

PROGETTO IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Programma in excel per il condizionamento estivo

IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

- a doppio condotto con box di miscelazione

ITALIANO - INGLESE

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

ITALIANO • INGLESE

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

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL CON DIAGRAMMA PSICOMETRICO INTERATTIVO

AE-SW SOFTWARE

▶ A DOPPIO CONDOTTO

▶ A UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA

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

con box miscelazione di zona

MANUALE D'USO

AE-SW SOFTWARE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

con box miscelazione di zona

© AE-SW - Tutti i diritti riservati
Vietata la riproduzione al di fuori dei termini di legge
I testi sono stati curati con la più scrupolosa attenzione
L'autore declina ogni responsabilità per eventuali involontari errori o inesattezze

AE-SW software

AE-SW SOFTWARE

INDICE

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
con box miscelazione di zona

PREMESSA	pag. 2
1 DATI GENERALI	pag. 3
2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	pag. 6
3 RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO	pag. 14
4 DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA	pag. 16
5 RELAZIONE TECNICA_ esempio di calcolo	pag. 19
6 ENGLISH VERSION OF THE MANUAL	pag. 30
BIBLIOGRAFIA	pag. 59

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

con box miscelazione di zona

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 box di miscelazione 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	$101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$	$101325 * (1 - 0,000226 * H)^{5,2561}$	$101325 * 0,9677^{(H/100)}$	$101325 * e^{(H * 0,0011)$
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 % 55%

TA_temperatura zona voluta °C 26

φA_umidità relativa zona voluta % 50%

DATI ZONE TERMICHE

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_pers.	70	80	160	120	90	95	160	75	85	70
V_rec	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.600	750
S_mq	200	300	600	500	350	400	600	250	300	250
%_inquin.	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Warms_KW	1,75	1,45	1,70	1,50	1,20	1,65	1,45	1,35	1,15	1,3
Wiat_KW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,40

VALORI DI CALCOLO_ZONE

Affollamento	pers.	850
V_volume	mc	9.550
S_superficie	mq	3.200
Sfid_superficie ridotta_0,05-100	mq	2.560
Warms_zone	KW	12
Wiat_zone	KW	4

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

- la tipologia di impianto: a tutt'aria primaria (predefinita);
- l'opzione di calcolo: "a umidità specifica controllata";
- la pressione atmosferica: definibile per "input diretto" o per "input indiretto" attraverso l'indicazione della quota dell'edificio e la temperatura esterna corrispondente (nell'esempio svolto: P = 101.325 Pa);
- il numero di zone presenti (nell'esempio svolto: n = 8);
- la destinazione d'uso dei locali: residenziale o non residenziale (nell'esempio svolto: residenziali e simili);
- la categoria di qualità ambientale attesa ai sensi delle norme UNI EN 16798 (nell'esempio svolto: 1_molto buono);
- il grado di inquinamento ambientale ai sensi delle norme UNI EN 16798 (nell'esempio svolto: non selezionabile in quanto destinazione d'uso residenziale);

- il metodo di calcolo ai sensi delle norme UNI EN 16798: ai fini della determinazione del volume minimo di ventilazione e del numero minimo di ricambi orari sono previsti n. 3 metodi di calcolo; ovvero in funzione della sola superficie; in funzione del solo affollamento; in funzione della superficie e dell'affollamento (nell'esempio svolto: metodo 1);
- le condizioni dell'area esterna e ambientale (nell'esempio svolto: TE = 32 °C; ΦE = 55%; TA = 26 °C; ΦA = 50%);

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

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

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

In funzione dei dati inseriti il programma restituisce:

- Affollamento: numero di persone totale presenti nelle zone (nell'esempio svolto: 850 persone);

- V: il volume totale delle zone (nell'esempio svolto: 9.550 mc);
- S: la superficie di pavimento totale delle zone (nell'esempio svolto: 3.200 mq);
- S_{rid.}: inattiva (la riduzione è prevista solo per le destinazioni d'uso non residenziali);
- W_{sens}: il carico sensibile totale agente sulle zone (nell'esempio svolto: 12 kW);
- W_{lat}: il carico latente totale agente sulle zone (nell'esempio svolto: 4 kW).

VALORI DI CALCOLO_ZONE		
Affollamento	pers.	850
V_volume	mc	9.550
S_superficie	mq	3.200
S rid_superficie ridotta_sogg.+letti	mq	2.560
W _{sens_zone}	kW	12
W _{lat_zone}	kW	4

AE-SW SOFTWARE

2 - DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

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

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

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

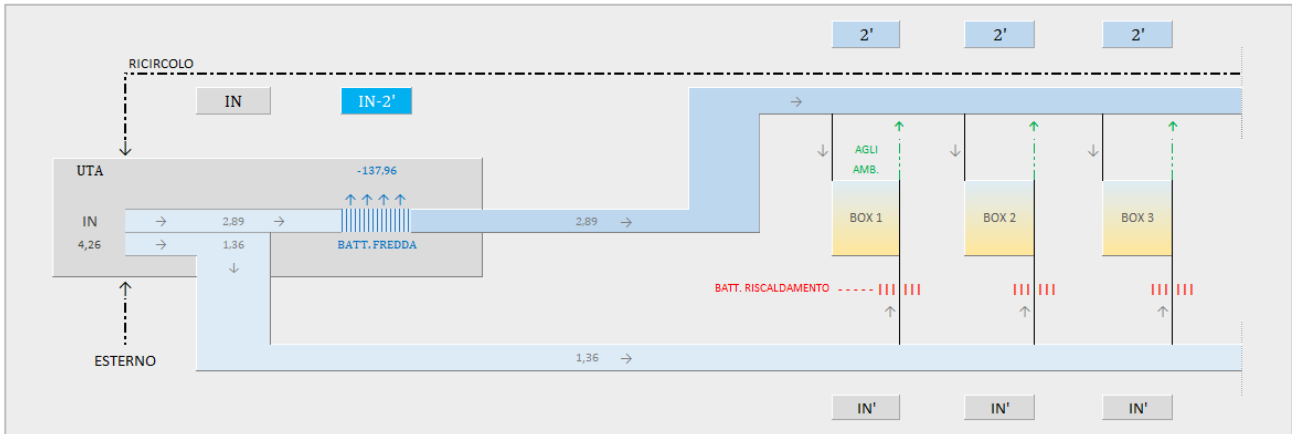
- si suppone l'esistenza di zone-ambiente in cui si vogliono mantenere una temperatura T_A [°C] e una umidità relativa Φ_A [%] supponendo che da separato calcolo risulti gravare sulle medesime zone carichi sensibili W_{sens_i} [kW] e latente W_{lat_i} [kW] essendo i variabile da 1..... n (n numero di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

La finalità del programma è quella di:

- reperire le condizioni termoigrometriche e la portata dell'aria nelle condizioni di immissione negli ambienti di ciascuna zona per asportare il carico sensibile e il carico latente su di essa gravante;
- caratterizzare le trasformazioni psicrometriche alle quali dovranno essere sottoposte le portate d'aria di ciascuna zona per pervenire alle condizioni di immissione;
- reperire il valore della portata totale di impianto $G.IN$;
- determinare i valori della portata totale di rinnovo GRN e quella di ricircolo GRC e le corrispondenti aliquote GRN_i e GRC_i per ciascuna zona;
- valutare le potenze scambiate nel raffreddamento nella UTA e nel riscaldamento della portata di bypass prima del convogliamento nel box di miscelazione di zona;
- determinare la quantità di vapore sottratto all'aria umida nella UTA;
- reperire le pendenze delle rette ambiente per ciascuna zona, nonché i relativi fattori termici (interno ed esterno);
- determinare le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria di raffreddamento.

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

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



I numeri/lettere sopra riportati (IN; IN-2'; 2'; etc...) sono rappresentativi degli stati psicrometrici dell'aria nello stato ante miscelazione nel box di zona e trovano corrispondenza nei numeri rappresentanti gli stati psicrometrici dell'aria umida riportati nel diagramma psicrometrico visibile in fondo al paragrafo (nell'esempio svolto nel presente manuale, sul diagramma psicrometrico sono rappresentate le trasformazioni relative alla **zona n. 7**).

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

Passando ora al dimensionamento dell'impianto, si evidenzia la necessità della preventiva definizione dell'umidità specifica alla quale sarà immessa l'aria nelle zone. Il programma, a tal fine determina il valore di x_{i_min} corrispondente alla zona per la quale è richiesta la minima temperatura di immissione "xi"; nell'esempio svolto, corrisponde alla zona 2 per la quale il programma calcola il valore $x_{i_min} = 0,0092 \text{ kg/kg}$.

Seguendo le indicazioni del programma medesimo si fissa il valore:

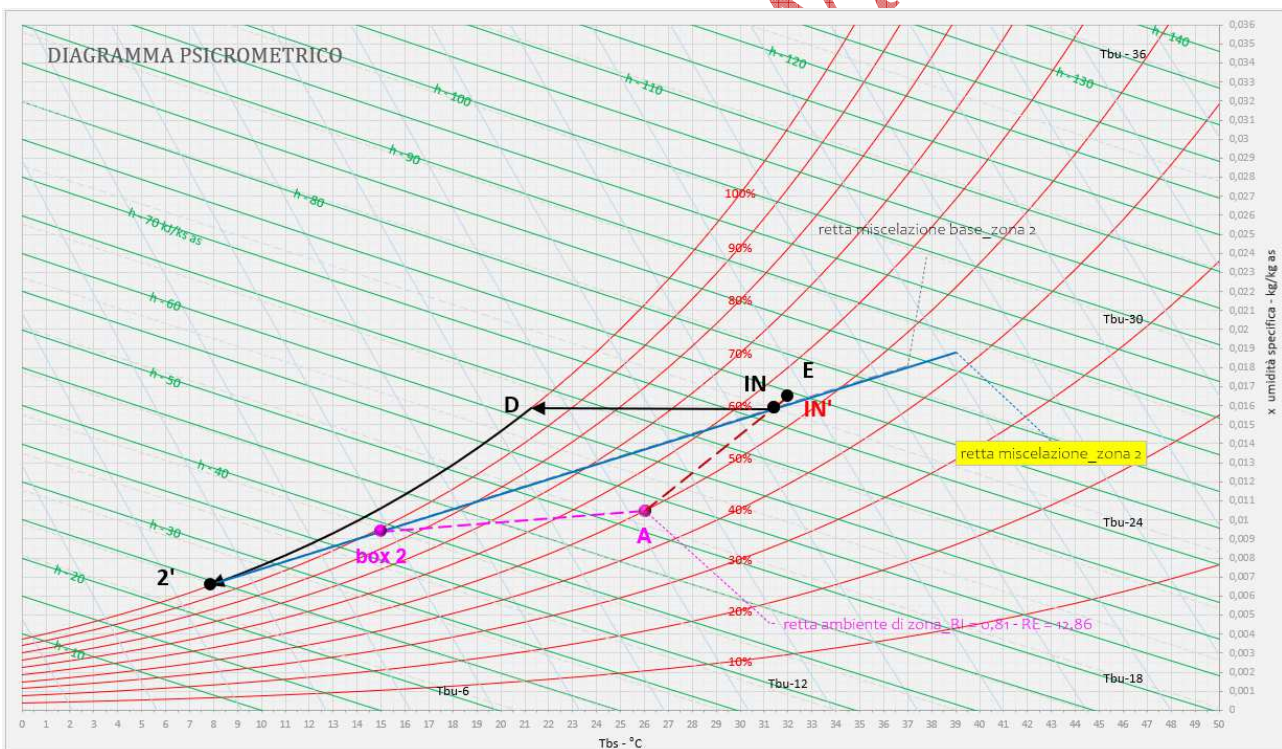
$$xi = 0,0094 \text{ [kg/kg]}$$

Alla zona 2 corrisponde la retta di miscelazione base 2'-2-IN: è l'unica zona per la quale la portata transitante nel condotto 2 non richiede alcun riscaldamento preventivo della portata di bypass prima di riversarsi all'interno del box di zona; ciò è facilmente verificabile selezionando

dal diagramma a discesa presente al di sopra del diagramma psicrometrico e selezionando proprio la zona 2:



Si ottiene il diagramma psicrometrico di seguito riportato, dal quale è visibile lo stato di miscelazione dell'aria nel "box 2" e la coincidenza tra il punto IN e il punto IN' per ciò che riguarda la portata di bypass per la quale il riscaldamento preventivo, prima della miscelazione, è nullo (distanza è nulla tra IN e IN'). La differenza rispetto alle altre zone è visibile visionando il diagramma psicrometrico rispetto a tutte le altre zone per le quali il punto IN' è distinto rispetto al punto IN per l'intervenuto riscaldamento sensibile della portata di bypass (vedi diagramma riportato nel paragrafo dedicato relativo alla zona 7 dell'esempio di calcolo). La retta di miscelazione 2'-2-IN è detta "*retta di miscelazione base*".



Dopo la fissazione del valore $\xi = 0,0094$, il programma verifica che tale valore sia contenuto nel range consigliato e che la "retta di miscelazione base" intersechi la curva di saturazione. Se tali condizioni sono soddisfatte restituirà l'esito positivo secondo quanto rappresentato nella schermata seguente.

b		UMIDITA' SPECIFICA CONTROLLATA__xi			
xi_min					0,0092
xi	imporre	0,0092 < xi ≤ 0,0094	con incrementi graduali da 0,0092	kg/kg	0,0094
ok_ la reta base di miscelazione interseca la curva di saturazione					
%GRC	di Gi		→	%	10%

IMPORTANTE: è da notare che la definizione del valore “xi” e la %GRC relativa alla portata di ricircolo 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:

► determina, per ciascuna zona, la portata “Gi di immissione, il numero “n_i” dei ricambi orari; la portata totale di rinnovo GRN; la portata totale di ricircolo GRC; le corrispondenti aliquote riferite a ciascuna zona. Il tutto 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 “GRN_UNI” minima imposta dalle norme UNI EN 16798.

