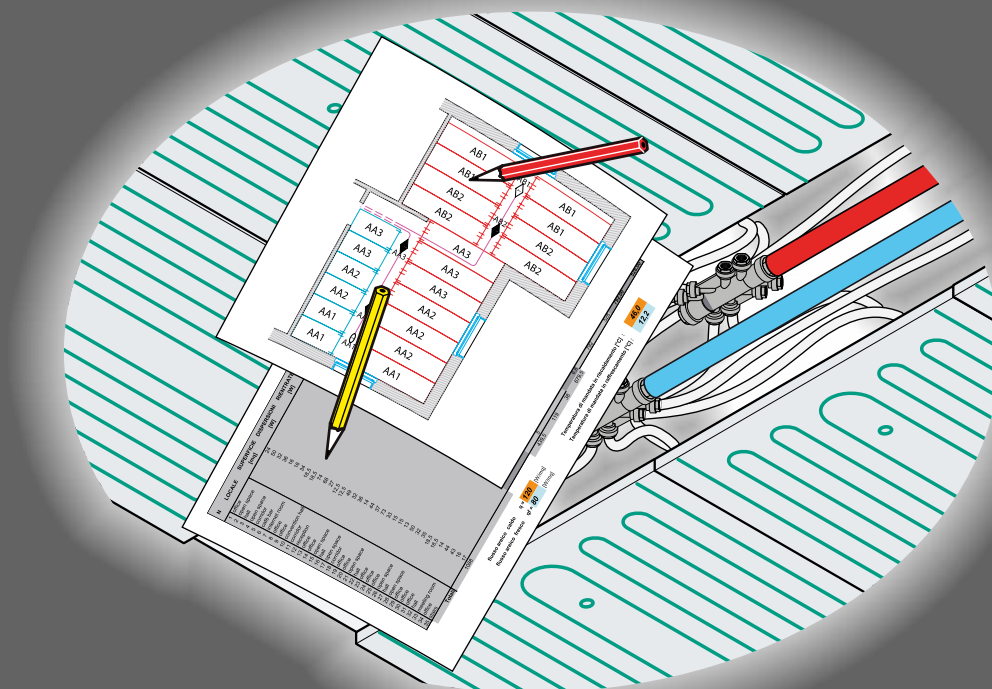


Ceiling/wall radiant systems
Sistemi radianti a soffitto/parete



COPPER 8

Calculation and dimensioning
Calcolo e dimensionamento



TECHNICAL MANUAL
MANUALE TECNICO



	Description	Descrizione	Pag.
1	Dimensioning radiant panels	Dimensionamento pannelli radianti	4
	<i>General considerations for the calculation</i>	Considerazioni generali per il calcolo	4
	<i>Introduction to the calculation</i>	Premessa per il calcolo	4
2	System description	Descrizione del sistema	5
	<i>Physical characteristics of the panels</i>	Caratteristiche fisiche dei pannelli	5
	<i>Distribution</i>	Distribuzione	5
	<i>Information for the calculation</i>	Informazioni per il calcolo	6
	<i>Copper 8 efficiencies</i>	Rese Copper 8	8
	<i>Water content</i>	Contenuto d'acqua	9
	<i>Pressure drop formulas</i>	Formule per le perdite di carico	9
	<i>Balancing the primary circuits</i>	Bilanciamento dei circuiti principali	11
	<i>Features of the built-in valves in the MAXI manifold</i>	Dati tecnici delle valvole del collettore MAXI	11
3	System calculation	Calcolo dell'impianto	13
	<i>Calculation of the system for winter heating only</i>	Calcolo dell'impianto per solo riscaldamento invernale	13
	<i>a) Selection of the mean water temperature</i>	a) Scelta della temperatura media dell'acqua	13
	<i>b) Estimation of the active surface</i>	b) Stima della superficie utile attiva	13
	<i>c) Graphic evaluation of the active useful surface</i>	c) Valutazione grafica della superficie utile attiva	14
	<i>d) Checking heat loss</i>	d) Verifica delle potenze in gioco	14
	<i>e) Selection of the distribution in rooms</i>	e) Scelta della distribuzione nei vari locali	14
	<i>f) Calculation of the flow rates for the dimensioning of the pumps</i>	f) Calcolo delle portate per il dimensionamento delle pompe	14
	<i>Calculation of the system for summer cooling / winter heating</i>	Calcolo dell'impianto per climatizzazione estiva / invernale	15
	<i>a) Selection of the mean water temperature</i>	a) Scelta della temperatura media dell'acqua	15
	<i>b) Estimation of the active surface</i>	b) Stima della superficie utile attiva	15
	<i>c) Graphic evaluation of the active useful surface</i>	c) Valutazione grafica della superficie utile attiva	16
	<i>d) Checking heat loss</i>	d) Verifica delle potenze in gioco	16
	<i>e) Selection of the distribution in rooms</i>	e) Scelta della distribuzione nei vari locali	16
	<i>f) Calculation of the flow rate for the dimensioning of the pumps</i>	f) Calcolo delle portate per il dimensionamento delle pompe	16
	<i>Considerations</i>	Considerazioni	16
4	Passive heat flow behind the panel	Flusso termico passivo dietro il pannello	17
5	Example of heating calculation	Esempio di calcolo in riscaldamento	20
	<i>Bill of material</i>	Materiale impiegato	25
6	Example of cooling/heating calculation	Esempio di calcolo in raffrescamento e riscaldamento	26
	<i>Bill of material</i>	Materiale impiegato	33



1

DIMENSIONING OF THE RADIANT QUADROTTO DIMENSIONAMENTO DEI QUADROTTI RADIANTI

GENERAL CONSIDERATIONS FOR THE CALCULATION

The dimensioning of the radiant quadrotto begins with the following preliminary considerations:

1. Heating output
2. Cooling output

INTRODUCTION TO THE CALCULATION

First of all, operation limits shall be determined for proper working of the systems.

These limits are:

- Minimum surface temperature (summer): equal to the dew point (the value varies depending on the room temperature and relative humidity conditions).
- Maximum surface temperatures (winter): the right project temperature is 32 °C, but it is possible to set the system for surface temperature of 35 °C or even higher values.
- Minimum speed of the water in the panel pipes (elementary circuits) equal to 0.2 m/sec in order to prevent air pockets in sloping pipes.
- Maximum speed of the water in the panel pipes (elementary circuits) equal to 0.8 m/sec in order to prevent unpleasant noise while the system is working.
- Minimum speed of the water in the general distribution pipes (pipe diameter 20x2 mm, primary circuits) equal to 0.30÷0.35 m/sec in order to prevent air pockets in sloping pipes.
- Maximum speed of the water in the general distribution pipes (pipe diameter 20x2 mm, primary circuits) equal to 0.6 m/sec in order to prevent unpleasant noise while the system is working.

CONSIDERAZIONI GENERALI PER IL CALCOLO

Il dimensionamento dei quadrotto radianti prende l'avvio dalle seguenti considerazioni preliminari:

1. Rese in riscaldamento
2. Rese in raffrescamento

PREMESSA PER IL CALCOLO

In via preliminare dovranno essere fissati dei limiti operativi per il corretto funzionamento degli impianti.

Tali limiti saranno:

- Temperatura superficiale minima (estate): pari al punto di rugiada (valore variabile in funzione delle condizioni di temperatura e umidità relativa ambiente).
- Temperature massime superficiali (inverno): considerare corretta una progettazione per valori di 32 °C, con possibilità di dimensionare per temperature superficiali di 35 °C o anche oltre.
- Velocità minima dell'acqua nei tubi dei pannelli (circuiti elementari) pari a 0,2 m/sec per evitare la formazione di sacche d'aria nelle tubazioni in contropendenza.
- Velocità massima dell'acqua nei tubi dei pannelli (circuiti elementari) pari a 0,8 m/sec per evitare l'insorgere di fastidiose rumorosità con il funzionamento degli impianti.
- Velocità minima dell'acqua in circolazione nei tubi della distribuzione generale (tubi di diametro 20x2 mm, circuiti principali) pari a 0,30÷0,35 m/sec per evitare la formazione di sacche d'aria nelle tubazioni in contropendenza.
- Velocità massima dell'acqua in circolazione nei tubi della distribuzione generale (tubi di diametro 20x2 mm, circuiti principali) pari a 0,6 m/sec per evitare l'insorgere di fastidiose rumorosità con il funzionamento degli impianti.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE QUADROTTO

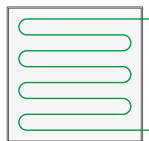
Copper 8 pre-assembled panels contain copper pipe 10x5x0.75 mm with a flattened elliptical design, having the following lengths:
- No. 1 4.5-m circuit for the panels with dim. 600x600 mm
These circuits, made by copper pipe 10x5x0.75 mm with a flattened elliptical design, are called “**elementary circuits**”.

CARATTERISTICHE FISICHE DEI QUADROTTI

I pannelli prefabbricati COPPER 8 hanno già incorporati i circuiti, realizzati con tubo in rame schiacciato 10x5x0.75 mm, aventi le seguenti lunghezze:

- N. 1 circuito da 4.5 metri, per i pannelli dim. 600x600 mm
I circuiti, realizzati con tubo in rame schiacciato 10x5x0.75 mm, vengono chiamati “**circuiti elementari**”.

Radiant panel dimensions
Misure pannelli radianti



600x600 mm
4.5-m Circuit/Circuito 4.5 m
1/3 elementary circuit
1/3 circuito elementare

DISTRIBUTION

The heating (or cooling) circuits will be installed as described below:

1. From the heat generator (boiler or chiller), by using appropriate temperature-control devices (and storage tanks if necessary), the water flows to the primary manifolds (called “distribution manifolds”, MAXI manifolds).

The “primary circuits” are fed by these manifolds.

2. Upstream from the MAXI manifolds, it is better to install a suitable air separator (air trap) in order to keep the system well-vented and completely efficient.

3. The MAXI manifolds can be oriented either upwards or downwards, and they can have electrothermal heads on the individual circuits so that the individual “primary circuits” can be turned ON-OFF. The MAXI manifolds are equipped with an inspectionable filter, so as to prevent impurities in the water from obstructing the smaller pipes. These manifolds are appropriately insulated with anticondensation shells.

4. Each primary circuit will normally serve a single room (for convenient management of the system). If the room is very large, it may be served by several circuits.

5. The radiant panels are supplied from the primary circuits by using appropriate distribution manifolds (called “distributors”); the elementary circuits are connected to the primary circuits by means of push-fit pipe fittings.

The distributors are already preassembled with push-in fittings, and they are also equipped with anticondensation insulation

DISTRIBUZIONE

I circuiti del riscaldamento (o del raffrescamento) saranno eseguiti nel modo di seguito descritto:

1. Dal generatore di calore (caldaia o refrigeratore), con l’ausilio di opportuni organi di termoregolazione (ed eventualmente di accumuli) il fluido termovettore viene inviato ai collettori principali (chiamati “collettori di derivazione”, collettori MAXI).

Da questi collettori vengono derivati i “circuiti principali”.

2. A monte dei collettori MAXI si consiglia un opportuno disaeratore (separatori di microbolle) che ha lo scopo di mantenere sempre ben sfiatato e in perfetta efficienza l’impianto.

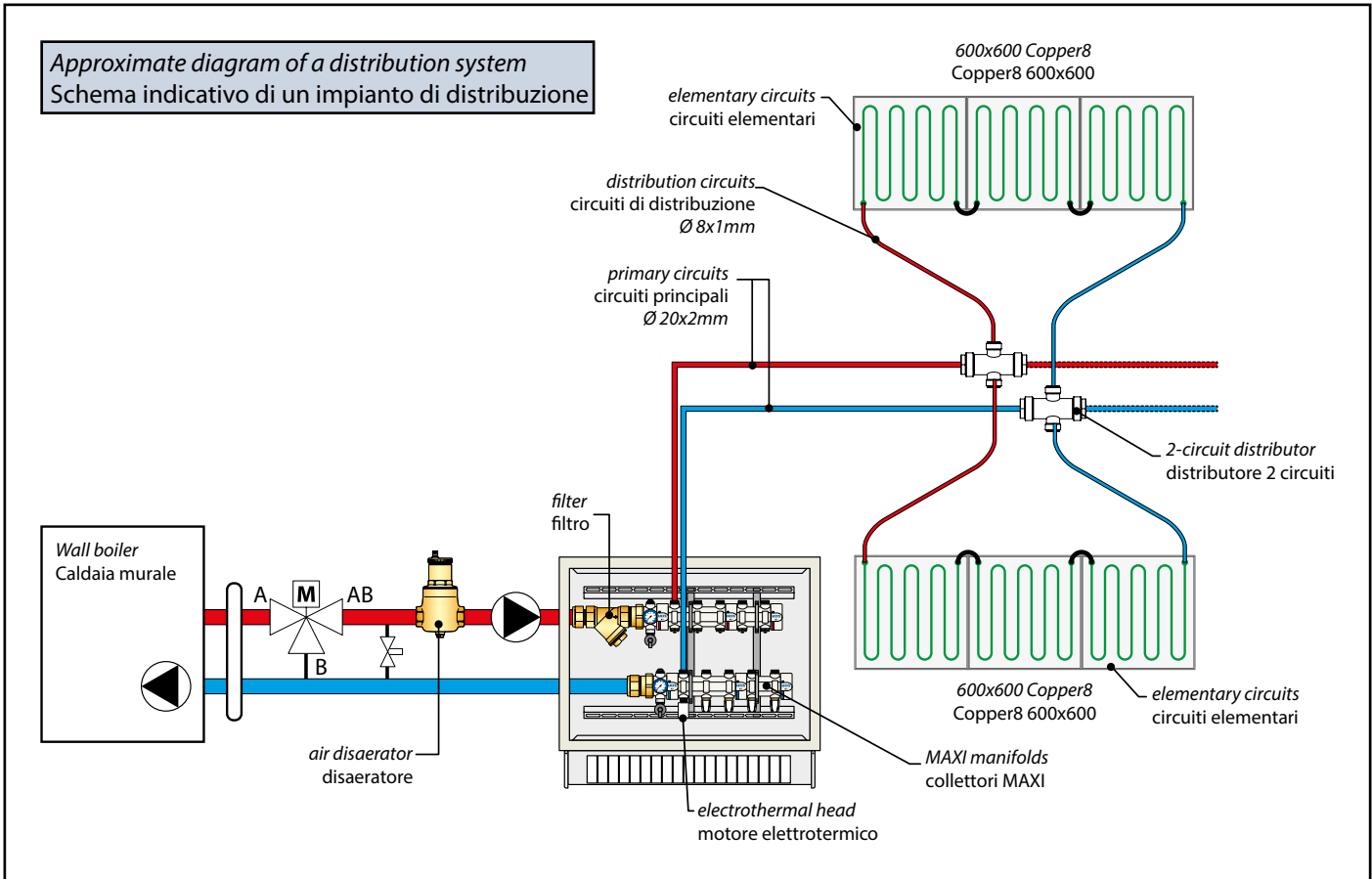
3. I collettori MAXI possono essere orientati sia verso l’alto che verso il basso, e possono avere dei motori elettrotermici sul singolo circuito in modo da poter attuare degli interventi di tipo ON-OFF sui singoli “circuiti principali”. I collettori MAXI sono dotati di filtro ispezionabile, al fine di evitare che impurità presenti nell’acqua possano ostruire il passaggio nei tubi di piccolo diametro. Gli stessi collettori sono opportunamente coibentati con gusci anticondensa.

4. Ogni circuito principale tendenzialmente dovrebbe servire un unico ambiente (per poter convenientemente gestire l’impianto). Se l’ambiente è molto vasto esso potrà essere servito da più circuiti.

5. Dai circuiti principali, con l’ausilio di appositi collettori di distribuzione (chiamati “distributori”) vengono derivati i pannelli radianti; per mezzo di raccordi ad innesto rapido i circuiti elementari vengono allacciati ai circuiti principali. I distributori sono già preassemblati con gli attacchi ad innesto rapido, e sono anch’essi dotati di isolamento anticondensa.



Approximate diagram of a distribution system
 Schema indicativo di un impianto di distribuzione



INFORMATION FOR THE CALCULATION

INFORMAZIONI PER IL CALCOLO

With the information provided previously, it is now possible to establish additional conditions:

Con le informazioni riportate precedentemente si possono dunque fissare delle ulteriori condizioni:

- *The nominal water flow rate of an elementary circuit (pipe 10x5x0.75 mm) is fixed at 30 Kg/h. This water flow rate entails a circulation speed of 0.40 m/s; an elementary circuit has a pressure drop of 1400 DaPa (mmwg).*

- *La portata d'acqua nominale di un circuito elementare (tubo 10x5x0.75 mm) viene fissata pari a 30 Kg/h. Questa portata d'acqua comporta una velocità di circolazione pari a 0.40 m/s; un circuito elementare presenta una caduta di pressione pari a 1400 DaPa (mm.c.a.).*

NOMINAL WATER FLOW RATE: **30 kg/h**
 CIRCULATION SPEED: **0.40 m/s**
 PRESSURE DROP: **1400 DaPa (mmwg)**

PORTATA D'ACQUA NOMINALE: **30 kg/h**
 VELOCITÀ DI CIRCOLAZIONE: **0.40 m/s**
 CADUTA DI PRESSIONE: **1400 DaPa (mm.c.a.)**

- *As far as possible, consider that the MINIMUM number of panels (600x600 mm) to be connected to a primary circuit is 24, i.e., if possible, consider the MINIMUM number of elementary circuits supplied from a primary circuit is 8. For these panels the rule will be: connection in series of 3 circuits at a time, in order to homogenize the lengths. The 3 circuits in series form a new elementary circuit. This means that the minimum water flow rate of a primary circuit is 240 Kg/h. The corresponding speed in the pipes with diameter 20x2 mm is 0.33 m/s. Actually, this value can be even smaller, if the distribution system is always well deaerated during the system start-up and the appropriate air separator (air traps), which the system must be equipped with, is able to keep the entire system completely efficient.*

- *Per quanto possibile bisogna aver presente che il numero MINIMO di pannelli (600x600 mm) da collegare ad un circuito di principale è pari a 24, ovvero, se possibile, tenere come MINIMO il numero di circuiti elementari derivati da un circuito principale pari a 8. Per questi pannelli la regola sarà: collegamento in serie di 3 circuiti per volta, al fine di omogeneizzare le lunghezze. N. 3 circuiti in serie formano un nuovo circuito elementare. Ciò equivale a dire che la portata d'acqua minima di un circuito principale è pari a 240 Kg/h. La corrispondente velocità nei tubi di diametro 20x2 mm è di 0,33 m/s. In realtà il numero potrà essere anche inferiore, perché l'impianto di distribuzione sarà sempre ben disaerato in fase di messa in funzione dell'impianto e l'apposito disaeratore (separatore di microbolle) di cui l'impianto è necessariamente corredato si incaricherà di mantenere il tutto in perfetta efficienza.*

MINIMUM NUMBER OF PANELS 600x600: **24**

NUMERO MINIMO PANNELLI 600x600: **24**



Note: if circulation problems arise due to the presence of air, these can be easily solved by cutting off the other circuits in order to force the circulator to serve the problematic circuit only.



Osservazione: nel malaugurato caso che insorgano problemi di mancata circolazione per la presenza di aria, la semplice intercettazione degli altri circuiti, costringendo il circolatore a servire il solo circuito implicato, risolve brillantemente il caso.

