

Resa termica di pavimenti radianti caldi

Valori precalcolati – Esempio di calcolo

ANDREA PERONI e DARIO GHISLENI

PRIMA PARTE

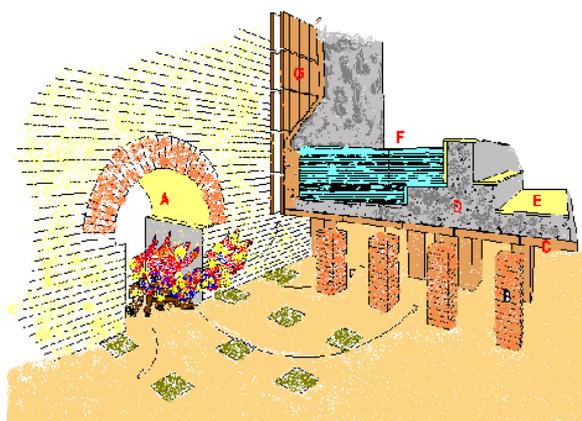
PREMESSA

Molti progettisti ci hanno chiesto, come produttori di componenti per impianti a pannelli radianti, se possiamo mettere a disposizione notizie, dati e/o tabelle che consentano il dimensionamento dell'impianto senza dover ricorrere a particolari software o a calcoli troppo complessi; da parte nostra abbiamo fornito le necessarie notizie accompagnate da qualche dato elaborato per il caso particolare.

Oggi, che la cartella in cui sono archiviate le molteplici risposte ha una certa consistenza, vediamo la concreta possibilità di organizzare, a partire da tali elaborazioni, una serie di tabelle e di indicazioni sull'argomento pannelli che potrebbero risultare utili a chi desidera progettare manualmente o controllare i risultati di elaborazioni automatiche.

Il riscaldamento a pavimento caldo di 2 millenni fa

- A. fornace
- B. Pilae
- C. Suspensura
- D. Cocciopesto
- E. Pavimento
- F. Vasca
- G. Canna fumaria



INTRODUZIONE

Per stimare la resa di pavimenti caldi, tutti sappiamo che, vicino ai modelli di calcolo rigorosi, si utilizzano ancora procedimenti empirici che trovano principale giustificazione nell'esperienza; altri procedimenti sono invece insiti in software di progettazione che spesso risultano poco trasparenti e difficilmente controllabili.

Quale che sia il metodo usato, va osservato che si giunge generalmente ad un dimensionamento di massima affidabile, anche se spesso, per garantirsi dalle semplificazioni di calcolo adottate (del tipo "copriamo tutto con interasse 10 cm !), si tende ad eccedere nell'impiego di tubazioni (interassi stretti) con portate di flusso sproporzionate (il che porta a potenti elettropompe), senza curare invece la corretta distribuzione di calore per ogni singolo ambiente e definire precisamente le dovute portate di fluido operante.

Anche il sistema di regolazione per miscela per la preparazione del fluido a bassa temperatura, che riveste in questi impianti un ruolo del tutto particolare, viene spesso banalizzato con il risultato di gravi malfunzionamenti.

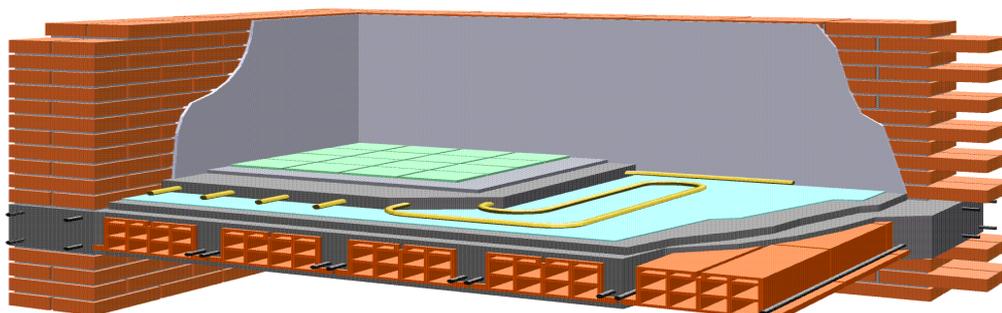
Non è comunque facile "sbagliare" un impianto a pannelli, in quanto il modo di funzionamento di questo sistema porta ad una autoequilibratura termica in grado di coprire egregiamente approssimazioni progettuali che, per altri sistemi porterebbero a difetti immediatamente percepibili. Sempre in tema di strumenti di calcolo, ricordiamo che da tempo, è disponibile una norma apposita: la UNI EN 1264 dell'ottobre 1999. Tale documento (diviso in quattro parti) contiene molte notizie utili, ma richiede non poco lavoro di studio e sviluppo per essere praticamente agibile.