C		PORTATE DI IMMISSIONE - NUMERO RICAMBI ORARI							
ZONA	V_zona mc	Gi_calc kg/s	GRN_UNI kg/s	n_UNI 1/h	GRN_i kg/s	Gi kg/s	GRC_i kg/s	n_i 1/h	
1	600	0,26	0,32	1,68	0,32	0,35	0,04	1,87	
2	900	0,13	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,42	
3	1.800	0,26	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42	
4	1.500	0,22	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,28	
5	1.000	0,15	0,41	1,30	0,41	0,45	0,05	1,44	
6	1.200	0,29	0,43	1,14	0,43	0,48	0,05	1,27	
7	1.800	0,14	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42	
8	750	0,15	0,34	1,44	0,34	0,38	0,04	1,60	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.550	1,60	3,83	1,28	3,83	4,26	0,43	1,42	
G.IN	Portata totale impianto				→	kg/s	4,26		

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 complessiva di impianto "G.IN" la quale, come vedremo, sarà in parte raffreddata nella UTA e inviata nel condotto 1 (rif. $G2' = 2,97 \text{ kg/s}$) e in parte bypassata rispetto alla batteria fredda e inviata nel condotto 2 verso i box di zona (rif. $G.IN' = 1,28 \text{ kg/s}$). Nell'esempio svolto si è pervenuto ad una portata massica complessiva di impianto pari a:

$$G.IN = 4,26 \text{ [kg/s]}$$

- determina, le condizioni psicrometriche dell'estremo freddo di miscelazione (nell'esempio: 2').

e	ESTREMO FREDDO DI MISCELAZIONE								
G2'	T_2'	ϕ _2'	Pv.sat_2'	Pv_2'	x_2'	v_2'	h_2'	Tbu_2'	TD_2'
2,89	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2'	7,84	100%	1.059,25	10,59	0,0066	0,805	24,48	7,76	7,84

- determina, le condizioni psicrometriche degli estremi caldi di miscelazione "IN'_i" relativi a ciascuna zona. Nella riga in fondo sono indicati i parametri relativi alla zona che si è scelto di rappresentare sul diagramma psicrometrico (la zona 7: vedi paragrafo dedicato).

f	ESTREMI CALDI DI MISCELAZIONE __IN'								
ZONA	T.IN'	ϕ .IN'	Pv.sat_IN'	Pv_IN'	x_IN'	v_IN'	h_IN'	Tbu_IN'	TD_IN'
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
1	46,09	24,90%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,36	28,75	21,25
2	31,40	54,90%	4.595,16	25,23	0,0159	0,885	72,17	24,37	21,25
3	46,72	24,11%	10.464,04	25,23	0,0159	0,930	88,01	28,91	21,25
4	46,09	24,90%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,36	28,75	21,25
5	41,66	31,31%	8.057,16	25,23	0,0159	0,915	82,79	27,56	21,25
6	49,96	20,49%	12.311,34	25,23	0,0159	0,939	91,36	29,70	21,25
7	34,45	46,25%	5.454,30	25,23	0,0159	0,894	75,33	25,38	21,25
8	39,77	34,62%	7.286,78	25,23	0,0159	0,909	80,83	27,02	21,25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 7	34,45	0,46	5454,30	25,23	0,0159	0,894	75,33	25,38	21,25

- determina, il valore della potenza termica “W-“ e del vapore “U” sottratti alla portata G.2’ nella batteria fredda.

e	POTENZA E VAPORE 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 IN su orizz. xi=k]	kJ/kg	48,43
Wsens	$G2' \cdot (h2' - h.IN')$	componente sensibile	kW	-71,15
Wlat	$G2' \cdot (h.IN' - h.IN)$	componente latente	kW	-70,59
W-	$G2' \cdot (h2' - h.IN)$	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	kW	-141,74
U	$G2' \cdot (x_{2'} - x.IN)$	vapore sottratto dalla batt. fredda	gr/s	-27,58

- determina, per ciascuna zona, le portate e le condizioni psicrometriche di immissione, ovvero: il valore della portata Gi, temperatura “Ti” e umidità relativa “Φi”; la pressione di 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).

g	CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI IMMISSIONE								
ZONA	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi=13,12	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,35	19,38	67,08%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34
2	0,40	14,99	88,57%	1.703,17	15,09	0,0094	0,829	38,83	13,68
3	0,80	19,57	66,29%	2.275,53	15,09	0,0094	0,842	43,51	15,42
4	0,60	19,38	67,08%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34
5	0,45	18,04	72,93%	2.068,46	15,09	0,0094	0,838	41,95	14,81
6	0,48	20,55	62,40%	2.417,51	15,09	0,0094	0,845	44,51	15,81
7	0,80	15,87	83,74%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99
8	0,38	17,47	75,61%	1.995,17	15,09	0,0094	0,836	41,36	14,59
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONA 7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99

- determina, per ciascuna zona, la portata fredda di miscelazione G2’ inviata nel condotto 1 e la portata calda di miscelazione G.IN’ inviata nel condotto 2 e che successivamente

confluiscono nei box di miscelazione di ciascuna zona; inoltre determina la potenza di riscaldamento $W_{+_risc.}$ alle quali sono sottoposte le portate di bypass del condotto 2 prima di essere immesse nel box di zona.

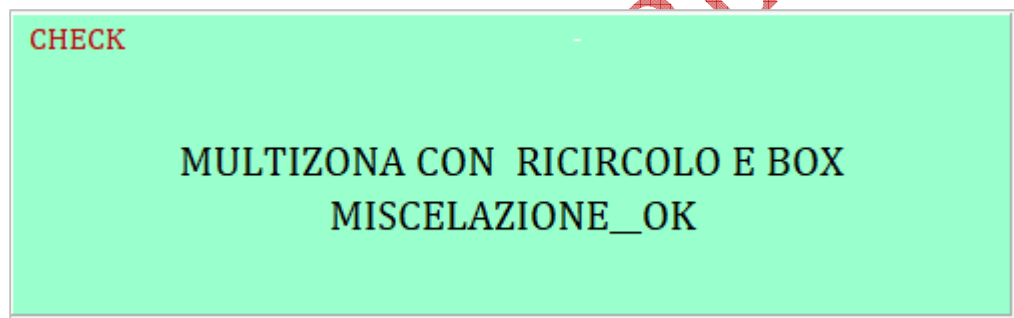
h	PORTATE CALDE DI MISCELAZIONE E POTENZE DI RISCALDAMENTO									
ZONA	G_i kg/s	$T_{2'}$ °C	T_i °C	$T_{IN'}$ Pa	$h_{IN'}$ kJ/kg as	$h.IN$ kJ/kg	$G2'$ kg/s	$G.IN'$ kg/s	$W_{+_risc.}$ kW	
1	0,35	7,84	19,38	46,09	87,36	72,18	0,24	0,11	1,60	
2	0,40	7,84	14,99	31,40	72,17	72,18	0,28	0,12	0,00	
3	0,80	7,84	19,57	46,72	88,01	72,18	0,56	0,24	3,83	
4	0,60	7,84	19,38	46,09	87,36	72,18	0,42	0,18	2,75	
5	0,45	7,84	18,04	41,66	82,79	72,18	0,31	0,14	1,44	
6	0,48	7,84	20,55	49,96	91,36	72,18	0,33	0,14	2,75	
7	0,80	7,84	15,87	34,45	75,33	72,18	0,56	0,24	0,76	
8	0,38	7,84	17,47	39,77	80,83	72,18	0,26	0,11	0,98	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G2'__Portata totale batteria fredda							kg/s	2,97		
G.IN'__Portata totale batteria calda								kg/s	1,28	
W+_Potenza totale batteria calda									kg/s	14,11

Le ultime tre righe riportano il totale della portata complessiva $G2'$ del condotto 1 raffreddata nella UTA; il totale della portata bypassata $G.IN'$ del condotto 2; la potenza totale di riscaldamento alle quali sono sottoposte le portate di bypass di ciascuna zona $G.IN'_i$ prima di riversarsi nel box di zona.

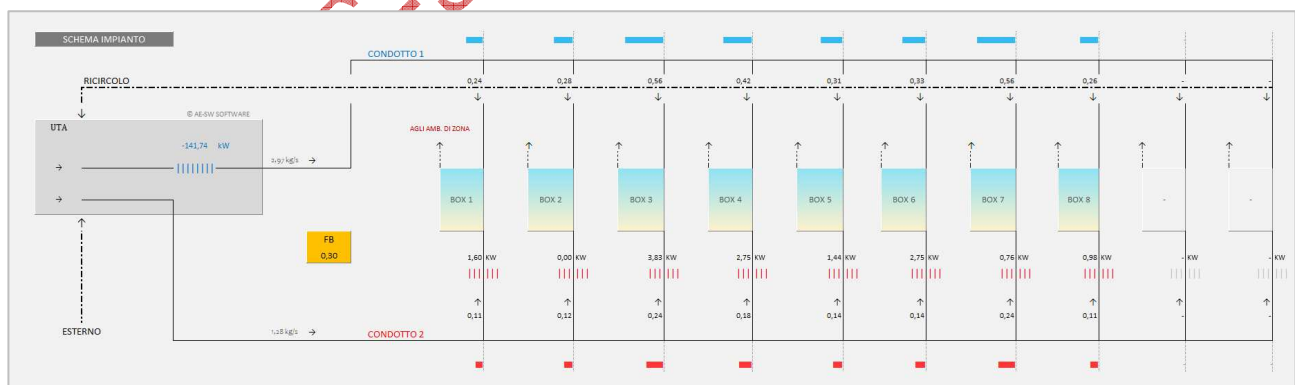
La differenza di temperatura " $T_i - T_A$ " tra aria di immissione e aria ambiente è utile ai fini della valutazione del comfort ambientale valutabile come "buono" per valori compresi tra circa -9 e -3 °C:

	BUONO	COMFORT	ACCETTABILE
ZONA		Ti - TA	$\phi_i - \phi_A$
1		-6,62	17,08%
2		-11,01	38,57%
3		-6,43	16,29%
4		-6,62	17,08%
5		-7,96	22,93%
6		-5,45	12,40%
7		-10,13	33,74%
8		-8,53	25,61%
-		-	-
-		-	-

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



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



3 - RAPPRESENTAZIONE SU DIAGRAMMA PSICROMETRICO

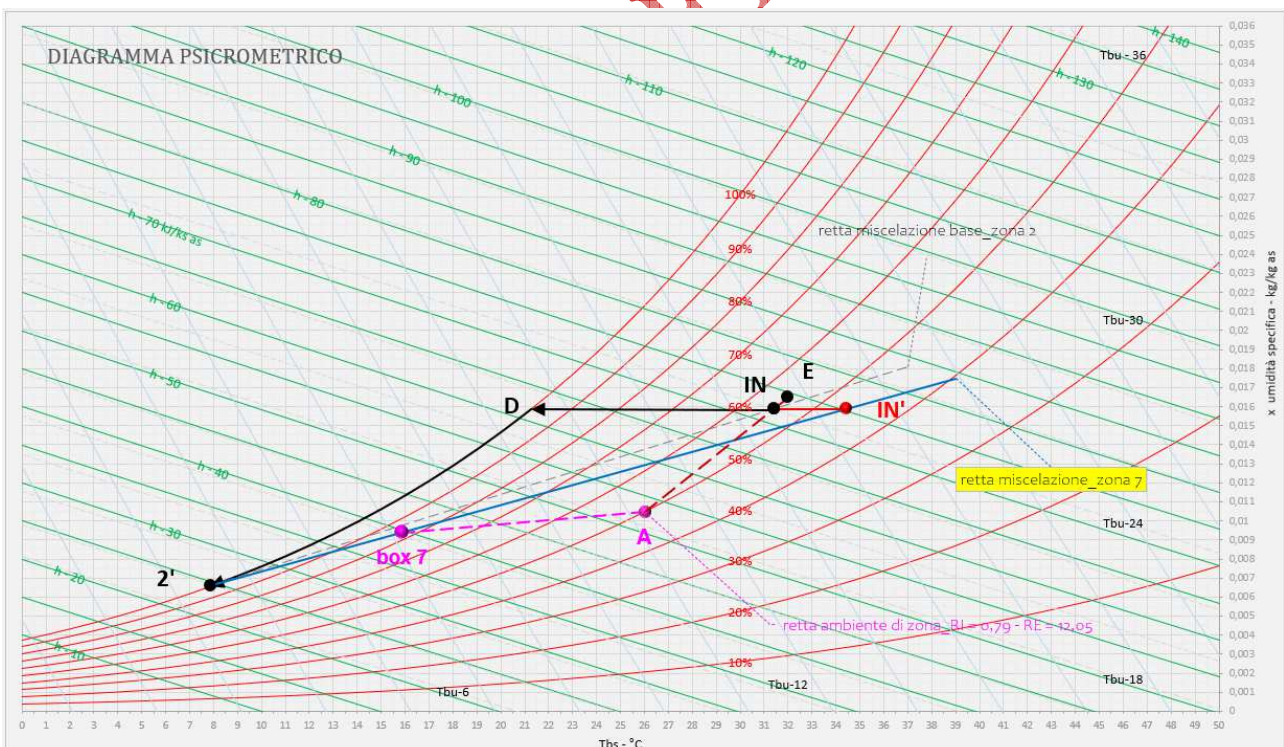
La rappresentazione sul diagramma psicrometrico avviene per ciascuna zona di progetto. La scelta della zona della quale rappresentare i trattamenti e le trasformazioni dell'aria umida nella UTA e nella batteria di riscaldamento di zona, avviene da elenco a discesa come rappresentato in figura:



Alla selezione della zona, il programma determina tutti i parametri psicrometrici dell'aria nelle condizioni "box 7" di immissione nella zona 7 da climatizzare, secondo il prospetto di calcolo seguente:

ZONA	G7	T7	ϕ_7	Pvsat_7	Pv_7	x_7	v_7	h_7	Tbu_7	RI_7	RE_7	W+_IN'→7'
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv	kW
7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99	0,79	12,05	0,76

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 $G_2' = 2,97$ kg/s;

- il riscaldamento IN-IN' eseguito sulla portata bypassata di zona 7, pari a $G.IN'_7 = 0,24$ kg/s.
- la retta di miscelazione 2'-7-IN' relativa al box della zona 7;
- la retta ambiente 7-A relativa alla zona 7 e relativi fattori termici interno RI ed esterno RE.

AE-SW SOFTWARE

4 - DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA FREDDA

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

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

Nell'esempio svolto:

Portata d'aria trattata $G_b = 2,87 \text{ kg/s}$;

Potenza = $W_b = 141,74 \text{ kW}$ (viene omissso il segno negativo in quanto potenza considerata dal punto di vista della batteria e non dell'aria trattata).

