

Resa termica di pavimenti radianti caldi

Valori precalcolati – Esempio di calcolo

ANDREA PERONI E DARIO GHISLENI

SECONDA PARTE

4. Esempio di calcolo

Procediamo ora a dimensionare come esempio e con l'ausilio della serie di dati precalcolati, un impianto a pannelli radianti per una normale unità abitativa la cui pavimentazione ha caratteristiche di resistenza termica del tutto corrispondenti a quelle assunte per calcolare i parametri raccolti in **Tavola A.** ($R=0,0392$ con tubazione in Pex 17x2 o multistrato 16x2)

4.1 Esame dei dati caratteristici degli ambienti

L'appartamento, illustrato nella piantina riprodotta in calce, è formato da sei vani, i cui dati utili per caratterizzare i pavimenti radianti, sono poi raccolti nella tabella 1:

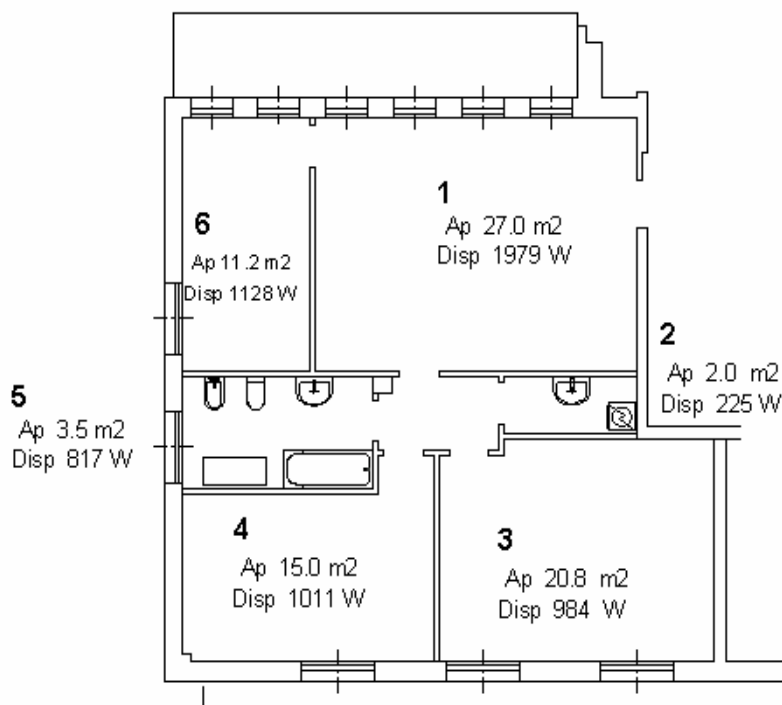


tabella 1 Dati caratteristici degli ambienti

Ambiente n°	1	2	3	4	5	6
destinazione d'uso	soggiorno	bagno	camera	camera	bagno	cucina
Dispersioni W	1979	225	984	1011	817	1128
Area pavimento m ²	28.0	2.0	20.8	15.0	3.5	11.2
emissione specifica W/m ²	70.7	112.5	47.3	67.4	233.4	100.7

I dati caratteristici di cui tener conto nei vari ambienti sono quindi:

- **la destinazione d'uso**, informazione necessaria per conoscere il limite di temperatura superficiale (t_s) del pavimento che non si potrà superare; e cioè **per i "locali di soggiorno" t_s max pari a 29°C (con resa 100 W/m²) ; per i " bagni" t_s max 33°C ; per le "zone perimetrali" t_s max 35°C**
- **il valore delle dispersioni** totali di ogni ambiente come risulta dal calcolo di picco secondo L. 10 (perdite per trasmissione + fabbisogno dovuto al rinnovo d'aria); con esclusione delle eventuali perdite termiche del pavimento delle quali si terrà conto poi, in modo forfettario.
- **l'area di pavimento** effettivamente destinata alla posa dei pannelli; area che, nei locali di soggiorno, si tende ad utilizzare interamente, mentre nei bagni si occupa solo parzialmente per non interferire con l'impianto sanitario. Anche negli ambienti a bassa dispersione, spesso si preferisce ridurre la superficie radiante che diradare troppo le spire di tubo.

Sempre in tabella 1 , si è infine riportato per ogni locale, il valore necessario di **emissione termica specifica netta** in W/m² del pavimento caldo, dato che risulta dal rapporto tra totale dispersioni ed area coperta dai pannelli.

Dal primo esame dei dati possiamo osservare che:

- **Il pavimento dell'ambiente n°6**, cucina, è quello destinato a fornire la maggiore emissione specifica come "ambiente di soggiorno" e costituisce quindi il pannello di **riferimento** nella scelta del parametro temperatura di mandata fluido e, con essa, la riga nella Tavola A, ove sono indicate le varie rese con diversi interassi e con diversi passi. Questo valore di temperatura di mandata accumunerà ovviamente tutti i pannelli radianti dell'impianto in esame. Sappiamo inoltre che, con la emissione specifica di 100 W/m² raggiungeremo anche la temperatura superficiale massima ammissibile di 29°C e che, sempre per questo pannello dovremo quindi adottare il salto termico 5 K o minore (vedi paragrafo 3.3).
- **L'area radiante del pavimento dell'ambiente n°5**, bagno, non riuscirà ovviamente da sola (pur con una eventuale temperatura superficiale di 33°C) a compensare le dispersioni; bisognerà comunque integrare con un radiatore.
- **I pavimenti degli ambienti n°1, 3 e 4** se riscaldati interamente dovranno avere rese specifiche adeguate: diverse tra loro e minori di quella del locale n°6. Per ottenere la necessaria potenza, dovremo quindi utilizzare diversi interassi e/o diversi salti termici. In alternativa, potremo mantenere la configurazione del pannello di riferimento con emissione specifica di 100 W/m² e riscaldare aree parziali e proporzionali del pavimento o adottare soluzioni miste.

4.2 Definizione dei parametri di funzionamento.

Sulla scorta delle considerazioni fatte, possiamo ora cominciare a scegliere le configurazioni delle serpentine adatte ad ogni ambiente.