E' un documento, in qualche modo ermetico, che non cita inspiegabilmente **la componente radiante** dell'emissione termica che in questa tipologia impiantistica del pavimento caldo vale più del 60% del totale e per la cui valutazione le temperature superficiali interne sono essenziali.

Da parte nostra, grazie anche alle numerose esperienze maturate, siamo lieti di portare un contributo pubblicando sintesi di uno studio da noi da tempo elaborato. Pubblicheremo quindi, una serie di tavole contenenti molti valori precalcolati in diverse situazioni, un esempio di calcolo applicativo con diverse finiture e una monografia sulla regolazione per miscela ed il bilanciamento.

Avvisiamo il gentile lettore che i dati, pur riferiti a situazioni standard, non solo **sono il risultato affidabile da calcoli rigorosi** ma sono anche applicabili con interpolazione a casi diversi .

Il riscaldamento a pavimento caldo di oggi



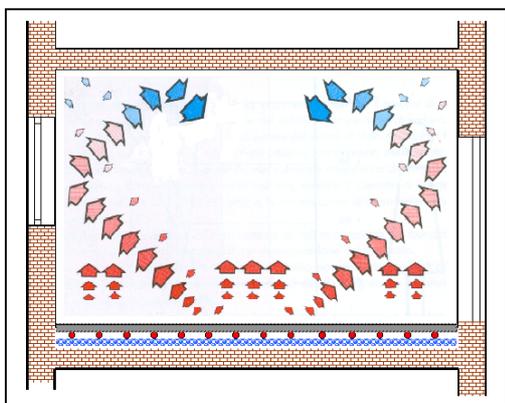
IL CALCOLO DEGLI SCAMBI TERMICI

Negli impianti radianti di cui trattiamo, l'energia termica viene fornita ai vari ambienti dalla **superficie calda** dei rispettivi pavimenti.

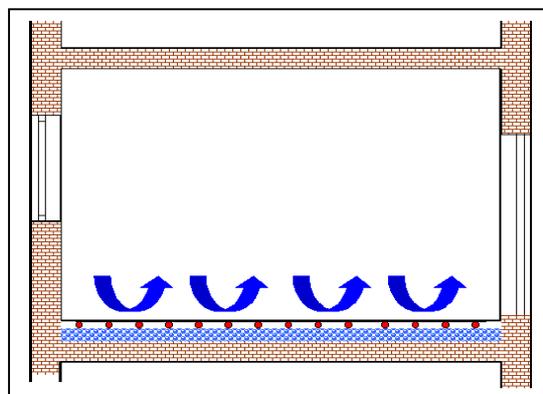
E' infatti **la superficie calda del pavimento** che trasmette il calore verso l'ambiente di cui fa parte nei due modi dei quali sono ben noti i parametri di valutazione quantitativa: per **irraggiamento** e per **convezione**.

-Il flusso termico per **irraggiamento**, che **non** coinvolge direttamente la temperatura dell'aria¹, è regolato dalla Stefan-Boltzmann ed è proporzionale alla differenza di temperature tra la superficie del pavimento e le varie superfici interne dell'involucro.

-Il flusso termico per **convezione**, che invece interessa l'aria, è proporzionale alla differenza di temperature tra superficie del pavimento e quella dell'aria stessa.