- The **MAXIMUM number of panels (600x600 mm)** to be connected to a primary circuit is 48, i.e., the **MAXIMUM number of elementary circuits derived from a primary circuit is 16**. This means that the maximum water flow rate of a primary circuit is 480Kg/h. The corresponding speed in the pipes with diameter 20x2mm is 0.66 m/s.

- Il numero **MASSIMO di pannelli (600x600 mm)** da collegare ad un circuito principale è pari a 48, ovvero il numero **MASSIMO di circuiti elementari derivati da un circuito principale è pari a 16**. Ciò equivale a dire che la portata d'acqua massima di un circuito principale è pari a 480 Kg/h. La corrispondente velocità nei tubi di diametro 20x2 mm è di 0,66 m/s.

MAXIMUM NUMBER OF PANELS 600x600: **48**

NUMERO MASSIMO PANNELLI 600x600: **48**



Normally, during the design phase, a maximum number of 14 elementary circuits is used for a primary line (42 panels 600x600 mm.)



In fase di progettazione normalmente si adatterà un numero massimo di 14 circuiti elementari derivati da un circuito principale (42 pannelli di dimensioni 600x600 mm).

- **Winter maximum flow temperature:** according to the design criteria (which could depend on the availability of free energy from solar panels, for example, or on the opportunity to make the best use of the performance of condensing boilers or heat-pumps) you can use temperatures of 35 °C, or 45 °C or even higher (up to 60 °C). Lower flow temperatures provide greater comfort and limit consumption.

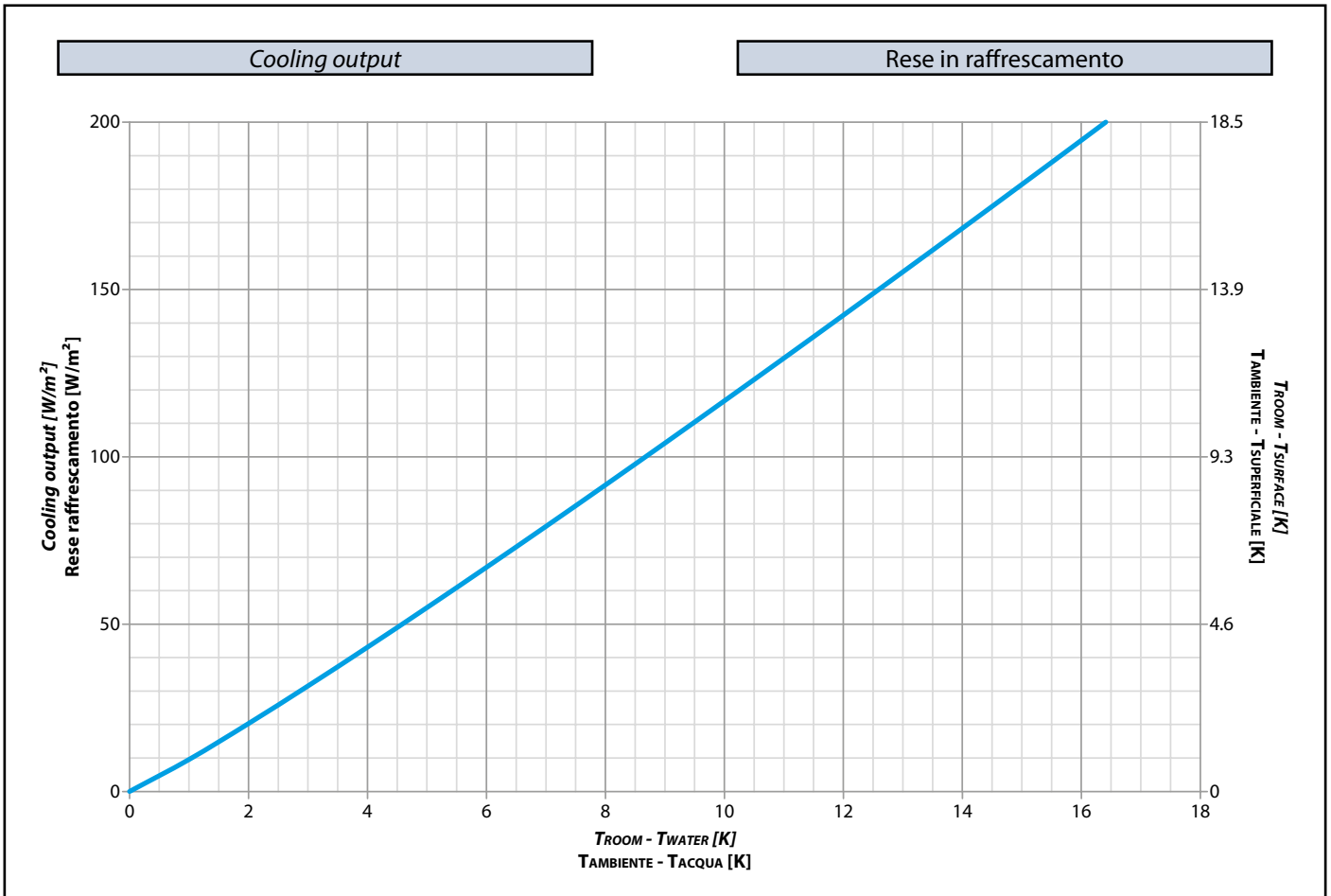
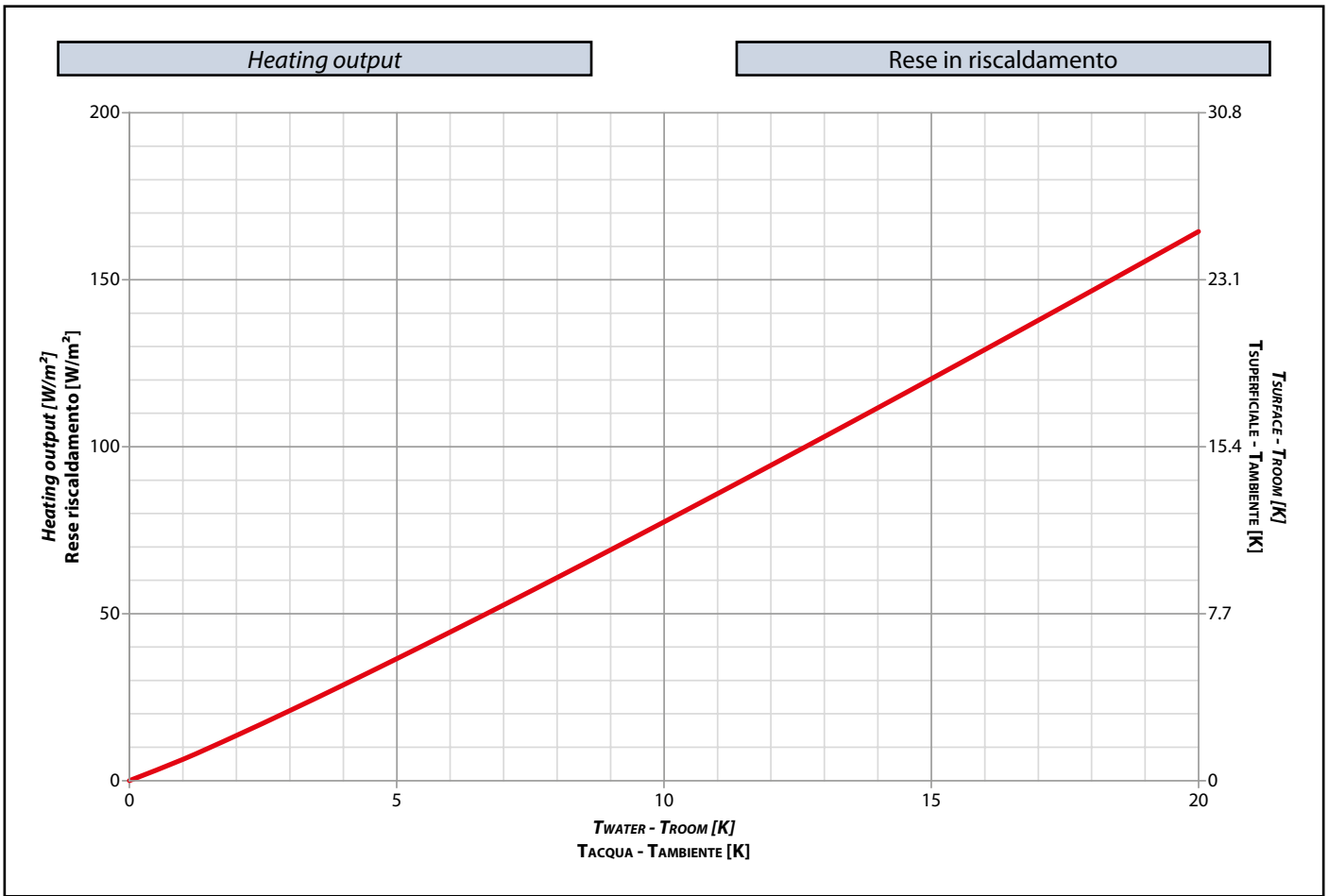
- **Temperatura massima di mandata invernale:** a seconda del criterio di progettazione da privilegiare (che potrà dipendere dalla disponibilità di energia gratuita da pannelli solari, per esempio, o dalla opportunità di sfruttare meglio i rendimenti dei generatori a condensazione o a pompa di calore) si potranno utilizzare temperature di 35 °C, oppure di 45 °C ma anche valori superiori (al limite anche 60 °C). Temperature di mandata più contenute privilegiano il comfort e limitano i consumi.

- **Summer minimum flow temperature:** in general the temperature should not cause condensation on the surfaces; the flow temperatures are normally around 15÷16 °C, but lower values can also be used if compatible with the structural characteristics (even as low as 8÷10 °C). Higher temperatures (using larger "active" surfaces) provide greater comfort and ensure better performance of the chillers (limiting consumption).

- **Temperatura minima di mandata estiva:** in linea generale la temperatura dovrà essere tale da non causare fenomeni di condensazioni sulle superfici; le temperature di mandata più usuali si aggirano attorno ai 15÷16 °C, ma potranno essere adottati valori anche inferiori compatibilmente con le caratteristiche delle strutture (fino anche a temperature minime in mandata di 8÷10 °C). Temperature meno contenute (adozione di superfici "attive" più estese) privilegiano il comfort e permettono migliori rendimenti dei refrigeratori (contenimento dei consumi).

- The whole radiant heating/cooling system works properly if equipped with a temperature control system that can precisely determine the ideal operating parameters, depending on the environmental climatic conditions, as well as operate the actuators accordingly. It should be noted that it is very important to size the dehumidifying systems appropriately, in relation to the use of the rooms, in order to obtain the right comfort level during summer.

- Tutto il sistema di climatizzazione radiante funziona bene se è corredato da un sistema di termoregolazione molto sofisticato, che possa con molta precisione determinare i parametri di funzionamento ottimali, a seconda delle situazioni climatiche ambientali contingenti, e far intervenire gli attuatori di conseguenza. E' appena il caso di evidenziare quanto sia importante dimensionare opportunamente i sistemi di deumidificazione, relazionandoli all'uso degli ambienti, al fine di ottenere il giusto comfort in estate.





Based on the data provided above, an interesting piece of "practical" information can be obtained: since an elementary circuit with water flow rate 30 kg/h feeds a surface of about 1.08m², we can calculate the water flow rate per square metre in the active surface:

WATER FLOW RATE: **30/1.08= 28 kg/(h*m²)**

Another interesting piece of data is the thermal drop of the water that occurs during system operation.

In winter operation, warm ceiling, mean water temperature of 35°C, the thermal efficiency is approximately 120 W/m²; an elementary circuit (1.08 m²) with a water flow rate of 30 kg/h emits 120x1.08=130 W.

The thermal drop of the water is thus:

THERMAL DROP (WINTER): **130 x 0.86 / 30 = 3.7 K**

Note: 0.860 is the conversion factor from W/m² → kCal/(h*m²)
1 W = 0.86 kCal/h

In summer operation, cool ceiling, mean water temperature of 16°C, the thermal efficiency is approximately 117 W/m²; an elementary circuit (1.08 m²) with a water flow rate of 40 kg/h emits 117 x 1.08 = 126 W.

The thermal drop of the water is thus:

THERMAL DROP (SUMMER): **126 x 0.86 / 30 = 3.7 K**

WATER CONTENT

The primary circuits, made of PB pipe with diam. 20x2 mm, have a water content of 0.2 l/m.

WATER CONTENT, PANEL: **0.122 l/panel**

WATER CONTENT, PIPES Ø 8x1 MM: **0.028 l/m**

WATER CONTENT, PIPES Ø 20x2 MM: **0.2 l/m**

The water information is useful for the dimensioning of the expansion tank of the system.

PRESSURE DROP FORMULAS

The distribution circuits are made of PB pipes with diam. 20x2 mm. The system pipes are all made of PB, with two different diameters (8x1 mm for the elementary circuits, 20x2 mm for the primary circuits).

In order to calculate the hydraulic characteristics of the circuits, the following formulas will be used:

PRESSURE DROP FOR PIPE Ø8x1 MM: **ΔP = 1,1384 • G [DaPa/m]**

PRESSURE DROP FOR PIPE Ø20x2 MM: **ΔP = 0.00092 • G^{1.75} [DaPa/m]**

where the water flow rate "G" will be expressed in [l/h].

The diagrams below can be used for rapid evaluation of the pressure drops in the pipes:

Dalle informazioni precedentemente esposte si ricava una informazione "pratica" assai interessante: dal momento che un circuito elementare, con portata d'acqua 30 kg/h, serve una superficie di circa 1.08 m², si ottiene la portata d'acqua per metro quadrato di superficie attiva:

PORTATA D'ACQUA: **30/1.08= 28 kg/(h*m²)**

Un altro interessante dato è il salto termico dell'acqua che si ha con il funzionamento di questo impianto.

Nelle ipotesi di funzionamento invernale, soffitto caldo, temperatura media dell'acqua 35°C, la resa termica è pari a circa 120 W/m²; un circuito elementare (1.08 m²) con portata d'acqua di 30 kg/h emette 120 x 1.08 = 130 W.

Il salto termico dell'acqua risulta quindi:

SALTO TERMICO (INVERNO): **130 x 0.86 / 30 = 3.7 K**

Dove: 0.860 è il fattore di conversione da W/m² → kCal/(h*m²)
1 W = 0,86 kCal/h

Nelle ipotesi di funzionamento estivo, soffitto fresco, temperatura media dell'acqua 16°C, la resa termica è pari a circa 117 W/m²; un circuito elementare (1.08 m²) con portata d'acqua di 30 kg/h emette 117 x 1.08 = 126 W.

Il salto termico dell'acqua risulta quindi:

SALTO TERMICO (ESTATE): **126 x 0.86 / 30 = 3.7 K**

CONTENUTO D'ACQUA

I circuiti principali, realizzati con tubi in PB diam. 20x2 mm, hanno un contenuto d'acqua pari a 0,2 l/m.

CONTENUTO ACQUA PANNELLI: **0.122 l/pannello**

CONTENUTO ACQUA TUBI Ø 8x1 MM: **0.028 l/m**

CONTENUTO ACQUA TUBI Ø 20x2 MM: **0.2 l/m**

Le informazioni sul contenuto d'acqua sono utili ai fini del dimensionamento del vaso di espansione dell'impianto.

FORMULE PER LE PERDITE DI CARICO

I circuiti di distribuzione sono realizzati con tubi in PB diam. 20x2 mm.

I tubi degli impianti sono quindi tutti in PB, e di 2 diametri diversi (8x1 mm per i circuiti elementari, 20x2 mm per i circuiti principali).

Al fine di calcolare le caratteristiche idrauliche dei circuiti saranno utilizzate le seguenti formule:

PERDITE DI CARICO TUBO Ø8x1 MM: **ΔP = 1,1384 • G [DaPa/m]**

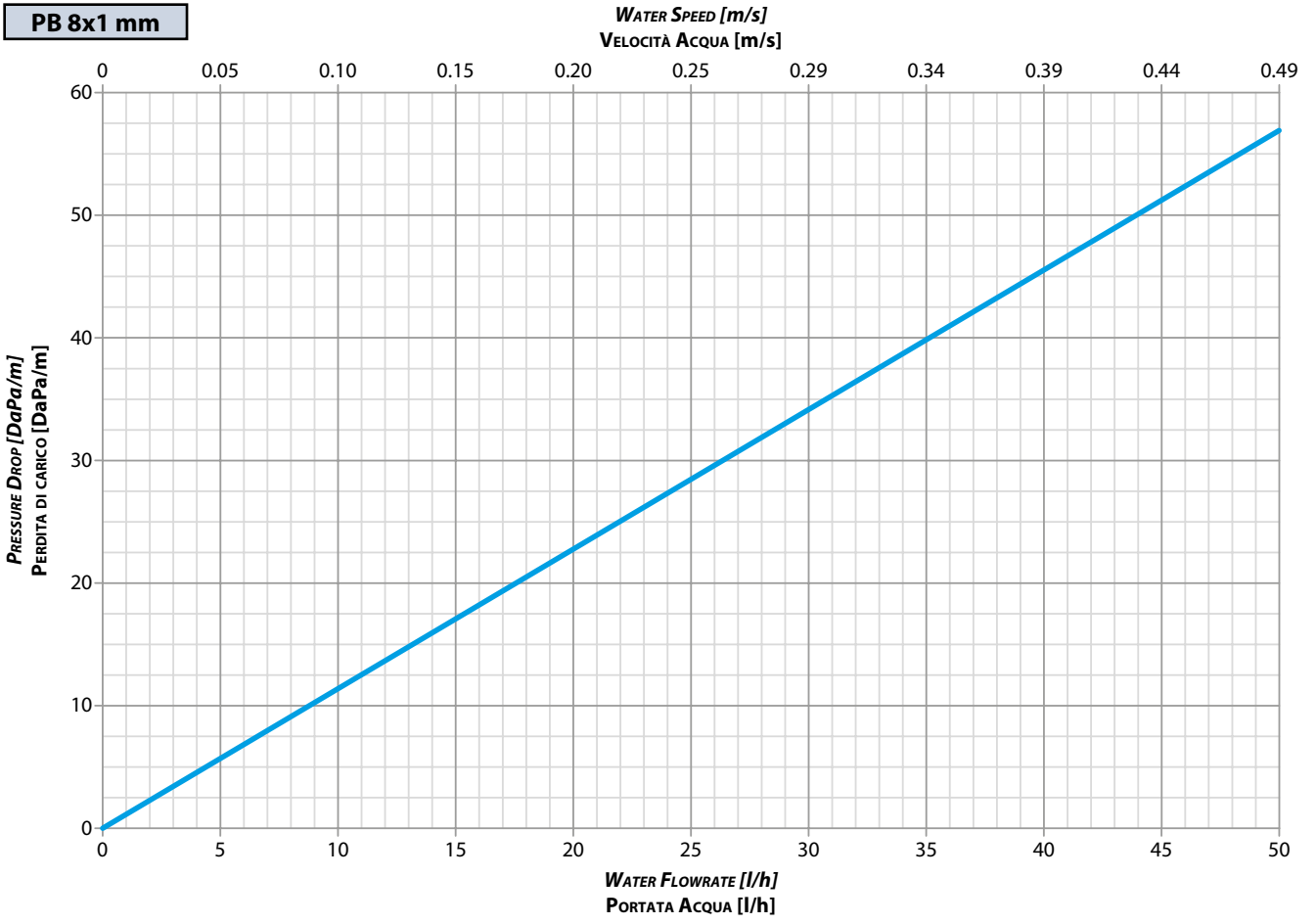
PERDITE DI CARICO TUBO Ø20x2 MM: **ΔP = 0.00092 • G^{1.75} [DaPa/m]**

dove la portata d'acqua "G" sarà espressa in [l/h].