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

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

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

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

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

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

ALIMENTAZIONE BATTERIA FREDDA			
T_{hi}	temperatura ingresso acqua	-	$^\circ\text{C}$ 6,0
ΔT_h	salto termico acqua	-	$^\circ\text{C}$ 10
T_{hu}	temperatura uscita acqua		$^\circ\text{C}$ 16,00
T_m	temperatura 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	5,1
ΔT_{ml_co}	salto termico aria/acqua_controcorrente			°C	6,4
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:

$\Delta T_{ml} = 5,1$ °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);

$\Delta T_{ml_co} = 6,4$ °C: salto termico logaritmico aria/acqua per flusso in controcorrente;

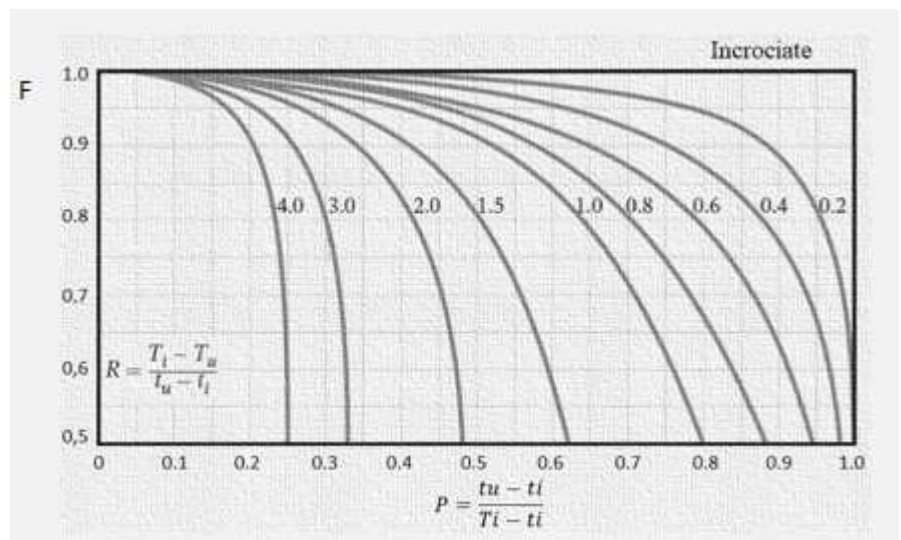
$F = 0,8$: fattore di correzione medio del salto termico logaritmico calcolato rispetto al flusso in controcorrente (il riferimento al flusso in controcorrente è fisso e non dipende da altre fattori o ipotesi di calcolo). Il valore di F è eseguito dal programma attraverso il previo calcolo dei grandezze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

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

va = 1,5 m/s: velocità dell'aria;

vh = 1,0 m/s: velocità dell'acqua.

Una volta definita anche la l'altezza della batteria (valore da inserirsi a cura del



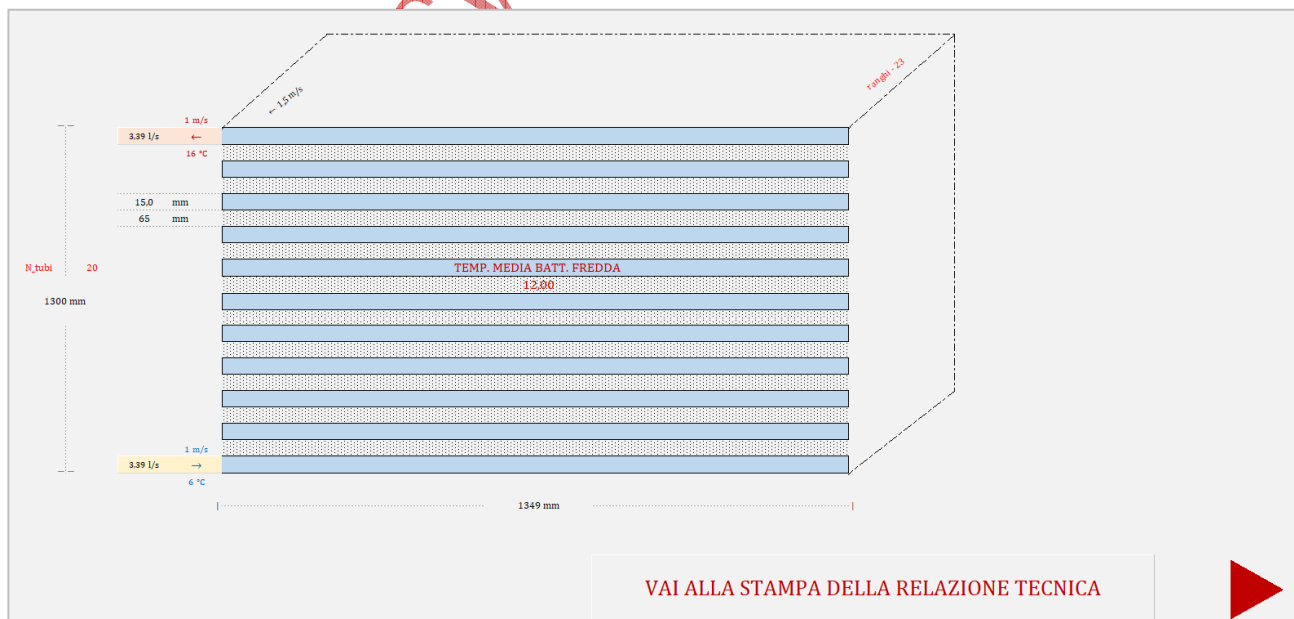
progettista) il programma calcola le caratteristiche dimensionali della batteria secondo il prospetto di seguito riportato:

Gb_aria su batteria		kg/s	2,97	Wb_potenza batteria		kW	141,74
© AE-SW SOFTWARE							
H	input	altezza batteria	mm	1300			
L	Gb / (va * H)	larghezza batteria	mm	1.349			
Af	H*L	area frontale batteria	m ²	1,75			
N	Wb / (vh*4186*Atu*(thu - thi))	numero tubi orizzontali	-	20			
i	H/N	interasse verticale tubi	mm	65			

Inoltre determina il coefficiente di scambio termico globale U [W/m²°C] e il numero dei ranghi:

U_W/m ² °C	NR - numero ranghi_Wb/Af*U*ΔTml)
710,25	23

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 CON RICIRCOLO E BOX MISCELAZIONE PRESSIONE ATMOSFERICA 101325 Pa

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

ZONA URBANISTICA	B
FOGLIO	97
PARTICELLA	25
SUBALTERNO	6

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

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

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

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

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

© AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA

INTRODUZIONE

L'impianto consiste in Unità trattamento d'aria multizona per la climatizzazione di zone con condizioni termometriche 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 e box di miscelazione di zona.

Il progetto prevede una UTA dotata di batteria fredda per il raffreddamento e la deumidificazione di parte dell'intera portata. Successivamente, l'aria fredda in uscita dall'UTA viene convogliata attraverso il condotto 1 in un box di miscelazione di zona. Un'altra parte dell'intera portata confluisce in un condotto 2 e viene convogliata nello stesso box di zona. Prima di riversarsi nel box, le portate del condotto 2 vengono riscaldate in modo differente per mezzo di batterie di riscaldamento di zona. In ogni box di zona, avviene la miscelazione tra il flusso freddo e quello caldo per raggiungere le condizioni di ingresso in 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 e di quella ambiente;
- la portata massica complessiva G.IN [kg/s];
- la portata di rinnovo GRN ai sensi delle norme UNI EN 16798;
- la portata di ricircolo GRC;
- la portata d'aria fredda e la portata d'aria calda rispettivamente convogliate nel condotto 1 freddo e nel condotto 2 caldo;
- la potenza termica sottratta alla portata fredda nella batteria fredda distinta in sensibile e latente;
- i parametri psicrometrici dell'aria all'uscita dalla UTA;
- la portata di vapore condensato U [kg/s] durante il raffreddamento della portata del condotto 1;

INOLTRE, PER CIASCUNA ZONA:

- la portata di immissione Gi [kg/s] le sue condizioni termoigrometriche nello stato 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 all'aria calda nella batteria di riscaldamento;
- il fattore termico interno RI [-] e quello esterno RE = $\Delta h / \Delta x$ della retta ambiente o zonale;

INFINE:

- le caratteristiche funzionali e dimensionali della batteria fredda.

DATI GENERALI

Tipologia impianto:	A DOPPIO CONDOTTO A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO E BOX MISCELAZIONE	
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.	

© AE-SW SOFTWARE

TE_Temperatura esterna:	32,0	°C
φE_Umidità relativa esterna:	55%	-
TA_Temperatura ambiente di progetto:	26,0	°C
φA_Umidità relativa ambiente di progetto:	50%	-

RELAZIONE TECNICA

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

CONDIZIONI PSICROMETRICHE: ARIA ESTERNA - ARIA AMBIENTE

GE	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,26	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84

aria esterna

GA	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,26	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
A	26	50%	3.361,16	16,81	0,01049	0,862	52,86	18,9	14,78

aria ambiente

PORTATE D'ARIA COMPLESSIVE

G.IN	portata complessiva	4,26	kg_as/s
GRN	portata di rinnovo	3,83	kg_as/s
GRC	portata di ricircolo	0,43	kg_as/s
G2'	portata condotto 1 - fredda	2,97	kg_as/s
G.IN'	portata condotto 2 - calda	1,28	kg_as/s

POTENZA E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA

Wsens	componente sensibile	-71,15	kW
Wlat	componente latente	-70,59	kW
Wt	TOTALE POTENZA SOTTRATTA	-141,74	kW
U	TOTALE VAPORE SOTTRATTO	-27,58	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

ESTREMI DI MISCELAZIONE

G2'	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,97	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2'	7,84	100%	1.059,25	10,59	0,0066	0,805	24,41	7,8	7,84

ESTREMO FREDDO_aria fredda in uscita UTA

ZONA	T.IN'	φ.IN'	Pv.sat_IN'	Pv_IN'	x_IN'	v_IN'	h_IN'	Tbu_IN'	TD_IN'
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	46,09	24,9%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,358	28,75	21,25
2	31,40	54,9%	4.595,16	25,23	0,0159	0,885	72,172	24,37	21,25
3	46,72	24,1%	10.464,04	25,23	0,0159	0,930	88,011	28,91	21,25
4	46,09	24,9%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,358	28,75	21,25
5	41,66	31,3%	8.057,16	25,23	0,0159	0,915	82,787	27,56	21,25
6	49,96	20,5%	12.311,34	25,23	0,0159	0,939	91,358	29,70	21,25
7	34,45	46,3%	5.454,30	25,23	0,0159	0,894	75,328	25,38	21,25
8	39,77	34,6%	7.286,78	25,23	0,0159	0,909	80,827	27,02	21,25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ESTREMI CALDI_aria calda di bypass

PORTATE E CONDIZIONI PSICROMETRICHE ARIA DI IMMISSIONE IN BOX

ZONA	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_j	x_j	v_j	h_i	Tbu_j	TD_j
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	0,35	19,38	67,1%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34	13,12
2	0,40	14,99	88,6%	1.703,17	15,09	0,0094	0,829	38,83	13,68	13,12
3	0,80	19,57	66,3%	2.275,53	15,09	0,0094	0,842	43,51	15,42	13,12
4	0,60	19,38	67,1%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34	13,12
5	0,45	18,04	72,9%	2.068,46	15,09	0,0094	0,838	41,95	14,81	13,12
6	0,48	20,55	62,4%	2.417,51	15,09	0,0094	0,845	44,51	15,81	13,12
7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99	13,12
8	0,38	17,47	75,6%	1.995,17	15,09	0,0094	0,836	41,36	14,59	13,12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMI E NUMERI DI RICAMBI D'ARIA ORARI

ZONA	Vi_ric.	n._ric.
	mc/h	1/h
1	1.120	1,87
2	1.280	1,42
3	2.560	1,42
4	1.920	1,28
5	1.440	1,44
6	1.520	1,27
7	2.560	1,42
8	1.200	1,60
-	-	-
-	-	-

© AE-SW SOFTWARE

POTENZE DI RISCALDAMENTO E RAPPORTI TERMICI RETTE AMBIENTE

ZONA	W_risc. kW	ΔT_post.r. °C	Δφ_post.r. %	Ri -	RE kJ/grv
1	1,60	14,69	-30,0%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,83	15,32	-30,8%	0,71	8,58
4	2,75	14,69	-30,0%	0,71	8,75
5	1,44	10,27	-23,6%	0,75	10,01
6	2,75	18,56	-34,4%	0,67	7,66
7	0,76	3,05	-8,6%	0,79	12,05
8	0,98	8,37	-20,3%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

DIMENSIONAMENTO BATTERIA FREDDA

Gb_aria su batteria		kg/s	2,97	
Wb_potenza batteria		kW	141,74	
	TIPOLOGIA	De mm	Di mm	Atu mmq
	5/8' - 8.5 alette/pollice	15,875	15,016	177
Tm	temperatura ingresso acqua		°C	12,00
Thi	salto termico acqua		°C	6,00
Thu	temperatura uscita acqua		°C	16,00
ΔTh	temperatura supeficiale media batteria		°C	10,00
Gh	portata acqua batteria		l/s	3,39
Flusso aria risp. flusso acqua:		incrociato		
va	velocità aria		m/s	1,50
vh	velocità acqua		m/s	1,00
H	altezza batteria		mm	1300
F	fatt. correz. scambio term._risp. controcorrente		-	0,80
Atu	sezione tubo alettato		mmq	177
L	larghezza batteria		mm	1.349
Af	area frontale batteria		m ²	1,75
N	numero tubi orizzontali		-	20
i	interasse verticale tubi		mm	65
Δtml	salto termico logaritmico aria/acqua		°C	5,1
U	coeff. globale di scambio termico		W/m ² °C	710,3
NR	numero ranghi batteria fredda		-	23

ALLEGATI

Tabulati di calcolo

Diagramma psicrometrico con trasformazioni.