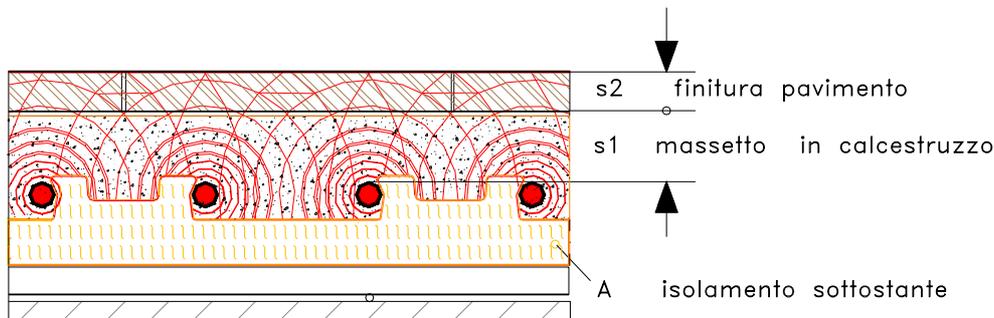
Flusso termico per irraggiamento



Flusso termico per convezione

¹ Per questa radiazione a bassa temperatura (siamo nel campo dell'infrarosso termico) anche gli elementi vetrati sono del tutto opachi.

Il calore necessario alla **superficie calda** del pavimento, affinché possa rimanere tale, viene fornito e trasmesso questa volta **per conduzione** a partire dalle tubazioni annegate nel sottofondo, attraversando sia il massetto cementizio, sia l'elemento stesso di rifinitura (piastrelle, ecc.). Le tubazioni sono a loro volta riscaldate dal fluido vettore, l'acqua, ecc, ecc.



Flusso termico per conduzione

Questo “sistema” viene appoggiato su un adeguato strato di isolante termico che limita sia le perdite termiche verso il basso (la resistenza minima dello strato è normata a livelli più alti di quanto oggi in uso) sia il coinvolgimento inerziale dell'intera struttura edile.

Le tubazioni apportano, verso l'alto esattamente la medesima quantità di energia termica emessa dalla **superficie calda** (le tubazioni apporteranno purtroppo del calore anche verso il basso).

Questa potenza verso l'alto (detta utile) viene poi aumentata della piccola quantità dispersa verso il basso (10%, anche meno) della quale bisogna comunque tener conto, vuoi per calcolare le portate di fluido atte a garantire il salto termico previsto, vuoi per computare la potenza complessiva necessaria che dovrà essere coperta dal generatore.

E' ovvio che per stimare con buona precisione le condizioni di equilibrio di un tale scambio, occorre tener conto contemporaneamente dei numerosi parametri interagenti tra loro che comprendono almeno i seguenti:

- le dispersioni dell'ambiente, la superficie del pavimento scaldante
- la temperatura superficiale dei vari elementi costituenti l'involucro e i loro fattori di vista verso il pavimento,
- **la temperatura superficiale** del pavimento capace di fornire **l'emissione termica** in grado di coprire le dispersioni dell'ambiente in esame.
- **la temperatura operante** come media tra quella superficiale interna dell'involucro, pavimento compreso e quella dell'aria; generalmente 20 °C
- **la resistenza termica** della pavimentazione posta sopra le tubazioni
- **l'interasse** e la **tipologia** delle tubazioni
- **la temperatura di mandata** del fluido e relativo **salto termico**, quindi la portata di flusso,

2. METODO E FORMULE ADOTTATI

.....omissis.

Gli algoritmi adottati per valutare lo scambio tra superficie del pavimento e ambiente, sono quelli disponibili sulla letteratura tecnica più autorevole: principalmente **Ashrae Systems and equipment e Fundamentals ed Atti Convegno Aicarr giugno '97**.

Per calcolare invece lo scambio tra fluido operante e superficie del pavimento si è preferito utilizzare dati e algoritmi della UNI EN 1264 opportunamente adattati.