Consultiamo quindi, come prima operazione, la **Tavola A** ed identifichiamo, la riga contraddistinta da una certa temperatura di mandata, che comprenda la cella con il valore di emissione specifica più alto tra quelli necessari nell'impianto in esame e cioè quello di **riferimento** (nel nostro esempio il pavimento di riferimento è l'ambiente n°6 che necessita di circa 100 W/m²).

Estratto della **Tavola A** delle rese termiche (W/m²) e relative temperatura superficiale del pavimento, in base a interasse, salto termico e temperatura di mandata del fluido.

Interasse salto K	0.10			0.15			0.20			0.25		
	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
t_m 40°C	30.0	29.3	28.4	28.8	28.1	27.5	27.6	27.1	26.5	26.6	26.2	25.7
	112.8	103.6	93.1	97.0	89.4	81.0	83.0	76.8	70.0	71.3	66.1	60.5
t_m 40,5°C	30.3	29.5	28.7	29.0	28.4	27.7	27.8	27.3	26.8	26.8	26.4	25.9
	116.5	107.2	96.9	100.1	92.6	84.3	85.6	79.4	72.6	73.4	68.2	62.6
t_m 41°C	30.5	29.83	29.03	29.22	28.62	27.97	28.0	27.53	27.0	27.0	26.6	26.1
	120.0	110.9	100.7	103.2	95.6	87.4	88.1	82.0	75.3	75.6	70.4	64.8

R = 0.0392 m²k/W; tubo pex 17x 2

La colonna è infatti contrassegnata dai dati riguardanti l'interasse di posa delle tubazioni ed il salto termico del fluido operante. Nell'eseguire questa ricerca sulla Tavola, ci si trova in pratica a definire anche una certa colonna di dati; quella che incrocia la riga di temperatura di mandata con la cella del valore di emissione desiderato (o molto vicino a quello desiderato).

E' intuibile, quanto il parametro **interasse** influenzi oltre l'uniformità della temperatura superficiale del pavimento anche la quantità di tubo e quindi il costo; un interasse medio – basso di 0,2 – 0,15 m. risulta generalmente, il più adatto per costruire il pannello radiante di maggiore emissione, lasciando gli interassi minori per servire i bagni ed i maggiori (0,25 – 0,3 m) per gli ambienti con minori dispersioni.

Anche la scelta del **salto termico** ha conseguenze dirette sull' uniformità; ecco perché, sempre per il pannello di maggior emissione è consigliabile adottare il salto 5 K. Se poi a causa delle alte portate, ci si trova in presenza di perdite di carico eccessive, sarà necessario pensare di suddividere la potenza su più serpentine di lunghezza limitata (< 60 m)

Nel nostro caso, come risulta dall'**estratto** di **Tavola A** qui riprodotto per comodità, la scelta cade sulla cella che si trova all'incrocio tra riga intestata dalla **temperatura di mandata di 40,5°C** e la colonna intestata con **interasse di 0.15 m** e **salto termico 5 K** .

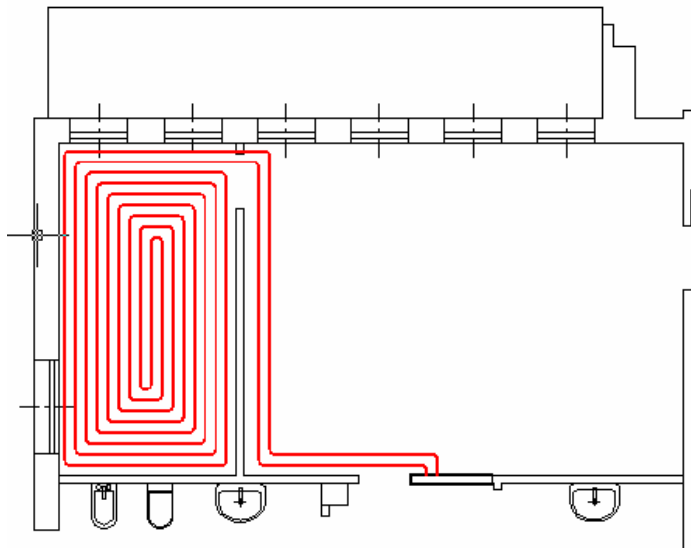
Tale conformazione di pannello fornirà una resa media di 100,1 W/m² con una temperatura superficiale del pavimento di 29 °C (siamo nelle condizioni limite di t_p per ambienti di soggiorno)

4.3 Il pannello adatto per l'ambiente n° 6

In prima ipotesi proviamo ad adottare un pannello unico (vedi fig. 2) che, già lo sappiamo sarà inevitabilmente di una certa lunghezza (ogni m² di pannello vale circa 1/0.15 = 6.7 metri) e, del quale conviene quindi esaminare preventivamente il valore della perdita di carico; che non risulti troppo elevata.

Calcoliamo quindi i parametri necessari: **lunghezza tubo, portata e Δp** :
 Per coprire l'intero pavimento della cucina avente l'area di 11.2 m² e che, lo ricordiamo, sarà in grado di fornire la potenza utile pari a $100.1 \cdot 11.2 = 1121$ W, occorreranno circa $11.2 / 0.15 = 74.7$ m di tubo.
 Aggiungendo i dovuti tratti di adduzione al collettore, otteniamo una lunghezza complessiva di circa 85 m .

