

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA

- a singolo condotto con post-riscaldamento

ITALIANO - INGLESE

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

ITALIANO • INGLESE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE MULTI-ZONA CON POST-RISCALDAMENTO
UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICROMETRICO INTERATTIVO

Zone	Post-Riscaldamento	Umidità Specifica Controllata
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	SI	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	SI	SI
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	SI	SI
18	SI	SI

- ▶ A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO
- ▶ 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 PRIMARIA

CON POST-RISCALDAMENTO

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA 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

INDICE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON POST-RISCALDAMENTO

PREMESSA	pag. 2
1 DATI GENERALI	pag. 3
2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	pag. 6
3 RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO	pag. 12
4 DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA	pag. 14
5 RELAZIONE TECNICA esempio di calcolo	pag. 17
6 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 28
BIBLIOGRAFIA	pag. 44

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA 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 primaria con 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. 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.

L'illustrazione del programma è effettuata in riferimento a un caso concreto; in tal senso il manuale d'uso costituisce anche una guida all'applicazione del programma. In appendice è altresì riportata la stampa della relazione di calcolo dell'esempio svolto.

1 - DATI GENERALI

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

I dati generali riguardano:

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

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA PRIMARIA

TIPOLOGIA CALCOLO
xi a umidità specifica di immissione controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO Pa 101.325

INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H_altitudine_m	TH_temp_edi_H_°C	$101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$	$101325 * (1 - 0,0000226 * H)^{5,2561}$	$101325 * 0,9877^{TH / 273,15}$	$101325 * e^{(19,8 * TH) / (H * H)}$
2.000	15	--	--	--	--

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 attesa UNI EN 16798:
 1_molto buono 2_buono 3_poca buono

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

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_temperatura aria esterna °C 30

φE_umidità relativa aria esterna % 60%

TA_temperatura zone voluta °C 30

φA_umidità relativa zone voluta % 55%

DATI ZONE TERMICHE										
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	80	95	160	75	85	75
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_sq	200	300	600	500	350	400	600	250	350	260
%_ABS	8%	12%	24%	20%	14%	16%	24%	10%	14%	10%
Wens_KW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,80	1,50
Wint_KW	0,70	0,35	0,70	0,55	0,40	0,80	0,38	0,42	0,90	0,44

VALORI DI CALCOLO_ZONE	
Affollamento	pers. 850
V_volume	mc 9.550
S_superficie	m ² 3.200
S_Hd_superficie ridotta_vegg-terzi	m ² 3.350
Wens	KW 12
Wint	KW 4

Studio associata 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 = 60%; TA = 26 °C; ΦA = 55%);

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	0,55	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 SOFT

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:

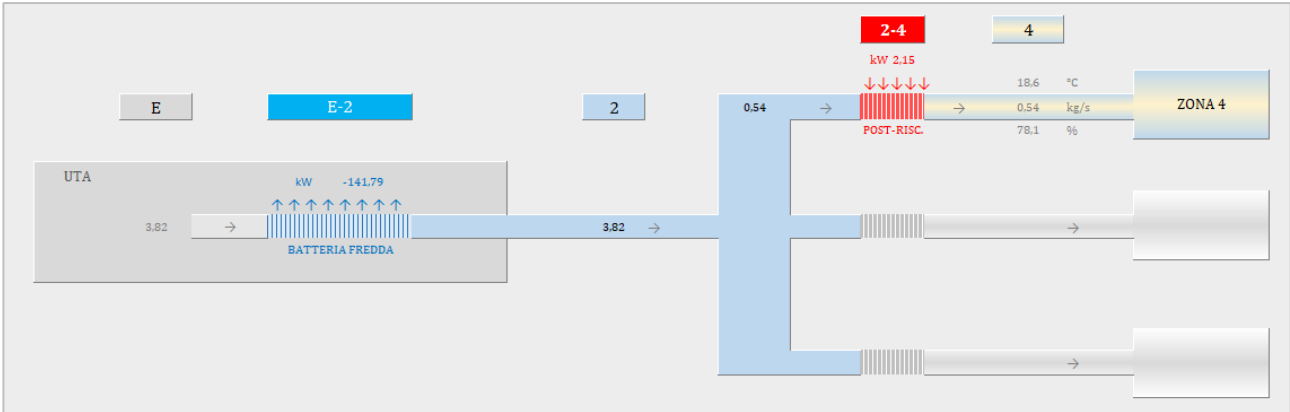
- si suppone l'esistenza di zone-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A [°C] e una umidità relativa Φ_A [%] supponendo che da separato calcolo risulti gravare sulle medesime zone carichi sensibili W_{sens_i} [kW] e latente W_{lat_i} [kW] essendo i variabile da 1..... n (n numero di 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 da immettere negli ambienti di ciascuna zona utile ad asportare il carico sensibile e il carico latente su di essa gravante;
- caratterizzare le trasformazioni psicrometriche alle quali dovranno essere sottoposte le portate d'aria di ciascuna zona per pervenire alle condizioni di immissione;
- valutare le potenze scambiate 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 4**. I numeri/lettere sopra riportati (E; E-2; 2; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria e delle trasformazioni rappresentate sul diagramma psicrometrico riportato in fondo a tale paragrafo. Esse, sempre in riferimento alla zona 4, sono rappresentate da linee di colore nero A-D-2-4.

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 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:

$$xi = x_2 = 0,01044 \text{ [kg/kg]}$$

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

b	PORTATE DI IMMISSIONE - VOLUMI E NUMERO RICAMBI ORARI								
G2	T ₂	φ ₂	Pv.sat ₂	Pv ₂	x ₂	v ₂	h ₂	Tbu ₂	TD ₂
3,82	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	14,71	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,17	14,68	14,71
input_xi	imporre xi ripetutamente finché xi = x2 =				0,01044	→	kg/kg as	0,01044	

IMPORTANTE: è da notare che la definizione del valore "xi" costituisce l'unico dato di input da

inserire nel foglio di dimensionamento per pervenire alla progettazione impianto; il programma non richiede altri input.

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

► determina, per ciascuna zona, la portata "Gi", il volume d'aria "Vi" 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 di ventilazione "Gi_UNI" minima imposta dalle norme UNI EN 16798. Stesso discorso vale per il volume "Vi".

ZONA	V	Gi_calc	Vi_calc.	Gi_UNI	Vi_UNI	Gi	Vi	n_i
	mc	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	1/h
1	600	0,25	801	0,31	1.008	0,31	1.008	1,68
2	900	0,13	401	0,36	1.152	0,36	1.152	1,28
3	1.800	0,25	801	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28
4	1.500	0,21	687	0,54	1.728	0,54	1.728	1,15
5	1.000	0,14	458	0,40	1.296	0,40	1.296	1,30
6	1.200	0,29	916	0,43	1.368	0,43	1.368	1,14
7	1.800	0,14	435	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28
8	750	0,15	481	0,34	1.080	0,34	1.080	1,44
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALI	9.550	1,55	4.980	3,82	12.240	3,82	12.240	1,28
GE portata totale_zone						kg/s	3,82	

Nella schermata citata la tabella raffigurata riporta in fondo la riga dei valori totali.

Infine nell'ultima riga è riportato il valore di calcolo della portata d'aria primaria complessiva "GE" da trattare nella UTA e da inviare verso le zone. Nell'esempio svolto si è pervenuto ad una portata massica di impianto pari a:

$$GE = 3,82 \text{ [kg/s]}$$

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

c		POTENZA SOTTRATTA NELLA BATTERIA FREDDA_E → 2		
hE'	$cpa \cdot TE' + cpv \cdot xE' \cdot TE' + r \cdot xE'$ [E': proiezione punto E su orizz. xi=k]		kJ / kg	58,87
Wsens	$GE \cdot (h2 - hE')$	componente sensibile	kW	-67,63
Wlat	$GE \cdot (hE' - h1)$	componente latente	kW	-74,16
W-__TOTALE POTENZA SOTTRATTA		$GE \cdot (h2 - hE)$	kW	-141,79

d		VAPORE SOTTRATTO NELLA BATT. FREDDA_E → 2		
U	$(x2 - xE) \cdot GE$	vapore sottratto a GE nella UTA	gr/s	-28,97

► 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 “1” 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 “ΔT_{bu_post.r}”; la differenza di temperatura “Ti - TA” 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.r.} kW	ΔT _{post.r.} °C	ΔΦ _{post.r.} %	ΔT _{bu_post.r.} °C	Ti - TA °C	Wsens kW	Wlat kW	RI .	RE kJ/gr
1	1,45	4,51	-24,9%	1,48	-6,78	1,8	0,7	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,00	-11,27	1,5	0,4	0,81	12,86
3	3,46	4,70	-25,8%	1,56	-6,59	1,7	0,7	0,71	8,58
4	2,15	3,89	-21,9%	1,25	-7,40	1,5	0,6	0,73	9,32
5	1,30	3,14	-18,1%	0,99	-8,15	1,2	0,4	0,75	10,01
6	2,49	5,70	-30,2%	1,93	-5,59	1,7	0,8	0,67	7,66
7	0,67	0,91	-5,7%	0,25	-10,38	1,5	0,4	0,79	12,05
8	0,88	2,56	-15,1%	0,78	-8,73	1,4	0,4	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 4	2,15	3,89	-22%	1,25	-7,40	1,50	0,55	0,73	9,32
W+__TOTALE POTENZA FORNITA						kW		12,41	

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. 4). Infine nell’ultima riga è riportata la potenza

termica complessiva di post-riscaldamento fornita all'aria umida all'uscita dalla UTA per condurla nelle condizioni di immissione. Il tutto è riportato nella schermata che segue.