Per ottenere dei risultati attendibili e tenendo conto dell'insieme dei parametri, abbiamo scelto di simulare il comportamento di un ambiente abitativo tipico con temperatura operante interna t_{op} (media tra t_a e t_{mri}) pari a **20°C**, avente un pavimento di 5 x 4 metri e di altezza pari a 2.8 m. La simulazione è stata fissata per semplicità in regime stazionario considerando come superficie emittente l'intera area del pavimento (i dati sono validi anche per tassi di copertura comunque > 0.6).

.....omissis

In stretta sintesi, per eseguire i calcoli per le simulazioni d'equilibrio, abbiamo adottato le seguenti formule:

$$\text{Emissione totale} \quad q = q_r + q_c \quad \text{in W/m}^2$$

$$\text{Emissione per irraggiamento}^2 \quad q_r = 5 \cdot 10^{-8} \cdot [F_{p-1} \cdot (T_p^4 - T_1^4) + F_{p-2} \cdot (T_p^4 - T_2^4) + \dots + F_{p-n} \cdot (T_p^4 - T_n^4)] \quad \text{in W/m}^2$$

$$\text{Emissione per convezione}^3 \quad q_c = 2,16 \cdot \frac{(t_p - t_a)^{1,31} \cdot p^{0,08}}{A^{0,08}} \quad \text{in W/m}^2$$

$$\text{Scambio termico tra fluido e superficie}^4 \quad q_{fs} = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

Omissis.....

Abbiamo infine preparato una serie di tavole contenenti dei valori precalcolati con estrema cura.

Le Tavole verranno via via pubblicate sul sito di Idronica

In questa prima parte pubblichiamo solo la prima della serie: **La Tavola A**

3. COME UTILIZZARE LE TAVOLE DEI DATI PRECALCOLATI

3.1 Caratterizzazione della Tavola, validità dei dati

Nell'utilizzare i dati è indispensabile tener conto che ogni tavola è espressamente dedicata ad una determinata configurazione del **sistema di pavimentazione e del tipo di tubazione adottata per la formazione dei serpentini e che la temperatura dell'ambiente è quella operante pari a 20 °C (percepita al centro dell'ambiente come media tra t dell'aria e t media radiante dell'involucro)**.

La conduttività del massetto è stata assunta di valore pari a 1.2 W/mK e si è inoltre previsto che tubi e pavimentazione siano posati su un adeguato strato di isolante termico provvisto di barriera di vapore.

La Tavola viene sempre identificata con un certo valore di resistenza termica del pavimento per la quale è espressamente valida anche se, a formare quella determinata resistenza portano strati di materiali diversi da quelli descritti (lo spessore del massetto è previsto sia almeno 0.030 m).

Questi dati sono riportati con evidenza nell'intestazione della Tavola

² Il fattore **5** risulta dal prodotto della costante di Stefan-Boltzmann **5.67** per l'emissività medio-bassa in edilizia ϵ pari a **0.88**; F_{p-n} è il fattore di vista del pavimento di T_p in K verso i vari elementi costituenti l'involucro (la cavità) di T_n in K.

³ p è il valore del perimetro mentre A è l'area del pavimento

⁴ La formula è stata rielaborata opportunamente per ricavare direttamente la temperatura di mandata del fluido.

3.2 I Dati di resa sono raccolti per diverse temperatura di mandata impianto

Sulle tavole sono pubblicati solo alcuni dei parametri d'equilibrio che concorrono allo scambio termico; e cioè quelli necessari per il dimensionamento impianto.

I dati sono raccolti **per riga** identificata dal valore di **temperatura di mandata (in rosso)**.

Parametro questo che costituisce generalmente , **il dato di progetto fissato per l'intera installazione** (tutti i vari pannelli del medesimo impianto sono infatti alimentati con fluido alla stessa temperatura di mandata) o per ogni diversa zona se dotata di sistema di regolazione (valvola + pompa).

