

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

- a condotto singolo con post-riscaldamento

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
POST-RISCALDAMENTO

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICROMETRICO INTERATTIVO

A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO

RICIRCOLO

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

a singolo condotto con post-riscaldamento

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

a singolo condotto con post-riscaldamento

© 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

AE-SW SOFTWARE

INDICE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

a singolo condotto con post-riscaldamento

PREMESSA	pag. 2
1 DATI GENERALI	pag. 3
2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	pag. 6
3 RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO	pag. 13
4 DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA	pag. 15
5 RELAZIONE TECNICA esempio di calcolo	pag. 18
6 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 29
BIBLIOGRAFIA	pag. 56

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

a singolo condotto con post-riscaldamento

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 post-riscaldamento* di zona. 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 101.325

INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H_altitudine	TH_temp. ad H, °C	$101325 - 11,57 \cdot H + 0,00055 \cdot H^2$	$101325 \cdot (1 - 0,0000226 \cdot H)^{2,209}$	$101325 \cdot 0,9877^{H/1000}$	$101325 \cdot e^{-(1,25 \cdot H/1000)}$
2.000	35	-	-	-	-

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO Pa 101.325

DATI GENERALI

N_numero zone termiche 8

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

Grado di qualità ambientale e attesa UNI EN 16798:
 1_molto buono 2_buono 3_poco buono

Grado inquinamento ambienti 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 32

φE_umidità relativa aria esterna % 70%

TA_temperatura zone voluta °C 35

φA_umidità relativa zone voluta % 60%

DATI ZONE TERMICHE										
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	150	120	90	95	150	75	15	70
V_vol.	500	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.800	750
S_sup.	200	300	600	500	350	400	600	250	300	300
H_mig.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Wdens_kW	0,75	1,45	0,70	1,50	0,20	1,65	1,45	1,35	0,10	1,50
Wint_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,35	0,42	0,30	0,40

VALORI DI CALCOLO_ZONE	
Affollamento	pers. 850
V_volume	mc 9.550
S_superficie	mq 3.200
S1a_superficie ridotta_sog.+etti	mq 2.250
Wdens	kW 12
Wint	kW 4

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

- 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 = 70%; 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										
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: 2.200 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}	kW	12
W _{lat}	kW	4

AE-SW SOFTWARE

2 - DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La progettazione a umidità specifica controllata fa riferimento al foglio di calcolo denominato "4 - Multizona-Post-Risc.". 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 in fase di progettazione di un impianto, ovvero:

- si suppone l'esistenza di zone-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura TA [°C] e una umidità relativa ΦA [%] 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 TE [°C] e una umidità relativa ΦE [%]. 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].

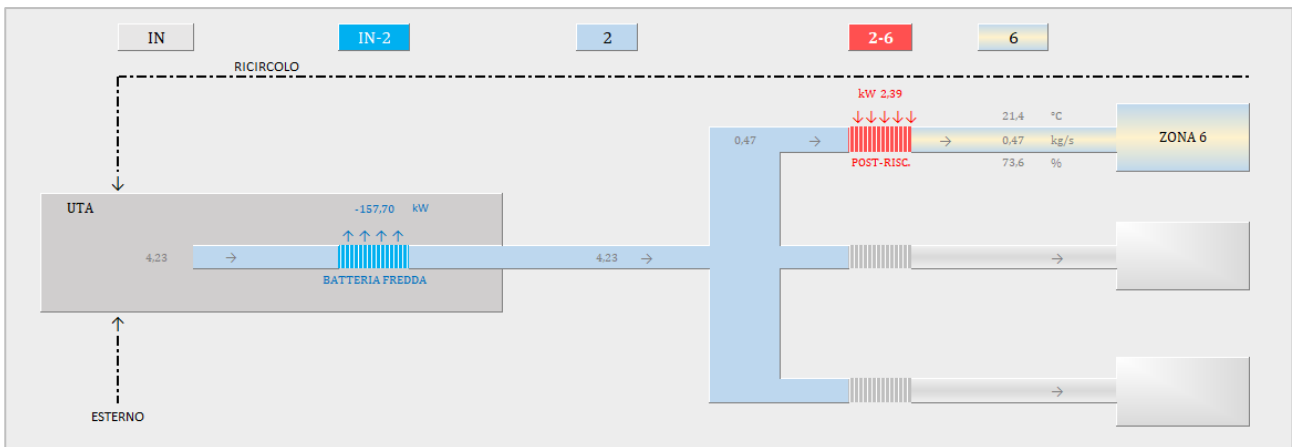
La finalità del programma è quella di:

- reperire le condizioni termoigrometriche e la portata dell'aria da immettere negli ambienti di ciascuna zona utile ad asportare il carico sensibile e il carico latente su di essa gravante;
- determinare la portata di rinnovo GRN e quella di ricircolo GRC complessive e quelle relative a ciascuna zona GRN_i e GRC_i ;
- 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 di raffreddamento e post-riscaldamento;
- determinare la quantità di vapore sottratto all'aria umida nella UTA;
- reperire le pendenze delle rette ambiente per ciascuna zona; nonché i 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 numerici leggibili sul diagramma.

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



In particolare lo schema fa riferimento alla **zona 6**. I numeri/lettere sopra riportati (IN; IN-2; 2; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico riportato nel paragrafo seguente. Esse, sempre in riferimento alla zona 6, sono rappresentate da linee di colore nero IN-D-2-6.

Come si vedrà nel seguito, una volta dimensionato l'impianto, sarà possibile visualizzare le trasformazioni psicrometriche relative a ciascuna zona sul diagramma psicrometrico, 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. Per "xi" si assume il valore corrispondente alla zona su cui grava il carico latente minore; ciò consentirà di immettere in tale particolare zona l'aria all'uscita dalla UTA senza bisogno di post-riscaldamento, mentre per le altre previo post-riscaldamento. Nell'esempio svolto è la zona n. 2; pertanto dovrà essere imposto:

$$x_i = x_2 = 0,0117 \text{ [kg/kg]}$$

tale valore è inserito su invito del programma secondo quanto indicato nella schermata che segue:

b	PORTATE E VOLUMI DI IMMISSIONE - NUMERO RICAMBI ORARI								
G2	T ₂	φ ₂	Pv.sat ₂	Pv ₂	x ₂	v ₂	h ₂	Tbu ₂	TD ₂
4,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16,42	100%	1.866,22	18,66	0,0117	0,836	46,11	16,40	16,42
input_xi	imporre xi ripetutamente finché xi = x2 =				0,0117	→	kg/kg	0,0117	
%GRC	di Gi						%	10%	

Il programma nella stessa schermata richiede inoltre di fissare la % dell'aria di ricircolo calcolata sulla portata di immissione 8nell'esempio svolto è stato fissato %GRC = 10% Gi).

Il punto 2 rappresenta le condizioni termoigrometriche dell'aria umida all'uscita dalla UTA.

IMPORTANTE: è da notare che la definizione del valore "xi" e "%GRC" costituiscono gli unici due dati di input da inserire nel foglio di dimensionamento per pervenire alla progettazione dell'intero impianto; il programma non richiede altri input.

Il programma successivamente determina in automatico tutti i parametri di progetto dell'impianto ovvero:

► le condizioni termoigrometriche dell'aria nelle condizioni "IN" di ingresso nella UTA scaturenti dalla miscelazione tra la portata esterna di rinnovo nelle condizioni E e la portata ambiente di ricircolo nelle condizioni "A". Nella stessa schermata sono calcolati i parametri psicrometrici del punto di rugiada dell'aria nelle condizioni "IN", rappresentate dal punto D.

C	STATO IN - INGRESSO UTA								
G.IN	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
IN	31,40	69,61%	4.595,80	31,99	0,0203	0,891	83,43	26,83	25,18
D	25,18	100%	3.201,40	32,01	0,0203	0,873	76,99	25,23	25,18

► determina, per ciascuna zona, la portate "Gi" di immissione e 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 minima di ventilazione "GRN_i_UNI" imposta dalle norme UNI EN 16798. Stesso discorso vale per il numero di ricambi d'aria n_i.

Sono altresì determinate, per ciascuna zona, le portate di rinnovo GRN_i e quelle di ricircolo GRC_i.