► determina, per ciascuna zona, le condizioni psicrometriche di immissione, ovvero: il valore della temperatura "Ti" e umidità relativa "Φi"; la pressione di saturazione 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 relativi alla zona scelta 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=14,71	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,31	19,22	75,13%	2.226,30	16,73	0,01044	0,842	45,79	16,18
2	0,36	14,73	100,00%	1.674,07	16,74	0,01044	0,829	41,19	14,70
3	0,72	19,41	74,22%	2.253,56	16,73	0,01044	0,843	45,99	16,26
4	0,54	18,60	78,11%	2.141,50	16,73	0,01044	0,841	45,15	15,95
5	0,40	17,85	81,85%	2.043,47	16,73	0,01044	0,838	44,39	15,69
6	0,43	20,41	69,76%	2.397,85	16,73	0,01044	0,846	47,01	16,63
7	0,72	15,62	94,33%	1.773,28	16,73	0,01044	0,832	42,10	14,95
8	0,34	17,27	84,94%	1.969,23	16,73	0,01044	0,837	43,79	15,48
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 4	0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,01	0,84	45,15	15,95

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

CHECK

PROGETTO MULTI-ZONA CON POST-RISC._OK

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:



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:

SELEZIONA ZONA

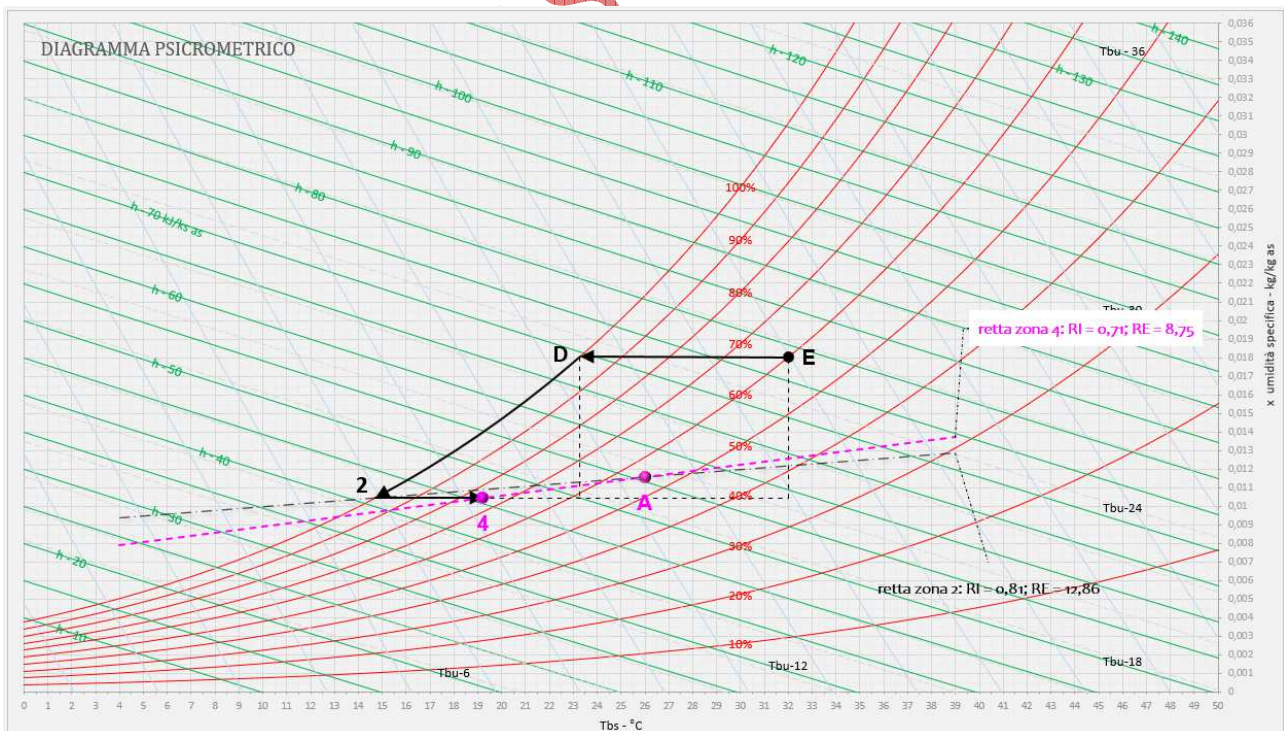
ZONA

4 ▼

Alla selezione della zona, il programma determina tutti i parametri psicrometrici dell'aria nelle condizioni "4" di immissione nella zona da climatizzare, secondo il prospetto di calcolo seguente:

G4	T4	ϕ_4	Pvsat_4	Pv_4	x_4	v_4	h_4	Tbu_4	RI_4	RE_4	W risc.2→4
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv	kW
0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,01044	0,841	45,15	15,95	0,73	9,32	2,15

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



Sul diagramma sono visibili:

- il raffreddamento e deumidificazione E-D-2 nella batteria fredda della UTA eseguiti sulla portata complessiva di impianto $GE = 3,82 \text{ kg/s}$;
- il post-riscaldamento 2-4 eseguito sulla portata di zona $G4 = 0,54 \text{ kg/s}$.
- la retta ambiente relativa alla zona 4 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 e come tale non necessitante di post-riscaldamento in quanto già idonea alla immissione in ambiente.

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 = 3,82 kg/s;

Potenza = 141,79 kW (viene omissso il segno negativo in quanto potenza considerata dal punto di vista della batteria e non dell'aria trattata).

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

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

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

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

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

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

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
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 superficiale media batteria	$^{\circ}\text{C}$	12,00
G_h	portata acqua batteria	l/s	3,39

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	9,6		
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente	°C	12,0		
F	fatt. correz. scambio term. risp. controcorrente	-	0,80		
va	velocità aria	m/s	1,50		
vh	velocità acqua	m/s	1,00		

In funzione di questo il programma determina:

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

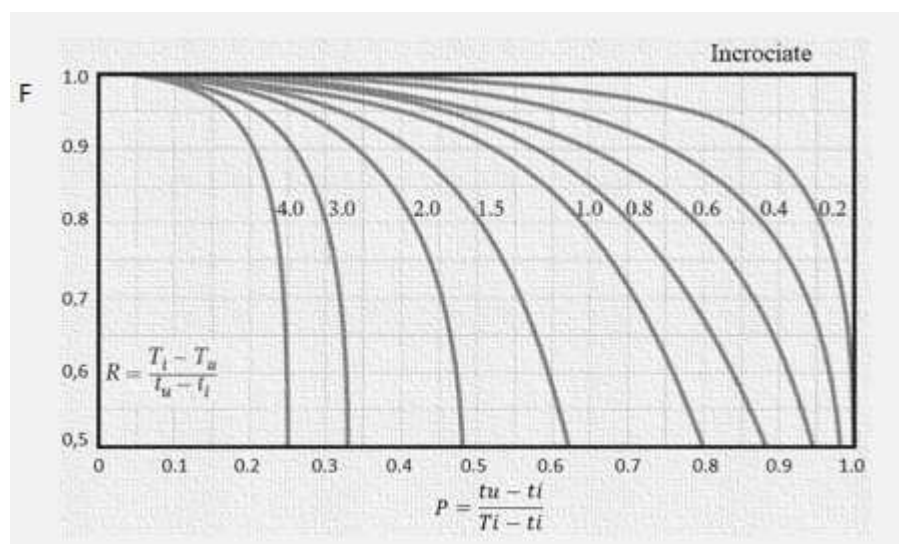
$\Delta T_{ml_co} = 12,0$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

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

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

va = 1,5 m/s: velocità dell'aria;

vh = 1,0 m/s: velocità dell'acqua.



