilazione degli ambienti di zona vale:

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

La portata di ricircolo GRC è stabilita in percentuale rispetto a G_i , nell'esempio svolto si è posto: $GRC_{\%} = 15\%$. Conseguentemente il valore della portata d'aria complessiva è pari a:

$$G_i = 2,65 \text{ [kg/s]}$$

Per cui il valore dell'aria di ricircolo si attesta al valore:

$$GRC = 0,40 \text{ [kg/s]}$$

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 $x_i = 0,0105$ [kg/kg] 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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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

G_2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80

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

h_1'	$c_{pa} \cdot T_1' + c_{pv} \cdot x_1' \cdot T_1' + r \cdot x_1'$		kJ / kg as	58,10
 W_{sens_1-2}	$G_1 \cdot (h_2 - h_1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-2	kW	-44,22
W_{lat_1-2}	$G_1 \cdot (h_1' - h_1)$	comp. latente sottratta tra 1-2	kW	-35,57
W_{1-2}	$G_1 \cdot (h_2 - h_1)$	tot. potenza sottratta	kW	-79,79
U	$(x_i - x_1) \cdot G_1$	vapore sottratto a G_1 nella UTA	kg_acqua/s	-0,014

- $h_1' = 58,10$ kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica 0,0105 [kg/kg] passante per il punto 2. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- $W_{sens_1-2} = -44,22$ kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $W_{lat_1-2} = -35,57$ kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;

- $W_- = -79,79 \text{ kW}$ è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $U = -0,014 \text{ kg/s}$ 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:

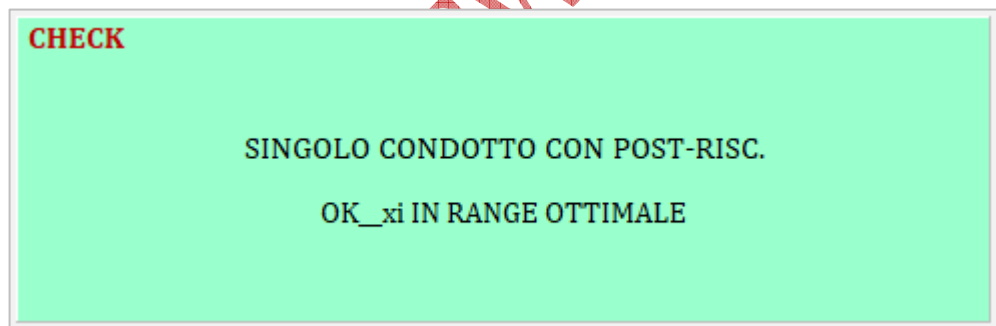
Wsens_2-i	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	potenza sensibile fornita nel post-riscald.	kW	8,06
-----------	------------------------	---	----	-------------

Il fattore termico interno vale $RI = W_{sens}/W_t = 16/21 = 0,76$.

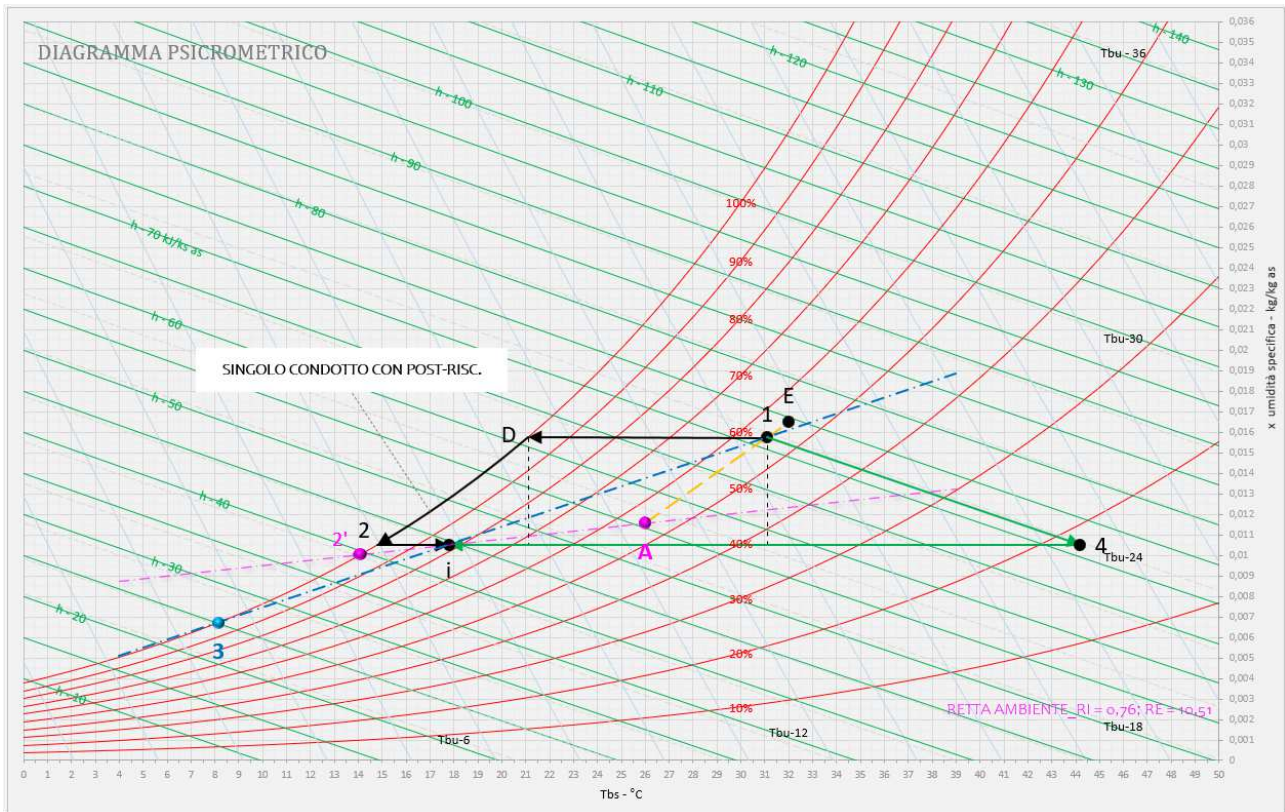
Il fattore termico esterno vale $RE = \Delta H/\Delta x = 10,51$.

RE_i-A	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$		kJ/gr_v	10,51
--------	--	--	------------------	--------------

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



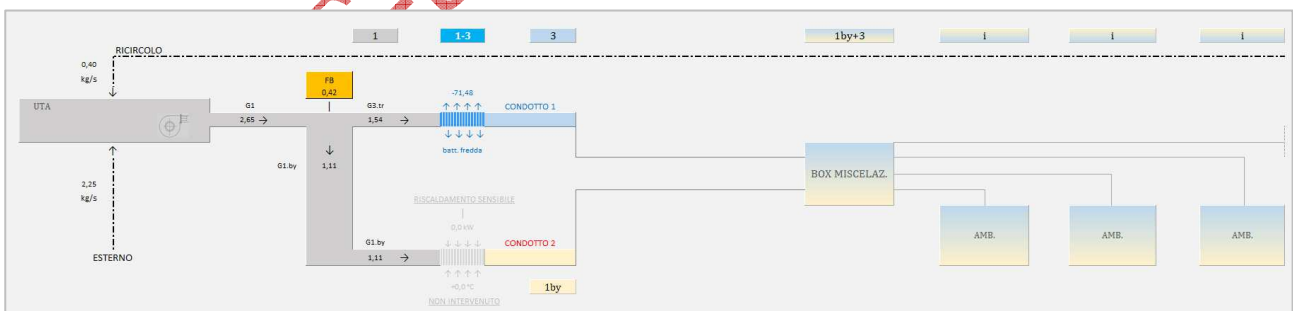
Tutte gli stati psicrometrici dell'aria e le trasformazioni nella UTA, sono rappresentati su diagramma psicrometrico. I numeri e le lettere sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria umida e trovano corrispondenza con quelli presenti nelle celle del foglio di calcolo. La tipologia di impianto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



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

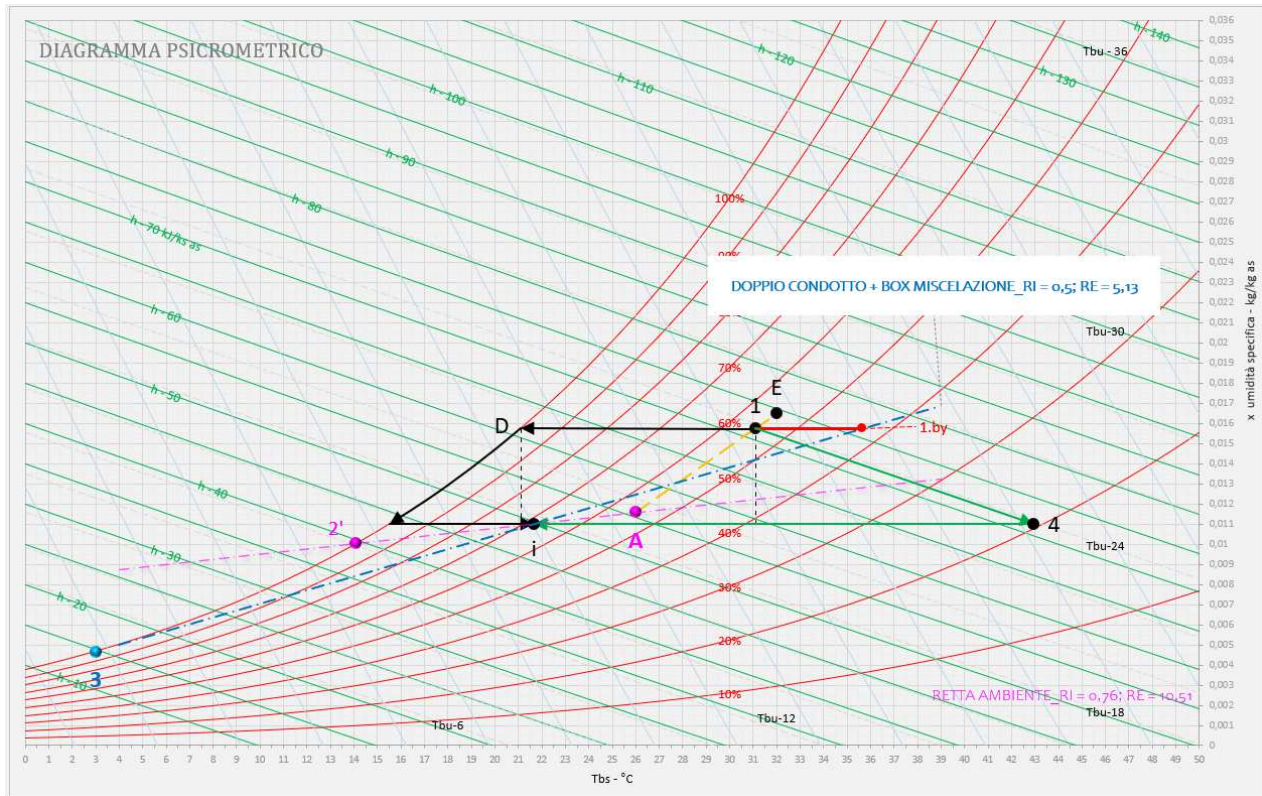
2 DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

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; ciò in via generale quando non interviene il riscaldamento sensibile della portata di bypass.

Nello specifico, 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: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 55\%$; punto i: $T_i = 17,77^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 82,73\%$) e verifica



Ritornando al dimensionamento relativo all'impianto a doppio condotto con box di miscelazione, per il medesimo 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 $x_i = 0,0105$ [kg/kg]; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,65$ [kg/s]; della portata di rinnovo $GRN = 2,25$ [kg/s]; della portata di ricircolo $GRC = 0,40$ [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).

Lo stato di immissione "i" della portata $G_i = 2,65$ [kg/s] giacente sulla retta ambiente, è ottenuto per miscelazione della portata di bypass $G_{1.by}$ rappresentata dal punto "1" 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" e "3" sono calcolati in automatico dal programma; Sono determinate altresì le portate di miscelazione $G_{1.by} = 1,11$ [kg/s] e $G_{3.tr} = 1,54$ [kg/s] la cui somma è, ovviamente pari a $G_i = 2,65$ [kg/s].

ESTREMI DI MISCELAZIONE__1-3									
G3	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,2
G1.by	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	31,10	55,36%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,19	21,11

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

MISCELAZIONE__1+3 = i									
G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1+3	17,86	82,26%	2.044,79	16,82	0,0105	0,839	44,55	15,74	14,80

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 48,41
Wsens	$G3 \cdot (h3 - h1'')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW -35,92
Wlat	$G3 \cdot (h1'' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW -35,55
W-	$G3 \cdot (h3 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW -71,48
U	$G3 \cdot (x3 - x1)$	vapore condensato	kgv/s -0,014

- h1'' = 48,41 kJ/kg è l'entalpia del punto 1'', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante 0,00671 [kg/kg] passante per il punto 3. È un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- Wsens₁₋₃ = -35,92 kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- Wlat₁₋₃ = -35,55 kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella

trasformazione 1 → 3;

- $W_- = -71,48 \text{ kW}$ è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $U = -0,014 \text{ kg/s}$ 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__1-3				
RI	W_{sens}/W_t	rapporto termico interno	-	0,50
RE	$W_-/[G_3 \cdot (x_1-x_3) \cdot 1000]$	rapporto termico esterno	kJ/grv	5,14
FB	G_{1by}/G_i	fattore di bypass	-	0,42

In riferimento al preventivo riscaldamento della portata di bypass $G_{1.by} = 1,11 \text{ [kg/s]}$, poiché non intervenuto, la relativa schermata risulta inattiva.

RISCALDAMENTO PORTATA_G1.by				
W_+	$G_{1.by} \cdot (h_{1.by} - h_1)$		kW	0,00
ΔT_+	$T_{1.by} - T_1$		°C	0,00
$\Delta \Phi_-$	$\phi_{1.by} - \phi_1$		%	0,00%

Il progetto si conclude col check finale sul dimensionamento:

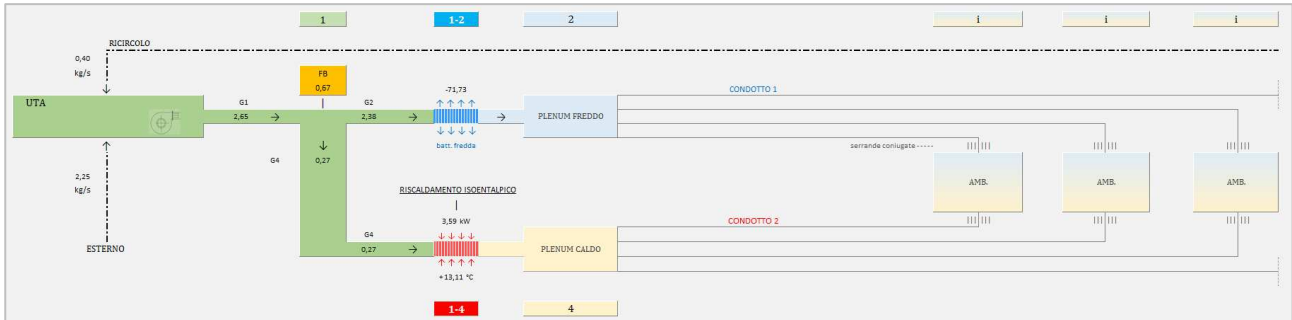
<p>CHECK</p> <p>PROGETTO A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE_OK</p> <p>LA PORTATA DI BYPASS $G_{1.by}$ E' MISCELATA IN CONDIZIONI '1' CON PARTE DELLA PORTATA $G_{3.tr}$ IN USCITA DALLA UTA</p>
--

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 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 portata 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 svolto.

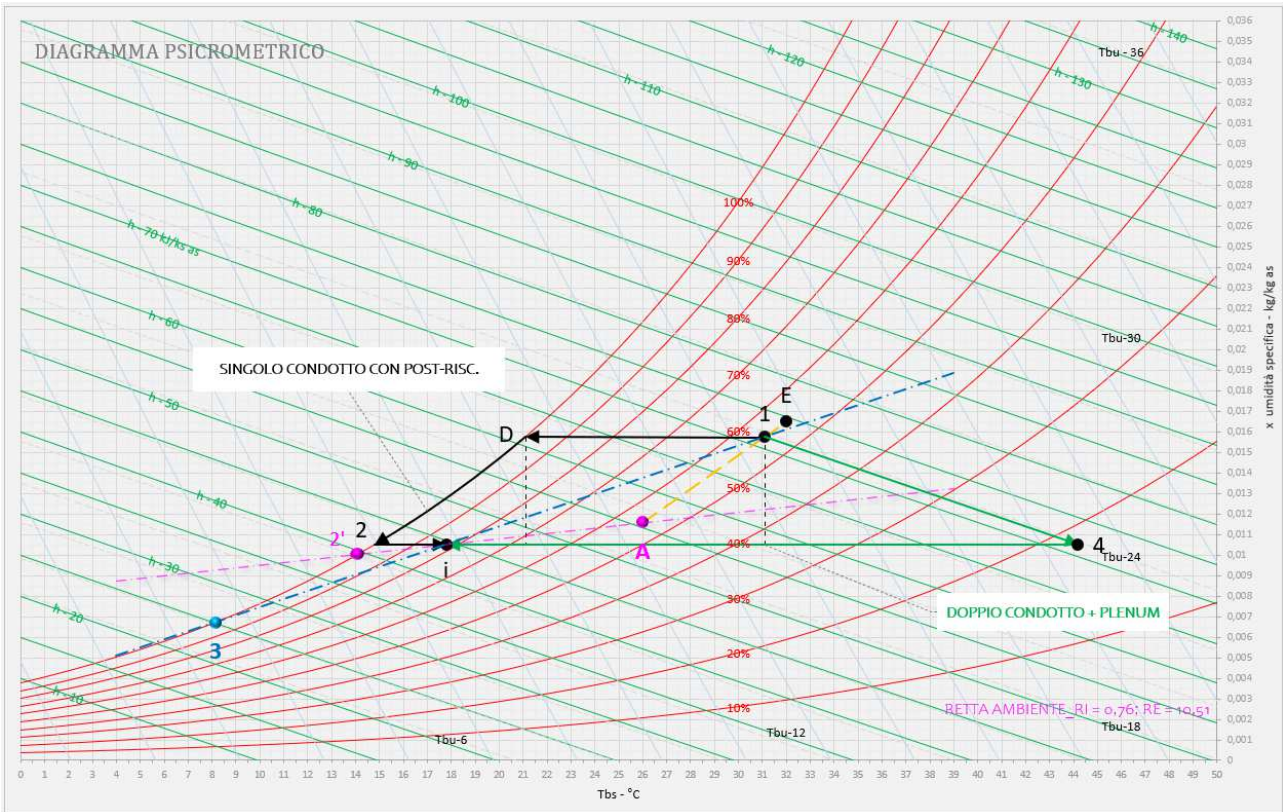
Anche per tale tipologia di impianto vale la prima parte di calcolo già vista per la tipologia a singolo condotto con post-riscaldamento in riferimento al valore dell'umidità specifica di immissione $x_i = 0,0105$ [kg/kg]; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,65$ [kg/s]; della portata di rinnovo $GRN = 2,25$ [kg/s]; della portata di ricircolo $GRC = 0,40$ [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).

