

# PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Programma in excel per il condizionamento estivo

## IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

- a doppio condotto con miscelazione da plenum

ITALIANO - INGLESE

**IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA  
REGIME ESTIVO**

ITALIANO • INGLESE

**IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTIZONA CON PLENUM  
UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA**

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICROMETRICO INTERATTIVO

**SCHEMA IMPIANTO**

AE-SW SOFTWARE

PLenum FREDDO

PLenum CALDO

CONDOTTINO 1

CONDOTTINO 2

AGGIORNAMENTO DI ZONA

ZONA 1

ZONA 2

ZONA 3

ZONA 4

ZONA 5

ZONA 6

ZONA 7

ZONA 8

AE-SW SOFTWARE

- ▶ A DOPPIO CONDOTTO
- ▶ CON MISCELAZIONE DA PLENUM

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

# MANUALE D'USO

PREPARED AND PRESENTED BY  
AE-SW SOFTWARE



**AE-SW SOFTWARE**

**IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA**

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

CON MISCELAZIONE DA PLENUM

**MANUALE D'USO**

## **IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA**

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM

© 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

### IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

#### DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM

PREMESSA	pag. 2
1 DATI GENERALI	pag. 3
2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	pag. 6
3 RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO	pag. 16
4 DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA	pag. 18
5 RELAZIONE TECNICA_ esempio di calcolo	pag. 21
6 <b>ENGLISH VERSION OF THE MANUAL</b>	pag. 32
BIBLIOGRAFIA	pag. 62

AE-SW SOFTWARE

# MANUALE D'USO

## IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

### DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM

#### PREMESSA

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in *formato Excel* per il dimensionamento di impianti di *climatizzazione estiva a tutt'aria primaria con miscelazione da plenum*. L'impianto è del tipo "*multi-zona*" idoneo a climatizzare ambienti le cui condizioni termoigrometriche sono disomogenee e in quanto caratterizzati da diverse condizioni termoigrometriche.

Il calcolo è condotto a umidità specifica di immissione controllata e può essere riferito a edifici pubblici o privati; residenziali o meno. 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 per le zone in funzione della destinazione d'uso, della categoria di qualità ambientale attesa, del grado di inquinamento, del grado di affollamento, della consistenza della superficie di pavimento e del volume.

Il dimensionamento è condotto analiticamente con calcoli numerici e rappresentato su diagramma psicrometrico interattivo con il riporto delle trasformazioni termoigrometriche dell'aria in riferimento a ciascuna zona. È altresì eseguito il dimensionamento della batteria di raffreddamento 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 una guida all'applicazione del programma. In appendice è altresì riportata la stampa della relazione di calcolo dell'esempio svolto.*

## 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 MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA**  
**REGIME ESTIVO**

**TIPOLOGIA IMPIANTO**  
A TUTT'ARIA PRIMARIA  
**CALCOLO**  
xi a umidità specifica di immissione controllata

**PRESSIONE ATMOSFERICA**  
 INPUT DIRETTO Pa **101.325**  
 INPUT INDIRETTO per: altitudine e temperatura

H_altitudine_m	TH_temp_86_H_°C	101325 - 11,57H + 0,000557H <sup>2</sup>	101325 * [1 - 0,0000226 H] <sup>2,20</sup>	101325 * 0,6677 <sup>(H/100)</sup>	101325 * e <sup>(-1,29 * H / (16,1 + H))</sup>
2.000	18	-	-	-	-

**PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO** Pa **101.325**

**DATI GENERALI**

N\_numero zone termiche:  Grado inquinamento ambienti\_UNI EN 16798: **opzioni non attive**  
 inquinato  med. inquinato  poco inquinato

Destinazione d'uso zone:  **residenz. e simili**  non residenziale

Grado di qualità ambientale attesa\_UNI EN 16798:  
 **1\_molto buono**  2\_buono  3\_poco buono

Metodo di calcolo\_UNI EN 16798:  
 **metodo 1**  metodo 2  metodo 3

**CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA**

TE\_temperatura aria esterna: °C **32**  
φE\_umidità relativa aria esterna: % **55%**  
TA\_temperatura zone voluta: °C **26**  
φA\_umidità relativa zone voluta: % **55%**

DATI ZONE TERMICHE										
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	100	120	90	95	100	75	1000	700
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	700
S_sq	200	300	600	500	350	400	600	250	300	300
%_soq-m	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,45	1,45	1,35	1,30	1,15
Wbt_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,60	0,80	0,38	0,42	0,30	0,30

VALORI DI CALCOLO_ZONE	
Affollamento	pers. <b>850</b>
V_volume	mc <b>9.550</b>
S_superficie	mq <b>3.200</b>
S_sq_superficie_nelosa_sogg_nelati	mq <b>2.550</b>
Wsens_zone	kW <b>1,2</b>
Wbt_zone	kW <b>4</b>

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

- la tipologia di impianto: a tutt'aria primaria (predefinita);
- l'opzione di calcolo: "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);
- il numero di zone presenti (nell'esempio svolto: n = 8);
- 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:  $TE = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\Phi E = 55\%$ ;  $TA = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\Phi A = 55\%$ );

N._numero zone termiche	8	
Destinazione d'uso zone	<input checked="" type="checkbox"/> <b>residenz. e simili</b>	non residenziale
Grado di qualità ambientale attesa_UNI EN 16798:	<input checked="" type="radio"/> <b>1_molto buono</b> <input type="radio"/> 2_buono <input type="radio"/> 3_poco buono	
Grado inquinamento ambienti_UNI EN 16798:	→ <b>opzioni non attive</b>	
	<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"/> <b>metodo 1</b> <input type="radio"/> metodo 2 <input type="radio"/> metodo 3	

- I carichi sensibili e latenti gravanti sulle zone (nell'esempio svolto: secondo il prospetto di seguito riportato: i valori a carattere grigio sono valori inattivi e ininfluenti; in particolare la % di riduzione della superficie in quanto trattasi di destinazione residenziale; le zone 9 e 10 in quanto non esistenti essendo il numero di zone di progetto pari a 8);

DATI ZONE TERMICHE										
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	90	95	160	75	85	70
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250	330	280
%_soGG+L	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,44

In funzione dei dati inseriti il programma restituisce:

- Affollamento: numero di persone totale presenti nelle zone (nell'esempio svolto: 850 persone);
- V: il volume totale delle zone (nell'esempio svolto: 9.550 mc);
- S: la superficie di pavimento totale delle zone (nell'esempio svolto: 3.200 mq);
- S<sub>rid.</sub>: inattiva (la riduzione è prevista solo per le destinazioni d'uso non residenziali);
- W<sub>sens</sub>: il carico sensibile totale agente sulle zone (nell'esempio svolto: 12 kW);
- W<sub>lat</sub>: il carico latente totale agente sulle zone (nell'esempio svolto: 4 kW).

VALORI DI CALCOLO_ZONE		
Affollamento	pers.	850
V_volume	mc	9.550
S_superficie	mq	3.200
S <sub>rid.</sub> _superficie ridotta_sogg.+letti	mq	2.560
W <sub>sens_zone</sub>	kW	12
W <sub>lat_zone</sub>	kW	4

AE-SW SOFTWARE

## 2 - DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La progettazione a umidità specifica controllata fa riferimento al foglio di calcolo denominato "4 - Multizona - Plenum". Come illustrato nel prosieguo, il dimensionamento dell'impianto prevede la fissazione del valore dell'umidità specifica dell'aria di immissione.

L'impianto deve rispondere all'esigenza di smaltire i carichi sensibile e latente di ciascuna zona, essendo note la temperatura e l'umidità relativa esterna e le condizioni ambientali che si desiderano raggiungere negli ambienti delle zone medesime.

La progettazione è dunque eseguita sulla base di una ipotetica problematica che è quella che solitamente si presenta nella realtà in fase di progettazione di un impianto, ovvero:

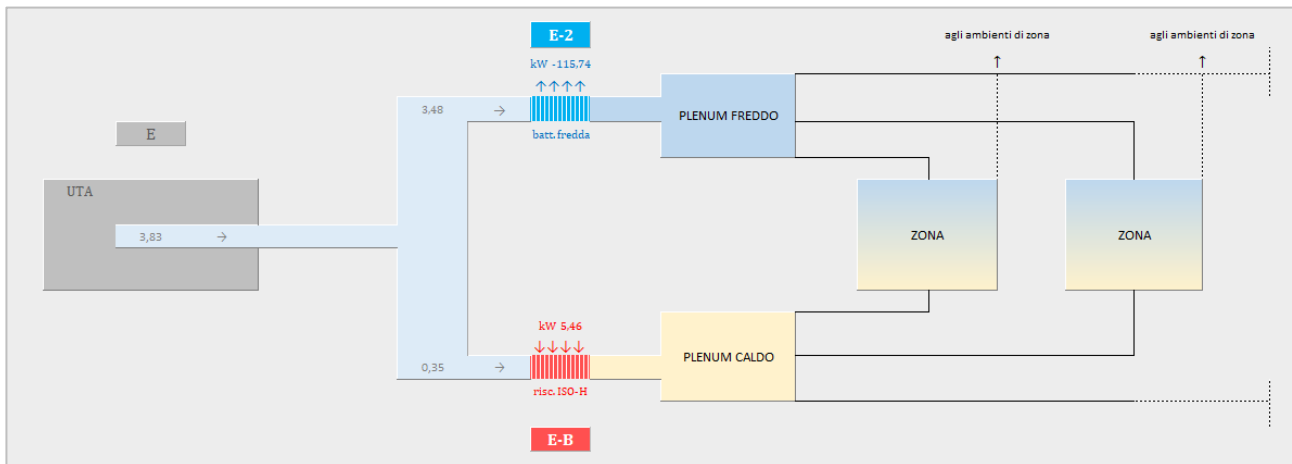
- si suppone l'esistenza di zone-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura  $T_A$  [°C] e una umidità relativa  $\Phi_A$  [%] supponendo che da separato calcolo risulti gravare sulle medesime zone carichi sensibili  $W_{sens\_i}$  [kW] e latente  $W_{lat\_i}$  [kW] essendo  $i$  variabile da 1..... $n$  ( $n$  numero di zone presenti). Per l'aria esterna si suppone una temperatura  $T_E$  [°C] e una umidità relativa  $\Phi_E$  [%]. Le superfici di pavimento degli ambienti di ciascuna zona siano  $S_i$  [mq]; i volumi  $V_i$  [mc]; le capienze massime di ciascuna zona  $p_i$  [persone].

La finalità del programma è quella di:

- reperire le condizioni termoigrometriche e la portata dell'aria di immissione negli ambienti di ciascuna zona per asportare il carico sensibile e il carico latente su di essa gravante;
- caratterizzare le trasformazioni psicrometriche alle quali dovranno essere sottoposte le portate d'aria di ciascuna zona per pervenire alle condizioni di immissione;
- valutare le potenze scambiate nel raffreddamento e nel riscaldamento delle portate trattate nella UTA prima del convogliamento nei plenum;
- determinare la quantità di vapore sottratto all'aria umida nella UTA;
- reperire le pendenze delle rette ambiente per ciascuna zona, nonché i relativi fattori termici (interno ed esterno);
- determinare le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

Per ciascuna zona, le relative trasformazioni psicrometriche dell'aria umida sono rappresentate sul diagramma psicrometrico, in modo tale da avere un riscontro tra i dati numerici calcolati dal programma e i dati leggibili sul diagramma.

Lo schema dell'impianto è graficamente rappresentato nel seguente modello semplificato:



I numeri/lettere sopra riportati (E; E-2'; 2'; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni dell'aria umida e trovano corrispondenza nei numeri/lettere con i quali sono rappresentati gli stati psicrometrici riportati sul diagramma psicrometrico visibile in fondo al paragrafo (nell'esempio svolto nel presente manuale, sul diagramma psicrometrico sono rappresentate le trasformazioni relative alla **zona n. 3**).

In ogni caso, si vedrà nel seguito, una volta dimensionato l'impianto, sarà possibile visualizzare sul diagramma psicrometrico le trasformazioni relative a ciascuna zona, semplicemente selezionando il numero di zona dall'elenco a discesa presente in sommità al diagramma stesso.

Passando ora al dimensionamento dell'impianto, si evidenzia la necessità della preventiva definizione dell'umidità specifica alla quale sarà immessa l'aria nelle zone. Il programma, a tal fine determina il valore di  $x_F$  di umidità specifica alle quale devono essere condotte le condizioni dell'aria dei due plenum;  $x_F$  rappresenta altresì l'umidità specifica dell'aria fredda all'uscita dalla UTA e convogliata nel plenum freddo; per tale motivo è contrassegnata con la lettera "F". Il programma calcola il valore di  $x_F$  in riferimento alla zona per la quale è richiesta la minima temperatura di immissione "Ti"; nell'esempio svolto questa è la zona 2 per la quale il programma calcola il valore  $x_F = x_2 = 0,0104$  kg/kg.