Figura 2)



La portata di fluido necessario, con salto 5 K e considerando la resa lorda (+ 10% della netta), sarà di circa:

$85 \cdot 100.1 \cdot 1.1 \cdot 0.15 / 1.163 \cdot 5 = 241$ kg/h (pari a circa 0.241 m³/h) il che porta ad una perdita di carico (vedi Tavola II) del pannello di:

$$\Delta p = 85 \cdot 3.7988 \cdot 0.241^{1.79} = 25.3 \text{ kPa nel caso di tubo pex } 17 \times 2 \text{ di } 13$$

$$\Delta p = 85 \cdot 5.7945 \cdot 0.241^{1.79} = 38.6 \text{ kPa nel caso di multistrato } 16 \times 2 \text{ di } 12$$

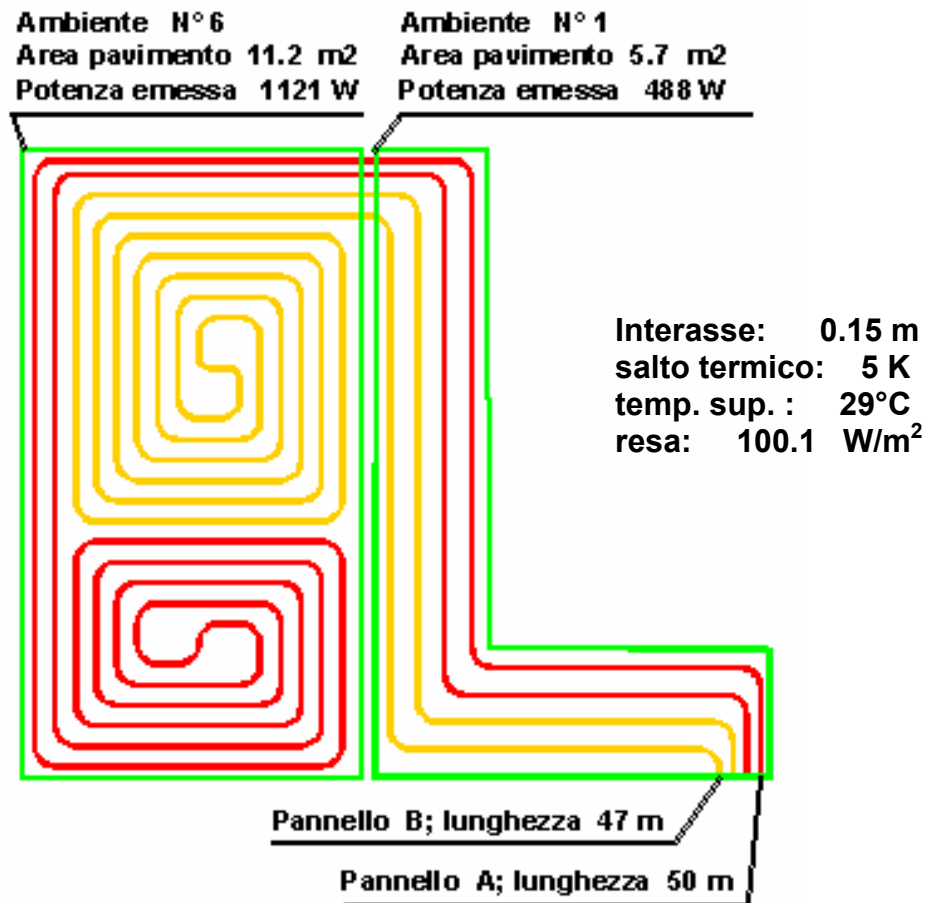
Come si può notare, i valori di perdita di carico risultano relativamente alti anche perché si tratta di piccolo impianto; preferiamo suddividere la potenza su due pannelli eliminando questa criticità. Nel tracciare i percorsi dovremo, per ovvie ragioni di equilibrio idraulico curare di ottenere lunghezze di tubo simili.

In figura 3) è illustrata una possibile soluzione che, da un lato assicura la completa copertura termica dell'ambiente n°6 sempre con l'interasse 0.15 e Δt 5 K (100.1 W/m² e t_p di 29 °C) e che dall'altro contribuisce, con i tratti di adduzione al collettore, a cedere del calore anche all'ambiente n°1.

L'emissione specifica dovuta a questi ultimi tratti, posati con **interasse 0.2** (vedi Tavola **A**) ha un valore di 85.6 W/m^2 con una t_p di $27.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

In conclusione i tratti di adduzione dei pannelli a) e b) interessano attivamente una area di 5.7 m^2 del pavimento dell'ambiente n°1 rilasciando ben: $5.7 * 85.6 = 488 \text{ W}$, valore del quale dovremo poi tener conto nel dimensionare il pannello espressamente dedicato a tale ambiente.

Figura 3) I pannelli per l'ambiente n°6



Calcoliamo ora i parametri relativi ai due pannelli comprese le perdite di carico al collettore che risulteranno ovviamente molto minori di quelle relative alla soluzione con serpentino unico esaminato precedentemente:

Potenza utile resa complessivamente:	1121+488	= 1609 W
Potenza dispersa verso il basso:	1609 * 0.1	= 161 W
Potenza totale emessa:	1609 + 161	= 1770 W
Lunghezza complessiva delle tubazioni	50 + 47	= 97 m
Emissione termica unitaria delle tubazioni	1770 / 97	= 18.25 W/m

Emissione totale **pannello A** : $18.25 * 50 = 912 \text{ W}$
Portata con salto 5 K: $912 / (1.163*5) = 157 \text{ kg/h}$
($0.157 \text{ m}^3/\text{h}$)

Perdita di carico **pannello A**:
 $\Delta p = 50 \cdot 3.7988 \cdot 0.157^{1.79} = 6.9 \text{ kPa}$ nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13
 $\Delta p = 50 \cdot 5.7945 \cdot 0.157^{1.79} = 10.5 \text{ kPa}$ nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

Emissione totale **pannello B**: $18.25 * 47 = 858 \text{ W}$
Portata con salto 5 K: $858 / (1.163*5) = 148 \text{ kg/h}$
($0.148 \text{ m}^3/\text{h}$)

Perdita di carico **pannello B**:
 $\Delta p = 47 \cdot 3.7988 \cdot 0.148^{1.79} = 5.8 \text{ kPa}$ nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13
 $\Delta p = 47 \cdot 5.7945 \cdot 0.148^{1.79} = 8.9 \text{ kPa}$ nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

Decidiamo di adottare, per l'ambiente n°6, i due pannelli descritti pur caratterizzati dalla "anomalia" di interagire termicamente con l'ambiente n°1, cosa che potrebbe creare qualche disturbo se nell'impianto è previsto un controllo automatico della temperatura di ogni singolo ambiente. Ricordiamo che questo problema può essere attenuato, p.e. ammassando le tubazioni di adduzione che attraversano altri locali come fossero un sol tubo e coprendole poi, con del nastro perimetrale.