ZONA	Vi mc	Gi_calc kg/s	GRN _i _UNI kg/s	ni_calc 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	1,68	
2	900	0,15	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,28	
3	1.800	0,30	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,28	
4	1.500	0,26	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,15	
5	1.000	0,17	0,40	1,30	0,40	0,45	0,04	1,30	
6	1.200	0,34	0,43	1,14	0,43	0,47	0,05	1,14	
7	1.800	0,16	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,28	
8	750	0,18	0,34	1,44	0,34	0,37	0,04	1,44	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.550	1,87	3,80	1,28	3,80	4,23	0,42	1,28	
G.IN	Portata totale in UTA					kg/s		4,23	

Nella schermata citata la tabella raffigurata riporta in fondo la riga dei valori totali. Infine nell'ultima riga è riportato il valore della portata d'aria complessiva "G.IN" da trattare nella UTA. Nell'esempio svolto si è pervenuto ad una portata massica di impianto pari a:

$$G.IN = 4,23 \text{ [kg/s]}$$

- determina, il valore della potenza termica "W-" e del vapore "U" sottratti alla portata "G.IN" nella batteria fredda.

d	POTENZA + VAPORE TOTALI SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA__'IN' → 2			
h.IN'	$c_{pa} \cdot T.IN' + c_{pv} \cdot x.IN' \cdot T.IN' + r \cdot x.IN'$	[IN': proiezione punto IN su orizz. xi=k]	kJ/kg	61,48
Wsens	$G.IN \cdot (h2 - h.IN')$	componente sensibile	kW	-64,93
Wlat	$G.IN \cdot (h.IN' - h.IN)$	componente latente	kW	-92,78
W-	$G.IN \cdot (h2 - h1)$	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	kW	-157,70
U	$G.IN \cdot (x2 - x.IN)$	vapore sottratto a G.IN nella UTA	gr/s	-36,24

- determina, per ciascuna zona, la potenza di post-riscaldamento "W_{post.r}" necessaria per portare la portata d'aria di immissione dalle condizioni "2" alle condizioni "i" di immissione; le variazioni che subisce l'aria dopo il post-riscaldamento: ovvero l'incremento di temperatura "ΔT_{post.r}"; il decremento di umidità relativa "ΔΦ_{post.r}"; l'incremento di temperatura di bulbo

umido " $\Delta T_{bu_post.r}$ "; la differenza di temperatura " $T_i - T_A$ " tra aria di immissione e aria ambiente ai fini della valutazione del comfort ambientale; il rapporto termico interno RI e quello esterno RE rappresentativi della pendenza della retta ambiente di zona.

e	GRANDEZZE DI POST-RISCALDAMENTO E FATTORI TERMICI DI ZONA								
ZONA	W_post kW	$\Delta T_{post.}$ °C	$\Delta \phi_{post}$ %	ΔT_{bu_post} °C	Ti - TA °C	Wsens kW	Wlat kW	RI	RE kJ/grv
1	1,41	3,95	-21,8%	1,03	-5,63	1,75	0,70	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,00	-9,36	1,45	0,35	0,81	12,86
3	3,36	4,11	-22,5%	1,09	-5,47	1,70	0,70	0,71	8,58
4	2,42	3,95	-21,8%	1,03	-5,63	1,50	0,60	0,71	8,75
5	1,29	2,81	-16,1%	0,65	-6,77	1,20	0,40	0,75	10,01
6	2,39	4,94	-26,4%	1,38	-4,64	1,65	0,80	0,67	7,66
7	0,79	0,96	-5,7%	0,07	-8,62	1,45	0,38	0,79	12,05
8	0,89	2,33	-13,5%	0,49	-7,25	1,35	0,42	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 6	2,39	4,94	-26%	1,38	-4,64	1,65	0,80	0,67	7,66
W+	TOTALE POTENZA FORNITA						kW	12,55	

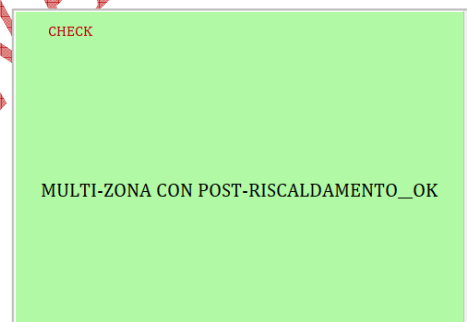
Nella penultima riga sono riportate le quantità in riferimento alla zona prescelta per la rappresentazione sul diagramma psicrometrico (la scelta della zona, come specificato in paragrafo dedicato, avviene da elenco a discesa collocato al di sopra del diagramma stesso. Nell'esempio svolto è stata scelta la zona n. 6). Infine nell'ultima riga è riportata la potenza termica complessiva W_+ di post-riscaldamento fornita all'aria umida all'uscita dalla UTA per condurla nelle condizioni di immissione.

► determina, per ciascuna zona, le condizioni psicrometriche di immissione, ovvero: il valore della temperatura " T_i " e umidità relativa " Φ_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 relativi alla zona scelta n. 6 per la rappresentazione sul diagramma psicrometrico (vedi paragrafo dedicato).

f	CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE								
ZONA	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi = 16,42	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°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 6	0,47	21,36	73,6%	2.542,01	18,71	0,01	0,85	51,18	18,01

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, delle potenze scambiate nelle batterie e delle temperature e umidità relative di immissione nelle singole zone:



Nella stessa schermata è visibile il prospetto che reca per ciascuna zona il valore Ti-TA della differenza di temperatura tra l'aria di immissione e l'aria ambiente costituente un indica di comfort ambientale.

BUONO			COMFORT			ACCETTABILE		
ZONA			Ti - T _a [°C]			φ _i - φ _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%		
-			-			-		
-			-			-		

AE-SW SOFTWARE

3 - RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO

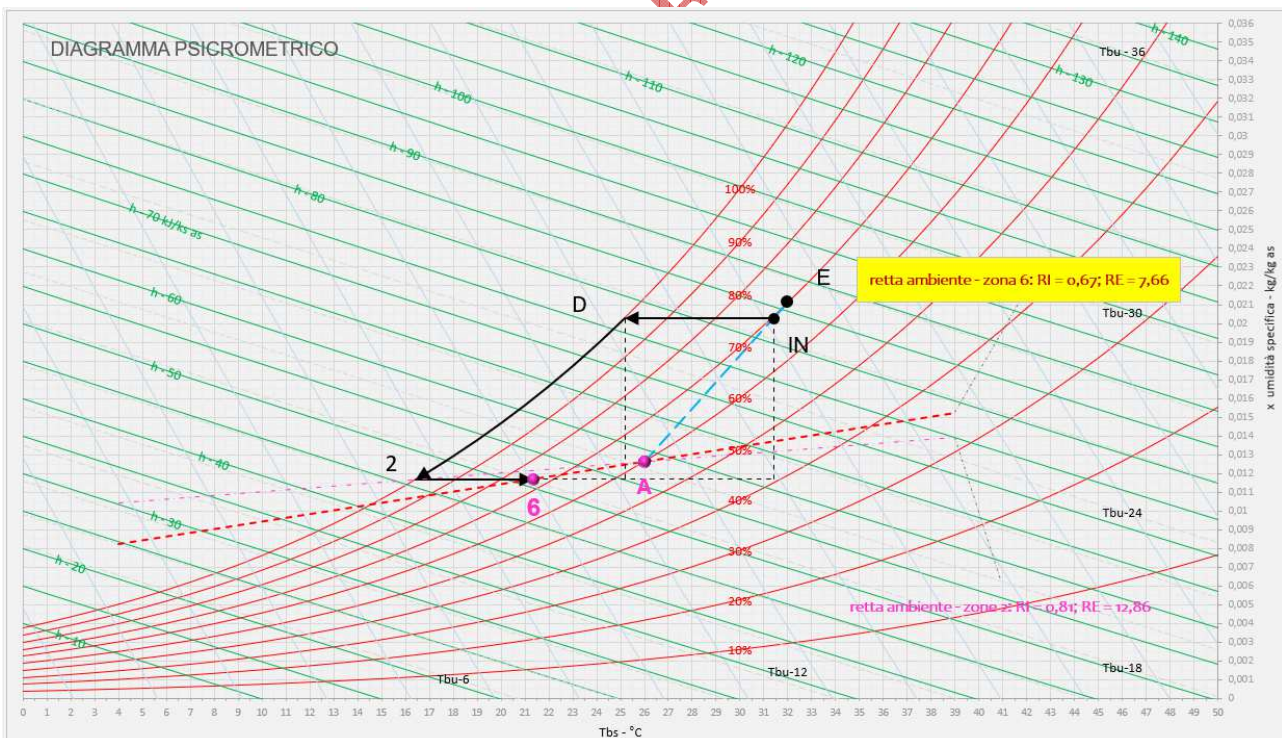
La rappresentazione sul diagramma psicrometrico avviene per ciascuna zona di progetto. La scelta della zona della quale rappresentare i trattamenti e le trasformazioni dell'aria umida nella UTA e nella batteria di post-riscaldamento, avviene da elenco a discesa come rappresentato in figura:



Alla selezione della zona, il programma determina tutti i parametri psicrometrici dell'aria nelle condizioni "6" di immissione nella zona 6 da climatizzare, secondo il prospetto di calcolo seguente:

G6	T6	ϕ_6	Pvsat_6	Pv_6	x_6	v_6	h_6	Tbu_6	RI_6	RE_6	W risc.2→6
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv	kW
0,47	21,36	73,6%	2.542,01	18,71	0,01170	0,850	51,18	18,01	0,67	7,66	2,39

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



Sul diagramma sono visibili:

- il raffreddamento e deumidificazione IN-D-2 nella batteria fredda della UTA eseguiti sulla portata complessiva di impianto $G.IN = 4,23 \text{ kg/s}$;
- il post-riscaldamento 2-6 eseguito sulla portata di zona $G6 = 0,47 \text{ kg/s}$.

- la retta ambiente relativa alla zona 6 e rispettivi fattori termici R_i ed R_E ;
- la retta ambiente relativa alla zona 2 (quella di minor carico latente) il cui punto di immissione 2 coincide con lo stato dell'aria all'uscita dalla UTA e giace sulla curva di saturazione. Tale portata non necessita di post-riscaldamento in quanto già idonea alla immissione negli ambienti della zona 2.