Seguendo le indicazioni del programma medesimo si fissa il valore  $x_i$  dell'umidità specifica relativa allo stato di immissione dell'aria in tutte le zone proprio pari a  $x_i = x_F = x_2$ :

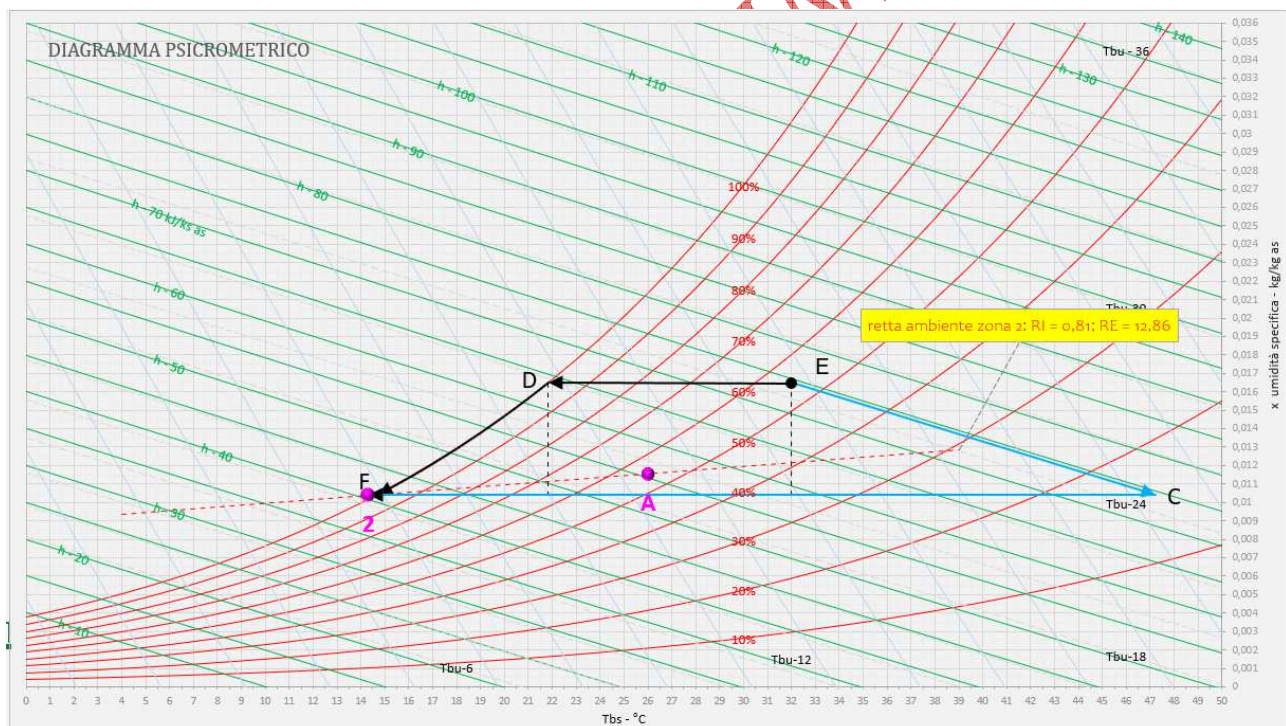
$$x_i = 0,0104$$

La zona 2 è l'unica zona che non necessita di miscelazione con la portata proveniente dal

plenum “caldo”; è sufficiente la sola portata dal plenum freddo le cui condizioni termoigrometriche sono rappresentate proprio dal punto F. Il programma infatti indica che la portata da attingere dal plenum caldo vale  $GC_2 = 0,0$  kg/s mentre quella da attingere dal plenum freddo vale  $GF_2 = 0,36$  kg/s. Dal punto di vista grafico ciò si traduce nella coincidenza tra il punto F rappresentativo delle condizioni termoigrometriche dell’aria del plenum freddo e il punto 2 rappresentativo dello stato di immissione dell’aria negli ambienti della zona 2; ciò è facilmente verificabile selezionando dall’elenco a discesa presente al di sopra del diagramma psicrometrico proprio la zona 2:

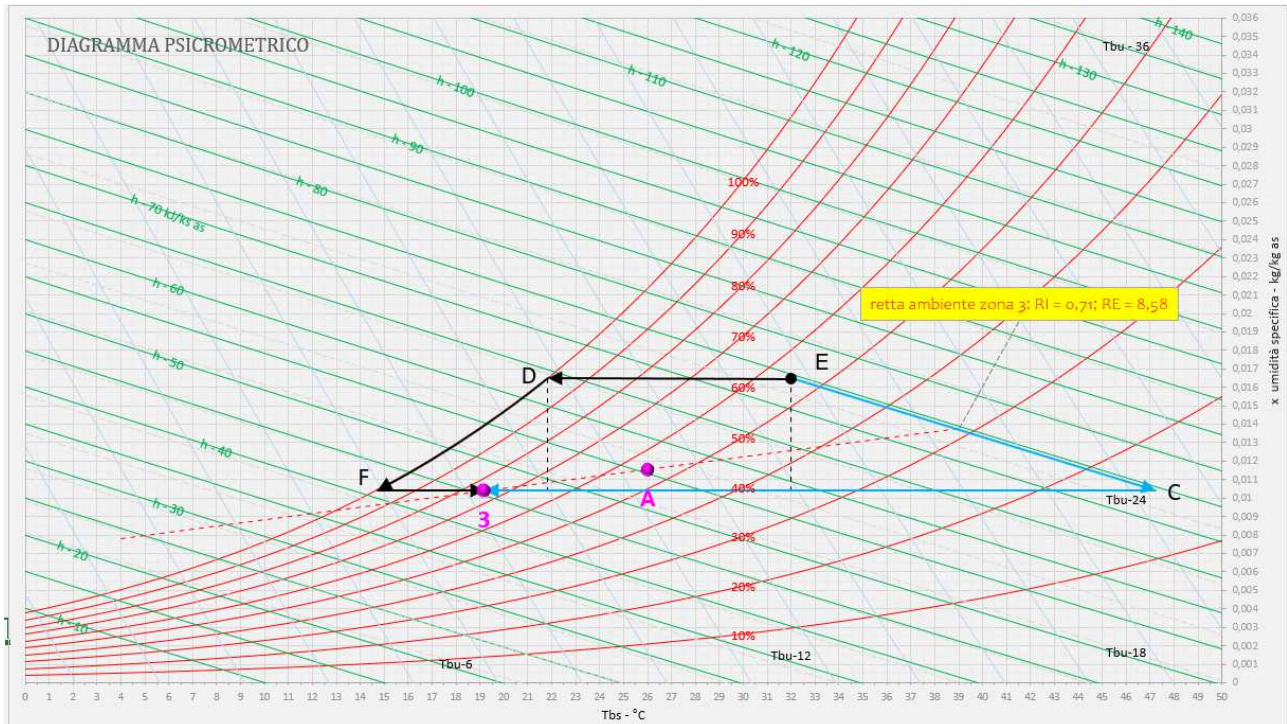


Si ottiene la situazione rappresentata nel grafico sottostante.



La differenza rispetto alle altre zone è visibile visionando il diagramma psicrometrico rispetto a tutte le altre zone per le quali il punto F è distinto rispetto ai punti rappresentativi dello stato di immissione negli ambienti di zona; ciò in quanto per tutte le altre zone le condizioni di immissione si ottengono per miscelazione tra una determinata portata del plenum freddo e una determinata portata del plenum caldo. Le portate necessarie sono calcolate dal programma.

In riferimento all'esempio svolto e alla zona n. 3, si evince che il punto di immissione 3 è ottenuto secondo la linea di miscelazione F-3-C tra la portata  $GC_3 = 0,1 \text{ kg/s}$  proveniente dal plenum caldo e la portata  $GF_3 = 0,62 \text{ kg/s}$  proveniente dal plenum freddo, il tutto secondo quanto rappresentato sul diagramma psicrometrico.



Il programma determina i parametri psicrometrici del punto F rappresentante le condizioni termoigrometriche dell'aria del plenum freddo attraverso la seguente schermata:

CONDIZIONI ARIA PRIMO CONDOTTO_FREDDO									
<b>GF</b>	$T_F$	$\phi_F$	$Pv.sat_F$	$Pv_F$	$x_F$	$v_F$	$h_F$	$Tbu_F$	$TD_F$
3,83	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
<b>F</b>	14,71	100%	1.672,21	16,72	0,0104	0,829	41,07	14,68	14,71

Successivamente il programma indica la zona per la quale il punto di immissione si identifica col punto F (nell'esempio svolto indica  $x_F = x_2$ ; la zona 2 è dunque la zona per la quale le condizioni termoigrometriche del punto di immissione coincidono con quelle del plenum freddo e per la quale, dunque, è bastevole la sola aria proveniente dal plenum freddo per asportare i relativi carichi ambiente).

Il programma invita a fissare  $x_i = x_F = x_2$ . La verifica della coincidenza è effettuata nella schermata seguente:

xF	=	x2		kg/kg	0,0104	
input_xi	imporre ripetutamente finché xi = xF = 0,0104			→	kg/kg	0,0104
OK_xi = xF						

Dopo la fissazione del valore  $x_i = 0,0104$ , il programma verifica che tale valore sia coincidente con “xF”. Se tale condizione è soddisfatta restituirà l’esito positivo secondo quanto rappresentato nella schermata seguente.

**IMPORTANTE:** è da notare che la definizione del valore “xi” costituisce l’unico dato di input da inserire nel foglio di dimensionamento per pervenire alla progettazione dell’intero impianto; il programma non richiede altri input.

Successivamente alla fissazione di  $x_i$ , il programma successivamente determina in automatico tutti i parametri di progetto dell’impianto ovvero:

- ▶ determina le condizioni dell’aria del 2<sup>a</sup> condotto coincidenti con quelle del plenum caldo e rappresentate dal punto “C”.

C	CONDIZIONI ARIA SECONDO CONDOTTO_CALDO								
<b>GC</b>	TA	$\phi$	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
<b>C</b>	47,20	15,54%	10.724,52	16,66	0,01040	0,923	74,33	25,59	14,73

Alle condizioni “C” si perviene sottoponendo parte della portata complessiva nelle condizioni “E” (nell’esempio svolto: la portata  $GC = 0,35$  kg/s) al riscaldamento con deumidificazione E-C che costituisce un riscaldamento di tipo adiabatico iso-entalpico igroscopico indicato con “Risc. ISO-H”, nel quale vi è una conversione del calore latente in calore sensibile senza scambio di energia con l’esterno;

- ▶ determina per ciascuna zona, la portata “Gi” e il volume d’aria “Vi” di immissione, il numero “n\_i” dei ricambi orari come da prospetto di calcolo seguente (sono indicati in colore verde). Per ciascuna zona, le portate di immissione “Gi” sono assunte pari al massimo tra il valore della portata “Gi\_calc” necessaria ad asportare i carichi termici di zona e il valore della portata di ventilazione “Gi\_UNI” minima imposta dalle norme UNI EN 16798. Stesso discorso vale per il volume “Vi”. Il tutto secondo la tabella di seguito riportata.

d	PORTATE DI ZONA E VERIFICA CONFORMITA' UNI EN 16798								
ZONA	V	Gi_calc	Vi_calc.	Gi_UNI	Vi_UNI	Gi	V_i	n_i	
	mc	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	1/h	
1	600	0,24	772	0,32	1.008	0,32	1.008	1,68	
2	900	0,12	386	0,36	1.152	0,36	1.152	1,28	
3	1.800	0,24	772	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28	
4	1.500	0,21	662	0,54	1.728	0,54	1.728	1,15	
5	1.000	0,14	441	0,41	1.296	0,41	1.296	1,30	
6	1.200	0,28	882	0,43	1.368	0,43	1.368	1,14	
7	1.800	0,13	419	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28	
8	750	0,14	463	0,34	1.080	0,34	1.080	1,44	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.550	1,50	4.796	3,83	12.240	3,83	12.240	1,28	
GE	portata complessiva da esterno					→	kg/s	<b>3,83</b>	

Nella tabella raffigurata la penultima riga reca i valori totali.

Infine nell'ultima riga è riportato il valore di calcolo della portata d'aria primaria complessiva "GE" la quale, come vedremo, sarà in parte raffreddata nella UTA e inviata nel condotto 1 per essere riversata nel plenum freddo (rif. GF = 3,48 kg/s) e in parte bypassata rispetto alla batteria fredda, riscaldata in modo isoentalpico e inviata nel condotto 2 per essere riversata nel plenum caldo (rif. GC = 0,35 kg/s). Nell'esempio svolto si è pervenuto ad una portata massica complessiva di impianto pari a:

$$GE = 3,83 \text{ [kg/s]}$$

- ▶ determina, per ciascuna zona, le portate e le condizioni psicrometriche di immissione, ovvero: il valore della portata  $G_i$ , temperatura " $T_i$ " e umidità relativa " $\Phi_i$ "; la pressione di saturazione del vapore " $P_{vsat\_i}$ "; quella parziale " $P_{v\_i}$ ", il valore dell'umidità specifica " $x_i$ ", del volume specifico " $v_i$ ", dell'entalpia " $h_i$ ", della temperatura di bulbo umido " $T_{bu\_i}$ ", della temperatura di rugiada " $TD_i$ ". Il tutto secondo il prospetto di calcolo di seguito riportato.

Nell'ultima riga sono riportati i valori relativa alla zona scelta per la rappresentazione sul diagramma psicrometrico (vedi paragrafo dedicato).

e	PORTATE CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE x ZONA								
ZONA	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi=14,71	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,32	18,97	75,99%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06
2	0,36	14,32	100,00%	1.630,87	16,31	0,0104	0,828	40,67	14,29
3	0,72	19,18	75,04%	2.220,65	16,66	0,0104	0,842	45,64	16,13
4	0,54	18,97	75,99%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06
5	0,41	17,56	83,06%	2.006,16	16,66	0,0104	0,838	43,99	15,55
6	0,43	20,21	70,36%	2.368,36	16,66	0,0104	0,845	46,70	16,52
7	0,72	15,25	96,24%	1.731,41	16,66	0,0104	0,831	41,62	14,80
8	0,34	16,95	86,32%	1.930,53	16,66	0,0104	0,836	43,37	15,34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 3	0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,0104	0,84	45,64	16,13

► determina, il valore della potenza termica “W-” e del vapore “U” sottratti alla portata “GE” nella batteria fredda.

g	POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATT. FREDDA DEL CONDOTTO 1: E → F			
hE'	$c_{pa} \cdot TE' + c_{pv} \cdot xE' \cdot TE' + r \cdot xE'$	E'_proiezione di E su xi = 0,0104	kJ/kg	58,77
Wsens	$GF \cdot (hF - hE')$	componente sensibile	kW	-61,58
Wlat	$GF \cdot (hE' - hE)$	componente latente	kW	-54,16
<b>W-</b>	<b><math>GF \cdot (hF - hE)</math></b>	<b>TOTALE POTENZA SOTTRATTA</b>	<b>kW</b>	<b>-115,74</b>
U1	$GF \cdot (xF - xE)$	vapore condensato nel 1^ condotto	gr/s	-21,16

► determina, per ciascuna zona, la portata fredda di miscelazione GF\_i addotta dal plenum freddo e la portata calda di miscelazione GC\_i addotta dal plenum caldo e convogliate per essere miscelate e successivamente riversate negli ambienti della zona “i”. La schermata di seguito riportata riassume nelle ultime righe il totale della portata fredda GF del plenum freddo e il totale della portata calda GC del plenum caldo.

f	PORTATE CONDOTTI_1 / 2						
ZONA	TF	TE'	Ti	Gi		GF_i	GC_i
TDi=14,71	°C	°C	°C	kg/s		kg/s	kg/s
1	14,71	47,20	18,97	0,32		0,27	0,04
2	14,71	47,20	14,32	0,36		0,36	0,00
3	14,71	47,20	19,18	0,72		0,62	0,10
4	14,71	47,20	18,97	0,54		0,47	0,07
5	14,71	47,20	17,56	0,41		0,37	0,04
6	14,71	47,20	20,21	0,43		0,36	0,07
7	14,71	47,20	15,25	0,72		0,71	0,01
8	14,71	47,20	16,95	0,34		0,31	0,02
-	-	-	-	-		-	-
-	-	-	-	-		-	-
1^ CONDOTTO-FREDDO_TRASF. E-D-2			→	GF	portata fredda_1^ condotto	3,48	
2^ CONDOTTO-CALDO_TRASF. E-B			→	GC	portata calda_2^ condotto		0,35

- determina la potenza convertita da latente a sensibile nel riscaldamento ISO\_H: E\_C ( $W_{lat} \rightarrow W_s = 5,46 \text{ kW}$ ); il vapore U2 condensato; il fattore di bypass dato dal rapporto GC/GE; il fattore di bypass.

h	POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. ISO-H__E → B				
$\Delta T_{risc.}$	TC - TE	salto termico aria per risald. ISO-H	→	°C	15,20
$W_{lat} \rightarrow W_s$	GC * (hC - hE')	energia convertita nel riscaldam. isoentalpico		kW	5,46
U2	GC * (xC - xE)	vapore condensato nel 2° condotto		kg/s	-0,0021
FB	GC/GE	fattore di bypass		-	0,09

- determina la differenza di temperatura "Ti - TA" tra aria di immissione e aria ambiente, utile ai fini della valutazione del comfort ambientale valutabile come "buono" per valori compresi tra circa -9 e -3 °C.