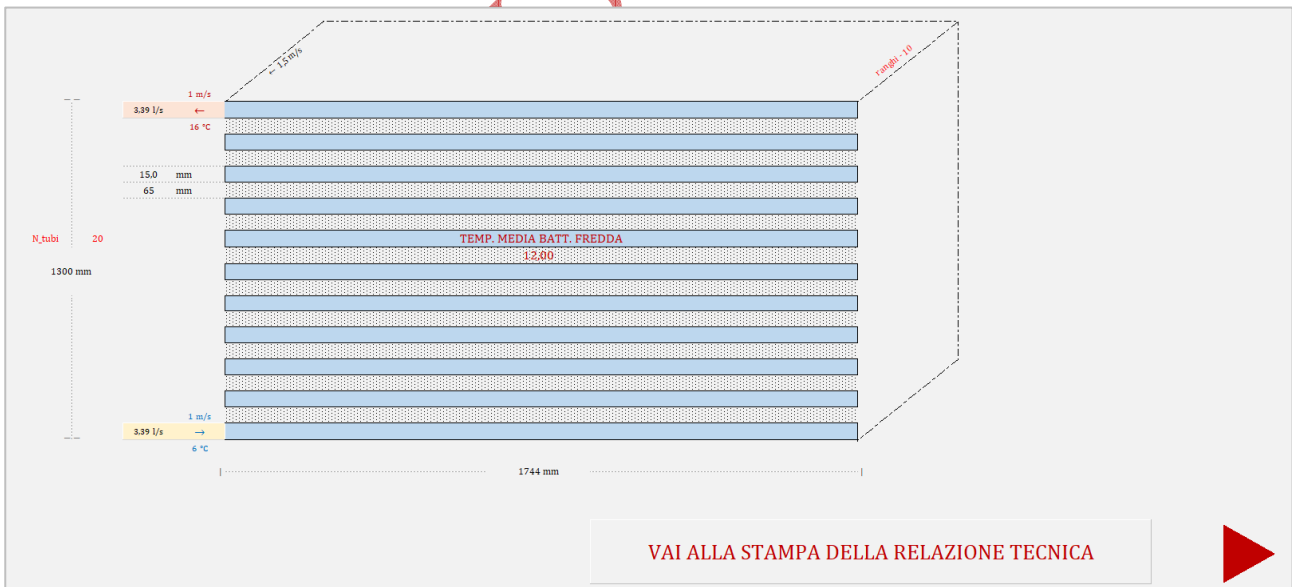
Una volta definita anche la l'altezza della batteria (valore da inserirsi a cura del progettista) il programma calcola le caratteristiche dimensionali della batteria secondo il prospetto di seguito riportato:

H		altezza batteria	mm	1300
L	$GE/(v_a * H)$	larghezza batteria	mm	1.744
Af	$H * L$	area frontale batteria	m ²	2,27
N	$W / (v_h * 4186 * \Delta t_{tu} * (t_{hu} - t_{hi}))$	numero tubi orizzontali	-	20
i	H / N	interasse verticale tubi	mm	65

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

<p>U_W/mq°C</p> <p>710,25</p>	<p>NR - numero ranghi_Wb/Af*U*ΔTml</p> <p>10</p>
-------------------------------	--

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 PRIMARIA CON POST-RISCALDAMENTO 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
	Studio tecnico
	Ingegneri di Napoli, n. XXXX Massa di Somma_NA Via G. Falcone n. 53

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

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

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

© AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA**PREMESSA**

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

Il progetto prevede una 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 di zona 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 T_A e umidità relativa ϕ_A ; carico sensibile gravante W_{sens_i} [kW]; carico latente gravante W_{lat_i} [kW].

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

Superficie di pavimento S_i [mq]; volume V_i [mc]; capienza massima zone p_i [persone].

SONO DETERMINATI PER L'INSIEME DI ZONE:

- *i parametri psicrometrici dell'aria umida esterna e di quella ambiente;*
- *la portata massica complessiva G_E [kg/s];*
- *la potenza termica complessiva sottratta nella batteria fredda; le componenti sensibile e latente;*
- *i parametri psicrometrici dell'aria all'uscita dalla UTA;*
- *la portata di vapore condensato U [kg/s] durante il raffreddamento;*

INOLTRE, PER CIASCUNA ZONA:

- *la portata di immissione G_i [kg/s]; le sue condizioni termoisometriche di immissione;*
- *il salto termico tra la temperatura di immissione e la temperatura ambiente (comfort);*
- *i parametri psicrometrici dell'aria di immissione;*
- *la potenza termica sensibile fornita nella batteria di post-riscaldamento;*
- *i salti di temperatura e umidità relativa dovuti al post-riscaldamento;*
- *il fattore termico R_i [-] interno ed $R_E = \Delta h / \Delta x$ esterno, relativi a ciascuna zona;*

INFINE:

- *le caratteristiche dimensionali della batteria fredda.*

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON POST-RISCALDAMENTO	
Metodo di calcolo:	<i>a umidità specifica di immissione controllata</i>	
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
ϕ_E _Umidità relativa esterna:	60%	-
TA_Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
ϕ_A _Umidità relativa ambiente di progetto:	55%	-

© AE-SW SOFTWARE

DATI ZONE TERMICHE

	Z.1	Z.2	Z.3	Z.4	Z.5	Z.6	Z.7	Z.8	Z.9	Z.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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	-	1,65	1,45	1,35	1,10	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,55	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,44

CONDIZIONI PSICROMETRICHE: ARIA ESTERNA - ARIA AMBIENTE - ARIA USCITA UTA

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	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27

aria esterna

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

aria ambiente

G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	15	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,16	14,7	14,71

aria all'uscita da UTA

PORTATA D'ARIA COMPLESSIVA

GE_portata trattata	3,82	kg_as/s
GRN_portata di rinnovo	3,82	kg_as/s
GRC_portata di ricircolo	-	kg_as/s

POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA

Wsens	componente sensibile	-67,63	kW
Wlat	componente latente	-74,16	kW
W-	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	-141,79	kW
U	TOTALE VAPORE SOTTRATTO	-28,97	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

PORTATE E CONDIZIONI PSICROMETRICHE ARIA DI IMMISSIONE PER ZONA

ZONA	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_j Pa	Pv_j Pa	x_j kg/kg	v_j mc/kg	h_j kJ/kg	Tbu_j °C	TD_j °C
1	0,31	19,22	75,1%	2.226,30	16,73	0,0104	0,842	45,79	16,18	14,71
2	0,36	14,73	100,0%	1.674,07	16,74	0,0104	0,829	41,19	14,70	14,71
3	0,72	19,41	74,2%	2.253,56	16,73	0,0104	0,843	45,99	16,26	14,71
4	0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,0104	0,841	45,15	15,95	14,71
5	0,40	17,85	81,9%	2.043,47	16,73	0,0104	0,838	44,39	15,69	14,71
6	0,43	20,41	69,8%	2.397,85	16,73	0,0104	0,846	47,01	16,63	14,71
7	0,72	15,62	94,3%	1.773,28	16,73	0,0104	0,832	42,10	14,95	14,71
8	0,34	17,27	84,9%	1.969,23	16,73	0,0104	0,837	43,79	15,48	14,71
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMI E NUMERI DI RICAMBI D'ARIA ORARI

ZONA	Vi mc/h	n_j 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	1,45	4,51	-24,9%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,46	4,70	-25,8%	0,71	8,58
4	2,15	3,89	-21,9%	0,73	9,32
5	1,30	3,14	-18,1%	0,75	10,01
6	2,49	5,70	-30,2%	0,67	7,66
7	0,67	0,91	-5,7%	0,79	12,05
8	0,88	2,56	-15,1%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

© AE-SW SOFTWARE

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

W-	potenza complessiva	kW	-141,79
Gb	portata d'aria su batteria	kg/s	3,82
	TIPOLOGIA BATTERIA	De	Di
		mm	mm
	5/8" - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016
			Atu
			mm
			177
Aria	direzione rispetto al flusso d'acqua	incrociato	
F	fattore di correzione scambio termico	-	0,80
Δt_{ml}	salto termico medio logaritmico aria/acqua	°C	9,6
Gh	portata acqua batteria	l/s	3,39
Thi	tempertura acqua in ingresso	°C	6,00
Thu	tempertura acqua in uscita	°C	16,00
ΔTh	salto termico acqua	°C	10,00
Tm	temperatura media alette	°C	12,00
va	velocità aria	m/s	1,50
vh	velocità acqua	m/s	1,00
H	altezza batteria	mm	1300
L	larghezza batteria	mm	1.744
Af	area frontale batteria	mq	2,27
N	numero tubi orizzontali	-	20
i	interasse verticale tubi	mm	65
U	coefficiente scambio termico globale_sup. frontale	W/mq°C	710,3
NR	numero ranghi	-	10