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.IN= 4,23 kg/s;

Potenza = W- = 157,70 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;

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

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

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
T_{hi}	temperatura ingresso acqua	$^{\circ}\text{C}$	6,0
ΔT_{th}	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	3,77

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

NUMERO RANGHI					
Flusso aria risp. flusso acqua:					
<input type="radio"/>	equicorrente	<input type="radio"/>	controcorrente	<input checked="" type="radio"/>	incrociato
ΔT_{ml}	salto termico logaritmico aria/acqua			°C	10,2
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente			°C	12,7
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:

$\Delta T_{ml} = 10,2$ °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);

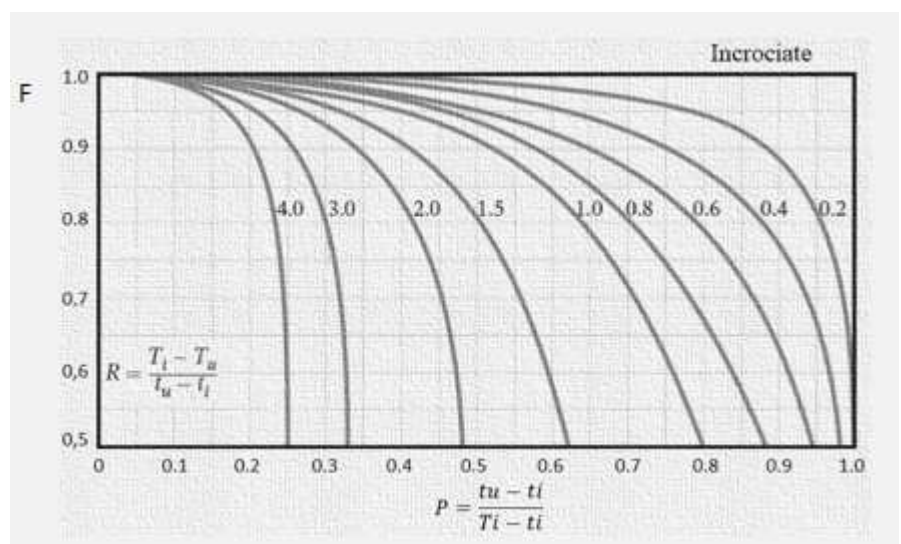
$\Delta T_{ml_co} = 12,7$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

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	1300
L	$G.IN/(v_a * H)$	larghezza batteria	mm	1.937
Af	$H * L$	area frontale batteria	m ²	2,52
N	$W / (v_h * 4186 * \Delta t_{th})$	numero tubi orizzontali	-	22
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	59

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

U_W/mq°C	NR - numero ranghi_Wb/Af*U*ΔTml)
710,25	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 CON RICIRCOLO PRESSIONE ATMOSFERICA 101325 Pa

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

ZONA URBANISTICA	B
FOGLIO	97
PARTICELLA	25
SUBALTERNO	6

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

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

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

© 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 UTA dotata di batteria fredda per il raffreddamento e deumidificazione dell'intera portata. Successivamente l'aria in uscita dalla UTA è convogliata mediante canalizzazioni verso le zone da climatizzare. In corrispondenza di ciascuna zona ogni portata è sottoposta a riscaldamenti di zona differenziati a mezzo di batterie di scambio termico con le quali, le singole portate sono ricondotte alle condizioni idonee di immissione per l'asportazione dei carichi ambiente.

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 GE e di quella ambiente GA;
- la portata massica complessiva G.IN [kg/s] e le sue componenti GRN di rinnovo e GRC di ricircolo;
- la potenza complessiva W- sottratta nella batteria fredda, suddivisa nelle componenti sensibile e latente;
- i parametri psicrometrici dell'aria all'uscita dalla UTA;
- la portata di vapore U [kg/s] condensato durante il raffreddamento;

INOLTRE, PER CIASCUNA ZONA:

- la portata di immissione Gi [kg/s] e i suoi parametri psicrometrici;
- il salto termico Ti-TA tra la temperatura di immissione e la temperatura ambiente (comfort);
- le portate GRN-i di rinnovo e GRC_i di ricircolo;
- la potenza termica sensibile Wpost-r. fornita nella batteria di post-riscaldamento;
- i salti di temperatura $\Delta T_{post.r.}$ e umidità relativa $\Delta \phi_{post.r.}$ determinati dal post-risc.;
- i fattori termici RI [-] interno ed RE = $\Delta h / \Delta x$ esterno relativi a ciascuna zona;

INFINE:

- le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria fredda.

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON POST-RISCALDAMENTO	
Metodo di calcolo:	a umidità specifica di immissione controllata	
P_Pressione atmosferica:	101.325	Pa
Categoria locale	residenz. e simili	
Categoria qualità attesa_UNI EN 16798	1_ molto buono	
Grado inquinamento_UNI EN 16798	n.d.	
TE_Temperatura esterna:	32,0	°C
ϕE _Umidità relativa esterna:	70%	-
TA_Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
ϕA _Umidità relativa ambiente di progetto:	60%	-

© AE-SW SOFTWARE

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	-	1,65	1,45	1,35		
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42		

CONDIZIONI PSICROMETRICHE: ARIA ESTERNA - ARIA AMBIENTE - ARIA MISCELATA

GE	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
E	32	70%	4.755,40	33,29	0,02113	0,894	86,23	27,5	25,85

aria esterna

GE	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°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	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
IN	31,40	69,61%	4.595,80	31,99	0,02028	0,891	83,43	26,8	25,18

CONDIZIONI PSICROMETRICHE ARIA ALL'USCITA DA UTA

G2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16	100%	1.866,22	18,66	0,01167	0,836	46,04	16,4	16,42

aria all'uscita da UTA

PORTATE D'ARIA COMPLESSIVE

G.IN_portata trattata	4,23	kg_as/s
GRN_portata di rinnovo	3,80	kg_as/s
GRC_portata di ricircolo	0,42	kg_as/s

POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA

Wsens	componente sensibile	-64,93	kW
Wlat	componente latente	-92,78	kW
W-	TOTALE POTENZA SOTTO TRATTA	-157,70	kW
U	TOTALE VAPORE SOTTO TRATTO	-36,24	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

PORTATE E CONDIZIONI PSICROMETRICHE ARIA DI IMMISSIONE PER ZONA

ZONA	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_i Pa	Pv_j Pa	x_i kg/kg	v_i mc/kg	h_i kJ/kg	Tbu_j °C	TD_j °C
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 E NUMERI DI RICAMBI D'ARIA ORARI

ZONA	Vi mc/h	n_i 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
-	-	-
-	-	-

POTENZE - ΔT e Δφ DA POST-RISC. - RAPPORTI TERMICI RETTE DI ZONA

ZONA	W_post.r. kW	ΔT_post.r. °C	Δφ_post.r. %	RI -	RE kJ/grv
1	1,41	3,95	-21,8%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,36	4,11	-22,5%	0,71	8,58
4	2,42	3,95	-21,8%	0,71	8,75
5	1,29	2,81	-16,1%	0,75	10,01
6	2,39	4,94	-26,4%	0,67	7,66
7	0,79	0,96	-5,7%	0,79	12,05
8	0,89	2,33	-13,5%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

W-	potenza complessiva	kW	-157,70
Gb	portata d'aria su batteria	kg/s	4,23
	TIPOLOGIA	De mm	Di mm
	5/8' - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016
			Atu mm
			177,00

© AE-SW SOFTWARE


Aria	direzione rispetto al flusso d'acqua	incrociato	
F	fattore di correzione scambio termico	-	0,80
Δt_{ml}	salto termico medio logaritmico aria/acqua	$^{\circ}\text{C}$	10,2
va	velocità aria	m/s	1,50
Gh	portata acqua batteria	l/s	3,77
Thi	tempertura acqua in ingresso	$^{\circ}\text{C}$	6,00
Thu	tempertura acqua in uscita	$^{\circ}\text{C}$	16,00
ΔTh	salto termico acqua	$^{\circ}\text{C}$	10,00
Tm	temperatura superficiale media batteria	$^{\circ}\text{C}$	12,00
vh	velocità acqua	m/s	1,00
H	altezza batteria	mm	1300
L	larghezza batteria	mm	1.937
Af	area frontale batteria	mq	2,52
N	numero tubi orizzontali	-	22
i	interasse verticale tubi	mm	59
U	coefficiente scambio termico globale_sup. frontale	W/mq $^{\circ}\text{C}$	710,3
NR	numero ranghi	-	9

ALLEGATI
tabulati di calcolo
diagramma psicrometrico


Il Tecnico progettista
 Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved


TABULATI DI CALCOLO



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



TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
TIPOLOGIA CALCOLO
di umidità specifica di immissione controllata



PRESSIONE A TMOSEFERICA

INPUT DIRETTO

INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H ₀ altitudine	TH ₀ temp. ad H ₀ °C	101325 - 11,57 * H ₀ + 0,00065 * H ₀ ²	101325 * Q ₀ 9877 * (M/100)
2.000	36	101325 - 11,57 * 2000 + 0,00065 * 2000 ²	101325 * 0,9877 * (1000/100)

Pa 101.325

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

N₀ numero zone termiche 5

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

Grado di qualità ambientale e ates₀ UNI EN 16798
 1_molto buono 2_buono 3_poco buono

DAT GENERALI

Grado inquinamento ambienti UNI EN 16798:
 inquinato medi. inquinato poco inquinato

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

DATI ZONALI

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₀ pert.	70	80	100	120	90	160	160	75	85	70
V ₀ mc	600	900	1.600	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S ₀ mq	200	300	500	350	400	400	500	250	350	250
N ₀ superficie	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%
W ₀ W	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,15	1,51
W ₀ kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,35	0,22	0,35	0,41

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

	°C	%	°C	%
TE ₀ temperatura aria esterna	32	70%	25	60%
φL ₀ umidità relativa aria esterna				
TA ₀ temperatura aria interna				
φA ₀ umidità relativa aria interna				

DATI ZONALI

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₀ pert.	70	80	100	120	90	160	160	75	85	70
V ₀ mc	600	900	1.600	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S ₀ mq	200	300	500	350	400	400	500	250	350	250
N ₀ superficie	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%	300%
W ₀ W	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,15	1,51
W ₀ kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,35	0,22	0,35	0,41

