

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

a doppio condotto con miscelazione da plenum

ITALIANO - INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
REGIME ESTIVO

ITALIANO INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
CON MISCELAZIONE DA PLENUM

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICROMETRICO INTERATTIVO

RICIRCOLO

UTA

IN

ESTERNO

IN-F

BATT. FREDDA

CONDOTTO 1

CONDOTTO 2

PL.F. 1

PL.C. 1

AGLI AMB. DI ZONA_1

PL.F. 2

PL.C. 2

SERRANDE CONIUGATE

IN-C

kW 15.15

RISC. 150-R

A DOPPIO CONDOTTO

A UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA

AE-SW SOFTWARE

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 CON RICIRCOLO

Miscelazione da plenum

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

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 CON RICIRCOLO

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 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 33
BIBLIOGRAFIA	pag. 63

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

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 con ricircolo e 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 CON RICIRCOLO
REGIME ESTIVO

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

TIPOLOGIA CALCOLO
xi a umidità specifica di immissione controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO Pa

INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H_altitudine_m	TH_temp_ad_H_°C	$101325 - 11,57 \cdot H + 0,00055 \cdot H^2$	$101325 \cdot (1 - 0,000226 \cdot H)^{2,2}$	$101325 \cdot 0,9677^{H/100}$	$101325 \cdot e^{-(1,29 \cdot H / (273,15 + T))}$
2.000	35	-	-	-	-

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO Pa

DATI GENERALI

N_numero zone termiche

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

Grado inquinamento ambient UNI EN 16798: → opzioni non attive
 inquinato med. inquinato poco inquinato

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

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_temperatura aria esterna °C

φE_umidità relativa aria esterna %

TA_temperatura zone voluta °C

φA_umidità relativa zone voluta %

DATI ZONE TERMICHE

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	90	95	160	75	95	70
V_vol.	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	750
S_supf.	200	300	600	500	350	400	600	250	350	250
η_sing.	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wwms_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,15	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,50	0,65

VALORI DI CALCOLO_ZONE

Affollamento	pers.	<input style="width: 50px;" type="text" value="850"/>
V_volume	mc	<input style="width: 50px;" type="text" value="9.550"/>
S_superficie	mq	<input style="width: 50px;" type="text" value="3.200"/>
Sfrit_superficie_idotta_sing_veti	mq	<input style="width: 50px;" type="text" value="2.500"/>
Wwms_zone	kW	<input style="width: 50px;" type="text" value="12"/>
Wlat_zone	kW	<input style="width: 50px;" type="text" value="4"/>

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 °C; ΦE = 65%; TA = 26 °C; ΦA = 60%);

N._numero zone termiche	8	
Destinazione d'uso zone	<input checked="" type="checkbox"/> residenz. e simili	<input type="checkbox"/> non residenziale
Grado di 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 ambienti_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	

- 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										
ZONA	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
%_soff.+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_{rid.}: inattiva (la riduzione è prevista solo per le destinazioni d'uso non residenziali);
- W_{sens}: il carico sensibile totale agente sulle zone (nell'esempio svolto: 12 kW);
- W_{lat}: 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 _{rid_superficie ridotta_sogg.+letti}	mq	2.560
W _{sens_zone}	kW	12
W _{lat_zone}	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:

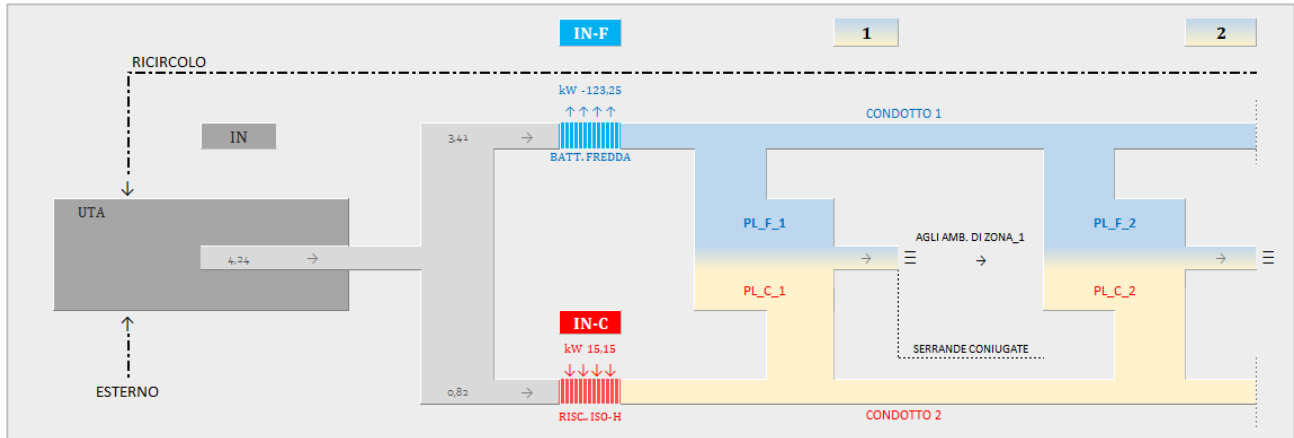
- si suppone l'esistenza di zone-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A [°C] e una umidità relativa Φ_A [%] supponendo che da separato calcolo risulti gravare sulle medesime zone carichi sensibili W_{sens_i} [kW] e latente W_{lat_i} [kW] essendo i variabile da 1..... n (n numero di zone presenti). Per l'aria esterna si suppone una temperatura T_E [°C] e una umidità relativa Φ_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;
- determinare la portata totale di impianto G_{IN} e le componenti di rinnovo GRN e ricircolo GRC ;
- determinare per ciascuna zona le aliquote GRN_i e GRC_i , nonché le portate di immissione G_i ;
- valutare le potenze scambiate nel raffreddamento delle portate trattate nella UTA e nel riscaldamento delle portate di bypass prima del loro 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 (IN; IN-F; 1; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni dell'aria umida e trovano corrispondenza nei numeri/lettere con i quali sono rappresentanti 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. 5**).

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 " T_i "; nell'esempio svolto questa è la zona 2 per la quale il programma calcola il valore $x_F = x_2 = 0,0104$ kg/kg.

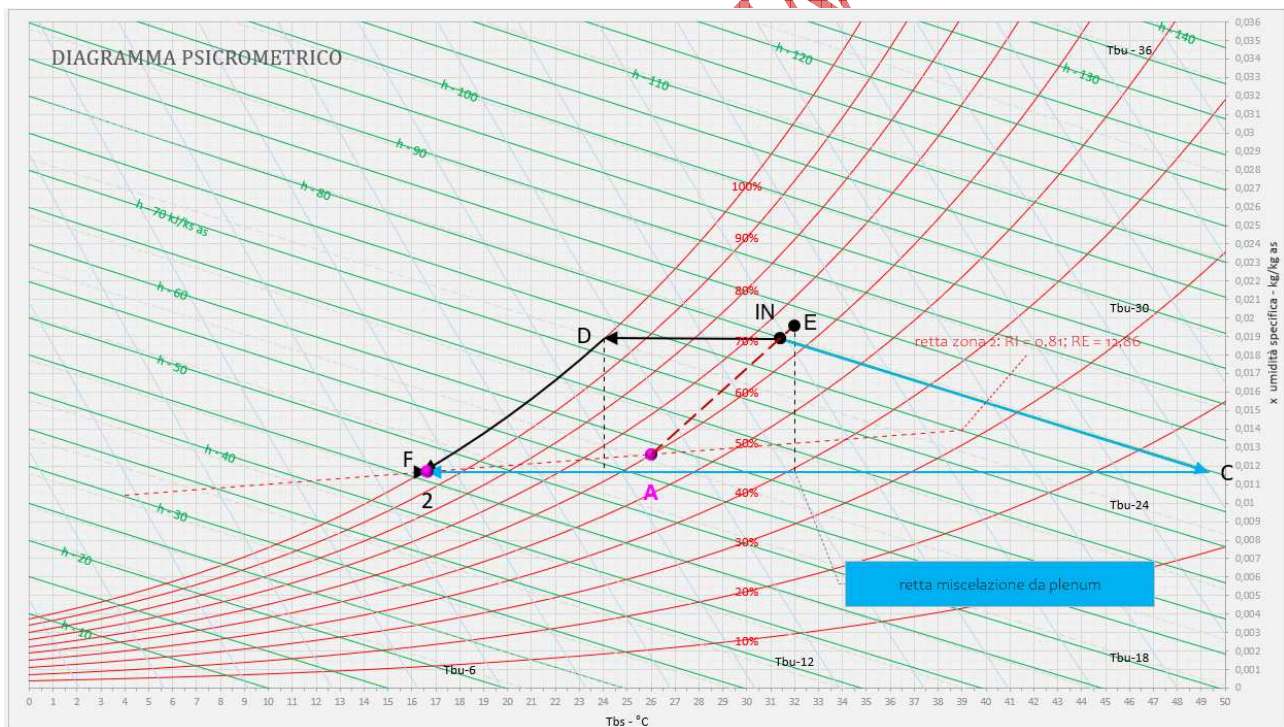
Seguendo le indicazioni del programma medesimo si fissa il valore x_i dell'umidità specifica relativa allo stato di immissione dell'aria in tutte le zone proprio pari a $x_i = x_F = x_2$:

$$x_i = 0,0117$$

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 $GF_2 = 0,40$ 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:

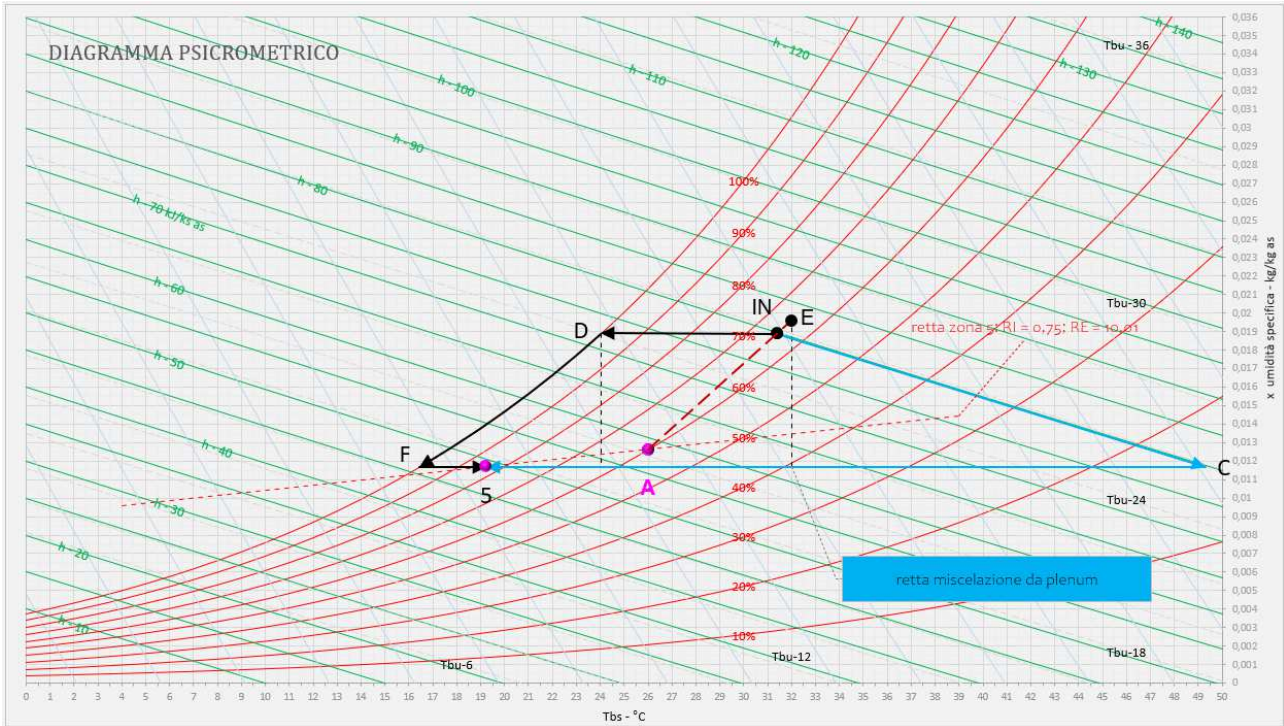


Si ottiene la situazione rappresentata nel grafico sottostante.



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. 5, si evince che il punto di immissione 5 è ottenuto secondo la linea di miscelazione F-5-C tra la portata GC_5 = 0,08 kg/s proveniente dal plenum caldo e la portata GF_5 = 0,36 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 termoisometriche dell'aria del plenum freddo attraverso la seguente schermata:

PORTATE DI ZONA E VERIFICA CONFORMITA' UNI EN 16798									
b	T _F	φ _F	Pv.sat _F	Pv _F	x _F	v _F	h _F	Tbu _F	TD _F
GF	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
F	16,42	100%	1.866,22	18,66	0,0117	0,836	46,11	16,40	16,42

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 termoisometriche 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:

x _F	=	x ₂		kg/kg	0,0117	
input_xi	imporre ripetutamente finché xi = x _F = 0,0117			→	kg/kg	0,0117
OK_xi = x _F						
%GRC	di Gi			→	%	10%

Dopo la fissazione del valore $x_i = 0,0117$, il programma verifica che tale valore sia coincidente con “x_F”. 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” e la %GRC costituiscono gli unici dati 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 xi, il programma successivamente determina in automatico tutti i parametri di progetto dell’impianto ovvero:

- ▶ determina le condizioni termoigrometriche del punto “IN” di miscelazione tra aria esterna nelle condizioni “E” e aria di ricircolo nelle condizioni ambiente “A”:

C	STATO ARIA CONDOTTO 1- INGRESSO UTA: PUNTO 'IN';								
G.IN 3,42	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
IN	31,40	64,95%	4.595,41	29,85	0,0189	0,889	79,85	26,08	24,02
D	24,02	100%	2.986,93	29,87	0,0189	0,868	72,23	24,06	24,02

- ▶ determina le condizioni dell’aria del 2[^] condotto coincidenti con quelle del plenum caldo e rappresentate dal punto “C”.

d	STATO ARIA CONDOTTO 2- DOPO RISCALDAMENTO ISO-H: PUNTO 'C'								
GC 0,82	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
C	49,30	15,70%	11.917,63	18,71	0,0117	0,931	79,85	27,01	16,55

Alle condizioni “C” si perviene sottoponendo la portata di bypass nelle condizioni “IN” (nell’esempio svolto: la portata GC = 0,82 kg/s) al riscaldamento con deumidificazione IN-C che costituisce un riscaldamento di tipo adiabatico isoentalpico 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.

ZONA	V _{zona} mc	Gi _{calc.} kg/s	GR _{UNI} kg/s	n _{UNI} 1/h	GRN _i kg/s	Gi kg/s	GRC _i kg/s	n _i 1/h
1	600	0,30	0,31	1,68	0,31	0,35	0,03	1,87
2	900	0,15	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,42
3	1.800	0,30	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42
4	1.500	0,26	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,28
5	1.000	0,17	0,40	1,30	0,40	0,45	0,04	1,44
6	1.200	0,34	0,43	1,14	0,43	0,47	0,05	1,27
7	1.800	0,16	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42
8	750	0,18	0,34	1,44	0,34	0,37	0,04	1,60
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.550	1,87	3,81	1,28	3,81	4,24	0,42	1,42
	→	G.IN	PORTATA TOTALE IMPIANTO			kg _{as} /s		4,24

Nella tabella raffigurata la penultima riga reca i valori totali.

Infine nell'ultima riga è riportato il valore di calcolo della portata d'aria complessiva di impianto "G.IN" la quale, come vedremo, sarà in parte raffreddata nella UTA e inviata nel condotto 1 per essere riversata nel plenum freddo (rif. GF = 3,42 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 = 0,82 kg/s). Nell'esempio svolto si è pervenuto ad una portata massica complessiva di impianto pari a:

$$G.IN = 4,24 \text{ [kg/s]}$$

► determina, per ciascuna zona, le portate e le condizioni psicrometriche di immissione, ovvero: il valore della portata Gi, temperatura "Ti" e umidità relativa "Φi"; la pressione di

saturatione del vapore “Pvsat_i”; quella parziale “Pv_i”, il valore dell’umidità specifica “x_i”, del volume specifico “v_i”, dell’entalpia “h_i”, della temperatura di bulbo umido “Tbu_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).

f	PORTATE CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE x ZONA								
ZONA	Gi	Ti	ϕ_i	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi = 16,42	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C
1	0,35	20,37	78,23%	2.391,29	18,71	0,01170	0,847	50,16	17,66
2	0,40	16,64	100,00%	1.892,73	18,93	0,01170	0,837	46,34	16,63
3	0,80	20,53	77,46%	2.415,35	18,71	0,01170	0,848	50,33	17,72
4	0,60	20,37	78,23%	2.391,29	18,71	0,01170	0,847	50,16	17,66
5	0,45	19,23	83,94%	2.228,66	18,71	0,01170	0,844	49,00	17,28
6	0,47	21,36	73,60%	2.542,01	18,71	0,01170	0,850	51,18	18,01
7	0,80	17,38	94,30%	1.984,01	18,71	0,01170	0,839	47,10	16,70
8	0,37	18,75	86,53%	2.161,97	18,71	0,01170	0,843	48,50	17,12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 5	0,45	19,23	83,9%	2.228,66	18,71	0,01	0,84	49,00	17,28

► determina, il valore della potenza termica “W-” e del vapore “U1” sottratti alla portata “GF” nella batteria fredda.

g	POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATT. FREDDA DEL CONDOTTO 1__IN → F			
h.IN'	$c_{pa} \cdot T.IN' + c_{pv} \cdot x.IN' \cdot T.IN' + r \cdot x.IN'$	IN'_proiezione di IN su xi = k	kJ / kg as	61,48
Wsens	$GF \cdot (hF - h.IN')$	componente sensibile	kW	-52,50
Wlat	$GF \cdot (h.IN' - h.IN)$	componente latente	kW	-62,78
W-	$GF \cdot (hF - h.IN)$	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	kW	-123,46
U1	$GF \cdot (xF - x.IN)$	vapore condensato nel condotto 1	gr/s	-24,52

► 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.

e	PORTATE CONDOTTO 1 E CONDOTTO 2						
ZONA	TF	T.IN'	Ti	Gi		GF_i	GC_i
TDi = 16,42	°C	°C	°C	kg/s		kg/s	kg/s
1	16,42	31,40	20,37	0,35		0,26	0,09
2	16,42	31,40	16,64	0,40		0,40	0,00
3	16,42	31,40	20,53	0,80		0,58	0,22
4	16,42	31,40	20,37	0,60		0,44	0,16
5	16,42	31,40	19,23	0,45		0,36	0,08
6	16,42	31,40	21,36	0,47		0,32	0,16
7	16,42	31,40	17,38	0,80		0,75	0,05
8	16,42	31,40	18,75	0,37		0,32	0,06
-	-	-	-	-		-	-
-	-	-	-	-		-	-
			→	GF	PORTATA CONDOTTO 1_FREDDO	3,42	
			→	GC	PORTATA CONDOTTO 2_CALDO		0,82

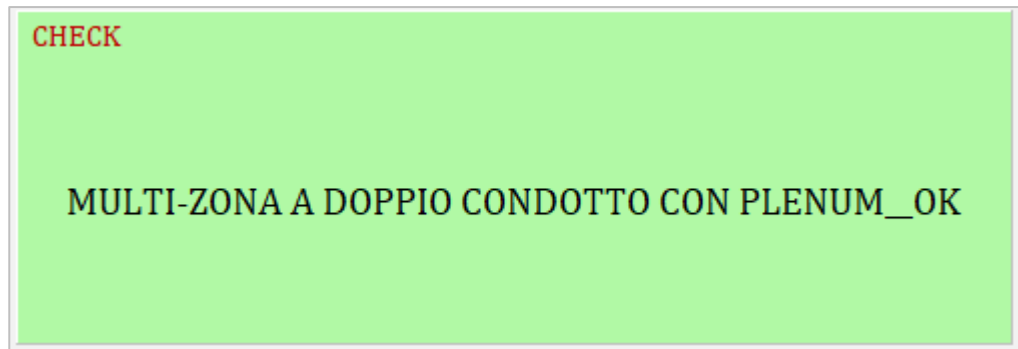
- determina la potenza convertita da latente a sensibile nel riscaldamento ISO_H: IN-C ($W_{lat} \rightarrow W_s = 15,04 \text{ kW}$); il vapore U2 condensato; il fattore di bypass dato dal rapporto $GC/G.IN$;

h	POTENZA LATENTE CONVERTITA IN POTENZA SENSIBILE NEL RISC. ISO-H_IN → C				
ΔT	TC - T.IN	salto termico aria risc. ISO-H	→	°C	17,91
$W_{lat} \rightarrow sens$	$GC * (hC - h.IN')$	ENERGIA LATENTE CONVERTITA IN SENSIBILE		kW	15,04
U2	$GC * (xC - x.IN)$	vapore condensato nel condotto 2		kg/s	-0,0064
FB	$GC/G.IN$	fattore di bypass		-	0,19