Ciò significa che sulla riga intestata con una certa temperatura di mandata di fluido sono elencati, per ogni diverso **interasse di posa** e diverso **salto termico** (complessivamente per 21 colonne) i due parametri inscindibilmente correlati:

**la temperatura superficiale media del pavimento in °C (carattere minore in blu)
e la corrispondente resa termica specifica utile in W/m² (neretto)**

Sono quindi ben 21 i valori di resa termica utile disponibili per ogni temperatura di mandata: dall'interasse 0.1 m al 0.3 m ; dal salto termico 3 K(da usare in particolari casi) al salto termico 11 K; altri valori intermedi si possono eventualmente estrapolare sempre sulla medesima riga.

In pratica succede poi che per progettare anche un grande lavoro i dati effettivamente utilizzati sono solo alcuni. E' spesso inutile infatti complicare sia i calcoli che il compito dell'installatore con una proliferazione di passi. **C'è anche l'area riscaldata da modulare!**

Nel piccolo progetto illustrato più avanti abbiamo ad esempio scelto nella **Tavola A** alla riga identificata dalla **temperatura di mandata pari a 40,5 °C** (che abbiamo adottato come temperatura di progetto per l'intera installazione) solo le tre configurazioni seguenti:

--interasse 0.10	salto 5 K	con temperatura superficiale 30.3°C	e resa 116.5 W/m ²
--interasse 0.15	salto 5 K	con temperatura superficiale 29.0 °C	e resa 100.1 W/m ²
--interasse 0.20	salto 9 K	con temperatura superficiale 26.8°C	e resa 72.6 W/m ²

come gamma più che sufficiente per realizzare i pannelli atti a coprire le esigenze dei vari ambienti.

Avremmo anche potuto adottare (impiegando **minor quantità di tubo**) una **temperatura di mandata di progetto pari a 44,0 °C** che porta alle tre configurazioni seguenti:

--interasse 0.15	salto 5 K	con temperatura superficiale 30.6°C	e resa 121.5 W/m ²
--interasse 0.20	salto 5 K	con temperatura superficiale 29.3 °C	e resa 103.6 W/m ²
--interasse 0.25	salto 9 K	con temperatura superficiale 27.2°C	e resa 78.2 W/m ²

3.3 La temperatura media superficiale del pavimento

Il dato relativo alla temperatura media superficiale del pavimento costituisce elemento di controllo che merita qualche commento particolare: infatti, se il mantenere un certo livello termico (26 – 28 °C) oltre che la resa, migliora anche la temperatura media radiante percepita dalla persona ed è quindi cosa gradita; il raggiungere livelli termici troppo alti comporta insoddisfazione e possibili disturbi agli arti inferiori.

La UNI EN 1264:stabilisce i seguenti limiti:

**nei locali di soggiorno
temperatura superficiale massima di 29°C (pari a 100 W/m²),**

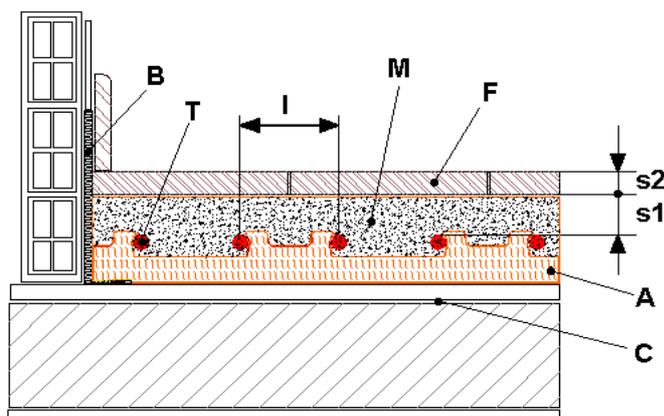
mentre è consentito raggiungere i 35°C (pari a 175 W/m²) nelle zone perimetrali
o i 33°C (pari a 150 W/m²) nei bagni.