AE-SW SOFTWARE

### 3 - RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO

La rappresentazione sul diagramma psicrometrico avviene per ciascuna zona di progetto. La scelta della zona della quale rappresentare i trattamenti e le trasformazioni dell'aria umida nella UTA e nella batteria di riscaldamento di zona, avviene da elenco a discesa come rappresentato in figura:

SELEZIONA ZONA

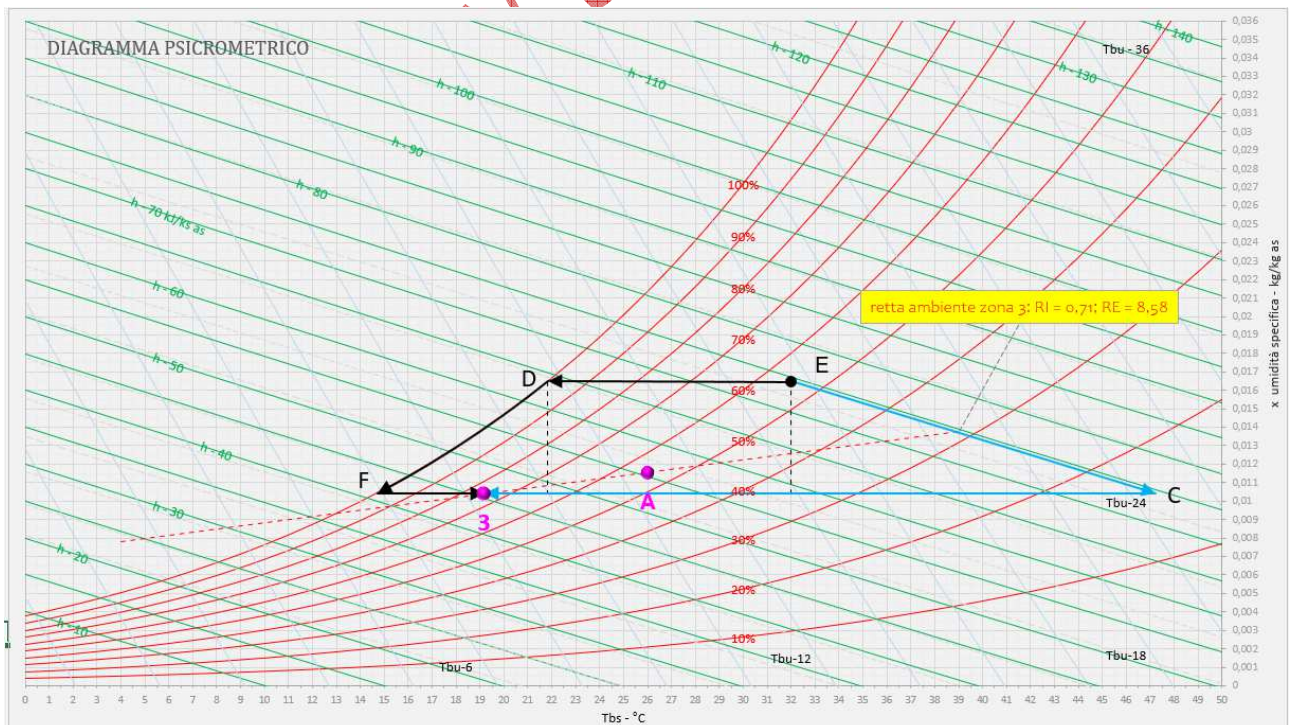
ZONA

3 ▼

Alla selezione della zona, il programma determina tutti i parametri psicrometrici dell'aria nelle condizioni 3 di immissione nella zona 3 da climatizzare, secondo il prospetto di calcolo seguente:

G3	T3	$\phi$ 3	Pvsat_3	Pv_3	x_3	v_3	h_3	Tbu_3	RI	RE
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/erv
0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,01040	0,842	45,64	16,13	0,71	8,58

Inoltre esegue la rappresentazione delle trasformazioni dell'aria sul diagramma psicrometrico:



Sul diagramma sono visibili:

- il raffreddamento e deumidificazione E-D-F della portata  $G_F = 3,48 \text{ kg/s}$  del condotto 1, eseguito nella batteria fredda della UTA, prima di confluire nel plenum freddo;
- il riscaldamento e deumidificazione E-C della portata  $G_C = 0,35 \text{ kg/s}$  del condotto 2, eseguito nella batteria calda della UTA, prima di confluire nel plenum caldo;
- la retta di miscelazione F-3-C relativa alla zona 3;
- la retta ambiente 3-A relativa alla zona 3 e i relativi fattori termici interno RI ed esterno RE.

AE-SW SOFTWARE

## 4 – IL DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA

### DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

Ai fini del dimensionamento, il programma riprende i valori calcolati della portata d'aria trattata nella batteria e della potenza termica

Nell'esempio svolto:

Portata d'aria trattata:  $GF = 3,48 \text{ kg/s}$ ;

Potenza:  $W = 150,49 \text{ kW}$  (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:

$Th_i = 6^\circ\text{C}$  : 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			
Th <sub>i</sub>	temperatura ingresso acqua	°C	6,0
$\Delta Th$	salto termico acqua	°C	10
Th <sub>u</sub>	temperatura uscita acqua	°C	16,00
T <sub>m</sub>	temperatura superficiale media batteria	°C	12,00
G <sub>h</sub>	portata acqua batteria	l/s	2,76

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 DI RANGHI					
Flusso aria risp. flusso acqua:					
<input type="radio"/>	equicorrente	<input type="radio"/>	controcorrente	<input checked="" type="radio"/>	incrociato
$\Delta T_{ml}$	salto termico logaritmico aria/acqua			°C	9,6
$\Delta T_{ml\_co}$	salto termico aria/acqua_controcorrente			°C	12,0
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	P = 0,38	R = 1,41	-	0,80
va	velocità aria			m/s	1,50
vh	velocità acqua			m/s	1,00

In funzione di questo il programma determina:

$\Delta T_{ml} = 9,6$  °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso incrociato. Tale valore è dedotto dal preventivo calcolo delle seguenti grandezze (riportate in colore grigio in quanto grandezze propedeutiche);

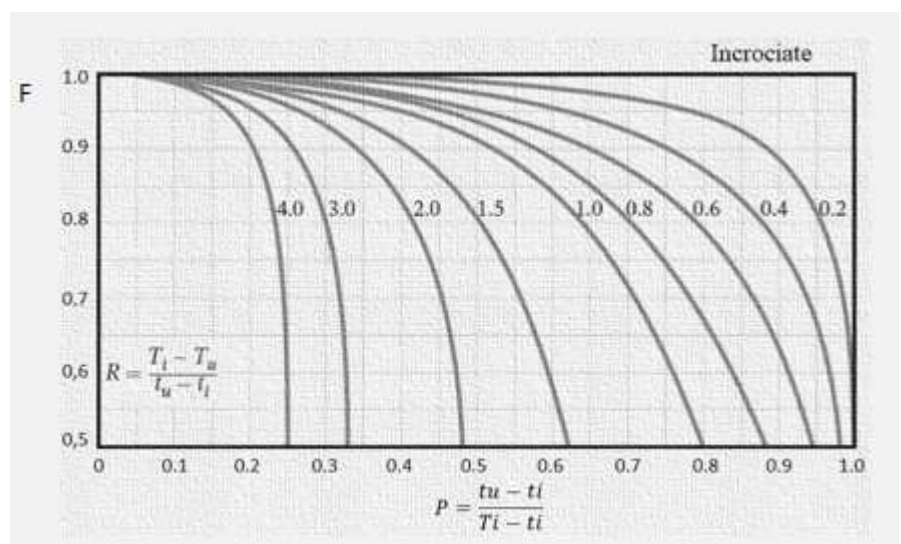
$\Delta T_{ml\_co} = 12,0$  °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

$F = 0,8$ : fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze  $P = 0,38$  ed  $R = 1,41$ ; tali fattori fanno riferimento a grafici della letteratura in materia di dimensionamento di scambiatori di calore in funzione dei quali è diagrammato l'andamento del fattore di correzione. Nella maggior parte dei casi legati a casi pratici di dimensionamento delle batterie, il valore di F oscilla mediamente tra 0,7 e 0,8 essendo graficizzato con valori potenzialmente oscillanti tra 0,5 e 1,0. Nell'esempio svolto, come da grafico, il valore di F per  $P = 0,38$  ed  $R = 1,41$ , è all'incirca pari a  $F = 0,93$ .


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

va = 1,5 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	1200
	L	$G_b/(v_a \cdot H)$	larghezza batteria	mm	1.716
	Af	$H \cdot L$	area frontale batteria	mq	2,06
	N	$W_-(v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	16
	i	$H/N$	interasse verticale tubi	mm	75

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



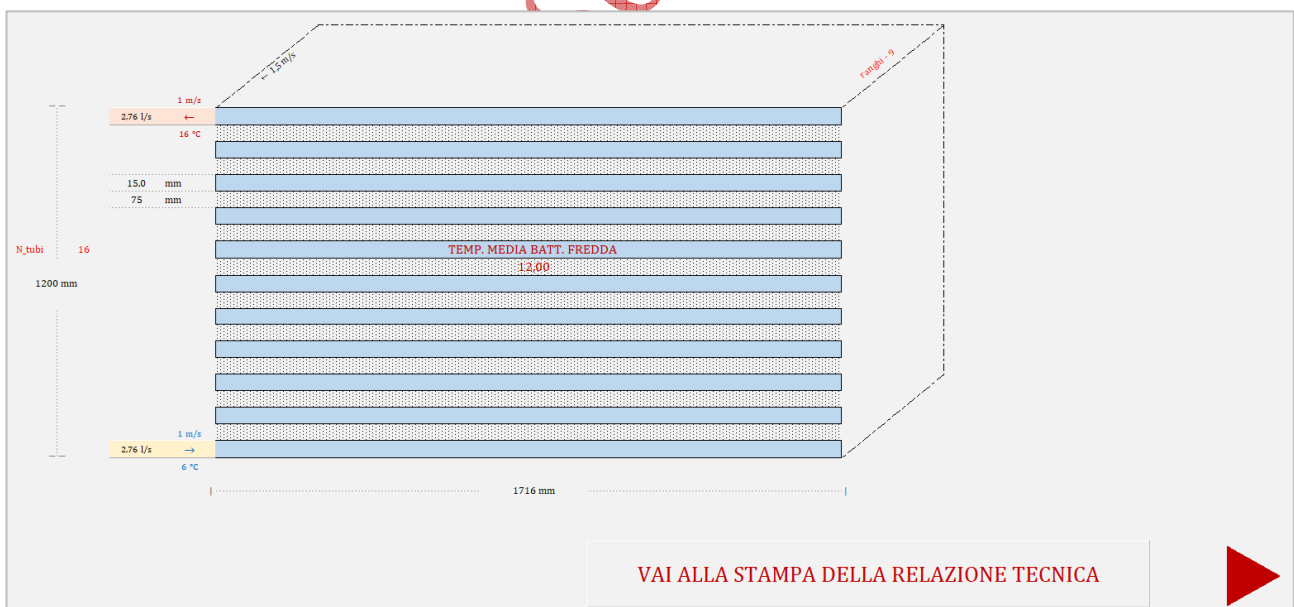
U\_W/mq°C

710,25

NR - numero ranghi\_Wb/Af\*U\*ΔTml

9

Il dimensionamento della batteria è riassunto in uno schema grafico recante le caratteristiche principali. Nel caso in cui il check effettuato sulla correttezza di dimensionamento sia positivo, il programma invita alla stampa della relazione tecnica di calcolo.



## 5- STAMPA RELAZIONE\_ esempio di calcolo

La stampa della relazione relativo all'esempio di calcolo svolto nel manuale fa riferimento al foglio di calcolo "5 - Relazione tecnica". La medesima è di seguito riportata:



### RELAZIONE TECNICA

#### IMPIANTO MULTIZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM 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

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

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

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

© AE-SW SOFTWARE

**RELAZIONE TECNICA****INTRODUZIONE**

L'impianto consiste in Unità trattamento d'aria multizona per la climatizzazione di zone con condizioni termigrometriche differenti. Il dimensionamento è sulla base della portata d'aria complessiva necessaria ad asportare il carico termico di ciascuna zona distinto nelle componenti sensibile e latente. Il dimensionamento è condotto a tutt'aria primaria senza ricircolo.

Il progetto prevede una Unità di Trattamento dal quale si diparte un condotto di convogliamento della interportata. Successivamente l'aria è convogliata in due condotti separati. Sul primo è installata una batteria fredda per il raffreddamento e la deumidificazione di una parte di portata; sul secondo, invece, l'aria è riscaldata in modo adiabatico isoentalpico: l'energia generata dalla liquefazione del vapore è utilizzata per il riscaldamento dell'aria.

L'aria dei due condotti confluisce in due plenum; uno freddo e uno caldo dai quali sono attinte le portate di miscelazione nell' necessaria quantità in relazione ai carichi di zona. L'aria miscelata presenta le condizioni termigrometriche necessarie ad asportare i carichi di zona.

IPOTESI DI PROGETTO PER  $i = 1 \dots n$  zone:

Zone-ambiente "i" in cui si vogliono mantenere una stessa temperatura TA e umidità relativa  $\phi A$ ;

carico sensibile gravante  $W_{sens\_i}$  [kW]; carico latente gravante  $W_{lat\_i}$  [kW].

Aria esterna con temperatura TE [°C] e umidità relativa  $\phi E$  [%].

Superficie di pavimento Si [mq]; volume Vi [mc]; capienza massima zone pi [persone].