Il Tecnico progettista
Ing. Alvaro BIANCHI

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

TABULATI DI CALCOLO

CLAF-SAW SOFTWARE

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

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

PRESSIONE ATMOSFERICA
INPJ.T DIRETTO

INPJ.T DIRETTO per altitudine e temperatura:

H_a [m]	2.000	T _{amb} [°C]	103.25 * (-11.57 * H + 0.00055 * H ²)	103.25 * (-11.57 * 2.000 + 0.00055 * 2.000 ²)	101.325 Pa
---------	-------	-----------------------	---	---	------------

PRESSIONE ATMOSFERICA DI CALCOLO

Pa 101.325

DATI GENERALI

N_z numero zone termiche **8**

Grado inquinamento ambiente UN EN 16798: **opzioni non active**

Destinazione d'uso zone residenze e simil non residenziale

Inquinato medio inquinato poco inquinato

Grado di qualità ambiente e attesa UN EN 16798

1_molto buono 2_buono 3_poco buono

Metodo di calcolo UNI EN 16798

metodo 1 metodo 2 metodo 3

CONDIZIONI ARIA ESTERNA E INTERNA

TE temperatura all'esterno
eL umidità relativa aria esterna
Ta temperatura interna voluta
oA umidità relativa zona voluta

°C	32
%	32%
%	7%
%	50%

DATI ZONE TERMICHE

ZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V _{int} [m³]	70	30	100	120	80	95	100	75	85	70
V _{ext} [m³]	800	900	1800	1500	1000	1100	1800	750	1000	700
S _{int} [kg]	200	300	600	500	300	400	600	250	300	200
%_inquinato	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
W _{int} [W]	170	145	170	150	110	125	145	115	115	115
W _{ext} [W]	070	035	070	060	040	030	042	042	030	045

VALORI DI CALCOLO_ZONE

Affollamento pers.	820
V _z volume m³	9.550
S _z vapor [kg]	3.200
S _z d _z [kg] specific volume [kg/m³]	2.560
W _z [W]	32
W _z [kW]	4

Studio condotto da Ingegneria - via Napoleone III - Museo di Torino - (Iva)

AE-SM - Tutti i diritti riservati

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

REGIME ESTIVO

IMPIANTO MULTI-ZONA A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO
xi - CONTROLLATA

REGIME ESTIVO

Il presente documento descrive l'impianto di climatizzazione multi-zona a tutt'aria con ricircolo, in regime estivo, per un edificio di tipo residenziale. L'impianto è studiato per garantire il comfort termico e igienico in tutte le zone dell'edificio, con un unico sistema di climatizzazione, in grado di fornire l'aria condizionata a tutte le zone, in modo da ottimizzare i costi di gestione e di manutenzione.

DATI GENERALI		DATI CLIMATICI		DATI DI PROGETTO	
2016	21	22	21	21	21
2017	20	19	19	19	19
2018	19	18	18	18	18
2019	18	17	17	17	17
2020	17	16	16	16	16
2021	16	15	15	15	15
2022	15	14	14	14	14
2023	14	13	13	13	13
2024	13	12	12	12	12
2025	12	11	11	11	11
2026	11	10	10	10	10
2027	10	9	9	9	9
2028	9	8	8	8	8
2029	8	7	7	7	7
2030	7	6	6	6	6

MULTIZONA CON RICIRCOLO E BOX MISCELAZIONE

STATO ARIA ESTERNA E AMBIENTE		UMIDITÀ/VELOCITÀ CONTROLLATA	
GE	1	2	3
ES	4	5	6
E	7	8	9
GA	10	11	12
ES	13	14	15
A	16	17	18
D	19	20	21
ES	22	23	24
ES	25	26	27
ES	28	29	30
ES	31	32	33
ES	34	35	36
ES	37	38	39
ES	40	41	42
ES	43	44	45
ES	46	47	48
ES	49	50	51
ES	52	53	54
ES	55	56	57
ES	58	59	60
ES	61	62	63
ES	64	65	66
ES	67	68	69
ES	70	71	72
ES	73	74	75
ES	76	77	78
ES	79	80	81
ES	82	83	84
ES	85	86	87
ES	88	89	90
ES	91	92	93
ES	94	95	96
ES	97	98	99
ES	100	101	102
ES	103	104	105
ES	106	107	108
ES	109	110	111
ES	112	113	114
ES	115	116	117
ES	118	119	120
ES	121	122	123
ES	124	125	126
ES	127	128	129
ES	130	131	132
ES	133	134	135
ES	136	137	138
ES	139	140	141
ES	142	143	144
ES	145	146	147
ES	148	149	150
ES	151	152	153
ES	154	155	156
ES	157	158	159
ES	160	161	162
ES	163	164	165
ES	166	167	168
ES	169	170	171
ES	172	173	174
ES	175	176	177
ES	178	179	180
ES	181	182	183
ES	184	185	186
ES	187	188	189
ES	190	191	192
ES	193	194	195
ES	196	197	198
ES	199	200	201
ES	202	203	204
ES	205	206	207
ES	208	209	210
ES	211	212	213
ES	214	215	216
ES	217	218	219
ES	220	221	222
ES	223	224	225
ES	226	227	228
ES	229	230	231
ES	232	233	234
ES	235	236	237
ES	238	239	240
ES	241	242	243
ES	244	245	246
ES	247	248	249
ES	250	251	252
ES	253	254	255
ES	256	257	258
ES	259	260	261
ES	262	263	264
ES	265	266	267
ES	268	269	270
ES	271	272	273
ES	274	275	276
ES	277	278	279
ES	280	281	282
ES	283	284	285
ES	286	287	288
ES	289	290	291
ES	292	293	294
ES	295	296	297
ES	298	299	300
ES	301	302	303
ES	304	305	306
ES	307	308	309
ES	310	311	312
ES	313	314	315
ES	316	317	318
ES	319	320	321
ES	322	323	324
ES	325	326	327
ES	328	329	330
ES	331	332	333
ES	334	335	336
ES	337	338	339
ES	340	341	342
ES	343	344	345
ES	346	347	348
ES	349	350	351
ES	352	353	354
ES	355	356	357
ES	358	359	360
ES	361	362	363
ES	364	365	366
ES	367	368	369
ES	370	371	372
ES	373	374	375
ES	376	377	378
ES	379	380	381
ES	382	383	384
ES	385	386	387
ES	388	389	390
ES	391	392	393
ES	394	395	396
ES	397	398	399
ES	400	401	402
ES	403	404	405
ES	406	407	408
ES	409	410	411
ES	412	413	414
ES	415	416	417
ES	418	419	420
ES	421	422	423
ES	424	425	426
ES	427	428	429
ES	430	431	432
ES	433	434	435
ES	436	437	438
ES	439	440	441
ES	442	443	444
ES	445	446	447
ES	448	449	450
ES	451	452	453
ES	454	455	456
ES	457	458	459
ES	460	461	462
ES	463	464	465
ES	466	467	468
ES	469	470	471
ES	472	473	474
ES	475	476	477
ES	478	479	480
ES	481	482	483
ES	484	485	486
ES	487	488	489
ES	490	491	492
ES	493	494	495
ES	496	497	498
ES	499	500	501
ES	502	503	504
ES	505	506	507
ES	508	509	510
ES	511	512	513
ES	514	515	516
ES	517	518	519
ES	520	521	522
ES	523	524	525
ES	526	527	528
ES	529	530	531
ES	532	533	534
ES	535	536	537
ES	538	539	540
ES	541	542	543
ES	544	545	546
ES	547	548	549
ES	550	551	552
ES	553	554	555
ES	556	557	558
ES	559	560	561
ES	562	563	564
ES	565	566	567
ES	568	569	570
ES	571	572	573
ES	574	575	576
ES	577	578	579
ES	580	581	582
ES	583	584	585
ES	586	587	588
ES	589	590	591
ES	592	593	594
ES	595	596	597
ES	598	599	600
ES	601	602	603
ES	604	605	606
ES	607	608	609
ES	610	611	612
ES	613	614	615
ES	616	617	618
ES	619	620	621
ES	622	623	624
ES	625	626	627
ES	628	629	630
ES	631	632	633
ES	634	635	636
ES	637	638	639
ES	640	641	642
ES	643	644	645
ES	646	647	648
ES	649	650	651
ES	652	653	654
ES	655	656	657
ES	658	659	660
ES	661	662	663
ES	664	665	666
ES	667	668	669
ES	670	671	672
ES	673	674	675
ES	676	677	678
ES	679	680	681
ES	682	683	684
ES	685	686	687
ES	688	689	690
ES	691	692	693
ES	694	695	696
ES	697	698	699
ES	700	701	702
ES	703	704	705
ES	706	707	708
ES	709	710	711
ES	712	713	714
ES	715	716	717
ES	718	719	720
ES	721	722	723
ES	724	725	726
ES	727	728	729
ES	730	731	732
ES	733	734	735
ES	736	737	738
ES	739	740	741
ES	742	743	744
ES	745	746	747
ES	748	749	750
ES	751	752	753
ES	754	755	756
ES	757	758	759
ES	760	761	762
ES	763	764	765
ES	766	767	768
ES	769	770	771
ES	772	773	774
ES	775	776	777
ES	778	779	780
ES	781	782	783
ES	784	785	786
ES	787	788	789
ES	790	791	792
ES	793	794	795
ES	796	797	798
ES	799	800	801
ES	802	803	

d

PRIMO CONDOTTO FREDDO - STATO IN DI INGRESSO LITA										
G _{IN}	T	ϕ	P _{IN}	P _V	V	h	Th	TD		
kg/s	°C	%	Pa	Pa	m³/s	kg/m³	°C	°C	°C	°C
IN	31,0	54,0%	0,000,15	23,3	0,0179	0,850	31,33	26,31	31,25	31,25
D	71,25	100%	1,250,00	70,25	0,01109	0,625	61,27	56,25	61,25	61,25

f

ESTREMI CALDI DI MISCELAZIONE - IN

ZONA	T _{IN}	ϕ _{IN}	P _{IN}	P _V	V _{IN}	h _{IN}	Th _{IN}	TD _{IN}
	°C	%	Pa	Pa	m³/s	kg/m³	°C	°C
1	62,0	21,0%	181,000	23,3	0,0100	0,611	61,56	56,11
2	31,0	10,0%	1,000,15	23,3	0,01109	0,625	31,31	26,31
3	62,0	21,1%	181,000	23,3	0,0100	0,611	61,51	56,11
4	62,0	20,6%	181,000	23,3	0,0100	0,611	61,26	56,11
5	61,0	20,1%	181,000	23,3	0,0100	0,611	60,76	55,61
6	60,0	19,6%	181,000	23,3	0,0100	0,611	60,26	55,11
7	30,0	10,0%	1,000,15	23,3	0,01109	0,625	30,31	25,31
8	30,0	10,0%	1,000,15	23,3	0,01109	0,625	30,31	25,31
ZONA 7	30,0	10,0%	1,000,15	23,3	0,01109	0,625	30,31	25,31

h

POTENZE CALDE DI MISCELAZIONE E POTENZE DI RISCALDAMENTO

ZONA	G	T	ϕ	P	V	h	Th	TD	W _{cal}	W _{pot}
	kg/s	°C	%	Pa	m³/s	kg/m³	°C	°C	MW	MW
1	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
ZONA 7	0,0	0,0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
G _{IN} - Potenza totale batteria fredda										0,00
G _{IN} - Potenza totale batteria calda										0,00
W _{cal} - Potenza totale batteria calda										0,00

e

ESTREMO FREDDO DI MISCELAZIONE

T _{IN}	ϕ _{IN}	P _{IN}	P _V	V _{IN}	h _{IN}	Th _{IN}	TD _{IN}	
°C	%	Pa	Pa	m³/s	kg/m³	°C	°C	
Z	7,00	100%	1,000,25	10,00	0,0065	6,821	24,00	7,00

g

CONDIZIONI PSICROMETRICHE DI INMISSIONE

ZONA	G	T	ϕ	P	V	h	Th	TD
	kg/s	°C	%	Pa	m³/s	kg/m³	°C	°C
1	0,0	11,20	67,00%	114,000	10,00	0,0071	6,811	16,51
2	0,0	11,00	66,70%	113,017	10,00	0,0071	6,811	16,51
3	0,0	10,57	62,00%	107,023	10,00	0,0071	6,811	16,51
4	0,0	10,38	60,20%	104,020	10,00	0,0071	6,811	16,51
5	0,0	10,05	57,00%	100,008	10,00	0,0071	6,811	16,51
6	0,0	10,00	56,70%	100,000	10,00	0,0071	6,811	16,51
7	0,0	11,00	66,70%	113,017	10,00	0,0071	6,811	16,51
8	0,0	11,00	66,70%	113,017	10,00	0,0071	6,811	16,51
ZONA 7	0,0	11,00	66,70%	113,017	10,00	0,0071	6,811	16,51

e

POTENZE E VAPORE SOTTRATTI NELLA BATTERIA FREDDA - IN -> Z

G _{IN}	G _Z	W _{cal}	W _{pot}
kg/s	kg/s	MW	MW
0,00	0,00	0,00	0,00
W _{cal} - Potenza totale batteria fredda			
W _{pot} - Potenza totale batteria calda			