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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

Le trasformazioni sono rappresentate nel diagramma psicrometrico come segue:



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
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80
G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,83	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,87	14,86

La portata G2 vale 2,38 [kg/s]; la portata G4 = 0,27 [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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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 58,10
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW -39,75
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW -31,98
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW -71,73
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	vapore condensato	kgv/s -0,012

- h1' = 58,10 kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante = 0,0105 [kg/kg] passante per il punto 2. È un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche;
- Wsens_1-2 = -39,75 kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- Wlat_1-2 = -31,98 kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- W- = -71,73 kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- U = -0,012 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	3,59
U	$G4 * (x4 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,0014
FB	G4/Gi	fattore di bypass	-	0,67

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			
Gb__Portata aria	kg/s	1,54	Wb__Potenza batteria	kW
				-71,48

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

Portata d'aria trattata = 1,54 kg/s;

Potenza = 71,48 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	Di	Ai
	mm	mm	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;

$\Delta Th = 10^\circ\text{C}$: 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			
Thi	temperatura ingresso acqua	$^\circ\text{C}$	6,0
ΔTh	salto termico acqua	$^\circ\text{C}$	10,0
Thu	temperatura uscita acqua	$^\circ\text{C}$	16,00
Tm	temperatura superficiale media batteria	$^\circ\text{C}$	12,00
Gh	portata acqua batteria	l/s	1,71

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	$^\circ\text{C}$	9,3
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente	$^\circ\text{C}$	11,7
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	$P=0,4$ $R=2,29$	0,80
va	velocità aria	m/s	2,5
vh	velocità acqua	m/s	1,0

In funzione di questo il programma determina:

$\Delta T_{ml} = 9,3^\circ\text{C}$: 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);

$\Delta T_{ml_co} = 11,7^\circ\text{C}$: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

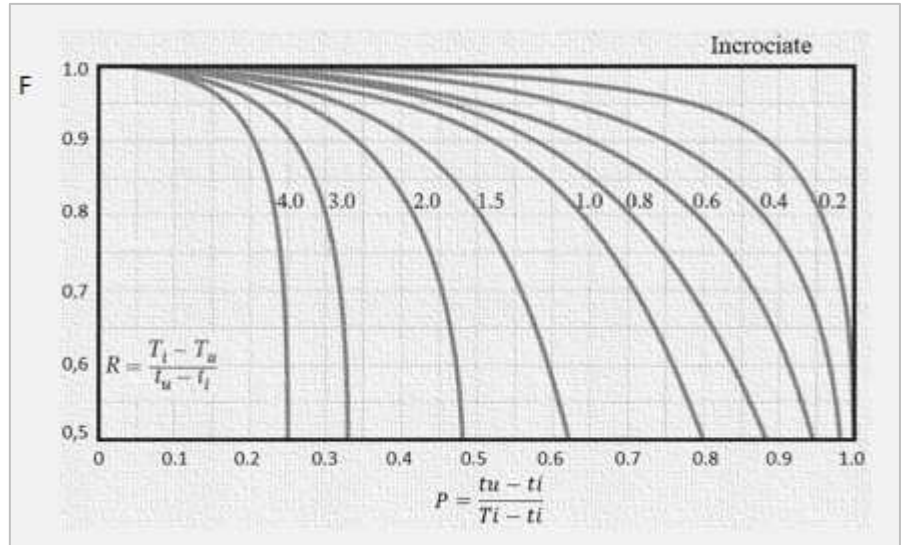
$F = 0,8$: fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze $P = 0,40$ ed $R = 2,29$; 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 = 0,40 ed R = 2,29, è all'incirca pari a F = 0,85.

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.



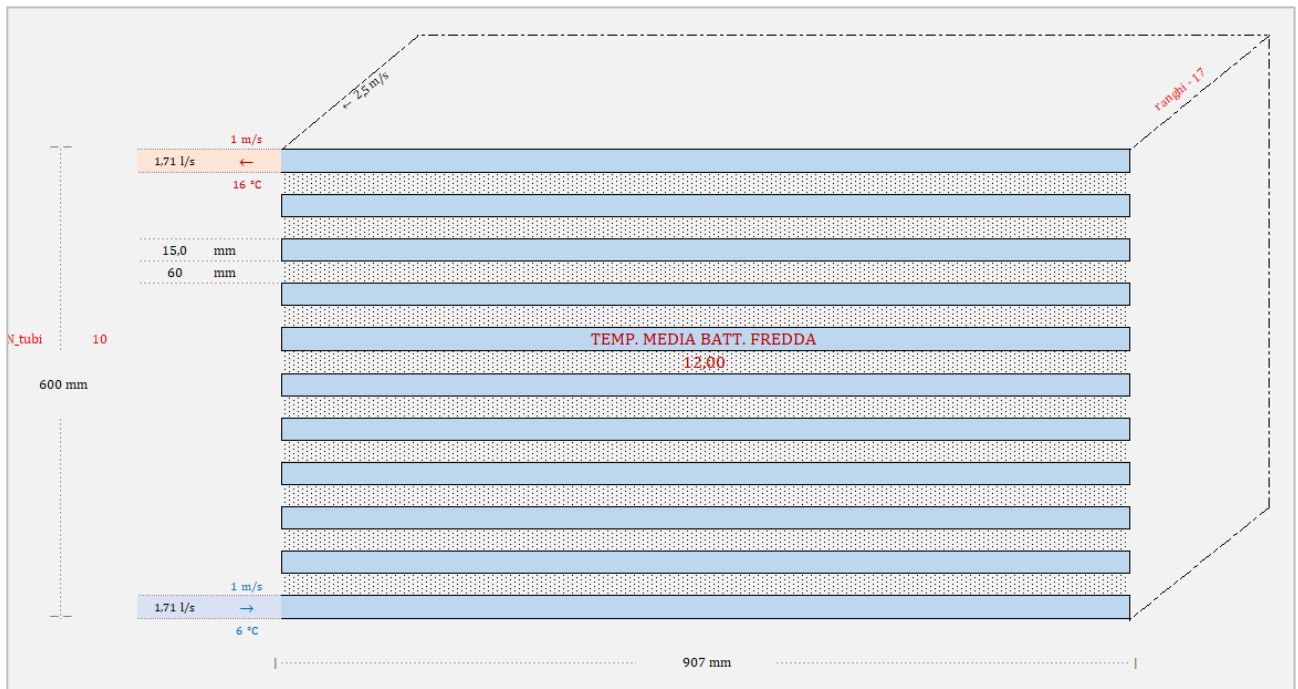
Una volta definita anche la l'altezza della batteria (valore da inserirsi a cura del progettista) il programma calcola le caratteristiche dimensionali della batteria secondo il prospetto di seguito riportato:

H		altezza batteria	mm	600
L	$G_b / (v_a \cdot H)$	larghezza batteria	mm	907
Af	$H \cdot L$	area frontale batteria	m ²	0,54
N	$W_b / (v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	10
i	H / N	interasse verticale tubi	mm	60

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

U_W/mq°C	NR - numero ranghi_Wb/Af*U*ΔTml)
868,57	17

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



AE-SW SOFTWARE

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

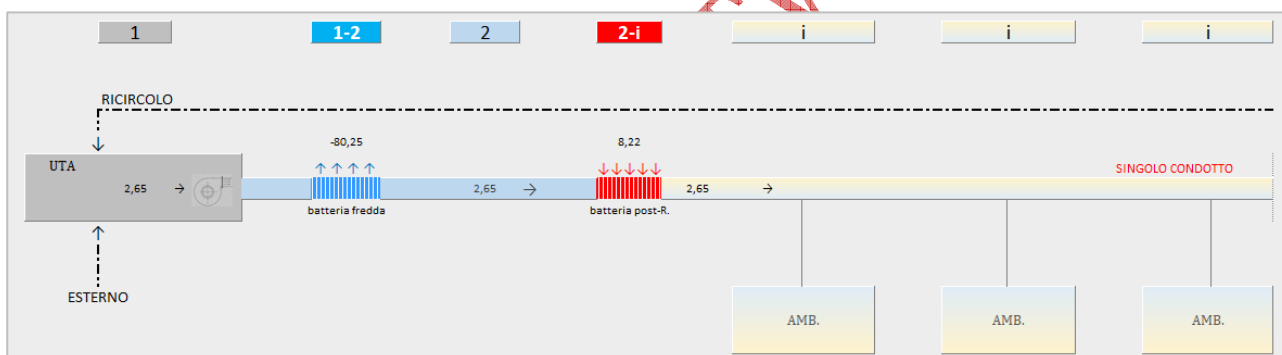
scambiate; il vapore sottratto; la pendenza della retta ambiente; i fattori termici (interno ed esterno); il fattore di bypass; le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

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 → 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" e dell'aria ambiente "A" secondo quanto riportato in figura.

a	STATO ARIA ESTERNA/RINNOVO E AMBIENTE/RICIRCOLO								
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
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84
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	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,6	16,27

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

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'	14,10	100%	1.607,41	16,07	0,01003	0,827	39,50	14,07	14,10

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 di immissione "Ti"².

Il programma indica il valore di T_{i_max} al di sopra del quale non è possibile andare; tale valore ovviamente coincide con la temperatura ambiente desiderata $T_A = 26$ °C.

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

- $x_i < T_{i_max}$
- 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: $T_i = 17,77$ [°C]), nel caso in cui sono soddisfatte le due relazioni sopra evidenziate il programma attiva la cella su sfondo verde con la dicitura "OK_ T_i in range ottimale". La quantità $(T_i - T_A)$, in questo caso, si attesta infatti al valore di -8,23 °C, compreso tra -9,0°C e -3,0°C.

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

Ti_max				°C	26,0
Ti	xi ott. se	$-9,00 \leq Ti - TA \leq -3,00$	-	°C	17,77
Ti - TA				°C	-8,23
OK_Ti IN RANGE OTTIMALE					
Gi_calc	Wsens / [cpa*(TA - Ti)+cpv*(xATA - xiTi)]			kg/s	1,82
GRN_min	UNI EN 16798			kg/s	2,25
GRN				kg/s	2,25
%GRC	% di Gi			%	15%
Gi				kg/s	2,65
GRC				kg/s	0,40
xi	$[r*Gi*xA - Wlat] / (r*Gi)$			kg/kgas	0,0105
n_min	UNI EN 16798	1,44	→	n	1/h

Il valore di $T_i = 17,77$ [°C], così fissato è propedeutico alla determinazione della portata di rinnovo GRN [kg/s]. Tale valore è assunto pari al massimo tra il valore di calcolo G_{i_calc} relativo alla massa d'aria necessaria ad asportare i carichi termici presenti negli ambienti di zona e il valore minimo GRN_min di ventilazione imposto dalle norme UNI EN 16798.

Nell'esempio svolto, il valore di calcolo è pari a $G_{i_calc} = 1,82$ [kg/s]; il valore minimo dell'aria di rinnovo calcolato secondo la procedura imposta dalle norme UNI EN 16798 e implementata nel programma, è pari a $GRN_{min} = 2,25$ [kg/s]. Conseguentemente la portata di rinnovo necessaria alla ventilazione degli ambienti di zona vale:

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

La portata di ricircolo GRC è stabilita in percentuale rispetto a G_i , nell'esempi svolto si è posto: $GRC_{\%} = 15\%$. Conseguentemente il valore della portata d'aria complessiva è pari a:

$$G_i = 2,65 \text{ [kg/s]}$$

Per cui il valore dell'aria di ricircolo si attesta al valore:

$$GRC = 0,40 \text{ [kg/s]}$$

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 $T_i = 17,77 \text{ [}^\circ\text{C]}$ e $x_i = 0,0105 \text{ [kg/kg]}$ e sono di seguito riportate:

G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	$^\circ\text{C}$	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

La fissazione del valore $T_i = 17,77 \text{ [}^\circ\text{C]}$ permette altresì di determinare il punto 2 di fine deumidificazione giacente sulla curva di saturazione a $\Phi = 100\%$:

G_2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	$^\circ\text{C}$	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80

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	58,10
W_{sens_1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-2	kW	-44,22
W_{lat_1-2}	$G1 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-2	kW	-35,57
W_{1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-79,79
U	$(x_i - x1) \cdot G1$	vapore sottratto a G1 nella UTA	kg_acqua/s	-0,014

- $h1' = 58,10 \text{ kJ/kg}$ è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica $0,0105 \text{ [kg/kg]}$ passante per il punto 2. E' un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche sottratte;
- $W_{sens_1-2} = -44,22 \text{ kW}$ è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione $1 \rightarrow 2$;
- $W_{lat_1-2} = -35,57 \text{ kW}$ è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione $1 \rightarrow 2$;
- $W_{1-2} = -79,79 \text{ kW}$ è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione $1 \rightarrow 2$;
- $U = -0,014 \text{ kg/s}$ 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:

Wsens_2-i	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	potenza sensibile fornita nel post-riscald.	kW	8,06
-----------	------------------------	---	----	------

Il fattore termico interno vale $RI = W_{sens}/W_t = 16/21 = 0,76$.

Il fattore termico esterno vale $RE = \Delta H/\Delta x = 10,51$.

RE_i-A	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$		kJ/gr_v	10,51
--------	--	--	------------------	-------

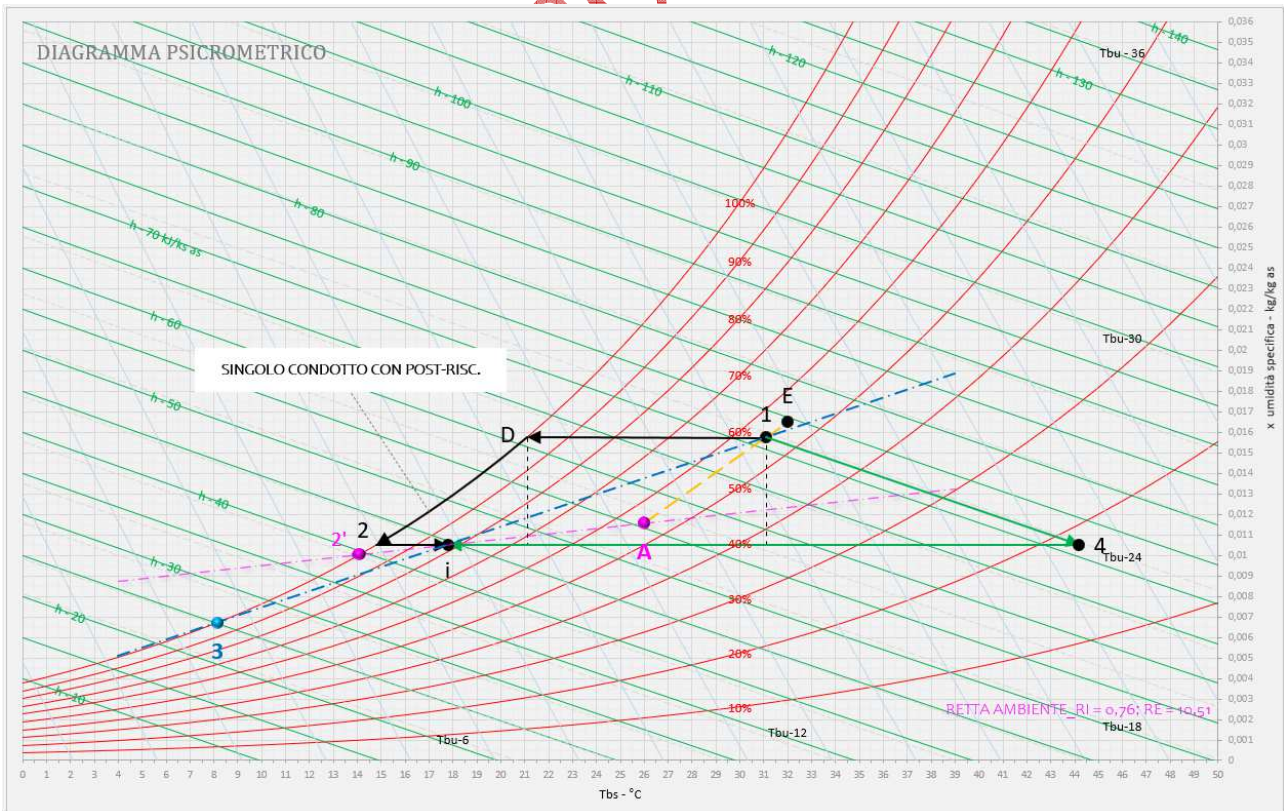
Il programma alla fine fornisce l'esito della progettazione attraverso un check di verifica:

CHECK PROGETTO

SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISC.

OK_Ti IN RANGE OTTIMALE

Tutti gli stati psicrometrici dell'aria e le trasformazioni nella UTA, sono rappresentati su diagramma psicrometrico. I numeri e le 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.