**SONO DETERMINATI PER L'INSIEME DI ZONE:**

- *i parametri psicrometrici dell'aria umida esterna e di quella ambiente;*
- *la portata massica complessiva GE [kg/s];*

**PRIMO CONDOTTO**

- *i parametri psicrometrici dell'aria viaggiante nel 1° condotto, all'uscita dalla batteria fredda ;*
- *la potenza complessiva sottratta nella batteria fredda installata sul 1° condotto;*
- *la portata di vapore condensato U1 [kg/s] dall'uscita dalla batteria fredda;*

**SECONDO CONDOTTO**

- *i parametri psicrometrici dell'aria viaggiante nel 2° condotto, all'uscita dal riscaldamento ISO-H;*
- *la potenza latente convertita in potenza sensibile sul 2° condotto;*
- *la portata di vapore condensato U2 [kg/s] sul 2° condotto;*

**INOLTRE, PER CIASCUNA ZONA:**

- *la portata complessiva di immissione Gi [kg/s];*
- *le portate di miscelazione nei plenum provenienti dai due condotti;*
- *il salto termico tra la temperatura di immissione e la temperatura ambiente (comfort);*
- *i parametri psicrometrici dell'aria nello stato di immissione;*
- *il fattore termico RI [-] interno ed RE =  $\Delta h / \Delta x$  esterno, relativi a ciascuna zona;*

**INFINE:**

- *il fattore di bypass FB: portata del 2° condotto su portata totale;*
- *le caratteristiche dimensionali della batteria fredda.*

© AE-SW SOFTWARE

**DATI GENERALI**

Tipologia impianto:	<b>A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM</b>	
Metodo di calcolo:	a umidità specifica di immissione controllata	
P_Pressione atmosferica:	101.325	Pa
Categoria zone	residenz. e simili	
Categoria qualità attesa_UNI EN 16798	1_molto buono	
Grado inquinamento_UNI EN 16798	n.d.	
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%	-

**DATI ZONE TERMICHE**

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	90	95	160	75		
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750		
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250		
%_sogg.+L	-	-	-	-	-	-	-	-		
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	-	1,65	1,45	1,35		
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42		

**PARAMETRI PSICROMETRICI**

GE	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	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

*aria esterna*

GA	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

*aria ambiente*

GF	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
F	15	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,16	14,7	14,71

*aria 1° condotto (post-raffreddamento)*

GB	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
B	47,2	15,5%	10.724,52	16,66	0,01040	0,923	74,33	25,6	14,73

*aria 2° condotto (post-riscaldamento ISO-H)*

© AE-SW SOFTWARE

**PORTATE D'ARIA COMPLESSIVE**

GE	portata complessiva	3,83	kg/s
GRN	portata di rinnovo	3,83	kg/s
GRC	portata di ricircolo	-	kg/s

**POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NEL 1° CONDOTTO**

Wsens	componente sensibile	-61,58	kW
Wlat	componente latente	-54,16	kW
Wt	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	-115,74	kW
U	TOTALE VAPORE SOTTRATTO	-21,16	gr/s

**POTENZA CONVERTITA E VAPORE SOTTRATTO NEL 2° CONDOTTO**

Wlat	componente latente sottratta	-5,46	kW
Wsens	componente sensibile fornita	5,46	kW
Wt	TOTALE POTENZA SCAMBIATA CON ESTERNO	0,00	kW
U	vapore sottratto	-21,16	gr/s

**PORTATE E CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE PER ZONA/PLENUM**

ZONA	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_i Pa	Pv_i Pa	x_i kg/kg	v_i mc/kg	h_i kJ/kg	Tbu_i °C	TD_i °C
1	0,32	18,97	76,0%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06	14,65
2	0,36	14,32	100,0%	1.630,87	16,31	0,0104	0,828	40,67	14,29	14,65
3	0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,0104	0,842	45,64	16,13	14,65
4	0,54	18,97	76,0%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06	14,65
5	0,41	17,56	83,1%	2.006,16	16,66	0,0104	0,838	43,99	15,55	14,65
6	0,43	20,21	70,4%	2.368,36	16,66	0,0104	0,845	46,70	16,52	14,65
7	0,72	15,25	96,2%	1.731,41	16,66	0,0104	0,831	41,62	14,80	14,65
8	0,34	16,95	86,3%	1.930,53	16,66	0,0104	0,836	43,37	15,34	14,65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**VOLUMI D'ARIA E NUMERI DI RICAMBI ORARI**

ZONA	Vi_ric. mc/h	n_ric. 1/h
1	1.008	1,68
2	1.152	1,28
3	2.304	1,28
4	1.728	1,15
5	1.296	1,30
6	1.368	1,14
7	2.304	1,28
8	1.080	1,44
-	-	-
-	-	-

© AE-SW SOFTWARE

**ΔT/Δφ TRA ARIA PLENUM E ARIA AMBIENTE - RAPPORTI TERMICI DI ZONA**

ZONA	Ti - TA °C	φi - φA %	RI -	RE kJ/grv
1	-7,03	20,99%	0,71	8,75
2	-11,68	45,00%	0,81	12,86
3	-6,82	20,04%	0,71	8,58
4	-7,03	20,99%	0,71	8,75
5	-8,44	28,06%	0,75	10,01
6	-5,79	15,36%	0,67	7,66
7	-10,75	41,24%	0,79	12,05
8	-9,05	31,32%	0,76	10,54
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

**DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA**

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Atu mm
5/8' - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177,00
Flusso aria risp. flusso acqua:		incrociato	
ΔTml	salto termico logaritmico aria/acqua	°C	9,59
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	-	0,80
Tm	temperatura superficiale media batteria	°C	12,00
Thi	temperatura ingresso acqua	°C	6,00
Thu	temperatura uscita acqua	°C	16,00
ΔTh	salto termico acqua	°C	10,00
Gh	portata acqua batteria	l/s	2,76
va	velocità aria	m/s	1,50
vh	velocità acqua	m/s	1,00
H	altezza batteria	mm	1200
Atu	sezione tubo alettato	mmq	177
L	larghezza batteria	mm	1.716
Af	area frontale batteria	m <sup>2</sup>	2,06
N	numero tubi orizzontali	-	16
i	interasse verticale tubi	mm	75
U	coeff. scambio termico globale superficie frontale	W/m <sup>2</sup> °C	710,3
NR	numero ranghi batteria fredda	-	9

**ALLEGATI**

Tabulati di calcolo


Diagramma psicrometrico con trasformazioni.

Il Tecnico progettista  
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © Tutti i diritti riservati


TABULATI DI CALCOLO

© AE-SW SOFTWARE



## IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

### REGIME ESTIVO



**TIPOLOGIA IMPIANTO**  
**A TUTT'ARIA TUTT'ARIA PRIMARIA**

**TIPOLOGIA CALCOLO**  
 xi a umidità specifica di immissione controllata

**PRESSIONE ATMOSFERICA**

**INPUT DIRETTO**  
 INPUT IN DIRETTO per sezione e temperatura:

H_altezza di mt_m	TH_Temp. ad h_°C	10.1325 - 13.57*H + 0.00035 *H <sup>2</sup>	10.1325 * (1 - 0.0000226 *h) / 26	10.1325 * e <sup>-(h/8.15)</sup>
2.000	1.6	-	-	-

**Pa** 101.325

**PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO**

**Pa** 101.325

**DATI GENERALI**

M\_numero aerie termiche 8

Destinazione d'uso zone  **residenz. e simili** non refrigerabile

Grado di qualità ambientale attesa\_UNIEN 16798:  
 molto buona  buona  poco buona

Grado equipaggiamento ambienti\_LUNI EN 16798:  
 inquinato  medi inquinato  opzioni non attive  poco inquinato

Metodo di calcolo\_UNIEN 16798:  
 metodo 1  metodo 2  metodo 3

**CONDIZIONARIA ESTERNA E INTERNA**

TE	temperatura aria esterna	°C	32
gR	umidità relativa aria esterna	%	50%
TA	temperatura tarazione valuta	°C	26
gR	umidità relativa zone voluta	%	55%

**DATI ZONE TERMICHE**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_ext	70	80	160	120	90	90	160	75	85	70
V_int	600	900	1800	1500	1000	1200	1800	700	1100	80
S_int	200	300	600	500	300	400	600	200	300	200
%_ta	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wmax_kW	1.25	1.65	1.70	1.60	1.20	1.65	1.65	1.35	1.50	1.35
Wint_kW	0.70	0.35	0.70	0.60	0.40	0.80	0.38	0.62	0.50	0.40

**VALORI DI CALCOLO\_ZONE**

Affollamento	persa	850
V_volume	mic	9.550
S_superficie	mq	5.200
Sud_superficie radianti_soglia-16-10	mq	2.550
Wmax_zone	kW	1.2
Wint_zone	kW	4

Studio associata di Ingegneria - via Napoleone III - Miano di Sarnano - (MA)

AE-SW - © Tutti i diritti riservati



PORTATE DI ZONA E VERIFICA CONFORMITÀ UNI EN 16789									
ZONA	V	Q <sub>z</sub> CA	Q <sub>z</sub> RA	Q <sub>z</sub> TOT	V <sub>z</sub> (m/s)	Q <sub>z</sub> (kg/s)	Q <sub>z</sub> (kg/h)	Q <sub>z</sub> (kg/h)	Q <sub>z</sub> (kg/h)
1	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
2	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
3	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
4	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
5	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
6	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
7	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
8	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
Σ									8384
Q <sub>TOT</sub> portate complessive da erogare									8384

PORTATE CONDOTTI 1/2									
ZONA	W	W'	W''	W'''	Q <sub>z</sub> (kg/s)	Q <sub>z</sub> (kg/h)	Q <sub>z</sub> (kg/h)	Q <sub>z</sub> (kg/h)	Q <sub>z</sub> (kg/h)
1	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
2	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
3	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
4	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
5	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
6	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
7	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
8	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
Σ									8384

PORTATE CONDIZIONI FISICOMETRICHE DIMISSIONI FRI ZONA									
ZONA	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>
1	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
2	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
3	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
4	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
5	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
6	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
7	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
8	1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072
Σ									8384

POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATT. FREDDA DEL CONDOTTO 1-E → F									
W	W'	W''	W'''	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
Σ									8384

POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. DO-1-E → B									
W	W'	W''	W'''	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>	Q <sub>z</sub>
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
1000	0,29	772	1072	0,108	0,29	1072	1072	1072	1072
Σ									8384

CONDIZIONI									
ZONA	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>
1	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
2	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
3	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
4	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
5	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
6	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
7	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
8	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
Σ									8384

DOPIO CONDOTTO CON MISCELAZIONE DA PLENUM_OK									
ZONA	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>	T <sub>z</sub>
1	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
2	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
3	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
4	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
5	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
6	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
7	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
8	20,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00
Σ									8384

**SCHEMA IMPIANTICO**

28

8 ABSW SU-1000E

### DIMENSIONAMENTO BATT. FREDDA

GD	potenza unità batterie	W <sub>0</sub>	3,48
W <sub>1</sub>	potenza batteria	W <sub>1</sub>	11,774

T <sub>interna</sub>		Da	mm	Alto	mm
19,0		15,0	100	17	17

### ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA

TR	temperatura ambiente acqua	°C	11
ΔT <sub>fr</sub>	saldo termico acqua	°C	11
TR <sub>acq</sub>	temperatura acqua	°C	20,0
TR <sub>ref</sub>	temperatura refrigerante	°C	12,0
GR	potenza acqua batteria	W	2,6

DATI NON DEFINITI

### NUMERO DI RANGHI

Base di dati	Base acqua	Integrato	
ΔT <sub>fr</sub>	saldo termico batteria acqua	°C	15
TR <sub>acq</sub>	temperatura acqua	°C	20,0
TR <sub>ref</sub>	temperatura refrigerante	°C	12,0
W <sub>1</sub>	potenza acqua	W	11,774
GR	potenza acqua batteria	W	2,6

H	altezza batteria	mm	21
L	larghezza batteria	mm	178
AF	area frontale batteria	m <sup>2</sup>	3,78
N	numero batt. centrali		35
I	interasse verticale batt.	mm	75

U<sub>1</sub> (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

n<sub>1</sub> (numero batt. centrali)

### SCHEMA BATTERIA

VAI ALLA STAMPA DELLA RELAZIONE TECNICA

ABSW - 8 Tubi (21x1780) - 35x75



AE-SW SOFTWARE

# USER MANUAL

## SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS

### SIZING OF MULTI-ZONE SYSTEMS WITH ALL PRIMARY AIR WITH PLENUM MIXING

#### PREMISE

The Manual illustrates the functions of the program in *Excel format* for the sizing of *summer air conditioning systems with all primary air with plenum mixing*. The system is of the "multi-zone" type, suitable for air-conditioning environments whose thermo-hygrometric conditions are uneven and as they are characterized by different thermo-hygrometric conditions.

The calculation is conducted at specific controlled input humidity and can refer to public or private buildings; residential or not. 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 for the zones according to the intended use, the expected environmental quality category, the degree of pollution, the degree of crowding, the consistency of the floor surface and the volume.

The sizing is carried out analytically with numerical calculations and represented on an interactive psychrometric diagram with the reporting of the thermo-hygrometric transformations of the air with reference to each zone. The sizing of the cooling coil is also carried out 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 guide to the application of the program. The appendix also contains the printout of the printout report of the example carried out.*

## 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:

**MULTI-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEMS WITH ALL PRIMARY AIR  
SUMMER REGIME**

**TYPE SYSTEM**  
FULL AIR PRIMARY  
**CALCOLO**  
xi With controlled specific input humidity

**ATMOSPHERIC PRESSURE**  
 DIRECT INPUT Pa 101.325

INDIRECT INPUT by altitude and temperature:

H_altitude_m	Th_Temp_atH_°C	101325 - 11.37 * H + 0,00085 * H <sup>2</sup>	101325 * (1 - 0,0000226 H) <sup>5,426</sup>	101325 * 0,9877 <sup>2,1546</sup>	101325 * e <sup>-(1,29033 * H) / (273,15 + T)</sup>
2.000	16	-	-	-	-

**ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION** Pa 101.325

**GENERAL DATA**

N\_number of thermal zones 8

Intended use zones  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 zone temperature °C 30

φ A\_desired zone relative humidity % 55%

THERMAL ZONES DATA

ZONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	160	120	90	95	160	75	80	80
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.200	740
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250	400	200
%_habitat	10%	10%	30%	20%	10%	10%	30%	10%	20%	10%
Wdens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,30	1,65	1,45	1,35	1,30	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,64

CALCULATION VALUES\_ZONES

Crowding	people	850
V_volume	mc	9.550
S_area	mq	3.200
S_area_reduced_area_livingslots	mq	2.350
Wdens_zone	kW	1.2
Wlat_zone	kW	4

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

AE-5W - © Tutti i diritti riservati

- the type of system: all-primary air (default);
- the calculation option: "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 number of zones present (in the example carried out: n = 8);
- 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 pursuant to 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%);

N\_number of thermal zones - 8

Intended use zones  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

- The sensitive and latent loads weighing on the zones (in the example carried out: according to the table below; the grey values are inactive and irrelevant values; in particular the % reduction of the surface area as it is a residential use; zones 9 and 10 as they do not exist since the number of project zones is equal to 8);

THERMAL ZONES DATA										
ZONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	160	120	90	95	160	75	85	70
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250	330	280
%_liv+bed	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,44

Depending on the data entered, the program returns:

- Crowding: total number of people present in the areas (in the example carried out: 850 people);
- V: the total volume of the zones (in the example carried out: 9,550 cubic meters);
- S: the total floor area of the zones (in the example carried out: 3,200 square meters);
- S<sub>rid.</sub>: inactive (the reduction is provided only for non-residential uses);
- W<sub>sens</sub>: the total sensitive load acting on the zones (in the example carried out: 12 kW);
- W<sub>lat</sub>: the total latent load acting on the zones (in the example carried out: 4 kW).