Nel nostro caso preferiamo sfruttare comunque la resa termica delle tubazioni anche perché la quota non è eccessiva e i due ambienti hanno uso facilmente contemporaneo (zona giorno).

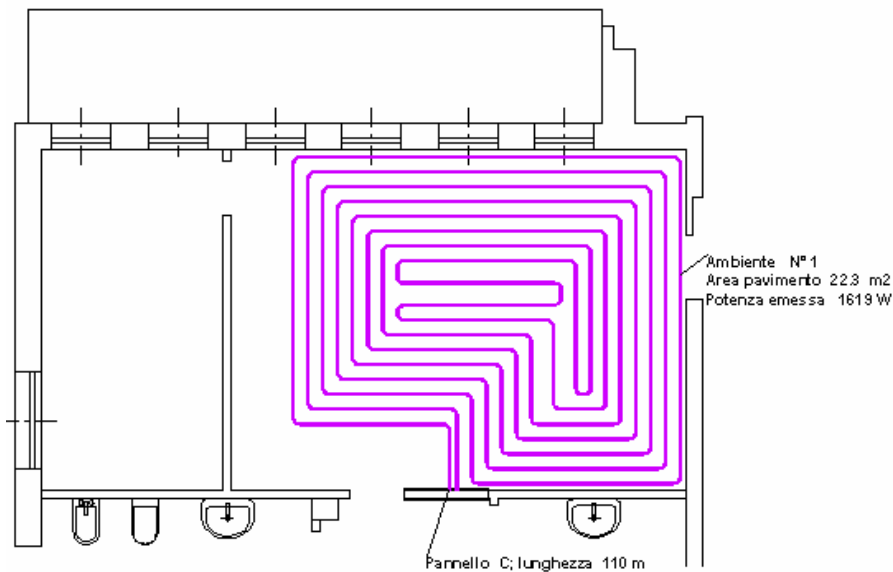
4.4 Il pannello adatto per l'ambiente n° 1

La potenza delle dispersioni da compensare in questo ambiente (vedi tabella 1) è pari a 1979 W; una parte (ben 488W) sono già coperte dai tratti di adduzione dei pannelli A e B.

Utilizzeremo quindi l'ulteriore area disponibile ($28 - 5.7 = 22.3 \text{ m}^2$) posando in prima ipotesi un unico pannello con interasse 0,2 e salto 9 K (la mandata è sempre 40.5°C) che porterà il pavimento ad una **temperatura superficiale di 26.8°C e una resa corrispondente di 72.6 W/m^2** per complessivi $22.3 * 72.6 = 1619 \text{ W}$.

L'emissione complessiva utile del pavimento sarà $488 + 1619 = 2107 \text{ W}$,
 valore leggermente maggiore del necessario.

Figura 4; l'ipotesi con pannello unico.



Completiamo i calcoli dei parametri della soluzione con un unico pannello:

Potenza utile resa	1619 W
Potenza dispersa verso il basso:	$1619 \cdot 0.1 = 162 \text{ W}$
Potenza totale emessa:	$1619 + 162 = 1781 \text{ W}$
Emissione termica unitaria del tubo:	$1781/110 = 16.19 \text{ W/m}^2$
Portata necessaria con salto 9 K:	$1781 / (1.163 \cdot 9) = 170 \text{ kg/h}$

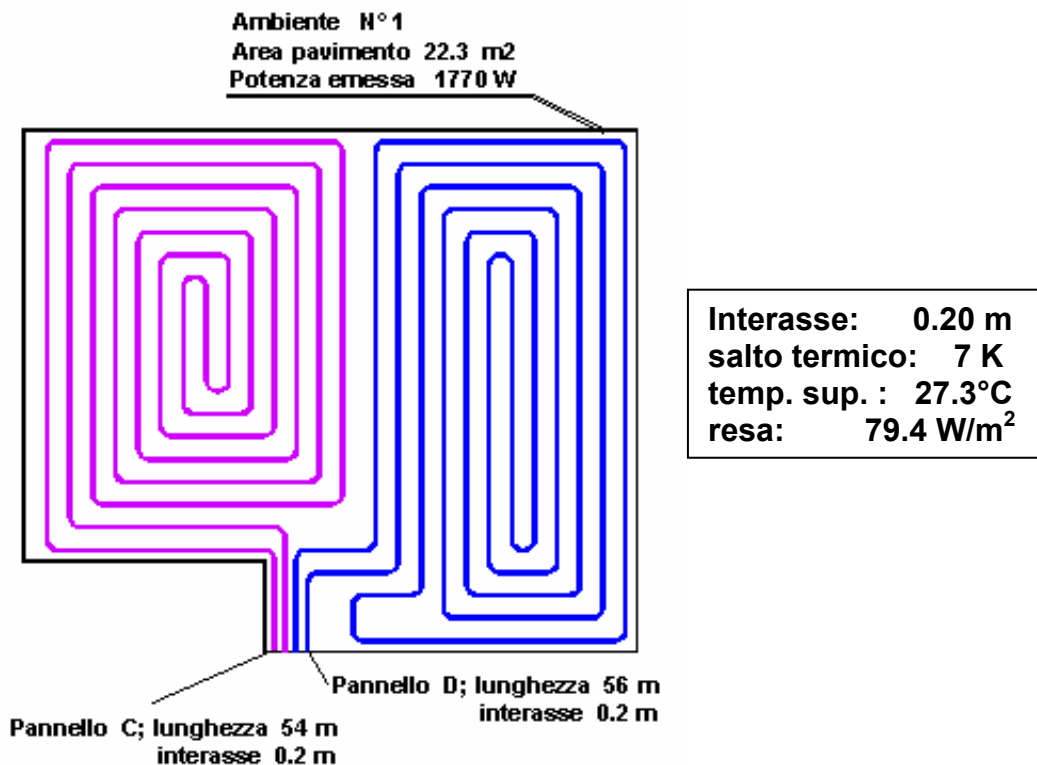
Perdita di carico

$$\Delta p = 110 \cdot 3.7988 \cdot 0.170^{1.79} = 17.5 \text{ kPa} \quad \text{nel caso di tubo pex } 17 \times 2 \text{ di } 13$$

$$\Delta p = 110 \cdot 5.7945 \cdot 0.170^{1.79} = 26.7 \text{ kPa} \quad \text{nel caso di multistrato } 16 \times 2 \text{ di } 12$$

Come si vede raggiungeremmo anche in questa ipotesi, una caduta di pressione relativamente alta; optiamo quindi per un **doppio** pannello e, decidiamo, a questo punto di largheggiare con portate e rese (si tratta di servire un soggiorno), diminuendo il salto termico da 9K a 7K .