Va comunque ricordato, come provato da indagini di ricercatori francesi, che il grado di sopportabilità del pavimento caldo aumenta con il diminuire della temperatura dell'aria; potremmo quindi ritenere praticabili con tranquillità anche i seguenti valori limite:

per $t_a = 17^\circ\text{C}$	$t_{pmax} 31,0^\circ\text{C}$
per $t_a = 16^\circ\text{C}$	$t_{pmax} 32,5^\circ\text{C}$

Sempre in tema di limiti della temperatura superficiale del pavimento la UNI EN 1264 esamina anche l'aspetto dell'influenza che può avere il salto termico del fluido operante che, se troppo alto, crea in corrispondenza del tubo di mandata una fascia di superficie più calda della media. Il limite tollerato dalla norma per questo superamento della media di 29°C è quello determinato dal salto termico 5 K in presenza quindi della emissione limite di 100 W/m².

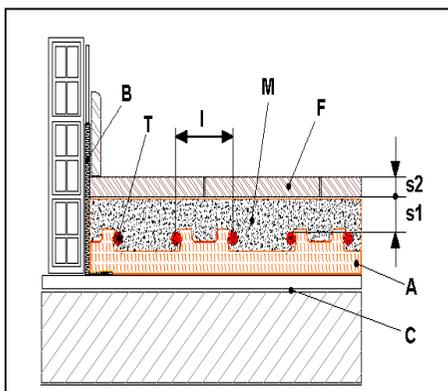
In buona sostanza, per rispettare questa prescrizione è in genere sufficiente, una volta selezionata la temperatura di mandata di progetto e relative configurazioni (sulla stessa riga di dati), **adottare sempre il salto termico di 5K (o minore)**, quando si tratta di alimentare il pannello di maggiore emissione dell'intero impianto (> 90 W/m² tra i locali di soggiorno) e scegliere poi, e solo per pannelli di minore emissione specifica, i salti maggiori.



- | | |
|----|--|
| B | = banda perimetrale |
| T | = tubo |
| I | = interasse |
| M | = massetto |
| F | = finitura |
| s2 | = spessore finitura (piastrella) |
| s1 | = spessore massetto |
| A | = lastra isolante in polistirene preformato rivestito con pellicola impermeabilizzante |
| C | = sottofondo contenente altri impianti tecnici |

Fine della prima parte, con in allegato la **TAVOLA A**; le altre tavole sono disponibili nel sito www.idronicaline.net La seconda parte documenterà un esempio di calcolo.

TAVOLA A



Valori di **emissioni termiche unitarie in W/m²** (carattere in neretto) e relative **temperature superficiali** (carattere in blu) di pavimenti a pannelli radianti in base alle seguenti condizioni:

- temperatura operante nell'ambiente pari a 20°C (media tra t_a e t_{mr})

- **interasse (I) in metri** - **temperatura di mandata (caratteri in rosso)** - salto termico in Kelvin.

Il pavimento, di resistenza 0.0392 m²K/W può essere costituito da:

Massetto s1 = 0.035 m Finitura s2 = 0.010 m ceramica **Massetto s1 = 0.035 m Finitura s2 = 0.011 m cotto**
Massetto s1 = 0.035 m Finitura s2 = 0.030 m marmo **Massetto s1 = 0.045 m Finitura s2 = 0.025 m marmo**

Le tubazioni (T) utilizzate per le serpentine possono essere le seguenti: Pex 17x2 o Multistrato 16x2

I dati di questa tavola valgono con approssimazione trascurabile < del 2% anche per Pex 16x2 e Pex 18x2

Lo **sfondo giallo** indica il passo più usato; lo **sfondo azzurro** indica il superamento della temperatura del pavimento soggiorno (max 29°C pari a 100 W/m²) le rese a sfondo azzurro sono utilizzabili nei bagni e nelle zone perimetrali.