VALORI DI CALCOLO_ZONE

	per:
Affollamento	850
V ₀ volume	9.550
S ₀ superficie	3.200
S ₀ superficie relativa a S ₀ -H ₀	2.550
W ₀ W	32
W ₀ kW	4

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

AE-SW - © All rights reserved

DAE SW SOFTWARE

STATO IN IMPIANTO JTA									
C	T	Φ	Φ _{max}	TP	V	h	T _{da}	T _{ra}	T _{pa}
°C	°C	W	W	hPa	m ³ /s	Mg/s	°C	°C	°C
3.11	12.8	5.075	4.951.0	2108	0.021	01.0	21.83	25.3	25.3
D	52.8	200	3.211.0	1601	0.023	35.9	21.23	25.3	25.3

GRANDEZZE DI RISCALDAMENTO E FATTORI TERMICI DI ZONA									
ZONA	M _z (kW)	A _z (m ²)	U _z (W/m ² ·K)	T _z (°C)	T _z (°C)	T _z (°C)	M _z (kW)	M _z (kW)	M _z (kW)
1	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
3	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
6	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
7	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75
8	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.75	1.75	0.75

W_{TOTALE} POTENZA FORNITA: **12.55** kW

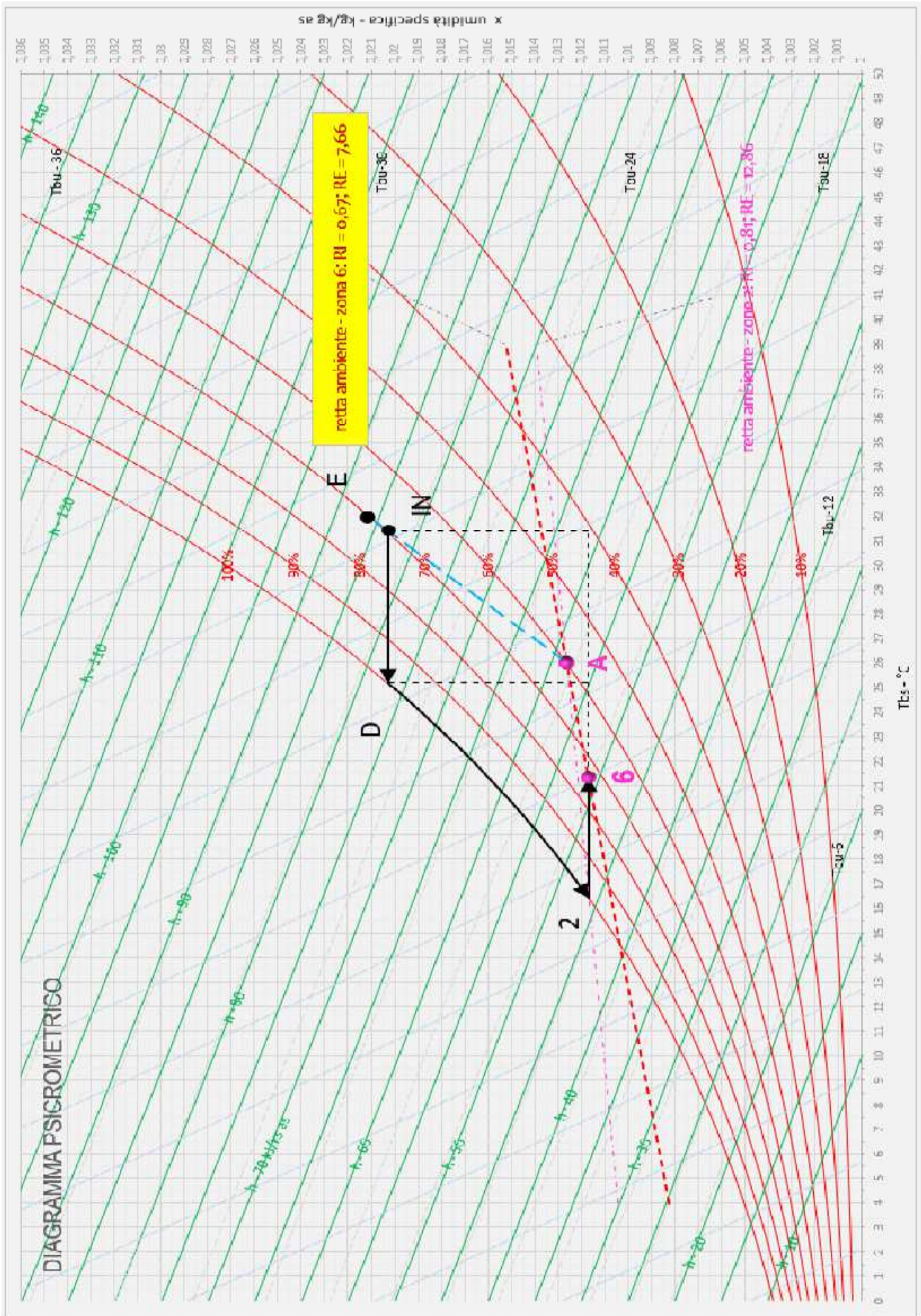
CONDIZIONI SEGNALATE DI IMMISSIONE									
ZONA	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)	h _z (m)
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

CHECK

MULTIZONA CON POST RISCALDAMENTO_OK

SCHEMA IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE





AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS

SIZING OF ALL-AIR MULTI-ZONE SYSTEMS WITH RECIRCULATION

single-duct with post-heating

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 after-heating* of the zone. 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	TH_Temp_atH_°C	$101325 - 11.57 * H + 0.00055 * H^2$	$101325 * (1 - 0.0000226 * H)^{2.209}$	$101325 * 0.8877^{H/1000}$	$101325 * e^{-(H * 0.1193) / 28}$
2.000	15	-	-	-	-

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION Pa **101.325**

GENERAL DATA

N_number of thermal zones: **8**

Intended use zones: **resid. and similar** no residential

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

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

Calculation method_UNI EN 16798:
 method 1 method 2 method 3

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature °C **32**
 phi_E relative humidity outdoor air % **70%**
 TA_desired zone temperature °C **25**
 phi_A_desired zone relative humidity % **60%**

THERMAL ZONES DATA

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	150	120	90	85	160	75	65	75
V_vol	600	900	1,800	1,500	1,000	1,200	1,800	750	1,000	1,100
S_area	200	300	600	500	350	400	600	250	350	380
S_induced	160	240	480	400	280	320	480	190	260	280
W_sens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,30
W_lat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,35	0,42	0,30	0,40

CALCULATION VALUES_ZONES

Crowding	people	850
V_volume	mc	9,550
S_area	mq	3,200
S_induced_area_living-rooms	mq	2,550
Wisens	kW	12
Wlat	kW	4

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 = 70%; 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: 2,200 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	kW	12
Wlat	kW	4

AE-SW SOFTWARE

2 – SIZING OF THE SYSTEM

The specific humidity controlled design refers to the spreadsheet named "4 – Multizone-Post-Risc". 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 the design phase of a system, namely:

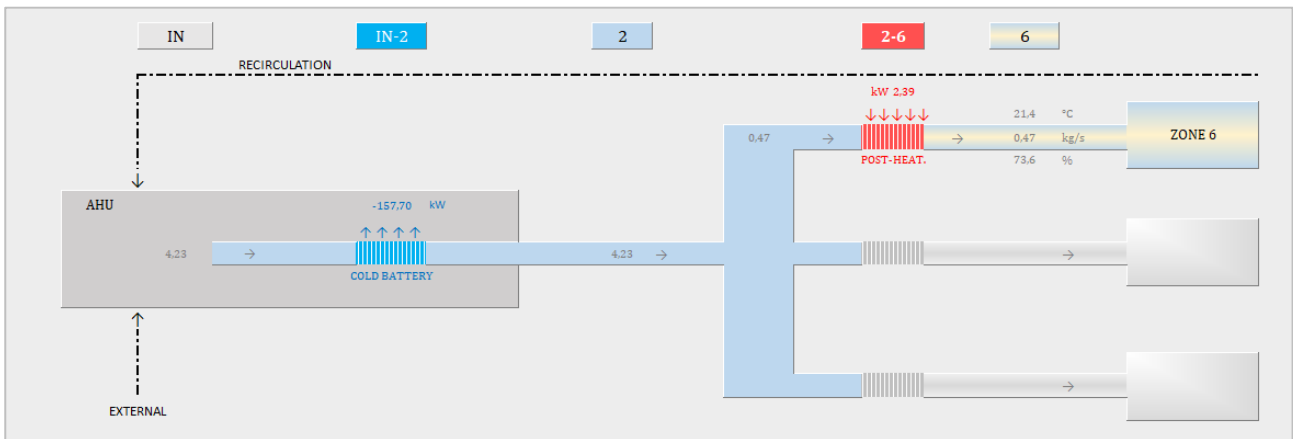
- it is assumed that there are ambient zones in which we want to maintain a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%], assuming that a separate calculation shows that sensitive loads W_{sens_i} [kW] and latent loads W_{lat_i} [kW] are burdened on the same zones, since i varies from 1..... 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 to be introduced into the rooms of each zone useful for removing the sensitive load and the latent load weighing on it;
- determine the overall GRN renewal and GRC recirculation flow rate and those relating to each GRN_i and GRC_i zone;
- 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 exchanged cooling and post-heating powers;
- 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 thermal factors (internal and external);
- determine the functional and dimensional characteristics of the cooling coil.