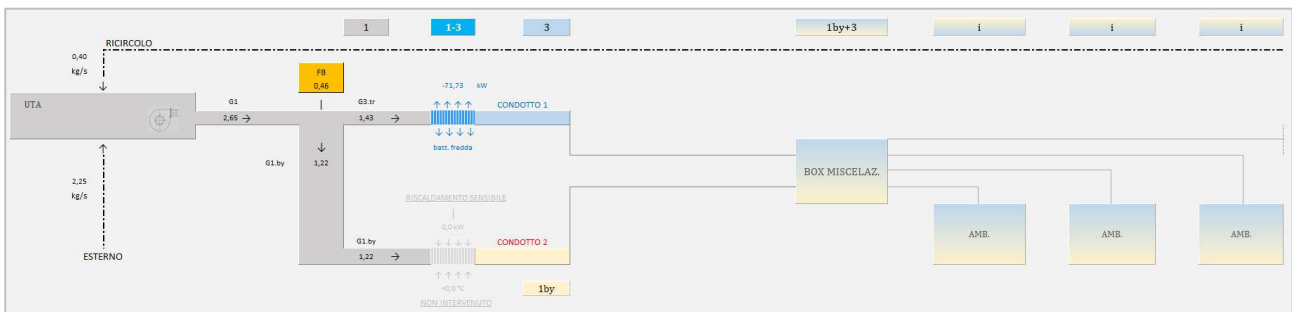


3.2 - DIMENSIONAMENTO "A DOPPIO CONDOTTO CON BOX DI MISCELAZIONE"

2

DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

La tipologia di impianto è graficamente schematizzata nel seguente modello:



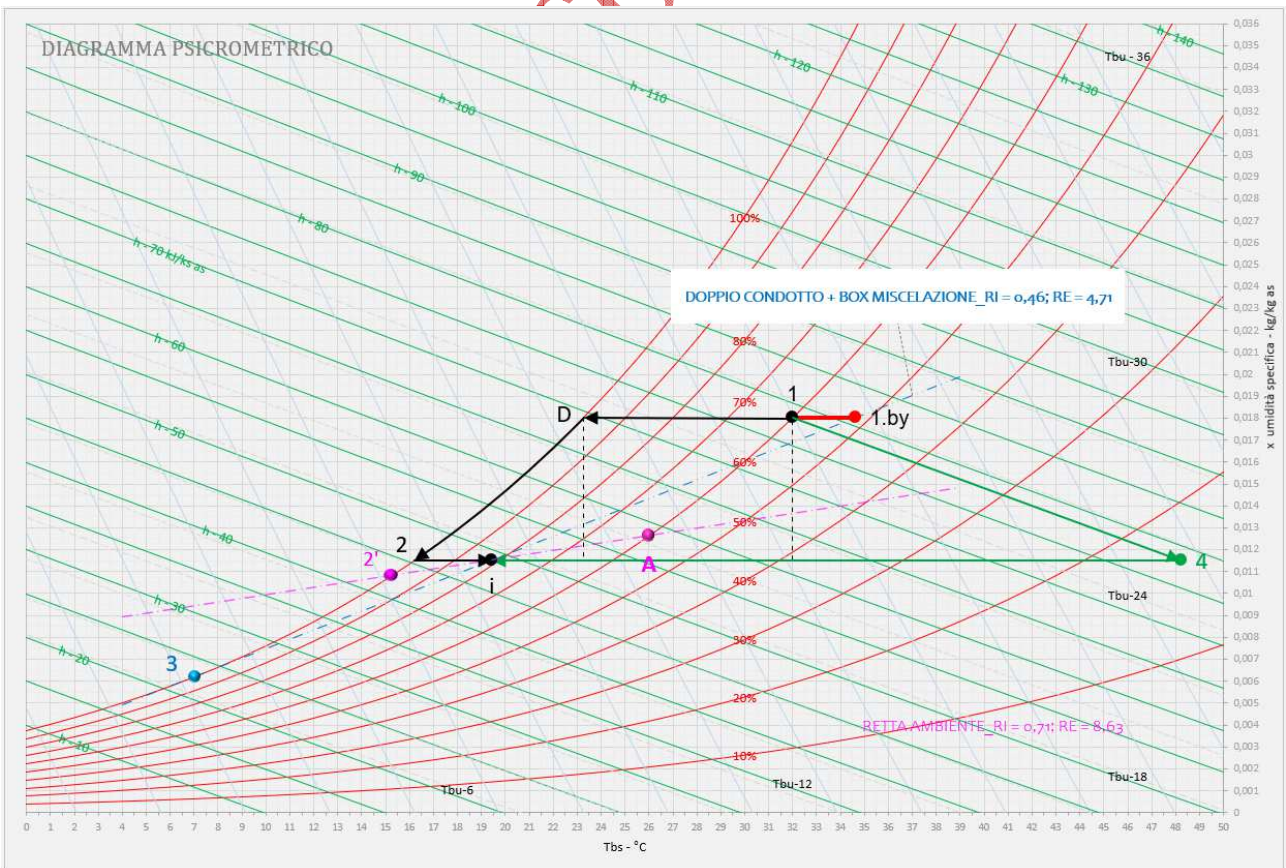
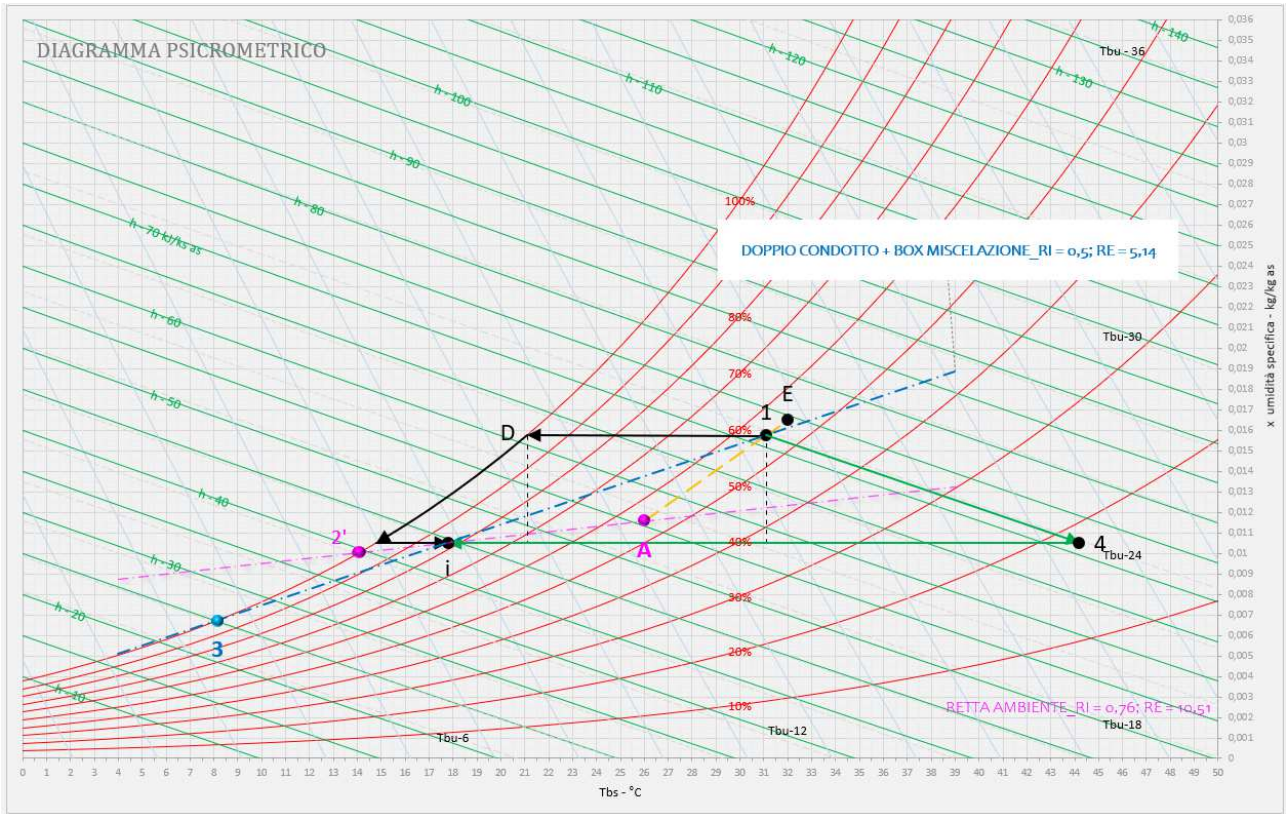
Le trasformazioni relative a tale tipologia di impianto, sul diagramma psicrometrico sono normalmente rappresentate da retta di miscelazione a tratteggio di colore blu 1-i-3; ciò in via generale quando non interviene il riscaldamento sensibile della portata di bypass.

Nello specifico, 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: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 55\%$; punto i: $T_i = 17,77^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 82,73\%$) e verifica preliminarmente se tale retta interseca o meno la curva di saturazione. Nell'esempio svolto tale retta interseca la curva di saturazione nel punto 3 avente $T_3 = 8,15^\circ\text{C}$ e restituisce l'esito nella seguente schermata:

La retta di miscelazione '1-i' interseca la curva di saturazione nel punto 3 avente $T_3 = 8,15$. E' stato possibile ottenere il punto di immissione 'i' mediante la sola batteria fredda con box di miscelazione tra la portata bypassata G1.by nelle condizioni '1' e la portata trattata G3.tr nelle condizioni '3' di uscita dalla UTA.

NOTA: In caso contrario il programma avrebbe determinato in automatico il minimo riscaldamento sensibile al quale preliminarmente avrebbe dovuto essere sottoposta la portata di bypass e che avrebbe determinato lo spostamento del punto "1" nel punto "1.by" in modo tale che la nuova retta per i punti "1.by" e "i" potesse intersecare la curva di saturazione nel primo punto utile); nei diagrammi che seguono sono rappresentati i due casi: ovvero il caso

relativo all'esempio svolto con intersezione della curva di saturazione e il caso di previo riscaldamento con spostamento del punto 1 nel punto 1.by:



Per tale tipologia di impianto (a doppio condotto con box di miscelazione) 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 $T_i = 17,77$ °C; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,65$ [kg/s]; della portata di rinnovo $GRN = 2,25$ [kg/s]; della portata di ricircolo $GRC = 0,40$ [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 in ingresso alla UTA) e "i" (condizioni dell'aria di immissione).

Lo stato di immissione "i" della portata $G_i = 2,65$ [kg/s] giacente sulla retta ambiente, è ottenuto per miscelazione della portata di bypass $G_{1.by}$ rappresentata dal punto "1" 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" e "3" sono calcolati in automatico dal programma; Sono determinate altresì le portate di miscelazione $G_{1.by} = 1,11$ [kg/s] e $G_{3.tr} = 1,54$ [kg/s] la cui somma è, ovviamente pari a $G_i = 2,65$ [kg/s].

ESTREMI DI MISCELAZIONE __1-3									
G3	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,2
G1by	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1by	31,10	55,36%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,19	21,11

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

MISCELAZIONE __1+3 = i									
G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1+3	17,86	82,26%	2.044,82	16,82	0,0105	0,839	44,55	15,74	14,80

La potenza termica e il vapore sottratti alla portata $G_{3.tr}$ 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	48,41
Wsens	$G3 \cdot (h3 - h1'')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW	-35,92
Wlat	$G3 \cdot (h1'' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW	-35,55
W-	$G3 \cdot (h3 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-71,48
U	$G3 \cdot (x3 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,014

- $h1'' = 48,41$ 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;
- $Wsens_{1-3} = -35,92$ kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $Wlat_{1-3} = -35,55$ kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $W_{-1-3} = -71,48$ kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 3;
- $U = -0,014$ 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__1-3				
RI	$Wsens/Wt$	rapporto termico interno	-	0,50
RE	$W-/[G3 \cdot (x1-x3) \cdot 1000]$	rapporto termico esterno	kJ/grv	5,14
FB	$G1.by/Gi$	fattore di bypass	-	0,42

In riferimento al preventivo riscaldamento della portata di bypass $G1.by$, poiché nell'esempio svolto non è stato necessario, risulta che la relativa schermata si presenta disattivata.

Il progetto si conclude col check finale sul dimensionamento:

RISCALDAMENTO PORTATA_G1.by			
W+	$G1.by * (h1.by - h1)$	kW	0,00
$\Delta T+$	$T1.by - T1$	°C	0,00
$\Delta \phi-$	$\phi1.by - \phi1$	%	0,00%

Infine il programma fornisce l'esito del dimensionamento:

CHECK

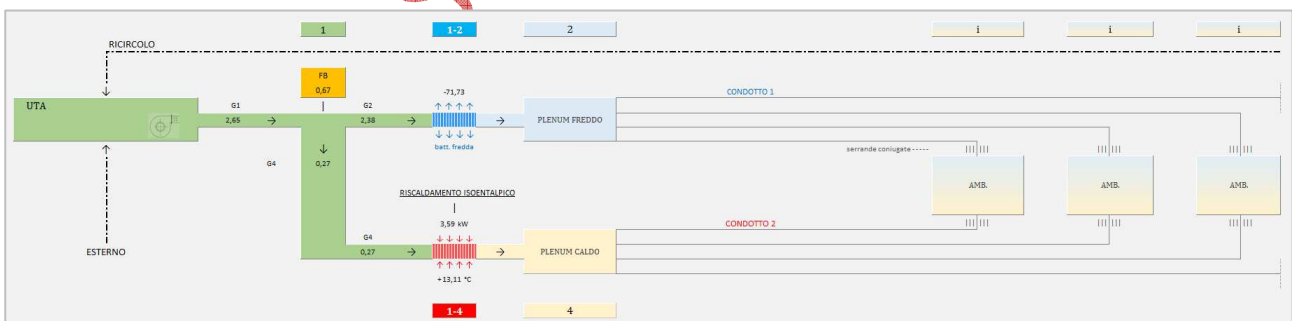
DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

LA PORTATA DI BYPASS G1_by E' MISCELATA IN CONDIZIONI '1'
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:



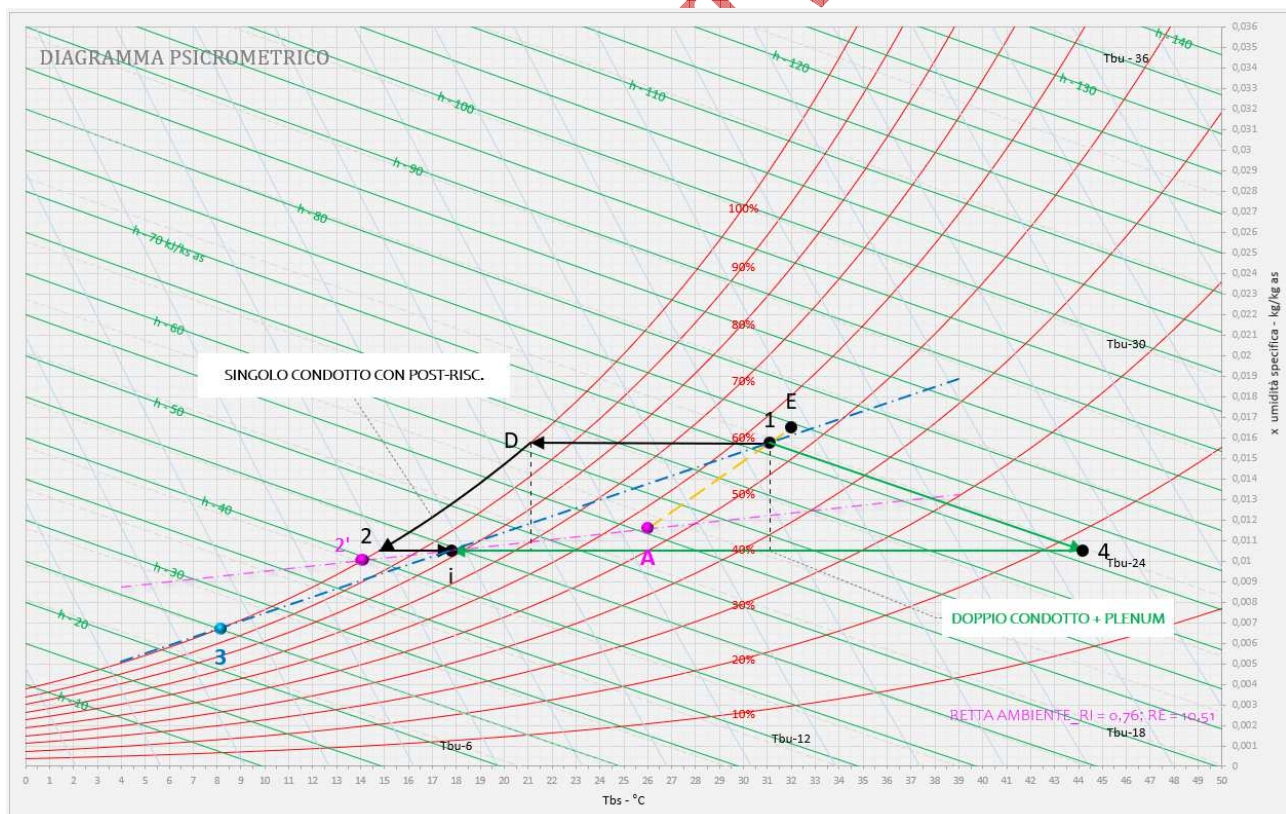
Le trasformazioni psicrometriche relative a tale tipologia di impianto avvengono diversamente per le due portate d'aria destinate a confluire nei due plenum. In particolare, l'aria destinata a confluire nel **PLENUM FREDDO** è sottoposta alle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico dalle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

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 $T_i = 17,77\text{ °C}$; al reperimento della portata massica di immissione $G_i = 2,65\text{ [kg/s]}$; della portata di rinnovo $GRN = 2,25\text{ [kg/s]}$; della portata di ricircolo $GRC = 0,40\text{ [kg/s]}$; 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 in ingresso alla UTA) 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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80
G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,83	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,87	14,86

La portata G2 vale 2,38 [kg/s]; la portata G4 = 0,27 [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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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	58,10
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	comp. sensibile sottratta tra 1-3	kW	-39,75
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	comp. latente sottratta tra 1-3	kW	-31,98
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. potenza sottratta	kW	-71,73
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,012

- $h1' = 58,10$ kJ/kg è l'entalpia del punto 1', proiezione verticale del punto 1 sulla retta orizzontale a umidità specifica costante = 0,0105 [kg/kg] passante per il punto 2. È un valore propedeutico al calcolo delle potenze termiche:
- $Wsens_{1-2} = -39,75$ kW è il valore del carico sensibile sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -31,98$ kW è il valore del carico latente sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $W- = -71,73$ kW è il valore del carico totale sottratto dalla batteria fredda nella trasformazione 1 → 2;
- $U = -0,012$ 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				
$Wlat \rightarrow Ws$	$G4 \cdot (h4 - h1')$	energia convertita nel riscaldam. Isoentalpico	kW	3,59
U	$G4 \cdot (x4 - x1)$	vapore condensato	kgv/s	-0,0014
FB	$G4/Gi$	fattore di bypass	-	0,67

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 eseguirne 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		
Gb__Portata aria	kg/s	1,54	Wb__Potenza batteria kW -71,48

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

Portata d'aria trattata = 1,54 kg/s;

Potenza = 71,48 kW (viene omissso 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;

$\Delta T_{h} = 10^{\circ}\text{C}$: 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			
Thi	temp. ingresso acqua	$^{\circ}\text{C}$	6,0
ΔT_{h}	salto termico acqua	$^{\circ}\text{C}$	10,0
Thu	temp. uscita acqua	$^{\circ}\text{C}$	16,00
Tm	temperatura superficiale media batteria	$^{\circ}\text{C}$	12,00
Gh	portata acqua batteria	l/s	1,71

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

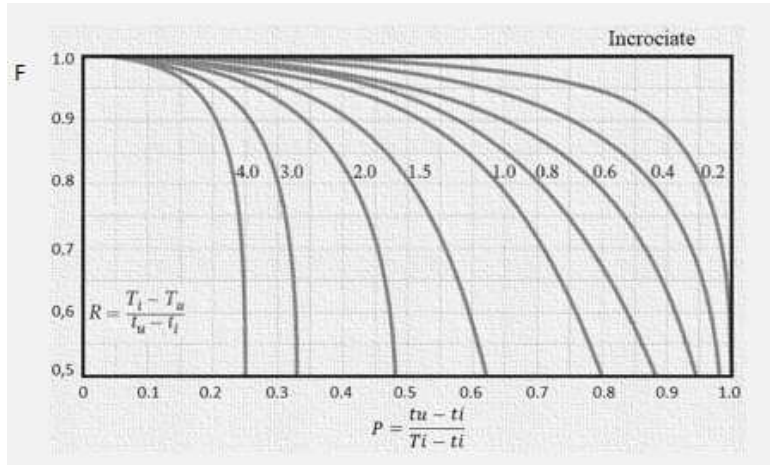
programma determina:

$\Delta T_{ml} = 9,3 \text{ }^\circ\text{C}$: 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):

$\Delta T_{ml_co} = 11,7 \text{ }^\circ\text{C}$: 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 altri fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo delle grandezze $P = 0,40$ ed $R = 2,29$; 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 $P = 0,40$ ed $R = 2,29$, è all'incirca pari a $F = 0,85$. 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:

$v_a = 2,5 \text{ m/s}$: velocità dell'aria;

$v_h = 1,0 \text{ m/s}$: 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	$^\circ\text{C}$	9,3
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente	$^\circ\text{C}$	11,7
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	$P=0,4$ $R=2,29$	adim 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	$G_b / (v_a * H)$	larghezza batteria	mm	907
Af	$H * L$	area frontale batteria	m ²	0,54
N	$W_b / (v_h * 4186 * A_{tu} * (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	10
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	60

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

$U_{W/mq^{\circ}C}$

868,57

NR - numero ranghi $W_b / A_f * U * \Delta T_{ml}$

17

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



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 CON RICIRCOLO 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	
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

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

© AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA**PREMESSA**

Ipotesi di progetto:

Locale-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura TA °C e una umidità relativa ϕA %.Carico sensibile gravante pari a W_{sens} [kW]; carico latente gravante pari a W_{lat} [kW].Aria esterna con temperatura TE [°C] e umidità relativa ϕE [%].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 RI [-] interno ed $RE = \Delta h / \Delta x$ esterno, relativi alla retta ambiente;*
- *le caratteristiche di funzionamento e le dimensioni della batteria fredda.*

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO	
Metodo di calcolo:	a umidità specifica controllata	
P_Pressione atmosferica:	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
TE_Temperatura esterna:	32,0	°C
ϕE _Umidità relativa esterna:	55%	-
TA_Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
ϕA _Umidità relativa ambiente di progetto:	55%	-
W_{sens} _carico sensibile	16	kW
W_{lat} _carico latente	5	kW

pag. 2 di 6

© 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	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84

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	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,6	16,27

aria ambiente

IMPIANTO A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO

L'impianto consiste nella installazione di Unità trattamento d'aria per singola zona a condizioni termoigrometriche 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 con ricircolo. Le condizioni dell'aria in ingresso alla UTA sono le seguenti:

1	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	31,1	55%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,2	21,11

aria in ingresso alla UTA

PORTATA D'ARIA E CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE

Gi_Portata di immissione 2,65 kg/s

Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,01050	0,838	44,46	15,7	14,80

parametri psicrometrici aria di immissione

GRN_portata di rinnovo 2,25 kg/s

N. vol. amb. /h 1,44 -

GRC_portata di ricircolo 0,40 kg/s

POTENZA TERMICA E VAPORE SOTTRATTI IN BATTERIA FREDDA

Wsens_potenza sensibile sottratta -44,22 kW

Wlat_potenza latente sottratta -35,57 kW

Wt_potenza complessiva 79,79 kW

U_vapore condensato -13,90 gr/s

POTENZA TERMICA FORNITA IN BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO

© AE-SW SOFTWARE

W+ _Potenza fornita	8,1	kW
---------------------	-----	----

FATTORE TERMICO RETTA AMBIENTE_i-A

RI = Wsens/Wt_fattore termico interno	0,76	-
RE = ΔH/Δx_fattore termico esterno	10,51	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 con 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' interseca la curva di saturazione nel punto 3 avente T3 = 8,15 .E' stato possibile ottenere il punto di immissione 'i' mediante la sola batteria fredda con box di miscelazione tra la portata bypassata G1.by nello condizioni '1' e la portata trattata G3.tr nelle condizioni '3' di uscita dalla UTA.