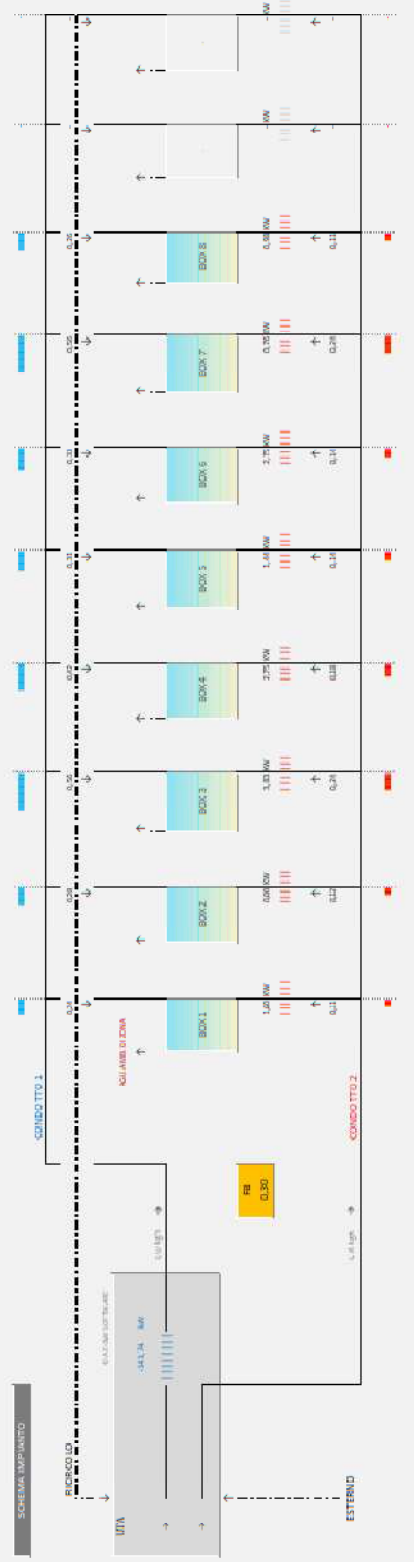


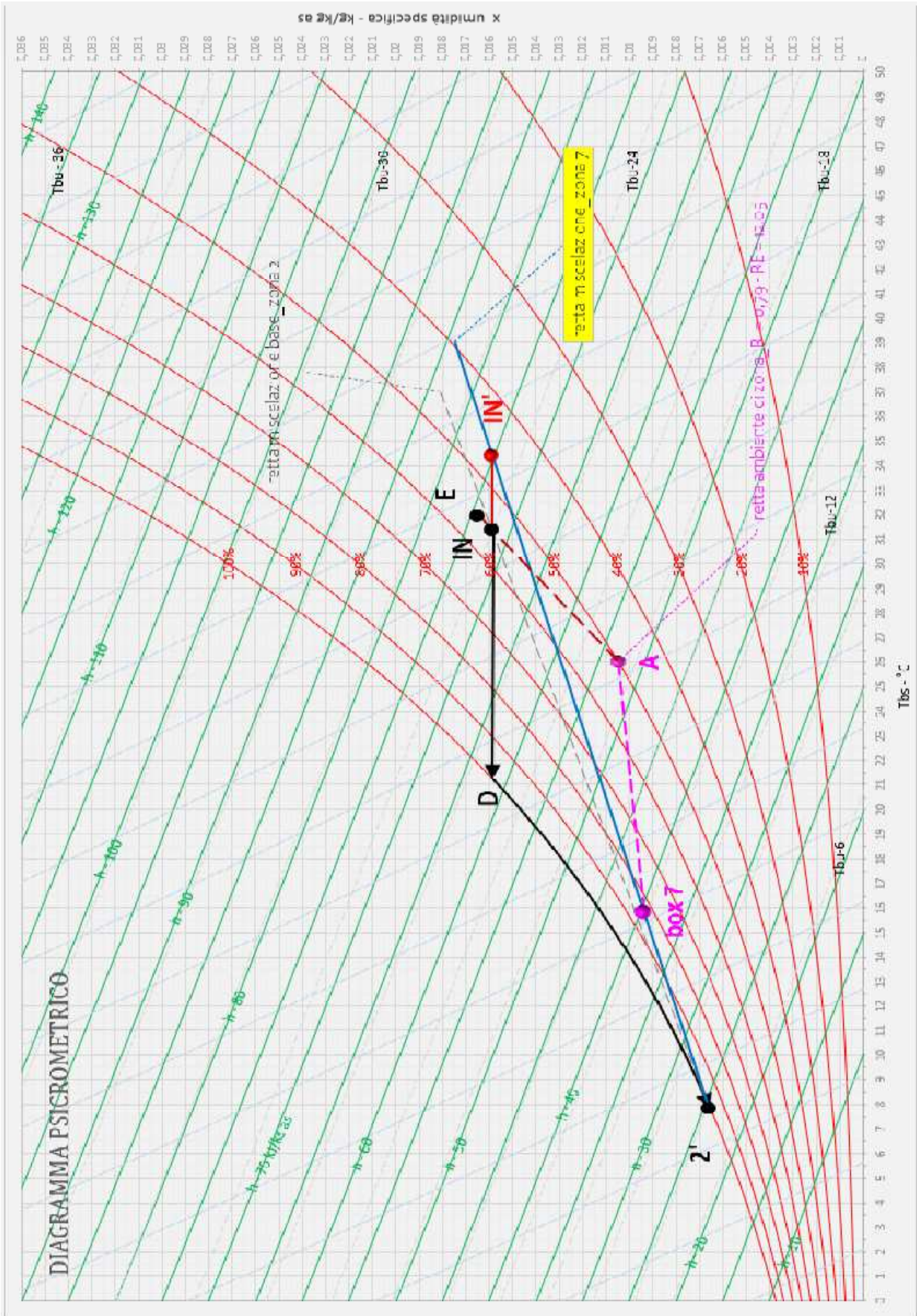
COMFORT

ZONA	3-17A	ACQUITTA
1	4,02	17,00%
2	0,00	0,00%
3	4,02	17,00%
4	4,02	17,00%
5	4,02	17,00%
6	4,02	17,00%
7	4,02	17,00%
8	4,02	17,00%

CHECK

MULTIZONA CON RICIRCOLO E BOX MISCELAZIONE_OK





AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS

SIZING OF ALL-AIR MULTI-ZONE SYSTEMS WITH RECIRCULATION WITH ZONE MIXING BOX

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 zone mixing box*. 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. at H_°C	$101325 - 11,57 * H + 0,00055 * H^2$	$101325 * (1 - 0,0000226 * H)^{5,256}$	$101325 * 0,9677^{(H/100)}$	$101325 * e^{-(1,29 * H / (273,15 + H))}$
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: 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
 φ E_relative humidity outdoor air % 55
 TA_desired zone temperature °C 26
 φ A_desired zone relative humidity % 50

THERMAL ZONES DATA

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_people	70	80	180	120	90	85	180	75	110	70
V_vol	600	900	1.800	1.500	1.000	1.200	1.800	750	1.000	700
S_area	300	300	900	900	350	400	900	250	300	300
S_area_reduced	270	270	810	810	315	360	810	225	270	270
W_sens_kW	1,75	1,45	4,70	1,50	1,20	1,55	1,45	1,35	1,20	1,35
W_lat_kW	0,70	0,35	0,70	0,60	0,40	0,80	0,38	0,42	0,30	0,40

CALCULATION VALUES_ZONES

Crowding	people	850
V_volume	mc	9.550
S_area	mq	3.200
S_area_reduced	mq	2.520
W_sens_zone	kW	12
W_lat_zone	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 outdoor and environmental area (in the example carried out: TE = 32 °C; ΦE = 55%; TA = 26 °C; ΦA = 50%);

N_number of thermal zones - **8**

Intended use zones resid. and similar no residential

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

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

Calculation method_UNI EN 16798:
 method 1 method 2 method 3

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

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

Depending on the data entered, the program returns:

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

CALCULATION VALUES_ZONES		
Crowding	people	850
V_volume	mc	9.550
S_area	mq	3.200
S _{rid.} _reduced area_living+beds	mq	2.560
W _{sens} _zone	kW	12
W _{lat} _zone	kW	4

AE-SW SOF

2 – SIZING OF THE SYSTEM

The specific humidity-controlled design refers to the spreadsheet called "4 – Multizone - mixing box". 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 project is therefore carried out on the basis of a hypothetical problem which is the one that usually arises in reality during the design phase of a plant, namely:

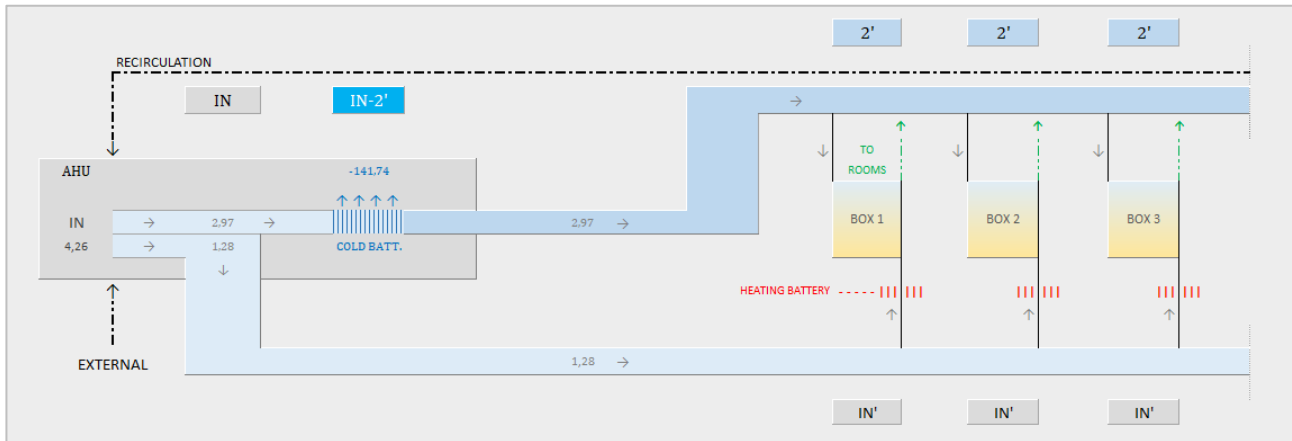
- it is assumed that there are ambient zones in which we want to maintain a temperature T_A [°C] and a relative humidity Φ_A [%], assuming that a separate calculation shows that sensitive loads W_{sens_i} [kW] and latent loads W_{lat_i} [kW] are burdened on the same zones, since i varies from 1.....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

The aim of the program is to:

- find the thermo-hygrometric conditions and the air flow rate in the conditions of introduction into the rooms of each zone to remove the sensitive load and the latent load weighing on it;
- characterise the psychrometric transformations to which the air flow rates of each area must be subjected in order to reach the intake conditions;
- find the value of the total capacity of the G.IN system;
- determine the values of the total GRN renewal flow rate and the GRC recirculation flow rate and the corresponding GRN_i and GRC_i rates for each zone;
- evaluate the power exchanged in cooling in the AHU and in heating the bypass flow rate before conveying to the zone mixing box;
- determine the amount of steam removed from the humid air in the AHU;
- find the slopes of the room lines for each area, as well as the related thermal factors (internal and external);
- determine the functional and dimensional characteristics of the cooling coil.

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

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



The numbers/letters above (IN; IN-2'; 2'; etc...) they are representative of the psychrometric states of the air in the pre-mixing state in the zone box and correspond to the numbers representing the psychrometric states of the humid air shown in the psychrometric diagram visible at the end of the paragraph (in the example carried out in this manual, the transformations relating to zone no. 7 are represented on the psychrometric diagram).

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

Turning now to the sizing of the system, the need for the prior definition of the specific humidity at which the air will be introduced into the areas is highlighted. To this end, the program determines the ξ_{\min} value corresponding to the area for which the minimum intake temperature "xi" is required; In the example carried out, it corresponds to zone 2 for which the program calculates the value $\xi_{\min} = 0.0092 \text{ kg/kg}$.

Following the instructions of the program itself, the value is fixed:

$$\xi = 0.0094 \text{ [kg/kg]}$$

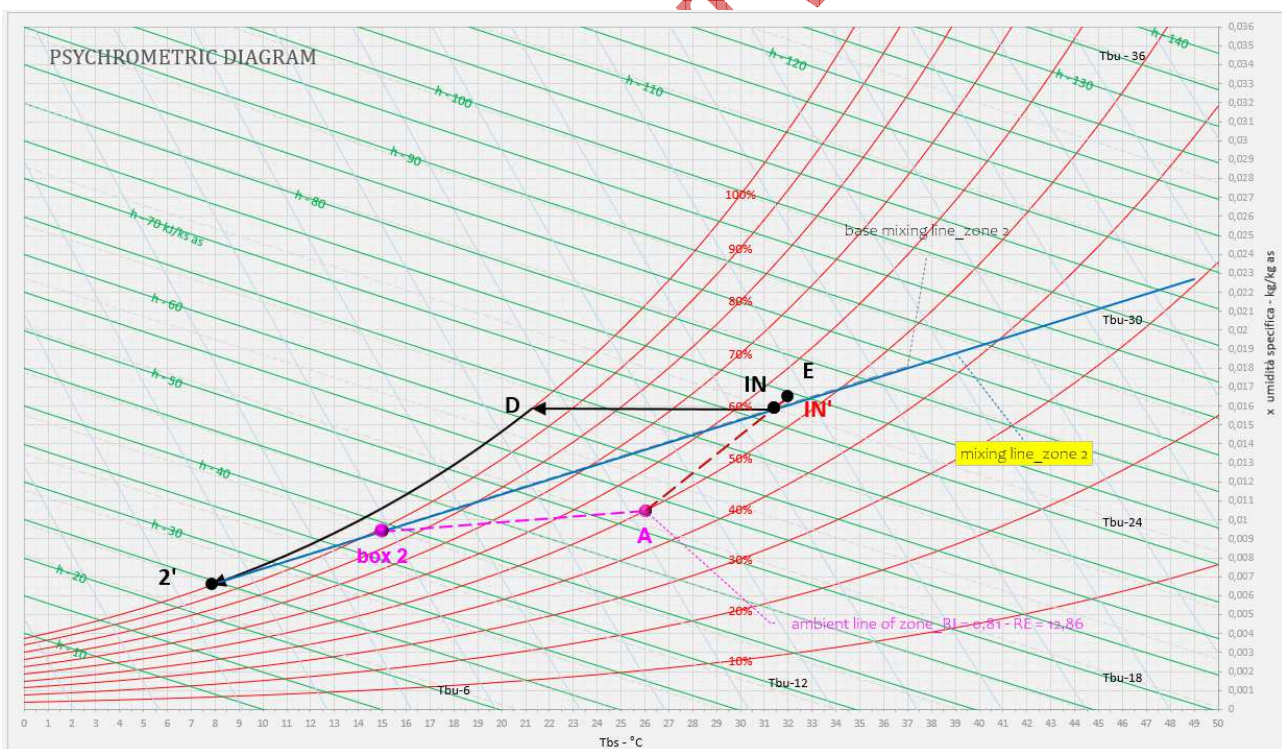
Zone 2 corresponds to the basic mixing line 2'-2-IN: it is the only zone for which the flow rate passing through duct 2 does not require any prior heating of the bypass flow rate before

pouring into the zone box; This can be easily verified by selecting from the drop-down diagram above the psychrometric diagram and selecting zone 2:



The following psychrometric diagram is obtained, from which the state of air mixing in "box 2" and the coincidence between the IN point and the IN' point are visible as regards the bypass flow rate for which the preventive heating, before mixing, is zero (distance is zero between IN and IN'). The difference with respect to the other zones can be seen by viewing the psychrometric diagram with respect to all the other zones for which the IN' point is distinct from the IN point due to the significant heating of the bypass flow rate (see diagram in the dedicated paragraph relating to zone 7 of the calculation example).

The 2'-2-IN mixing line is called the "basic mixing line".