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

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



In particular, the scheme refers to **zone 6**. The numbers/letters above (IN; IN-2; 2; etc...) They are representative of the psychrometric states of the air and the transformations represented on the psychrometric diagram shown in the following paragraph. Again, with reference to zone 6, they are represented by black lines IN-D-2-6.

As you will see below, once the system has been sized, it will be possible to view the psychrometric 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. For "xi" we assume the value corresponding to the area on which the lower latent load rests; this will allow the air to be introduced into this particular area at the exit of the AHU without the need for post-heating, while for the others after post-heating. In the example given it is zone no. 2; therefore, the following must be imposed:

$$xi = x2 = 0.0117 \text{ [kg/kg]}$$

this value is entered at the invitation of the program as indicated in the following screenshot:

b FLOW RATES AND INPUT VOLUMES - NUMBER OF HOURLY CHANGES									
G2	T ₂	φ ₂	Pv.sat ₂	Pv ₂	x ₂	v ₂	h ₂	Tbu ₂	TD ₂
4,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16,42	100%	1.866,22	18,66	0,0117	0,836	46,11	16,40	16,42
input_xi	impose repeatedly until xi = x2 =				0,0117	→	kg/kg	0,0117	
%GRC	of Gi						%	10%	

The program on the same screen also asks you to set the % of the recirculated air calculated on the intake flow rate 8 in the example carried out (%GRC = 10% Gi).

Point 2 represents the thermo-hygrometric conditions of the humid air at the exit from the AHU.

IMPORTANT: it should be noted that the definition of the value "xi" and "%GRC" are the only two input data to be entered in the sizing sheet to arrive at the design of the entire system; the program does not require any other inputs.

The program then automatically determines all the design parameters of the system, namely:

► the thermo-hygrometric conditions of the air in the "IN" conditions of entry into the AHU resulting from the mixing between the external renewal flow rate in conditions E and the ambient recirculation flow rate in conditions "A". In the same screen, the psychrometric parameters of the air dew point are calculated in the "IN" conditions, represented by point D.

c 'IN' STATUS - AHU ENTRY									
G.IN	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,23	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
IN	31,40	69,61%	4.595,80	31,99	0,0203	0,891	83,43	26,83	25,18
D	25,18	100%	3.201,40	32,01	0,0203	0,873	76,99	25,23	25,18

► determines, for each zone, the "Gi" intake flow rate and the "n_i" number of 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 thermal loads of the zone and the value of the minimum ventilation flow rate "GRN_i UNI" imposed by the UNI EN 16798 standards. The same goes for the number of air changes n_i.

The GRN_i renewal and GRC_i recirculation flows are also determined for each zone.

ZONE	Vi mc	Gi_calc kg/s	GRN_i_UNI kg/s	ni_calc 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	1,68	
2	900	0,15	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,28	
3	1.800	0,30	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,28	
4	1.500	0,26	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,15	
5	1.000	0,17	0,40	1,30	0,40	0,45	0,04	1,30	
6	1.200	0,34	0,43	1,14	0,43	0,47	0,05	1,14	
7	1.800	0,16	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,28	
8	750	0,18	0,34	1,44	0,34	0,37	0,04	1,44	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.550	1,87	3,80	1,28	3,80	4,23	0,42	1,28	
G.IN	Total flow rate in AHU					kg/s		4,23	

In the screenshot mentioned, the table shown shows the row of total values at the bottom. Finally, the last line shows the value of the total air flow rate "G.IN" to be treated in the AHU. In the example carried out, a mass flow rate of the system was reached equal to:

$$G.IN = 4.23 \text{ [kg/s]}$$

► determines, the value of the thermal power "W-" and the steam "U" subtracted from the flow rate "G.IN" in the cold coil:

d	TOTAL POWER + STEAM SUBTRACTED IN THE COLD BATTERY__'IN'→ 2			
h.IN'	$c_{pa} \cdot T.IN' + c_{pv} \cdot x.IN' \cdot T.IN' + r \cdot x.IN'$	[IN': projection of point IN on horizon for xi=k]	kJ/kg	61,48
Wsens	$G.IN \cdot (h2 - h.IN')$	sensitive component	kW	-64,93
Wlat	$G.IN \cdot (h.IN' - h.IN)$	latent component	kW	-92,78
W-	$G.IN \cdot (h2 - h1)$	TOTAL POWER SUBTRACTED	kW	-157,70
U	$G.IN \cdot (x2 - x.IN)$	steam subtracted from GE in the AHU	gr/s	-36,24

► determines, for each zone, the post-heating power "W_post.r" necessary to bring the intake air flow rate from conditions "2" to intake conditions "i"; the variations that the air undergoes after post-heating: i.e. the increase in temperature " $\Delta T_{post.r}$ "; the decrease in relative humidity " $\Delta \Phi_{post.r}$ "; the wet bulb temperature increase " $\Delta T_{bu_{post.r}}$ "; the " $T_i - T_A$ " temperature difference between the intake air and the ambient air for the purpose of assessing

environmental comfort; the internal thermal ratio RI and the external thermal ratio RE representative of the slope of the area room line.

e	POST-HEATING QUANTITIES AND THERMAL FACTORS OF ZONE								
ZONE	W _{post} kW	ΔT _{post} °C	Δφ _{post} %	ΔT _{bu} _{post} °C	T _i - T _A °C	W _{sens} kW	W _{lat} kW	RI	RE kJ/grv
1	1,41	3,95	-21,8%	1,03	-5,63	1,75	0,70	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,00	-9,36	1,45	0,35	0,81	12,86
3	3,36	4,11	-22,5%	1,09	-5,47	1,70	0,70	0,71	8,58
4	2,42	3,95	-21,8%	1,03	-5,63	1,50	0,60	0,71	8,75
5	1,29	2,81	-16,1%	0,65	-6,77	1,20	0,40	0,75	10,01
6	2,39	4,94	-26,4%	1,38	-4,64	1,65	0,80	0,67	7,66
7	0,79	0,96	-5,7%	0,07	-8,62	1,45	0,38	0,79	12,05
8	0,89	2,33	-13,5%	0,49	-7,25	1,35	0,42	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 6	2,39	4,94	-26%	1,38	-4,64	1,65	0,80	0,67	7,66
W+ TOTAL POWER SUPPLIED							kW	12,55	

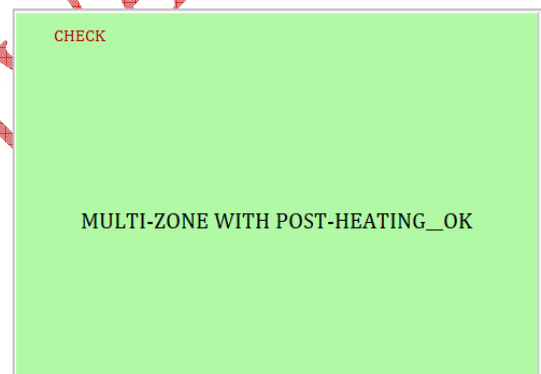
The penultimate line shows the quantities with reference to the area chosen for the representation on the psychrometric diagram (the choice of the zone, as specified in the dedicated paragraph, is made from a drop-down list located above the diagram itself. In the example carried out, zone no. 6 was chosen). Finally, the last line shows the total post-heating heat output W₊ supplied to the humid air at the exit of the AHU to conduct it in the conditions of intake.

► determines, for each zone, the psychrometric conditions of immission, namely: the value of temperature "T_i" and relative humidity "Φ_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 no. 6 for the representation on the psychrometric diagram (see dedicated paragraph).

f	PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF ENTRY								
ZONE	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi = 16,42	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°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 6	0,47	21,36	73,6%	2.542,01	18,71	0,01	0,85	51,18	18,01

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



and with the representation of the system diagram with the reporting of the circulating flow rates, the power exchanged in the bacteria and the relative temperatures and humidity of input in the individual zones:



On the same screen, the table showing the $T_i - T_A$ value of the temperature difference between the intake air and the ambient air constituting an indication of environmental comfort is visible for each zone.

<i>GOOD</i>	<i>COMFORT</i>	<i>ACCEPTABLE</i>
ZONE	$T_i - T_{\text{A}} [^{\circ}\text{C}]$	$\phi_i - \phi_A$
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%
-	-	-
-	-	-