ALLEGATI

tabulati di calcolo

diagramma psicrometrico

Il Tecnico progettista
Ing. Alvaro BIANCHI


AE-SW - © Tutti i diritti riservati

TABULATI DI CALCOLO

AE-SW SOFTWARE

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

IMPIANTO MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA CON POST-RISCALDAMENTO PRESSIONE
ATMOSFERICA 101325 Pa

COMMITTENTE	TIZIO Angelo	
COD. FISCALE/P. IVA	ABC DEF 77H60 G005H	
RESIDENZA	Roma (RM)	
INDIRIZZO	Via dei Paschi di Siena, 20	
LOCALITA'	Roma (RM)	
INDIRIZZO	Via Michelangelo, 10	
ZONA URBANISTICA	B	
FOGLIO	97	
PARTICELLA	25	
SUBALTERNO	6	
PROGETTAZIONE	Ing. Alvaro BIANCHI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via G. Falcone n. 53	
DIREZIONE LAVORI	Ing. Aldo ROSSI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via P. Borsellino n. 44	
COLLAUDO	Ing. Filippo VERDI	
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX	
Studio tecnico	Massa di Somma_NA	
Indirizzo	Via R. Chinnici n. 64	

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

AE-SW - © All rights reserved

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

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA PRIMARIA

TIPOLOGIA CALCOLO

- 3 umidità specifica di immissione controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO

INSEDIAMENTO: per altitudine e temperatura:

H altitudine m	T _h temp. ad H °C	101325 * 0,000126 * H ^{1,25}	101325 * 0,9877 ^{H/100}	101325 * e ^(-H/8 * 1,25)
4000	10			

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

Pa 101325

DATI GENERALI

N. numero zone termiche **8**

Grado inquinamento ambiente UNIEEN 16798: inquinato poco inquinato

Destinazione d'uso zone residenz. e simili non residenziale

Metodo di calcolo UNIEEN 16798: metodo 1 metodo 2

Grado di qualità ambientale interna UNIEEN 16798: 1 (buona) 2 (buona) 3 (poco buona)

T_h temperatura in sito per ogni zona
 φ_e umidità relativa aria esterna
 T_a temperatura zone voluta
 φ_a umidità relativa in zona voluta

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

T _h	10
φ _e	60%
T _a	26
φ _a	50%

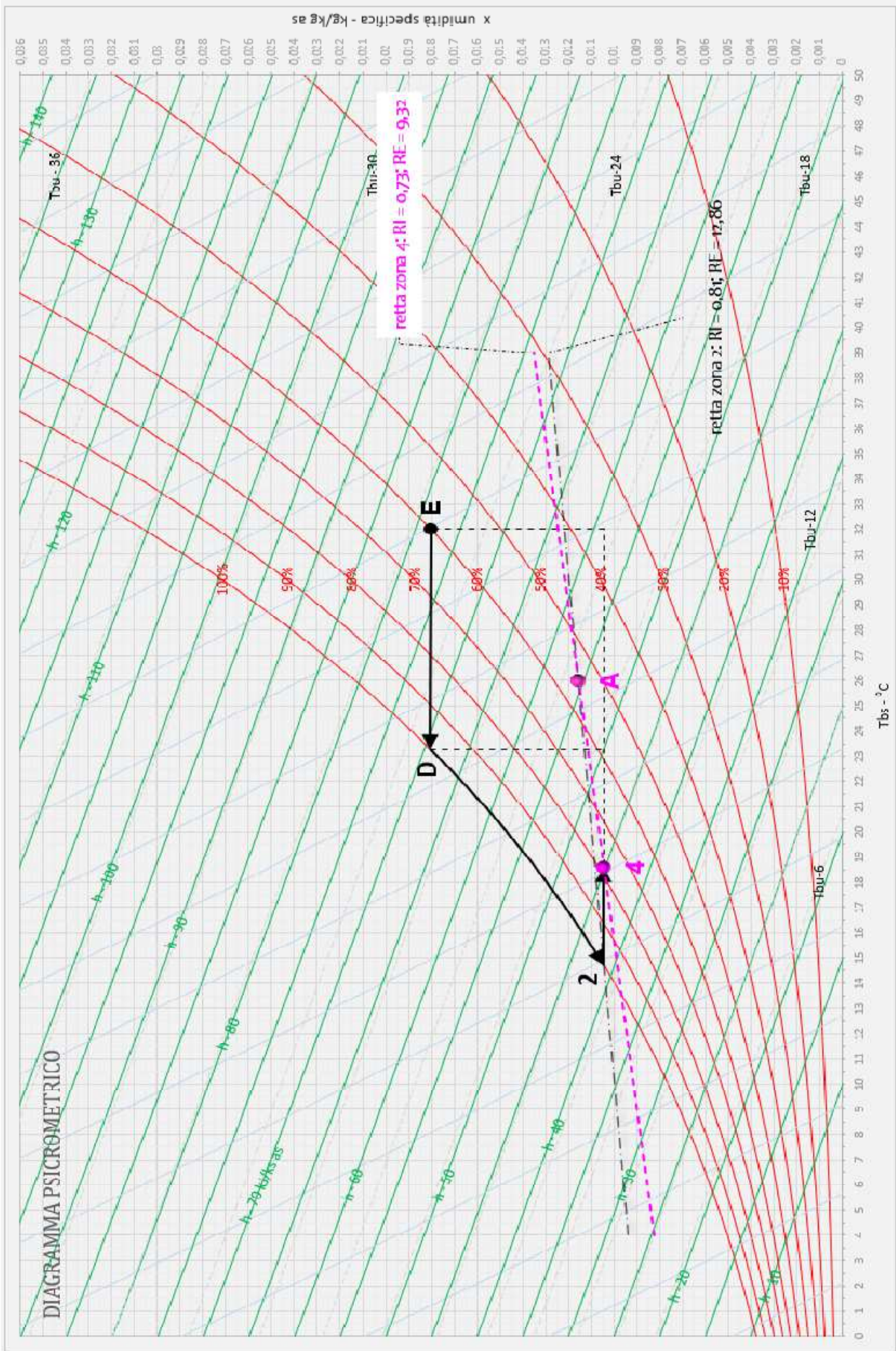
DATI ZONE TERMICHE

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P. pers.	70	80	160	20	90	95	160	75	85	70
V. vol.	600	940	1300	1300	1300	1300	1300	790	1000	740
S. superf.	200	300	600	600	600	600	600	250	330	180
φ _e (max)	80%	81%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
W _{ext} kW	1,75	1,85	1,70	1,54	1,20	1,65	1,45	1,35	1,40	1,45
W _{int} kW	0,70	0,15	0,70	0,55	0,40	0,80	0,18	0,47	0,33	0,44

VALORI DI CALCOLO_ZONE

Alloggiamento	pers.	850
V. volume	m ³	9.554
S. superficie	m ²	3.204
φ _e (max)	m ³	2.588
W _{ext}	kW	1,2
W _{int}	kW	4

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



USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS

SIZING OF MULTI-ZONE SYSTEMS WITH ALL PRIMARY AIR WITH POST-HEATING

PREMISE

The Manual illustrates the functions of the program in *Excel format* for the sizing of *summer air conditioning systems with all primary air with zone post-heating boxes*. 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:

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

TIPOLOGIA IMPIANTO
A TUTT'ARIA PRIMARIA

TIPOLOGIA CALCOLO
xi a umidità specifica di immissione controllata

PRESSIONE ATMOSFERICA

INPUT DIRETTO Pa 101.325

INPUT INDIRETTO per altitudine e temperatura:

H_altitudine_m	TH_temp_edi_H_C	$101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$	$101325 * (1 - 0,0000226 * H)^{2,156}$	$101325 * 0,9877^{TH / 100}$	$101325 * e^{(19,8 * H) / H^2 + H}$
2.000	15	--	--	--	--

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 attesa_UNI EN 16798:
 1_molto buono 2_buono 3_poca buono

Metodo di calcolo_UNI EN 16798:
 metodo 1 metodo 2 metodo 3

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE_temperatura aria esterna °C 30

φE_umidità relativa aria esterna % 60%

TA_temperatura zone voluta °C 30

φA_umidità relativa zone voluta % 55%

DATI ZONE TERMICHE										
ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	80	95	160	75	85	80
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_sq	200	300	600	500	350	400	600	250	350	280
%_AEE	85%	80%	80%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Wens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,10
Wint_kW	0,70	0,35	0,70	0,55	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,34

VALORI DI CALCOLO_ZONE	
Affollamento	pers. 850
V_volume	mc 9.550
S_superficie	m ² 3.200
S_Hd_superficie ridotta_vegg-esterni	m ² 3.350
Wens	kW 12
Wint	kW 4