CALCULATION VALUES_ZONES		
Crowding	people	850
V_volume	mc	9.550
S_area	mq	3.200
S <sub>rid.</sub> _reduced area_living+beds	mq	2.560
W <sub>sens</sub> _zone	kW	12
W <sub>lat</sub> _zone	kW	4

AE-SW SOFT

## 2 – SIZING OF THE SYSTEM

The controlled specific humidity design refers to the spreadsheet called "4 – Multizone - Plenum". As illustrated below, the sizing of the system involves setting the value of the specific humidity of the intake air.

The system must meet the need to dispose of the sensitive and latent loads of each zone, since the external temperature and relative humidity and the environmental conditions that are to be achieved in the environments of the same zones are known.

The design is therefore carried out on the basis of a hypothetical problem which is the one that usually arises in reality during the design phase of a plant, namely:

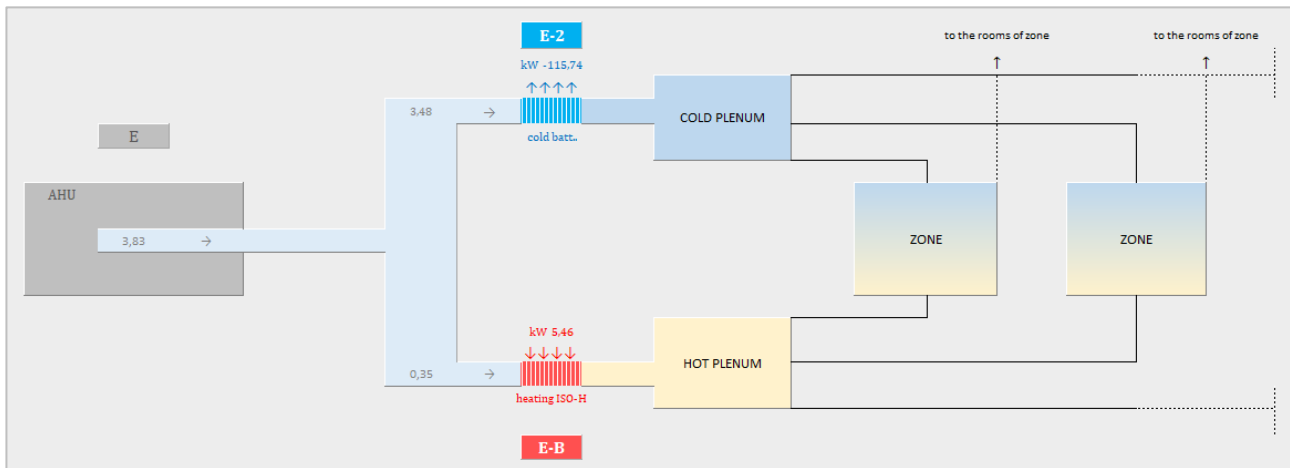
- it is assumed that there are ambient zones in which we want to maintain a temperature  $T_A$  [°C] and a relative humidity  $\Phi_A$  [%], assuming that a separate calculation shows that sensitive loads  $W_{sens\_i}$  [kW] and latent loads  $W_{lat\_i}$  [kW] are burdened on the same zones, since  $i$  varies from 1..... $n$  ( $n$  number of zones present). For the outside air, a temperature  $T_E$  [°C] and a relative humidity  $\Phi_E$  [%] are assumed. The floor surfaces of the rooms in each zone are  $S_i$  [sqm]; the volumes  $V_i$  [mc]; the maximum capacities of each zone  $p_i$  [persons].

The aim of the programme is to:

- find the thermo-hygrometric conditions and the flow rate of the air entering the rooms of each zone to remove the sensitive load and the latent load weighing on it;
- characterise the psychrometric transformations to which the air flow rates of each area must be subjected in order to reach the intake conditions;
- evaluate the power exchanged in the cooling and rewelding of the flow rates treated in the AHU before conveying to the plenums;
- determine the amount of steam removed from the humid air in the AHU;
- find the slopes of the room lines for each area, as well as the related thermal factors (internal and external);
- determine the functional and dimensional characteristics of the cooling coil.

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

The scheme of the plant is graphically represented in the following simplified model:



The numbers/letters above (E; E-2'; 2'; etc...) they are representative of the psychrometric states of the air and the transformations of humid air and correspond to the numbers/letters with which the psychrometric states shown on the psychrometric diagram visible at the end of the paragraph are represented (in the example carried out in this manual, the transformations relating to zone no. 3 are represented on the psychrometric diagram).

In any case, it will be seen below, once the system has been sized, it will be possible to view the transformations relating to each zone on the psychrometric diagram, simply by selecting the zone number from the drop-down list at the top of the diagram itself.

Turning now to the sizing of the system, the need for the prior definition of the specific humidity at which the air will be introduced into the areas is highlighted. To this end, the program determines the value of  $x_F$  of specific humidity to which the air conditions of the two plenums must be conducted;  $x_F$  also represents the specific humidity of the cold air at the exit from the AHU and conveyed into the cold plenum; for this reason it is marked with the letter "F". The program calculates the value of  $x_F$  with reference to the area for which the minimum intake temperature " $T_i$ " is required; in the example carried out this is zone 2 for which the program calculates the value  $x_F = x_2 = 0.0104$  kg/kg.

Following the instructions in the program itself, the value  $x_i$  of the specific humidity relative to the state of air intake in all zones is set equal to  $x_i = x_F = x_2$ :

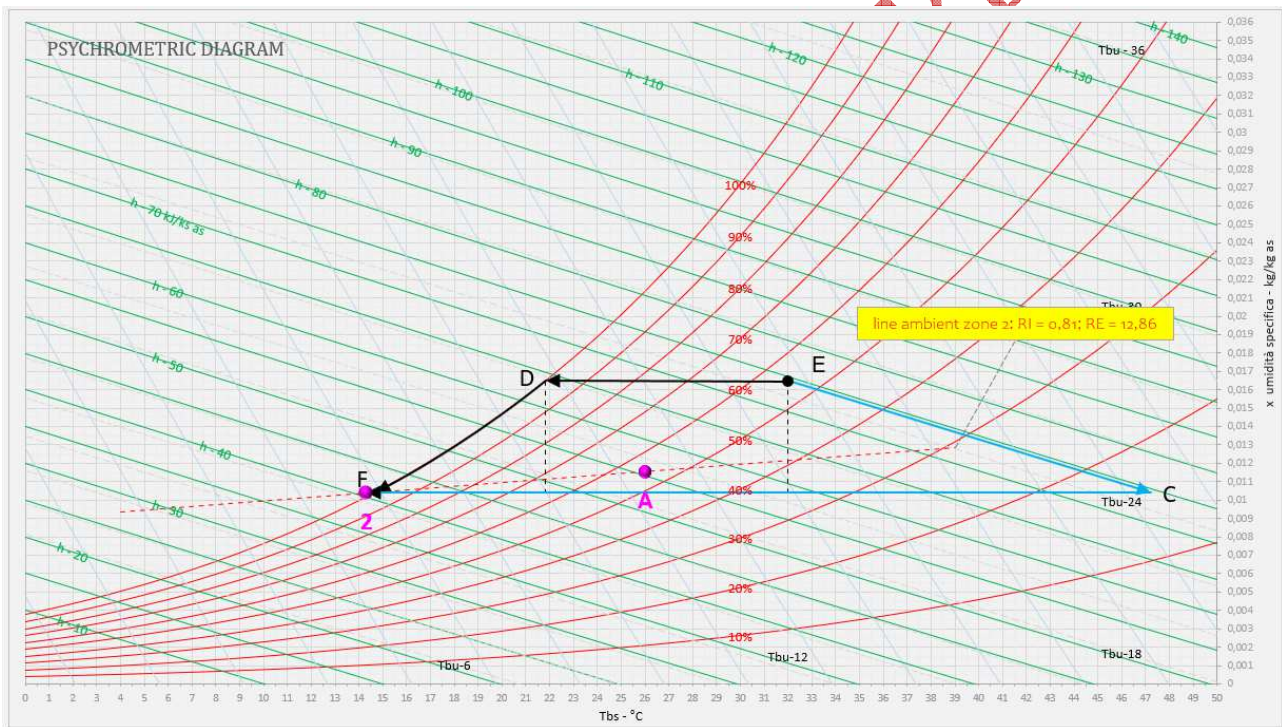
$$x_i = 0.0104$$

Zone 2 is the only zone that does not need to be mixed with the flow rate coming from the "hot" plenum; the flow rate from the cold plenum is sufficient, whose thermo-hygrometric conditions are represented by point F. In fact, the program indicates that the flow rate to be drawn from

the hot plenum is  $GC_2 = 0.0 \text{ kg/s}$  while that to be drawn from the cold plenum is  $GF_2 = 0.36 \text{ kg/s}$ . From a graphic point of view, this translates into the coincidence between point F, representative of the thermo-hygrometric conditions of the air of the cold plenum, and point 2, representative of the state of air intake in the rooms of zone 2; This can be easily verified by selecting zone 2 from the drop-down list above the psychrometric diagram:

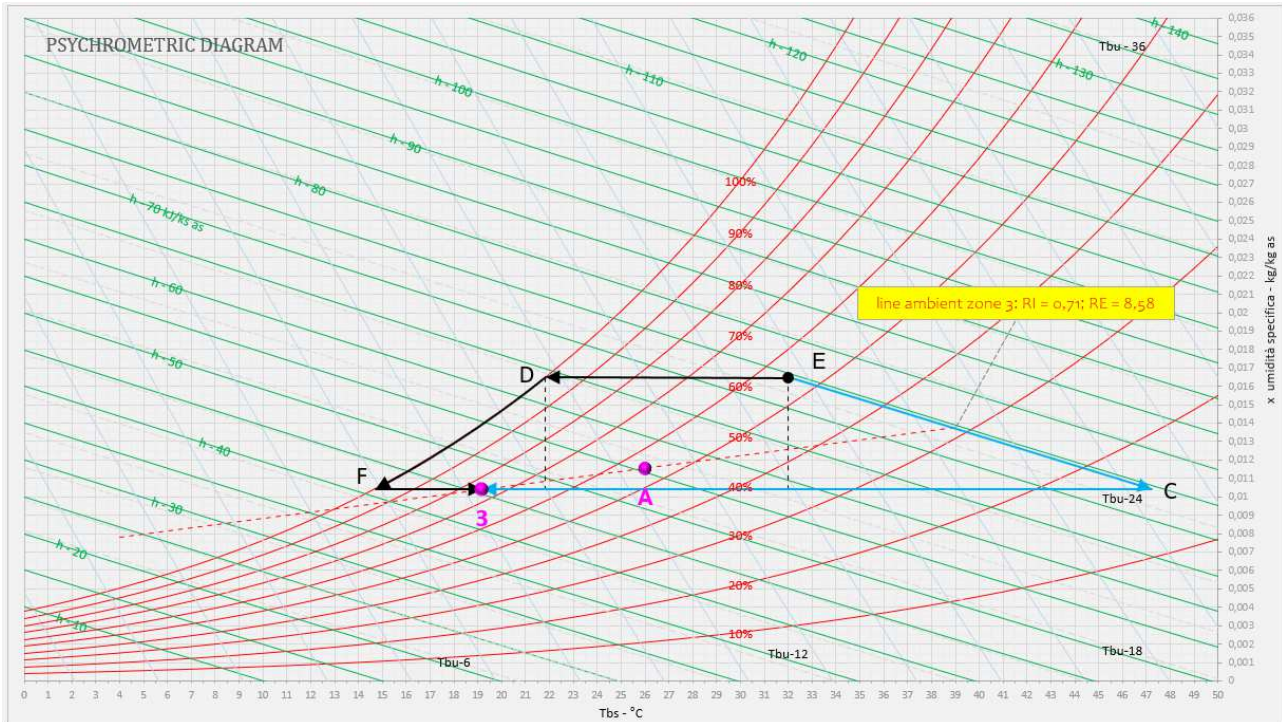


The situation shown in the graph below is obtained.



The difference with respect to the other zones is visible by viewing the psychrometric diagram with respect to all the other zones for which point F is distinct from the points representative of the state of entry into the zone environments; this is because for all other zones the inlet conditions are obtained by mixing between a given flow rate of the cold plenum and a given flow rate of the hot plenum. The required flow rates are calculated by the program.

With reference to the example carried out and to zone no. 3, it can be deduced that the injection point 3 is obtained according to the mixing line F-3-C between the flow rate  $GC_3 = 0.1 \text{ kg/s}$  coming from the hot plenum and the flow rate  $GF_3 = 0.62 \text{ kg/s}$  coming from the cold plenum, all according to what is represented on the psychrometric diagram.



The program determines the psychrometric parameters of point F representing the thermo-hygrometric conditions of the air of the cold plenum through the following screen:

b		FIRST DUCT AIR CONDITIONS_COLD							
GF	T <sub>F</sub>	φ <sub>F</sub>	Pv.sat <sub>F</sub>	Pv <sub>F</sub>	x <sub>F</sub>	v <sub>F</sub>	h <sub>F</sub>	Tbu <sub>F</sub>	TD <sub>F</sub>
3,83	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
<b>F</b>	14,71	100%	1.672,21	16,72	0,0104	0,829	41,07	14,68	14,71

Subsequently, the program indicates the zone for which the injection point is identified with point F (in the example carried out it indicates  $x_F = x_2$ ; zone 2 is therefore the area for which the thermo-hygrometric conditions of the injection point coincide with those of the cold plenum and for which, therefore, only the air coming from the cold plenum is sufficient to remove the relative ambient loads).

The program invites you to fix  $x_i = x_F = x_2$ . The coincidence check is done in the following screenshot:

x <sub>F</sub>	=	x <sub>2</sub>		kg/kg	0,0104	
input_xi		impose repeatedly until xi = x <sub>F</sub> =	0,0104	→	kg/kg	
OK_xi = x <sub>F</sub>						

After fixing the value  $x_i = 0.0104$ , the program verifies that this value coincides with "x<sub>F</sub>". If this condition is met, it will return the success as shown in the following screenshot.