PORTATE

G3_portata in scita dalla UTA	1,54	kg/s
G1-by_portata bypassata dalla batetria fredda	1,11	kg/s
G1_portata totale	2,65	kg/s

FB_fattore di bypass	0,42	-
----------------------	------	---

CONDIZIONI PSICROMETRICHE PORTATE DI MISCELAZIONE

G3	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,15

aria in uscita dalla UTA

G1.by	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
1.by	31,10	55%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,2	21,11

aria bypassata

Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,00	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,86	82%	2.044,79	16,82	0,01050	0,839	44,55	15,7	14,80

aria miscelata di immissione

© AE-SW SOFTWARE

FATTORE TERMICO RETTA DI MISCELAZIONE

1.by - 3

RI = Wsens/Wt_fattore termico interno	0,50	-
RE = ΔH/Δx_fattore termico esterno	5,14	kJ/gr
Wsens_potenza sensibile sottratta batt. fredda	-35,92	kW
Wlat_potenza latente sottratta batt. fredda	-35,55	kW
Wt_potenza complessiva	-71,47	kW
U_vapore condensato batt. fredda	-13,90	gr/s

IMPIANTO A DOPPIO CONDOTTO CON PLENUM

L'impianto consiste nella installazione di Unità trattamento d'aria per singola zona a condizioni termigrometriche 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 con 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	2,38	kg/s
G4_portata condotto 2	0,27	kg/s
Gi_portata totale di immissione	2,65	kg/s
FB_fattore bypass	0,67	-

Condizioni aria condotto 1 all'uscita dalla batteria fredda:

G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,8	14,80

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

G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,8	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,9	14,86

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

Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,3	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,7	14,80

Potenza e vapore sottratti nella batteria fredda:

© AE-SW SOFTWARE

Wt_potenza complessiva	-71,73	kW
U_vapore condensato	-12,49	gr/s

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

Wlat → Ws	3,59	kW
U_vapore condensato	-1,40	gr/s

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

PREVISIONE 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	1,54	kg/s
Wt_potenza complessiva	-71,48	kW

Tin_temperatura acqua in ingresso	6,00	°C
Tout_temperatura acqua in uscita	16,00	°C
ΔT_Tout - Tin	10,00	°C
Tm_Temperatura media alette	12,00	°C
Gh_portata acqua batteria	1,71	l/s

H_altezza batteria	600,00	mm
L_larghezza batteria	907	mm
N_numero tubi orizzontali	10	-
i_interasse verticale tubi	60,0	mm
NR_numero ranghi	17	-


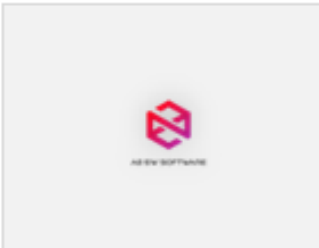
ALLEGATI

- tabulati di calcolo
- diagramma psicrometrico

Il Tecnico progettista
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

TABULATI DI CALCOLO

 IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA CON RICIRCOLO REGIME ESTIVO	
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO 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 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
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-SW - © Tutti i diritti riservati	



IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA REGIME ESTIVO

TIPOLOGIA IMPIANTO
ATTUARIACON RICIRCOLO

OPZIONE DI CALCOLO

a umidità specifica controllata

TS a temperatura di rimozione controllata



PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO

INPUT INDIRETTO per: altitudine e temperatura

H_a altitudine

T_a temperatura alla situazione H

$$101325 - 11.277 \cdot H + 0.00033 \cdot H^2$$

$$101325 \cdot (1 - 0.000326 \cdot H)^{5.256}$$

$$101325 \cdot 0.9877^{H/100}$$

$$101325 \cdot 0.9877^{H/100}$$

Pa

101.325

m	2.000
°C	16
Pa	-
Pa	-
Pa	-

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

Pa

101.325

DATI GENERALI

Destinazione d'uso locale

residenz. e simili

NON RESIDENZIALE

Qualità ambientale a tesa_UNI EN 16758:

1_molto buono

2_buono

3_poco buono

Carico equivalente ambiente_UNI EN 16758 → opzioni non attive

inquinato

medio inquinato

poco inquinato

Metodo di calcolo_UNI EN 16758:

metodo 1

metodo 2

metodo 3

DIMENSIONE AMBIENTE

S_{superficie pavimento locale}

V_{superficie sovrapposta + camera letta}

V_{volume locale}

m²

m²

m³

800

800,78

5.000

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_{temperatura aria esterna}

φE_{umidità relativa aria esterna}

TA_{temperatura ambiente voluta}

φA_{umidità relativa ambiente voluta}

°C

%

°C

%

32

55%

26

55%

CARICHI

W/m²

W/m²

W/m²

W/m²

W/m² fusti ambiente esterno, pensole, apparecchi, filtri

W/m² fusti, persone, apparecchi, infiltrazioni

W/m² fusti, persone, apparecchi, infiltrazioni

W/m² fusti, persone, apparecchi, infiltrazioni

15

5

5

500

VENTILAZIONE MINIMA_UNI EN 16758

G_{min} m³/h

portata minima di ricambio UNI EN 16758

n_{min} m³/h

numero minimo di volti ambiente UNI EN 16758

m³/h

l/h

7.200

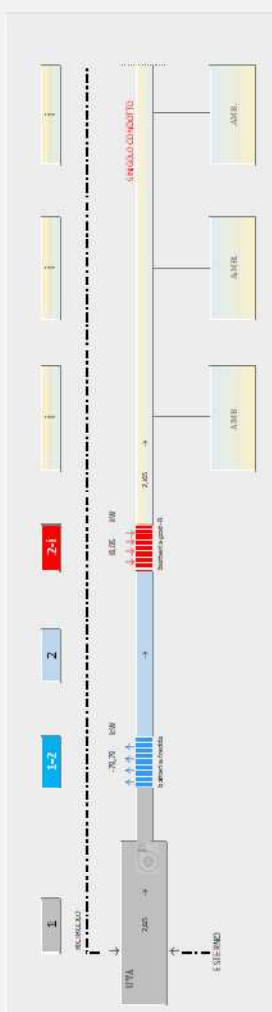
1.44

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MONO-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO - XI'

CALCOLO A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO 'XI' - CONTROLLATA

Descrizione Area locale
 Qualità ambiente interna, UNI 10179:2008
 Condizioni ambiente esterno, UNI 10179:2008
 Modalità di calcolo, UNI 10179:2008
 1. Scelta dell'area locale
 2. Scelta dell'area esterna
 3. Scelta del tipo di impianto
 4. Scelta del tipo di controllo

Il software calcola il carico termico e il carico frigorifero in base ai dati di progetto di cui sono fornite le caratteristiche.
 Il software calcola il carico termico e il carico frigorifero in base ai dati di progetto di cui sono fornite le caratteristiche.
 Il software calcola il carico termico e il carico frigorifero in base ai dati di progetto di cui sono fornite le caratteristiche.



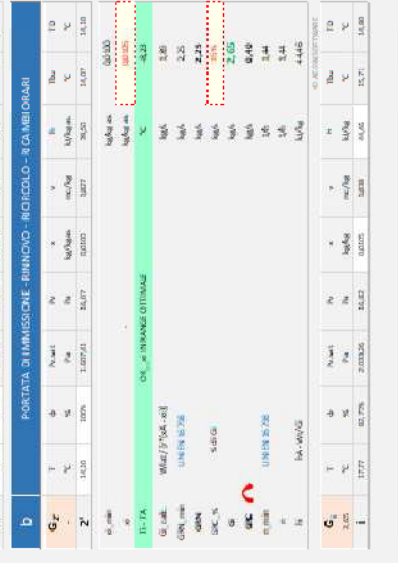
1 SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISC.

a STATO ARIA ESTERNA/RINNOVO E AMBIENTE/RICIRCOLO

Gr	T	ϕ	N	ρ	x	y	h	Tb	TD
°C	°C	%	Pa	kg/m³	kg/kg	kJ/kg	°C	°C	°C
E	20	50%	101325	1.2041	0.01208	50.0	15.2	14.8	14.8

b PORTATA DI IMMISSIONE - RINNOVO - RICIRCOLO - R CAMBIOFASI

Gr	T	ϕ	N	ρ	x	y	h	Tb	TD
°C	°C	%	Pa	kg/m³	kg/kg	kJ/kg	°C	°C	°C
1	17.77	62.7%	101325	1.2025	0.0125	50.0	14.8	14.8	14.8



C STATO 3 - INGRESSO UTI_G3=GRN+GRIC

G3	T	φ	ρ _{air}	ρ _v	h	T _{bu}	T _D
2,05	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg	°C	°C
1	21,11	55,86%	1,2037	0,0017	29,13	20,13	21,11

D

RE J-A	Q _h [kW]	Q _h [kW]	Q _h [kW]
1	10,51	10,51	10,51

E POTENZA TERMICA + VAPORE SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-2

G2	T	φ	ρ _{air}	ρ _v	h	T _{bu}	T _D
2,05	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg	°C	°C
1	14,80	1,00%	1,0013	0,0001	14,77	14,77	14,80

d POTENZA POST-FASCIA/MENTO - FATTORE TERMICO ESTERNO_J-A

W _{ext} _J-A	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	8,09	8,09	8,09

RE J-A

RE J-A	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	10,51	10,51	10,51

2 DOPPIO CONDOTTO + BOX MISCELAZIONE

La validità di miscelazione "2" non si applica al calcolo di miscelazione al punto 3, avviene T3=8,13, è stato possibile, come al punto 1, miscelare la sala con box di miscelazione (se la portata rispetto a G1) rispetto ai condotti di miscelazione per un ricambio d'aria di 2 al secondo.

ESTREMI DI MISCELAZIONE_3-3

G3	T	φ	ρ _{air}	ρ _v	h	T _{bu}	T _D
2,05	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg	°C	°C
1	17,85	20,20%	1,1917	0,0017	24,15	24,15	17,85

MISCELAZIONE_3-3=1

G3	T	φ	ρ _{air}	ρ _v	h	T _{bu}	T _D
2,05	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg	°C	°C
1	17,85	20,20%	1,1917	0,0017	24,15	24,15	17,85

RECUPERO VAPORI SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-3

W _{ext}	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	48,41	48,41	48,41

RETTA DI MISCELAZIONE_3-3

RE	W _{ext} [kW]	Q _h [kW]	RETTA DI MISCELAZIONE_3-3
1	48,41	48,41	48,41

RECUPERO VAPORI SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-3

W _{ext}	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	48,41	48,41	48,41

RETTA DI MISCELAZIONE_3-3

RE	W _{ext} [kW]	Q _h [kW]	RETTA DI MISCELAZIONE_3-3
1	48,41	48,41	48,41

RECUPERO VAPORI SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-3

W _{ext}	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	48,41	48,41	48,41

RETTA DI MISCELAZIONE_3-3

RE	W _{ext} [kW]	Q _h [kW]	RETTA DI MISCELAZIONE_3-3
1	48,41	48,41	48,41

RECUPERO VAPORI SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-3

W _{ext}	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	48,41	48,41	48,41

RETTA DI MISCELAZIONE_3-3

RE	W _{ext} [kW]	Q _h [kW]	RETTA DI MISCELAZIONE_3-3
1	48,41	48,41	48,41

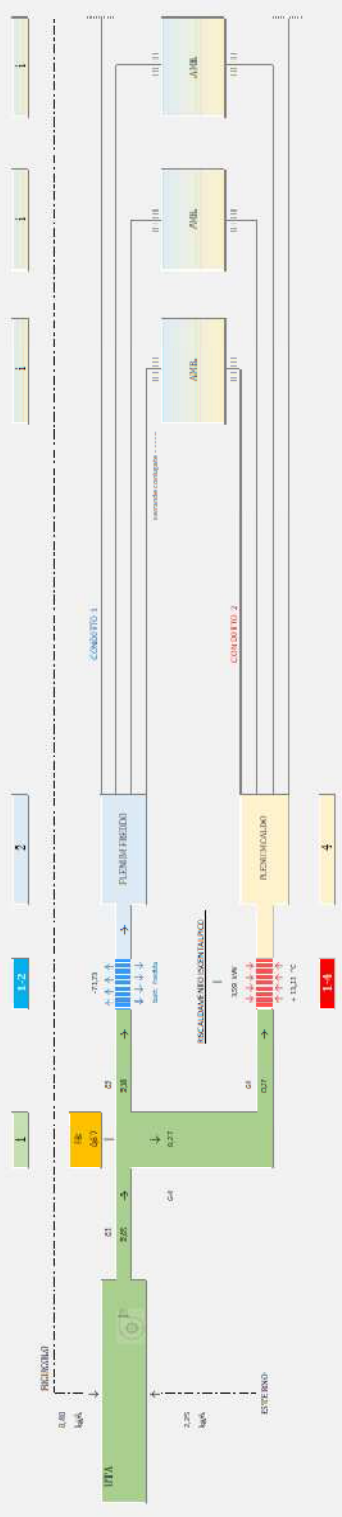
RECUPERO VAPORI SOTTIRATI NELLA BATTERIA FREDDA_3-3

W _{ext}	Q _h [kW]	Q _h [kW]	W _{ext}
1	48,41	48,41	48,41

RETTA DI MISCELAZIONE_3-3

RE	W _{ext} [kW]	Q _h [kW]	RETTA DI MISCELAZIONE_3-3
1	48,41	48,41	48,41

3 **DOPPIO CONDOTTO + PLENUM**



ESTREMI DI MISCELAZIONE_2_4

G2	T	φ	ρ _{vol}	ρ _{mass}	v	z	h	l ₀	l _D
1.38	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
2	14.00	100%	1.00213	14.027	0.0707	0.0000	0.0000	0.0000	14.077
G4	T	φ	ρ _{vol} <td>ρ_{mass} <td>v <th>z</th> <th>h</th> <th>l₀</th> <th>l_D</th> </td></td>	ρ _{mass} <td>v <th>z</th> <th>h</th> <th>l₀</th> <th>l_D</th> </td>	v <th>z</th> <th>h</th> <th>l₀</th> <th>l_D</th>	z	h	l ₀	l _D
1.377	°C <td>% <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>m³/kg <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td></td></td></td></td></td>	% <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>m³/kg <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td></td></td></td></td>	kg/m ³ <td>kg/m³ <td>m³/kg <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td></td></td></td>	kg/m ³ <td>m³/kg <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td></td></td>	m ³ /kg <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td></td>	kg/m ³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td></td>	kg/m ³ <td>kg/m³ <td>kg/m³ </td></td>	kg/m ³ <td>kg/m³ </td>	kg/m ³
4	14.20	101.20%	1.00203	14.027	0.0707	0.0000	0.0000	0.0000	14.086

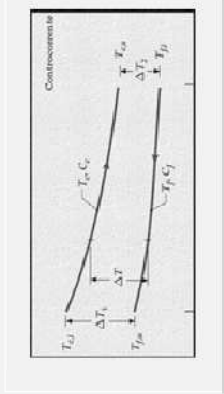
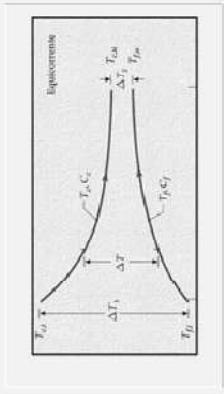
MISCELAZIONE_3_4=1

G3	T	φ	ρ _{vol}	ρ _{mass}	v	z	h	l ₀	l _D
2.05	°C	%	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
1	11.97	101.20%	1.00203	14.027	0.0707	0.0000	0.0000	0.0000	14.000

DOUBLE CONDOTTO + PLENUM_OR

CONDIZIONAMENTO	T _{in}	T _{out}	ΔT	Q _{in}	Q _{out}
AMB. 1	11.97	14.20	2.23	14.00	14.00
AMB. 2	11.97	14.20	2.23	14.00	14.00
AMB. 3	11.97	14.20	2.23	14.00	14.00

CHECK



POTENZA - VALORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA_1-2

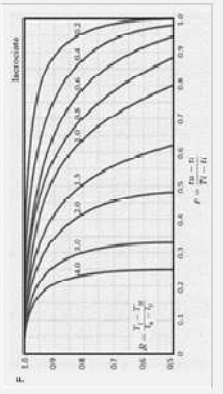
M'	ρ _{vol}	ρ _{mass}	Q _{in}	Q _{out}	Q _{net}
kg/s	kg/m ³	kg/m ³	W	W	W
1	1.00213	14.027	14.00	14.00	0.00
2	1.00203	14.027	14.00	14.00	0.00
3	1.00203	14.027	14.00	14.00	0.00
4	1.00203	14.027	14.00	14.00	0.00

Q_{in} - Q_{out} = Q_{net}

POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. ISO-1_1-4

W _{in}	W _{out}	W _{net}
kg/s	kg/s	kg/s
1	0.0014	0.0014
2	0.0014	0.0014
3	0.0014	0.0014
4	0.0014	0.0014

W_{in} - W_{out} = W_{net}



SCAMBIATORE

CONDIZIONAMENTO	ΔT ₁	ΔT ₂	ΔT _m	U	F
AMB. 1	2.23	1.27	1.75	10.00	10.00
AMB. 2	2.23	1.27	1.75	10.00	10.00
AMB. 3	2.23	1.27	1.75	10.00	10.00

AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING PROJECT

SIZING OF SINGLE-ZONE ALL-AIR SYSTEM WITH RECIRCULATION

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 SYSTEMS
SUMMER REGIME

SYSTEM TYPE
FULL AIR WITH RECIRCULATION

CALCULATION OPTION

xi with controlled specific humidity
 Ti at controlled inlet temperature

ATMOSPHERIC PRESSURE

DIRECT INPUT Pa 101.325

INDIRECT INPUT by altitude and temperature

H_a/altitude m 2.000

Th_temperature to altitude H °C 15

$101325 - 11.57 * H + 0.0055 * H^2$
 $101325 * (1 - 0.0000226 * H)^{5.2561}$
 $101325 * 0.9877^{(H/9.144)}$
 $101325 * e^{(1.193 * H) / 294.4}$

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION Pa 101.325

GENERAL DATA

Building use resid. and similar no residential

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

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature °C 32

φ_E_relative humidity outdoor air % 55%

TA_desired room temperature °C 26

φ_A_desired relative humidity % 55%

BUILDING DIMENSION

S_building floor area mq 100

%_surface living room + bedrooms mq 80.00

V_building volume mc 3.000

LOADS

Warms sources: external environment, people, equipment, infiltrations kW 16

Wlat sources: people, apparel, infiltrations kW 5

n_number of people - 100

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

AE-SW - © All rights reserved

- the type of system: all-air with recirculation (default);
- the calculation option: "controlled specific humidity" or "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_molto 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 = 55%; TA = 26 °C; ΦA = 55%);
- the sensitive and latent loads weighing on the environments of the area (in the example carried out: Wsens = 16 kW; Wlat = 5 kW).