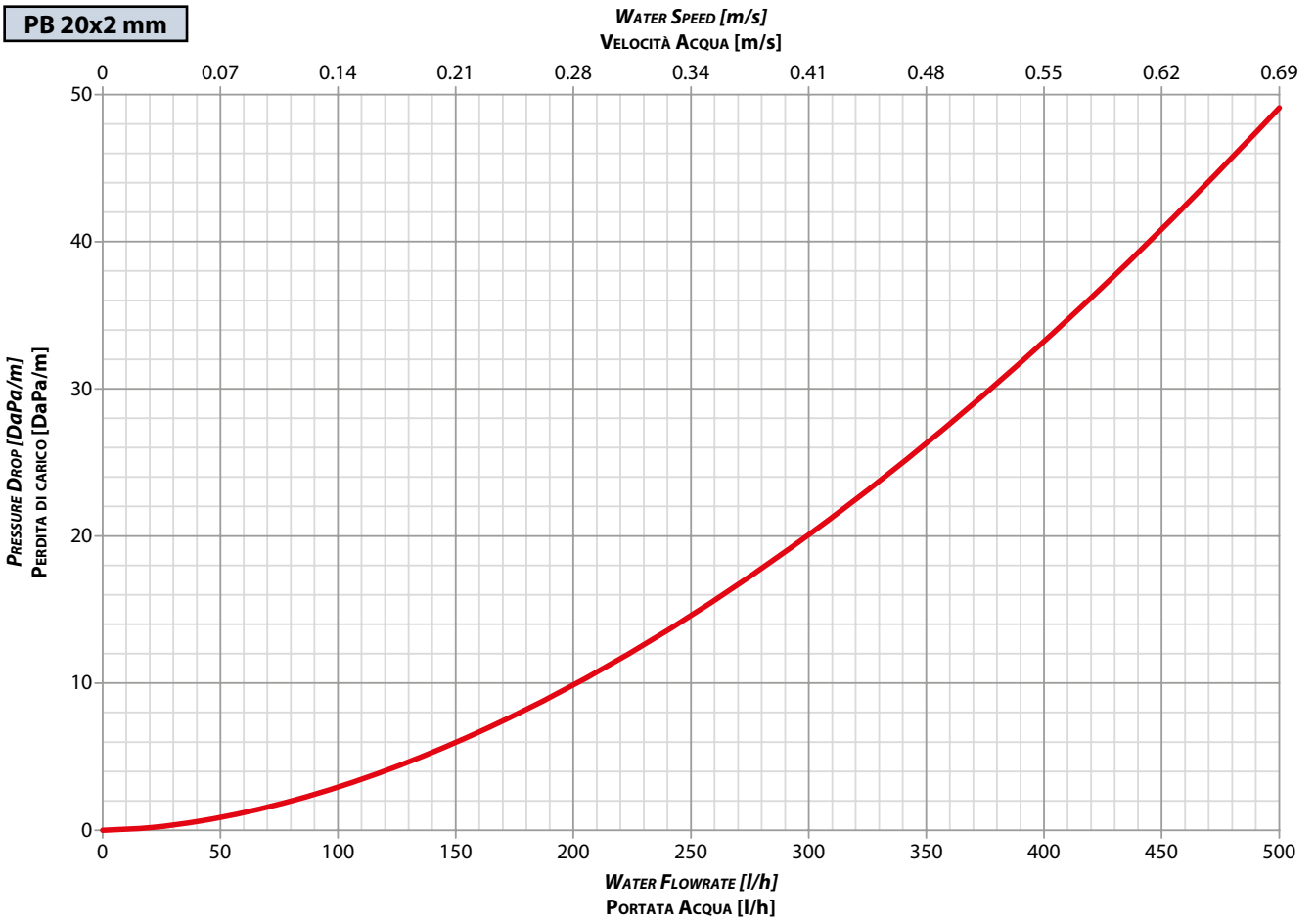
Di seguito vengono riportati dei diagrammi per una rapida valutazione delle perdite di carico nei tubi:



PB 8x1 mm



PB 20x2 mm





BALANCING THE PRIMARY CIRCUITS

To carry out any balancing between the primary circuits, you can use the following diagram which provides the hydraulic characteristics of the valves assembled on the MAXI manifolds:



Notes: the minimum number of panels that can be supplied from a primary circuit is flexible. Experience has widely shown that if the minimum values indicated previously are not observed, the system performs something like a "self-balancing".

If you do not connect at least 2 panels in series, water flow rate tends to be higher than necessary, and this may unbalance the system.

The thermal drop of the water in the circuits is sufficiently limited, so variation of the water flow rate does not significantly affect the thermal emission of the panel or, consequently, the circuit balancing. It should be also noted that the reduced thermal inertia of the system allows the heating and cooling system to be managed with ON-OFF operations for individual rooms, something which will certainly be appreciated by customers and used conveniently: this aspect also allows the minimum limits mentioned above to be considered as non-rigorous constraints. Similarly, if necessary, the maximum number of circuits could be also slightly higher than the limits set above, but the water flow rates, pressure drops and circuit balancing will have to be analysed carefully.

FEATURES OF THE BUILT-IN VALVES IN THE MAXI MANIFOLD

KV = Flow rate in m³/h with flow resistance of 1 bar
KV 0.01 = Flow rate in l/h with flow resistance of 1 kPa

	kV	kV 0.01
1 turn / giro	0.4	40
2 turns / giri	1.1	110
3 turns / giri	2.7	270
4 turns / giri	3.9	390
Micrometric valve widely open Valvola micrometrica tutta aperta	4.3	430

	kV	kV 0.01
Intercepting Valve Valvola d'intercettazione	2.6	260

BILANCIAMENTO DEI CIRCUITI PRINCIPALI

Per eseguire eventuali bilanciamenti tra i circuiti principali, avvalersi del seguente diagramma che fornisce le caratteristiche idrauliche delle valvole montate sui collettori MAXI:



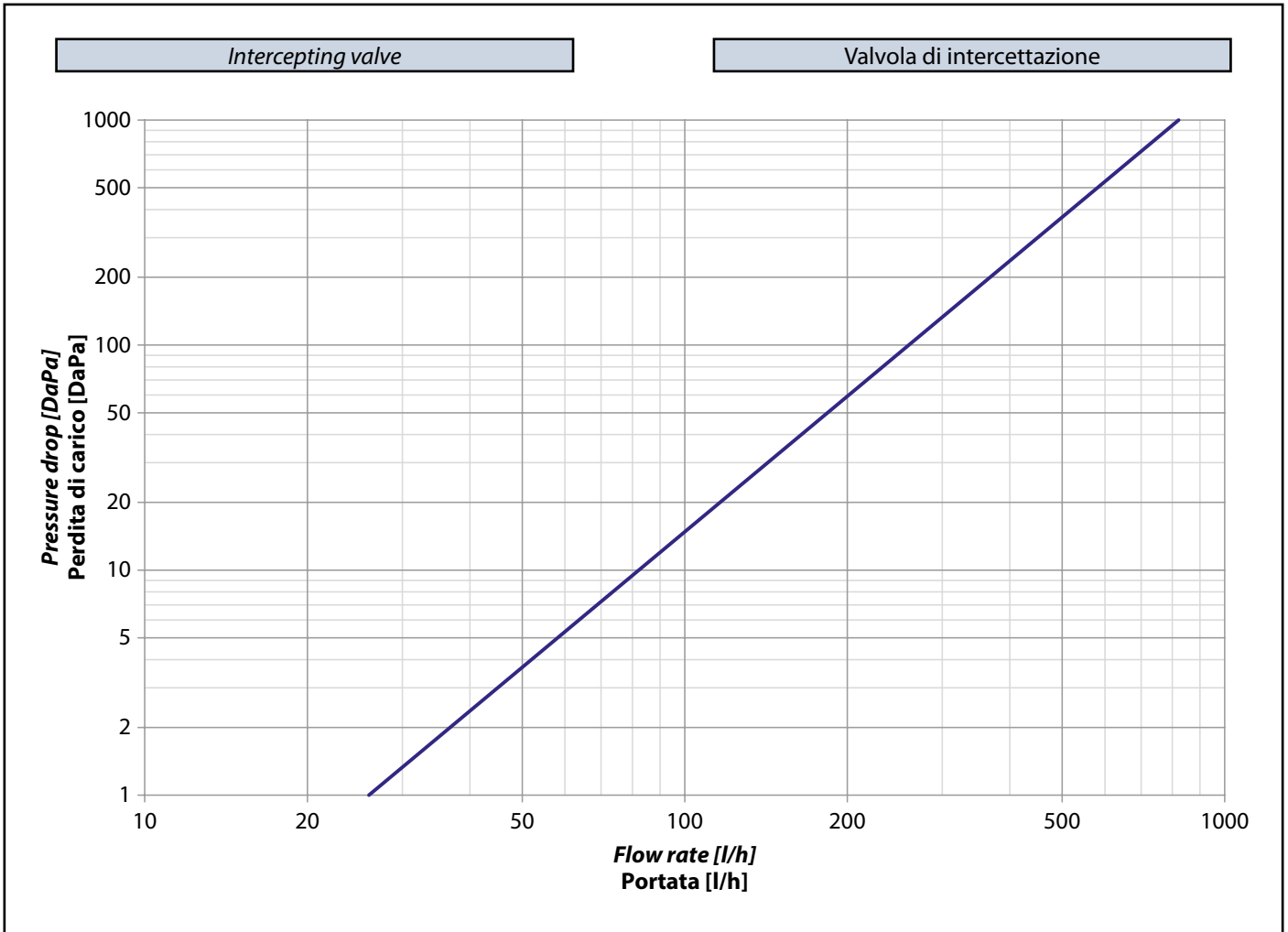
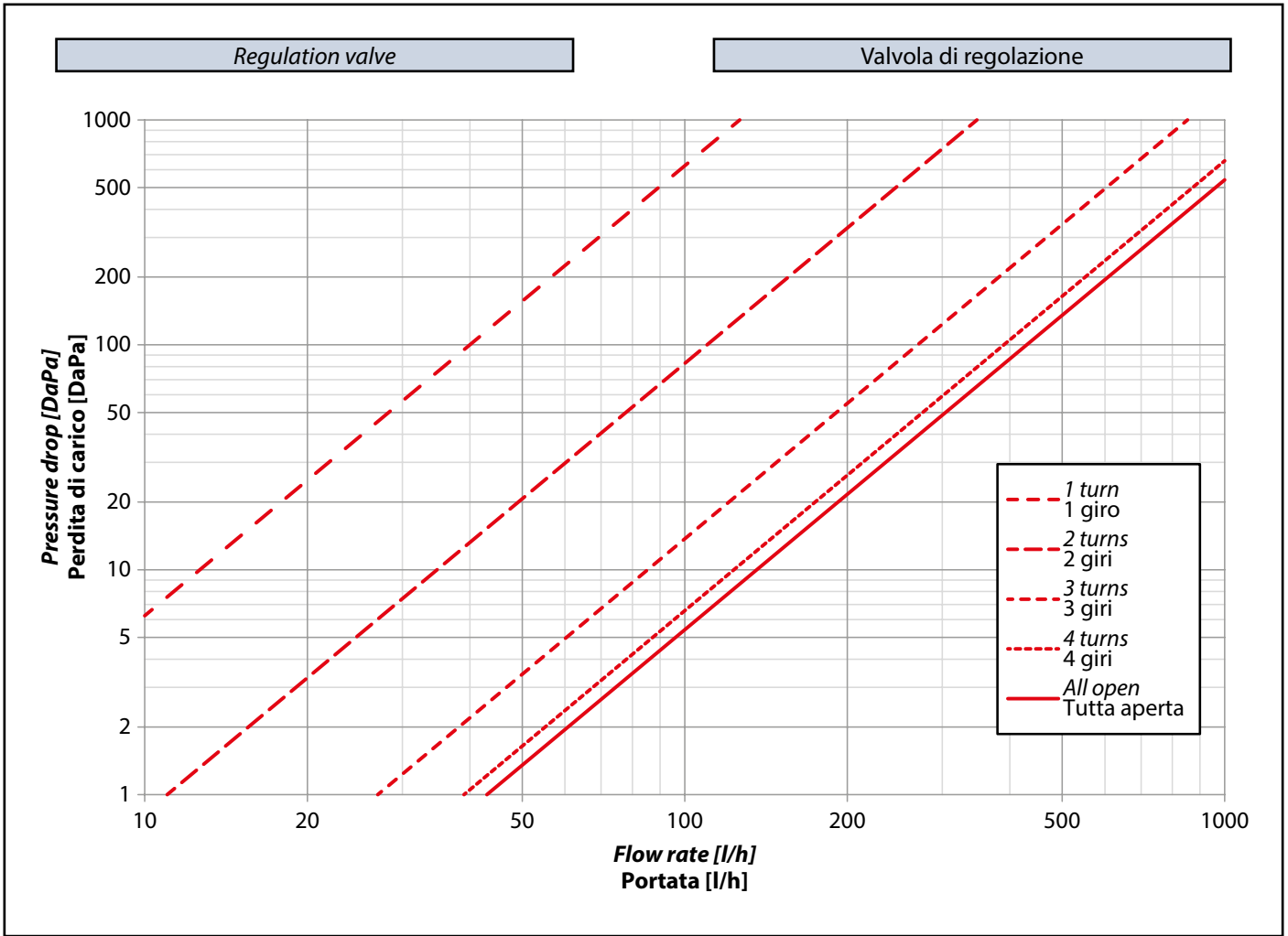
Osservazioni: il numero minimo di pannelli derivabili da un circuito principale va interpretato con elasticità. L'esperienza ha ampiamente dimostrato che, se i valori minimi precedentemente indicati non sono rispettati, l'impianto effettua una sorta di "autobilanciamento".

Se non si collegano in serie almeno 2 pannelli, la portata d'acqua tenderà ad essere molto superiore a quella prevista come necessaria e ciò potrebbe sbilanciare l'impianto stesso.

Il salto termico dell'acqua nei circuiti è sufficientemente ristretto per cui una variazione della portata d'acqua non influenza significativamente l'emissione termica del pannello e conseguentemente il bilanciamento tra i circuiti. Vi è inoltre da osservare che la ridotta inerzia termica del sistema permette di gestire l'impianto di climatizzazione anche con interventi di tipo ON-OFF a livello di singolo ambiente, cosa che sarà sicuramente apprezzata dalla clientela e convenientemente sfruttata: anche questo aspetto consente di non ritenere particolarmente vincolanti i valori minimi sopra esposti da rispettare. Analogamente anche il numero massimo di circuiti potrà eventualmente essere di poco superiore ai limiti sopra fissati, ma dovranno essere attentamente analizzati i valori di portata d'acqua, di perdite di carico, di bilanciamento tra i circuiti.

DATI TECNICI DELLE VALVOLE DEL COLLETTORE MAXI

KV = portata in m³/h per una perdita di carico di 1 bar
KV 0.01 = portata in l/h per una perdita di carico di 1 kPa



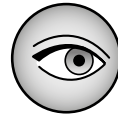
The system calculation shall consider as starting values the heat requirements "Q" (positive or negative thermal energy, depending on the season) necessary for the room.



It will be necessary to calculate the heat loss (or heat load during summer) very carefully, without considering the "active" surface next to the outdoors (or close to other rooms at a different temperature) as dispersing.

Symbols	
Q_H	Energy requirement (heating)
q_H	Warm areal flow (specific power W/m^2)
pc	Panelled area/available area
S	Required surface area
Q_C	Energy requirement (cooling)
q_C	Cool areal flow (specific power W/m^2)

Il calcolo dell'impianto dovrà necessariamente considerare come valori di partenza i fabbisogni di calore "Q" (energia termica positiva o negativa, a seconda della stagione considerata) necessari all'ambiente da climatizzare.



Sarà necessario eseguire il calcolo delle dispersioni termiche (o delle rientrate di calore in estate) con particolare attenzione, avendo cura di non considerare come disperdenti le superfici "attive" confinanti con l'esterno (o con altri ambienti posti a diversa temperatura).

Legenda	
Q_H	Fabbisogno di energia (riscaldamento)
q_H	Flusso areico caldo (potenza specifica W/m^2)
pc	Area pannellata/area disponibile
S	Superficie necessaria
Q_C	Fabbisogno di energia (raffrescamento)
q_C	Flusso areico fresco (potenza specifica W/m^2)

CALCULATION OF THE SYSTEM FOR WINTER HEATING ONLY

a) Selection of the mean water temperature

Depending on the type of generator or (alternative) heat source, select the water temperature, for example:

- Temperatures of approximately 35 °C, if it is possible to use solar energy or heat pumps. This selection favours comfort (large radiant surface).
- Temperatures of approximately 45 °C, if you are using condensing boilers or heat pumps. This selection favours the right compromise between comfort and system cost.
- Temperatures of approximately 50 °C for traditional boilers to meet high thermal output or limit system cost.

Using the efficiency diagrams (ceiling/wall heating efficiencies) you can obtain the areal flow "q" (specific power W/m^2) emitted by the radiant panels.

b) Estimation of the active surface

The active useful surface, or panelled area, is calculated by comparing the heat losses of the various rooms to the areal flow obtained previously in point "a):

Some coverage factors, in our experience, are provided below (pc =panelled area/available area). These values may be useful during this dimensioning phase in order to understand the size of surface area which can actually be covered in panels:

CALCOLO DELL'IMPIANTO PER SOLO RISCALDAMENTO INVERNALE

a) Scelta della temperatura media dell'acqua

In base al tipo di generatore o fonte di calore (alternativa) a disposizione si scelga la temperatura dell'acqua, ad esempio:

- Temperature di circa 35 °C se è possibile sfruttare l'energia solare o utilizzare pompe di calore. Questa scelta privilegia il comfort (molta superficie radiante).
- Temperature di circa 45 °C se si utilizzano caldaie a condensazione, o ancora pompe di calore. Questa scelta privilegia il giusto compromesso tra comfort e costi di impianto.
- Temperature di circa 50 °C per caldaie di tipo tradizionale per far fronte ad elevati valori di potenza termica, oppure per contenere i costi di impianto.

Sfruttando i diagrammi di resa (rese soffitto/parete in caldo) si ricava il flusso areico "q" (potenza specifica W/m^2) fornito dai pannelli radianti.

b) Stima della superficie utile attiva:

La superficie utile attiva ovvero l'area pannellata viene calcolata rapportando le dispersioni dei vari locali per il flusso areico precedentemente ricavato al punto "a):

Vengono forniti di seguito alcuni fattori di copertura (pc =area pannellata/area disponibile) dettati dall'esperienza; questi valori possono risultare utili in questa fase del dimensionamento per avere un'idea di quanta superficie disponibile sia effettivamente pannellabile:

AVAILABLE SURFACE: $pc = 85 \div 90\%$

The surface area required for the system is calculated as follows:

REQUIRED SURFACE AREA: $S = Q / (q * pc) [m^2]$

By listing the surface areas required to satisfy the heat load and the available surface in a table, we can necessary can check if the necessary surface area is actually available.