	Interasse 0.10				Interasse 0.15				Interasse 0.20					Interasse 0.25				Interasse 0.30			
	3K	5K	7K	9K	3K	5K	7K	9K	3K	5K	7K	9K	11K	5K	7K	9K	11K	5K	7K	9K	11K
35	27.9	27.1	26.3	25.3	26.9	26.3	25.6	24.8	26.0	25.5	24.9	24.2	23.3	24.8	24.3	23.8	23.0	24.2	23.8	23.3	22.7
	85.9	77.2	66.9	54.7	74.1	66.8	58.5	48.8	63.4	57.5	50.6	42.7	33.0	49.7	43.8	37.4	29.5	42.8	38.1	32.8	26.1
36	28.4	27.7	26.9	25.9	27.4	26.8	26.1	25.3	26.4	25.9	25.4	24.7	23.9	25.2	24.7	24.2	23.5	24.6	24.2	23.7	23.1
	92.9	84.3	74.3	62.6	80.0	72.8	64.8	55.4	68.5	62.6	56.0	48.4	39.3	53.8	48.3	42.1	34.6	46.5	41.8	36.7	30.6
37	29.0	28.3	27.5	26.6	27.9	27.3	26.6	25.9	26.9	26.4	25.8	25.2	24.4	25.6	25.1	24.6	24.0	24.9	24.5	24.0	23.5
	100.0	91.4	81.7	70.5	86.0	78.9	71.0	61.9	73.6	67.7	61.2	53.9	45.2	58.2	52.8	46.7	39.6	50.2	45.8	40.6	34.8
38	29.5	28.9	28.1	27.2	28.3	27.8	27.1	26.4	27.3	26.8	26.3	25.7	25.0	25.9	25.5	25.0	24.4	25.2	24.8	24.4	23.9
	107.1	98.6	89	78.1	92.0	84.9	77.2	68.4	78.7	72.7	66.4	59.2	51.0	62.5	57.2	51.2	44.5	53.9	49.5	44.5	39.0
39	30.1	29.4	28.7	27.8	28.8	28.3	27.6	26.9	27.7	27.2	26.7	26.1	25.4	26.3	25.8	25.3	24.8	25.5	25.1	24.7	24.3
	114.1	105.6	96.3	85.8	98.0	90.9	83.2	74.7	83.8	77.9	71.6	64.8	56.7	66.9	61.8	56.0	49.4	57.7	53.2	48.5	43.0
39,5	30.4	29.7	29.0	28.1	29.1	28.5	27.9	27.2	27.9	27.4	26.9	26.3	25.7	26.5	26.0	25.6	25	25.7	25.3	24.9	24.4
	117.7	109.2	100.0	89.4	101.0	94.0	86.5	77.9	86.2	80.5	74.1	67.3	59.5	69.0	63.8	58.1	51.6	59.5	55.2	50.3	45.0
40	30.6	30.0	29.3	28.4	29.3	28.8	28.1	27.5	28.1	27.6	27.1	26.5	25.9	26.6	26.2	25.7	25.2	25.8	25.4	25.01	24.6
	121.3	112.8	103.6	93.1	104.0	97.0	89.4	81.0	88.8	83.0	76.8	70.0	62.3	71.3	66.1	60.5	54.1	61.6	57.2	52.4	47.0