Figura 5; la soluzione con due pannelli.



I parametri caratteristici scelti per i pannelli C e D aventi Interasse **0.2** e salto termico **7 K** sono: **temperatura superficiale 27.3°C** e **resa specifica 79.4 W/m²**; come risulta da Tavola A alla riga di t_m 40.5°C.

Calcoliamo ora tutti gli ulteriori dati:

Potenza utile resa complessivamente:	$22.3 \cdot 79.4 = 1770 \text{ W}$
Potenza dispersa verso il basso:	$1770 \cdot 0.1 = 177 \text{ W}$
Potenza totale emessa:	$1770 + 177 = 1947 \text{ W}$
Lunghezza complessiva delle tubazioni	$54 + 56 = 110 \text{ m}$
Emissione termica unitaria delle tubazioni	$1947 / 110 = 17.7 \text{ W/m}$

Emissione totale pannello C :	$17.7 \cdot 54 = 956 \text{ W}$
Portata con salto 7 K:	$956 / (1.163 \cdot 7) = 118 \text{ kg/h}$ (0.118 m ³ /h)

Perdita di carico pannello C :	
$\Delta p = 54 \cdot 3.7988 \cdot 0.118^{1.79} = 4.5 \text{ kPa}$	nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13
$\Delta p = 54 \cdot 5.7945 \cdot 0.118^{1.79} = 6.8 \text{ kPa}$	nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

Emissione totale pannello D :	$17.8 \cdot 56 = 997 \text{ W}$
Portata con salto 7 K:	$997 / (1.163 \cdot 7) = 122 \text{ kg/h}$ (0.122 m ³ /h)

Perdita di carico pannello D :	
$\Delta p = 56 \cdot 3.7988 \cdot 0.122^{1.79} = 4.9 \text{ kPa}$	nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13
$\Delta p = 56 \cdot 5.7945 \cdot 0.122^{1.79} = 7.5 \text{ kPa}$	nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

4.5 Il pannello adatto per gli ambienti n° 2 e 3.

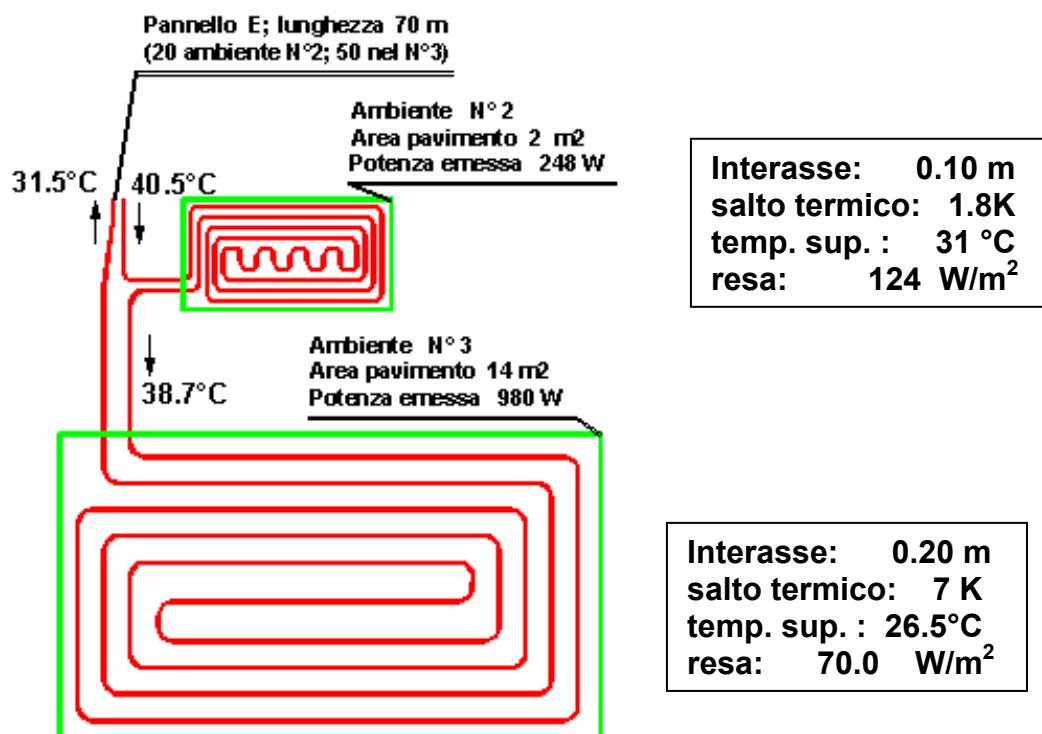
La potenza delle dispersioni da compensare in questi ambienti (vedi tabella 1) è rispettivamente pari a 225 W(bagno) e 984 W(camera) per un valore complessivo di 1209W.

Pensiamo, in prima ipotesi ad un doppio pannello in serie salto 9K: con interasse 0,1 nel bagno ed interasse 0.2 nella camera (vedi figura 6).

Il primo pannello, alimentato dalla mandata di 40.5°C, copre un'area di 2 m² ed avrà un salto termico di circa $(225/1209) \cdot 9 = 1.7 \text{ K}$ con una **temperatura superficiale pavimento stimabile in almeno 31°C e una resa corrispondente di** (vedi Tavola A riga 40,5 °C. interasse 0.1 salto 3 K) **124 W/m²** per complessivi **2 • 124 = 248 W**

Il secondo pannello alimentato da una temperatura di circa $40.5 - (248/1232) \cdot 9 = 38.6^\circ\text{C}$, avrà (vedi Tavola A interpolando riga 39/38 °C. interasse 0.2 salto 7 K) una **temperatura superficiale pavimento di 26.5°C e una resa corrispondente di circa 70 W/m²** che porta a complessivi **14 • 70 = 980 W**

Figura 6; doppio pannello in serie.