If one or more rooms do not have the required surface area, you can proceed, in order, as follows:

- 1) consider a higher water temperature and repeat the calculation from point "a";
- 2) check the availability of a larger surface area for panelling by using both the ceiling and the walls;
- 3) compensate the power deficit with other sources such as: underfloor heating, radiators, etc. (solution particularly suited for bathrooms).

c) Graphic evaluation of the active surface

Distribute the panels on the available surfaces, being careful to satisfy the calculated surface areas as far as possible.

d) Checking heat loss

Once the graphic phase is finished, recalculate the active surface and then the real power "Q" emitted room by room.

e) Selection of the distribution in rooms

Define the primary distribution, by considering the rooms separately, as far as possible, and providing appropriate ON-OFF controls on the manifold. This operation is particularly valid since it limits the energy emitted in all the rooms which, for thermal reasons, are oversized or have free energy contributions.

f) Calculation of the flow rate for the dimensioning of the pumps

Calculate the hydraulic parameters: water flow rate for the primary circuits and the total pressure drop (sum of the pressure drop of the elementary circuits and the pressure drop of the primary circuits). This information will be necessary for the dimensioning of the circulators.

AREA PANNELLABILE: $pc = 85 \div 90\%$

Dunque la superficie necessaria all'impianto viene calcolata come:

SUPERFICIE NECESSARIA: $S = Q / (q * pc) [m^2]$

Elencando in una tabella i valori di superficie necessari al soddisfacimento del carico termico e quelli disponibili, si ottiene una prima panoramica dalla quale si è in grado di verificare se tutte le superfici necessarie sono effettivamente disponibili.



Se uno o più locali non dispongono della superficie necessaria, si potrà procedere in sequenza secondo le seguenti modalità:

- 1) considerare una temperatura di fluido termovettore più elevata, e reiterare dal punto "a";
- 2) verificare la disponibilità di una maggiore superficie pannellabile sfruttando contemporaneamente il soffitto e la parete;
- 3) compensare il deficit di potenza con altre fonti quali: pavimenti radianti, termoarredi, ecc. (soluzione particolarmente indicata per le stanze da bagno).

c) Valutazione grafica della superficie utile attiva

Distribuire i pannelli sulle superfici disponibili avendo cura di soddisfare il più possibile le superfici calcolate.

d) Verifica delle potenze in gioco

A fase grafica ultimata si procede al ricalcolo delle superfici attive effettive e quindi alla reale potenza "Q" immessa in ambiente locale per locale.

e) Scelta della distribuzione nei vari locali

Definire la distribuzione principale, osservando la regola di tenere per quanto possibile, gli ambienti distinti e predisponendo opportuni controlli ON-OFF sul collettore di derivazione. Questo accorgimento è particolarmente valido in quanto limita l'energia emessa in tutti i locali che per ragioni termiche risultassero sovradimensionati o con apporti energetici gratuiti.

f) Calcolo delle portate per il dimensionamento delle pompe

Calcolare i parametri idraulici: portate d'acqua dei circuiti principali e perdite di carico totali (somma delle perdite di carico dei circuiti elementari con le perdite di carico dei circuiti principali). Queste informazioni saranno necessarie per il dimensionamento dei circolatori.



CALCULATION OF THE SYSTEM FOR SUMMER COOLING / WINTER HEATING

When dimensioning for both heating and cooling, it is better to size the system starting with the cooling parameters only, as these are more restrictive, except for bathrooms which are not cooled and thus are sized for heating only, as described in the previous chapter. Experience has shown that good dimensioning for cooling provides a system which is also properly sized for heating.

a) Selection of the mean water temperature

Depending on the type of generator or (alternative) heat source, select the water temperature for cooling.

Using the output diagrams (ceiling/wall cooling efficiencies) you can obtain the areal flow " q_c " (specific power W/m^2) supplied by the radiant panels in cooling running.

For rooms which are not cooled, such as bathrooms, pantries, etc., the water temperature is evaluated for heating only:

- Temperature of approximately 35 °C, if it is possible to use solar energy or heat pumps. This selection favours comfort (large radiant surface).
- Temperature of approximately 45 °C, if you are using condensing boilers or heat pumps. This selection ensures the right compromise between comfort and system cost.
- Temperature of approximately 50 °C for traditional boilers to meet high thermal output or limit system cost.

For these rooms, by selecting the most appropriate water temperature and using the output diagrams (ceiling/wall heating efficiencies), you can obtain the areal flow " q " (specific power W/m^2) supplied by the radiant panels in heating running.

b) Estimation of the active surface

The active surface, or panelled area, is calculated by considering the ratio between the heat load of the various rooms and the areal flow q_c obtained previously in point "a".

Some coverage factors, are provided below (pc = panelled area/available area). These values may be useful during this dimensioning phase in order to understand the size of surface area which can actually be covered in panels:

AVAILABLE SURFACE: **pc=85÷90%**

Thus, the surface area required for the system is calculated as follows:

REQUIRED SURFACE AREA: $S = Q_c / (q_c * pc) [m^2]$ (cooling)
 $S = Q_h / (q_h * pc) [m^2]$ (heating)

By listing the necessary surface to satisfy the heat load and heat loss and the available surface in a table, we can necessary check if the necessary surface area is actually available.

CALCOLO DELL'IMPIANTO PER LA CLIMATIZZAZIONE SIA ESTIVA CHE INVERNALE.

Nel caso di dimensionamento sia in caldo che in fresco è preferibile dimensionare l'impianto partendo dai parametri del solo raffrescamento, in quanto più vincolante, ad eccezione dei bagni che solitamente non vengono raffrescati e per i quali si procede al dimensionamento in solo riscaldamento come visto nel capitolo precedente.

L'esperienza insegna che un buon dimensionamento in raffrescamento porta certamente ad avere un impianto sufficientemente dimensionato anche per il riscaldamento.

a) Scelta della temperatura media dell'acqua

La temperatura dell'acqua nel caso di raffrescamento va scelta in base al tipo di generatore o fonte di calore (alternativa) a disposizione.

Sfruttando i diagrammi di resa (rese soffitto/parete in fresco) si ricava il flusso areico " q_c " (potenza specifica W/m^2) in fresco fornito dai pannelli radianti.

Per i locali non soggetti a raffrescamento quali solitamente bagni, dispense, ecc. si valuti la temperatura dell'acqua per il solo riscaldamento:

- Temperature di circa 35 °C se è possibile sfruttare l'energia solare o utilizzare pompe di calore. Questa scelta privilegia il comfort (molta superficie radiante).
- Temperature di circa 45 °C se si utilizzano caldaie a condensazione, o ancora pompe di calore. Questa scelta privilegia il giusto compromesso tra comfort e costi di impianto.
- Temperature di circa 50 °C per caldaie di tipo tradizionale per far fronte ad elevati valori di potenza termica, oppure per contenere i costi di impianto.

Anche per questi locali, scelta la temperatura più appropriata e sfruttando i diagrammi di resa (rese soffitto/parete in caldo), si ricava il flusso areico " q " (potenza specifica W/m^2) in caldo fornito dai pannelli radianti.

b) Stima della superficie utile attiva:

La superficie utile attiva ovvero l'area pannellata viene calcolata rapportando le rientrate dei vari locali per il flusso areico q_c precedentemente ricavato al punto "a".

Vengono forniti di seguito alcuni fattori di copertura (pc =area pannellata/area disponibile) dettati dall'esperienza. Questi valori possono risultare utili in questa fase del dimensionamento per avere un'idea di quanta superficie disponibile sia effettivamente pannellabile:

AREA PANNELLABILE: **pc85÷90%**

Dunque la superficie necessaria all'impianto viene calcolata come:

SUPERFICIE NECESSARIA: $S = Q_c / (q_c * pc) [m^2]$ (Raffrescamento)
 $S = Q_h / (q_h * pc) [m^2]$ (Riscaldamento)

Elencando in una tabella i valori di superficie necessari al soddisfacimento del carico termico invernale ed estivo e quelli disponibili, si ottiene una prima panoramica dalla quale si è in grado di verificare se tutte le superfici necessarie sono effettivamente disponibili.



If one or more rooms do not have the required surface, you can proceed, as follows:

- 1) consider a water temperature which is lower for cooling and higher for heating, and repeat the calculation from point "a)".
- 2) check the availability of a larger surface area for panelling by using both the ceiling and the walls.
- 3) compensate the power deficit with other sources such as: underfloor heating, radiators, fan-coil convectors, etc. (solution particularly suited for bathrooms in the case of heating only).

c) **Graphic evaluation of the active surface**

Distribute the panels on the available surfaces, making sure to satisfy the calculated surface area as far as possible.

d) **Checking heat loss**

Once the graphic phase is finished, recalculate the effective active surfaces and then the real powers " Q_c " and " Q_H " emitted room by room.

e) **Selection of the distribution in rooms**

Define the primary distribution, by considering the rooms separately, as far as possible, and providing appropriate ON-OFF controls on the manifold. This operation is particularly valid since it limits the energy emitted in all the rooms which, for thermal reasons, are oversized or have free energy contributions.

f) **Calculation of the flow rate for the dimensioning of the pumps**

Calculate the hydraulic parameters: water flow rate for the primary circuits and the total pressure drop (sum of the pressure drop of the elementary circuits and the pressure drop of the primary circuits). This information will be necessary for the dimensioning of the circulators.

CONSIDERATIONS

Using a large radiant surface and thereby reducing the areal flow " q ", on the one hand, entails greater cost, but on the other hand offers important advantages:

- 1) Increased form factor between the radiant surface and human body thus improving comfort.
- 2) lower average temperature of the water (winter case), which reduces consumption and the possibility to integrate alternative energy sources (solar energy or other).

On the other hand, increasing the radiant surface area entails:

- 1) higher costs for materials and installation.
- 2) larger occupation of surfaces, which in the case of radiant walls could limit the selection of interior furnishing.

Se uno o più locali non dispongono della superficie necessaria, si potrà procedere in sequenza secondo le seguenti modalità:

- 1) considerare una temperatura di fluido termovettore più bassa nel caso di raffrescamento, più elevata nel caso di riscaldamento e reiterare dal punto "a)".
- 2) verificare la disponibilità di una maggiore superficie pannellabile sfruttando contemporaneamente il soffitto e la parete;
- 3) compensare il deficit di potenza con altre fonti quali: pavimenti radianti, termoarredi, ventilconvettori, ecc. (soluzione particolarmente indicata per le stanze da bagno nel caso del solo riscaldamento).

c) **Valutazione grafica della superficie utile attiva**

Distribuire i pannelli sulle superfici disponibili avendo cura di soddisfare il più possibile le superfici calcolate.

d) **Verifica delle potenze in gioco**

A fase grafica ultimata si procede al ricalcolo delle superfici attive effettive e quindi alle reali potenze " Q_c " e " Q_H " immesse in ambiente, locale per locale.

e) **Scelta della distribuzione nei vari locali**

Definire la distribuzione principale, osservando la regola di tenere, per quanto possibile, gli ambienti distinti e predisponendo opportuni controlli ON-OFF sul collettore di derivazione. Questo accorgimento è particolarmente valido in quanto limita l'energia emessa in tutti i locali che per ragioni termiche risultassero sovradimensionati o con apporti energetici gratuiti.

f) **Calcolo delle portate per il dimensionamento delle pompe**

Calcolare i parametri idraulici: portate d'acqua dei circuiti principali e perdite di carico totali (somma delle perdite di carico dei circuiti elementari con le perdite di carico dei circuiti principali). Queste informazioni saranno necessarie per il dimensionamento dei circolatori.

CONSIDERAZIONI

La scelta di sfruttare ampie superfici radianti riducendo conseguentemente il flusso areico " q " è una scelta che se da un lato comporta un maggior onere economico dall'altro offre vantaggi non indifferenti:

- 1) incremento del fattore di forma tra superficie radiante e corpo umano con conseguente miglioramento del grado di comfort.
- 2) abbassamento delle temperature medie del fluido termovettore (caso invernale), da cui deriva una riduzione dei consumi e la possibilità di integrare in maniera ottimale le fonti energetiche alternative (energia solare o altro).

Per contro l'incremento di superficie radiante comporta:

- 1) maggiori costi di materiali e d'installazione.
- 2) maggiore occupazione di superficie.

An "active" panel, whether it is a wall or ceiling panel, also emits a quantity of heat, even though small, towards the rear part; this heat loss depends on the transmittance "K" of the structure located behind the active panel and must be considered appropriately in order to size the heat generator (boiler, chiller).

Legend	
p%	Heat loss
K	Transmittance of the structure behind the panel
q	Warm areal flow (specific power W/m ²)
R_u	Thermal resistance behind the panel
R_o	Thermal resistance in front of the panel
θ_i	Room temperature
θ_e	Outdoor temperature (or temp. of the near room)

The heat loss "p%" expressed in % of the areal flow "q" emitted into the room is calculated as follows:

$$\text{Heat loss: } p\% = \left(\frac{R_o}{R_u} + \frac{|\theta_i - \theta_e|}{q \cdot R_u} \right) \cdot 100 \quad [\%]$$

where:

$$R_u = 1 + \frac{1}{K} \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right] \quad \text{Thermal resistance behind the panel}$$

$$R_o = 0,153 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right] \quad \text{Thermal resistance in front of the panel}$$

$$\theta_i \quad [^\circ\text{C}] \quad \text{Room temperature}$$

$$\theta_e \quad [^\circ\text{C}] \quad \text{Outdoor temperature (or temp. of the near room)}$$

The following graphs provide the passive heat loss, expressed as % of the areal flow "q" emitted into the room, for systems with plasterboard covering. Three levels of areal power (q=50, q=100, q=150 W/m²) and four values of temperature difference between the two rooms are considered.

Example (see next page):

Consider a wall with K=0.5 [W/(m²·K)], Δθ=25°C, radiant panels covered with plasterboard and areal flow entering the room of q=100 W/m²; in this case the heat loss behind the panel is 13.5% of the power entering the room, i.e., 13.5 W/m². This simple calculation allows you to evaluate how much power the heat generator has to supply per square meter in order to satisfy both the room's requirement "Q" and the passive emission behind the panel:

$$\text{GENERATOR POWER} = 100 + 13.5 = 113.5 \text{ W/m}^2$$

Un pannello "attivo" emette una quantità di calore, seppur ridotta, anche verso la parte retrostante; questa perdita di calore è in funzione della trasmittanza "K" della struttura posta dietro il pannello attivo e deve essere opportunamente considerata al fine di dimensionare correttamente il generatore di calore (caldaia, refrigeratore).

Legenda	
p%	Perdita di calore
K	Trasmittanza della struttura dietro al pannello
q	Flusso areico caldo (potenza specifica W/m ²)
R_u	Resistenza termica dietro il pannello
R_o	Resistenza termica davanti al pannello
θ_i	Temperatura ambiente
θ_e	Temperatura esterna (o del locale confinante)

La perdita di calore "p%" espressa in % rispetto al flusso areico "q" emesso in ambiente viene calcolata come:

$$\text{Perdita di calore: } p\% = \left(\frac{R_o}{R_u} + \frac{|\theta_i - \theta_e|}{q \cdot R_u} \right) \cdot 100 \quad [\%]$$

dove:

$$R_u = 1 + \frac{1}{K} \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right] \quad \text{Resistenza termica dietro il pannello}$$

$$R_o = 0,153 \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right] \quad \text{Resistenza termica davanti al pannello}$$

$$\theta_i \quad [^\circ\text{C}] \quad \text{Temperatura ambiente}$$

$$\theta_e \quad [^\circ\text{C}] \quad \text{Temperatura esterna (o del locale confinante)}$$

Nei grafici seguenti vengono riportate le perdite passive di calore, espresse come % del flusso areico "q" emesso in ambiente.

Vengono considerati tre livelli di potenza areica (q=50, q=100, q=150 W/m²), e quattro diversi valori di differenza di temperatura tra i due ambienti.

Esempio (vedi pag. successiva):

Si consideri una parete avente K=0.5 [W/(m²·K)], Δθ=25°C, con flusso areico entrante in ambiente di q=100 W/m²; in tale ipotesi le perdite di calore dietro il pannello valgono il 13.5% della potenza entrante in ambiente, vale a dire 13.5 W/m².

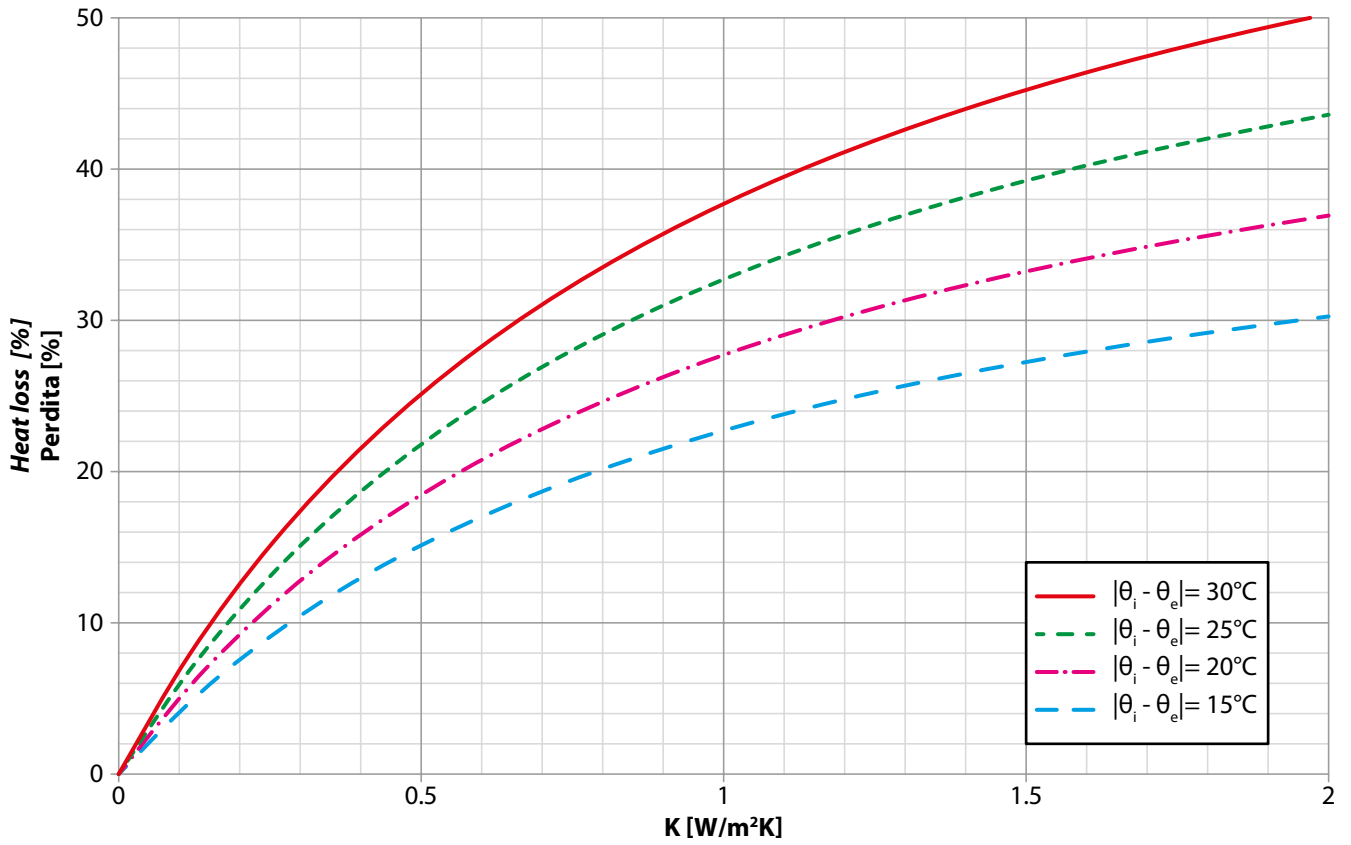
Questo semplice calcolo consente di valutare quanta potenza per unità di superficie dovrà erogare il generatore di calore sia per soddisfare il fabbisogno dell'ambiente "Q" che per le emissioni passive dietro il pannello:

$$\text{POTENZA DEL GENERATORE} = 100 + 13.5 = 113.5 \text{ W/m}^2$$



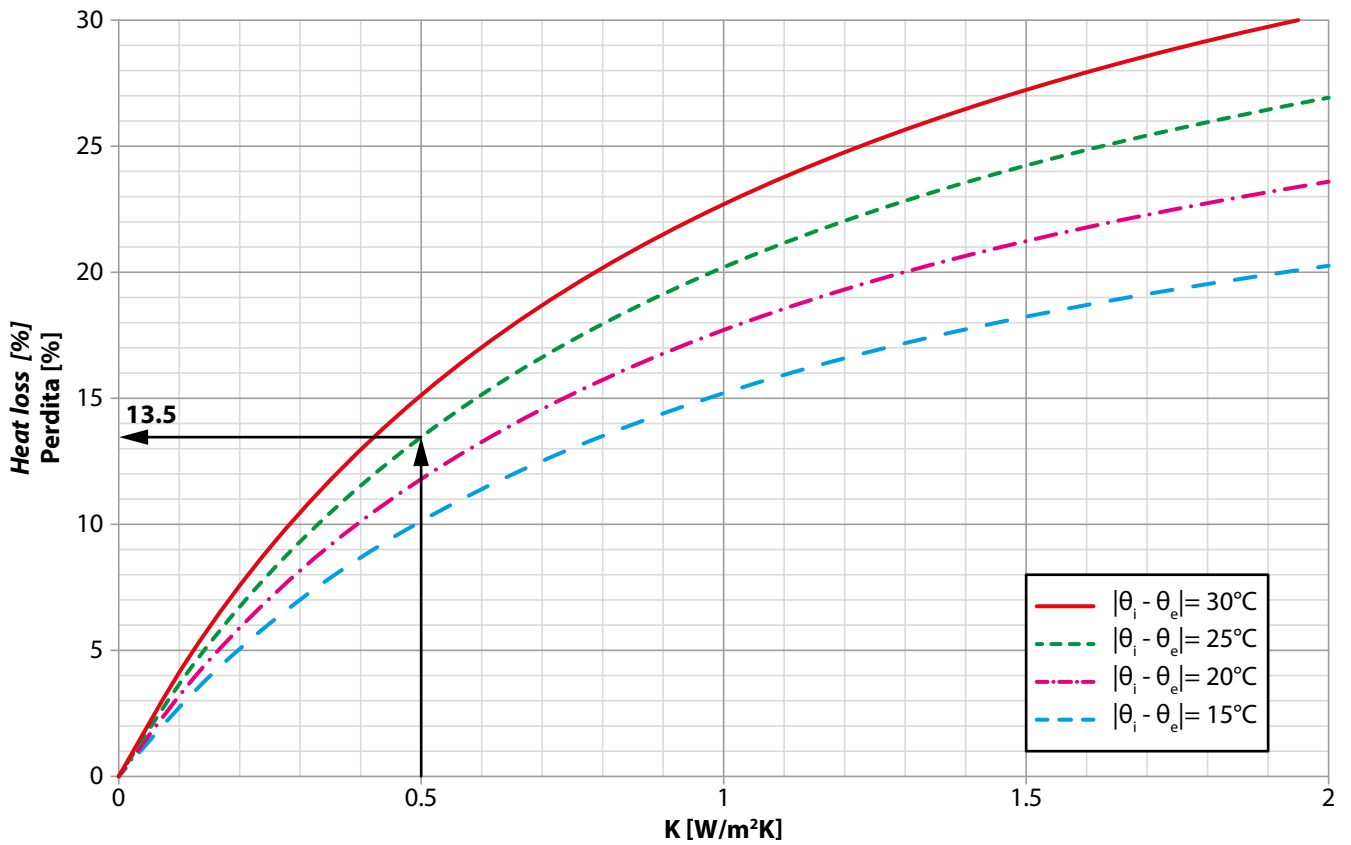
**PASSIVE HEAT FLOW BEHIND THE PANEL WITH
Q=50 W/M²**

**FLUSSO TERMICO PASSIVO DIETRO IL PANNELLO CON
Q=50 W/M²**



**PASSIVE HEAT FLOW BEHIND THE PANEL WITH
Q=100 W/M²**

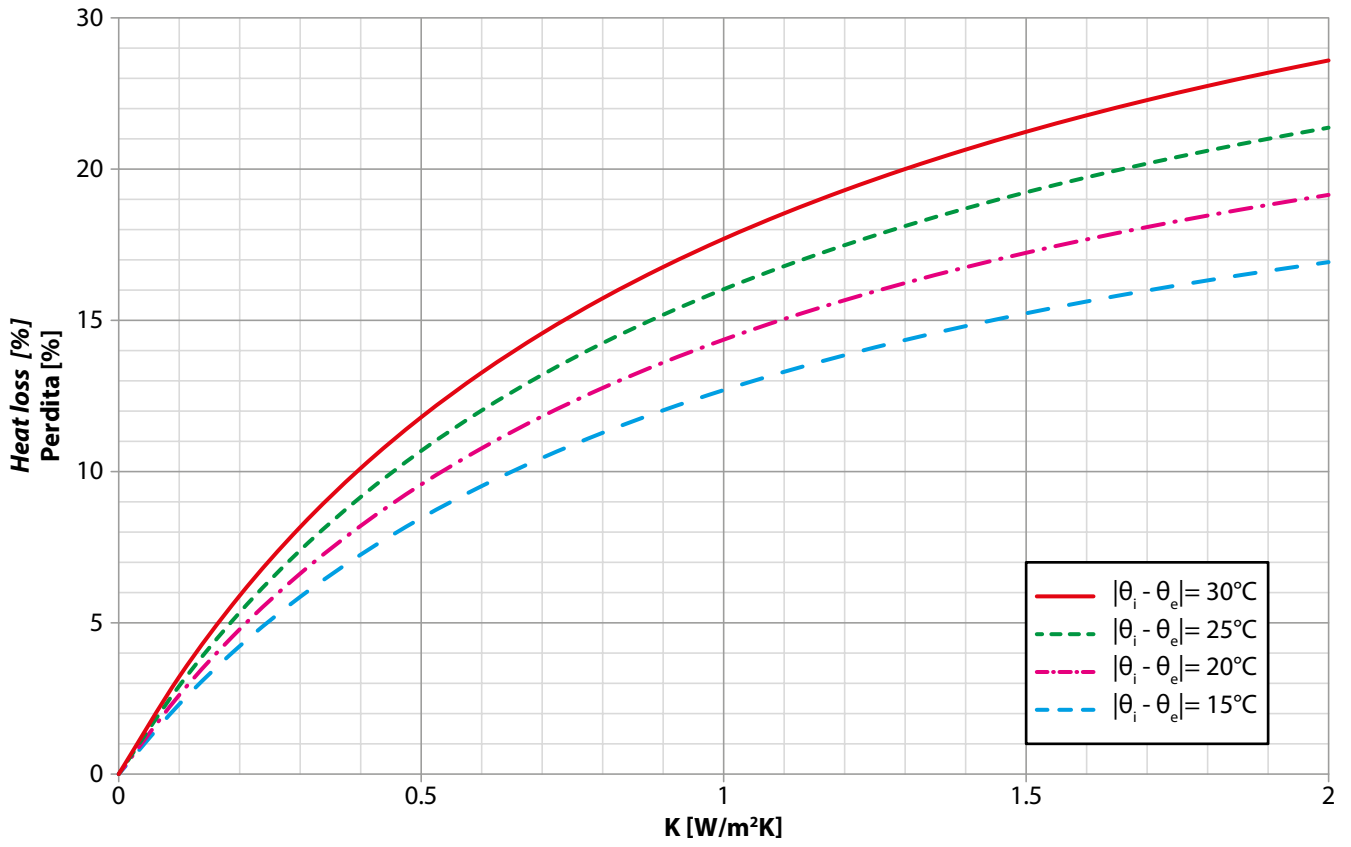
**FLUSSO TERMICO PASSIVO DIETRO IL PANNELLO CON
Q=100 W/M²**





PASSIVE HEAT FLOW BEHIND THE PANEL WITH
 $Q=150 \text{ W/M}^2$

FLUSSO TERMICO PASSIVO DIETRO IL PANNELLO CON
 $Q=150 \text{ W/M}^2$



EXAMPLE OF HEATING CALCULATION ESEMPIO DI CALCOLO IN RISCALDAMENTO

This example refers to some offices with metal ceiling heating. In the Quadrotti HP system the active area generally covers 85% of the total surface.

Si consideri una serie di uffici da riscaldare con il sistema quadrotti a soffitto. Con il sistema quadrotti in generale si arriva ad una copertura media $pc=85\%$.

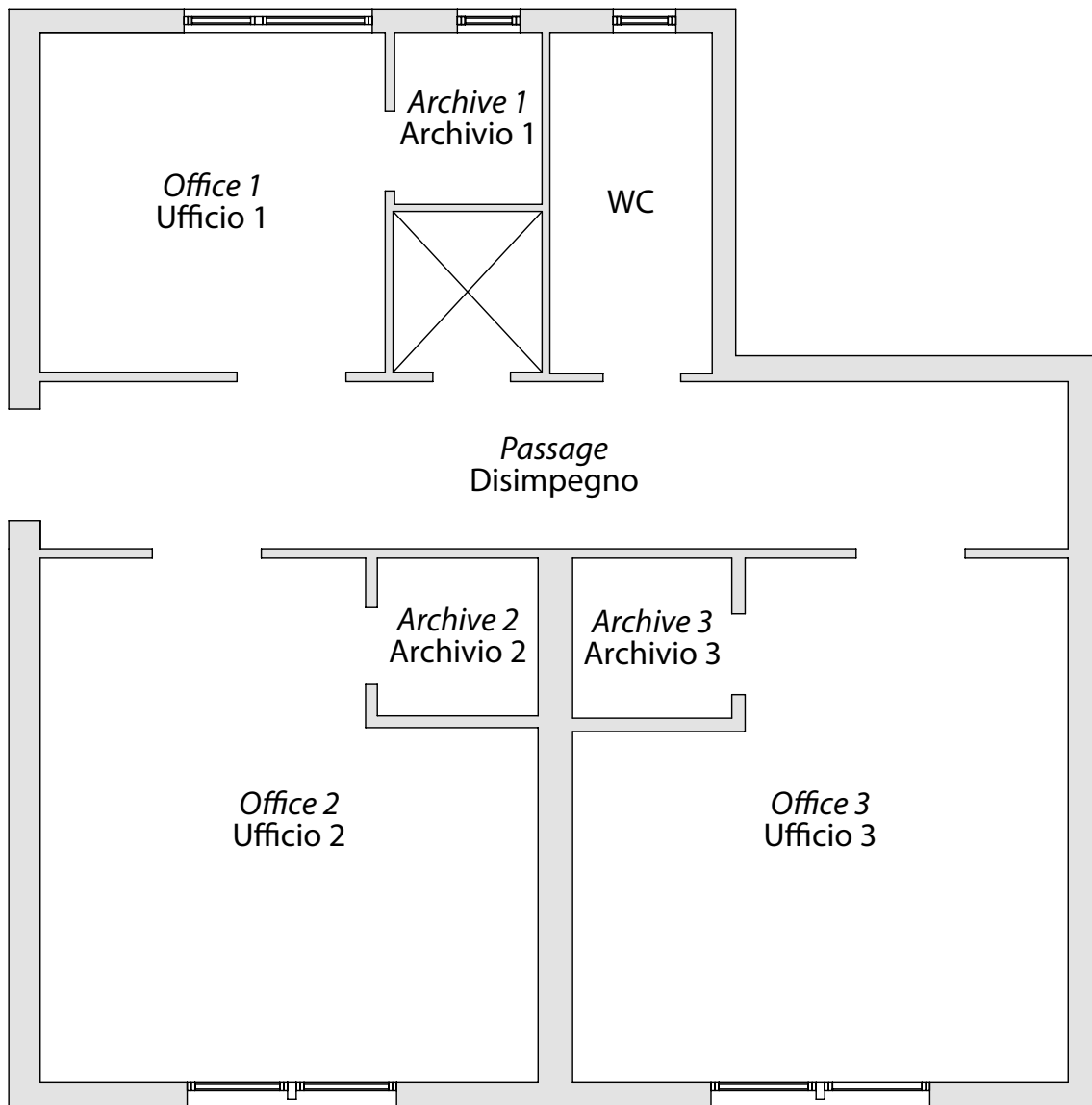
Table of heat losses for each room

ROOM	WINTER [W]
Office 1	966
Archive 1	172
WC	697
Passage	919
Office 2	2493
Archive 2	70
Office 3	2479
Archive 3	70

Tabella delle dispersioni di ogni locale

LOCALE	POTENZA INVERNALE [W]
Ufficio 1	966
Archivio 1	172
WC	697
Disimpegno	919
Ufficio 2	2493
Archivio 2	70
Ufficio 3	2479
Archivio 3	70

Plan view of the flat considered in the calculation example
Vista in pianta dell'appartamento considerato nell'esempio di calcolo



After selecting the average temperature of the water, for example $T=30.5^{\circ}\text{C}$, on the "Quadrotto heating output" diagram, corresponding to the thermal drop between the room and the water (in this case: $30.5 - 20 = 10.5 [^{\circ}\text{C}]$), we find the areal flow $q=80 [W/m^2]$.

For the evaluation of the coverage coefficient, we consider 85% ($pc=85\%$) of the available surface area since, as stated above, there is a service space between the ceiling and panel.

Scelta la temperatura media del fluido termovettore, ad esempio $T=30.5^{\circ}\text{C}$, andando sul diagramma "Rese quadrotti in riscaldamento", in corrispondenza del salto termico tra ambiente e fluido termovettore (in questo caso: $30.5 - 20 = 10.5 [^{\circ}\text{C}]$), si trova un valore di flusso areico $q=80 [W/m^2]$.

Per la valutazione del coefficiente di copertura si considera di raggiungere l'85% ($pc=85\%$) della superficie disponibile perché come detto si dispone di un vano tecnico tra soffitto e pannello.

Table of the calculation of active area considering an areal flow $q=80 [W/m^2]$

Tabella di calcolo della superficie pannellata considerando un flusso areico $q=80 [W/m^2]$

ROOM	LOCALE	Available surface area Superficie disponibile [m ²]	Estimate surf. area that can be panelled Stima superficie pannellabile ($pc=85\%$) [m ²]	Calculated required surface area Superficie necessaria calcolata [m ²]
Office 1	Ufficio 1	18,9	16,1	12,1
Archive 1	Archivio 1	4,1	3,5	2,2
WC	WC	9	7,7	8,7
Passage	Disimpegno	27,5	27,0	11,5
Office 2	Ufficio 2	37,7	32,0	31,2
Archive 2	Archivio 2	4,1	3,5	0,9
Office 3	Ufficio 3	37,4	31,8	31,0
Archive 3	Archivio 3	4,1	3,5	0,9

The choice of the average temperature of the water (30.5°C) and the coverage factor ($pc=85\%$) leads to the calculation of panelled surface areas within the available surface areas, except for the bathroom (value shown in bold print).

This means that for this room it is necessary to select one of the two hypotheses described in point "b)" of the paragraph "Calculation of the system for winter heating only".

Now we can go on with the preparation of the graphic "Positioning of the radiant panels" so as to arrive as close as possible to the calculated required surface area.

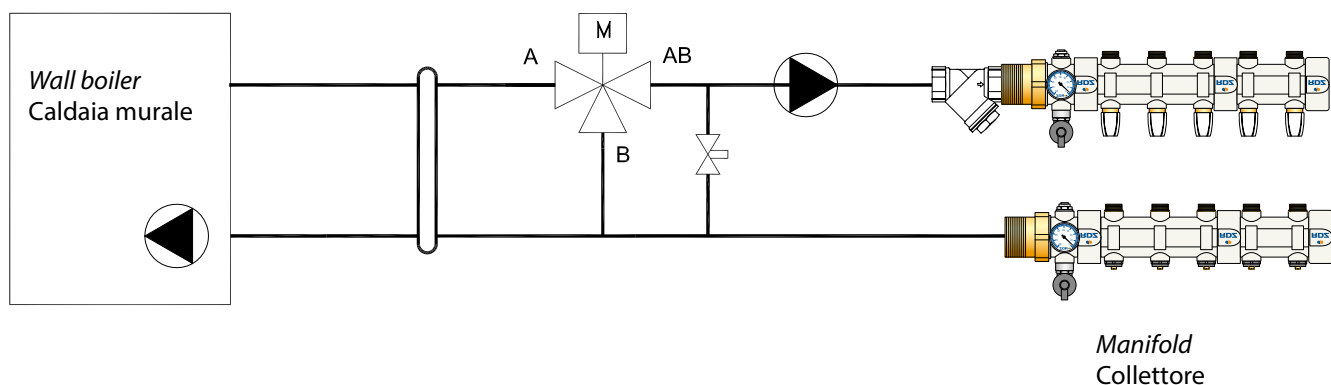
La scelta della temperatura media del fluido vettore (30.5°C) e del fattore di copertura ($pc=85\%$) hanno portato a calcolare delle superfici pannellate che rientrano, ad eccezione del bagno (valore riportato in grassetto), nelle superfici disponibili.

Ciò implica che per questo locale si debba scegliere una delle due ipotesi riportate al punto "b)" del paragrafo: "calcolo dell'impianto per solo riscaldamento invernale".

Si passa ora all'elaborazione grafica disponendo i pannelli radianti in modo tale da avvicinarsi alle superfici necessarie calcolate.