After setting the value $\xi = 0.0094$, the program verifies that this value is within the recommended range and that the "basic mixing line" intersects the saturation curve. If these conditions are met, it will return success as shown in the following screenshot.

b		CONTROLLED SPECIFIC HUMIDITY ξ			
xi_min					0,0092
xi	impose	$0,0092 < \xi \leq 0,0094$	in stepwise increments from 0,0092	kg/kg	0,0094
ok__the base mixing line intersects the saturation curve					
%GRC	of Gi		→	%	10%

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

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

► determines, for each zone, the "Gi of injection" flow rate, the number "n_i" of hourly changes; the total GRN renewal capacity; the total GRC recirculation flow rate; the corresponding rates referred to each zone. All 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 between 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_UNI" imposed by the UNI EN 16798 standards.

C		FLOW RATES INPUT - NUMBER OF HOURLY CHANGES							
ZONE	V_zone	Gi_calc	GRN_UNI	n_UNI	GRN_i	Gi	GRC_i	n_i	
	mc	kg/s	kg/s	1/h	kg/s	kg/s	kg/s	1/h	
1	600	0,26	0,32	1,68	0,32	0,35	0,04	1,87	
2	900	0,13	0,36	1,28	0,36	0,40	0,04	1,42	
3	1.800	0,26	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42	
4	1.500	0,22	0,54	1,15	0,54	0,60	0,06	1,28	
5	1.000	0,15	0,41	1,30	0,41	0,45	0,05	1,44	
6	1.200	0,29	0,43	1,14	0,43	0,48	0,05	1,27	
7	1.800	0,14	0,72	1,28	0,72	0,80	0,08	1,42	
8	750	0,15	0,34	1,44	0,34	0,38	0,04	1,60	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.550	1,60	3,83	1,28	3,83	4,26	0,43	1,42	
G.IN	Total system flow rate				→	kg/s	4,26		

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 flow rate of the system "G.IN" which, as we will see, will be partly cooled in the AHU and sent to duct 1 (ref. G2' = 2.97 kg/s) and partly bypassed with respect to the cold coil and sent in duct 2 towards the area pits (ref. G.IN' = 1.28 kg/s). In the example carried out, a total mass flow rate of the system was reached equal to:

$$G.IN = 4.26 \text{ [kg/s]}$$

- determines the psychrometric conditions of the extreme cold mixing (in the example: 2').

e	EXTREME COLD MIXING								
G2'	T_2'	φ_2'	Pv.sat_2'	Pv_2'	x_2'	v_2'	h_2'	Tbu_2'	TD_2'
2,97	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
2'	7,84	100%	1.059,25	10,59	0,0066	0,805	24,48	7,76	7,84

- determines the psychrometric conditions of the hot extremes of mixing "IN'_i" relative to each zone. The bottom row shows the parameters relating to the area that has been chosen to be represented on the psychrometric diagram (zone 7: see dedicated paragraph).

f	HOT MIXING EXTREMES _IN'								
ZONE	T.IN'	φ.IN'	Pv.sat_IN'	Pv_IN'	x_IN'	v_IN'	h_IN'	Tbu_IN'	TD_IN'
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C	°C
1	46,09	24,90%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,36	28,75	21,25
2	31,40	54,90%	4.595,16	25,23	0,0159	0,885	72,17	24,37	21,25
3	46,72	24,11%	10.464,04	25,23	0,0159	0,930	88,01	28,91	21,25
4	46,09	24,90%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,36	28,75	21,25
5	41,66	31,31%	8.057,16	25,23	0,0159	0,915	82,79	27,56	21,25
6	49,96	20,49%	12.311,34	25,23	0,0159	0,939	91,36	29,70	21,25
7	34,45	46,25%	5.454,30	25,23	0,0159	0,894	75,33	25,38	21,25
8	39,77	34,62%	7.286,78	25,23	0,0159	0,909	80,83	27,02	21,25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 7	34,45	0,46	5454,30	25,23	0,0159	0,894	75,33	25,38	21,25

- determines the value of the thermal power "W-" and the steam "U" subtracted from the flow rate G.2' in the cold coil.

e	POWER AND STEAM SUBTRACTED FROM 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 xi=k]	kJ/kg	48,43
Wsens	$G2' \cdot (h2' - h.IN')$	sensitive component	kW	-71,15
Wlat	$G2' \cdot (h.IN' - h.IN)$	latent component	kW	-70,59
W-	$G2' \cdot (h2' - h.IN)$	TOTAL POWER SUBTRACTED	kW	-141,74
U	$G2' \cdot (x_{2'} - x.IN)$	steam subtracted by cold battery	gr/s	-27,58

- determines, for each zone, the flow rates and the psychrometric immission conditions, namely: the value of the flow G_i , temperature "Ti" and relative humidity " Φ_i "; the vapor saturation pressure "Pvsat_i"; the partial "Pv_i", the value of the specific humidity " x_i ", the specific volume " v_i ", the enthalpy " h_i ", the wet bulb temperature "Tbu_i", the dew temperature "TD_i". All according to the calculation table below.

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

g	PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF ENTRY								
ZONE	G_i	T_i	Φ_i	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i
TDi = 13,12	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg	mc/kg	kJ/kg	°C
1	0,35	19,38	67,08%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34
2	0,40	14,99	88,57%	1.703,17	15,09	0,0094	0,829	38,83	13,68
3	0,80	19,57	66,29%	2.275,53	15,09	0,0094	0,842	43,51	15,42
4	0,60	19,38	67,08%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34
5	0,45	18,04	72,93%	2.068,46	15,09	0,0094	0,838	41,95	14,81
6	0,48	20,55	62,40%	2.417,51	15,09	0,0094	0,845	44,51	15,81
7	0,80	15,87	83,74%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99
8	0,38	17,47	75,61%	1.995,17	15,09	0,0094	0,836	41,36	14,59
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZONE 7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99

- determines, for each zone, the cold mixing flow rate G2' sent into duct 1 and the hot mixing flow rate G.IN' sent into duct 2 and which subsequently flow into the mixing boxes of each zone; it also determines the heating capacity W+_risc to which the bypass flow rates of duct 2 are subjected before being fed into the zone box.

h	HOT MIXING FLOW RATES AND HEATING POWERS									
ZONE	Gi kg/s	T _{2'} °C	Ti °C	T _{IN'} Pa	h _{IN'} kJ/kg as	h.IN kJ/kg	G2' kg/s	G.IN' kg/s	W+ _{heat} kW	
1	0,35	7,84	19,38	46,09	87,36	72,18	0,24	0,11	1,60	
2	0,40	7,84	14,99	31,40	72,17	72,18	0,28	0,12	0,00	
3	0,80	7,84	19,57	46,72	88,01	72,18	0,56	0,24	3,83	
4	0,60	7,84	19,38	46,09	87,36	72,18	0,42	0,18	2,75	
5	0,45	7,84	18,04	41,66	82,79	72,18	0,31	0,14	1,44	
6	0,48	7,84	20,55	49,96	91,36	72,18	0,33	0,14	2,75	
7	0,80	7,84	15,87	34,45	75,33	72,18	0,56	0,24	0,76	
8	0,38	7,84	17,47	39,77	80,83	72,18	0,26	0,11	0,98	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G2' __ Total cold battery flow rate							kg/s	2,97		
G.IN' __ Total hot battery flow rate							kg/s	1,28		
W+ __ Total hot battery power							kg/s		14,11	

The last three lines show the total of the total flow rate G2' of duct 1 cooled in the AHU; the total flow rate bypassed G.IN' of duct 2; the total heating capacity to which the bypass flow rates of each G.IN' zone are subjected_i before pouring into the zone box.

The temperature difference "Ti - TA" between the intake air and the ambient air is useful for the purpose of assessing the environmental comfort that can be assessed as "good" for values between about -9 and -3 °C:

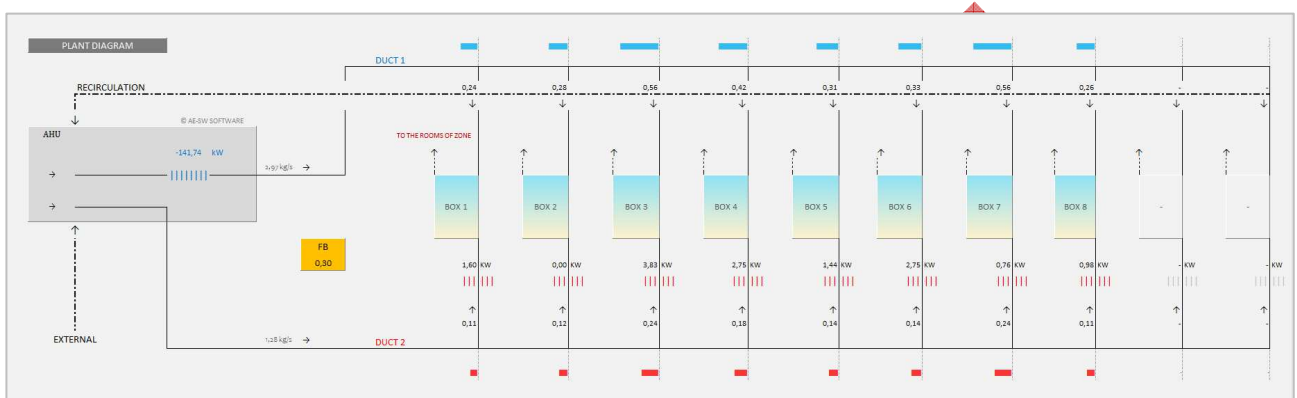
GOOD	COMFORT	ACCEPTABLE
ZONE	Ti - TA	φi - φA
1	-6,62	17,08%
2	-11,01	38,57%
3	-6,43	16,29%
4	-6,62	17,08%
5	-7,96	22,93%
6	-5,45	12,40%
7	-10,13	33,74%
8	-8,53	25,61%
-	-	-
-	-	-

The project of the system ends with the verification of correct sizing:

CHECK

**MULTI-ZONE WITH RECIRCULATION AND MIXING
BOX_OK**

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



AE-SW SOFTWARE

3 - REPRESENTATION ON PSYCHROMETRIC DIAGRAM

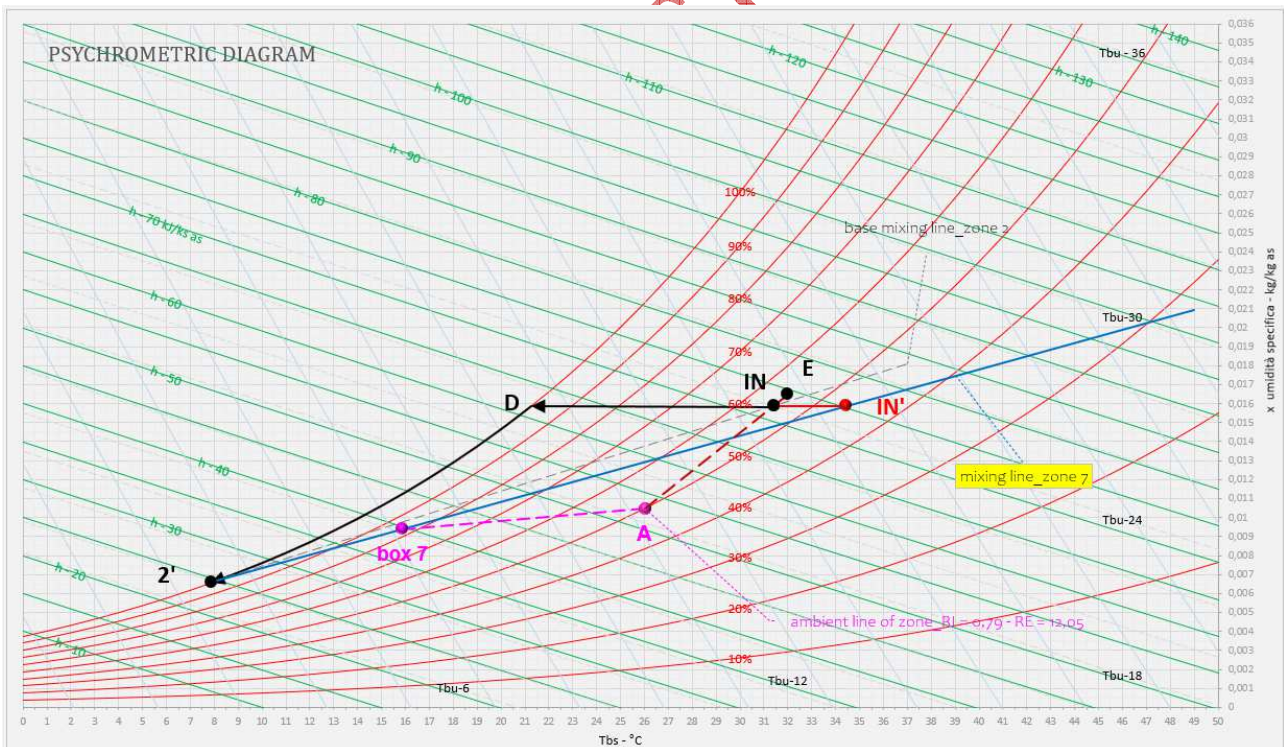
The representation on the psychrometric diagram takes place for each project zone. The choice of the zone in which to represent the treatments and transformations of humid air in the AHU and in the zone heating coil is made from a drop-down list as shown in the figure:



When selecting the zone, the program determines all the psychrometric parameters of the air in the "box 7" conditions of intake in zone 7 to be air-conditioned, according to the following calculation table:

ZONA	G7	T7	φ7	Pvsat_7	Pv_7	x_7	v_7	h_7	Tbu_7	RI_7	RE_7	W+_IN' →7'
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	-	mc/kg	kJ/kg as	°C	-	kJ/grv	kW
7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99	0,79	12,05	0,76

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 flow rate $G2' = 2.97 \text{ kg/s}$;

- IN-IN' heating performed on the bypassed flow rate of zone 7, equal to $G.IN'_7 = 0.24$ kg/s.
- the 2'-7-IN' mixing line relating to the box in zone 7;
- the room line 7-A relating to zone 7 and related internal RI and external thermal factors RE.

AE-SW SOFTWARE

4 - THE SIZING OF THE COLD BATTERY

COLD BATTERY SIZING

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

In the example carried out:

Treated air flow rate $G_b = 2.97$ kg/s;

Power = $W_b = 141.74$ kW (the negative sign is omitted as 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.