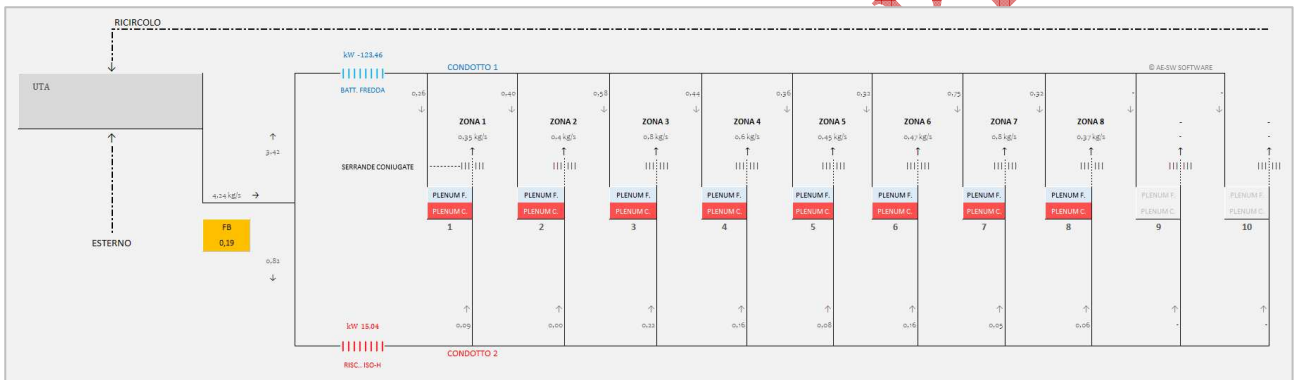
- determina la differenza di temperatura " $T_i - T_A$ " tra aria di immissione e aria ambiente, utile ai fini della valutazione del comfort ambientale valutabile come "buono" per valori compresi tra circa -9 e -3 °C.

	BUONO	COMFORT	ACCETTABILE
ZONE		$T_i - T_A$	$\phi_i - \phi_A$
1		-5,63	18,23%
2		-9,36	40,00%
3		-5,47	17,46%
4		-5,63	18,23%
5		-6,77	23,94%
6		-4,64	13,60%
7		-8,62	34,30%
8		-7,25	26,53%
-		-	-
-		-	-

Il progetto dell'impianto si conclude con la verifica di corretto dimensionamento:



e con la rappresentazione dello schema dell'impianto col riporto delle portate circolanti e delle potenze scambiate.



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

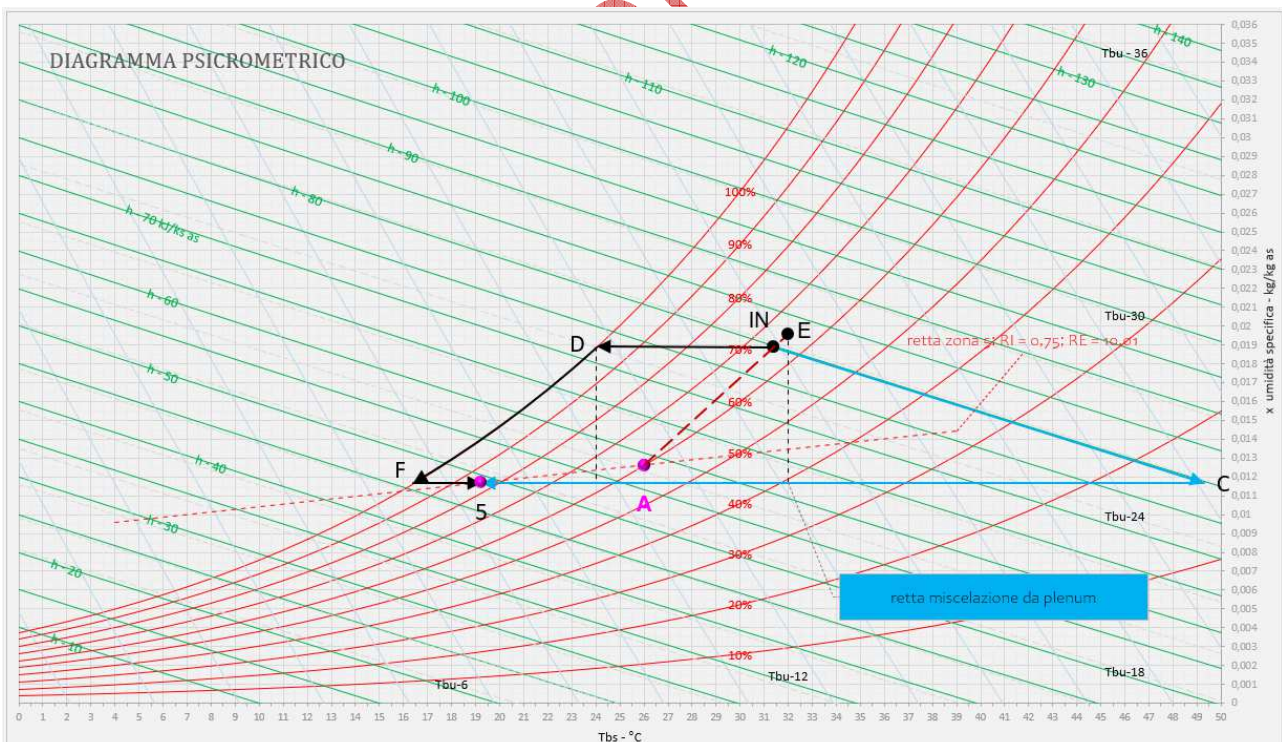
ZONA

5 ▼

Alla selezione della zona, il programma determina tutti i parametri psicrometrici dell'aria nelle condizioni 5 di immissione nella zona 5 da climatizzare, secondo il prospetto di calcolo seguente:

G5	T5	ϕ_5	Pvsat_5	Pv_5	x_5	v_5	h_5	Tbu_5	RI	RE
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv
0,45	19,23	83,9%	2.228,66	18,71	0,01170	0,844	49,00	17,28	0,75	10,01

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



Sul diagramma sono visibili:

- il raffreddamento e deumidificazione IN-D-F della portata $G_F = 3,42$ kg/s del condotto 1, eseguito nella batteria fredda della UTA, prima di confluire nel plenum freddo;

- il riscaldamento e deumidificazione IN-C della portata $GC_5 = 0,08 \text{ kg/s}$ del condotto 2, eseguito nella batteria calda della UTA, prima di confluire nel plenum caldo;
- la retta di miscelazione F-5-C relativa alla zona 5;
- la retta ambiente 5-A relativa alla zona 5 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: $G_b = 3,42 \text{ kg/s}$;

Potenza: $W_b = 123,46 \text{ kW}$ (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	Atu 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			
T_{hi}	temperatura ingresso acqua	-	$^\circ\text{C}$ 6,0
ΔT_h	salto termico acqua	-	$^\circ\text{C}$ 10
T_{hu}	temperatura uscita acqua		$^\circ\text{C}$ 16,00
T_m	temperatura supeficiale media batteria		$^\circ\text{C}$ 12,00
G_h	portata acqua batteria		l/s 2,95

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
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua			°C	10,41
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua controcorrente			°C	13,0
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:

$\Delta T_{ml} = 10,41$ °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);

$\Delta T_{ml_co} = 13,0$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

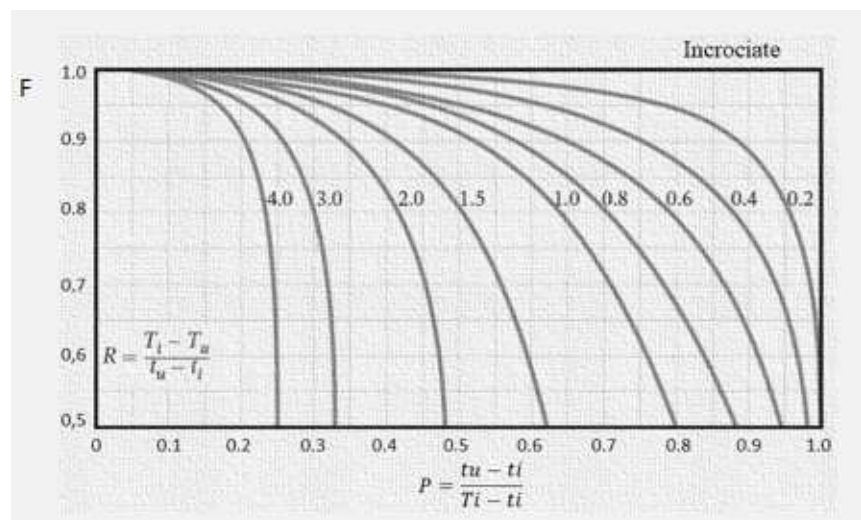
$F = 0,8$: fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze $P = 0,38$ 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:

Gb		portata aria in batteria	kg/s	3,42
Wb		potenza batteria	kW	123,46
H		altezza batteria	mm	1200
L	$G_b / (v_a \cdot H)$	larghezza batteria	mm	1.693
Af	$H \cdot L$	area frontale batteria	m ²	2,03
N	$W_b / (v_h \cdot 4186 \cdot \Delta t_{m1})$	numero tubi orizzontali	-	17
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	71

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*ΔTm1)

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 MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM

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

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 con ricircolo.

Il progetto prevede una Unità di Trattamento dalla quale si diparte un condotto di convogliamento della intera portata. 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 l'aria è riscaldata in modo adiabatico isoentalpico: l'energia generata dalla liquefazione del vapore è utilizzata per il riscaldamento dell'aria di bypass.

L'aria dei due condotti confluisce in due plenum; uno freddo e uno caldo dai quali sono attinte le portate di miscelazione nelle necessarie quantità in relazione ai carichi di zona. Le portate di miscelazione, tramite canalizzazioni sono successivamente riversate negli ambienti di zona. L'aria di immissione presenta le idonee condizioni termigrometriche necessarie ad asportare i carichi degli ambienti 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 ϕA ; carico sensibile gravante W_{sens_i} [kW]; carico latente gravante W_{lat_i} [kW].

Aria esterna con temperatura TE [°C] e umidità relativa ϕE [%].