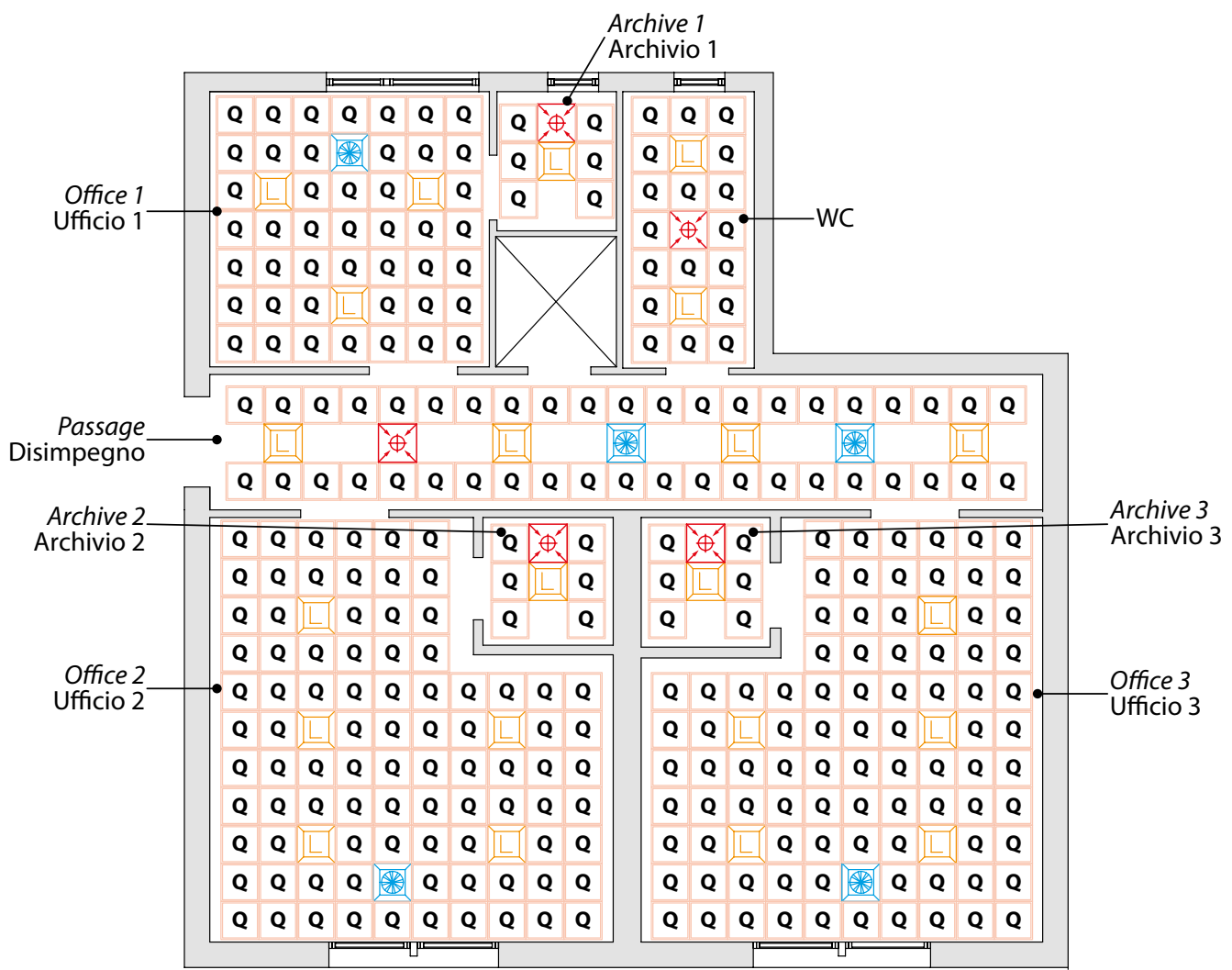
Approximate hydraulic diagram of b!klimax heating system

Schema idraulico indicativo di principio dell'impianto di riscaldamento con sistema b!klimax



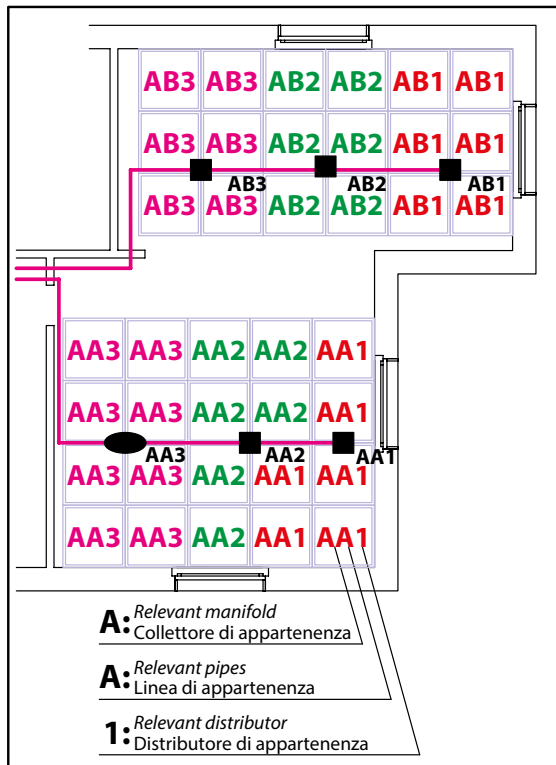
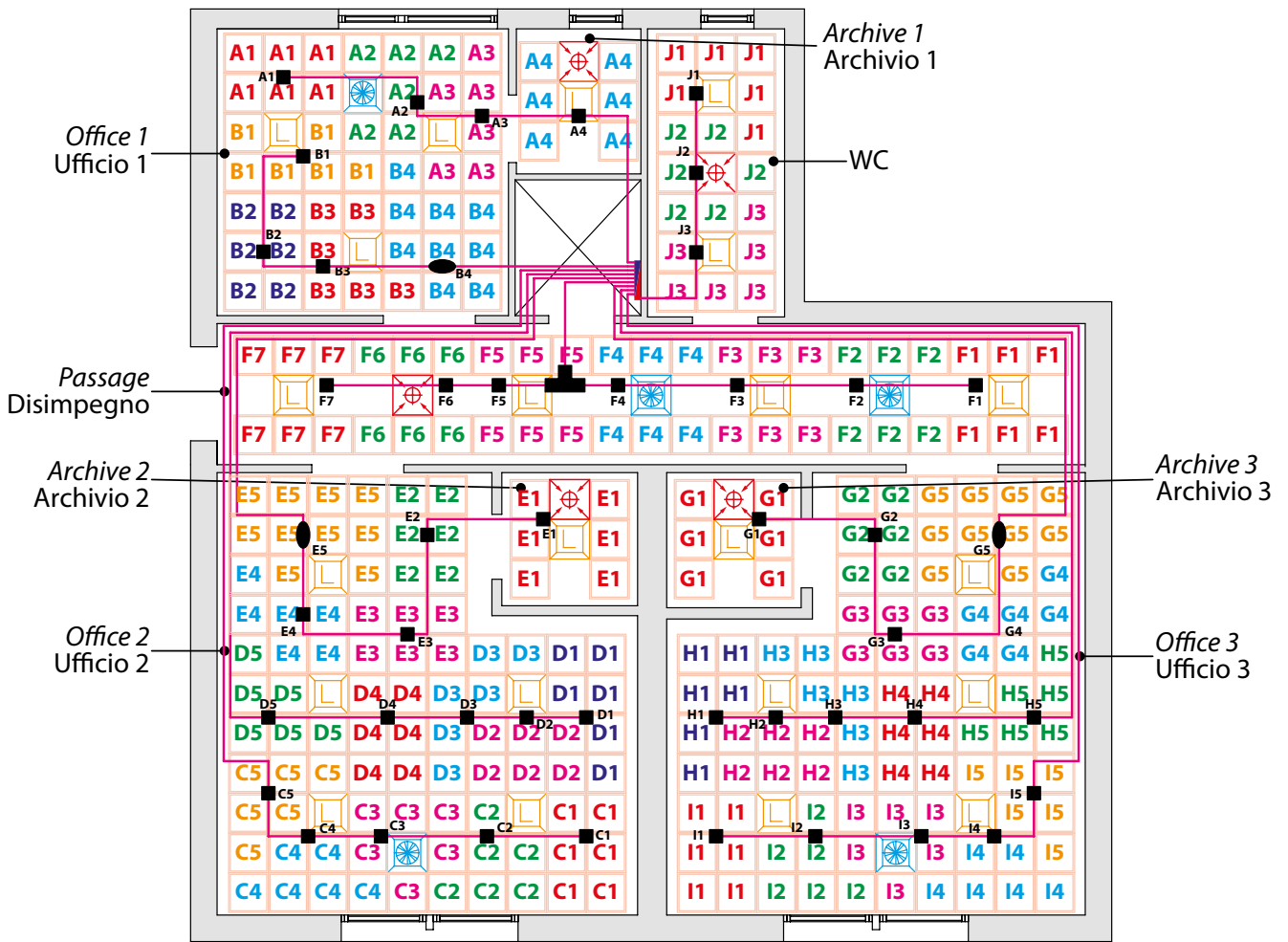


Positioning of the radiant panels
 Disposizione dei pannelli radianti













Complete distribution diagram showing the distributor corresponding to each panel.
 Schema completo di distribuzione con l'assegnazione di corrispondenza tra pannello e distributore di appartenenza



**Symbols
Legenda**

-  module 600x600 mm
1/3 elementary circuit
modulo 600x600 mm
1/3 circuito elementare
-  air handling module - intake
modulo trattamento aria - ripresa
-  air handling module - delivery
modulo trattamento aria - mandata
-  lighting module
modulo illuminazione
-  2-way distributor
distributore a 2 vie
-  4-way distributor
distributore a 4 vie
-  pipe line
linea di adduzione
-  MAXI manifold
collettore MAXI

After counting the panels and calculating the real radiant area for each room, we are now able to obtain the areal flow to be compared with the previous estimated value. The results are provided in the table below:

Eseguito il conteggio dei pannelli e calcolata l'area effettiva radiante per ogni stanza, si è in grado di ricavare il flusso areico da comparare con quello precedentemente stimato. Di seguito in tabella si riportano i risultati:

Areal power calculated with the real positioning of the panels Potenza areica calcolata con la reale disposizione dei pannelli						
ROOM	LOCALE	Panel Pannello 600x600	Active surface area Superficie pannellata [m²]	Thermal output Potenza emessa [W]	Heat loss Potenza richiesta [W]	Diff. Diff. [W]
Office 1	Ufficio 1	45	16,2	1296	966	330
Archive 1	Archivio 1	6	2,5	173	172	1
WC	WC	18	6,5	518	697	-179
Passage	Disimpegno	42	14,4	1210	919	291
Office 2	Ufficio 2	88	31,7	2534	2493	41
Archive 2	Archivio 2	6	2,5	173	70	103
Office 3	Ufficio 3	88	31,7	2534	2479	55
Archive 3	Archivio 3	6	2,5	173	70	103

Considering the results we have obtained, it can be noted that the heating output offered by the radiant panels is higher than the heat loss in each room except for the WC. This means that the system meets the thermal requirements in each room, while in the WC it is necessary to install an additional equipment for the missing output (radiant wall, heated towel rails, etc.). It was also possible to increase the temperature of the water and consequently the areal flow emitted, but in this case it would have been necessary to decrease the active surface areas of all the remaining rooms, thus reducing the homogeneity of the heat distribution.

Dai risultati ottenuti si vede che la potenza resa dai pannelli per ogni singolo locale è superiore a quella richiesta tranne per il locale WC; questo conferma che la potenza installata è in grado di sopperire alle richieste in quasi tutte le stanze, mentre per il locale WC si dovrà prevedere l'installazione di un dispositivo atto a sopperire la potenza mancante (termoarredo, parete radiante, etc.). Sarebbe stato possibile anche incrementare la temperatura del fluido termovettore e conseguentemente il flusso areico emesso: in questa situazione però si sarebbe dovuta diminuire la superficie attiva di tutti i rimanenti locali riducendo così l'omogeneità di distribuzione del calore.

As it can be seen in the following graph, corresponding to heat output of 80 W (generated by a water-room temperature drop of 10.5°C) we obtain a thermal drop between radiant surface and room of about 12.3 °C. This means that the radiant ceiling temperature is:

Come si può notare dal grafico seguente, in corrispondenza di una potenza di 80 W (generata da un salto termico acqua-ambiente di 10.5°C) si ha un salto termico tra superficie radiante ed ambiente di circa 12.3 °C; questo significa che la temperatura del soffitto radiante vale:

$$\text{RAD. CEILING TEMPERATURE: } T_{\text{sur}} = T_{\text{room}} + 12.3 = 20 + 12.3 = 32.3^{\circ}\text{C}$$

$$\text{TEMPERATURA SOFFITTO RAD.: } T_{\text{sup}} = T_{\text{amb}} + 12.3 = 20 + 12.3 = 32.3^{\circ}\text{C}$$

Now we can calculate the temperature drop of the water in the individual elementary circuit:

Si calcoli ora il salto termico del fluido termovettore all'interno del singolo circuito elementare:

$$\text{THERMAL DROP OF THE WATER: } \Delta T = (80 * 0.860) / 28 = 2.5^{\circ}\text{C}^*$$

$$\text{SALTO TERMICO DEL FLUIDO : } \Delta T = (80 * 0.860) / 28 = 2.5^{\circ}\text{C}^*$$

Note: 0.860 is the conversion factor from W/m² → kCal/(h*m²) and 28 l/m² is the flow rate of the panel in relation to the unit area

Dove: 0.860 è il fattore di conversione da W/m² → kCal/(h*m²) e 28 l/m² è la portata del pannello riferita all'unità di superficie

This value is necessary to evaluate the flow temperature, knowing the mean temperature used previously in the calculations (30.5°C):

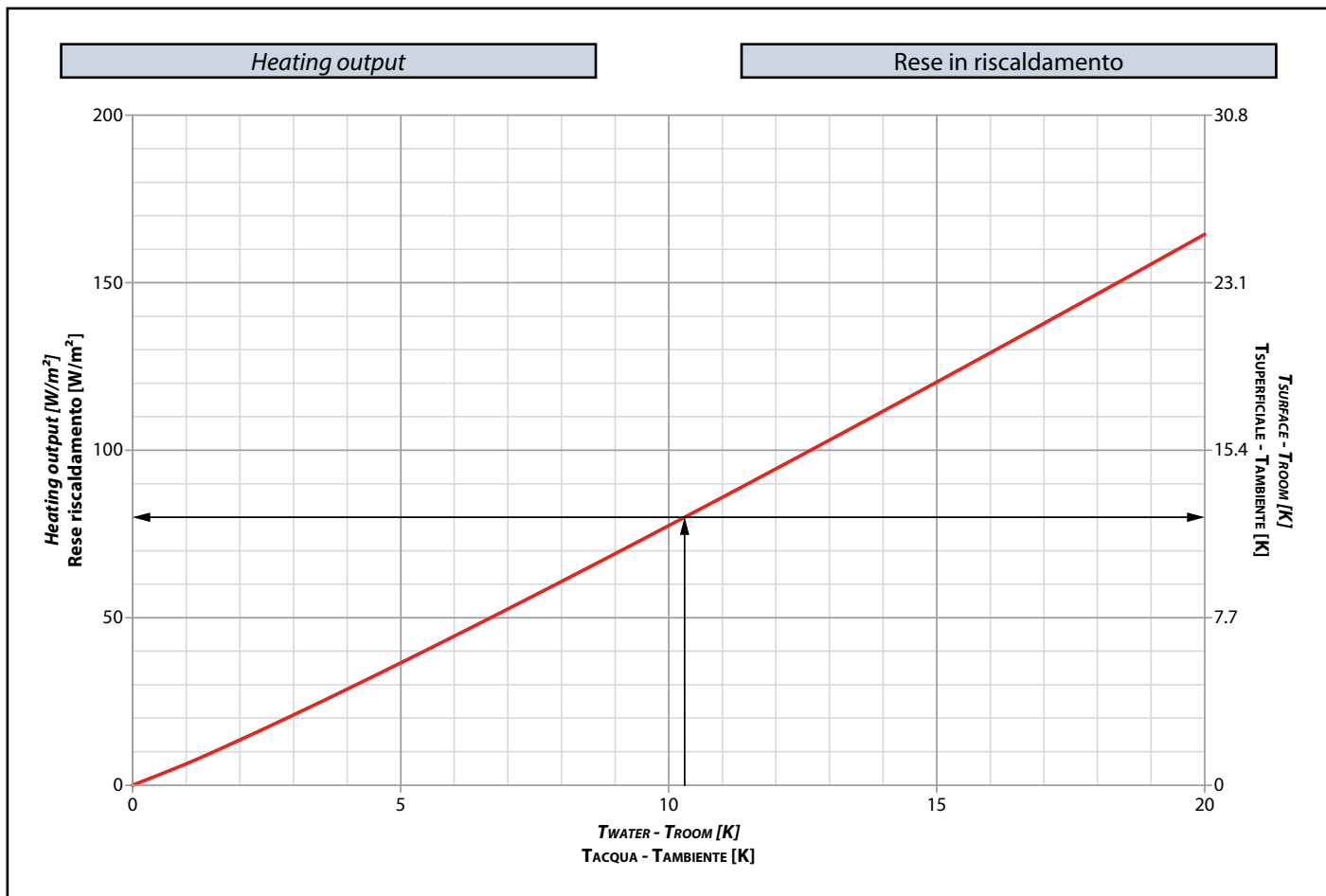
Questo valore serve per valutare la temperatura di mandata, nota quella media utilizzata precedentemente nei calcoli (30.5°C):

$$\text{FLOW TEMPERATURE: } T_{\text{in}} = T_{\text{aver}} + \Delta T / 2 = 30.5 + 2.5 / 2 = 31.8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{TEMPERATURA DI MANDATA : } T_{\text{m}} = T_{\text{med}} + \Delta T / 2 = 30.5 + 2.5 / 2 = 31.8^{\circ}\text{C}$$

* This value does not take into consideration the heat loss behind the panel which can be approximated as 10% (see Chapter 4)

* valore che non tiene conto delle dispersioni dietro il pannello valutabili in prima approssimazione in un 10% (vedere cap. 4)



BILL OF MATERIAL

The material used for the system in the example is listed below.

MATERIALE IMPIEGATO

Si elenca di seguito il materiale impiegato per eseguire l'impianto come da esempio:

Material used Materiale impiegato				
U.M.	Q.ty Q.tà	Code Codice	Description	Descrizione
N°	299	6145620	Copper 8 metal radiant panel 600x600	Pannello radiante metallico 600x600 Copper 8
N°	70	6145621	Blank Metal Panel 600x600	Pannello metallico passivo 600x600
N°	44	6210080	Pair of Pre-insulated 2-way Distributors	Coppia distributori 2 Vie Preisolato
N°	3	6210081	Pair of Pre-insulated 4-way Distributors	Coppia distributori 4 Vie Preisolato
N°	11	6510050	Closing Plugs for Outlets Ø 20 mm	Tappi di chiusura da 20 mm
m	160	6202020	Pre-insulated RED Pipe Ø 20 mm on bars	Tubo preisolato da Ø 20 mm ROSSO in barra
m	160	6203020	Pre-insulated BLU Pipe Ø 20 mm on bars	Tubo preisolato da Ø 20 mm BLU in barra
m	300	6210018	PE-RT pipe Ø 8 mm	Tubo PE-RT da 8 mm
m	300	6320008	Insulation for PE-RT pipe Ø 8 mm	Guaina per tubo PE-RT da 8 mm
N°	2	6510055	TEE Push-fit Fitting 20-20-20 mm	Raccordo rapido a TEE 20-20-20 mm
N°	104	6510075	Elbow Push-fit Fitting 20-20 mm	Raccordo rapido curvo da 20-20 mm
N°	4	6603000	Lubricant for Push-fit Pipe Fittings	Lubrificante per raccordi rapidi
N°	1	6302010	MAXI manifold 10+10	Collettore MAXI 10+10
N°	1	6431100	Cabinet 100x700x140 (up to 12 outlets)	Armadietto 1000x700x140 (fino a 12 uscite)
N°	1	6440032	Air traps 1"1/4	Separatore microbolle 1"1/4

EXAMPLE OF COOLING/HEATING CALCULATION ESEMPIO DI CALCOLO IN RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

This example refers to some offices with metal ceiling heating and cooling. In the Copper 8 system the active area generally covers 85% of the total surface.