Completiamo il calcolo relativo al **pannello E**:

Potenza utile resa:	248+ 980 = 1228 W
Potenza dispersa verso il basso	1228 * 0.1 = 123 W
Potenza totale emessa	1228+123 = 1351 W
Emissione termica unitaria	1351/70 = 19.3 W/m ²

Emissione totale **pannello E** : 1351 W
 Portata necessaria con salto 9K: $1351 / (1.163 \cdot 9) = 129 \text{ kg/h}$

Perdita di carico **pannello E**:
 $\Delta p = 70 \cdot 3.7988 \cdot 0.129^{1.79} = 6.8 \text{ kPa}$ nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13
 $\Delta p = 70 \cdot 5.7945 \cdot 0.129^{1.79} = 10.4 \text{ kPa}$ nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

Il **pannello E che serve due ambienti**, risulta per ora, il circuito idraulico più sfavorito.

4.6 Il pannello adatto per l'ambiente n° 4 (camera)

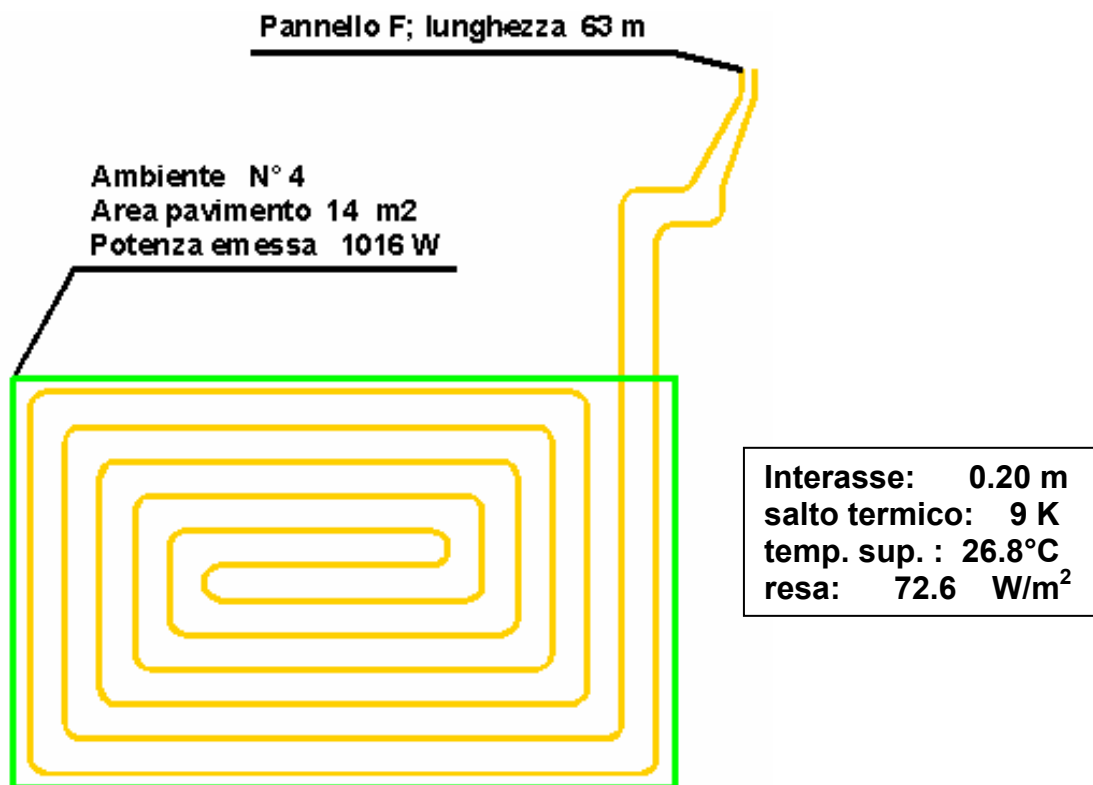
La potenza delle dispersioni da compensare in questo ambiente (vedi tabella 1) è pari a 1011 W; se adottiamo un pannello avente **interasse 0,2 e salto 9 K** (la mandata è sempre 40,5°C) avremo un pavimento caldo ad una **temperatura superficiale di 26,8°C** e potremo contare su **una resa corrispondente di 72,6 W/m²**.

La superficie necessaria, risulterà quindi essere: $1011 / 72,6 = 13,9 \text{ m}^2$.

(Apriamo qui una breve parentesi per illustrare una variante di cui dobbiamo tener conto quando siamo in presenza di diverse finiture del pavimento. Se l'ambiente in questione n°4, fosse infatti caratterizzato da una finitura in parquet diventa necessario consultare la Tavola D- parquet e ricavare, nella riga identificata della medesima temperatura di mandata di 40,5°C, i parametri necessari per avere con tale finitura per ottenere **la medesima t_p di 26,8°C e la corrispondente resa di 72,5 W/m²**.