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

- the type of system: all-primary air (default);
- the calculation option: "controlled specific humidity";
- atmospheric pressure: definable by "direct input" or "indirect input" through the indication of the height of the building and the corresponding external temperature (in the example carried out: P = 101.325 Pa);
- the number of zones present (in the example carried out: n = 8);
- the intended use of the premises: residential or non-residential (in the example carried out: residential and similar);
- the environmental quality category expected pursuant to the UNI EN 16798 standards (in the example carried out: 1_molto good);

- the degree of environmental pollution in accordance with UNI EN 16798 standards (in the example carried out: not selectable as it is intended for residential use);
- the calculation method pursuant to the UNI EN 16798 standards: for the purpose of determining the minimum ventilation volume and the minimum number of hourly changes, 3 calculation methods are provided; that is, as a function of the surface area only; depending only on crowding; depending on the surface area and crowding (in the example carried out: method 1);
- the conditions of the outdoor and environmental area (in the example carried out: TE = 32 °C; ΦE = 60%; TA = 26 °C; ΦA = 55%);

N_number of thermal zones 8

Intended use zones resid. and similar no residential

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

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

Calculation method_UNI EN 16798:
 method 1 method 2 method 3

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

THERMAL ZONES DATA										
ZONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	160	120	90	95	160	75	85	70
V_mc	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250	330	280
%_liv+bed	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,55	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	pers.	850
V_volume	mc	9.550
S_area	m ²	3.200
S _{rid.} _reduced area_living+beds	m ²	2.560
W _{sens}	kW	12
W _{lat}	kW	4

AE-SW SOF

2 - THE 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:

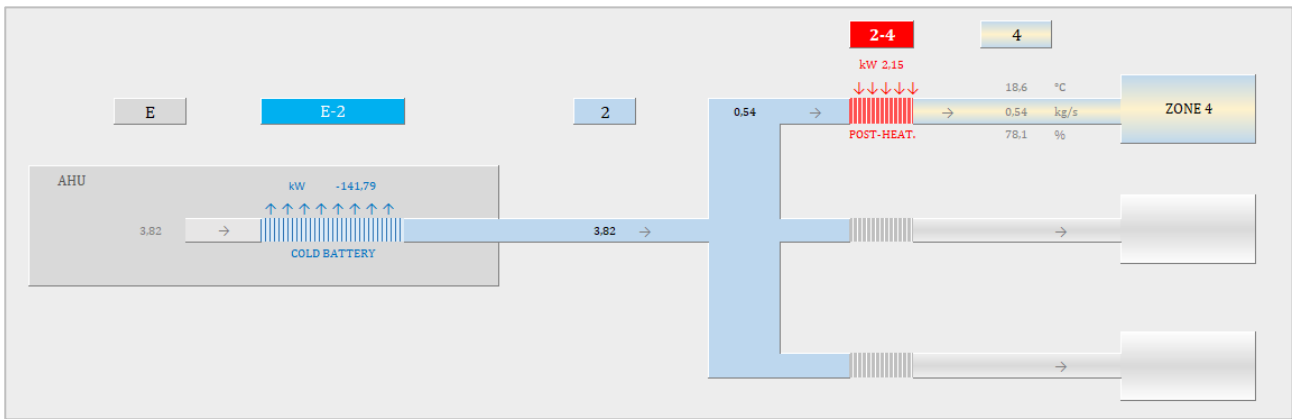
- it is assumed that there are ambient zones in which we want to maintain a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%], assuming that a separate calculation shows that sensitive loads W_{sens_i} [kW] and latent loads W_{lat_i} [kW] are burdened on the same zones, since i varies from 1..... 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 programme 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;
- 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 diagram refers to **zone 4**. The numbers/letters above (E; E-2; 2; etc...) they are representative of the psychrometric states of the air and the transformations represented on the psychrometric diagram at the end of this paragraph. Again, with reference to zone 4, they are represented by black lines A-D-2-4.

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 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:

$$xi = x_2 = 0.01044 \text{ [kg/kg]}$$

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
3,82	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2	14,71	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,17	14,68	14,71
input_xi	impose repeatedly until xi = x ₂ =				0,01044	→	kg/kg as	0,01044	

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

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

► determines, for each zone, the flow rate "Gi", the volume of air "Vi" of intake and 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".

ZONA	V	Gi_calc	Vi_calc.	Gi_UNI	Vi_UNI	Gi	Vi	n_i
	mc	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	kg/s	mc/h	1/h
1	600	0,25	801	0,31	1.008	0,31	1.008	1,68
2	900	0,13	401	0,36	1.152	0,36	1.152	1,28
3	1.800	0,25	801	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28
4	1.500	0,21	687	0,54	1.728	0,54	1.728	1,15
5	1.000	0,14	458	0,40	1.296	0,40	1.296	1,30
6	1.200	0,29	916	0,43	1.368	0,43	1.368	1,14
7	1.800	0,14	435	0,72	2.304	0,72	2.304	1,28
8	750	0,15	481	0,34	1.080	0,34	1.080	1,44
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALI	9.550	1,55	4.980	3,82	12.240	3,82	12.240	1,28
GE portata totale_zone						kg/s	3,82	

In the screenshot mentioned, the table shown shows the row of total values at the bottom.

Finally, the last line shows the calculation value of the total primary air flow rate "GE" to be treated in the AHU and sent to the zones. In the example carried out, a mass flow rate of the system was reached equal to:

$$GE = 3.82 \text{ [kg/s]}$$

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

C	POWER SUBTRACTED BY COLD BATTERY_E → 2			
hE'	$c_{pa} \cdot TE' + c_{pv} \cdot xE' \cdot TE' + r \cdot xE'$ [E': projection of point E on horizon for xi=k]		kJ / kg	58,87
Wsens	$GE \cdot (h2 - hE')$	sensitive component	kW	-67,63
Wlat	$GE \cdot (hE' - h1)$	latent component	kW	-74,16
W-__TOTAL SUBTRACTED POWER	$GE \cdot (h2 - hE)$		kW	-141,79
d	STEAM SUBTRACTED BY COLD BATTERY_E → 2			
U	$(x2 - xE) \cdot GE$	steam subtracted from GE in the AHU	gr/s	-28,97

► 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.

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. 4 was chosen). Finally, the last line shows the total post-heating thermal power supplied to the humid air at the exit from the AHU to conduct it in the conditions of immission. Everything is shown in the following screenshot.

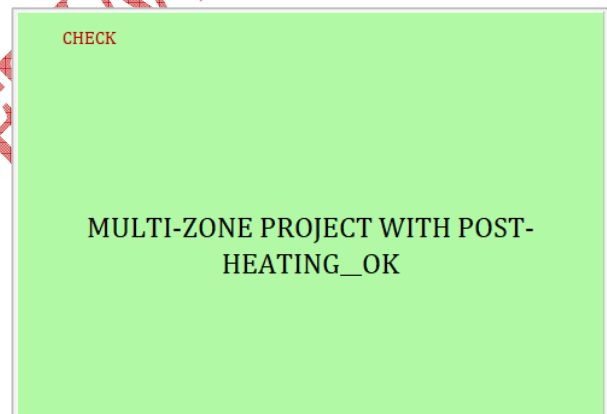
e	POST-HEATING QUANTITIES AND THERMAL ZONE FACTORS								
ZONE	W_post.h. kW	$\Delta T_{post.h.}$ °C	$\Delta\phi_{post.h.}$ %	$\Delta T_{bu_{post.h.}}$ °C	Ti - TA °C	Wsens kW	Wlat kW	RI	RE kJ/gr
1	1,45	4,51	-24,9%	1,48	-6,78	1,8	0,7	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,00	-11,27	1,5	0,4	0,81	12,86
3	3,46	4,70	-25,8%	1,56	-6,59	1,7	0,7	0,71	8,58
4	2,15	3,89	-21,9%	1,25	-7,40	1,5	0,6	0,73	9,32
5	1,30	3,14	-18,1%	0,99	-8,15	1,2	0,4	0,75	10,01
6	2,49	5,70	-30,2%	1,93	-5,59	1,7	0,8	0,67	7,66
7	0,67	0,91	-5,7%	0,25	-10,38	1,5	0,4	0,79	12,05
8	0,88	2,56	-15,1%	0,78	-8,73	1,4	0,4	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 4	2,15	3,89	-22%	1,25	-7,40	1,50	0,55	0,73	9,32
W+__TOTAL SUPPLIED POWER							kW	12,41	

► 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 for the representation on the psychrometric diagram (see dedicated paragraph).