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	5,1
ΔT_{ml_co}	air/water thermal difference for counterflow			°C	6,4
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:

$\Delta T_{ml} = 5.1$ °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);

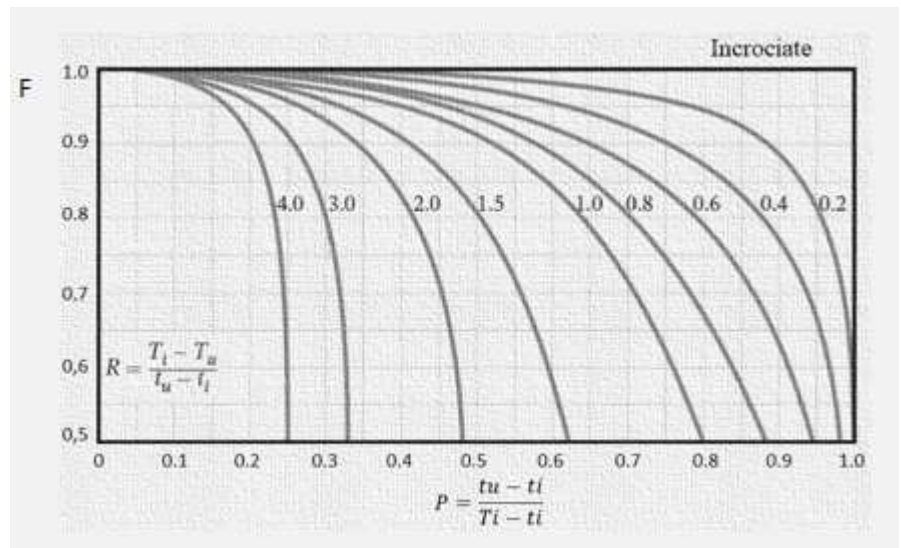
$\Delta T_{ml_co} = 6.4$ °C: logarithmic air/water temperature difference due to counter-current flow;

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

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

VA = 1.5 m/s: air velocity;
 vh = 1.0 m/s: water velocity.

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

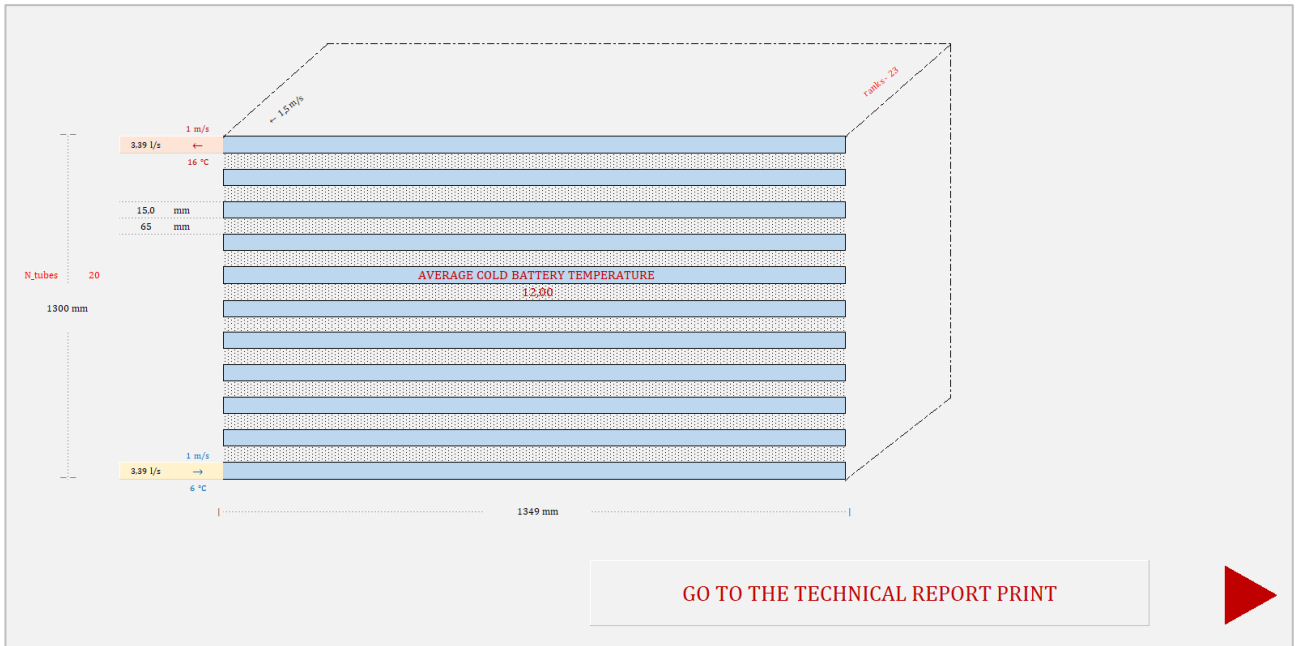


Gb__air flow on coil		kg/s	2,97	Wb__battery power		kW	141,74
© AE-SW SOFTWARE							
H	input	battery height	mm	1300			
L	Gb / (va *H)	battery width	mm	1.349			
Af	H*L	front battery area	m ²	1,75			
N	Wb / (vh*4186*Atu*(thu - thi))	number of horizontal tubes	-	20			
i	H/N	vertical pipe center distance	mm	65			

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

U_W/mq°C	NR - number of ranks_Wb/Af*U*ΔTml)
710,25	23

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.



AE-SW SOFTWARE

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 SYSTEM WITH RECIRCULATION AND MIXING BOX 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

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

AE-SW - © All rights reserved

© AE-SW SOFTWARE

TECHNICAL REPORT

INTRODUCTION

The system consists of multi-zone air handling 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 sensitive and latent components. The sizing is conducted to all primary air with recirculation and zone mixing box.

The project includes an AHU equipped with a cold coil for cooling and dehumidifying part of the entire flow rate. Subsequently, the cold air leaving the AHU is conveyed through duct 1 into a zone mixing box. Another part of the entire flow flows into a duct 2 and is conveyed to the same zone box. Before pouring into the box, the flow rates of duct 2 are heated differently by means of zone heating coils. In each area box, the mixing between the cold and hot flow takes place to achieve the conditions of entry into the environment.

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

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

Sensitive load W_{sens_i} [kW]; latent load W_{lat_i} [kW].

Outdoor air with temperature T_E [°C] and relative humidity ϕ_E [%].

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

ARE DETERMINED FOR THE SET OF ZONES:

- *the psychrometric parameters of the humid outdoor air and the ambient air;*
- *the total mass flow $G.IN$ [kg/s];*
- *the GRN renewal capacity in accordance with UNI EN 16798 standards;*
- *the GRC recirculation flow rate;*
- *the cold air flow rate and the hot air flow rate respectively conveyed to the cold duct 1 and in the hot duct 2;*
- *the thermal power subtracted from the cold flow in the cold coil, divided into sensitive and latent;*
- *the psychrometric parameters of the air at the exit of the AHU;*
- *the condensed steam flow rate U [kg/s] during cooling of the flow rate of duct 1;*

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 (comfort);*
- *the psychrometric parameters of the intake air;*
- *the sensible heat output supplied to the hot air in the heating coil;*
- *the internal thermal factor RI [-] and the external thermal factor $RE = \Delta h / \Delta x$ of the ambient or zonal li*

FINALLY:

- *the functional and dimensional characteristics of the cold coil.*

GENERAL DATA

System type:	DOUBLE DUCT WITH FULL AIR WITH RECIRCULATION AND MIXING BOX		
Calculation method:	with controlled specific input humidity		
P_Atmospheric pressure:	101.325	Pa	
Room category	resid. and similar		
Expected quality category_UNI EN 16798	1_very good		
Pollution degree_UNI EN 16798	n.d.		

© AE-SW SOFTWARE

TE_outdoor temperature	32,0	°C
φE_outdoor relative humidity:	55%	-
TA_project internal temperature	26,0	°C
φA_project internal relative humidity:	50%	-

TECHNICAL REPORT

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

GE	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,26	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
E	32	55%	4.755,40	26,15	0,01648	0,888	74,33	24,9	21,84

external air

GA	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
4,26	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
A	26	50%	3.361,16	16,81	0,01049	0,862	52,86	18,9	14,78

air room

TOTAL AIR FLOW RATES

G.IN	overall flow rate	4,26	kg_as/s
GRN	renewal flow rate	3,83	kg_as/s
GRC	recirculation flow rate	0,43	kg_as/s
G2'	flow rate duct 1 - cold	2,97	kg_as/s
G.IN'	flow rate 2 - hot	1,28	kg_as/s

POWER AND STEAM SUBTRACTED FROM THE COLD BATTERY

Wsens	sensitive component	-71,15	kW
Wlat	latent component	-70,59	kW
Wt	TOTAL POWER SUBTRACTED	-141,74	kW
U	TOTAL STEAM SUBTRACTED	-27,58	gr/s

© AE-SW SOFTWARE

MIXING EXTREMES

G2'	T	φ	Pv.sat	Pv	x	v	h	Tbu	TD
2,97	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
2'	7,84	100%	1.059,25	10,59	0,0066	0,805	24,41	7,8	7,84

COLD EXTREME_AHU outlet cold air

ZONE	T.IN'	φ.IN'	Pv.sat_IN'	Pv_IN'	x_IN'	v_IN'	h_IN'	Tbu_IN'	TD_IN'
	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	46,09	24,9%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,358	28,75	21,25
2	31,40	54,9%	4.595,16	25,23	0,0159	0,885	72,172	24,37	21,25
3	46,72	24,1%	10.464,04	25,23	0,0159	0,930	88,011	28,91	21,25
4	46,09	24,9%	10.132,89	25,23	0,0159	0,928	87,358	28,75	21,25
5	41,66	31,3%	8.057,16	25,23	0,0159	0,915	82,787	27,56	21,25
6	49,96	20,5%	12.311,34	25,23	0,0159	0,939	91,358	29,70	21,25
7	34,45	46,3%	5.454,30	25,23	0,0159	0,894	75,328	25,38	21,25
8	39,77	34,6%	7.286,78	25,23	0,0159	0,909	80,827	27,02	21,25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HOT EXTREMES_bypass hot air

FLOW RATES AND PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF PITTED AIR INTAKE

ZONE	Gi	Ti	φi	Pv.sat_i	Pv_i	x_i	v_i	h_i	Tbu_i	TD_i
	kg/s	°C	%	Pa	Pa	kg/kg as	mc/kg	kJ/kg as	°C	°C
1	0,35	19,38	67,1%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34	13,12
2	0,40	14,99	88,6%	1.703,17	15,09	0,0094	0,829	38,83	13,68	13,12
3	0,80	19,57	66,3%	2.275,53	15,09	0,0094	0,842	43,51	15,42	13,12
4	0,60	19,38	67,1%	2.248,70	15,09	0,0094	0,841	43,31	15,34	13,12
5	0,45	18,04	72,9%	2.068,46	15,09	0,0094	0,838	41,95	14,81	13,12
6	0,48	20,55	62,4%	2.417,51	15,09	0,0094	0,845	44,51	15,81	13,12
7	0,80	15,87	83,7%	1.801,44	15,09	0,0094	0,831	39,72	13,99	13,12
8	0,38	17,47	75,6%	1.995,17	15,09	0,0094	0,836	41,36	14,59	13,12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOLUMES AND NUMBERS OF HOURLY AIR CHANGES

ZONE	Vi_ric.	n_ric.
	mc/h	1/h
1	1.120	1,87
2	1.280	1,42
3	2.560	1,42
4	1.920	1,28
5	1.440	1,44
6	1.520	1,27
7	2.560	1,42
8	1.200	1,60
-	-	-
-	-	-

© AE-SW SOFTWARE


HEATING POWERS AND LINE AMBIENT THERMAL RATIOS

ZONE	W_risc. kW	ΔT_post.r. °C	Δφ_post.r. %	RI -	RE kJ/grv
1	1,60	14,69	-30,0%	0,71	8,75
2	0,00	0,00	0,0%	0,81	12,86
3	3,83	15,32	-30,8%	0,71	8,58
4	2,75	14,69	-30,0%	0,71	8,75
5	1,44	10,27	-23,6%	0,75	10,01
6	2,75	18,56	-34,4%	0,67	7,66
7	0,76	3,05	-8,6%	0,79	12,05
8	0,98	8,37	-20,3%	0,76	10,54
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

COLD BATTERY SIZING

Gb	air flow on coil	kg/s	2,97
Wb	battery power	kW	141,74
	TYPOLOGY	De mm	Di mm
	5/8' - 8.5 lugs/inch	15,875	15,016
			Atu mmq
			177
Tm	water inlet temperature	°C	12,00
Thi	water thermal difference	°C	6,00
Thu	water outel temperature	°C	16,00
ΔTh	average battery surface temperature	°C	10,00
Gh	battery water flow rate	l/s	3,39
	Air flow respect to water flow:	crosscurrent	
va	air speed	m/s	1,50
vh	water speed	m/s	1,00
H	battery height	mm	1300
F	Heat transfer corr. factor resp. to counterflow	-	0,80
Atu	finned tube section	mmq	177
L	battery width	mm	1.349
Af	front battery area	mq	1,75
N	number of horizontal tubes	-	20
i	vertical pipe center distance	mm	65
Δtml	logarithmic air/water thermal jump	°C	5,1
U	coeff. global coeff. of heat exchange	W/mq°C	710,3
NR	number of cold battery ranks	-	23
ATTACHMENTS			
<i>Calculation Tables</i>			
<i>Psychrometric diagram with transformations.</i>			
			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
xi with controlled specific input humidity



ATMOSPHERIC PRESSURE

DIRECT INPUT

INDIRECT INPUT by altitude and temperature:

H ₀ altitude:	TH_Temp_atH_°C	101325 * (1 - 0.0001216 * H) ^{5.256}
2.000	15	101325 * 0.99377 ^{0.756} / 1000

Pa 1.01325

ATMOSPHERIC PRESSURE CALCULATION

GENERAL DATA

N₀ 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_just very good

Degree of environmental pollution_UNI EN 16798:
 polluted moderately polluted
 little polluted

Calculation method_UNI EN 16798:
 method 1 method 2
 method 3

EXTERNAL AND INTERNAL AIR CONDITIONS

T _e outside air temperature	°C
φ _e relative humidity outdoor air	%
T _A desired zone temperature	°C
φ _A desired zone relative humidity	%