DE

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	%	55%	
TA_desired room temperature	°C	26	
φ A_desired relative humidity	%	55%	
LOADS			
Wsens	<i>sources: external environment, people, equipment, infiltrations</i>	kW	16
Wlat	<i>sources: people, apparel, infiltrations</i>	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 – DESIGN 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.

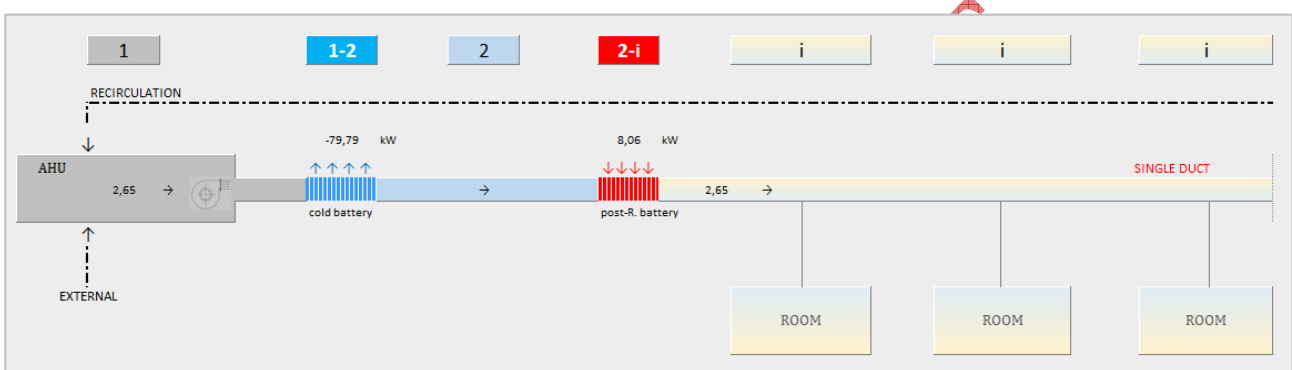
For each type of system, the relative psychrometric transformations of humid air are represented on the interactive psychrometric diagram, so as to have a match between the numerical data calculated by the program and the numerical data readable on the diagram.

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 $1 \rightarrow D$ (see psychrometric diagram) and subsequent dehumidification on the saturation curve $D \rightarrow 2$; finally a $2 \rightarrow i$ **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 outdoor air "E" (also representing the thermo-hygrometric conditions of the fresh air) and those of the ambient air "A" (also representing the thermo-hygrometric conditions of the recirculated air):

a	OUTDOOR AIR/RENEWAL AND AMBIENT/RECIRCULATION 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
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,92	21,84
G_A	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	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,64	16,27

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

b	INLET FLOW RATE - RENEWAL - RECIRCULATION - HOURLY SPARE PARTS								
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'	14,10	100%	1.607,41	16,07	0,0100	0,827	39,50	14,07	14,10

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: $x_{i_min} = 0.0100$ [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 design value x_i into the cell on a yellow background in font and red border (in the example carried out: $x_i = 0.0105$ [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_xi in optimal range". The quantity ($T_i - T_A$), in this case, is in fact -8.23 °C, between -9.0 °C

³ Hence the designation "controlled specific humidity".

and -3.0°C .

xi_min			kg/kg as	0,0100
xi	xi opt. if	$-9,00 \leq T_i - T_A \leq -3,00$	kg/kg as	0,0105
Ti - TA		OK_xi IN OPTIMAL RANGE	$^{\circ}\text{C}$	-8,23
Gi_calc.	Wlat / [r*(xA - xi)]		kg/s	1,89
GRN_min	UNI EN 16798		kg/s	2,25
GRN			kg/s	2,25
GRC_%	% di Gi		kg/s	15%
Gi			kg/s	2,65
GRC			kg/s	0,40
n_min	UNI EN 16798		1/h	1,44
n			1/h	1,44

The value of $x_i = 0.0105$ [kg/kg] thus fixed is preparatory to the determination of the GRN renewal flow rate [kg/s]. This value is assumed to be equal to the maximum of the calculation value G_{i_calc} relating to the mass of air necessary to remove the thermal loads present in the areas and the minimum GRN_{min} ventilation value imposed by the UNI EN 16798 standards. In this example, the calculation value is $G_{i_calc} = 1.89$ [kg/s]; the minimum value of fresh air calculated according to the procedure imposed by the UNI EN 16798 standards and implemented in the program, is equal to $GRN_{min} = 2.25$ [kg/s]. Consequently, the renewal flow rate necessary for the ventilation of the area rooms is:

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

The GRC recirculation flow rate is established in percentage with respect to G_i , in the example carried out it was posed: $GRC_{\%} = 15\%$. Consequently, the value of the total air flow rate is equal to:

$$G_i = 2.65 \text{ [kg/s]}$$

Therefore, the value of the recirculated air is at the value:

$$GRC = 0.40 \text{ [kg/s]}$$

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 $x_i = 0.0105$ [kg/kg] and $h_i = 48.70$ [kJ/kg as] and are shown below:

G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

The fixing of the value $x_i = 0.0115$ [kg/kg] also allows the determination of point 2 of the end of dehumidification lying on the saturation curve at $\phi = 100\%$.

G_2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80

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	58,10
W_{sens_1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-2	kW	-44,22
W_{lat_1-2}	$G1 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-2	kW	-35,57
W_{-1-2}	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-79,79
U	$(x_i - x1) \cdot G1$	steam removed from G1 in the AHU	kg_acqua/s	-0,014

- $h1' = 58.10$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity 0.0105 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $W_{sens_1-2} = -44.22$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in transformation 1 → 2;
- $W_{lat_1-2} = -35.57$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W_{-} = -79.79$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the

transformation 1 → 2;

- U = -0.014 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:

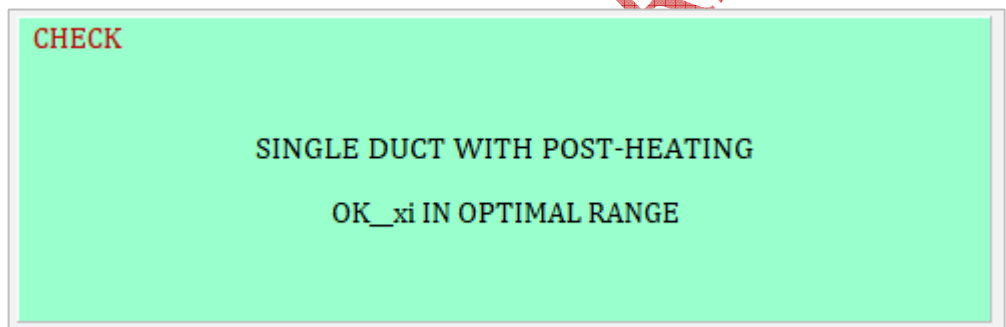
Wsens_2-i	$G1 \cdot (h_i - h_2)$	sensitive power supplied in the post-warm-up	kW	8,06
-----------	------------------------	--	----	-------------

The internal thermal factor is $RI = W_{sens}/W_t = 16/21 = 0.76$.

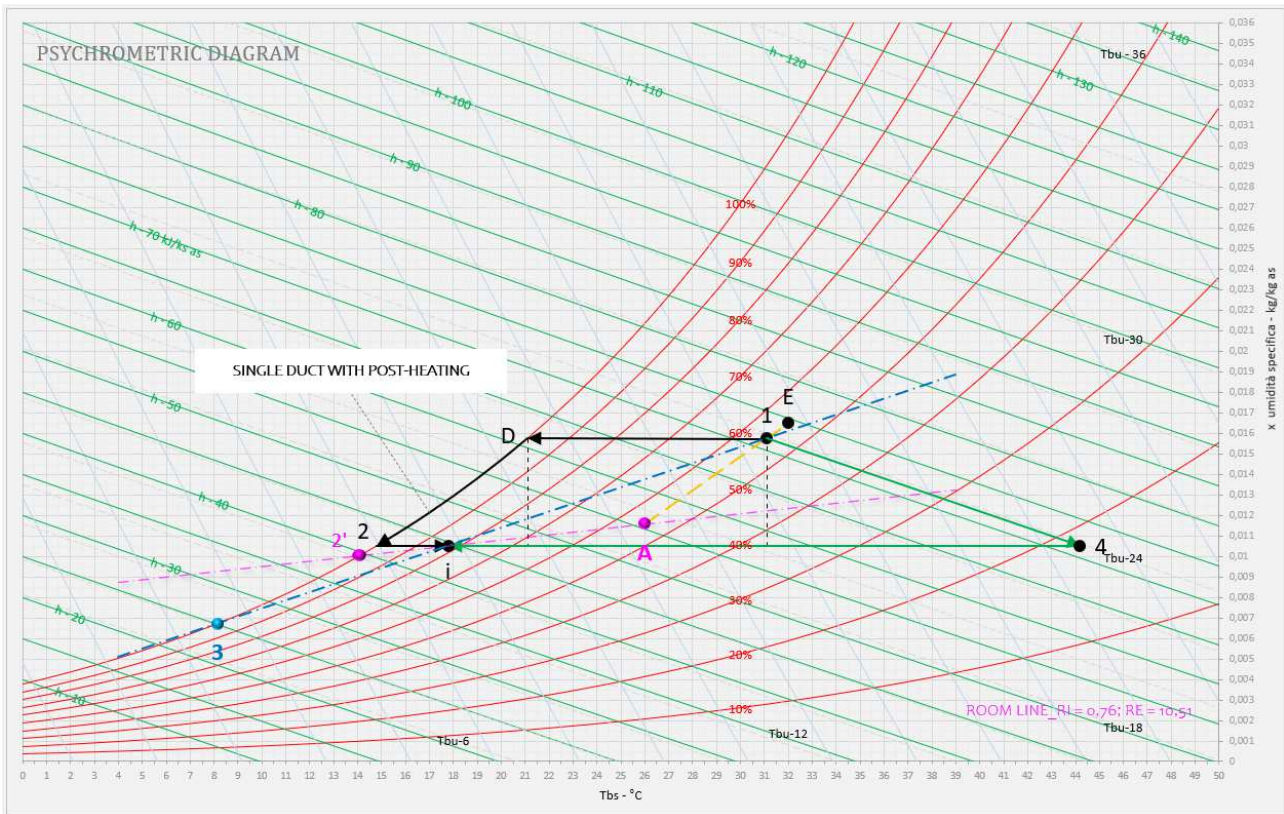
The external thermal factor is $RE = \Delta H/\Delta x = 10.51$.

RE_i-A	$(h_A - h_i) / [(x_A - x_i) \cdot 1000]$		kJ/gr _v	10,51
--------	--	--	--------------------	--------------

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



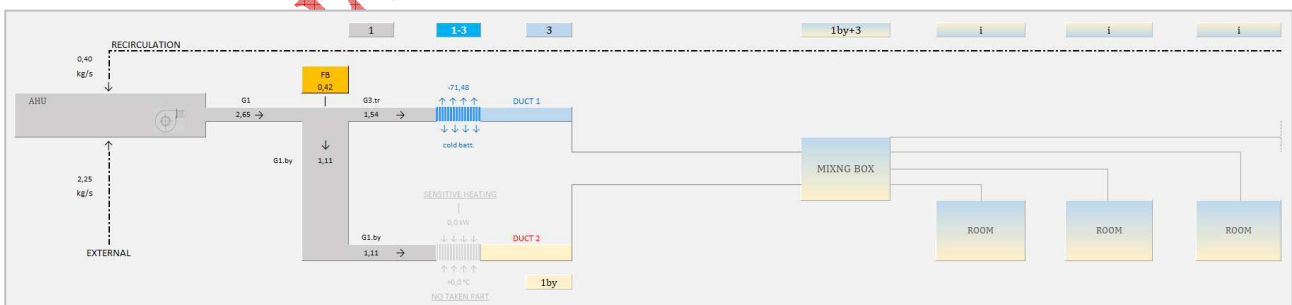
All the psychrometric states of the air and the transformations in the AHU are represented on a psychrometric diagram. The numbers and letters are representative of the psychrometric states of humid air and correspond to those present in the cells of the spreadsheet. The type of system "single duct + 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:

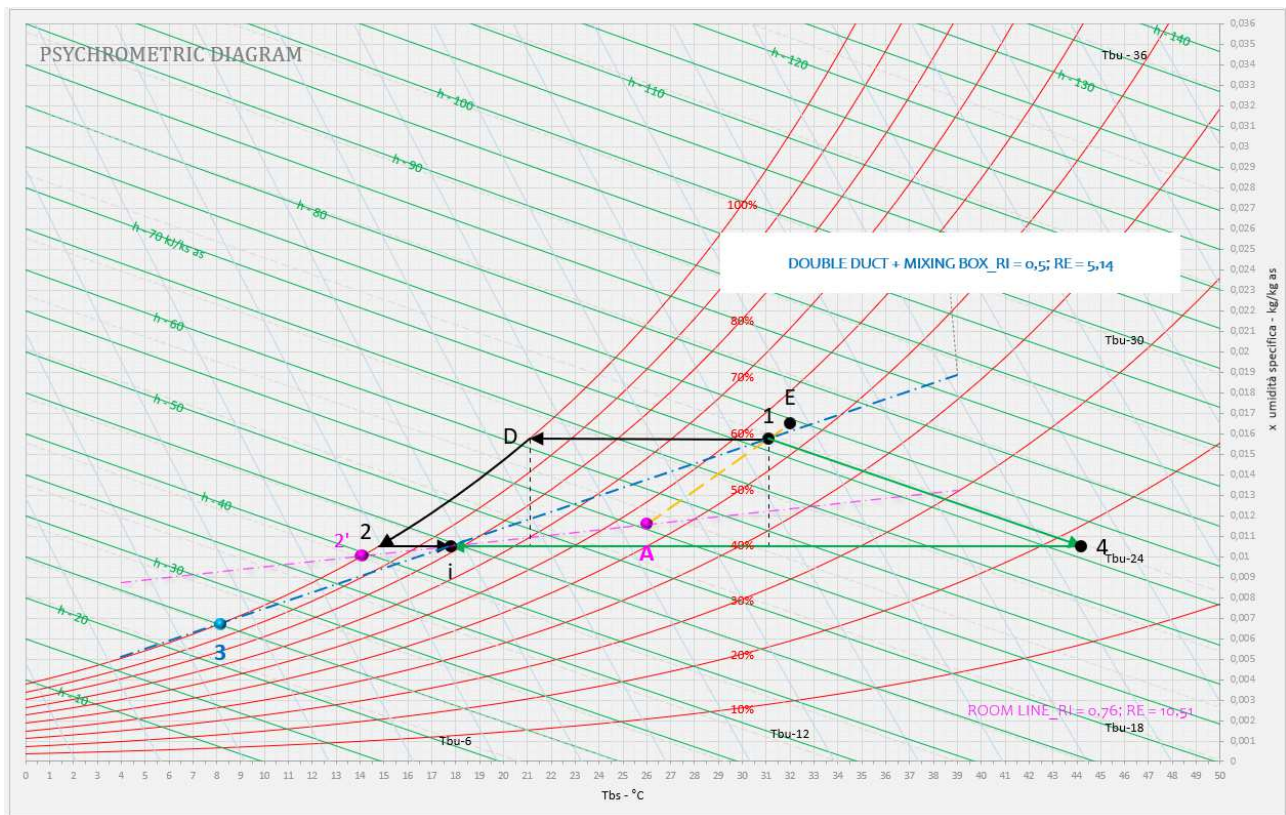


The transformations relating to this type of plant, on the psychrometric diagram, are normally represented by a blue dashed mixing line 1-i-3; this is generally the case when there is no significant heating of the bypass flow rate.