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 G [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] all'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] nel 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, delle rette-ambiente di ciascuna zona;*

INFINE:

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

© AE-SW SOFTWARE

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	A TUTT'ARIA PRIMARIA CON MISCELAZIONE DA PLENUM	
Metodo di calcolo:	a umidità specifica di immissione controllata	
P_Pressione atmosferica:	101.325	Pa
Categoria zona	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	65%	-
TA_Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
φA_Umidità relativa ambiente di progetto	60%	-

DATI ZONE TERMICHE

ZONE	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	1,20	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 STATI D'ARIA

GE	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	65%	4.755,40	30,91	0,01957	0,892	82,24	26,6	24,61

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	60%	3.361,16	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64

aria ambiente

G.IN	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
IN	31,40	64,9%	4.595,41	29,85	0,01888	0,889	79,85	26,1	24,02

aria di miscelazione tra aria esterna e aria ambiente

GF	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
F	16	100%	1.866,22	18,66	0,01167	0,836	46,04	16,4	16,42

aria 1 (dopo raffreddamento)

© AE-SW SOFTWARE

GC	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
C	49,3	15,7%	11.917,63	18,71	0,01170	0,931	79,85	27,0	16,55

aria 2° condotto (dopo riscaldamento ISO-H)

PORTATE D'ARIA COMPLESSIVE

G.IN	portata complessiva	4,24	kg_as/s
GRN	portata di rinnovo	3,81	kg_as/s
GRC	portata di ricircolo	0,42	kg_as/s
GF	condotto_1_freddo	3,42	kg_as/s
GC	condotto_2_caldo	0,82	kg_as/s

PORTATE D'ARIA DI CONFLUENZA NEI PLENUM

ZONA	GF_i - 1^a	GC_i - 2^a
	kg/s	kg/s
1	0,26	0,09
2	0,40	0,00
3	0,58	0,22
4	0,44	0,16
5	0,36	0,08
6	0,32	0,16
7	0,75	0,05
8	0,32	0,06
-	-	-
-	-	-

POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NEL 1^ CONDOTTO

Wsens	componente sensibile	-52,50	kW
Wlat	componente latente	-62,78	kW
W-	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	-123,46	kW
U1	TOTALE VAPORE SOTTRATTO	-24,52	gr/s

POTENZA CONVERTITA E VAPORE SOTTRATTO NEL 2° CONDOTTO

Wlat	potenza latente sottratta	-15,04	kW
Wsens	potenza convertita in sensibile	15,04	kW
W	TOTALE POTENZA SCAMBIATA CON L'ESTERNO	0,00	kW
U2	vapore sottratto	-6,44	gr/s

PORTATE E CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE PER ZONA/PLENUM

ZONA	Gi	Ti	ϕ_i	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i	TD_i
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C

pag. 4 di 6

© AE-SW SOFTWARE

1	0,35	20,37	78,2%	2.391,29	18,71	0,0117	0,847	50,16	17,66	16,45
2	0,40	16,64	100,0%	1.892,73	18,93	0,0117	0,837	46,34	16,63	16,45
3	0,80	20,53	77,5%	2.415,35	18,71	0,0117	0,848	50,33	17,72	16,45
4	0,60	20,37	78,2%	2.391,29	18,71	0,0117	0,847	50,16	17,66	16,45
5	0,45	19,23	83,9%	2.228,66	18,71	0,0117	0,844	49,00	17,28	16,45
6	0,47	21,36	73,6%	2.542,01	18,71	0,0117	0,850	51,18	18,01	16,45
7	0,80	17,38	94,3%	1.984,01	18,71	0,0117	0,839	47,10	16,70	16,45
8	0,37	18,75	86,5%	2.161,97	18,71	0,0117	0,843	48,50	17,12	16,45
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMI D'ARIA DI RICAMBIO E NUMERI DI RICAMBI ORARI

ZONA	GRN_UNI UNI EN 16798	n_UNI UNI EN 16798	GRN_i mc/h	n_i 1/h
1	1.008	1,68	1.120,00	1,87
2	1.152	1,28	1.280,00	1,42
3	2.304	1,28	2.560,00	1,42
4	1.728	1,15	1.920,00	1,28
5	1.296	1,30	1.440,00	1,44
6	1.368	1,14	1.520,00	1,27
7	2.304	1,28	2.560,00	1,42
8	1.080	1,44	1.200,00	1,60
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

 $\Delta T/\Delta \phi$ TRA ARIA PLENUM E ARIA AMBIENTE - RAPPORTI TERMICI DI ZONA

ZONA	Ti - TA °C	$\phi_i - \phi_A$ %	RI -	RE kJ/grv
1	-5,63	18,23%	0,71	8,75
2	-9,36	40,00%	0,81	12,86
3	-5,47	17,46%	0,71	8,58
4	-5,63	18,23%	0,71	8,75
5	-6,77	23,94%	0,75	10,01
6	-4,64	13,60%	0,67	7,66
7	-8,62	34,30%	0,79	12,05
8	-7,25	26,53%	0,76	10,54
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

Gb air flow rate in the battery

Wb air flow rate in the battery

TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Atu mmq
-----------	----------	----------	------------

© AE-SW SOFTWARE

	5/8' - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177,00
Flusso aria risp. flusso acqua:		incrociato		
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua		°C	10,41
F	fatt. correz. scambio term._resp. controcorrente		-	0,80
Tm	temperatura supeficiale 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	2,95
va	velocità aria		m/s	1,50
vh	velocità acqua		m/s	1,00
H	altezza batteria		mm	1200
L	larghezza batteria		mm	1.693
Af	area frontale batteria		m ²	2,03
N	numero tubi orizzontali		-	17
i	interasse verticale tubi		mm	71
U	coeff. scambio termico globale_superficie frontale		W/m ² °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 CON RICIRCOLO
REGIME ESTIVO

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
TIPOLOGIA CALCOLO

xi a umidità specifica di immissione controllata



PRESIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO

#INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H_altitudine_m	TH_temp_ach_C				
2,000	15	$101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$	$101325 * e^{-(1 - 0,0002216 * H)^{1,44}}$	$101325 * e^{-(1 - 0,0002216 * H)^{1,44}}$	$101325 * e^{-(1 - 0,0002216 * H)^{1,44}}$

PRESIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

Pa

DATI GENERALI

N_numero zona termiche

8

Destinazione d'uso zone

non residenziale

Grado inquinamento ambienti UNI EN 15793:

inquinato medi inquinato poco inquinato

Grado di qualità ambientale aria esa UNI EN 15793:

1_molto buono 2_buono 3_poco buono

Metodo di calcolo UNI EN 15793:

metodo 1 metodo 2 metodo 3

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_temperatura aria esterna
φE_umidità relativa aria esterna
TA_temperatura zona voluta
φA_umidità relativa zona voluta

°C

12

%

45%

°C

15

%

60%

DATI ZONE TERMICHE

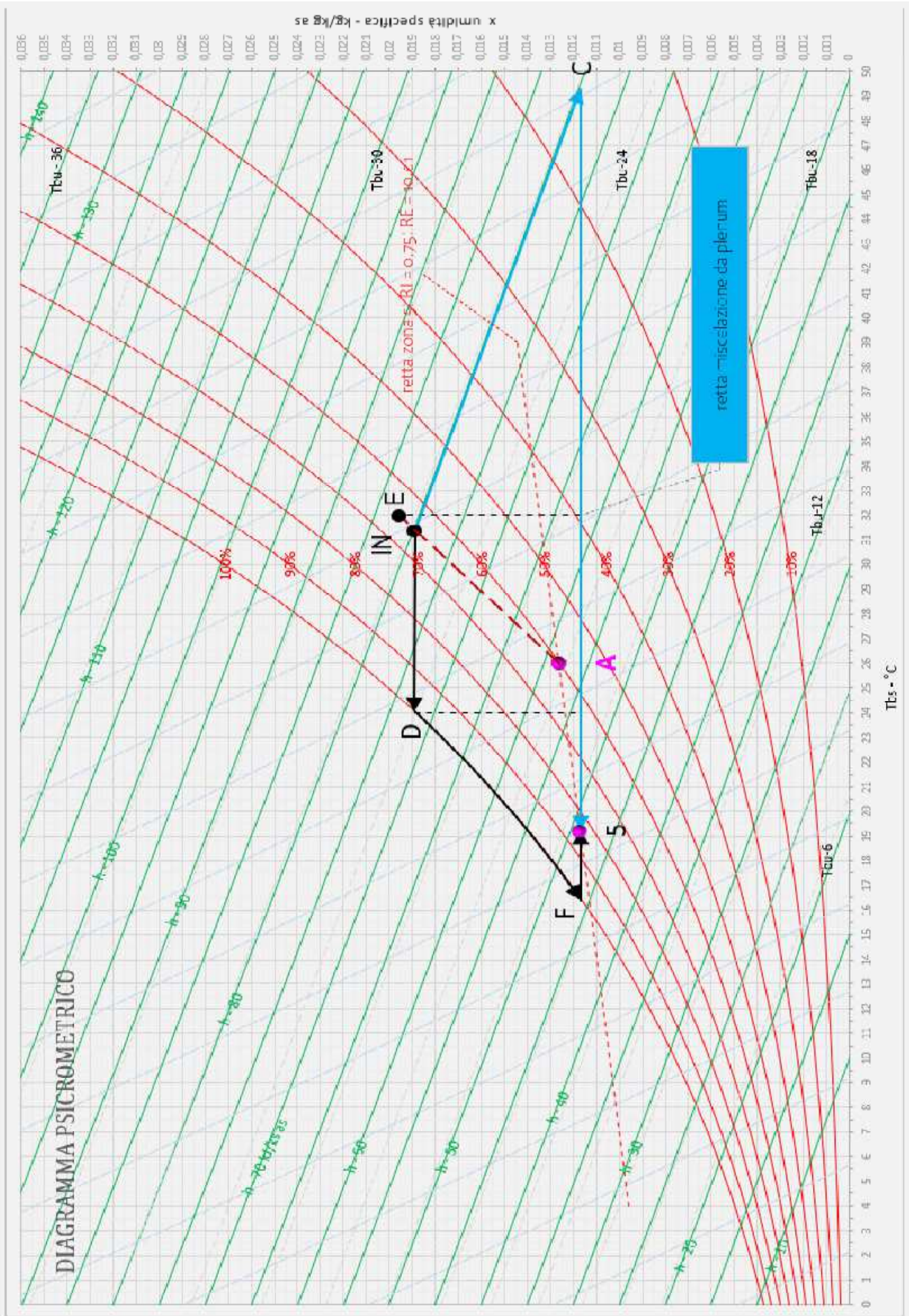
ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_jens	70	140	120	90	85	160	75	85	70	70
V_int	500	500	1.500	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.000
S_int	300	300	500	350	400	500	350	400	300	300
φ_int	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
W_int_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,70	1,65	1,45	1,35	1,10	1,35
W_int_kW	0,70	0,35	0,70	0,50	0,40	0,30	0,38	0,22	0,30	0,35