CALCULATION VALUES ZONES

Crowding	people
V ₀ volume	m ³
S ₀ area	m ²
S _{0,red} reduced area living basis	m ²
W _{des} zone	kW
W _{int} zone	kW

THERMAL ZONES DATA

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₀ people	70	80	100	120	150	180	100	75	100	10
V ₀ m ³	600	800	1000	1200	1500	1800	750	1000	750	750
S ₀ m ²	300	300	600	500	400	400	400	350	350	350
S _{0,red} m ²										
W _{des} kW	1.75	1.45	1.70	1.50	1.20	1.65	1.45	1.35	1.10	1.35
W _{int} kW	0.75	0.35	0.70	0.90	0.90	0.90	0.38	0.44	0.30	0.44

CALCULATION VALUES ZONES

Crowding	people
V ₀ volume	m ³
S ₀ area	m ²
S _{0,red} reduced area living basis	m ²
W _{des} zone	kW
W _{int} zone	kW

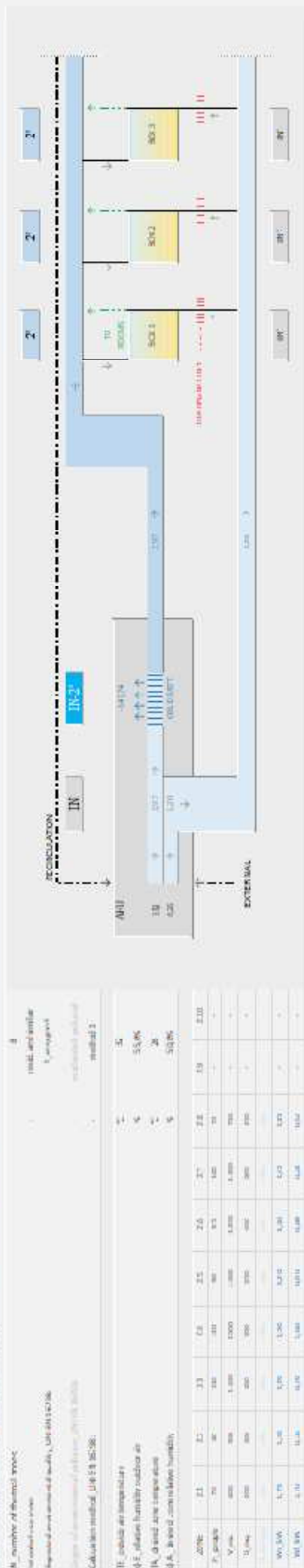
Studio associato di ingegneria - via Napoleone III - Mistral di Sommo - (NA)

AE-SW - © All rights reserved

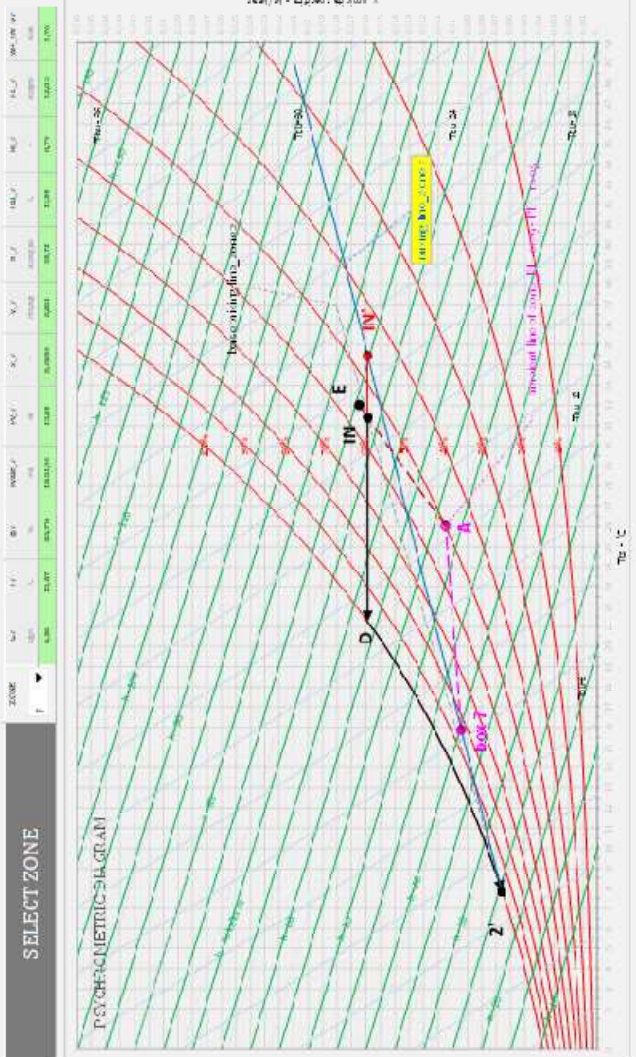
MULTI-ZONE ALL-AIR SYSTEM WITH RECIRCULATION
SUMMER REGIME

Multi-zone air conditioning systems with recirculation (MWR) are used in buildings where the outdoor air is not sufficient to meet the cooling and heating loads. The outdoor air is pre-conditioned by a pre-cooler and then mixed with recirculated air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil. The outdoor air is then filtered and exhausted. The recirculated air is filtered and mixed with the outdoor air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil. The outdoor air is then filtered and exhausted. The recirculated air is filtered and mixed with the outdoor air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil.

The outdoor air is pre-conditioned by a pre-cooler and then mixed with recirculated air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil. The outdoor air is then filtered and exhausted. The recirculated air is filtered and mixed with the outdoor air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil. The outdoor air is then filtered and exhausted. The recirculated air is filtered and mixed with the outdoor air. The mixture is then conditioned by a cooling coil and a heating coil.



SELECT ZONE



MULTI-ZONE WITH RECIRCULATION AND MIXING DOX

OUTDOOR AND AMBIENT AIR STATUS									
Zone	T	φ	ρ	W	h	W	h	W	h
Unit	°C	%	kg/m³	g/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
OA	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
R	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
M	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
CC	15	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
HC	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26

CONTROLLED SPECIFIC HUMIDITY									
Zone	T	φ	ρ	W	h	W	h	W	h
Unit	°C	%	kg/m³	g/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
OA	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
R	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
M	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
CC	15	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26
HC	23	55	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26

FLOW RATES INPUT - NUMBER OF HOURLY CHANGES									
Zone	V	ρ	W	h	W	h	W	h	h
Unit	m³/s	kg/s	g/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s
OA	1.0	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26	26
R	1.0	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26	26
M	1.0	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26	26
CC	1.0	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26	26
HC	1.0	1.20	7.5	26.5	27	26	27	26	26

FIRST COMPASSIONING COEFFICIENT MULTIPLIER												
d	T	h	h _{out}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}
G.N	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

HOTMIXING EXTREME IN												
ZONE	h _{in}	h _{out}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

HOTMIXING FLOW RATES AND HEATING POWERS												
TRAF	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

EXTREME COMB MIXING												
G2	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

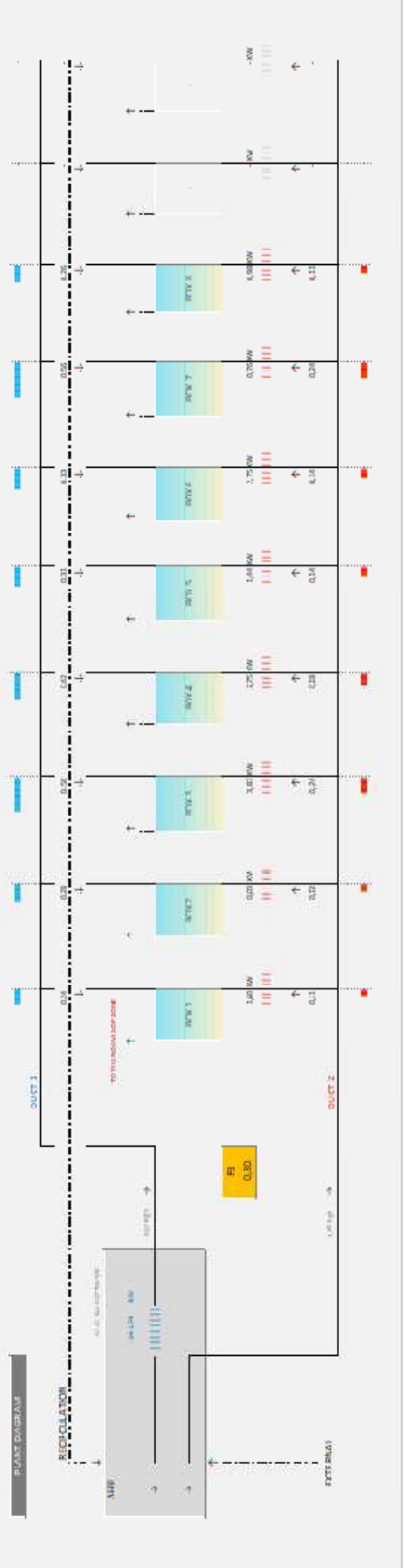
PSYCHROMETRIC CONDITIONS OF ENTRY												
ZONE	h _{in}	h _{out}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

POWER AND TEMPERATURES SUBTRACTED FROM THE COOLD BATTERY IN → Z												
TRAF	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}	T _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17



COMFORT												
ZONE	h _{in}	h _{out}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}	h _{in}
1	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	18,0	5,00	1,00	2,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
2	18,25	1,00%	2,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

CHECK
MULTI-ZONE WITH RECIRCULATION AND MIXING
BOX_OK



COLD BATTERY SIZING

Technology	Di	D	Azu
3g* & Slag/itch	mm	mm	mmq
	150.0	150.0	17

COLD BATTERY PUMPS SUPPLY

Ti	water inlet temperature	°C	6.0
ΔTi	water thermal difference	°C	9
Tfu	water actual temperature	°C	15.00
Tm	average battery face temperature	°C	17.00
Gh	battery water flow rate	l/s	.419

NUMBER OF BATTERIES

air flow respect to water flow

S104	logarithmic air/water thermal ratio	°C	5.1
S105	air/water thermal difference for logarithmic flow	°C	6.8
S106	air/water ratio for logarithmic flow	l/s	1.002
S2	air speed	m/s	.200
S3	water speed	m/s	.100

AESW SOFTWARE

BS_37 flow coil	kg/s	2.37
BS_37 flow coil	l/s	14.24

No. battery power

H	input	mm	1.00
L	battery height	mm	1.00
M	battery width	mm	1.00
N	total battery area	mm	1.00
O	number of battery blocks	mm	.20
P	average separation distance	mm	.05

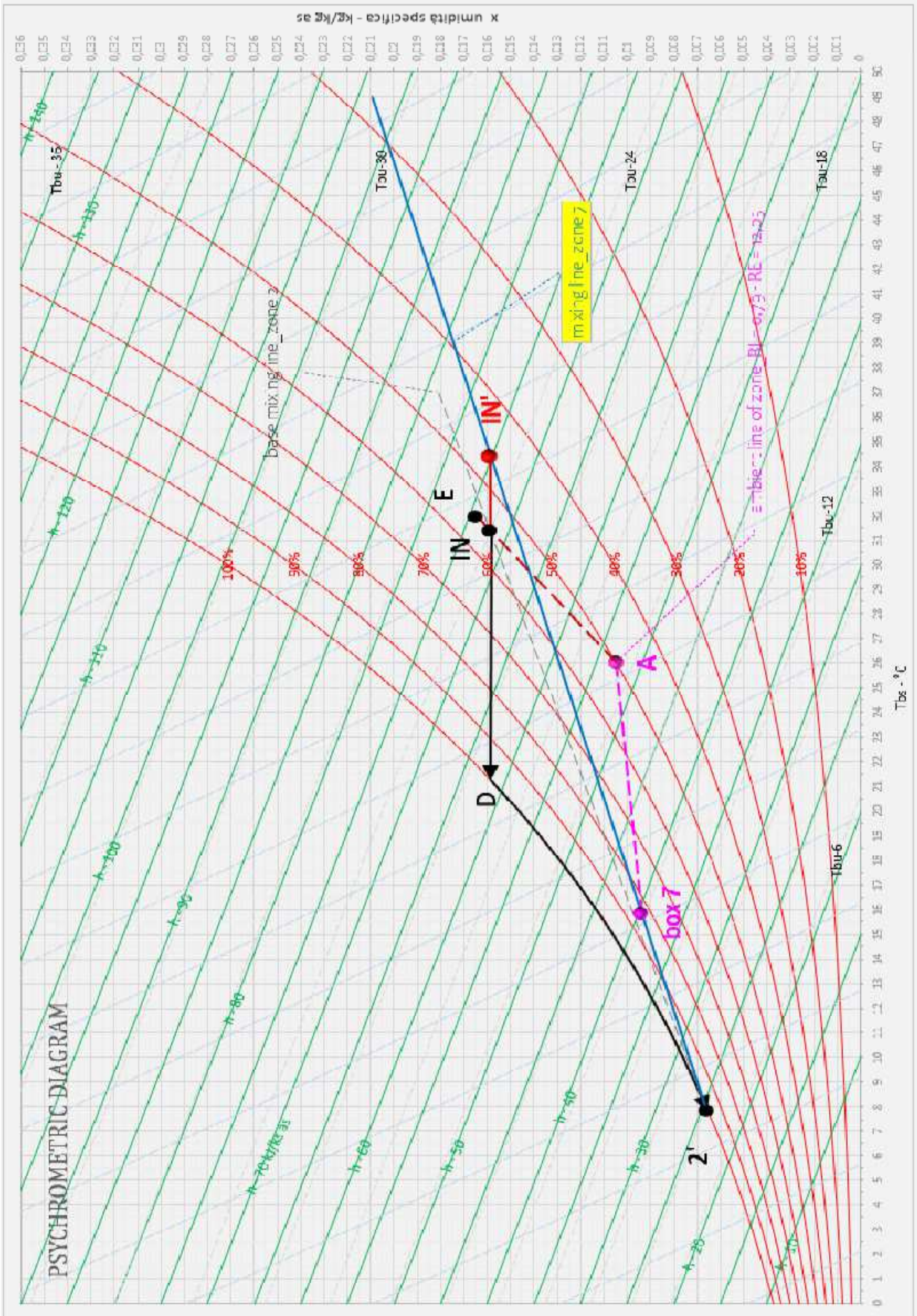
Q_w/m² C

/10.25

NR number of batts_Mb(MPU_20m)

23

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 con BOX DI MISCELAZIONE 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**