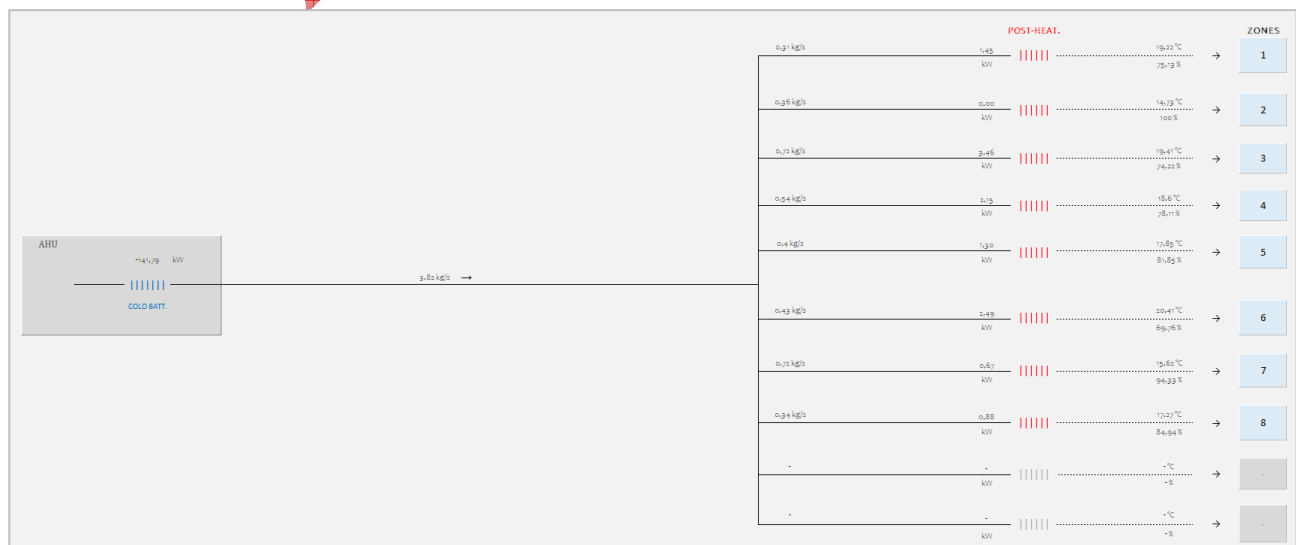
f	PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF ENTRY								
ZONE	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi=14,71	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,31	19,22	75,13%	2.226,30	16,73	0,01044	0,842	45,79	16,18
2	0,36	14,73	100,00%	1.674,07	16,74	0,01044	0,829	41,19	14,70
3	0,72	19,41	74,22%	2.253,56	16,73	0,01044	0,843	45,99	16,26
4	0,54	18,60	78,11%	2.141,50	16,73	0,01044	0,841	45,15	15,95
5	0,40	17,85	81,85%	2.043,47	16,73	0,01044	0,838	44,39	15,69
6	0,43	20,41	69,76%	2.397,85	16,73	0,01044	0,846	47,01	16,63
7	0,72	15,62	94,33%	1.773,28	16,73	0,01044	0,832	42,10	14,95
8	0,34	17,27	84,94%	1.969,23	16,73	0,01044	0,837	43,79	15,48
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 4	0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,01	0,84	45,15	15,95

The project 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 batteries and the relative temperatures and humidity of input in the individual zones:



3 - REPRESENTATION ON A PSYCHROMETRIC DIAGRAM

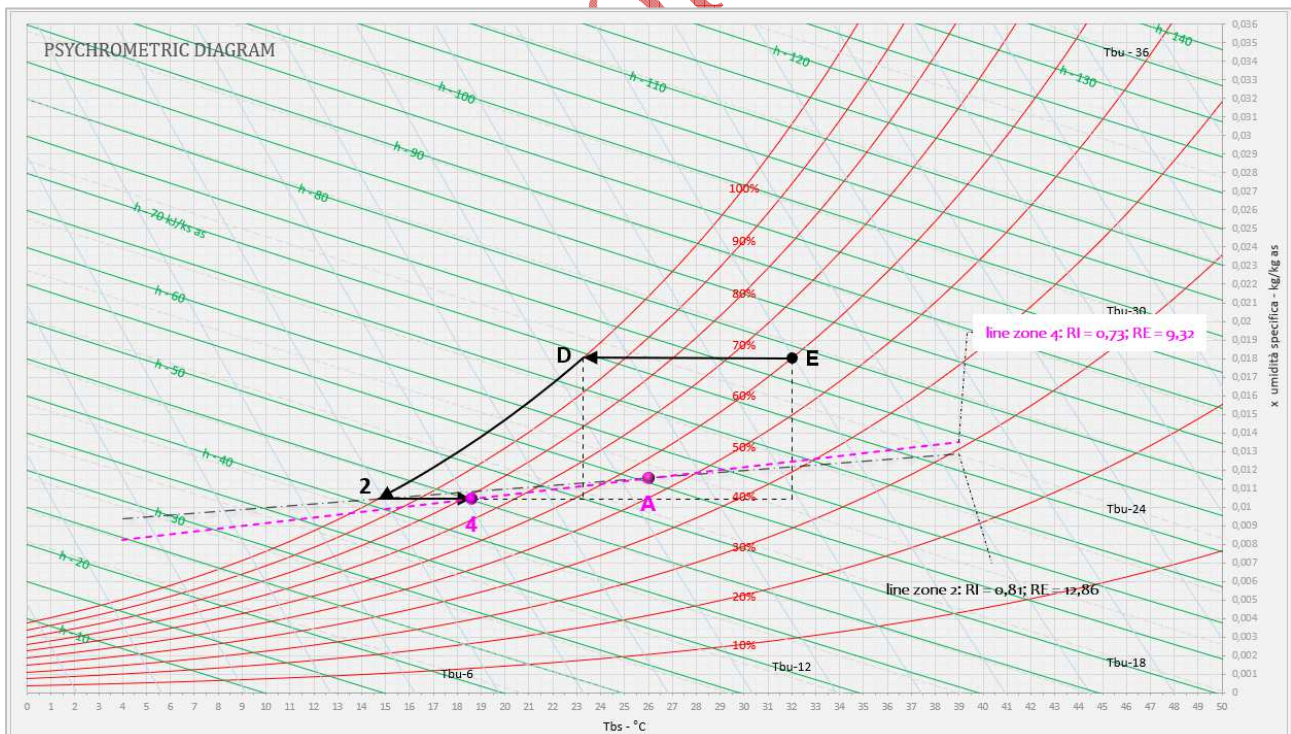
The representation on the psychrometric diagram takes place for each project zone. The choice of the area in which to represent the treatments and transformations of humid air in the AHU and in the post-heating coil is made from a drop-down list as shown in the figure:



When selecting the zone, the program determines all the psychrometric parameters of the air in the conditions "4" of intake into the zone to be air-conditioned, according to the following calculation table:

G4	T4	ϕ 4	Pvsat_4	Pv_4	x_4	v_4	h_4	Tbu_4	RI_4	RE_4	W risc.2→4
kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grav	kW
0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,01044	0,841	45,15	15,95	0,73	9,32	2,15

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



On the diagram you can see:

- E-D-2 cooling and dehumidification in the cold coil of the AHU performed on the total flow rate of the GE system = 3.82 kg/s;
- post-heating 2-4 performed on the G4 zone flow rate = 0.54 kg/s.

- the ambient line relative to zone 4 and the respective thermal factors R_i and R_E ;
- the room line relating to zone 2 (the one with the lowest latent load) whose point of introduction 2 coincides with the state of the air at the exit from the AHU and lies on the saturation curve and as such does not require post-heating as it is already suitable for introduction into the environment.

AE-SW SOFTWARE

4 – 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 = 3.82 kg/s;

Power = 141.79 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 outlet 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	3,39

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

On the basis of this, the program determines:

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	9,6
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow			°C	12,0
F	Heat transfer corr. factor resp. to counterflow	P=0,38	R=1,41	-	0,80
va	air speed			m/s	1,50
vh	water speed			m/s	1,00

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

$\Delta T_{ml_co} = 12.0$ °C: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

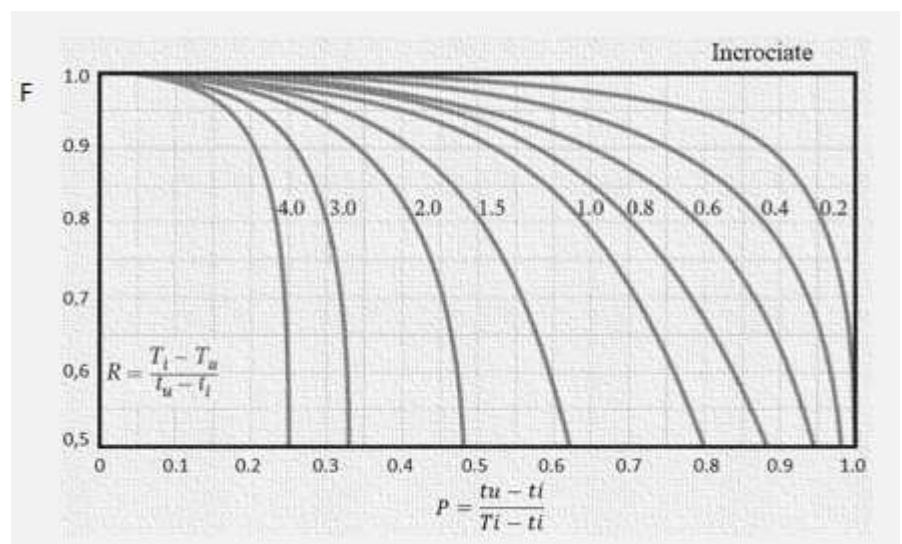
$F = 0.8$: average correction factor of the calculated logarithmic thermal difference with respect to the countercurrent flow (the reference to the countercurrent flow is fixed and does not depend on other factors or calculation assumptions). The value of F is performed by the program through the prior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

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


VA = 1.5 m/s: air velocity;

vh = 1.0 m/s: water velocity.