VALORI DI CALCOLO_ZONE

Affollamento	pers.	850
V_volume	mic	9.550
S_superficie	mq	3.500
S_int_superficie indotta da affollati	mq	3.550
W_int_zone	kW	12
W_ext_zone	kW	4

Studio associato di Ingegneri G. Viorio / Ing. Giuseppe III - Massa di Somma - (NA)

AE-SW - © TUTTI I DIRITTI RISERVATI



AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS

SIZING OF ALL-AIR MULTI-ZONE SYSTEMS WITH RECIRCULATION

Plenum mixing

PREMISE

The Manual illustrates the functions of the program in *Excel format* for the sizing of *all-air summer air conditioning systems with recirculation and mixing from plenum*. 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 ALL-AIR AIR CONDITIONING SYSTEMS WITH RECIRCULATION
SUMMER REGIME

TYPE SYSTEM
FULL AIR WITH RECIRCULATION

CALCULATION TYPE
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 - 11.57*H + 0.00055*H ²	101325 * (1 - 0.0000226*H) ^{5.256}	101325 * 0.9877 ^(0.11348*H)	101325 * e ^(-3.36301611*H)
2.000	35				

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: 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: 32 °C
φ_E_relative humidity outdoor air: 65%
TA_desired zone temperature: 25 °C
φ_A_desired zone relative humidity: 60%

THERMAL ZONES DATA

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	160	120	90	85	160	75	85	70
V_vol	900	900	1,800	1,500	1,000	1,200	1,800	750	1,000	700
S_area	200	300	600	500	350	400	600	250	350	300
%_humid	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,30	1,15
Wat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,24

CALCULATION VALUES_ZONES

Crowding: 850 people
V_volume: 9.550 mc
S_area: 3.200 mq
SRA_reduced area_filing+beds: 3.550 mq
Wsens_zone: 12 kW
Wat_zone: 4 kW

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

- the type of system: all-primary air (default);
- the calculation option: "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 external and environmental area (in the example carried out: TE = 32 °C; ΦE = 65%; TA = 26 °C; ΦA = 60%);

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										
ZONE	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_{rid.}: inactive (the reduction is provided only for non-residential uses);
- W_{sens}: the total sensitive load acting on the zones (in the example carried out: 12 kW);
- W_{lat}: 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
Srid_reduced area_living+beds	mq	2.560
Wsens_zone	kW	12
Wlat_zone	kW	4

AE-SW SOFTWARE

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:

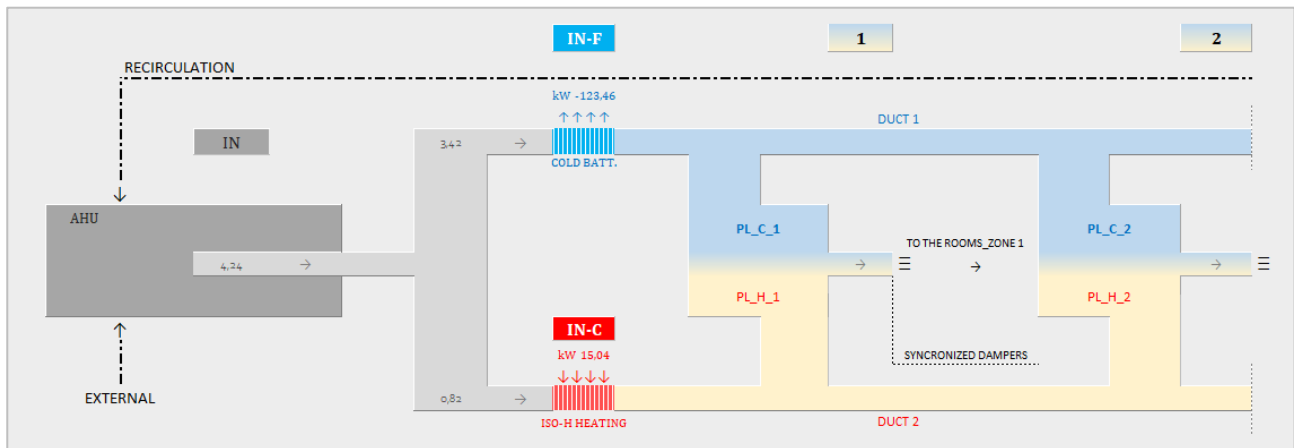
- it is assumed that there are ambient zones in which we want to maintain a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%], assuming that a separate calculation shows that sensitive loads W_{sens_i} [kW] and latent loads W_{lat_i} [kW] are burdened on the same zones, since i varies from 1..... n (n number of zones present). For the outside air, a temperature T_E [°C] and a relative humidity Φ_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 program 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;
- determine the total flow rate of the G.IN system and the GRN renewal and GRC recirculation components;
- determine for each zone the GRN_i and GRC_i rates, as well as the G_i input flows;
- evaluate the power exchanged in the cooling of the treated flow rates in the AHU and in the rewelding of the bypass flow rates before their conveyance 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 (IN; IN-F; 1; 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. 5 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 "Ti" 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 $x_i = x_F = x_2$:

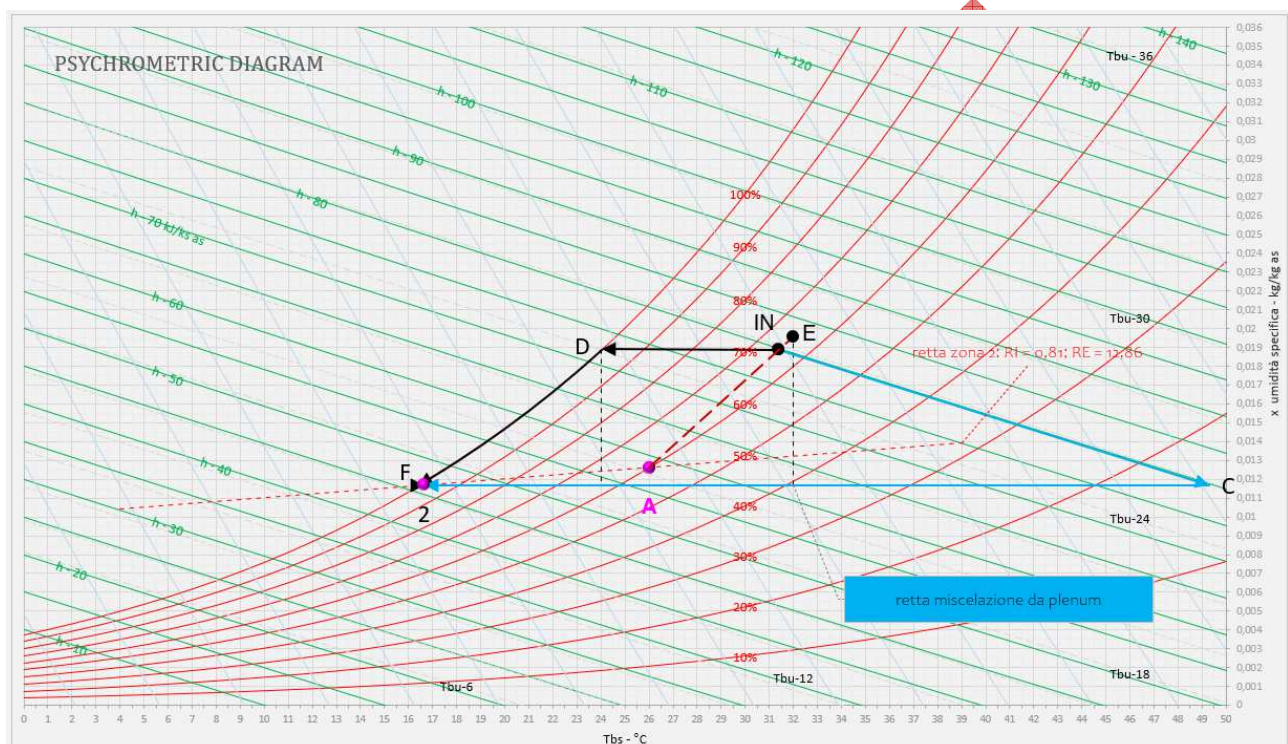
$$x_i = 0.0117$$

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 $GC_2 = 0.0$ kg/s while that to be drawn from the cold plenum is $GF_2 = 0.40$ 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:

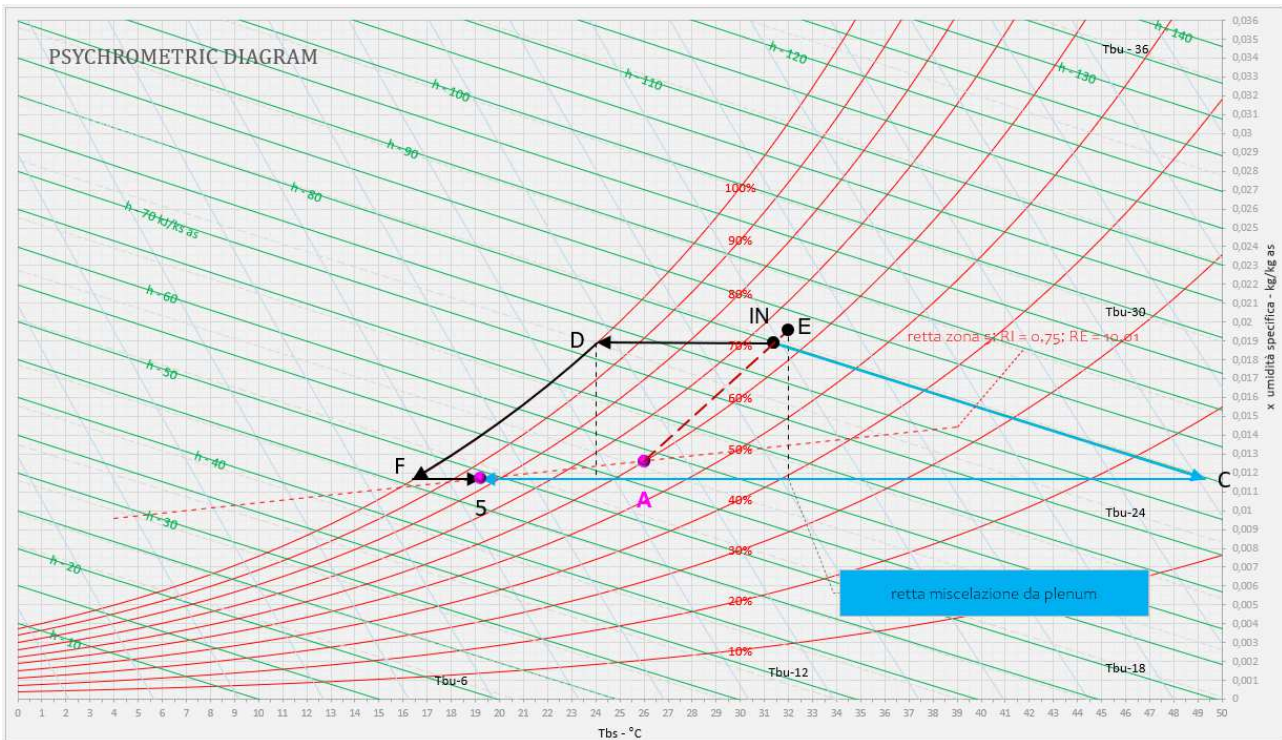


The situation shown in the graph below is obtained.