Usually the bathrooms are not cooled, and thus they are sized by following the procedure used in the previous example for heating only.

The table below lists the heating and cooling output calculated for each room:

Si consideri una serie di uffici da riscaldare con il sistema Copper 8 a soffitto. Con il sistema Copper 8 in generale si arriva ad una copertura media $pc=85\%$.

Solitamente i locali adibiti a bagno non vengono raffrescati pertanto per il loro dimensionamento si seguirà la procedura utilizzata nell'esempio precedente in solo riscaldamento.

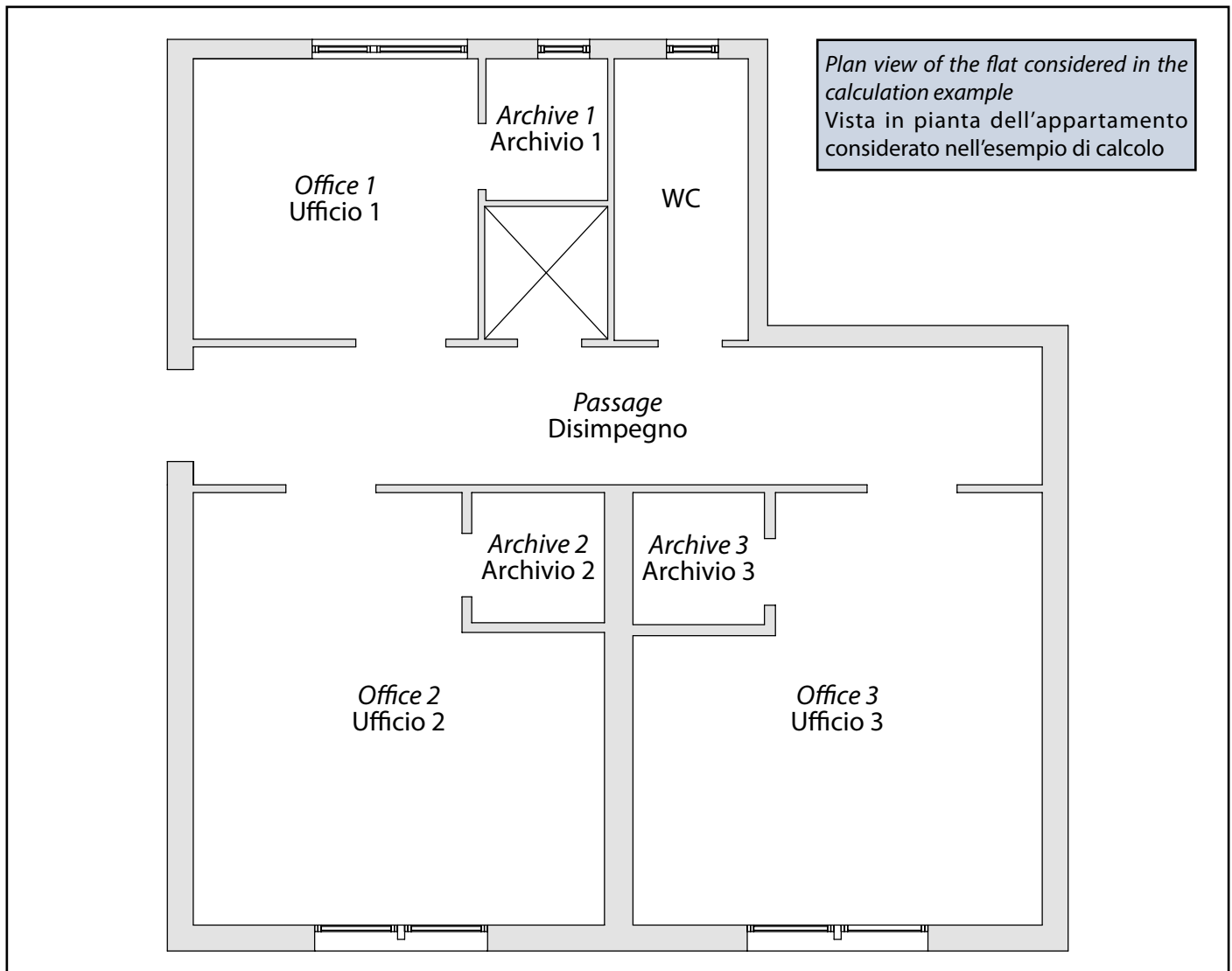
Di seguito si riportano le potenze estive ed invernali calcolate per i locali interessati:

Table of heat loss for each room in the case of a ceiling which is non-dispersing for 85% of the surface.

Room	Summer [W]	Winter [W]
Office 1	758	966
Archive 1	156	172
WC	-	697
Passage	517	919
Office 2	1497	2493
Archive 2	45	70
Office 3	1577	2479
Archive 3	52	70

Tabella delle dispersioni di ogni locale nelle ipotesi di soffitto non disperdente per l'85% della superficie.

Locale	Potenza estiva [W]	Potenza invernale [W]
Ufficio 1	758	966
Archivio 1	105	172
WC	-	697
Disimpegno	517	919
Ufficio 2	1497	2493
Archivio 2	45	70
Ufficio 3	1577	2479
Archivio 3	52	70



The project room temperature is 26°C; after selecting the mean temperature of the water, for example $T=21^{\circ}\text{C}$, on the "Cooling output" diagram, corresponding to the thermal drop between the room and the water (in this case: $26-21=5^{\circ}\text{C}$), we find the areal flow $q=50\text{ [W/m}^2\text{]}$.

For the evaluation of the coverage coefficient, 85% ($pc=85\%$) of the available surface will be considered, as stated above, since there is a service space between the ceiling and panel. For WC, since they are not cooled, proceed with the determination of the mean temperature of the water in heating running: in this case using a mean temperature of 30.5°C we obtain (from the "Ceiling heating output" diagram) a thermal drop between the water and the room of $30.5-20=10.5^{\circ}\text{C}$, to which corresponds an areal flow of $q=80\text{ [W/m}^2\text{]}$.

La temperatura ambiente di progetto è pari a 26°C ; scelta la temperatura media del fluido termovettore, ad esempio $T=21^{\circ}\text{C}$, andando sul diagramma "rese in raffreddamento", in corrispondenza del salto termico tra ambiente e fluido termovettore (in questo caso: $26-21=5\text{ [}^{\circ}\text{C]}$), si trova un valore di flusso areico $q=50\text{ [W/m}^2\text{]}$. Per la valutazione del coefficiente di copertura si considera di raggiungere l'85% ($pc=85\%$) della superficie disponibile perchè come detto si dispone di un vano tecnico tra soffitto e pannello. Per il locale WC, non essendo raffrescati, si procede con la determinazione della temperatura media del fluido termovettore in riscaldamento: in questo caso, adottando una temperatura media di 30.5°C , si ottiene (dal diagramma "rese soffitto in riscaldamento") un salto termico tra acqua ed ambiente di: $30.5-20=10.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in corrispondenza del quale si ottiene un flusso areico di $q=80\text{ [W/m}^2\text{]}$.

Table of the calculation of active surface considering an areal flow $q=50\text{ [W/m}^2\text{]}$ in case of cooling; for WC only, the surface values* refer to an areal flow $q=80\text{ [W/m}^2\text{]}$ in heating running.

Tabella di calcolo della superficie pannellata considerando un flusso areico $q=50\text{ [W/m}^2\text{]}$ nel caso di raffreddamento; per il solo locale WC il valore di superficie* si riferisce ad un flusso areico $q=80\text{ [W/m}^2\text{]}$ in riscaldamento.

ROOM	LOCALE	Available surface area Superficie disponibile [m ²]	Estimate surface area that can be panelled Stima superficie pannellabile ($pc=85\%$) [m ²]	Calculated required surface area Superficie necessaria calcolata [m ²]
Office 1	Ufficio 1	18,9	16,1	15,2
Archive 1	Archivio 1	4,1	3,5	2,1
WC	WC	9	7,7	8,7
Passage	Disimpegno	27,5	27,0	10,3
Office 2	Ufficio 2	37,7	32,0	29,9
Archive 2	Archivio 2	4,1	3,5	0,9
Office 3	Ufficio 3	37,4	31,8	31,5
Archive 3	Archivio 3	4,1	3,5	1,0

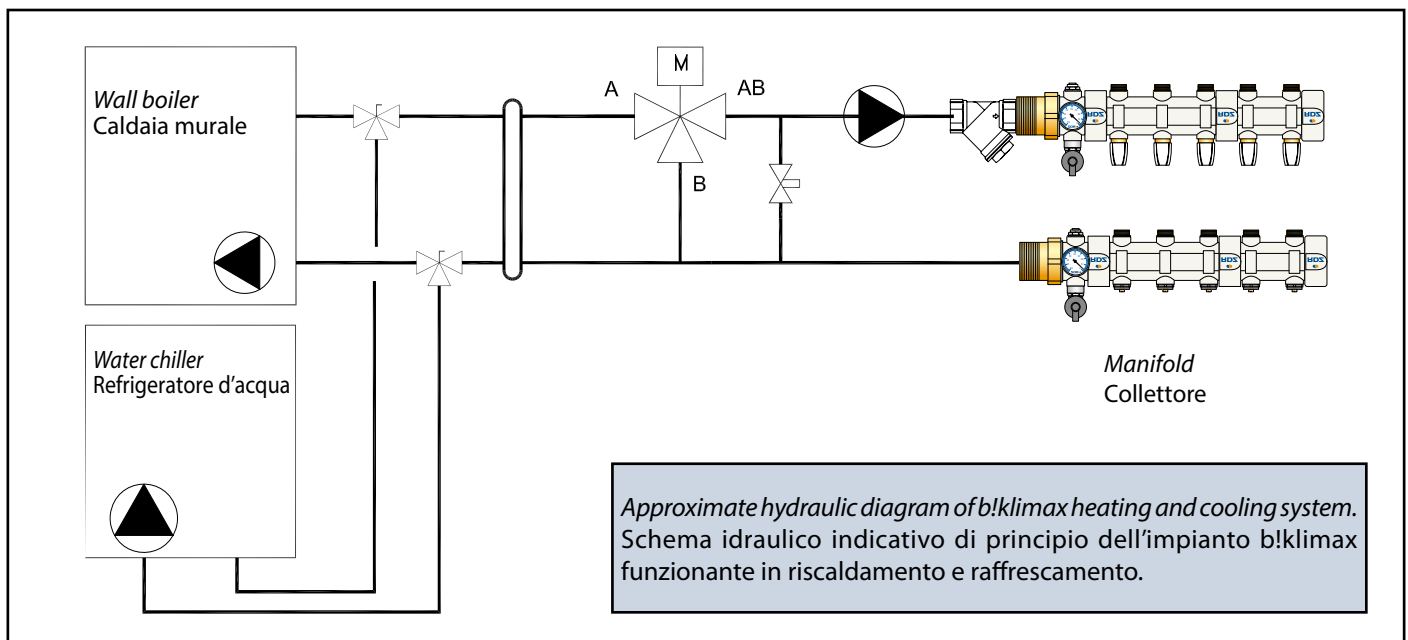
The choice of the mean temperature of the water (21°C) and the coverage factor ($pc=85\%$) leads to the calculation of active surface which are close to the available area. For WC however, the usable surface of the ceiling is insufficient; this means that for these two rooms it is necessary to select one of the three hypotheses described in point "b)" of the paragraph "Calculation of the system for winter heating only".

Now we can go on with the preparation of the graphic "Positioning of the radiant panels" so as to work out as close as possible the calculated required surface areas.

La scelta della temperatura media del fluido vettore (21°C) e del fattore di copertura ($pc=85\%$) hanno portato a calcolare delle superfici attive che si avvicinano a quelle disponibili.

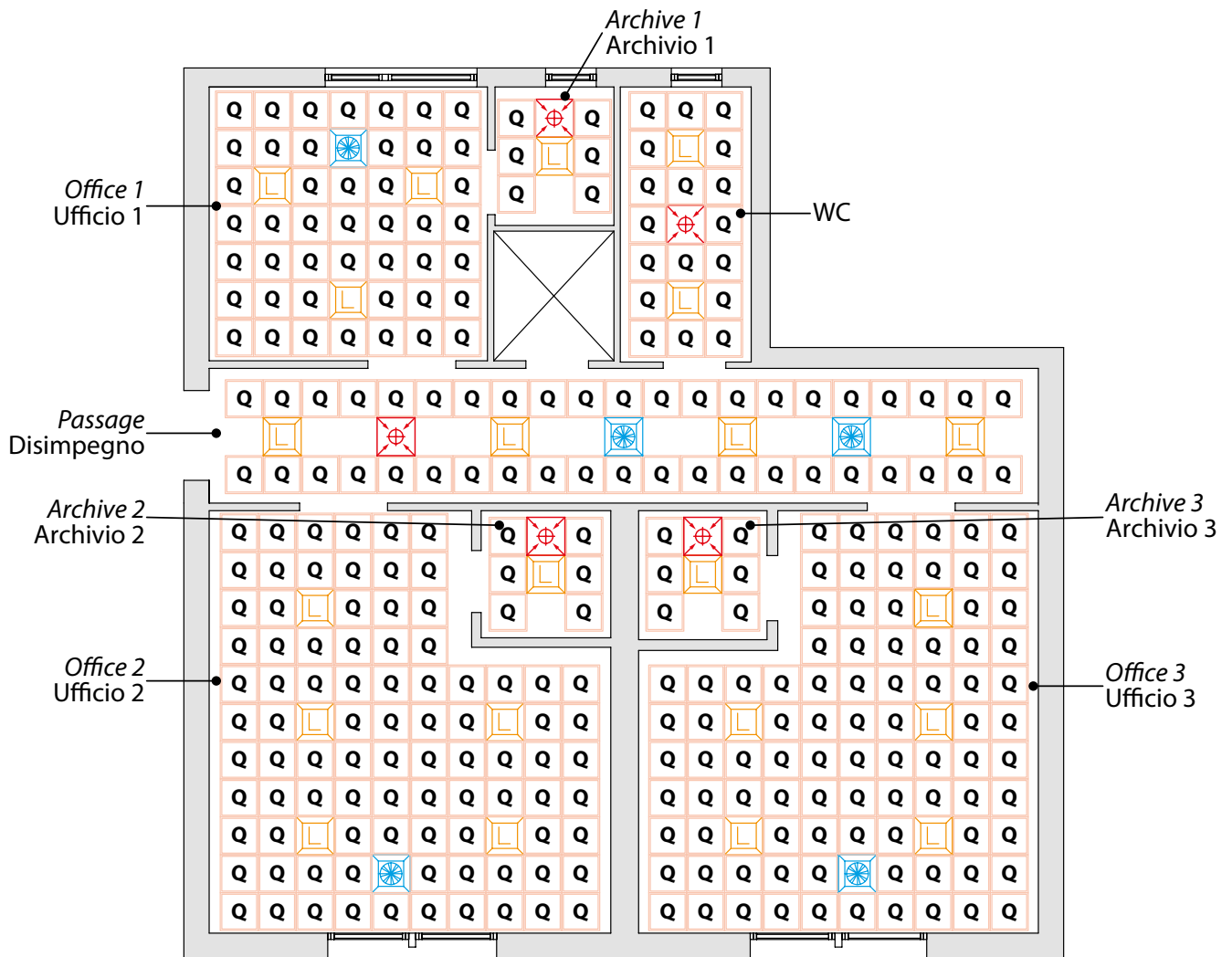
Per il locale WC invece la superficie di soffitto sfruttabile risulta insufficiente; ciò implica che per questi due locali si debba scegliere una delle tre ipotesi riportate al punto "b)" del paragrafo "Calcolo dell'impianto per solo riscaldamento invernale".

Si passa ora all'elaborazione grafica disponendo i pannelli radianti in modo tale da avvicinarsi alle superfici necessarie calcolate.



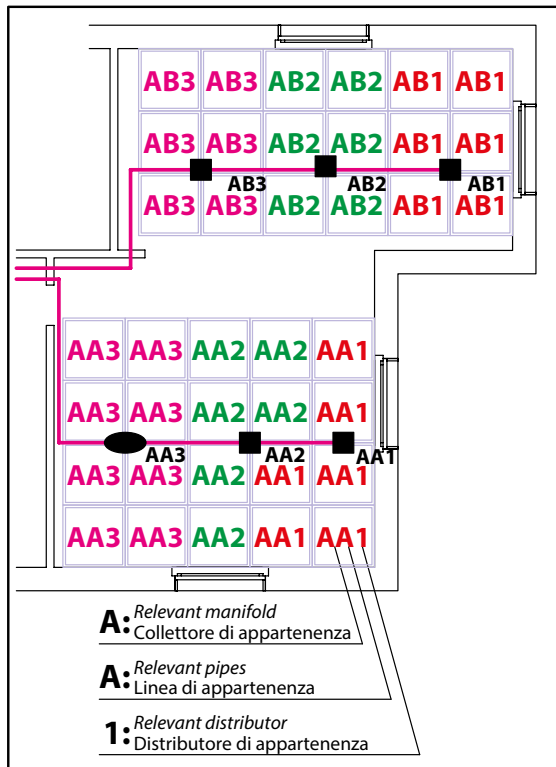
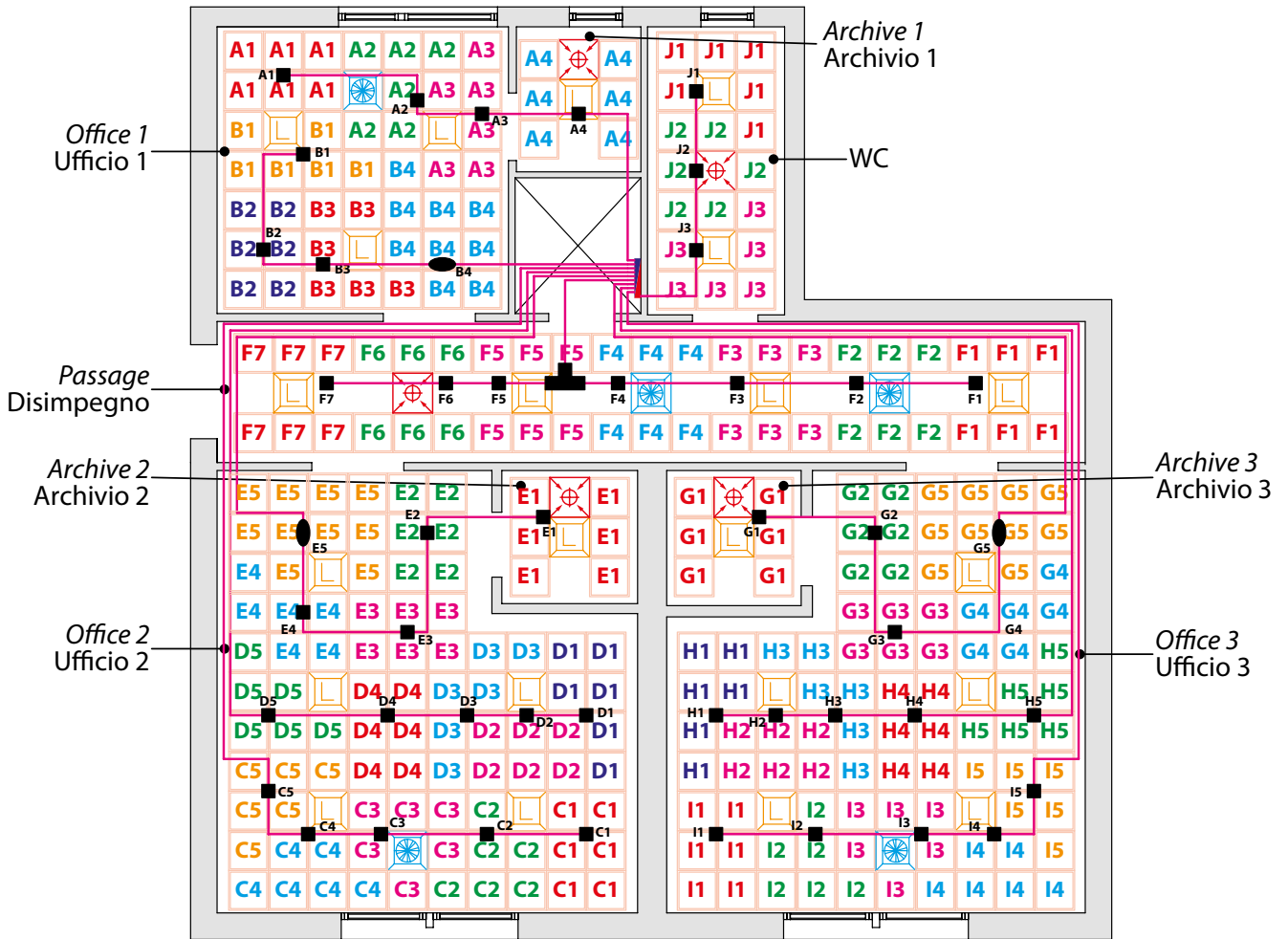