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



characteristics of the battery according to the table below:

	H		battery height	mm	1300
	L	$GE/(v_a \cdot H)$	battery width	mm	1.744
	Af	H*L	front battery area	m ²	2,27
	N	$W-/(v_h \cdot 4186 \cdot \text{Atu} \cdot (t_{hu} - t_{hi}))$	number of horizontal tubes	-	20
	i	H/N	vertical pipe center distance	mm	65

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



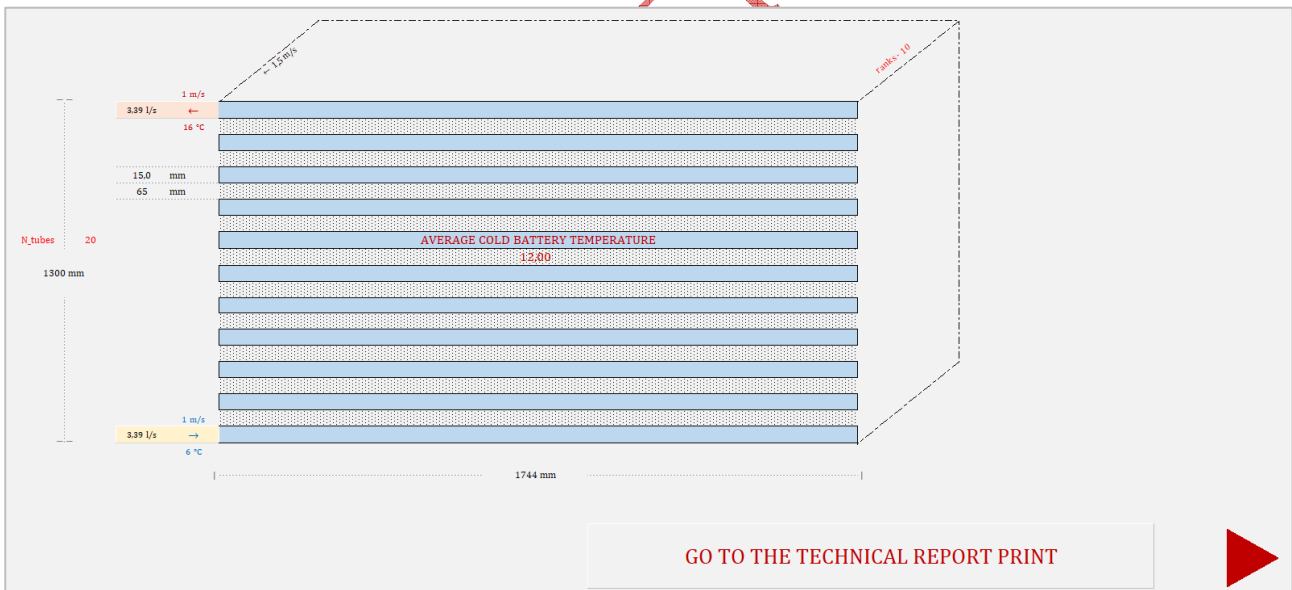
U_W/mq°C

710,25

NR - number of ranks_Wb/Af*U*ΔTml)

10

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-PRIMARY AIR SYSTEM WITH POST-HEATING 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

PREMISE

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

The 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 zone 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 air and the ambient air;*
- *the total mass flow G_E [kg/s];*
- *the total thermal power 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] its thermo-hygrometric conditions in the state of intake;*
- *the temperature difference between the intake temperature and the ambient temperature;*
- *the psychrometric parameters of the intake air;*
- *the sensible heat output supplied in the post-heating coil;*
- *changes in temperature and relative humidity due to post-heating;*
- *the thermal factor R_i [-] internal and $R_E = \Delta h / \Delta x$ external, relative to each zone;*

FINALLY:

- *the dimensional characteristics of the cold coil.*

GENERAL DATA

System type:	MULTI-ZONE ALL-PRIMARY AIR WITH POST-HEATING	
Calculation method:	<i>with controlled specific input humidity</i>	
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 _outdoor relative humidity:	60%	-
TA_project internal temperature	26,0	°C
ϕ_A _project internal relative humidity:	55%	-

© AE-SW SOFTWARE

THERMAL ZONE DATA

	Z.1	Z.2	Z.3	Z.4	Z.5	Z.6	Z.7	Z.8	Z.9	Z.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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wsens_kW	1,75	1,45	1,70	1,50	-	1,65	1,45	1,35	1,10	1,55
Wlat_kW	0,70	0,35	0,70	0,55	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,44

PSYCHROMETRIC CONDITIONS: OUTDOOR AIR - AMBIENT AIR - OUTGOING AIR

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	60%	4.755,40	28,53	0,01802	0,890	78,28	25,8	23,27

external air

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

air room

G2	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
-	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2	15	100%	1.672,21	16,72	0,01044	0,829	41,16	14,7	14,71

air at the exit from AHU

OVERALL AIR FLOW RATE

GE_Flow rate treated	3,82	kg_as/s
GRN_fresh air flow rate	3,82	kg_as/s
GRC_recirculation flow rate	-	kg_as/s

POWER AND STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY

Wsens	sensitive component	-67,63	kW
Wlat	latent component	-74,16	kW
W-	TOTAL POWER SUBTRACTED	-141,79	kW
U	TOTAL STEAM SUBTRACTED	-28,97	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

FLOW RATES AND PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF INTAKE AIR BY ZONE

ZONE	Gi kg/s	Ti °C	φi %	Pv.sat_j Pa	Pv_j Pa	x_j kg/kg	v_j mc/kg	h_j kJ/kg	Tbu_j °C	TD_j °C
1	0,31	19,22	75,1%	2.226,30	16,73	0,0104	0,842	45,79	16,18	14,71
2	0,36	14,73	100,0%	1.674,07	16,74	0,0104	0,829	41,19	14,70	14,71
3	0,72	19,41	74,2%	2.253,56	16,73	0,0104	0,843	45,99	16,26	14,71
4	0,54	18,60	78,1%	2.141,50	16,73	0,0104	0,841	45,15	15,95	14,71
5	0,40	17,85	81,9%	2.043,47	16,73	0,0104	0,838	44,39	15,69	14,71
6	0,43	20,41	69,8%	2.397,85	16,73	0,0104	0,846	47,01	16,63	14,71
7	0,72	15,62	94,3%	1.773,28	16,73	0,0104	0,832	42,10	14,95	14,71
8	0,34	17,27	84,9%	1.969,23	16,73	0,0104	0,837	43,79	15,48	14,71
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMES AND NUMBERS OF HOURLY AIR CHANGES

ZONE	Vi_ch. mc/h	n_j 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 FROM POST-HEATING - THERMAL RATIOS OF ZONE LINES

ZONE	W_post.h. kW	ΔT_post.h. °C	Δφ_post.h. %	RI -	RE kJ/grv
1	1,45	4,51	-24,9%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,46	4,70	-25,8%	0,71	8,58
4	2,15	3,89	-21,9%	0,73	9,32
5	1,30	3,14	-18,1%	0,75	10,01
6	2,49	5,70	-30,2%	0,67	7,66
7	0,67	0,91	-5,7%	0,79	12,05
8	0,88	2,56	-15,1%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

© AE-SW SOFTWARE

COLD BATTERY SIZING

W-	total power		kW	-141,79
Gb	air flow rate on battery		kg/s	3,82
BATTERY TYPOLOGY				
		De	Di	Atu
		mm	mm	mm
	5/8" - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016	177
Airflow	direction respect to water flow		crosscurrent	
F	fattore di correzione scambio termico		-	0,80
Δtml	average logarithmic air/water temp. difference		°C	9,6
Gh	battery water flow rate		l/s	3,39
Thi	inlet water temperature		°C	6,00
Thu	outlet water temperature		°C	16,00
ΔTh	water thermal difference		°C	10,00
Tm	average fin temperature		°C	12,00
va	air speed		m/s	1,50
vh	water speed		m/s	1,00
H	battery height		mm	1300
L	battery width		mm	1.744
Af	front battery area		mq	2,27
N	number of horizontal tubes		-	20
i	vertical pipe center distance		mm	65
U	global heat transfer coeff. on the front surface		W/mq°C	710,3
NR	number of ranks		-	10

ATTACHMENTS

calculation tables
psychrometric diagram

The project technician
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © All rights reserved

CALCULATION TABLES

© AE-SW SOFTWARE

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

AE-SW - © All rights reserved

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



TYPE SYSTEM
FULL AIR PRIMARY
CALCULATION TYPE
x0 with controlled specific input humidity

ATMOSPHERIC PRESSURE

DIRECT INPUT

INDIRECT INPUT by altitude and temperature:

Th_altitude_m	Th_Temp.at_H_°C	101325 * (1 - 0,0000236 * H) ^{5,2561}	101325 * e ^{(1,25 * (19,8 - T)) / 289,9}
2.000	18	-	-

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION

Pa 101.325

GENERAL DATA

N. number of thermal zones

8

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

method 2.

method 1.

method 3.