segue Tavola A	Interasse 0.10				Interasse 0.15				Interasse 0.20					Interasse 0.25				Interasse 0.30			
	3K	5K	7K	9K	3K	5K	7K	9K	3K	5K	7K	9K	11K	5K	7K	9K	11K	5K	7K	9K	11K
40,5	30.9	30.3	29.5	28.7	29.5	29.0	28.4	27.7	28.3	27.8	27.3	26.8	26.1	26.8	26.4	25.9	25.4	26.0	25.6	25.2	24.8
	124.9	116.5	107.2	96.9	107.0	100.1	92.6	84.3	91.4	85.6	79.4	72.6	65.1	73.4	68.2	62.6	56.4	63.3	58.9	54.1	49.0
41	31.2	30.5	29.8	29.0	29.8	29.2	28.6	28.0	28.5	28.0	27.5	27.0	26.4	27.0	26.6	26.1	25.6	26.1	25.8	25.4	24.9
	128.4	120.0	110.9	100.7	110.1	103.2	95.6	87.4	93.9	88.1	82.0	75.3	67.7	75.6	70.4	64.8	58.7	65.2	60.8	56.1	50.9
41,5	31.5	30.8	30.1	29.3	30.0	29.5	28.9	28.2	28.7	28.2	27.7	27.2	26.6	27.2	26.8	26.3	25.8	26.3	25.9	25.6	25.1
	132.1	123.7	114.6	104.5	113.1	106.1	98.7	90.5	96.5	90.7	84.5	77.9	70.6	77.7	72.6	67.1	61.0	67.0	62.7	58.0	52.9
42	31.7	31.1	30.4	29.6	30.2	29.7	29.1	28.5	28.9	28.5	28.0	27.4	26.82	27.4	26.9	26.5	26.0	26.5	26.1	25.7	25.3
	135.6	127.3	118.2	108.2	116.1	109.2	101.8	93.7	99.1	93.3	87.2	80.6	73.3	79.9	74.8	69.3	63.2	68.8	64.6	59.8	54.9
43	32.3	31.6	31.0	30.2	30.7	30.2	29.6	29.0	29.3	28.9	28.4	27.8	27.3	27.7	27.3	26.9	26.4	26.8	26.4	26.0	25.6
	142.9	134.5	125.5	115.7	122.2	115.4	107.9	100.0	104.2	98.5	92.4	85.8	78.7	84.3	79.2	73.7	67.8	72.6	68.3	63.7	58.7
44	32.8	32.2	31.5	30.8	31.2	30.6	30.1	29.5	29.7	29.3	28.8	28.3	27.7	28.1	27.7	27.2	26.8	27.1	26.7	26.3	25.9
	150.2	141.8	132.8	123.2	128.4	121.5	114.1	106.2	109.3	103.6	97.6	91.1	84.1	88.6	83.6	78.2	72.3	76.4	72.0	67.5	62.6
45	33.3	32.7	32.1	31.3	31.6	31.1	30.6	30.0	30.1	29.7	29.2	28.7	28.1	28.4	28.0	27.6	27.1	27.4	27.0	26.7	26.3
	157.4	149.1	140.2	130.6	134.5	127.6	120.4	112.5	114.5	108.8	102.7	96.4	89.4	93.0	87.9	82.7	76.9	80.1	75.8	71.3	66.5
46	33.9	33.3	32.6	31.9	32.1	31.6	31.0	30.4	30.5	30.1	29.6	29.1	28.6	28.8	28.4	27.9	27.5	27.7	27.4	27.0	26.6
	164.7	156.4	147.6	138.2	140.7	133.8	126.6	118.8	119.7	114.0	108.0	101.6	94.8	97.3	92.5	87.1	81.4	83.9	79.5	75.0	70.4

esempio

Se intendiamo riscaldare un salone 8,50 x 4,50 metri h 2,80 avente una dispersione di picco pari a 3107 W, possiamo calcolare molto facilmente la resa specifica necessaria dal rapporto tra dispersione di picco ed area del pavimento in cotto, superficie che intendiamo utilizzare per intero.

La resa specifica unitaria necessaria risulta quindi essere: $3107 \text{ W} / (8,50 \times 4,50) \text{ m}^2 = 3107 \text{ W} / 38,25 \text{ m}^2 = 81,2 \text{ W/m}^2$

A questo punto possiamo risolvere il problema utilizzando, con pari risultati pratici :

- pannelli con interasse 0,10 e salto 4K con una mandata di 36,0°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 382 metri
- pannelli con interasse 0,15 e salto 9K con una mandata di 40,0°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 255 metri
- pannelli con interasse 0,20 e salto 5K con una mandata di 40,0°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 191 metri
- pannelli con interasse 0,20 e salto 7K con una mandata di 40,5°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 191 metri
- pannelli con interasse 0,25 e salto 5K con una mandata di 42,5°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 153 metri
- pannelli con interasse 0,30 e salto 5K con una mandata di 45,0°C ed un utilizzo di tubazioni pari a 127 metri