Positioning of the radiant panels
Disposizione dei pannelli radianti













Complete distribution diagram showing the distributor corresponding to each panel.
 Schema completo di distribuzione con l'assegnazione di corrispondenza tra pannello e distributore di appartenenza



**Symbols
Legenda**

-  module 600x600 mm
1/3 elementary circuit
modulo 600x600 mm
1/3 circuito elementare
-  air handling module - intake
modulo trattamento aria - ripresa
-  air handling module - delivery
modulo trattamento aria - mandata
-  lighting module
modulo illuminazione
-  2-way distributor
distributore a 2 vie
-  4-way distributor
distributore a 4 vie
-  pipe line
linea di adduzione
-  MAXI manifold
collettore MAXI

After counting the panels and calculating the real radiant area for each room, we are now able to obtain the areal flow to be compared with the previous estimated value. The results are provided in the table below:

Eseguito il conteggio dei pannelli e calcolata l'area effettiva radiante per ogni stanza, si è in grado di ricavare il flusso areico da comparare con quello precedentemente stimato. Di seguito in tabella si riportano i risultati:

Areal power calculated with the real positioning of the panels Potenza areica calcolata con la reale disposizione dei pannelli						
ROOM	LOCALE	Panel Pannello 600x600	Active surface area Superficie pannellata [m²]	Thermal output Potenza emessa [W]	Heat loss Potenza richiesta [W]	Diff. Diff. [W]
Office 1	Ufficio 1	45	16,2	810	810	52
Archive 1	Archivio 1	6	2,5	126	108	3
WC	WC	18	6,5	518*	697*	179*
Passage	Disimpegno	42	14,4	720	756	239
Office 2	Ufficio 2	88	31,7	1584	1584	87
Archive 2	Archivio 2	6	2,5	126	108	63
Office 3	Ufficio 3	88	31,7	1584	1584	7
Archive 3	Archivio 3	6	2,5	126	108	56
(*) heating output - (*) potenze in riscaldamento						

From the following graph ("Ceiling cooling output"), corresponding to a power of 50 [W/m²] we obtain a thermal drop of about 4.6 °C between the room and the radiant surface. The radiant ceiling temperature is:

$$RAD. CEILING TEMPERATURE: T_{sur} = T_{room} - 4.6 = 26 - 4.6 = 21.4^{\circ}C$$

Now we can calculate the temperature drop of the water in the individual elementary circuit:

$$THERMAL DROP OF THE WATER: \Delta T = (50 * 0.860) / 28 = 1.5^{\circ}C^*$$

Note: 0.860 is the conversion factor from W/m² → kCal/(h*m²) and 28 l/m² is the flow rate of the panel in relation to the unit area

The flow temperature, knowing the mean temperature used previously in the calculations (21°C), is:

$$FLOW TEMPERATURE: T_{del} = T_{aver} - \Delta T / 2 = 21 - 1.5 / 2 = 20.2^{\circ}C$$

* This value does not take into consideration the heat loss behind the panel which can be approximated as 10% (see Chapter 4)

Dal grafico seguente ("rese soffitto in raffreddamento"), in corrispondenza di una potenza di 50 [W/m²] si riscontra un salto termico tra ambiente e superficie radiante di circa 4.6 °C. La temperatura del soffitto radiante vale:

$$TEMPERATURA SOFFITTO RAD.: T_{sup} = T_{amb} - 4.6 = 26 - 4.6 = 21.4^{\circ}C$$

Si calcoli ora il salto termico del fluido termovettore all'interno del singolo circuito elementare:

$$SALTO TERMICO DEL FLUIDO: \Delta T = (50 * 0.860) / 28 = 1.5^{\circ}C^*$$

Dove: 0.860 è il fattore di conversione da W/m² → kCal/(h*m²) 28 l/m² è la portata del pannello riferita all'unità di superficie

La temperatura di mandata, nota quella media utilizzata precedentemente nei calcoli (21°C) vale:

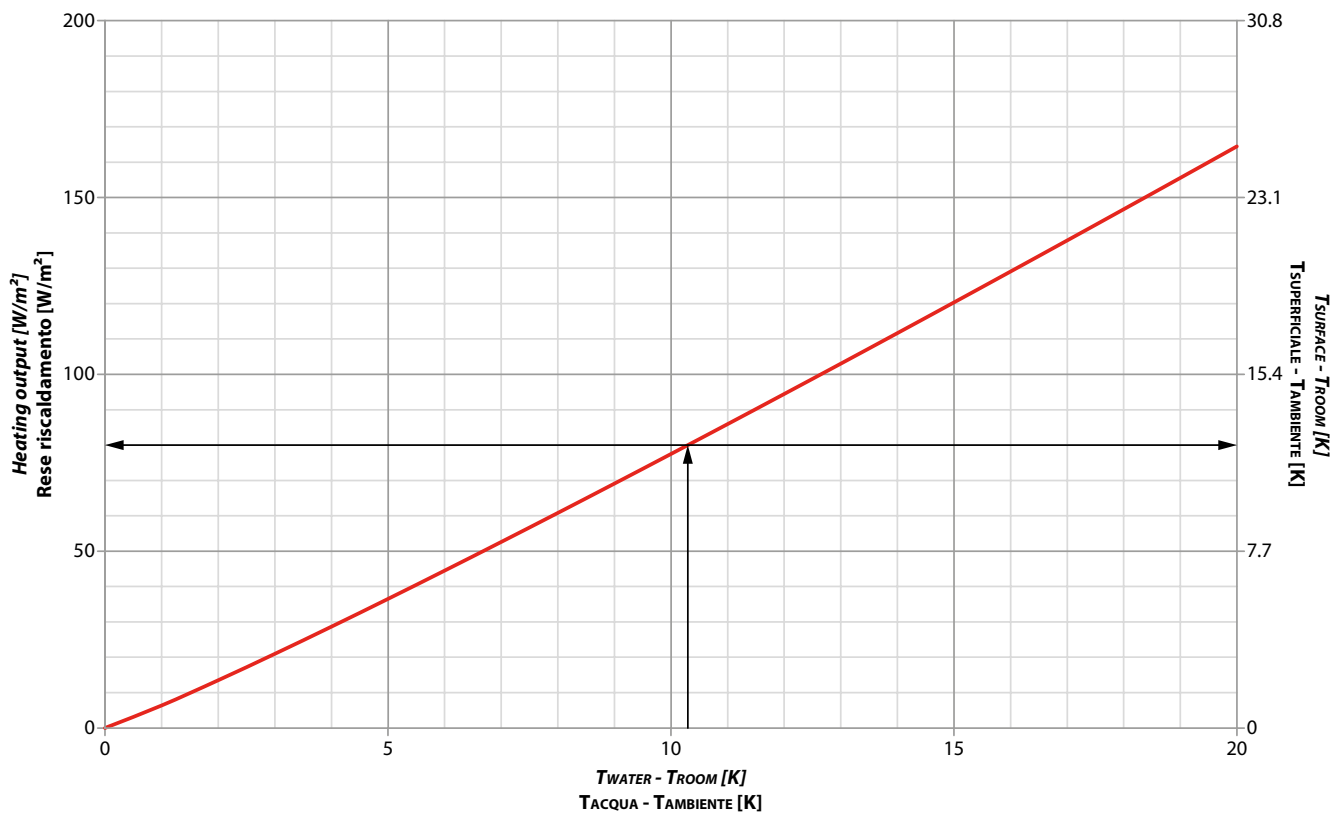
$$TEMPERATURA DI MANDATA: T_m = T_{med} - \Delta T / 2 = 21 - 1.5 / 2 = 20.2^{\circ}C$$

* Valore che non tiene conto delle dispersioni dietro il pannello valutabili in prima approssimazione in un 10% (vedere cap. 4)



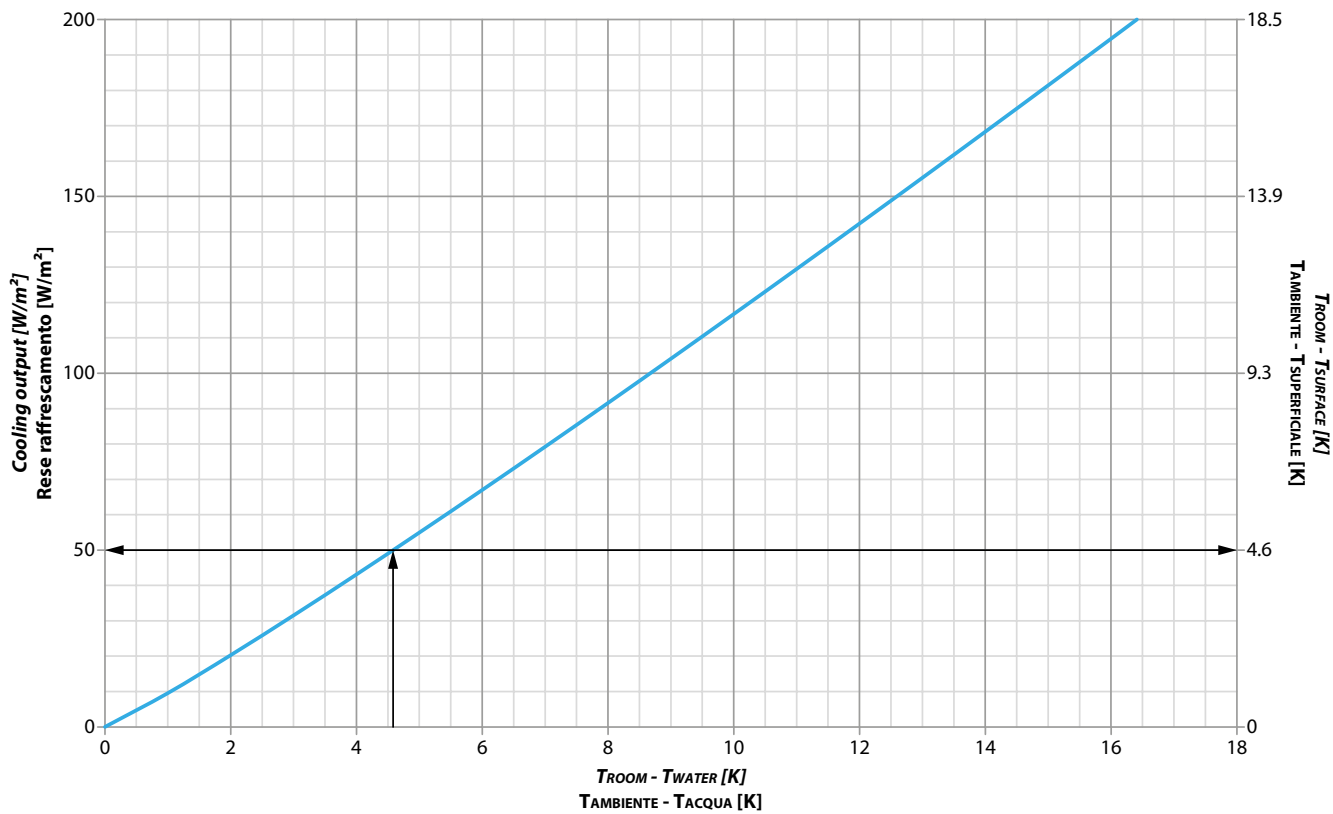
Ceiling heating output

Rese soffitto in riscaldamento



Ceiling cooling output

Rese soffitto in raffreddamento





For WC, corresponding to a power of 80 [W/m²] we obtain a thermal drop of about 12.3°C between the room and the radiant surface.

The radiant ceiling temperature is:

$$\text{RAD. CEILING TEMPERATURE: } T_{sur} = T_{room} + 12.3 = 20 + 12.3 = 32.3^{\circ}\text{C}$$

Now we can calculate the temperature drop of the water in the individual elementary circuit:

$$\text{THERMAL DROP OF THE WATER: } \Delta T = (80 * 0.860) / 28 = 2.5^{\circ}\text{C}^*$$

Note: 0.860 is the conversion factor from W/m² → kCal/(h*m²) and 28 l/m² is the flow rate of the panel in relation to the unit area

Considering the mean temperature used previously in the calculations (30.5 °C), the flow temperature is:

$$\text{FLOW TEMPERATURE: } T_{del} = T_{aver} + \Delta T / 2 = 30.5 + 2.5 / 2 = 31.8^{\circ}\text{C}$$

* This value does not take into consideration the heat loss behind the panel which can be approximated as 10% (see Chapter 4).

VERIFICATION OF THE DIMENSIONING FOR HEATING

Once the active surface has been calculated for the summer cooling, the dimensioning for heating should be verified. This means to check that the radiant panels are enough for the winter requirements in each room.

Using the same temperature of the water used for WC, with 80 [W/m²], we can calculate the power emitted in heating running:

Per il locale WC in corrispondenza di una potenza di 80 [W/m²] si riscontra un salto termico tra superficie radiante ed ambiente di circa 12.3 °C.

La temperatura del soffitto radiante vale:

$$\text{TEMPERATURA SOFFITTO RAD.: } T_{sup} = T_{amb} + 12.3 = 20 + 12.3 = 32.3^{\circ}\text{C}$$

Si calcola ora il salto termico del fluido termovettore all'interno del singolo circuito elementare:

$$\text{SALTO TERMICO DEL FLUIDO: } \Delta T = (80 * 0.860) / 28 = 2.5^{\circ}\text{C}^*$$

Dove: 0.860 è il fattore di conversione da W/m² → kCal/(h*m²) 28 l/m² è la portata del pannello riferita all'unità di superficie

La temperatura di mandata, nota quella media utilizzata precedentemente nei calcoli (30.5 °C), vale:

$$\text{Temperatura di mandata: } T_m = T_{med} + \Delta T / 2 = 30.5 + 2.5 / 2 = 31.8^{\circ}\text{C}$$

* Valore che non tiene conto delle dispersioni dietro il pannello valutabili in prima approssimazione in un 10% (vedere cap. 4).

VERIFICA DEL DIMENSIONAMENTO IN RISCALDAMENTO

Una volta calcolate le superfici attive per la climatizzazione estiva, si esegue una verifica dal punto di vista del riscaldamento. Si tratta di verificare se la superficie pannellata risulta essere sufficiente per i fabbisogni invernali di ogni singolo locale.

Adottando la stessa temperatura del fluido termovettore utilizzato per il locale WC, con una resa quindi di 80 [W/m²], si è in grado di calcolare la potenza emessa in riscaldamento:

Heating output following the cooling dimensioning Potenza emessa in caldo in seguito al dimensionamento in fresco						
ROOM	LOCALE	Panel Pannello 600x600	Active area Superficie pannellata [m ²]	Thermal output Potenza emessa [W]	Heat loss Potenza richiesta [W]	Diff. Diff. [W]
Office 1	Ufficio 1	45	16,2	1296	966	330
Archive 1	Archivio 1	6	2,5	173	172	1
WC	WC	18	6,5	518	697	-179
Passage	Disimpegno	42	14,4	1210	919	291
Office 2	Ufficio 2	88	31,7	2534	2493	41
Archive 2	Archivio 2	6	2,5	173	70	103
Office 3	Ufficio 3	88	31,7	2534	2479	55
Archive 3	Archivio 3	6	2,5	173	70	103

The table above shows that the active area can compensate for the heat loss of each individual room: the power emitted is always greater than the required power.

Remember that if the emitted power is insufficient, it is possible to increase the temperature of the water, thereby increasing the areal flow (in this case 80 [W/m²]) available.

Dalla tabella sopra riportata si evince che la superficie installata è sufficiente a sopperire alle dispersioni di ogni singolo locale: vi è sempre una potenza superiore a quella richiesta.

Si ricorda che nel caso in cui questo non dovesse verificarsi vi è sempre la possibilità di incrementare la temperatura del fluido termovettore, aumentando così il flusso areico (nel caso esposto di 80 [W/m²]) disponibile.

**BILL OF MATERIAL****MATERIALE IMPIEGATO**

The material used for the system in the example is listed below.

Si elenca di seguito il materiale impiegato per eseguire l'impianto come da esempio:

Material used				
Materiale impiegato				
U.M.	Q.ty Q.tà	Code Codice	Description	Descrizione
N°	299	6145620	Copper 8 metal radiant panel 600x600	Pannello radiante metallico 600x600 Copper 8
N°	70	6145621	Blank Metal Panel 600x600	Pannello metallico passivo 600x600
N°	44	6210080	Pair of Pre-insulated 2-way Distributors	Coppia distributori 2 Vie Preisolato
N°	3	6210081	Pair of Pre-insulated 4-way Distributors	Coppia distributori 4 Vie Preisolato
N°	11	6510050	Closing Plugs for Outlets Ø 20 mm	Tappi di chiusura da 20 mm
m	160	6202020	Pre-insulated RED Pipe Ø 20 mm on bars	Tubo preisolato da Ø 20 mm ROSSO in barra
m	160	6203020	Pre-insulated BLU Pipe Ø 20 mm on bars	Tubo preisolato da Ø 20 mm BLU in barra
m	300	6210018	PE-RT pipe Ø 8 mm	Tubo PE-RT da 8 mm
m	300	6320008	Insulation for PE-RT pipe Ø 8 mm	Guaina per tubo PE-RT da 8 mm
N°	2	6510055	TEE Push-fit Fitting 20-20-20 mm	Raccordo rapido a TEE 20-20-20 mm
N°	104	6510075	Elbow Push-fit Fitting 20-20 mm	Raccordo rapido curvo da 20-20 mm
N°	4	6603000	Lubricant for Push-fit Pipe Fittings	Lubrificante per raccordi rapidi
N°	1	6302010	MAXI manifold 10+10	Collettore MAXI 10+10
N°	1	6431100	Cabinet 100x700x140 (up to 12 outlets)	Armadietto 1000x700x140 (fino a 12 uscite)
N°	1	6440032	Air traps 1"1/4	Separatore microbolle 1"1/4



NOTES - NOTE



bit.ly/rdzwebsite
FAG0BZ005AB.00
06/2019