Il nuovo interasse, nel caso di parquet è quindi **0,15 m con un salto termico di 5 K**

Figura 7; il pannello F



Completiamo il calcolo relativo al **pannello F**:

Potenza utile resa:	$14 \cdot 72.6 = 1016 \text{ W}$
Potenza dispersa verso il basso	$1016 \cdot 0.1 = 102 \text{ W}$
Potenza totale emessa	$1016 + 102 = 1118 \text{ W}$
Emissione termica unitaria tubo	$1118 / 63 = 17,75 \text{ W/m}^2$

Emissione totale pannello F:	1118 W
Portata necessaria con salto 9K:	$1118 / (1.163 \cdot 9) = 107 \text{ kg/h}$

Perdita di carico **pannello F:**

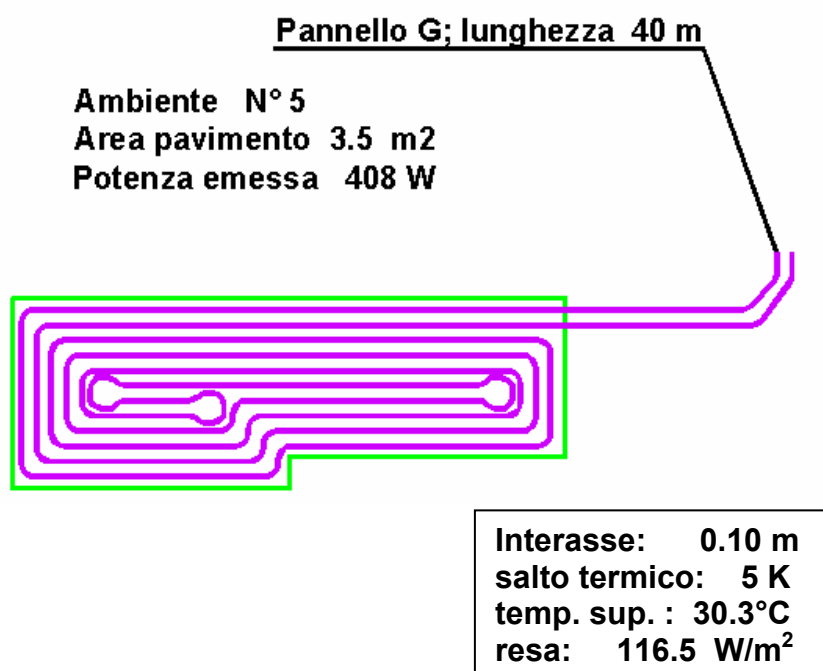
$\Delta p = 63 \cdot 3.7988 \cdot 0.107^{1.79} = 4.4 \text{ kPa}$ nel caso di tubo pex 17 x 2 di 13

$\Delta p = 63 \cdot 5.7945 \cdot 0.107^{1.79} = 6.7 \text{ kPa}$ nel caso di multistrato 16 x 2 di 12

4.7 Il pannello per il bagno, n°5

Abbiamo già osservato come l'area di pavimento disponibile per il pannello (3.5 m^2), risulti insufficiente a compensare interamente le dispersioni di questo ambiente che assommano a ben 817 W (vedi tabella 1). Adottiamo tuttavia un pannello avente la resa specifica più alta possibile (la mandata è sempre 40.5°C), quella pari a 116.5 W/m^2 i cui ulteriori parametri sono: **interasse 0,1** , **salto 5 K** e **temperatura superficiale di 30.3°C** . Tale pannello G emetterà una potenza di $3.5 \cdot 116.5 = 408 \text{ W}$.
Penseremo più avanti al radiatore integrativo.

Figura 8; il pannello G



Completiamo il calcolo relativo al **pannello G**:

Potenza utile resa:	408 W
Potenza dispersa verso il basso	$408 \cdot 0.1 = 41 \text{ W}$
Potenza totale emessa	$408 + 41 = 449 \text{ W}$
Emissione termica unitaria tubo	$449/43 = 10.44 \text{ W/m}^2$

Emissione totale pannello G :	449 W
Portata necessaria con salto 9K:	$449 / (1.163 \cdot 5) = 77 \text{ kg/h}$ ($0.077 \text{ m}^3/\text{h}$)

Perdita di carico **pannello G**:

$$\Delta p = 43 \cdot 3.7988 \cdot 0.077^{1.79} = 1.7 \text{ kPa nel caso di tubo pex } 17 \times 2 \text{ di } 13$$

$$\Delta p = 43 \cdot 5.7945 \cdot 0.077^{1.79} = 2.6 \text{ kPa nel caso di multistrato } 16 \times 2 \text{ di } 12$$

4.8 Il radiatore integrativo per il bagno, n°5

La potenza del radiatore necessaria a completare la fornitura di calore vale almeno $817 - 408 = 409 \text{ W}$.

Possiamo adottare uno scaldasalviette 450×1200 avente una potenza nominale (Δt 50 K) pari a 558 W che alimentato direttamente dal generatore con una temperatura di $65 \text{ }^\circ\text{C}$ e salto termico 4 K ($t_m = 63$ e quindi $\Delta t = 63 - 20 = 43 \text{ K}$), avrà una resa di picco pari a $558 \cdot (43/50)^{1.3} = 459 \text{ W}$ con una portata di flusso di $459 / (1.163 \cdot 4) = 98 \text{ kg/h}$ ($0.098 \text{ m}^3/\text{h}$).

Nel caso si preferisca alimentare il radiatore scaldasalviette con acqua a temperatura pannelli che nel nostro caso vale $40.5 \text{ }^\circ\text{C}$ con salto 4, dovremmo invece adottare una potenza nominale pari a $409 / (18.5/50)^{1.3} = 1490 \text{ W}$ con dimensioni (1000×1520) e costi maggiori.

4.9 Riepilogo dei risultati

Raccogliamo qui di seguito i dati significativi di quanto progettato:

Pannelli radianti:

Temperatura di mandata 40.5°C ; tubazioni in pex VPEDD 17×2

Radiatore:

Temperatura di mandata 65°C ; tubazione in rame 12×1 preisolato

pannello	A	B	C	D	E	F	G	totale radiatore
ambiente n°	6 - 1	6 - 1	1	1	2 - 3	4	5	
interasse in metri	0,15 - 0,20	0,15 - 0,20	0,2	0,2	0,10 - 0,20	0,20	0,10	
emissione lorda W	912	858	956	997	1351	1118	449	6641 459
portata in m3/h	0,157	0,148	0,118	0,122	0,129	0,107	0,077	0,858 0,098
lunghezza in metri	50	47	54	56	70	63	43	383
Perdita di carico kPa	6,9	5,8	4,5	4,9	6,8	4,4	1,7	

Temperatura di ritorno dei pannelli **$40.5 - (6641 / 858 \cdot 1.163) = 33.8 \text{ }^\circ\text{C}$**

Possiamo ora dimensionare il tratto principale andata – ritorno che alimenta il collettore **CPRFL**, il quale a sua volta consente di riunire, a tenuta, le 7 mandate ed i 7 ritorni dei pannelli necessari.