**IMPORTANT:** it should be noted that the definition of the value "xi" is the only input data to be included in the sizing sheet to arrive at the design of the entire system; the program does not require any other inputs.

After the setting of  $x_i$ , the program subsequently automatically determines all the design parameters of the system, namely:

- determines the air conditions of the 2<sup>nd</sup> duct coinciding with those of the hot plenum and represented by point "C".

C	SECOND DUCT AIR CONDITIONS_HOT								
GC	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
C	47,20	15,54%	10.724,52	16,66	0,01040	0,923	74,33	25,59	14,73

Conditions "C" are achieved by subjecting part of the total flow rate in conditions "E" (in the example carried out, the flow rate  $GC = 0.35$  kg/s) to heating with dehumidification E-C which constitutes a hygroscopic iso-enthalpy adiabatic heating indicated by "Risc. ISO-H", in which there is a conversion of latent heat into sensible heat without energy exchange with the outside;

- determines for each zone, the flow rate "G<sub>i</sub>" and the volume of air "V<sub>i</sub>" of intake, the number "n<sub>i</sub>" of the hourly changes as per the following calculation table (they are indicated in green). For each zone, the "G<sub>i</sub>" intake flow rates are assumed to be equal to the maximum of the value of the "G<sub>i</sub>\_calc" flow rate necessary to remove the zone thermal loads and the value of the minimum "G<sub>i</sub>\_UNI" ventilation flow rate imposed by the UNI EN 16798 standards. The same goes for the volume "V<sub>i</sub>". All according to the table below.

In the table depicted, the penultimate row shows the total values.

d AREA FLOW RATES AND VERIFICATION OF CONFORMITY UNI EN 16798										
ZONE	V mc	Gi_calc kg/s	Vi_calc. mc/h	Gi_UNI kg/s	Vi_UNI mc/h		Gi kg/s	V_i mc/h	n_i 1/h	
1	600	0,24	772	0,32	1.008		0,32	1.008	1,68	
2	900	0,12	386	0,36	1.152		0,36	1.152	1,28	
3	1.800	0,24	772	0,72	2.304		0,72	2.304	1,28	
4	1.500	0,21	662	0,54	1.728		0,54	1.728	1,15	
5	1.000	0,14	441	0,41	1.296		0,41	1.296	1,30	
6	1.200	0,28	882	0,43	1.368		0,43	1.368	1,14	
7	1.800	0,13	419	0,72	2.304		0,72	2.304	1,28	
8	750	0,14	463	0,34	1.080		0,34	1.080	1,44	
-	-	-	-	-	-		-	-	-	
-	-	-	-	-	-		-	-	-	
	9.550	1,50	4.796	3,83	12.240		3,83	12.240	1,28	
GE	overall outdoor flow rate					→	kg/s	3,83		

Finally, the last line shows the calculation value of the total primary air flow rate "GE" which, as we will see, will be partly cooled in the AHU and sent into duct 1 to be poured into the cold plenum (ref. GF = 3.48 kg/s) and partly bypassed with respect to the cold coil, heated in an iso-enthalpy way and sent into duct 2 to be poured into the hot plenum (ref. GC = 0.35 kg/s). In the example carried out, a total mass flow rate of the system was reached equal to:

$$GE = 3.83 \text{ [kg/s]}$$

► determines, for each zone, the flow rates and the psychrometric immission conditions, namely: the value of the flow  $G_i$ , temperature " $T_i$ " and relative humidity " $\Phi_i$ "; the vapor saturation pressure " $P_{vsat\_i}$ "; the partial " $P_{v\_i}$ ", the value of the specific humidity " $x_i$ ", the specific volume " $v_i$ ", the enthalpy " $h_i$ ", the wet bulb temperature " $T_{bu\_i}$ ", the dew temperature " $TD_i$ ". All according to the calculation table below.

The last line shows the values relating to the area chosen for the representation on the psychrometric diagram (see dedicated paragraph).

e FLOW RATES PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF INLET FOR EACH ZONE									
ZONE	Gi	Ti	$\phi_i$	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,32	18,97	75,99%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06
2	0,36	14,32	100,00%	1.630,87	16,31	0,0104	0,828	40,67	14,29
3	0,72	19,18	75,04%	2.220,65	16,66	0,0104	0,842	45,64	16,13
4	0,54	18,97	75,99%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06
5	0,41	17,56	83,06%	2.006,16	16,66	0,0104	0,838	43,99	15,55
6	0,43	20,21	70,36%	2.368,36	16,66	0,0104	0,845	46,70	16,52
7	0,72	15,25	96,24%	1.731,41	16,66	0,0104	0,831	41,62	14,80
8	0,34	16,95	86,32%	1.930,53	16,66	0,0104	0,836	43,37	15,34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 3	0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,0104	0,84	45,64	16,13

► determines the value of the heat output "W-" and the steam "U" subtracted from the flow rate "GE" in the cold coil.

g POWER AND STEAM SUBTRACTED IN THE COLD BATT. OF DUCT 1: E → F				
hE'	$c_{pa} \cdot TE' + c_{pv} \cdot xE' \cdot TE' + r \cdot xE'$	E' _proiection of E on xi = 0,0104	kJ/kg	58,77
Wsens	$GF \cdot (hF - hE')$	sensitive component	kW	-61,58
Wlat	$GF \cdot (hE' - hE)$	latent component	kW	-54,16
W-	$GF \cdot (hF - hE)$	TOTAL POWER SUBTRACTED	kW	<b>-115,74</b>
U1	$GF \cdot (xE - xE)$	condensed steam in 1^ duct	gr/s	-21,16

► determines, for each zone, the cold mixing flow rate GF\_i supplied by the cold plenum and the hot mixing flow rate GC\_i supplied by the hot plenum and conveyed to be mixed and subsequently poured into the rooms of zone "i". The screenshot below summarizes in the last lines the total of the cold flow GF of the cold plenum and the total of the hot flow GC of the hot plenum.

f FLOW RATES DUCTS__1 / 2							
ZONE	TF	TE'	Ti	Gi		GF_i	GC_i
TDi = 14,71	°C	°C	°C	kg/s		kg/s	kg/s
1	14,71	47,20	18,97	0,32		0,27	0,04
2	14,71	47,20	14,32	0,36		0,36	0,00
3	14,71	47,20	19,18	0,72		0,62	0,10
4	14,71	47,20	18,97	0,54		0,47	0,07
5	14,71	47,20	17,56	0,41		0,37	0,04
6	14,71	47,20	20,21	0,43		0,36	0,07
7	14,71	47,20	15,25	0,72		0,71	0,01
8	14,71	47,20	16,95	0,34		0,31	0,02
-	-	-	-	-		-	-
-	-	-	-	-		-	-
1^DUCT-COLD__TRANSF. E-D-2			→	GF	cold flow rate_1^ duct	3,48	
2^ DUCT-HOT__TRANSF. E-B			→	GC	hot flow rate_2^ duct		0,35

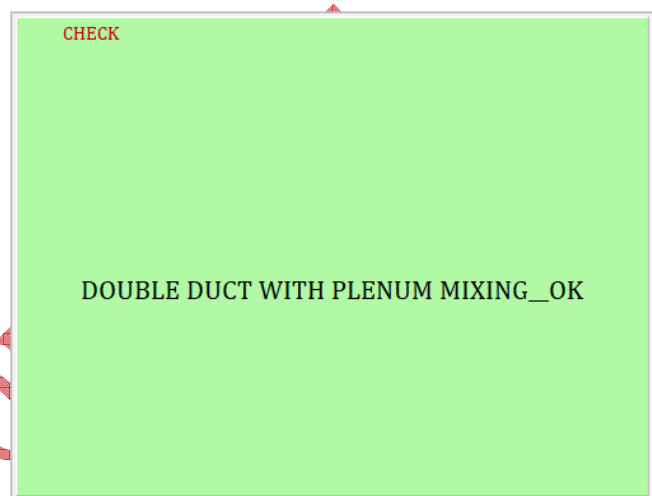
► determines the power converted from latent to sensible in heating ISO\_H: E\_C ( $W_{lat} \rightarrow W_s = 5.46 \text{ kW}$ ); condensed U2 steam; the bypass factor given by the GC/GE ratio; the bypass factor.

h LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN THE ISO-H HEATING__E → B					
$\Delta T_{risc.}$	TC - TE	air thermal diff. for heating ISO-H	→	°C	15,20
$W_{lat} \rightarrow W_s$	GC * (hC - hE')	energy converted by isenthalpic heating		kW	5,46
U2	GC * (xC - xE)	condensed steam in the 2^ duct		kg/s	-0,0021
FB	GC/GE	bypass factor		-	0,09

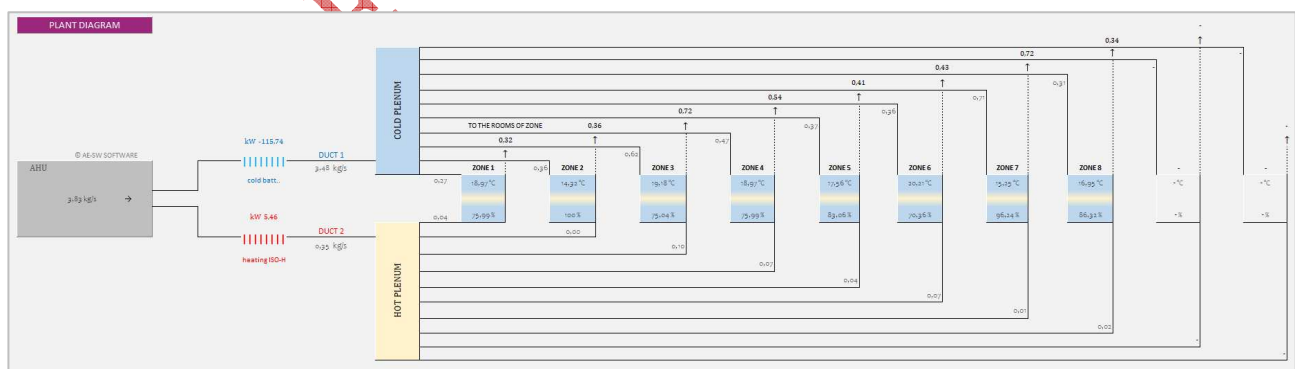
► determines the temperature difference " $T_i - T_A$ " between the intake air and the ambient air, useful for the purpose of assessing environmental comfort that can be assessed as "good" for values between approximately -9 and -3 °C.

GOOD	COMFORT	ACCEPTABLE
ZONE	Ti - TA °C	ϕi - ϕA %
1	-7,03	20,99%
2	-11,68	45,00%
3	-6,82	20,04%
4	-7,03	20,99%
5	-8,44	28,06%
6	-5,79	15,36%
7	-10,75	41,24%
8	-9,05	31,32%
-	-	-
-	-	-

The design of the plant ends with the verification of correct sizing:



and with the representation of the scheme of the system with the reporting of the circulating flow rates and the exchanged powers.



AE-SW SOFTWARE

### 3 - REPRESENTATION ON PSYCHROMETRIC DIAGRAM

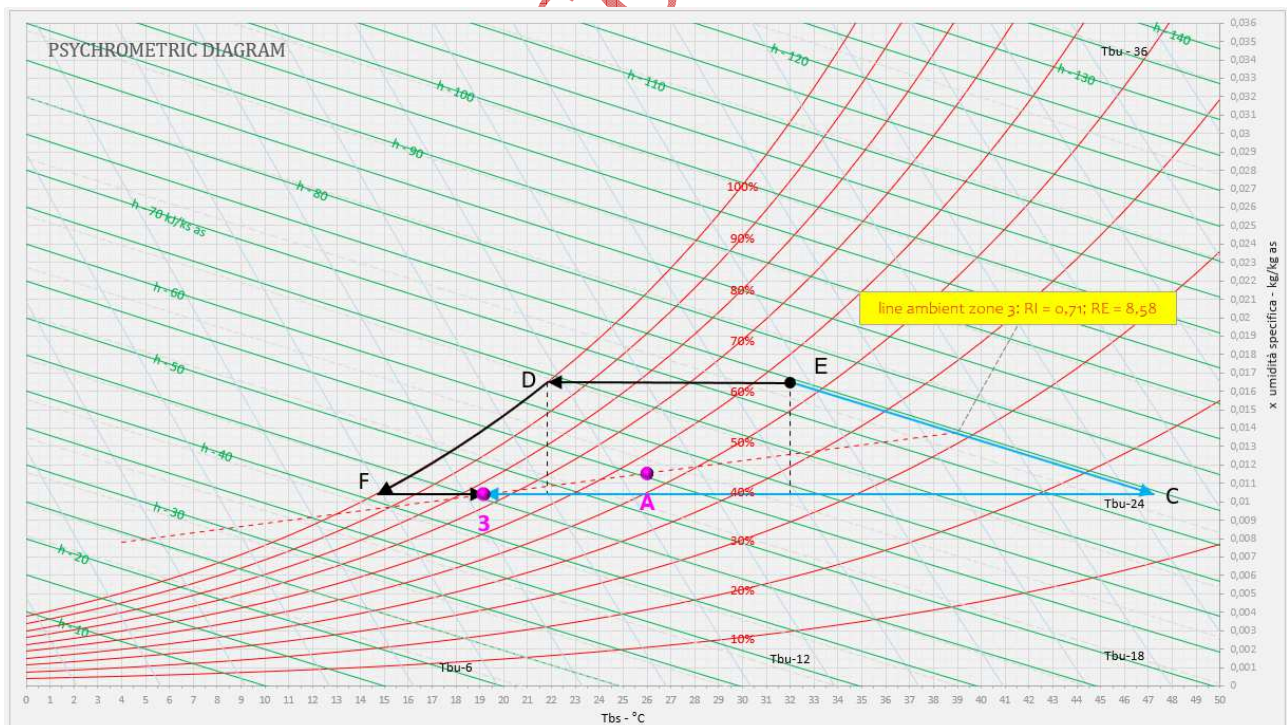
The representation on the psychrometric diagram takes place for each project zone. The choice of the zone in which to represent the treatments and transformations of humid air in the AHU and in the zone heating coil is made from a drop-down list as shown in the figure:



When selecting the zone, the program determines all the psychrometric parameters of the air in the conditions 3 of the intake in zone 3 to be air-conditioned, according to the following calculation table:

G3	T3	$\phi_3$	Pvsat_3	Pv_3	x_3	v_3	h_3	Tbu_3	RI	RE
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv
0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,01040	0,842	45,64	16,13	0,71	8,58

It also performs the representation of air transformations on the psychrometric diagram:



On the diagram you can see:

- cooling and dehumidification E-D-F of the flow rate  $GF = 3.48$  kg/s of duct 1, carried out in the cold coil of the AHU, before flowing into the cold plenum;

- heating and dehumidification E-C of the flow rate  $GC = 0.35$  kg/s of duct 2, carried out in the hot coil of the AHU, before flowing into the hot plenum;
- the F-3-C mixing line for zone 3;
- the room line 3-A relating to zone 3 and the related internal RI and external thermal factors RE.