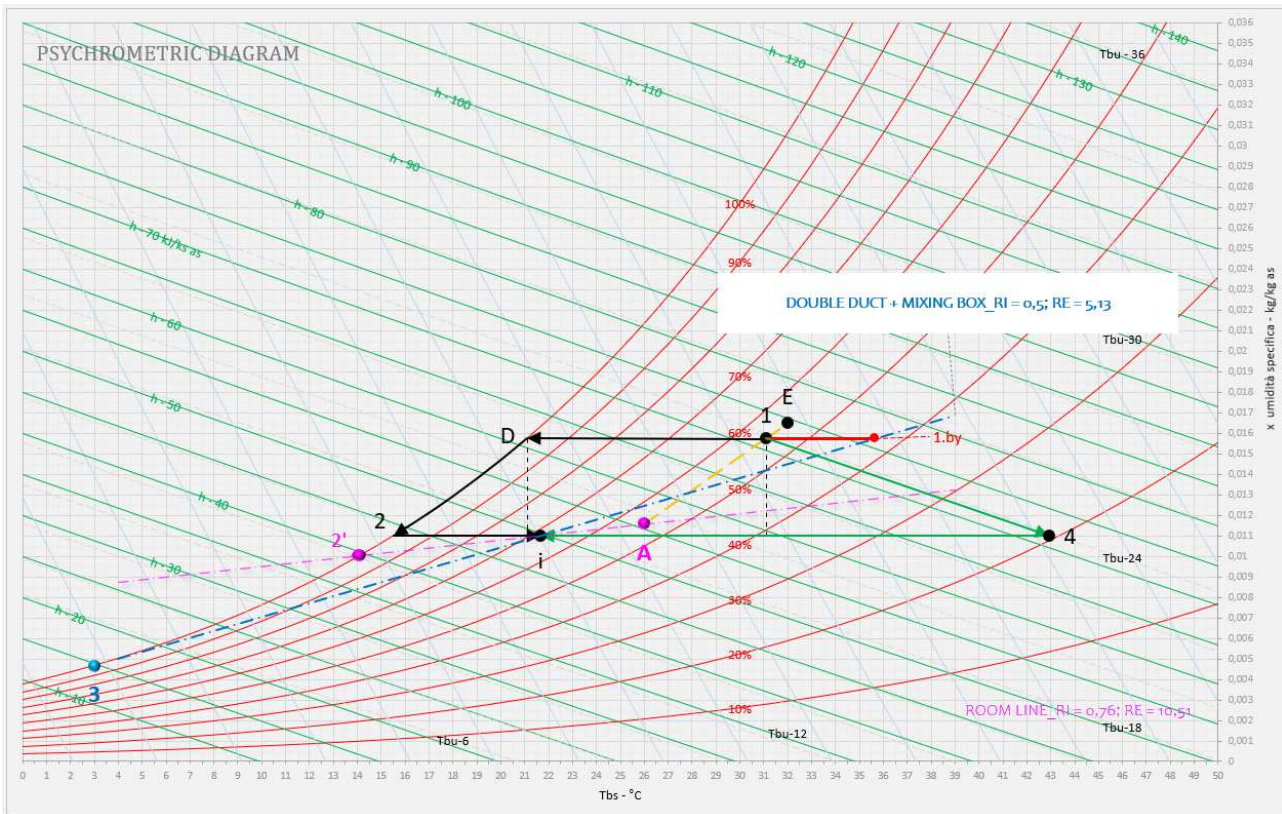
Specifically, the program preliminarily considers the line passing through point "1" and the entry point "i" (the coordinates [T; x] of these points are known from the calculation tables above; point 1: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 55\%$; point i: $T_i = 17.77^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 82.73\%$) and first verifies

whether or not this line intersects the saturation curve. In the example carried out, this line intersects the saturation curve at point 3 having $T_3 = 8.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and returns the result in the following screens:

The mixing line '1-i' intersects the saturation curve at point 3 having $T_3 = 8,15$. It was possible to obtain the injection point 'i' by means of the cold coil alone with a mixing box between the bypassed flow rate $G_{1.by}$ in the conditions '1' and the treated flow rate $G_{3.tr}$ in the exit conditions '3' from the AHU.



NOTE: Otherwise, the program would have automatically determined the minimum sensible heating to which the bypass flow rate would have to be subjected beforehand and which would have determined the displacement of point "1" to point "1.by" in such a way that the new line for points "1.by" and "i" could intersect the saturation curve at the first useful point); The following diagram represents such a possibility, but it does not concern the case of the example carried out:



Returning to the sizing relating to the double duct system with mixing box, the first part of the calculation already seen for the single duct type with post-heating applies to the same with reference to the fixing of the value of the specific input humidity $x_i = 0.0105$ [kg/kg]; to the retrieval of the input mass flow $G_i = 2.65$ [kg/s]; of the GRN renewal flow rate = 2.25 [kg/s]; of the GRC recirculation flow rate = 0.40 [kg/s]; 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).

The state of emission "i" of the flow rate $G_i = 2.65$ [kg/s] lying on the room line is obtained by mixing the bypass flow rate $G_{1.by}$ represented by point "1" 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 in the area to be air-conditioned.

The values of the mixing extremes "1" and "3" are automatically calculated by the program; The mixing flow rates $G_{1.by} = 1.11$ [kg/s] and $G_{3.tr} = 1.54$ [kg/s] are also determined, the sum of which is, of course, equal to $G_i = 2.65$ [kg/s].

MIXING EXTREMES__1-3									
G3	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,2
G1.by	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	31,10	55,36%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,19	21,11

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

MIXING__1+3 = i									
G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1+3	17,86	82,26%	2.044,79	16,82	0,0105	0,839	44,55	15,74	14,80

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''	$cp_a \cdot T1'' + cp_v \cdot x1'' \cdot T1'' + r \cdot x1''$		kJ / kg as 48,41
Wsens	$G3 \cdot (h3 - h1'')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW -35,92
Wlat	$G3 \cdot (h1'' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW -35,55
W-	$G3 \cdot (h3 - h1)$	tot. power subtracted	kW -71,48
U	$G3 \cdot (x3 - x1)$	steam removed	kgv/s -0,014

- $h1'' = 48.41$ kJ/kg is the enthalpy of point 1'', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost 0.00671 [kg/kg] passing through point 3. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $Wsens_{1-3} = -35.92$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- $Wlat_{1-3} = -35.55$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the

transformation 1 → 3;

- $W^- = -71.48$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- $U = -0.014$ 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_1-3				
RI	W_{sens}/W_t	internal thermal report	-	0,50
RE	$W^-/[G_3 \cdot (x_1-x_3) \cdot 1000]$	external thermal report	kJ/grv	5,14
FB	G_{1by}/G_i	bypass factor	-	0,42

With reference to the prior heating of the bypass flow rate $G_{1.by} = 1.11$ [kg/s], since it has not been intervened, the relevant screen is inactive:

HEATING FLOW_ $G_{1.by}$				
W^+	$G_{1.by} \cdot (h_{1.by} - h_1)$		kW	0,00
ΔT^+	$T_{1.by} - T_1$		°C	0,00
$\Delta \phi^-$	$\phi_{1.by} - \phi_1$		%	0,00%

The project ends with the final check on the sizing:

CHECK

DOUBLE DUCT + MIXING BOX_OK

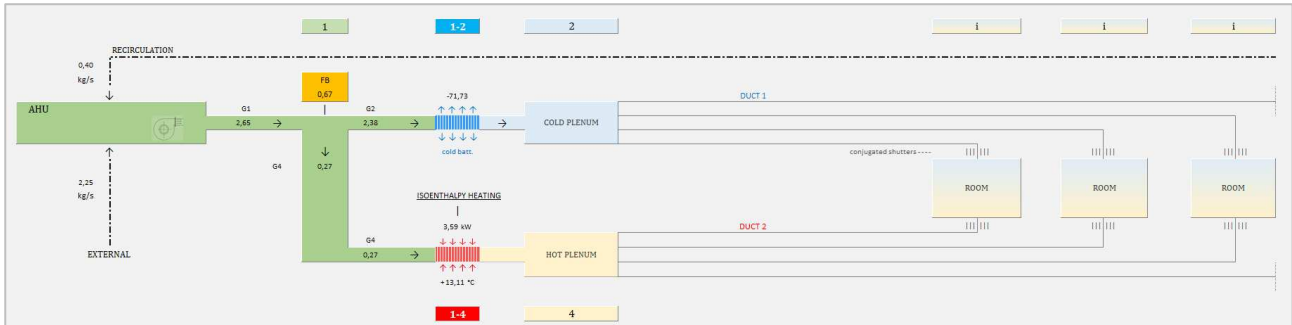
THE BYPASS FLOW RATE $G_{1.by}$ IS MIXED IN '1' CONDITIONS WITH PART OF THE $G_{3.tr}$ FLOW RATE LEAVING THE AHU

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 (iso-enthalpy 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".

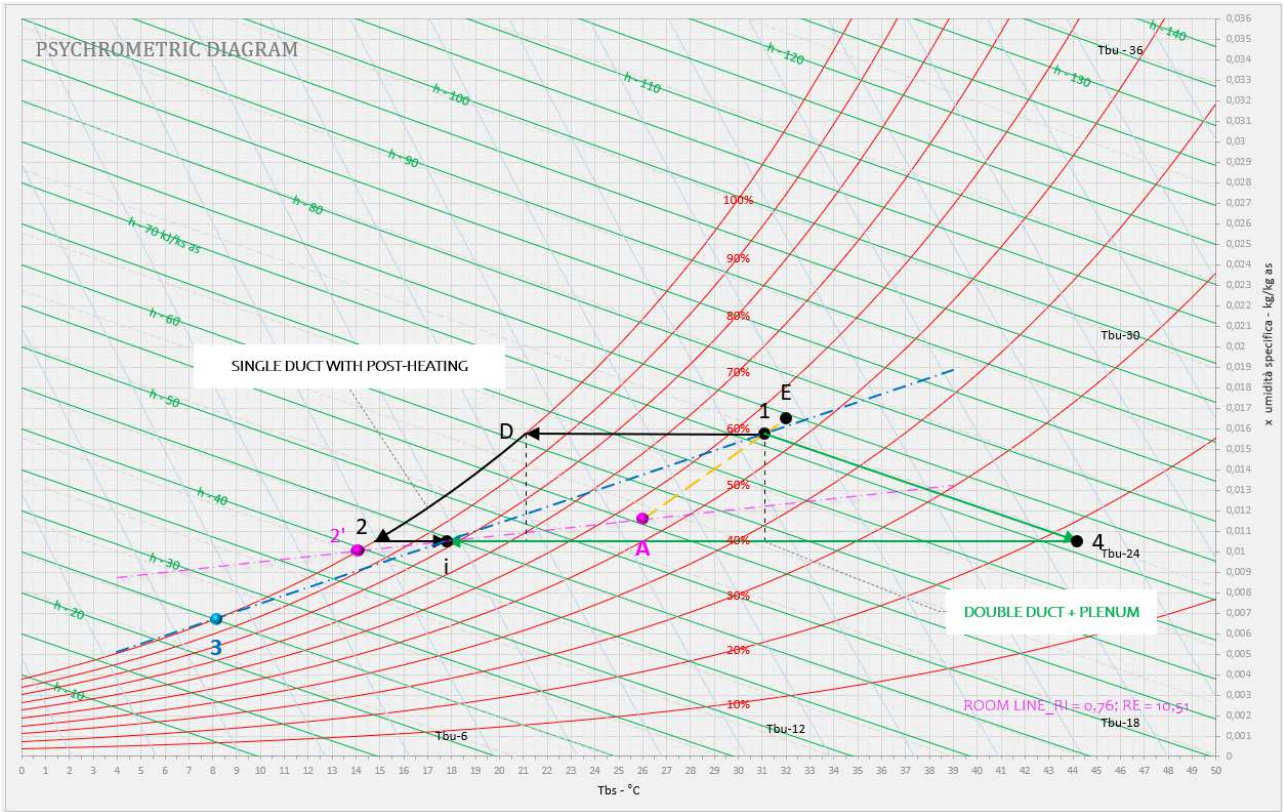
The illustration of the operation of the system takes place as always with reference to the example carried out.

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 $x_i = 0.0105$ [kg/kg]; to the finding of the input mass flow rate $G_i = 2.65$ [kg/s]; of the renewal flow $G_{RN} = 2.25$ [kg/s]; of the recirculation flow rate $G_{RC} = 0.40$ [kg/s]; 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).

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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

The transformations are represented in the psychrometric diagram as follows:



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:

MIXING EXTREMES_2-4									
G_2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80
G_4	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,83	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,87	14,86

The flow rate G_2 is 2.38 [kg/s]; the flow rate $G_4 = 0.27$ [kg/s].

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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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:

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	58,10
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW -39,75
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW -31,98
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW -71,73
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	steam removed	kgv/s -0,012

- $h1' = 58.10$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost = 0.0105 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of thermal powers;
- $Wsens_{1-2} = -39.75$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -31.98$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W- = -71.73$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $U = -0.012$ 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 iso-enthalpy 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 isoenthalpy heating	kW	3,59
U	G4 * (x4 - x1)	steam removed	kgv/s	-0,0014
FB	G4/Gi	bypass factor	-	0,67

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			
Gb__Air flow rate	kg/s	1,54	Wb__Battery power	kW
				-71,48

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

Treated air flow rate = 1.54 kg/s;

Power = 71.48 kW (the negative sign is omitted as it is power considered from the point of view of the battery and not of the treated air).

TPOLOGY	De mm	Di mm	Ai mmq
5/8' - 8.5 fins/inch	15,875	15,016	177

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

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

Thi = 6°C : water inlet temperature in the pipes;

ΔTh = 10°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			
Thi	water inlet temperature	°C	6,0
ΔTh	water thermal difference	°C	10,0
Thu	water outlet temperature	°C	16,00
Tm	average battery surface temperature	°C	12,00
Gh	battery water flow rate	l/s	1,71

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.

NUMBER OF RANKS			
Air flow respect to water flow:			
<input type="radio"/>	co-current	<input type="radio"/>	countercurrent
<input checked="" type="radio"/>			crosscurrent
ΔTml	logarithmic air/water thermal jump	°C	9,3
ΔTml_co	air/water thermal difference for counterflow	°C	11,7
F	Heat transfer corr. factor resp. to counterflow	P=0,4 R=2,29	0,80
va	air speed	m/s	2,5
vh	water speed	m/s	1,0

On the basis of this, the program determines:

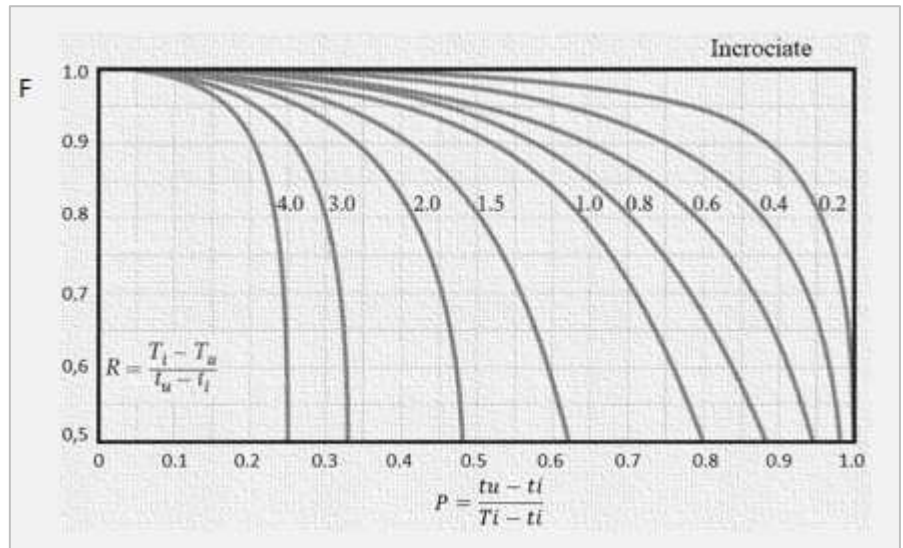
ΔTml = 9.3 °C: logarithmic air/water temperature difference due to cross-flow. This value is deducted from the prior calculation of the following quantities (shown in grey as preparatory quantities);

ΔTml_co = 11.7 °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 = 0.40 and R = 2.29; 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 = 0.40 and R = 2.29, is approximately equal to F = 0.85.

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.



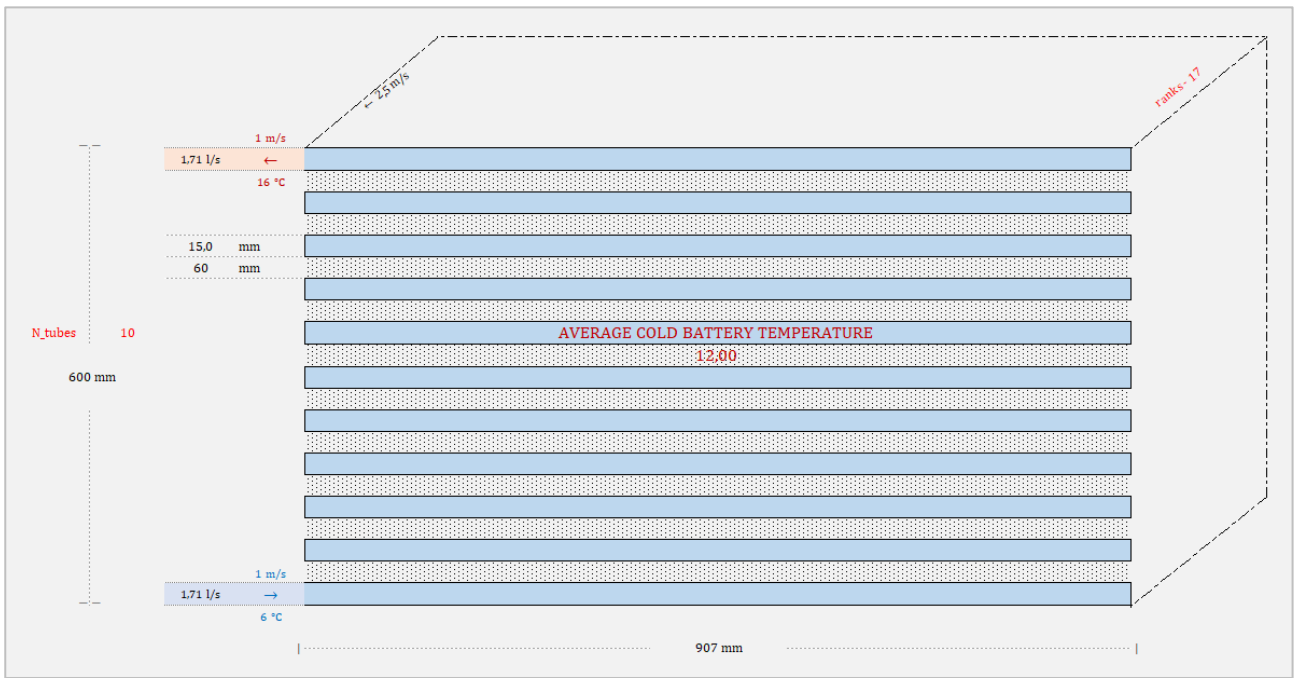
Once the height of the battery has also been defined (a value to be entered by the designer), the program calculates the dimensional characteristics of the battery according to the table below:

H		battery height	mm	600
L	$G_b / (v_a \cdot H)$	battery width	mm	907
Af	$H \cdot L$	front battery area	m ²	0,54
N	$W_b / (v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	10
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	60

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

<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; text-align: center;">U_W/mq°C</div> <div style="text-align: center; padding: 10px;">868,57</div>	<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; text-align: center;">NR - number of ranks_ $W_b / (A_f \cdot U \cdot \Delta T_{ml})$</div> <div style="text-align: center; padding: 10px; color: green;">17</div>
---	---

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



AE-SW SOFTWARE

3 – CONTROLLED INLET TEMPERATURE DESIGN

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

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 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.

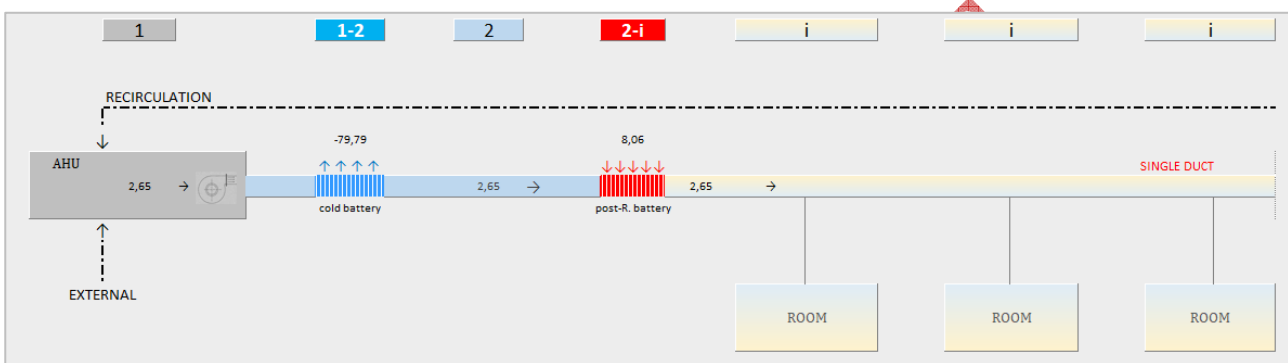
For each type of system, the relative psychrometric transformations of humid air are represented on the interactive psychrometric diagram, so as to have a match between the numerical data calculated by the program and the numerical data readable on the diagram.