AE-SW SOFTWARE

3 - REPRESENTATION ON PSYCHROMETRIC DIAGRAM

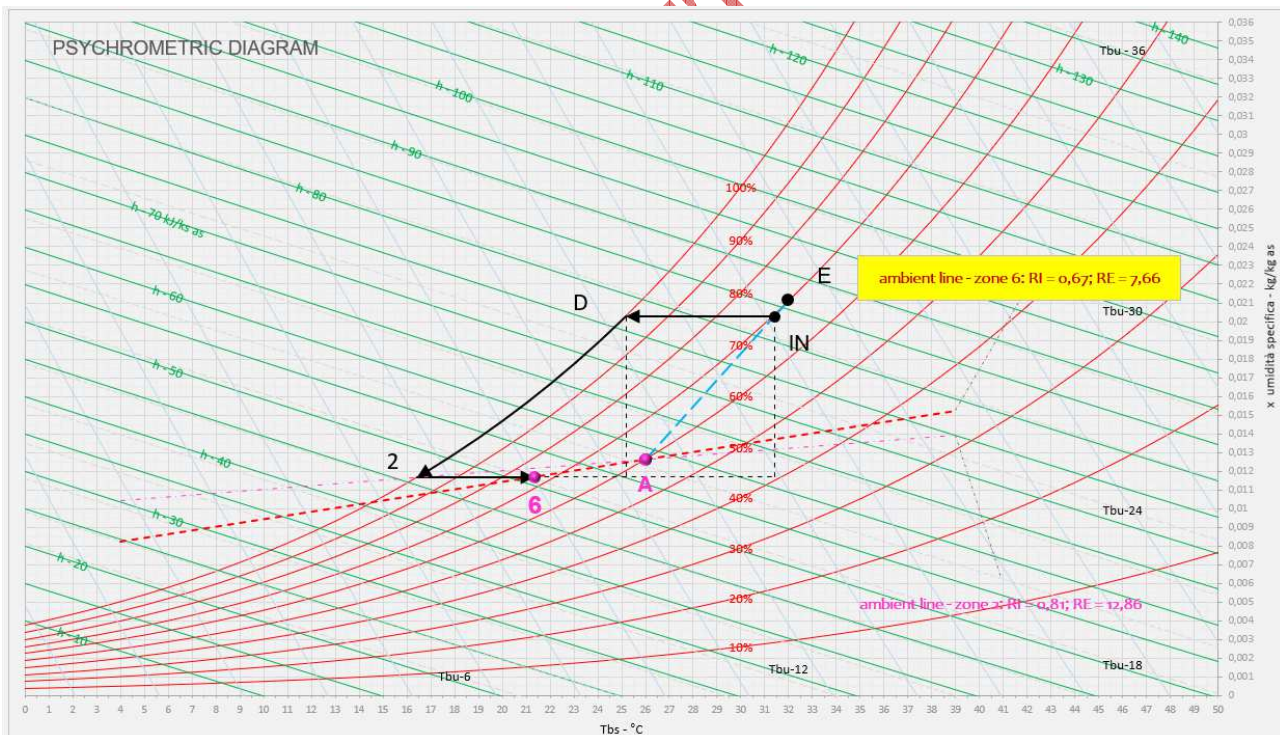
The representation on the psychrometric diagram takes place for each project zone. The choice of the area in which to represent the treatments and transformations of humid air in the AHU and in the post-heating coil is made from a drop-down list as shown in the figure:



When selecting the zone, the program determines all the psychrometric parameters of the air in the conditions "6" of intake in zone 6 to be air-conditioned, according to the following calculation table:

G6	T6	ϕ_6	Pvsat_6	Pv_6	x_6	v_6	h_6	Tbu_6	RI_6	RE_6	W risc.2→6
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv	kW
0,47	21,36	73,6%	2.542,01	18,71	0,01170	0,850	51,18	18,01	0,67	7,66	2,39

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



On the diagram you can see:

- IN-D-2 cooling and dehumidification in the cold coil of the AHU performed on the total system flow rate $G.IN = 4.23 \text{ kg/s}$;
- post-heating 2-6 performed on the G6 zone flow rate = 0.47 kg/s .
- the ambient line relative to zone 6 and the respective thermal factors Ri and RE;

- the ambient line relating to zone 2 (the one with the lowest latent load) whose intake point 2 coincides with the state of the air at the exit from the AHU and lies on the saturation curve. This flow rate does not require post-heating as it is already suitable for entering the rooms of zone 2.

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 = $G.IN = 4.23 \text{ kg/s}$;

Power = $W = 157.70 \text{ kW}$ (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:

TPOLOGY	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	3,77

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	10,2
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow			°C	12,7
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:

$\Delta T_{ml} = 10.2$ °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);

$\Delta T_{ml_co} = 12.7$ °C: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

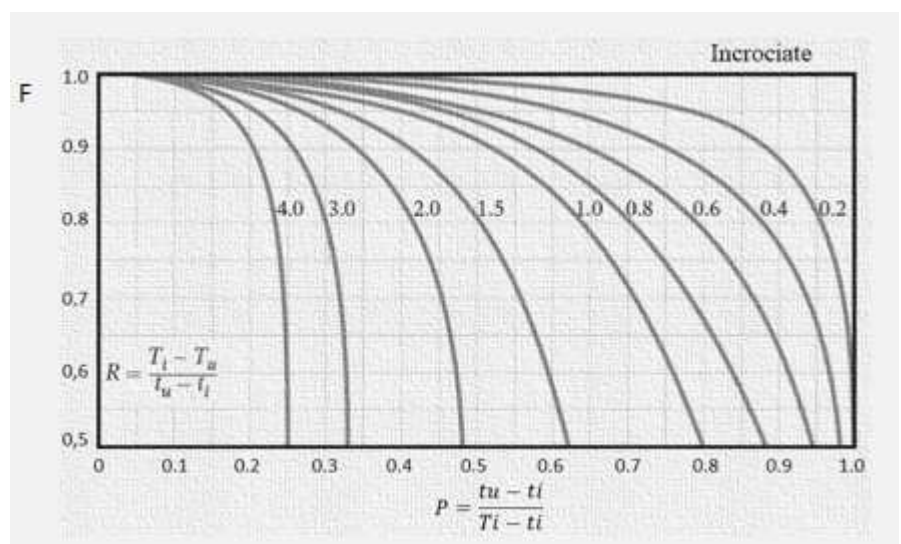
$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior calculation of the quantities $P = 0.38$ 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:

$V_A = 1.5$ m/s: air velocity;

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

Once the height of the battery has also been defined (a value



to be entered by the designer), the program calculates the dimensional characteristics of the battery according to the table below:

H		battery height	mm	1300
L	$G.IN/(v_a \cdot H)$	battery width	mm	1.937
Af	$H \cdot L$	front battery area	m ²	2,52
N	$W/((v_h \cdot 4186 \cdot A_{tu}) \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	22
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	59

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

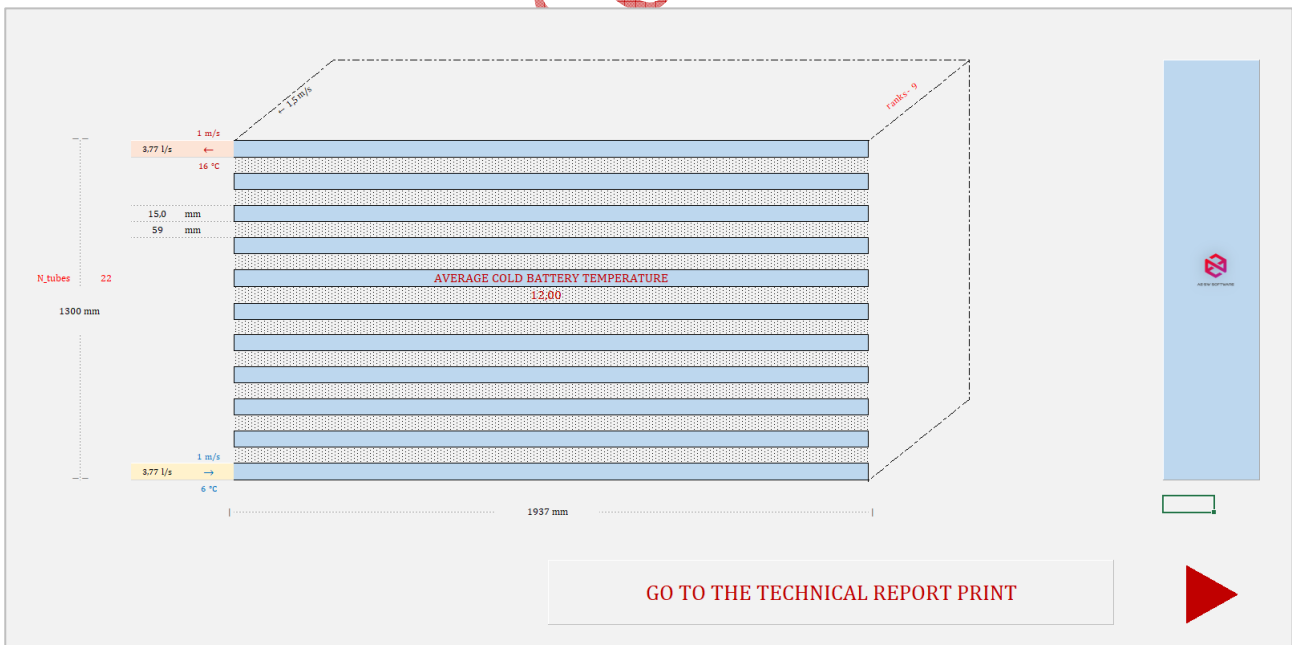
U_ W/mq°C

710,25

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

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

MULTI-ZONE ALL-AIR SYSTEM WITH RECIRCULATION ATMOSPHERIC PRESSURE 101325 Pa

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

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

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

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

INTRODUZIONE

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 sizing includes an AHU equipped with a cold coil for cooling and dehumidification of the entire flow rate. The air leaving the AHU is then channelled to the areas to be air-conditioned. In correspondence with each zone, each zone flow is subjected to differentiated zone heating by means of heat exchange coils with which the individual flows are brought back to the suitable conditions of intake for the removal of the ambient loads.

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].

THEY ARE DETERMINED FOR THE SET OF ZONES:

- the psychrometric parameters of the humid outdoor G_E air and the ambient air G_A ;
- the total mass flow G_E [kg/s];
- the total thermal power W - subtracted in the cold coil; the sensitive and latent components;
- the psychrometric parameters of the air at the exit of the AHU;
- the condensed steam flow rate U [kg/s] during cooling;

IN ADDITION, FOR EACH ZONE:

- the inlet flow rate G_i [kg/s] and its psychrometric parameters;
- the temp. difference $T_i - T_A$ between the intake temperature and the ambient temperature;
- the GRN-i renewal and recirculation G_{RC_i} flow rates;
- the sensible heat output W_{post-h} supplied in the post-heating coil;
- changes in temperature ΔT_{post-h} and relative humidity $\Delta \phi_{post-h}$ due to post-heating;
- the thermal factor RI [-] internal and $RE = \Delta h / \Delta x$ external, relative to each zone;

FINALLY:

- the functional and dimensional characteristics of the cold coil.