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. 5, it can be deduced that the injection point 5 is obtained according to the mixing line F-5-C between the flow rate $GC_5 = 0.08$ kg/s coming from the hot plenum and the flow rate $GF_5 = 0.36$ 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 thermohygrometric conditions of the air of the cold plenum through the following screen:

b ZONE FLOW RATES AND VERIFICATION OF CONFORMITY UNI EN 16798									
GF	T _F	φ _F	Pv.sat _F	Pv _F	x _F	v _F	h _F	Tbu _F	TD _F
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
F	16,42	100%	1.866,22	18,66	0,0117	0,836	46,11	16,40	16,42

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 _F	=	x ₂		kg/kg	0,0117
input_xi	impose repeatedly until xi = x _F =	0,0117	→	kg/kg	0,0117
OK_xi = x _F					
%GRC	of G _i		→	%	10%

After fixing the value $x_i = 0.0117$, the program verifies that this value coincides with "x_F". 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" and the %GRC are 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 xi, the program subsequently automatically determines all the design parameters of the system, namely:

- determines the thermo-hygrometric conditions of the "IN" point of mixing between outside air in conditions "E" and recirculated air in ambient conditions "A":

C	DUCT AIR STATUS 1- AHU INLET: 'IN' POINT								
G.IN	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
3,42	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
IN	31,40	64,95%	4.595,41	29,85	0,0189	0,889	79,85	26,08	24,02
D	24,02	100%	2.986,93	29,87	0,0189	0,868	72,23	24,06	24,02

- determines the air conditions of the 2[^] duct coinciding with those of the hot plenum and represented by point "C".

d	DUCT AIR STATUS 2- ISO-H POST-HEATING: POINT 'C'								
GC	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
0,82	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
C	49,30	15,70%	11.917,63	18,71	0,0117	0,931	79,85	27,01	16,55

Conditions "C" are reached by subjecting the bypass flow rate in the "IN" conditions (in the example carried out: the flow rate GC = 0.82 kg/s) to heating with dehumidification IN-C which constitutes a hygroscopic isoenthalpy adiabatic heating indicated with "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 "Gi" and the volume of air "Vi" of intake, the number "n_i" of the hourly changes as per the following calculation table (they are indicated in green). For each zone, the "Gi" intake flow rates are assumed to be equal to the maximum of the value of the "Gi_calc" flow rate necessary to remove the zone thermal loads and the value of the minimum "Gi_UNI" ventilation flow rate imposed by the UNI EN 16798 standards. The same goes for the volume "Vi". All according to the table below.

ZONE	V_zona mc	Gi_calc. kg/s	GR_UNI kg/s	n_UNI 1/h	GRN_i kg/s	Gi kg/s	GRC_i kg/s	n_i 1/h
1	600	0,30	0,31	1,68	0,31	0,35	0,03	1,87
2	900	0,15	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,42
3	1.800	0,30	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42
4	1.500	0,26	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,28
5	1.000	0,17	0,40	1,30	0,40	0,45	0,04	1,44
6	1.200	0,34	0,43	1,14	0,43	0,47	0,05	1,27
7	1.800	0,16	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42
8	750	0,18	0,34	1,44	0,34	0,37	0,04	1,60
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.550	1,87	3,81	1,28	3,81	4,24	0,42	1,42
	→	G.IN	TOTAL FLOW RATE SYSTEM			kg_as/s		4,24

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

Finally, the last line shows the calculation value of the total air flow rate of the system "G.IN" 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 = 3.42 kg/s) and partly bypassed with respect to the cold coil, heated in an isoenthalpy way and sent into duct 2 to be poured into the hot plenum (ref. GC = 0.82 kg/s). In the example carried out, a total mass flow rate of the system was reached equal to:

$$G.IN = 4.24 \text{ [kg/s]}$$

► determines, for each zone, the flow rates and the psychrometric immission conditions, namely: the value of the flow Gi, temperature "Ti" and relative humidity "Φi"; the vapor saturation pressure "Pvsat_i"; the partial "Pv_i", the value of the specific humidity "x_i", the specific volume "v_i", the enthalpy "h_i", the wet bulb temperature "Tbu_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).

f	FLOW RATES PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF INLET FOR EACH ZONE								
ZONE	Gi	Ti	ϕ_i	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi = 16,42	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C
1	0,35	20,37	78,23%	2.391,29	18,71	0,01170	0,847	50,16	17,66
2	0,40	16,64	100,00%	1.892,73	18,93	0,01170	0,837	46,34	16,63
3	0,80	20,53	77,46%	2.415,35	18,71	0,01170	0,848	50,33	17,72
4	0,60	20,37	78,23%	2.391,29	18,71	0,01170	0,847	50,16	17,66
5	0,45	19,23	83,94%	2.228,66	18,71	0,01170	0,844	49,00	17,28
6	0,47	21,36	73,60%	2.542,01	18,71	0,01170	0,850	51,18	18,01
7	0,80	17,38	94,30%	1.984,01	18,71	0,01170	0,839	47,10	16,70
8	0,37	18,75	86,53%	2.161,97	18,71	0,01170	0,843	48,50	17,12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 5	0,45	19,23	83,9%	2.228,66	18,71	0,01	0,84	49,00	17,28

► determines the value of the heat output "W-" and the steam "U1" subtracted from the flow rate "GF" in the cold coil.

g	POWER AND STEAM SUBTRACTED IN THE COLD BATTERY OF DUCT 1__IN → F			
h.IN'	$cp_a \cdot T.IN' + cp_v \cdot x.IN' \cdot T.IN' + r \cdot x.IN'$	IN' _proiection of IN on xi = k	kJ / kg as	61,48
Wsens	$GF \cdot (hF - h.IN')$	sensitive component	kW	-52,50
Wlat	$GF \cdot (h.IN' - h.IN)$	latent component	kW	-62,78
W-	$GF \cdot (hF - h.IN)$	TOTAL POWER SUBTRACTED	kW	-123,46
U1	$GF \cdot (x_F - x.IN)$	condensed steam in the duct 1	gr/s	-24,52

► 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.

e	FLOW RATES DUCT 1 AND DUCT 2						
ZONE	TF	T.IN'	Ti	Gi		GF _j	GC _j
	°C	°C	°C	kg/s		kg/s	kg/s
TDi = 16,42							
1	16,42	31,40	20,37	0,35		0,26	0,09
2	16,42	31,40	16,64	0,40		0,40	0,00
3	16,42	31,40	20,53	0,80		0,58	0,22
4	16,42	31,40	20,37	0,60		0,44	0,16
5	16,42	31,40	19,23	0,45		0,36	0,08
6	16,42	31,40	21,36	0,47		0,32	0,16
7	16,42	31,40	17,38	0,80		0,75	0,05
8	16,42	31,40	18,75	0,37		0,32	0,06
-	-	-	-	-		-	-
-	-	-	-	-		-	-
				→ GF	FLOW RATE 1_COLD	3,42	
				→ GC	FLOW RATE 2_HOT		0,82

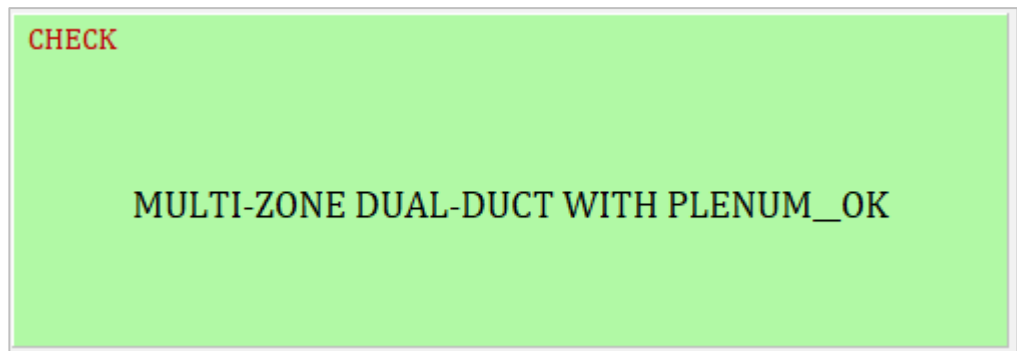
- determines the power converted from latent to sensible in heating ISO_H: IN-C ($W_{lat} \rightarrow W_s = 15.04 \text{ kW}$); condensed U2 steam; the bypass factor given by the GC/G.IN ratio;

h	LATENT POWER CONVERTED TO SENSIBLE POWER IN THE ISO-H HEATING_IN → C			
ΔT	TC - T.IN	thermal differ. for ISO-H heating	→ °C	17,91
$W_{lat} \rightarrow sens$	$GC * (hC - h.IN')$	LATENT ENERGY CONVERTED TO SENSIBLE	kW	15,04
U2	$GC * (xC - x.IN)$	condensed steam in the duct 2	kg/s	-0,0064
FB	GC/G.IN	bypass factor	-	0,19

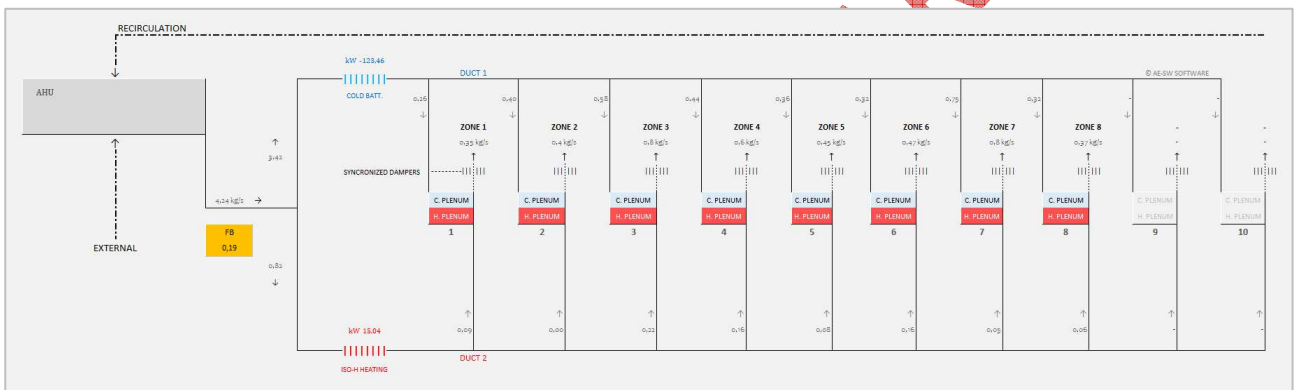
- determines the temperature difference " $T_i - T_A$ " between the intake air and the ambient air, useful for the purpose of assessing environmental comfort that can be assessed as "good" for values between approximately -9 and -3 °C.