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

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 → D (see psychrometric diagram) and subsequent dehumidification on the saturation curve D → 2; finally a **2 → 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" and the ambient air "A" as shown in the figure.

a	OUTDOOR AIR/RENEWAL AND AMBIENT/RECIRCULATION 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
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84
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	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,6	16,27

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

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'	14,10	100%	1.607,41	16,07	0,01003	0,827	39,50	14,07	14,10

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 intake air temperature "Ti".⁴

The program indicates the T_{i_max} value above which it is not possible to go; this value obviously coincides with the desired ambient temperature $T_A = 26$ °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:

- $XI < T_{i_max}$
- 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 project value T_i in the cell on a yellow background in font and red border (in the example carried out: $T_i = 17.77$ [°C]), if 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 ($T_i - T_A$), in this case, is in fact -8.23 °C, between -9.0°C and -3.0°C.

⁴ Hence the designation "controlled intake temperature" design.

Ti_max				°C	26,0
Ti	xi ott. se	$-9,00 \leq Ti - TA \leq -3,00$	-	°C	17,77
Ti - TA				°C	-8,23
OK_Ti IN RANGE OTTIMALE					
Gi_calc	Wsens / [cpa*(TA - Ti)+cpv*(xATA - xiTi)]			kg/s	1,82
GRN_min	UNI EN 16798			kg/s	2,25
GRN				kg/s	2,25
%GRC	% di Gi			%	15%
Gi				kg/s	2,65
GRC				kg/s	0,40
xi	$[r*Gi*xA - Wlat] / (r*Gi)$			kg/kgas	0,0105
n_min	UNI EN 16798	1,44	→	n	1/h

The value of $T_i = 17.77$ [°C], thus fixed, is preparatory to the determination of the GRN renewal flow rate [kg/s]. This value is assumed to be equal to the maximum of the calculation value G_{i_calc} relating to the mass of air necessary to remove the thermal loads present in the areas and the minimum GRN_{min} ventilation value imposed by the UNI EN 16798 standards.

In this example, the calculation value is $G_{i_calc} = 1.82$ [kg/s]; the minimum value of fresh air calculated according to the procedure imposed by the UNI EN 16798 standards and implemented in the program, is equal to $GRN_{min} = 2.25$ [kg/s]. Consequently, the renewal flow rate necessary for the ventilation of the area rooms is:

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

The GRC recirculation flow rate is established in percentage with respect to G_i , in the example carried out it was posed: $GRC_{\%} = 15\%$. Consequently, the value of the total air flow rate is equal to:

$$G_i = 2.65 \text{ [kg/s]}$$

Therefore, the value of the recirculated air is at the value:

$$GRC = 0.40 \text{ [kg/s]}$$

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:

$$n = 1.44 [1/h]$$

The thermo-hygrometric conditions of the intake air are calculated by the program as a function of $T_i = 17.77 [^{\circ}C]$ and $x_i = 0.0105 [kg/kg]$ and are shown below:

G_i	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

The fixing of the value $T_i = 17.77 [^{\circ}C]$ also allows the determination of 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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80

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	58,10
Wsens_1-2	$G1 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-2	kW	-44,22
Wlat_1-2	$G1 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-2	kW	-35,57
W_1-2	$G1 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-79,79
U	$(x_i - x1) \cdot G1$	steam removed from G1 in the AHU	kg_acqua/s	-0,014

- $h1' = 58.10 [kJ/kg]$ is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity $0.0105 [kg/kg]$ passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of the subtracted thermal powers;
- $Wsens_{1-2} = -44.22 [kW]$ is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in transformation 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -35.57 [kW]$ is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W = -79.79 [kW]$ is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $U = -0.014 [kg/s]$ 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:

Wsens_2-i	$G1 \cdot (hi - h2)$	sensitive power supplied in the post-warm-up	kW	8,06
-----------	----------------------	--	----	-------------

The internal thermal factor is $RI = W_{sens}/W_t = 16/21 = 0.76$.

The external thermal factor is $RE = \Delta H/\Delta x = 10.51$.

RE_i-A	$(hA - hi) / [(xA - xi) \cdot 1000]$		kJ/gr_v	10,51
--------	--------------------------------------	--	-------------------------	--------------

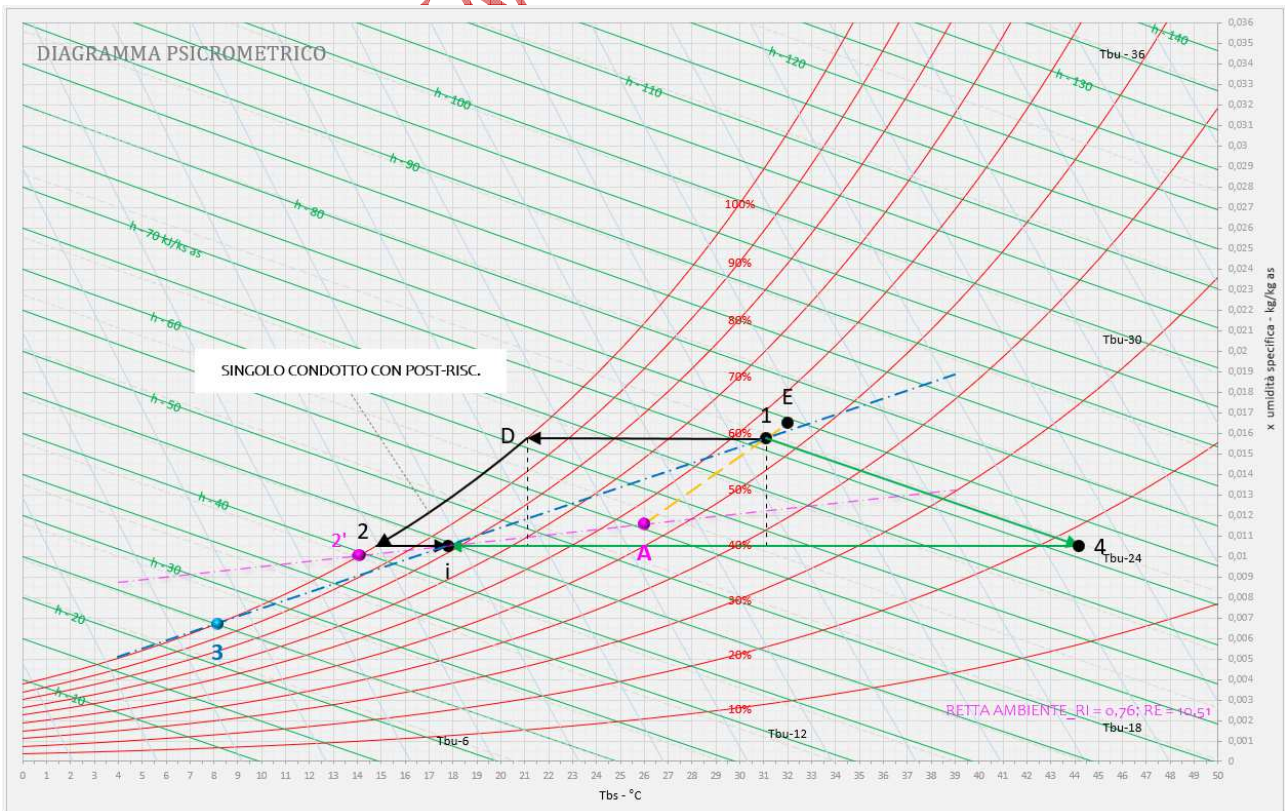
The program finally provides the outcome of the design through a verification check:

CHECK

SINGLE DUCT WITH POST-HEATING

OK_Ti IN OPTIMAL RANGE

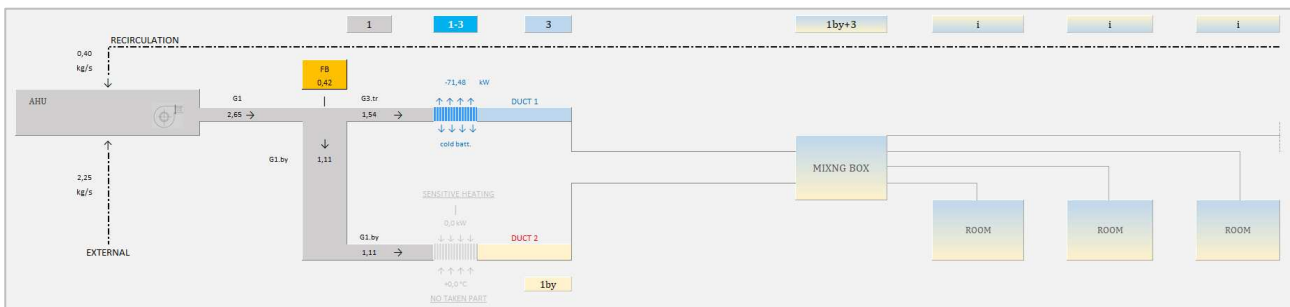
All the psychrometric states of the air and the transformations in the AHU are represented on a psychrometric diagram. The numbers and letters are representative of the psychrometric states of humid air and correspond to those present in the cells of the spreadsheet. The type of system "single duct + 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:



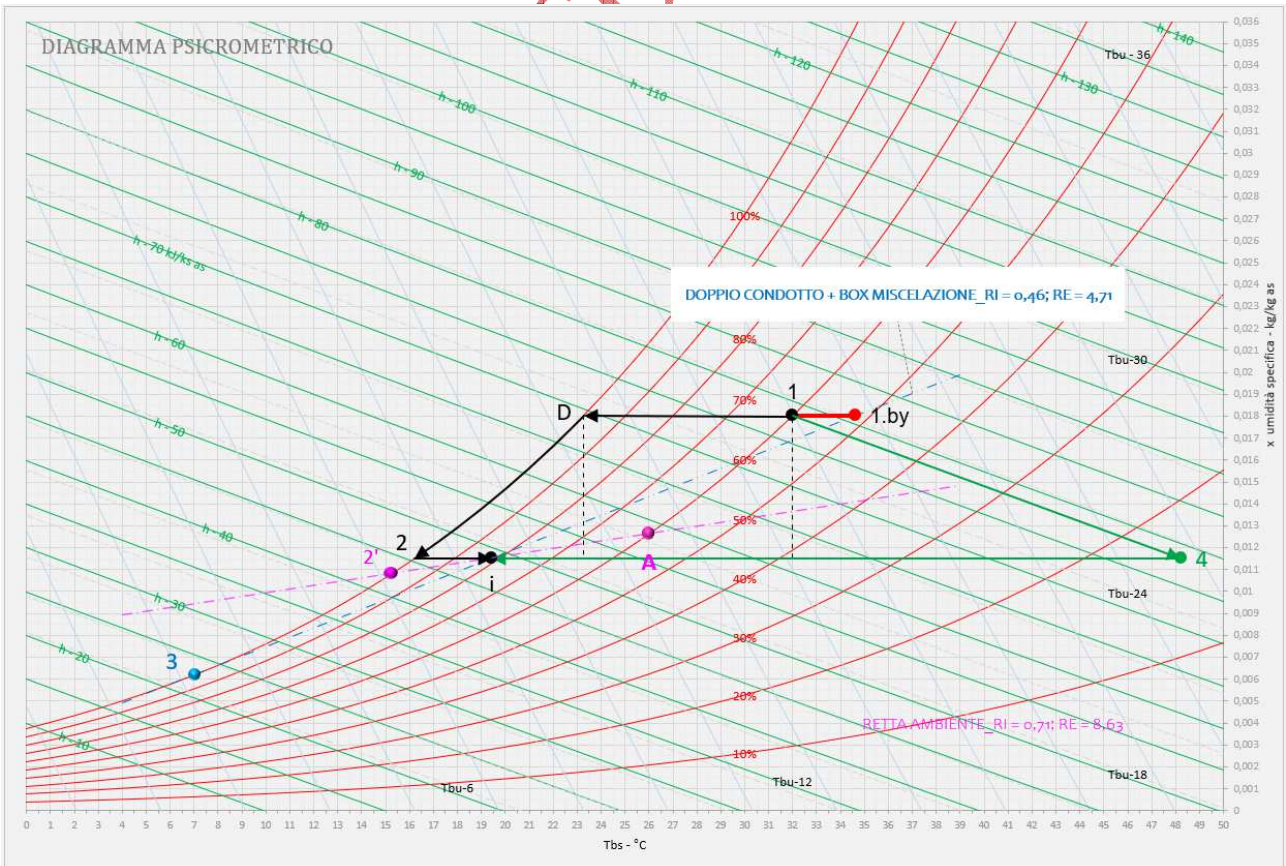
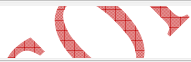
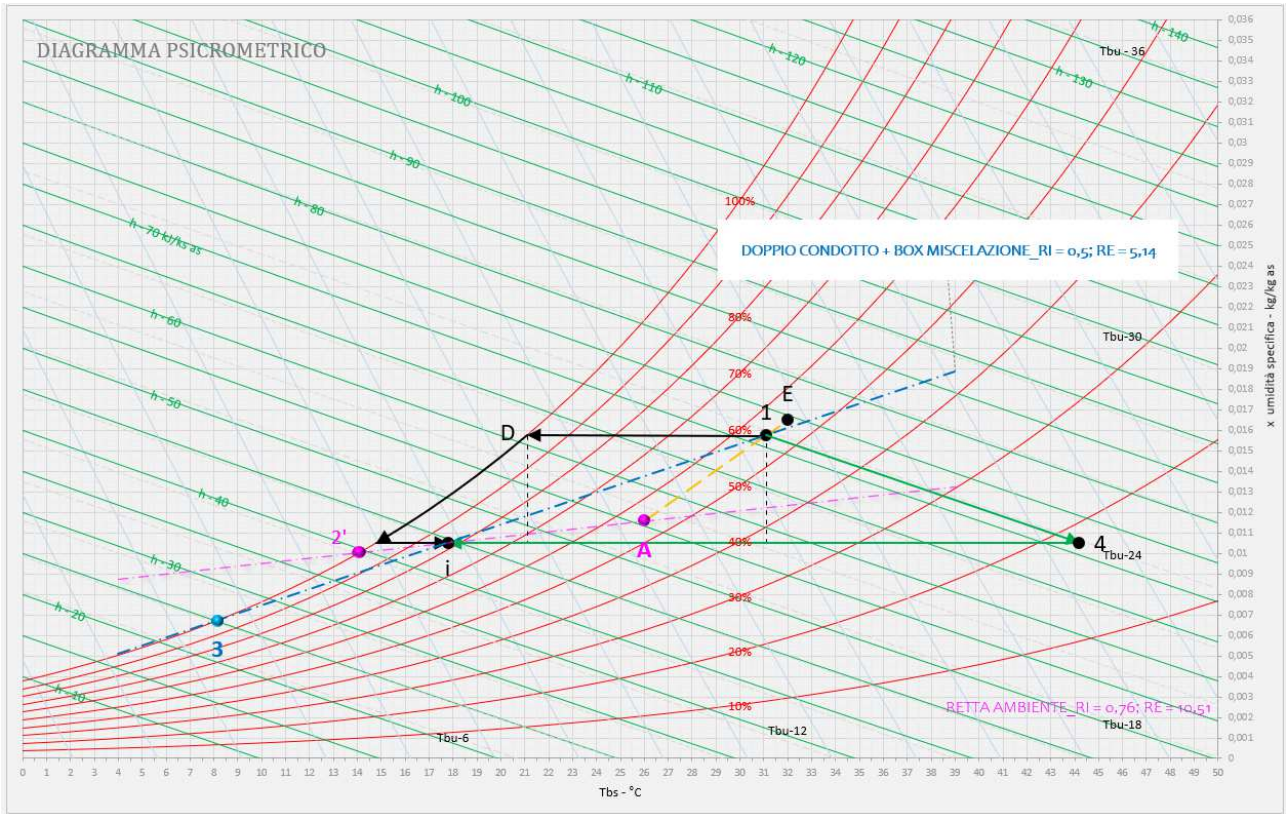
The transformations relating to this type of plant, on the psychrometric diagram, are normally represented by a blue dashed mixing line 1-i-3; this is generally the case when there is no significant heating of the bypass flow rate.

Specifically, 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: $T_1 = 32^\circ\text{C}$; $\Phi_1 = 55\%$; point i: $T_i = 17.77^\circ\text{C}$; $\Phi_i = 82.73\%$) and first verifies whether or not this line intersects the saturation curve. In the example carried out, this line intersects the saturation curve at point 3 having $T_3 = 8.15^\circ\text{C}$ and returns the result in the following screen:

The mixing line '1-i' intersects the saturation curve at point 3 having $T_3 = 8,15$. It was possible to obtain the injection point 'i' by means of the cold coil alone with a mixing box between the bypassed flow rate $G1.by$ in '1' conditions and the treated flow rate $G3.tr$ in exit conditions '3' from the AHU.

NOTE: Otherwise, the program would have automatically determined the minimum sensible heating to which the bypass flow rate would have to be subjected and which would have determined the displacement of point "1" to point "1.by" in such a way that the new line for points "1.by" and "i" could intersect the saturation curve at the first useful point); The following diagrams represent the two cases: i.e. the case relating to the example carried out with the

intersection of the saturation curve and the case of prior heating with displacement of point 1 at point 1.by:



For this type of system (double duct with mixing box) the first part of the calculation already seen for the single duct type with post-heating is valid with reference to the value of the intake air temperature $T_i = 17.77 \text{ }^\circ\text{C}$; to the retrieval of the intake mass flow rate $G_i = 2.65 \text{ [kg/s]}$; of the renewal flow $GRN = 2.25 \text{ [kg/s]}$; of the recirculation flow rate $GRC = 0.40 \text{ [kg/s]}$; the determination of the number of hourly changes $n = 1.44 \text{ [1/h]}$; the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (conditions of the air entering the AHU) and "i" (conditions of the intake air).

The state of emission "i" of the flow rate $G_i = 2.65 \text{ [kg/s]}$ lying on the room line is obtained by mixing the bypass flow rate $G_{1.by}$ represented by point "1" 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 in the area to be air-conditioned.

The values of the mixing extremes "1" and "3" are automatically calculated by the program; The mixing flow rates $G_{1.by} = 1.11 \text{ [kg/s]}$ and $G_{3.tr} = 1.54 \text{ [kg/s]}$ are also determined, the sum of which is, of course, equal to $G_i = 2.65 \text{ [kg/s]}$.