GENERAL DATA

System type:	ALL-AIR MULTI-ZONE WITH POST-HEATING	
Calculation method:	a umidità specifica di immissione controllata	
P_Atmospheric pressure:	101.325	Pa
Room category	resid. and similar	
Expected quality category_UNI EN 16798	1_very good	
Pollution degree_UNI EN 16798	n.d.	
TE_outdoor temperature	32,0	°C
ϕ_E _oudoor relative humidity:	70%	-
TA_project internal temperature	26,0	°C
ϕ_A _project internal relative humidity:	60%	-

pag. 2 di 5

© AE-SW SOFTWARE

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 CONDITIONS: OUTDOOR AIR - AMBIENT AIR - MIXED AIR

GE	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
E	32	70%	4.755,40	33,29	0,02113	0,894	86,23	27,5	25,85

external air

GE	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°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	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
IN	31,40	69,61%	4.595,80	31,99	0,02028	0,891	83,43	26,8	25,18

PSYCHROMETRIC AIR CONDITIONS AT THE EXIT OF AHU

G2	T	ϕ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	16	100%	1.866,22	18,66	0,01167	0,836	46,04	16,4	16,42

air at the exit from AHU

OVERALL AIR FLOW RATES

G.IN_Flow rate treated	4,23	kg_as/s
GRN_fresh air flow rate	3,80	kg_as/s
GRC_recirculation flow rate	0,42	kg_as/s

POWER AND STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY

Wsens	sensitive component	-64,93	kW
Wlat	latent component	-92,78	kW
W-	TOTAL POWER SUBTRACTED	-157,70	kW
U	TOTAL STEAM SUBTRACTED	-36,24	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

FLOW RATES AND PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF INTAKE AIR FOR EACH ZONE

ZONE	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_i Pa	Pv_j Pa	x_i kg/kg	v_i mc/kg	h_i kJ/kg	Tbu_j °C	TD_j °C
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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMES AND NUMBERS OF HOURLY AIR CHANGES

ZONE	Vi mc/h	n_i 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
-	-	-
-	-	-

POWERS - ΔT and Δφ BY POST-HEATING - THERMAL RATIOS OF ZONE LINES

ZONE	W_post.r. kW	ΔT_post.r. °C	Δφ_post.r. %	RI -	RE kJ/grv
1	1,41	3,95	-21,8%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,36	4,11	-22,5%	0,71	8,58
4	2,42	3,95	-21,8%	0,71	8,75
5	1,29	2,81	-16,1%	0,75	10,01
6	2,39	4,94	-26,4%	0,67	7,66
7	0,79	0,96	-5,7%	0,79	12,05
8	0,89	2,33	-13,5%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

COLD BATTERY SIZING

W-	total power	kW	-157,70
Gb	air flow rate on battery	kg/s	4,23
	TYPOLOGY	De mm	Di mm
	5/8' - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016
			Atu mm
			177,00

© AE-SW SOFTWARE

Air	direction respect to water flow		crosscurrent
F	heat transfer correction factor	-	0,80
Δt_{ml}	average logarithmic air/water temp. difference	$^{\circ}\text{C}$	10,2
v_a	air speed	m/s	1,50
Gh	battery water flow rate	l/s	3,77
Thi	inlet water temperature	$^{\circ}\text{C}$	6,00
Thu	outlet water temperature	$^{\circ}\text{C}$	16,00
ΔTh	water thermal difference	$^{\circ}\text{C}$	10,00
Tm	average battery surface temperature	$^{\circ}\text{C}$	12,00
v_h	water speed	m/s	1,00
H	battery height	mm	1300
L	battery width	mm	1.937
Af	front battery area	mq	2,52
N	number of horizontal tubes	-	22
i	vertical pipe center distance	mm	59
U	global heat transfer coeff. on the front surface	W/mq $^{\circ}\text{C}$	710,3
NR	number of ranks	-	9

ATTACHMENTS
calculation tables
psychrometric diagram

The project technician
 Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved

CALCULATION TABLES

AE-SW SOFTWARE

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

TYPE SYSTEM

FULL AIR WITH RECIRCULATION

CALCULATION TYPE

id with controlled specific input humidity



ATMOSPHERIC PRESSURE

DIRECT INPUT

INDIRECT INPUT by altitude and temperature

H ₀ [altitude]	TP ₀ Temp at H ₀ [°C]	Pa	101.325 * 2 ^{(H₀ / 1000) - 1}
2.000	101.325 - 11,2791 * 0,0022564 * H ₀	101.325	101.325 * 0,9977741881

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION

GENERAL DATA

N number of thermal zones

8

Intended for use

residential

no residential

Expected environmental quality UN EN 15798:

1_very good 2_good 3_not very good

Degree of environmental pollution UN EN 15798

polluted moderately polluted little polluted

Calculation method UN EN 15798:

method 1 method 2

TC_outside air temperature
φ_r relative humidity outdoor air
TA_outdoor zone temperature
φ_r relative zone relative humidity

φ _r	32
φ _r	70%
TA_outdoor	4,0
φ _r	60%

THERMAL ZONES DATA

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ_people	70	80	180	120	90	160	160	75	85	70
V_vol	600	900	1.800	1.200	1.000	1.800	1.800	750	1.000	750
S_area	200	300	600	400	350	600	600	250	350	250
φ _r outdoor	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
TA_outdoor	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
φ _r indoor	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,35	0,40	0,30	0,40

CALCULATION VALUES_ZONES

Conditioning	people	850
V_volume	m ³	3.250
S_area	m ²	3.000
Vol_outdoor	m ³	3.560
Vens	MW	12
Watt	MW	4

Studio associati di Ingegneria - Via Giuseppe III - Aversa di Somma - (NA)

AE-SW - © All rights reserved

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

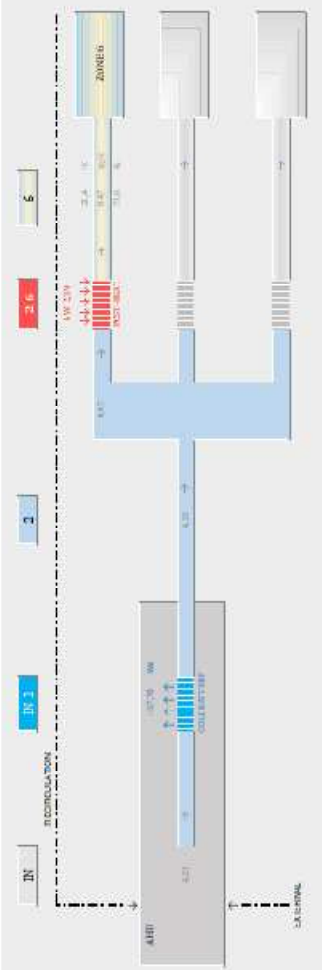
In this software, Zone's temperature, $T_{z,i}$ (cooling) can be implemented. A central recirculation room, located in zone where $T_{z,i}$ is the lowest (Zone 1), provides the air to all zones. The air is then recirculated to all zones. The data source is (TREC) for the main part of the project.

Air parameters

The table shows the air parameters for the zones. The air is recirculated from the central room to all zones. The air is then recirculated to all zones. The data source is (TREC) for the main part of the project.

M. Number of thermal zones		M. Number of thermal zones	
Zone	Area	Volume	Height
1	21	21	2.7
2	10	10	2.7
3	10	10	2.7
4	10	10	2.7
5	10	10	2.7
6	10	10	2.7
7	10	10	2.7
8	10	10	2.7
9	10	10	2.7
10	10	10	2.7

MULTI-ZONE ALL-AIR SYSTEM WITH RECIRCULATION XI - CONTROLLED

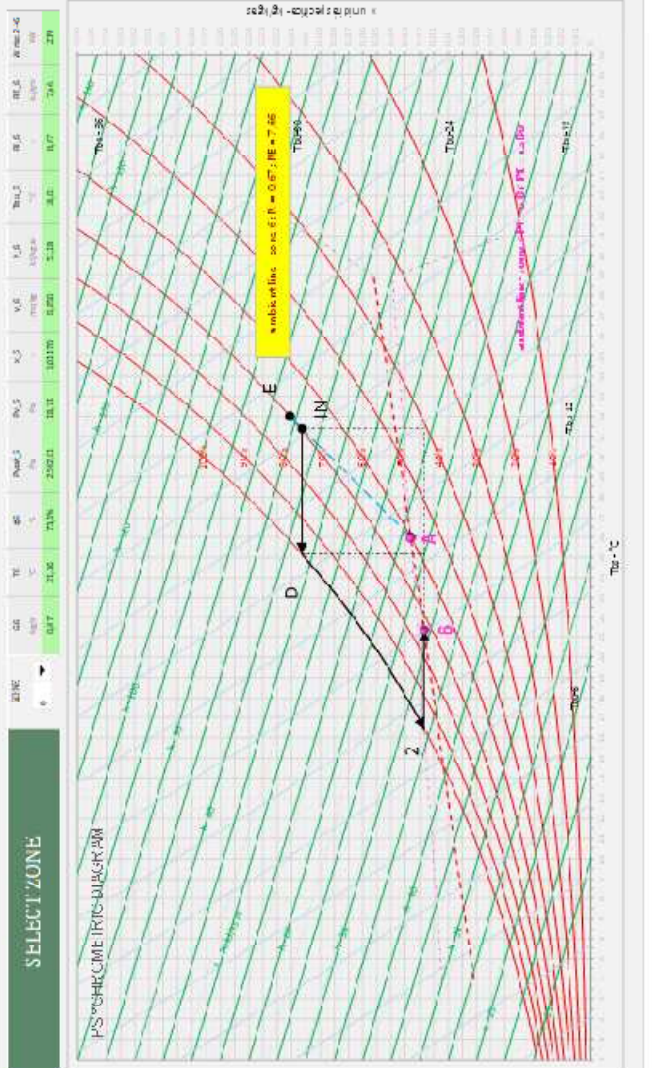


MULTI-ZONE WITH POST-HEATING

OUTDOOR AIR PARAMETER STATUS	
Q	1.0
E	0.0
G	0.0
A	0.0

FLOW RATES IN/OUT - NUMBER OF HOURLY CHANGES

Zone	Flow rate (m³/s)	Number of hourly changes
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0