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

TE_outside air temperature

φE_relative humidity outdoor air

TA_desired zone temperature

φA_desired zone relative humidity

°C	32
%	60%
°C	20
%	55%

THERMAL ZONES DATA

ZONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
# people	70	80	100	120	150	180	190	160	75	70
V_m3	600	900	1.800	1.900	1.000	1.200	1.800	750	1.000	740
S_area	300	300	800	500	300	400	800	300	300	300
%_ventilat	80%	80%	85%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
W_tot kW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,10	1,15
W_tot kW	0,70	0,35	0,70	0,55	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,34

CALCULATION VALUES_ZONES

people	850
V_volume	9.550
S_area	3.200
Sed_indicated (1/12_h) people beds	2.580
W_tot kW	12
W_tot kW	4

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

AE-SW - © All rights reserved

COLD BATTERY SIZING

WINDSPEED	Dz	Dz	D	AEU
3.00	1.50	1.50	1.50	1.77

COLD BATTERY POWER SUPPLY

TIn	water inlet temperature	°C	14.0
ΔTIn	water flow inlet difference	°C	10
TOut	water outlet temperature	°C	16.00
TDB	average battery surface temperature	°C	12.00
GB	battery ground floor rate	W/m²	3.29

© AE-SW SOFTWARE

NUMBER OF RAINS

Air flow respect to water flow: respect to water flow respect to rain

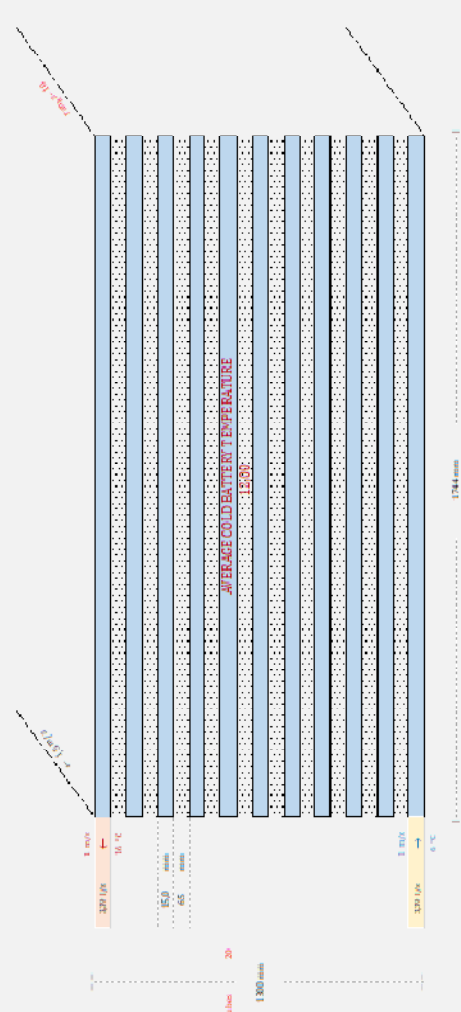
ΔTIn	temperature difference water flow jump	°C	5.5
ΔTDB	temperature difference water flow	°C	12.00
ΔTDB	temperature difference water flow	°C	10
W	water speed	m/s	1.50
VW	wind speed	m/s	1.00



U_W/m² °C
710.25

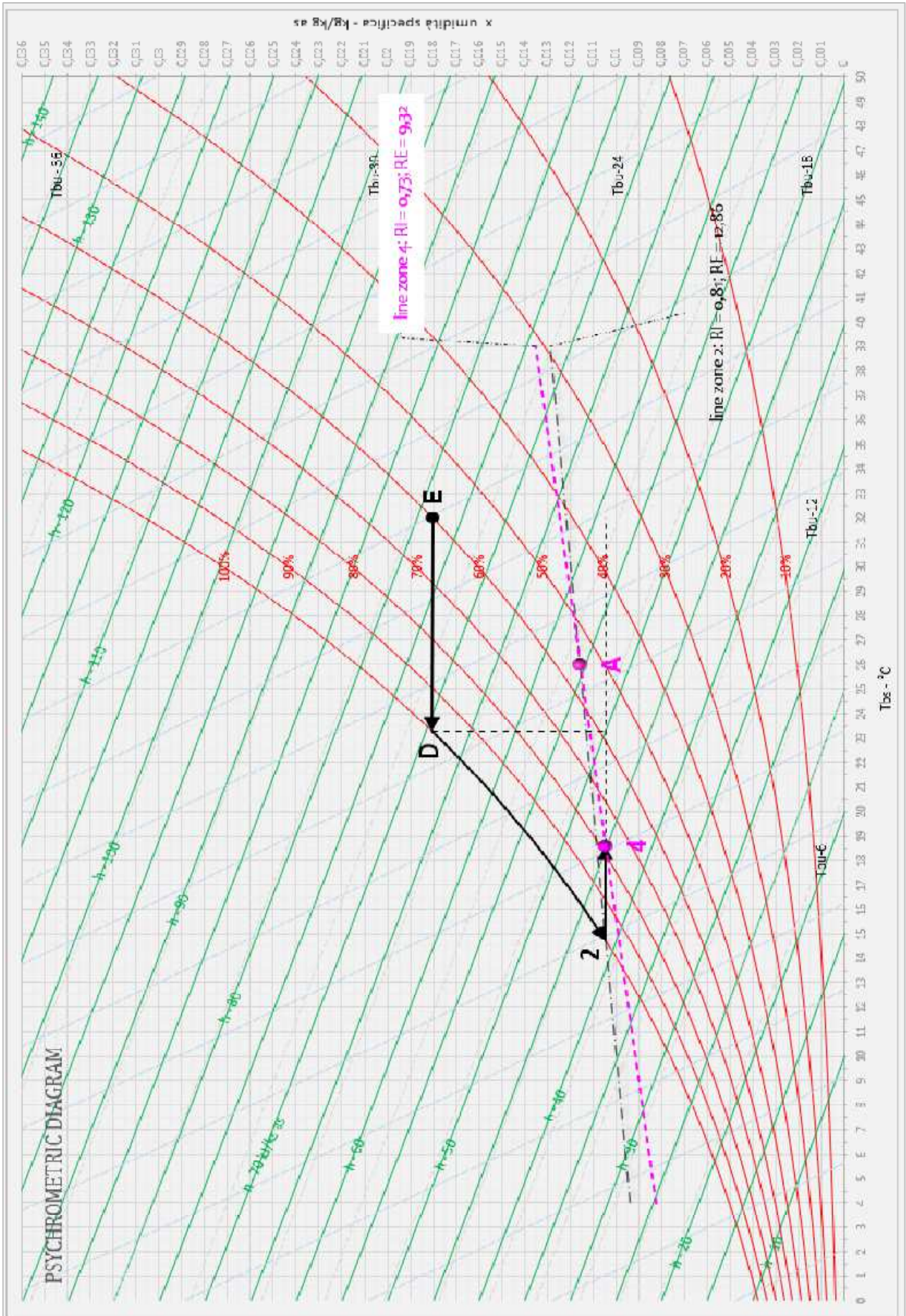
WR number of rains (W_W/A_W)*10⁴ (m/m)
3

L	CF (m³/m²)	mm	1.00
L	battery height	mm	1.00
L	battery width	mm	1.00
RF	floor battery area	m²	2.27
N	number of horizontal tubes	-	20
N	vertical pipe connection rate	mm	65



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 trattamento dell'aria per la climatizzazione estiva MULTI-ZONA A TUTT'ARIA PRIMARIA A SINGOLO CONDOTTO CON POST-RISCALDAMENTO.

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