AE-SW SOFTWARE

## 4 - THE SIZING OF THE COLD BATTERY

### COLD BATTERY SIZING

For sizing purposes, the program takes up the calculated values of the treated air flow rate in the coil and the thermal power

In the example carried out:

*Treated air flow rate:  $GF = 3.48 \text{ kg/s}$ ;*

*Power:  $W = 150.49 \text{ kW}$  (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:

TYOLOGY	De mm	Di mm	Atu mmq
5/8' - 8.5 lugs/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:

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

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

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

COLD BATTERY POWER SUPPLY			
Th <sub>i</sub>	water inlet temperature	°C	6,0
$\Delta Th$	water thermal difference	°C	10
Th <sub>u</sub>	water outel temperature	°C	16,00
T <sub>m</sub>	average battery surface temperature	°C	12,00
G <sub>h</sub>	battery water flow rate	l/s	2,76

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
$\Delta T_{ml}$	logarithmic air/water thermal jump			°C	9,6
$\Delta T_{ml\_co}$	air/water thermal difference for counterflow			°C	12,0
F	heat transfer corr. factor resp. to counterflow	P = 0,38	R = 1,41	-	0,80
va	air speed			m/s	1,50
vh	water speed			m/s	1,00

On the basis of this, the program determines:

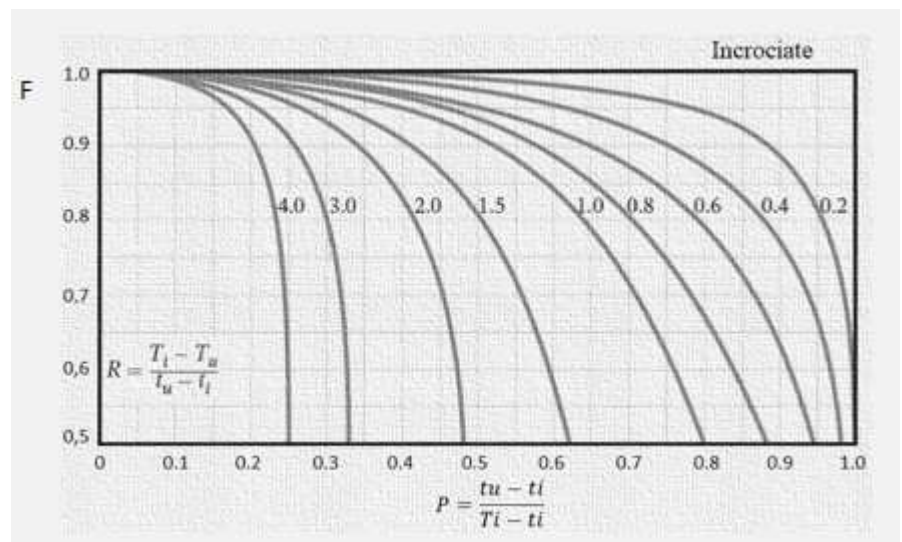
$\Delta T_{ml} = 9.6$  °C: logarithmic air/water temperature difference due to cross-flow. This value is deducted from the prior calculation of the following quantities (shown in grey as preparatory quantities);

$\Delta T_{ml\_co} = 12.0$  °C: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;  
 $F = 0.8$ : average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior calculation of the quantities  $P = 0.38$  and  $R = 1.41$ ; These factors refer to graphs in the literature on the sizing of heat exchangers on the basis of which the trend of the correction factor is plotted. In most cases related to practical battery sizing cases, the value of F fluctuates on average between 0.7 and 0.8 being graphed with values potentially oscillating between 0.5 and 1.0. In the example carried out, as shown in the graph, the value of F for  $P = 0.38$  and  $R = 1.41$ , is approximately equal to  $F = 0.93$ .


The program assumes, for safety reasons, the value of 0.80. For the calculation of the number of ranks, the definition of air and water velocities is also required, for which the following values have been assumed:

VA = 1.5 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

	H		battery height	mm	1200
	L	$G_b / (v_a \cdot H)$	battery width	mm	1.716
	Af	H * L	front battery area	m <sup>2</sup>	2,06
	N	$W / (v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	16
	i	H/N	vertical pipe center distance	mm	75

program calculates the dimensional characteristics of the battery according to the table below:

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



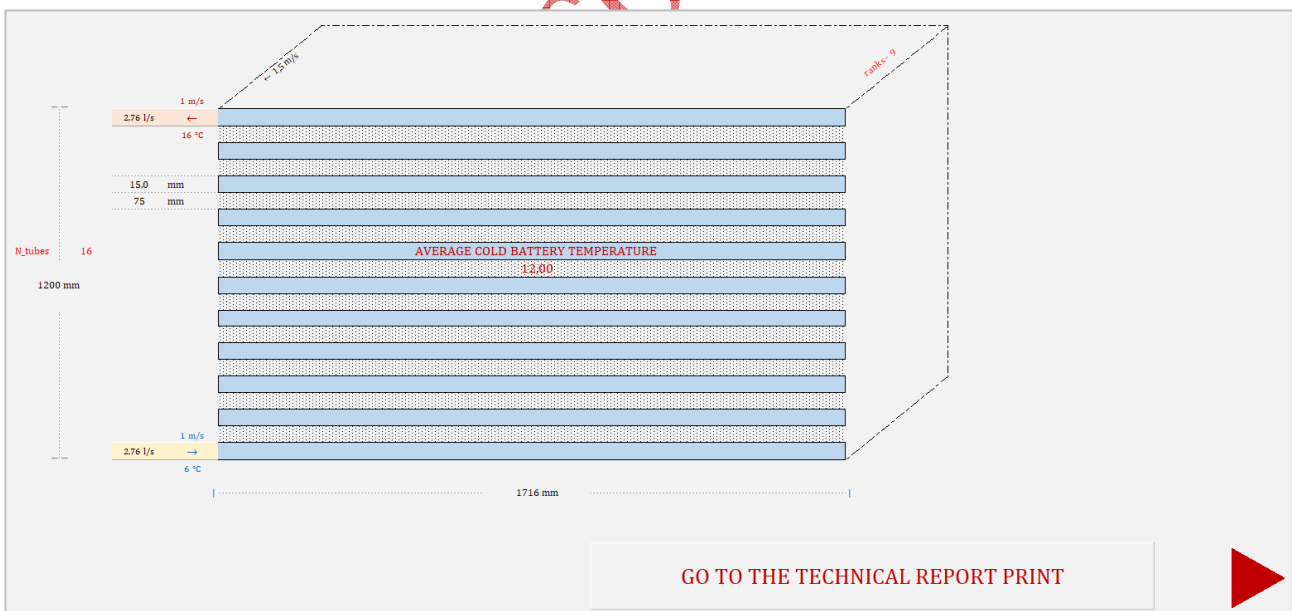
U [W/m<sup>2</sup>°C]

710,25

NR - number of ranks  $W_b / A_f \cdot U \cdot \Delta T_m$

9

The sizing of the battery is summarized in a graphic diagram showing the main characteristics. In the event that the check carried out on the correctness of the sizing is positive, the program invites you to print the technical calculation report.



## 5- PRINT REPORT\_calculation example

The printout of the report relating to the calculation example carried out in the manual refers to the spreadsheet "5 - Technical Report". The same is reported below:



### TECHNICAL REPORT

#### MULTI-ZONE ALL-PRIMARY AIR SYSTEM WITH PLENUM MIXING 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

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

<b>CONSTRUCTION MANAGEMENT</b>	Ing. Aldo ROSSI	
	Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
	Technical office	Massa di Somma_NA Via P. Borsellino n. 44

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

© AE-SW SOFTWARE

## TECHNICAL REPORT

### INTRODUCTION

The system consists of multi-zone air treatment units for the air conditioning of areas with different thermo-hygrometric conditions. The sizing is based on the overall air flow rate necessary to remove the heat load of each zone, divided into the sensitive and latent components. The sizing is conducted to all primary air without recirculation.

The project includes a Treatment Unit from which a conveyance duct of the entire flow rate departs. Subsequently, the air is conveyed into two separate ducts. A cold coil is installed on the first for cooling and dehumidifying a part of the flow rate; on the second, on the other hand, the air is heated adiabatically in an isoenthalpy way: the energy generated by the liquefaction of the steam is used for heating the air.

The air from the two ducts flows into two plenums; one cold and one hot from which the mixing flow rates are drawn in the necessary quantities in relation to the area loads. The mixed air has the thermo-hygrometric conditions necessary to remove the area loads.

PROJECT HYPOTHESIS FOR  $i = 1 \dots n$  zones:

Ambient zones "i" in which the same temperature  $T_A$  and relative humidity  $\phi_A$  are to be maintained;

Sensitive load  $W_{sens\_i}$  [kW]; latent load  $W_{lat\_i}$  [kW].

Outdoor air with temperature  $T_E$  [°C] and relative humidity  $\phi_E$  [%].

Floor area  $S_i$  [sqm]; volume  $V_i$  [mc]; Maximum capacity of the zones  $p_i$  [people].

### ARE DETERMINED FOR THE SET OF ZONES:

- *the psychrometric parameters of the humid outdoor air and the ambient air;*
- *the total mass flow  $GE$  [kg/s];*

### FIRST DUCT

- *the psychrometric parameters of the air in the 1st duct, at the exit from the cold battery;*
- *the total power subtracted in the cold coil installed on the 1st duct;*
- *the flow rate of condensed steam  $U1$  [kg/s] from the exit of the cold coil;*

### SECOND DUCT

- *the psychrometric parameters of the air in the 2nd duct, at the exit from the ISO-H heating;*
- *the latent power converted into sensible power on the 2nd duct;*
- *the flow rate of condensed steam  $U2$  [kg/s] on the 2nd duct;*

### IN ADDITION, FOR EACH ZONE:

- *the total inlet flow  $G_i$  [kg/s];*
- *the mixing flow rates in the plenums coming from the two ducts;*
- *the temp. difference between the intake temp. and the ambient temperature (comfort);*
- *the psychrometric parameters of the air in the state of intake;*
- *the thermal factor  $RI$  [-] internal and  $RE = \Delta h / \Delta x$  external, relative to each zone;*

### FINALLY:

- *the FB bypass factor: flow rate of the 2nd duct on total flow;*
- *the dimensional characteristics of the cold coil.*

© AE-SW SOFTWARE

**GENERAL DATA**

System type:	<b>FULL PRIMARY AIR WITH PLENUM MIXING</b>	
Calculation method:	with controlled specific input humidity	
P_Atmospheric pressure:	101.325	Pa
Zone category	resid. and similar	
Expected quality category_UNI EN 16798	1_very good	
Pollution degree_UNI EN 16798	n.d.	
TE_outdoor temperature	32,0	°C
φE_outdoor relative humidity	55%	-
TA_project internal temperature	26,0	°C
φA_project internal relative humidity	55%	-

**THERMAL ZONE DATA**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	160	120	90	95	160	75		
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750		
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250		
%_liv+bed	-	-	-	-	-	-	-	-		
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	-	1,65	1,45	1,35		
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42		

**PSYCHROMETRIC PARAMETERS**

<b>GE</b>	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
<b>E</b>	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84

*external air*

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

*air room*

<b>GF</b>	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
<b>F</b>	15	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,16	14,7	14,71

*air 1^ duct (post-cooling)*

<b>GB</b>	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
<b>B</b>	47,2	15,5%	10.724,52	16,66	0,01040	0,923	74,33	25,6	14,73

*air 2^ duct (ISO-H post-heating)*

© AE-SW SOFTWARE

**TOTAL AIR FLOW RATES**

GE	overall flow rate	3,83	kg/s
GRN	renewal flow rate	3,83	kg/s
GRC	recirculation flow rate	-	kg/s

**POWER AND STEAM SUBTRACTED IN THE 1^ DUCT**

Wsens	sensitive component	-61,58	kW
Wlat	latent component	-54,16	kW
Wt	TOTAL POWER SUBTRACTED	-115,74	kW
U	TOTAL STEAM SUBTRACTED	-21,16	gr/s

**POWER CONVERTED AND STEAM SUBTRACTED IN THE 2^ DUCT**

Wlat	subtracted latent component	-5,46	kW
Wsens	sensitive component supplied	5,46	kW
Wt	TOTAL POWER EXCHANGED WITH EXTERNAL	0,00	kW
U	steam subtracted	-21,16	gr/s

**FLOW RATES AND PSYCHROMETRIC DISCHARGE CONDITIONS FOR EACH ZONE**

ZONE	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_i Pa	Pv_i Pa	x_i kg/kg	v_i mc/kg	h_i kJ/kg	Tbu_i °C	TD_j °C
1	0,32	18,97	76,0%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06	14,65
2	0,36	14,32	100,0%	1.630,87	16,31	0,0104	0,828	40,67	14,29	14,65
3	0,72	19,18	75,0%	2.220,65	16,66	0,0104	0,842	45,64	16,13	14,65
4	0,54	18,97	76,0%	2.192,79	16,66	0,0104	0,842	45,44	16,06	14,65
5	0,41	17,56	83,1%	2.006,16	16,66	0,0104	0,838	43,99	15,55	14,65
6	0,43	20,21	70,4%	2.368,36	16,66	0,0104	0,845	46,70	16,52	14,65
7	0,72	15,25	96,2%	1.731,41	16,66	0,0104	0,831	41,62	14,80	14,65
8	0,34	16,95	86,3%	1.930,53	16,66	0,0104	0,836	43,37	15,34	14,65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**AIR VOLUMES AND NUMBER OF HOURLY CHANGES**

ZONE	Vi_ric. mc/h	n_ric. 1/h
1	1.008	1,68
2	1.152	1,28
3	2.304	1,28
4	1.728	1,15
5	1.296	1,30
6	1.368	1,14
7	2.304	1,28
8	1.080	1,44
-	-	-
-	-	-

© AE-SW SOFTWARE

**ΔT/Δφ BETWEEN PLENUM AIR AND AMBIENT AIR - ZONE THERMAL RATIOS**

ZONE	Ti - TA °C	φi - φA %	RI -	RE kJ/grv
1	-7,03	20,99%	0,71	8,75
2	-11,68	45,00%	0,81	12,86
3	-6,82	20,04%	0,71	8,58
4	-7,03	20,99%	0,71	8,75
5	-8,44	28,06%	0,75	10,01
6	-5,79	15,36%	0,67	7,66
7	-10,75	41,24%	0,79	12,05
8	-9,05	31,32%	0,76	10,54
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

**COLD BATTERY SIZING**

TPOLOGY	De mm	Di mm	Atu mm
5/8' - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016	177,00
Air flow respect to water flow:		<b>crosscurrent</b>	
ΔTml	logarithmic air/water thermal jump	°C	9,59
F	heat transfer corr. factor resp. to counterflow	-	0,80
Tm	average battery surface temperature	°C	12,00
Thi	water inlet temperature	°C	6,00
Thu	water outel temperature	°C	16,00
ΔTh	water thermal difference	°C	10,00
Gh	battery water flow rate	l/s	2,76
va	air speed	m/s	1,50
vh	water speed	m/s	1,00
H	battery height	mm	1200
Atu	finned tube section	mmq	177
L	battery width	mm	1.716
Af	front battery area	mq	2,06
N	number of horizontal tubes	-	16
i	vertical pipe center distance	mm	75
U	coeff. Heat exchange globale_superficie front	W/mq°C	710,3
NR	number of cold battery ranks	-	9

**ATTACHMENTS**

Calculation Tables

Psychrometric diagram with transformations.