MIXING EXTREMES__1-3									
G3	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	$^\circ\text{C}$	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,2
G1by	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	$^\circ\text{C}$	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
1by	31,10	55,36%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,19	21,11

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

MIXING__1+3 = i									
G_i	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	$^\circ\text{C}$	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$
1+3	17,86	82,26%	2.044,82	16,82	0,0105	0,839	44,55	15,74	14,80

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 $1 \rightarrow 3$ are calculated by the

programme and shown in the following table:

POWER + STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY __1-3				
h1''	$cp_a \cdot T1'' + cp_v \cdot x1'' \cdot T1'' + r \cdot x1''$		kJ / kg as	48,41
Wsens	$G3 \cdot (h3 - h1'')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW	-35,92
Wlat	$G3 \cdot (h1'' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW	-35,55
W-	$G3 \cdot (h3 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-71,48
U	$G3 \cdot (x3 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,014

- $h1'' = 48.41$ 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;
- $Wsens_{1-3} = -35.92$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- $Wlat_{1-3} = -35.55$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 3;
- $W_{-1-3} = -71.48$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the 1 → 3 transformation;
- $U = -0.014$ 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 __1-3				
RI	$Wsens/Wt$	internal thermal report	-	0,50
RE	$W / [G3 \cdot (x1 - x3) \cdot 1000]$	external thermal report	kJ/grv	5,14
FB	$G1.by/Gi$	bypass factor	-	0,42

With reference to the prior heating of the bypass flow $G1.by$, since it was not necessary in the example carried out, it appears that the relevant screen is deactivated.

The project ends with the final check on the sizing:

HEATING FLOW_G1.by			
W+	$G1.by * (h1.by - h1)$	kW	0,00
$\Delta T+$	$T1.by - T1$	°C	0,00
$\Delta \Phi-$	$\phi1.by - \phi1$	%	0,00%

Finally, the program provides the result of the sizing:

CHECK

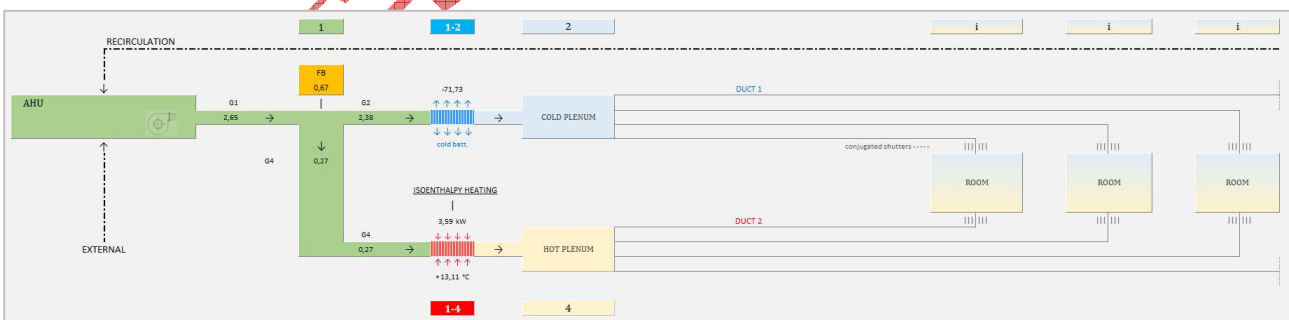
DOUBLE DUCT + MIXING BOX_OK

THE BYPASS FLOW RATE $G1_{by}$ IS MIXED IN '1' CONDITIONS WITH PART OF THE $G3_{tr}$ FLOW RATE 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:



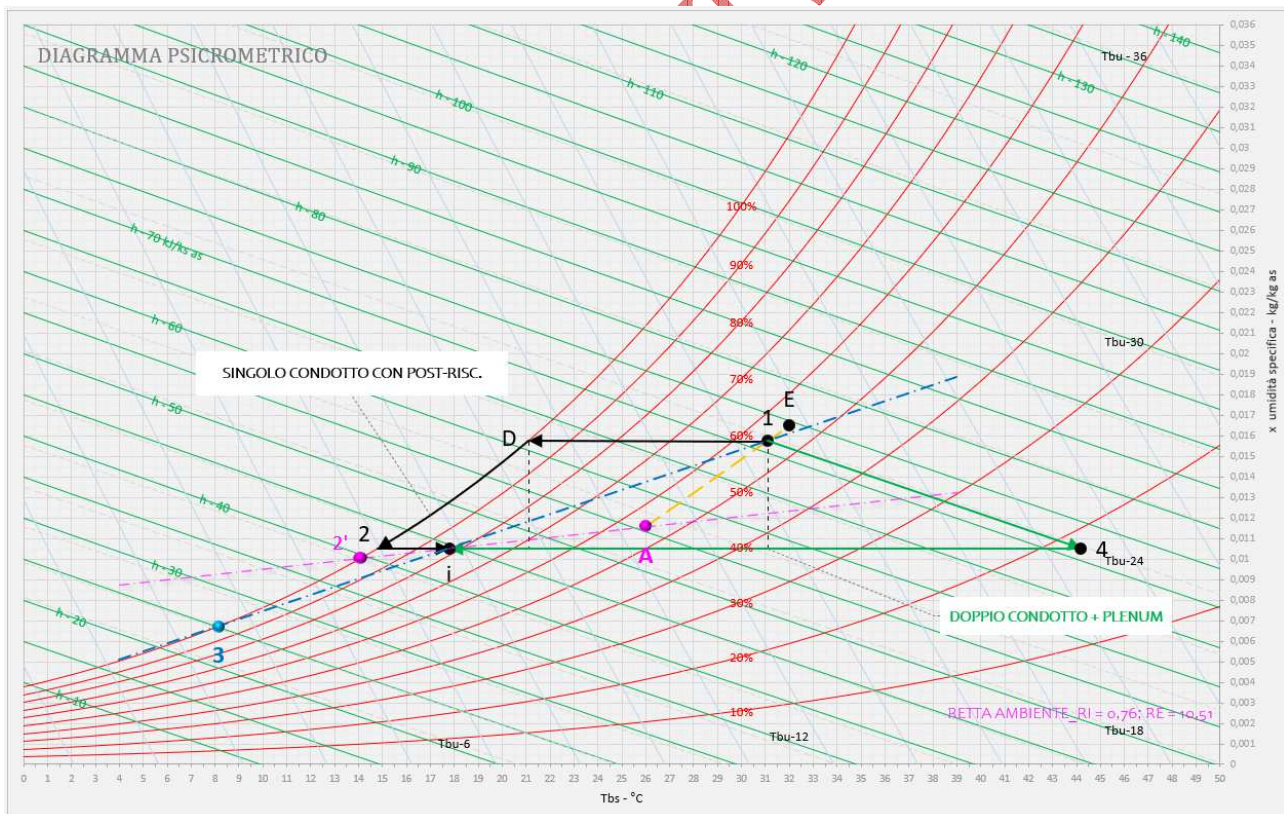
The psychrometric transformations relating to this type of system take place differently for the two air flows destined to flow into the two plenums. In particular, the air destined to flow into the **COLD PLENUM** is subjected to the transformations represented on the psychrometric diagram by the black 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 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 illustration of the operation of the system takes place as always with reference to the example carried out.

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 $T_i = 17.77$ °C; to the finding of the input mass flow rate $G_i = 2.65$ [kg/s]; of the renewal flow $GRN = 2.25$ [kg/s]; of the recirculation flow rate $GRC = 0.40$ [kg/s]; the determination of the number of hourly changes $n = 1.44$ [1/h]; the determination of the psychrometric parameters relating to points "1" (conditions of the air entering the AHU) and "i" (conditions of the intake air).



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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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:

MIXING EXTREMES_2-4									
G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,77	14,80
G4	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,83	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,87	14,86

The flow rate G2 is 2.38 [kg/s]; the flow rate G4 = 0.27 [kg/s].

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
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,29	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,71	14,80

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 iso-enthalpy 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:

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	58,10
Wsens_1-2	$G2 \cdot (h2 - h1')$	sens. comp. subtracted between 1-3	kW	-39,75
Wlat_1-2	$G2 \cdot (h1' - h1)$	latent comp. subtracted between 1-3	kW	-31,98
W-	$G2 \cdot (h2 - h1)$	tot. power subtracted	kW	-71,73
U	$G2 \cdot (x2 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,012

- $h1' = 58.10$ kJ/kg is the enthalpy of point 1', vertical projection of point 1 on the horizontal line at specific humidity cost = 0.0105 [kg/kg] passing through point 2. It is a preparatory value for the calculation of thermal powers:
- $Wsens_{1-2} = -39.75$ kW is the value of the sensitive load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $Wlat_{1-2} = -31.98$ kW is the value of the latent load subtracted from the cold battery in the 1 → 2 transformation;
- $W- = -71.73$ kW is the value of the total load subtracted from the cold battery in the transformation 1 → 2;
- $U = -0.012$ 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	$G4 \cdot (h4 - h1')$	energy converted into isenthalpy heating	kW	3,59
U	$G4 \cdot (x4 - x1)$	steam removed	kgv/s	-0,0014
FB	$G4/Gi$	bypass factor	-	0,67

3.4 - COOLING COIL SIZING

4 COLD BATTERY SIZING

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

SINGLE-DUCT SYSTEM + POST-HEATING

DOUBLE DUCT SYSTEM + MIXING BOX

DOUBLE DUCT SYSTEM + PLENUM

Gb__Air flow rate kg/s **1,54** Wb__Battery power kW **-71,48**

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

Treated air flow rate = 1.54 kg/s;

Power = 71.48 kW (the negative sign is omitted as it is 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:

TYPOLOGY	De	Di	Ai
	mm	mm	mmq
5/8" - 8.5 fins/inch	15,875	15,016	177

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

Thi = 6°C : water inlet temperature in the pipes;

ΔTh = 10°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

Thi	water inlet temperature	°C	6,0
ΔTh	water thermal difference	°C	10,0
Thu	water outlet temperature	°C	16,00
Tm	average battery surface temperature	°C	12,00
Gh	battery water flow rate	l/s	1,71

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

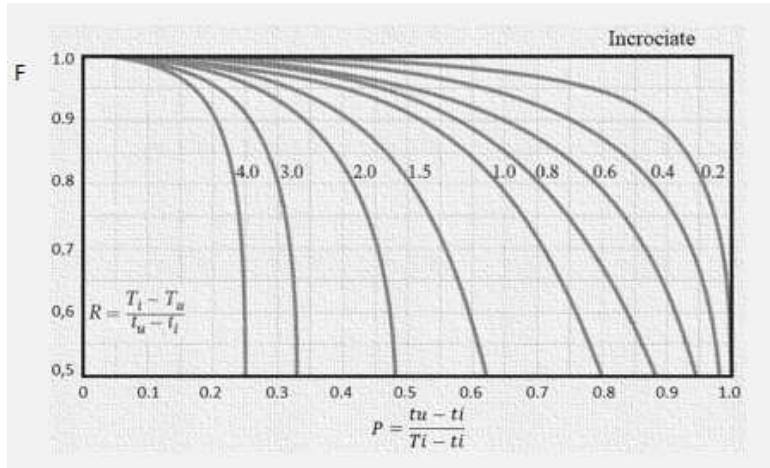
determines:

$\Delta T_{ml} = 9.3 \text{ }^\circ\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference due to cross-flow.

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

$\Delta T_{ml_co} = 11.7 \text{ }^\circ\text{C}$: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic temperature difference with respect to the counter-current flow (the reference to the counter-current 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 $P = 0.40$ and $R = 2.29$; 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 $P = 0.40$ and $R = 2.29$, is approximately equal to $F = 0.85$. 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;

$v_h = 1.0 \text{ m/s}$: 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	$^\circ\text{C}$		9,3
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow	$^\circ\text{C}$		11,7
F	Heat transfer corr. factor resp. to counterflow	$P=0,4$	$R=2,29$	adim 0,80
v_a	air speed	m/s		2,5
v_h	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	$G_b / (v_a \cdot H)$	battery width	mm	907
A _f	H*L	front battery area	m ²	0,54
N	$W_b / (v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	10
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	60

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

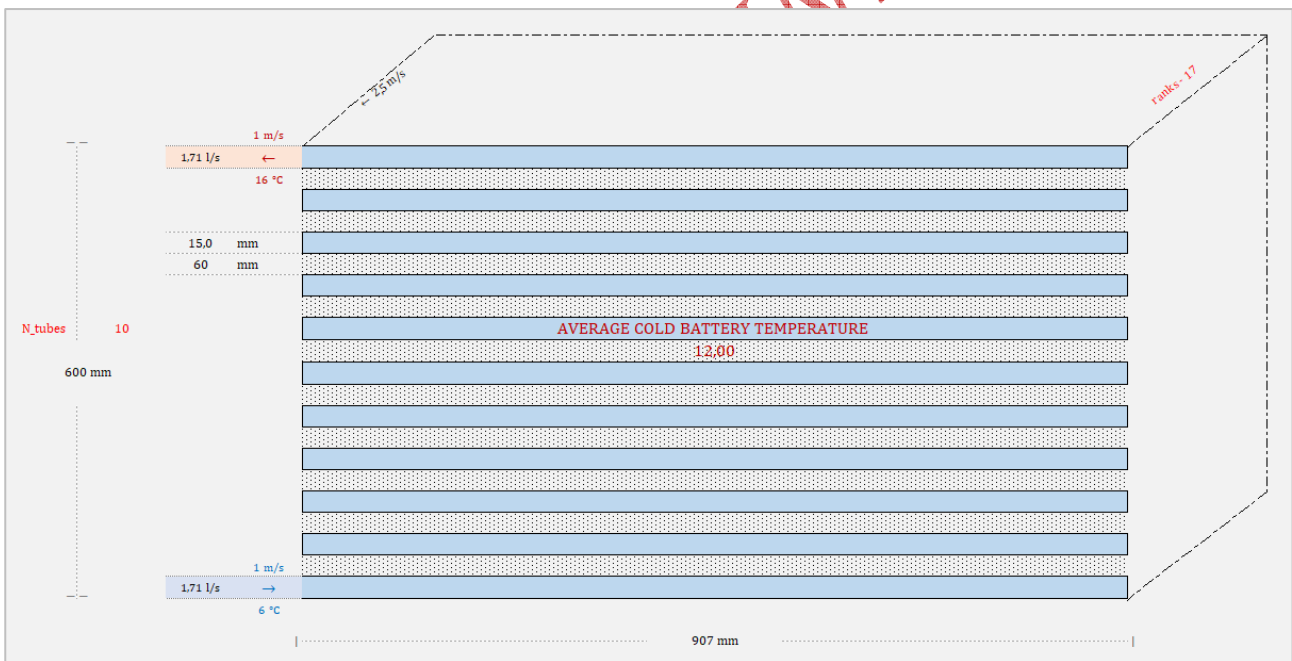
U_W/mq°C

868,57

NR - number of ranks_ $W_b / (A_f \cdot U \cdot \Delta T_{ml})$

17

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



4- PRINT REPORT_calculation example

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 ALL-AIR AIR CONDITIONING SYSTEM WITH RECIRCULATION 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

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

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

AE-SW - © All rights reserved

© 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 RI [-] internal and $RE = \Delta h / \Delta x$ external, relative to the room line;
- the operating characteristics and size of the cold battery.

GENERAL DATA

System type:	FULL AIR WITH RECIRCULATION	
Calculation method:	with controlled specific humidity	
P_Atmospheric pressure:	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 _outdoor relative humidity:	55%	-
T_A _project internal temperature	26,0	°C
ϕ_A _project internal relative humidity:	55%	-
W_{sens} _sensitive load	16	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	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84

external air

A	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	26	55%	3.361,16	18,49	0,01156	0,863	55,58	19,6	16,27

air room

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 in full air with recirculation. The conditions of the air entering the AHU are as follows:

1	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
	31,1	55%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,2	21,11

air entering the AHU

AIR FLOW RATE AND PSYCHROMETRIC INTAKE CONDITIONS

Gi_input flow rate 2,65 kg/s

Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,26	16,82	0,01050	0,838	44,46	15,7	14,80

Psychrometric parameters Intake air

GRN renewal_flow rate 2,25 kg/s

N_volume changes/h 1,44 -

GRC_recirculation flow rate 0,40 kg/s

HEAT POWER AND STEAM SUBTRACTED IN COLD BATTERY

Wsens_sensitive power subtracted -44,22 kW

Wlat_latent power subtracted -35,57 kW

Wt_overall power 79,79 kW

U_removed steam -13,90 gr/s

THERMAL POWER SUPPLIED IN THE POST-HEATING BATTERY

© AE-SW SOFTWARE

W+_ Power supplied	8,1	kW
--------------------	-----	----

ROOM LINE THERMAL FACTOR_i-A

RI = Wsens/internal thermal factor	0,76	-
RE = ΔH/Δ x_external thermal factor	10,51	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 in full air with 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' intersects the saturation curve at point 3 having T3 = 8,15 .It was possible to obtain the injection point 'i' by means of the cold coil alone with a mixing box between the bypassed flow rate G1.by in the conditions '1' and the treated flow rate G3.tr in the exit conditions '3' from the AHU.

FLOW RATES

G3_UTA output flow rate	1,54	kg/s
G1-by_flow bypassed by cold battery	1,11	kg/s
G1_total flow rate	2,65	kg/s
FB_bypass factor	0,42	-

PSYCHROMETRIC CONDITIONS MIXING FLOW RATES

G3	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,54	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
3	8,15	100%	1.081,90	10,82	0,00671	0,806	25,08	8,1	8,15

Air leaving the AHU

G1.by	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
1,11	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
1.by	31,10	55%	4.517,71	25,01	0,01574	0,884	71,51	24,2	21,11

bypassed air

Gi	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,00	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,86	82%	2.044,79	16,82	0,01050	0,839	44,55	15,7	14,80

mixed air intake

© AE-SW SOFTWARE

THERMAL FACTOR MIXING LINE

1.by - 3

RI = Wsens/Wt_internal thermal factor	0,50	-
RE = $\Delta H/\Delta x$ _external thermal factor	5,14	kJ/gr
Wsens_sens. power subtracted by cold battery	-35,92	kW
Wlat_latent power subtracted by cold battery	-35,55	kW
Wt_overall power	-71,47	kW
U_removed steam by cold battery	-13,90	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 in all air with 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	2,38	kg/s
G4_duct flow rate 2	0,27	kg/s
Gi_total inlet flow rate	2,65	kg/s
bypass factor	0,67	-

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

G2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,38	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	14,80	100%	1.682,13	16,82	0,0105	0,830	41,42	14,8	14,80

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

G4	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,27	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
4	44,20	18,29%	9.198,8	16,82	0,0105	0,914	71,52	24,9	14,86

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

Gi	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,65	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
i	17,77	82,73%	2.033,3	16,82	0,0105	0,838	44,46	15,7	14,80

Power and steam subtracted from the cold battery:

© AE-SW SOFTWARE

Wt_overall power	-71,73	kW
U_removed steam	-12,49	gr/s

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

Wlat → Ws	3,59	kW
U_removed steam	-1,40	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	1,54	kg/s
Wt_total power	-71,48	kW
Tin_inlet water temperature	6,00	°C
Tout_outlet water temperature	16,00	°C
ΔT_Tout - Tin	10,00	°C
Tm_average fin temperature	12,00	°C
Gh_battery water flow rate	1,71	l/s
H_battery height	600,00	mm
L_battery width	907	mm
N_number of horizontal tubes	10	-
i_vertical pipe center distance	60,0	mm
NR_number of ranks	17	-

ATTACHMENTS

- calculation tables
- psychrometric diagram

The project technician
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved

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

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-zona con ricircolo.

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