	GOOD	COMFORT	ACCEPTABLE
ZONE		$T_i - T_A$	$\phi_i - \phi_A$
1		-5,63	18,23%
2		-9,36	40,00%
3		-5,47	17,46%
4		-5,63	18,23%
5		-6,77	23,94%
6		-4,64	13,60%
7		-8,62	34,30%
8		-7,25	26,53%
-		-	-
-		-	-

The project of the system 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.



3 - REPRESENTATION ON PSYCHROMETRIC DIAGRAM

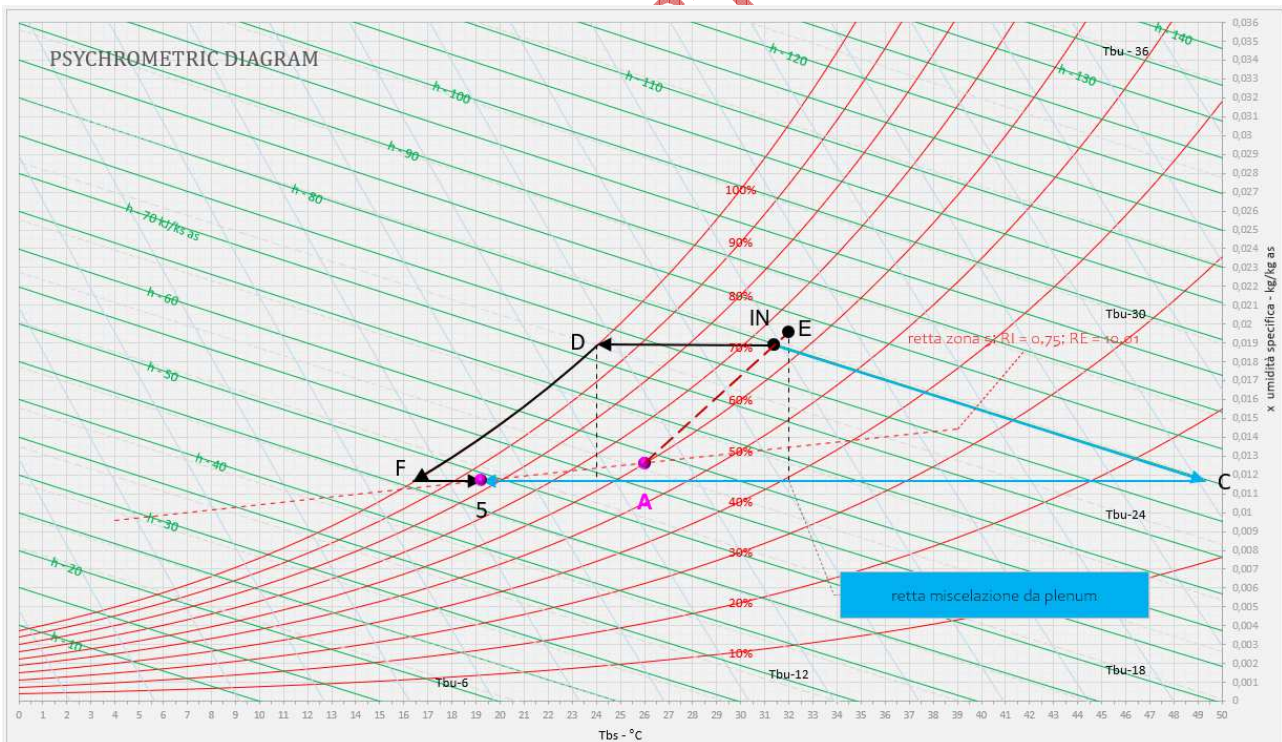
The representation on the psychrometric diagram takes place for each project zone. The choice of the zone in which to represent the treatments and transformations of humid air in the AHU and in the zone heating coil is made from a drop-down list as shown in the figure:



When the zone is selected, the program determines all the psychrometric parameters of the air in the conditions 5 of the intake into zone 5 to be air-conditioned, according to the following calculation table:

G5	T5	ϕ_5	Pvsat_5	Pv_5	x_5	v_5	h_5	Tbu_5	RI	RE
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv
0,45	19,23	83,9%	2.228,66	18,71	0,01170	0,844	49,00	17,28	0,75	10,01

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



On the diagram you can see:

- the cooling and dehumidification IN-D-F of the flow rate $GF = 3.42$ kg/s of duct 1, carried out in the cold coil of the AHU, before flowing into the cold plenum;
- the heating and dehumidification IN-C of the flow rate $GC_5 = 0.08$ kg/s of duct 2, carried out in the hot coil of the AHU, before flowing into the hot plenum;

- the F-5-C mixing line for zone 5;
- the ambient line 5-A relating to zone 5 and the related internal thermal factors RI and external RE.

AE-SW SOFTWARE

4 - THE SIZING OF THE COLD BATTERY

COLD BATTERY SIZING

For sizing purposes, the program takes the calculated values of the treated air flow rate in the coil and the heat output.

In the example carried out:

Treated air flow rate: $G_b = 3.42 \text{ kg/s}$;

Power: $W_b = 123.46 \text{ kW}$ (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:

TYPOLOGY	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:

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

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

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

COLD BATTERY POWER SUPPLY			
T_{hi}	water inlet temperature	-	$^\circ\text{C}$ 6,0
ΔT_h	water thermal difference	-	$^\circ\text{C}$ 10
T_{hu}	water outel temperature		$^\circ\text{C}$ 16,00
T_m	average battery surface temperature		$^\circ\text{C}$ 12,00
G_h	battery water flow rate		l/s 2,95

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
ΔT_{ml}	logarithmic air/water thermal jump			°C	10,41
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow			°C	13,0
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:

$\Delta T_{ml} = 10.41$ °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);

$\Delta T_{ml_co} = 13.0$ °C: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

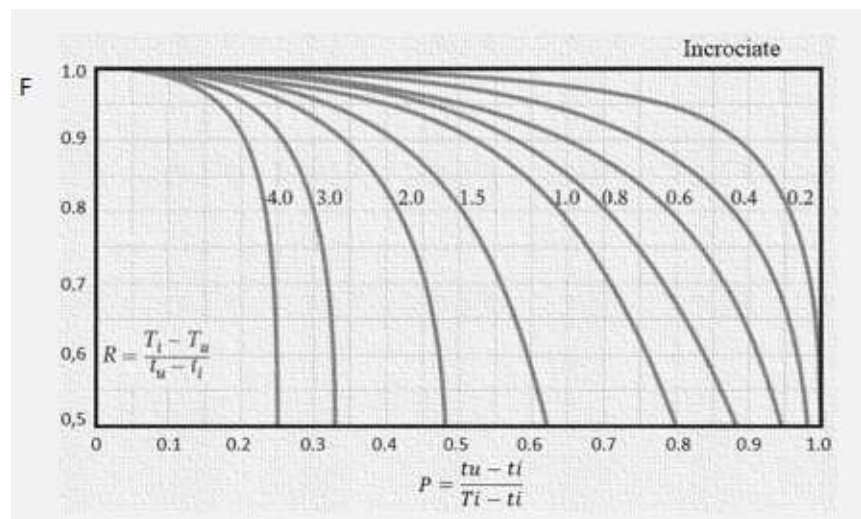
$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior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



the battery according to the table below:

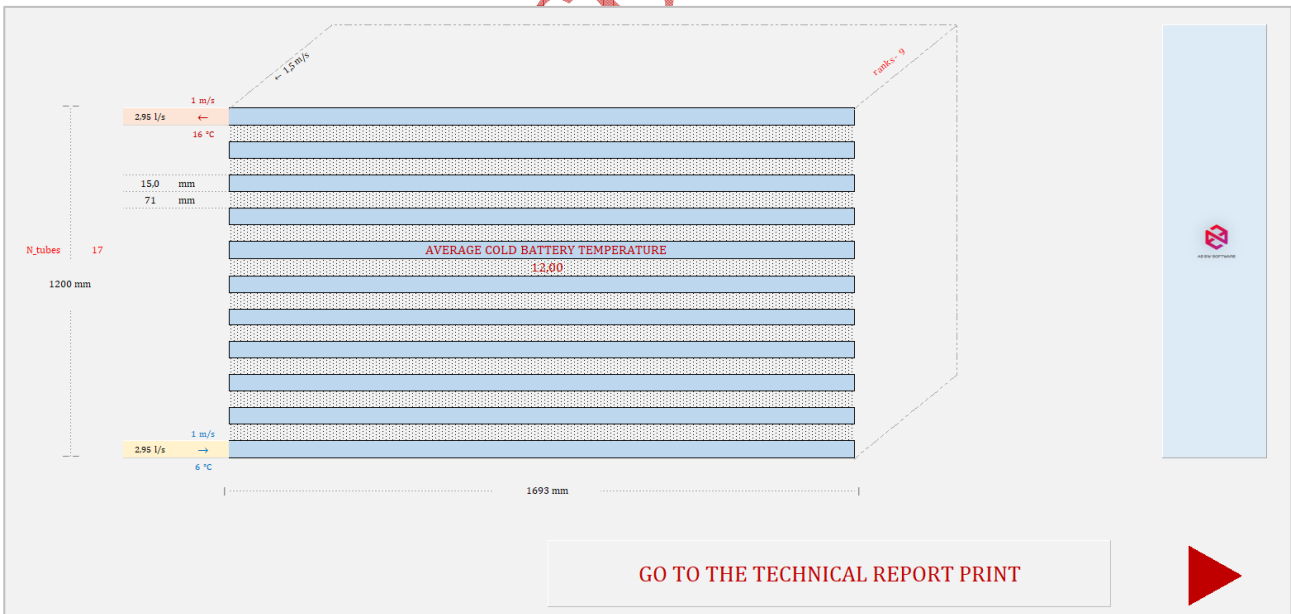
Gb		air flow rate in the battery	kg/s	3,42
Wb		battery power	kW	123,46
H		battery height	mm	1200
L	$G_b / (v_a \cdot H)$	battery width	mm	1.693
Af	$H \cdot L$	front battery area	m ²	2,03
N	$W_b / (v_h \cdot 4186 \cdot \Delta t_{tu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	17
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	71

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

U_W/mq°C
710,25

NR - number of ranks_Wb/Af*U*ΔTml
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 - REPORT PRINT_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

ALL-AIR MULTI-ZONE SYSTEM WITH PLENUM MIXING

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

URBAN ZONE	B
FOGLIO	97
PARTICELLA	25
SUBALTERNO	6

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

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

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

© AE-SW SOFTWARE

TECHNICAL REPORT

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 with recirculation.

The project includes a Treatment Unit from which a conveyance duct of the entire capacity departs. The air is then 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, the air is heated in an isoenthalpy adiabatic way: the energy generated by the liquefaction of the steam is used to heat the bypass 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 mixing flow rates, through ducts are then poured into the area environments. The intake air has the suitable thermo-hygrometric conditions necessary to remove the loads of the surrounding environments.

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

Ambient zones "i" in which the same temperature T_A and relative humidity ϕ_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 ϕ_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:

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

FIRST DUCT

- *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] all'uscita dalla batteria fredda;*

SECOND DUCT

- *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] nel 2° condotto;*

IN ADDITION, FOR EACH ZONE:

- *la portata complessiva di immissione G_i [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, delle rette-ambiente di ciascuna zona;*

FINALLY:

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

© AE-SW SOFTWARE

GENERAL DATA

System type:	FULL MULTI-ZONE AIR WITH PLENUM MIXING	
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	65%	-
TA_project internal temperature	26,0	°C
φA_project internal relative humidity	60%	-

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	1,20	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 AIR STATES

GE	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	65%	4.755,40	30,91	0,01957	0,892	82,24	26,6	24,61

external air

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	60%	3.361,16	20,17	0,01263	0,865	58,31	20,4	17,64

air room

G.IN	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
IN	31,40	64,9%	4.595,41	29,85	0,01888	0,889	79,85	26,1	24,02

Mixing air between outside air and room air

GF	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
F	16	100%	1.866,22	18,66	0,01167	0,836	46,04	16,4	16,42

air 1^ duct (after cooling)

© AE-SW SOFTWARE

GC	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
C	49,3	15,7%	11.917,63	18,71	0,01170	0,931	79,85	27,0	16,55

air 2[^] duct (ISO-H after heating)

TOTAL AIR FLOW RATES

G.IN	overall flow rate	4,24	kg_as/s
GRN	renewal flow rate	3,81	kg_as/s
GRC	recirculation flow rate	0,42	kg_as/s
GF	duct 1_cold	3,42	kg_as/s
GC	duct 2_hot	0,82	kg_as/s

CONFLUENCE AIR FLOW RATES IN PLENUMS

ZONE	GF_i - 1 [^]	GC_i - 2 [^]
	kg/s	kg/s
1	0,26	0,09
2	0,40	0,00
3	0,58	0,22
4	0,44	0,16
5	0,36	0,08
6	0,32	0,16
7	0,75	0,05
8	0,32	0,06
-	-	-
-	-	-

POWER AND STEAM SUBTRACTED IN THE 1[^] DUCT

Wsens	sensitive component	-52,50	kW
Wlat	latent component	-62,78	kW
W-	TOTAL POWER SUBTRACTED	-123,46	kW
U1	TOTAL STEAM SUBTRACTED	-24,52	gr/s

POWER CONVERTED AND STEAM SUBTRACTED IN THE 2[^] DUCT

Wlat	subtracted latent power	-15,04	kW
Wsens	power converted to sensitive	15,04	kW
W	TOTAL POWER EXCHANGED WITH THE OUTSIDE	0,00	kW
U2	steam subtracted	-6,44	gr/s

FLOW RATES AND PSYCHROMETRIC INLET CONDITIONS FOR EACH ZONE

ZONE	Gi	Ti	ϕ_i	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i	TD_i
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C

© AE-SW SOFTWARE

	5/8' - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016	177,00
Air flow respect to water flow:		crosscurrent		
ΔT_{ml}	logarithmic air/water thermal jump		°C	10,41
F	heat transfer corr. factor resp. to counterflow		-	0,80
T_m	average battery surface temperature		°C	12,00
T_{hi}	water inlet temperature		°C	6,00
T_{hu}	water outel temperature		°C	16,00
ΔT_h	water thermal difference		°C	10,00
Gh	battery water flow rate		l/s	2,95
va	air speed		m/s	1,50
vh	water speed		m/s	1,00
H	battery height		mm	1200
L	battery width		mm	1.693
Af	front battery area		m ²	2,03
N	number of horizontal tubes		-	17
i	vertical pipe center distance		mm	71
U	coeff. Heat exchange globale_superficie front		W/m ² °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



MULTI-ZONE ALL-AIR AIR CONDITIONING SYSTEMS WITH RECIRCULATION
SUMMER REGIME



TYPE SYSTEM
FULL AIR WITH RECIRCULATION
CALCULATION TYPE
d1 with controlled specific input humidity

ATMOSPHERIC PRESSURE
DIRECT INPUT
INDIRECT INPUT by altitude and temperature

H_altitude_m	TH_Temp_atH_°C	101325 * (1 - 0.0000226 * H) ^{5.256}	101325 * e ^{(M * P / (P * D))}
2.000	35		

Pa **101325**

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION

Pa **101325**

GENERAL DATA

N_number of thermal zones **8** no residential little polluted

Intended use zones: **resid. and similar** 2_good 3_very good

Expected environmental quality_UNIEN_45798: **method 1** method 2 method 3

Degree of environmental pollution_UNIEN_45798: → no active options
 polluted moderately polluted little polluted

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature	°C	32
φ_E_relative humidity outdoor air	%	68
TA_desired zone temperature	°C	26
φ_A_desired zone relative humidity	%	66

THERMAL ZONES DATA

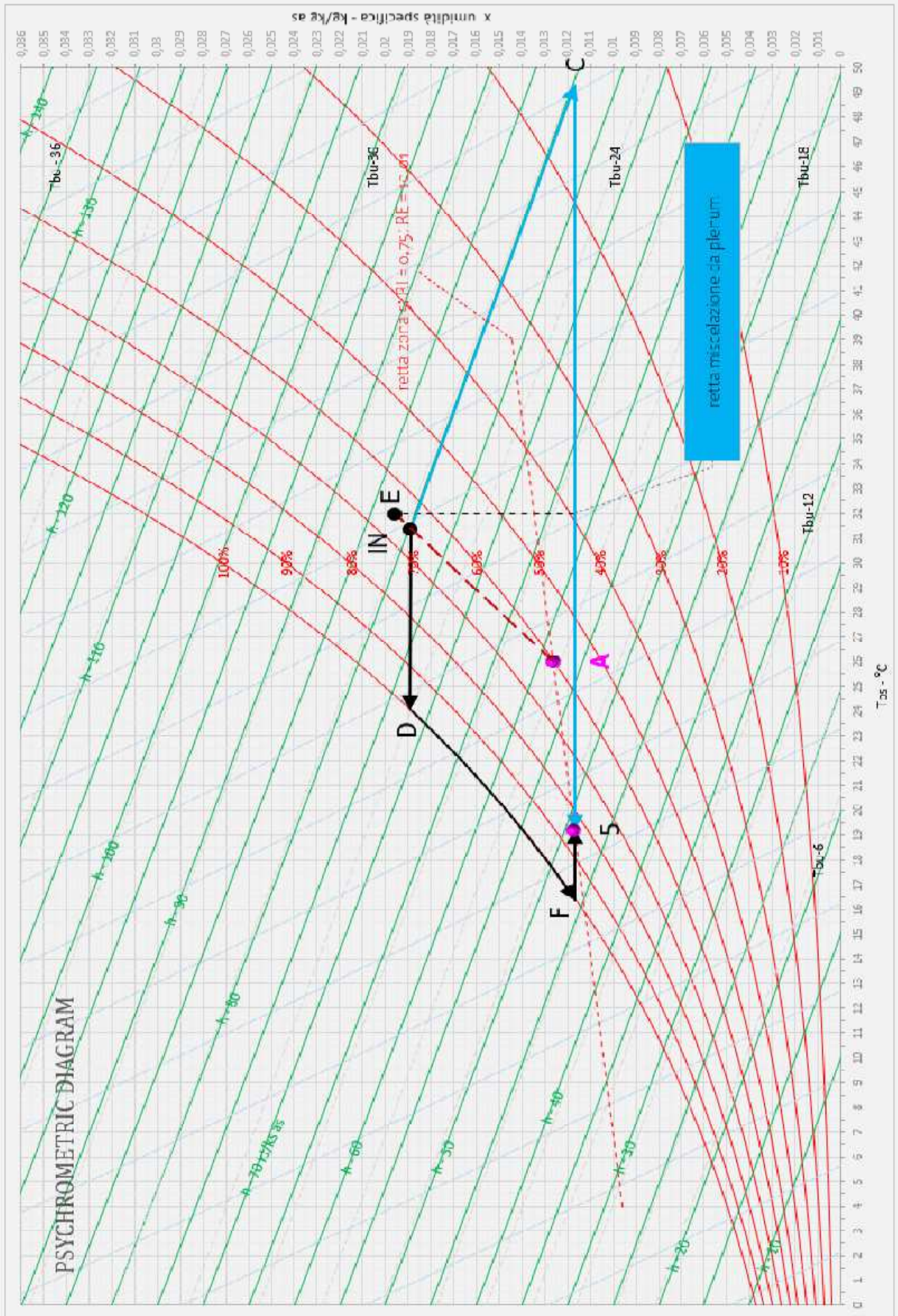
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	180	120	90	95	160	75	85	70
V_m3	600	900	1800	1300	1000	1200	1800	750	1000	700
S_m2	200	300	600	500	350	400	600	350	330	350
%_people	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Waters_kW	1.75	1.45	1.70	1.50	1.20	1.65	1.45	1.35	1.10	1.35
Wat_kW	0.70	0.35	0.70	0.60	0.40	0.60	0.38	0.42	0.30	0.44

CALCULATION VALUES_ZONES

Crowding	people	850
V_volume	m3	9.550
S_area	m2	3.200
Sf_d_indicated area_hab+beds	m2	2.500
Waters_zone	kW	12
Wat_zone	kW	4

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

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

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 CON RICIRCOLO con MISCELAZIONE DA PLENUM di zona.

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