The project technician  
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved

CALCULATION TABLES

© AE-SW SOFTWARE

## MULTI-ZONE AIR CONDITIONING SYSTEMS WITH ALL PRIMARY AIR

### SUMMER REGIME

**TYPE SYSTEM**  
FULL AIR FILL AIR PRIMARY  
**CALCULATION TYPE**  
xi with controlled specific input humidity

**ATMOSPHERIC PRESSURE**  
**DIRECT INPUT**  
INDIRECT INPUT by altitude and temperature:  

H_a[height_m]: 2.000	Tb_Temp.at_H_°C: 10.1325 - 11.57 * H + 0.00055 * H <sup>2</sup>	10.1325 * 0.9337 <sup>(H/100)</sup>	10.1325 * e <sup>(-1.1 * H / 3.4)</sup>
----------------------	---	-------------------------------------	---

**ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION**  
Pa: 101.325

**GENERAL DATA**  
N\_number of thermal zones: 8  
Intended use zones:  residential  no residential  
Expected environmental quality\_UNI EN 15798:  1\_very good  2\_good  3\_not very good  
Degree of environmental pollution\_UNI EN 15798:  polluted  moderately polluted  fine polluted  
Calculation method\_UNI EN 15798:  method 1  method 2  method 3

**EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS**

T <sub>e</sub> _outside air temperature	32	°C
ϕ <sub>e</sub> _relative humidity outdoor air	50%	%
T <sub>A</sub> _desired zone temperature	25	°C
ϕ <sub>A</sub> _desired zone relative humidity	50%	%

**THERMAL ZONES DATA**

ZONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	20	80	100	20	50	100	100	75	100	100
V_m3	600	900	1800	1800	1000	1200	1800	750	1200	780
S_m2	200	300	600	900	300	400	600	250	300	280
V_people	0.033	0.089	0.056	0.011	0.050	0.083	0.056	0.028	0.083	0.013
Wkenn_kW	1.75	1.45	1.70	1.50	1.20	1.55	1.45	1.35	1.30	1.25
Wlit_kW	0.70	0.38	0.70	0.60	0.40	0.80	0.38	0.42	0.33	0.40

**CALCULATION VALUES\_ZONES**

Crowding	850	people
V_volumic	9.550	m <sup>3</sup>
S_area	3.200	m <sup>2</sup>
Wlit_zones	2.540	kW
Wlit_zone	1.2	kW
	4	

Studio associata di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)  
AE-SW - © All rights reserved



**d AREA FLOW RATES AND VERIFICATION OF CONFORMITY UN EN 12058**

ZONE	V	G <sub>max</sub>	V <sub>calc</sub>	G <sub>lim</sub>	V <sub>lim</sub>	G	V <sub>1</sub>	n <sub>1</sub>	
m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	%	
1	100	113	77	137	100	5.3	100	100	
2	100	113	386	336	112	5.4	112	112	
3	1000	113	77	137	100	5.2	100	100	
4	1200	113	607	529	178	5.2	178	178	
5	1000	113	401	347	130	5.8	130	130	
6	1000	113	807	703	230	5.9	230	230	
7	1000	113	419	372	140	5.2	140	140	
8	100	113	423	368	130	5.9	130	130	
Σ							5.81	2300	2300
Σ							5.81	2300	2300

Σ zone flow rate / flow rate → **3.83**

**e FLOW RATES PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF INLET FOR EACH ZONE**

ZONE	G	T	φ	ρ <sub>a</sub>	ρ <sub>s</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>	ρ <sub>h</sub>
m³/h	kg/s	°C	%	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
1	100	18.07	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
2	100	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
3	1000	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
4	1200	18.07	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
5	1000	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
6	1000	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
7	1000	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
8	100	18.02	70.0%	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
Σ													

**ACQUA FREDDA**

ZONE	T <sub>in</sub> -T <sub>out</sub>	ΔT
1	-1.00	20.00%
2	-1.00	20.00%
3	-1.00	20.00%
4	-1.00	20.00%
5	-1.00	20.00%
6	-1.00	20.00%
7	-1.00	20.00%
8	-1.00	20.00%
Σ		

**f FLOW RATES DUCTS... / 2**

ZONE	T	W	Q	G	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
m³/h	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s
1	100	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
2	100	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
3	1000	12.078	12.078	12.078	12.078	12.078
4	1200	14.494	14.494	14.494	14.494	14.494
5	1000	12.078	12.078	12.078	12.078	12.078
6	1000	12.078	12.078	12.078	12.078	12.078
7	1000	12.078	12.078	12.078	12.078	12.078
8	100	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078	1.2078
Σ						

Σ cold flow rate / heat flow rate → **3.88**

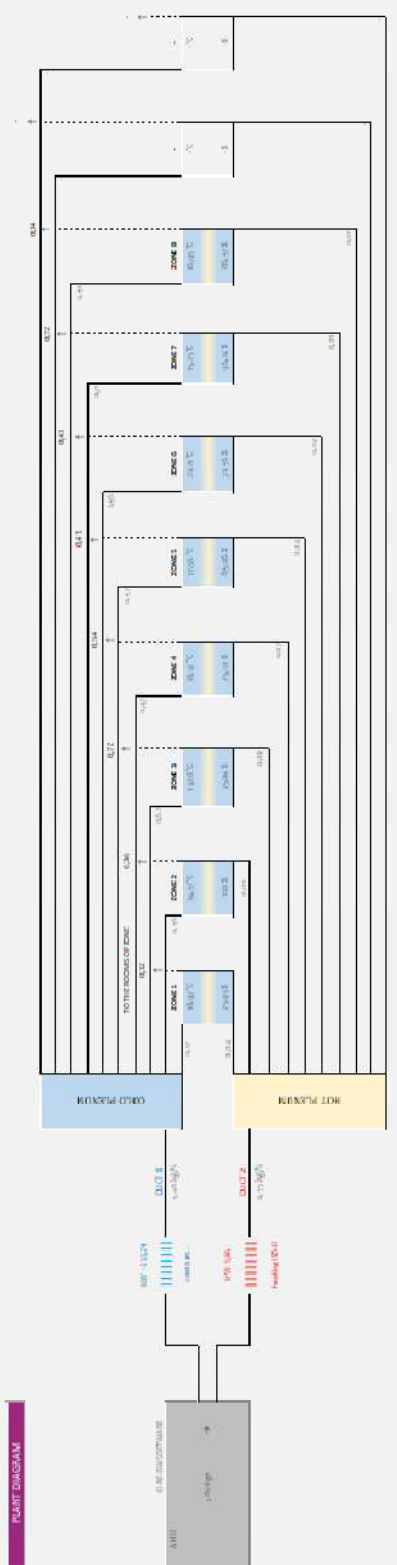
**g POWER AND TEMPERATURE SUBTRACTED IN THE COLD BATT. OF DUCT 1 E → F**

Watt	°C	Watt	°C
1	100	1.2078	1.2078
2	100	1.2078	1.2078
3	1000	12.078	12.078
4	1200	14.494	14.494
5	1000	12.078	12.078
6	1000	12.078	12.078
7	1000	12.078	12.078
8	100	1.2078	1.2078
Σ			

**h LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN THE ISO-H HEATING... → 8**

Watt	°C	Watt	°C
1	100	1.2078	1.2078
2	100	1.2078	1.2078
3	1000	12.078	12.078
4	1200	14.494	14.494
5	1000	12.078	12.078
6	1000	12.078	12.078
7	1000	12.078	12.078
8	100	1.2078	1.2078
Σ			

**DOUBLE DUCT WITH PLENUM MIXING...OK**



### COLD BATTERY SIZING

GB	air flow rate in the battery	M <sup>3</sup> /s	3.48
W	battery power	kW	-115.74

THP/cool	Di	Di	Area
5.8°-8.3°Hy/mish	mm	mm	mm <sup>2</sup>
	3.63	3.00	177

### COLD BATTERY POWER SUPPLY

TH	water inlet temperature	°C	10
AT	water inlet air temperature	°C	15
TH	water outlet temperature	°C	16.04
TH	water outlet air temperature	°C	16.04
Qth	battery water flow rate	l/s	2.26

### NUMBER OF RANKS

Min flow rate per water flow:  constant  variable

Actual:  liquid flow  water flow and pipe

Unit:  l/s  m<sup>3</sup>/h  m<sup>3</sup>/s

Flow rate: 2.26 l/s → 8.13 m<sup>3</sup>/h

U <sub>max</sub>	1.00	1.00
U <sub>min</sub>	0.50	0.50

U<sub>max</sub> [W/m<sup>2</sup>°C]

U<sub>min</sub> [W/m<sup>2</sup>°C]

NR number of ranks [m<sup>3</sup>/h @ 100 l/s/m<sup>2</sup>]

11

120

12.04

12.04

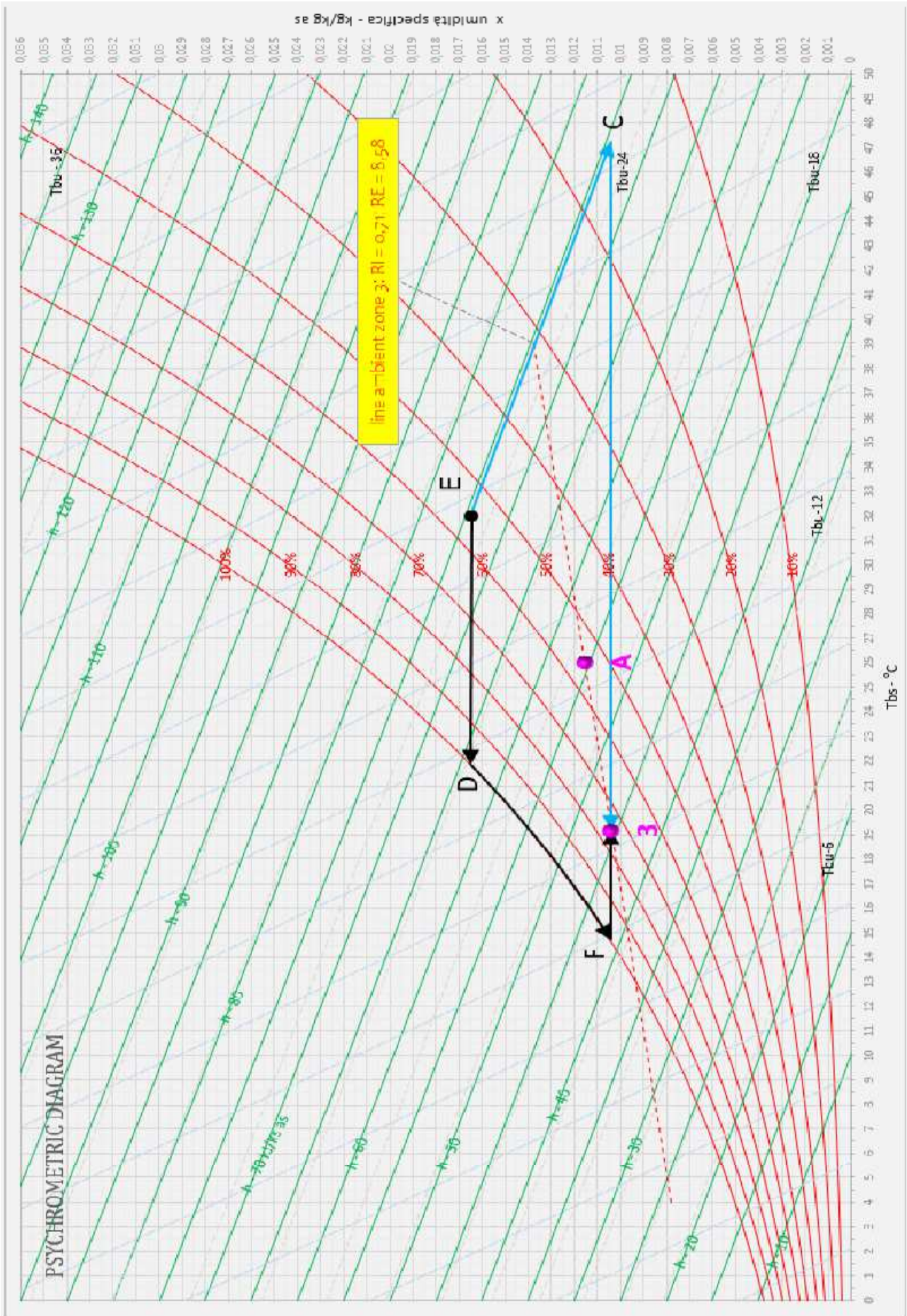
48

2.26

36

24

## GO TO THE TECHNICAL REPORT PRINT



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

Programma in excel per il condizionamento estivo

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in formato *excel* per il dimensionamento degli impianti di condizionamento dell'aria per la climatizzazione estiva MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA a doppio condotto con MISCELAZIONE DA PLENUM.

Il calcolo è riferito a edifici pubblici o privati; residenziali o meno, condotto a umidità specifica 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 osservanza delle Norme UNI EN 16798 in riferimento al volume minimo di ventilazione e al numero minimo di ricambi orari in relazione alla destinazione d'uso delle zone termiche, alla categoria di qualità ambientale attesa, al grado di inquinamento e affollamento, alla superficie e volume degli ambienti.

Il programma esegue il dimensionamento completo dell'impianto in modalità analitica. E' prevista la presenza fino a n. 10 zone termiche. Le trasformazioni psicrometriche dell'aria umida relative a ciascuna zona sono altresì rappresentate su diagramma psicrometrico interattivo.

E' altresì eseguito il dimensionamento della batteria di raffreddamento con definizione delle dimensioni; del numero di tubi alettati; del loro interasse e del numero di ranghi necessari.

Il programma redige in automatico una dettagliata relazione tecnica recante tutti i parametri dell'impianto, 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