COLD BATTERY SIZING

Technology	De [mm]	Di [mm]	AW [mmq]
3/4" 8.5 height	13.75	13.75	3.7

COLD AIR / HEAT PUMP'S SUPPLY

TH	water inlet temperature	°C	8
ZTh	water return difference	°C	5
THr	water exit temperature	°C	13.75
THt	average battery fluid temperature	°C	13.20
GH	battery water flow rate	l/s	3.7

© AESW SOFTWARE

NUMBER OF RAILS

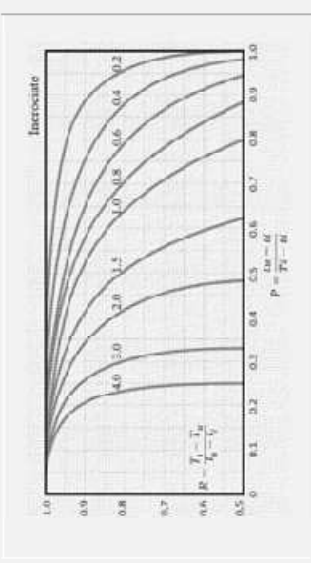
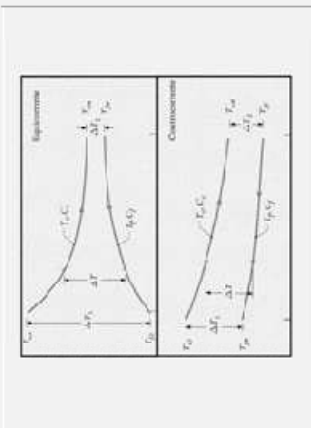
air flow respect to water flow

constant

variable

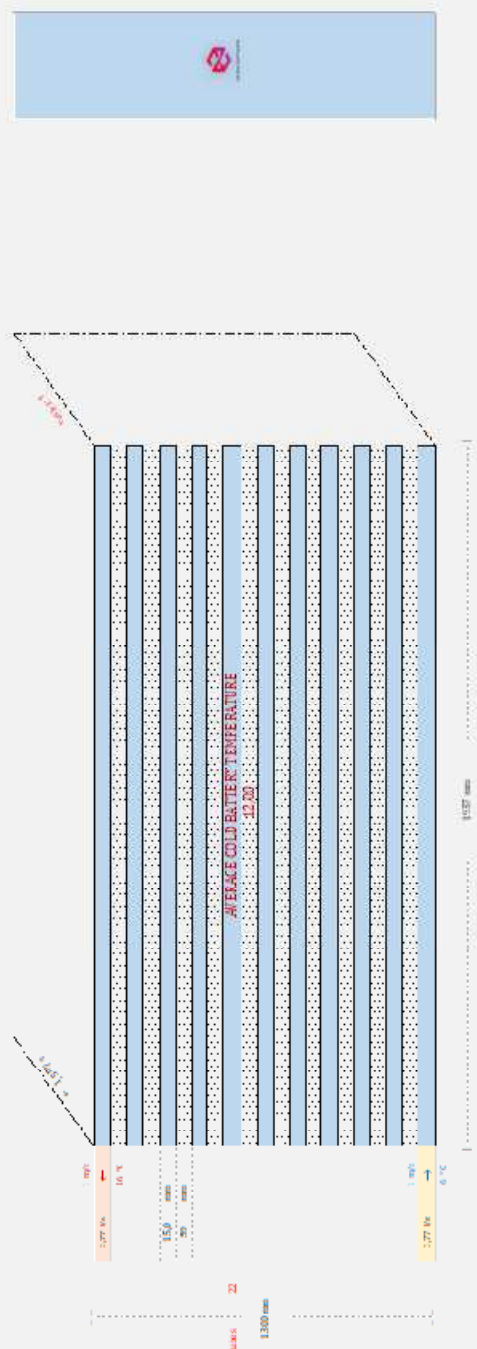
Flow	liquid flow air/water flow ratio	°C	30.2
Flow	air/water flow ratio	°C	22.7
Flow	air/water flow ratio	°C	15.5
Flow	air/water flow ratio	°C	10.5
Flow	air/water flow ratio	°C	7.5
Flow	air/water flow ratio	°C	5.5
Flow	air/water flow ratio	°C	4.0
Flow	air/water flow ratio	°C	3.0
Flow	air/water flow ratio	°C	2.0
Flow	air/water flow ratio	°C	1.5
Flow	air/water flow ratio	°C	1.0

-AIR CONDITIONING SYSTEM DIAGRAM

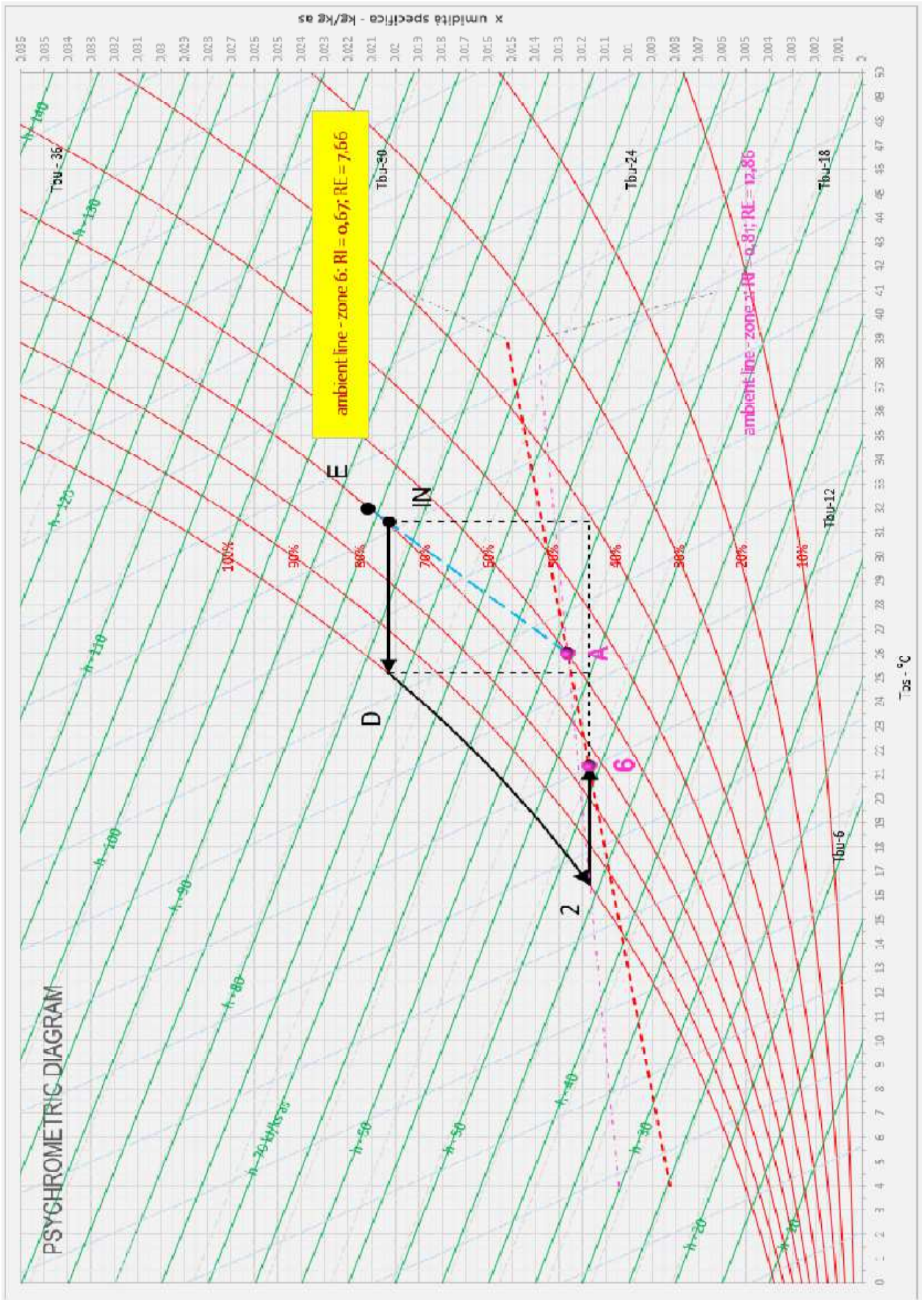


H	height	mm	137
L	battery length	mm	1300
W	battery width	mm	22
N	number of electrical tubes	mm	9
I	vertical distance between	mm	50

U [W/m²C] 210.25
NE number of fans [W/m²-C-dim]] 9



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 CON RICIRCOLO e POST-RISCALDAMENTO 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