Come illustrato in figura 8, **ogni derivazione di mandata è dotata degli opportuni organi di taratura.**

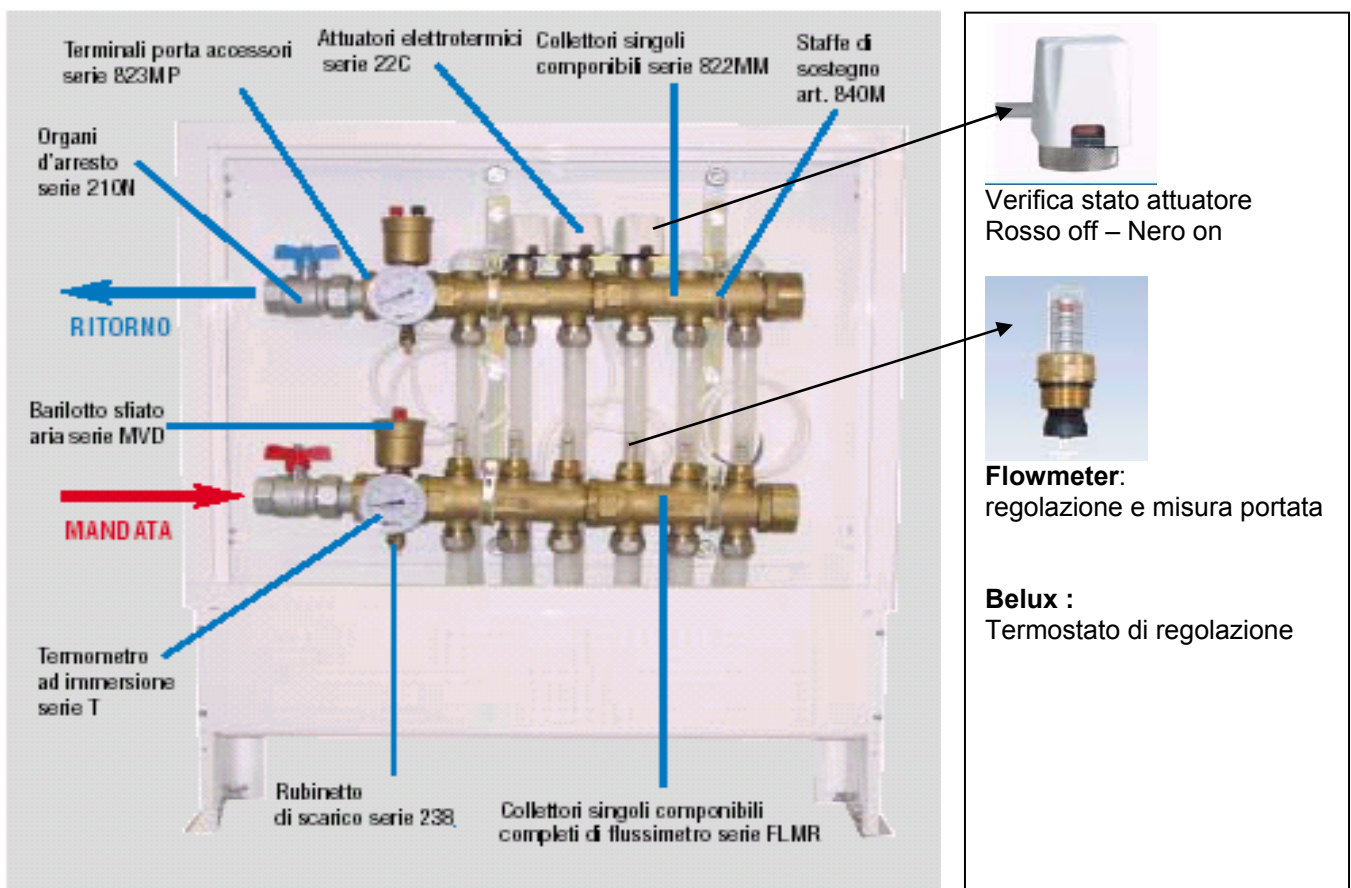
Questi speciali dispositivi, denominati **Flowmeters** consentono sia la lettura della effettiva quantità fluente che la sua eventuale messa a punto.

Ora che stiamo esaminando il collettore, ne determiniamo anche la perdita di carico e lo facciamo considerando le caratteristiche del pannello più sfavorito che ha una portata di 0.157 m³/h.

Con tale flusso che attraversa le derivazioni di mandata (Kv 1:8) e di ritorno (Kv 2.28) avremo una perdita $\Delta p = (0.157/1.8)^2 + (0.157/2.28)^2 = 0.0125$ bar pari a 1.25 kPa . Valore che sommato al 6.9 kPa del pannello porta ad un parziale di prevalenza necessaria al collettore di 8.15 kPa .

Il collettore **CPRFL** , posto nell'apposita cassetta di ispezione, può essere poi dotato di attuatori termici **20 C**, uno per ogni derivazione di ritorno che pilotati da termostati posti negli ambienti serviti dal corrispondente pannello, permettono la regolazione automatica a diversi livelli di temperatura.

Figura 9; Il collettore dedicato ai pannelli radianti:



Per convogliare al collettore della complessiva portata di flusso pari a 0.858 m³/h è conveniente utilizzare una tubazione di rame avente un diametro interno di 19 mm (la velocità di scorrimento sarà di 0.42 m/s) che, per

una lunghezza complessiva Generatore – collettore pari a circa 18 m equiv..porta ad una perdita di carico di $\Delta p = 18 \cdot 0.62963 \cdot 0.858^{1.79} = 8.6 \text{ kPa}$
Valore che aggiunto al precedente 8.15 kPa determina il **totale perdite di carico dei pannelli “fuori centrale termica” pari a 16,75 kPa.**

Questa tubazione, il cui percorso è rilevabile in figura 10 (come unificare) viene annegata nel massetto e contribuisce al riscaldamento del soggiorno

Figura 10; disegno complessivo dell’impianto:

