

Progettazione Tecnologica e Impianti

IMPIANTI TECNICI



Ing. Diego Danieli

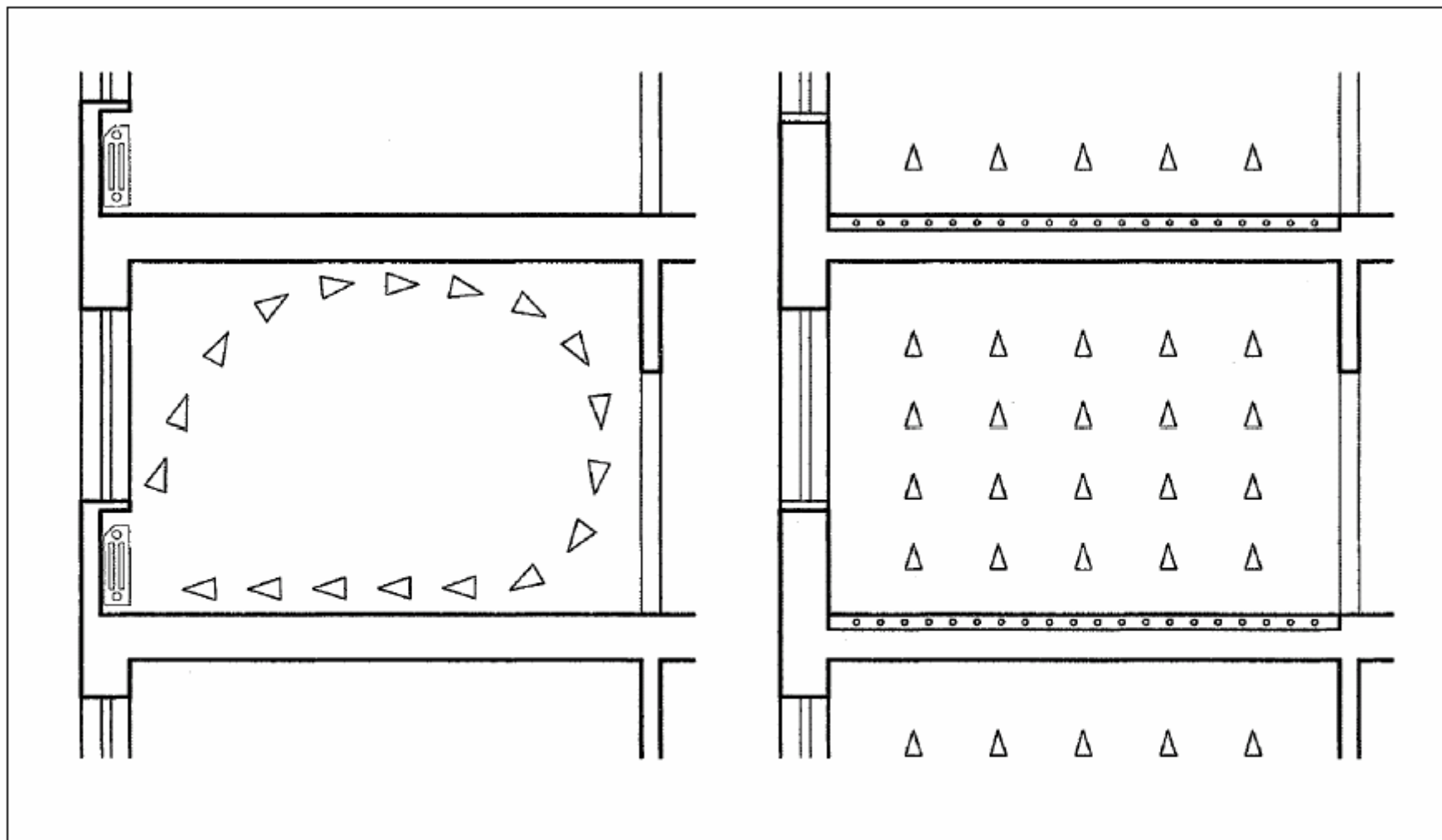
GLI IMPIANTI A PANNELLI RADIANTI



VANTAGGI OFFERTI DAGLI IMPIANTI A PANNELLI

I principali vantaggi che gli impianti a pannelli possono offrire riguardano:

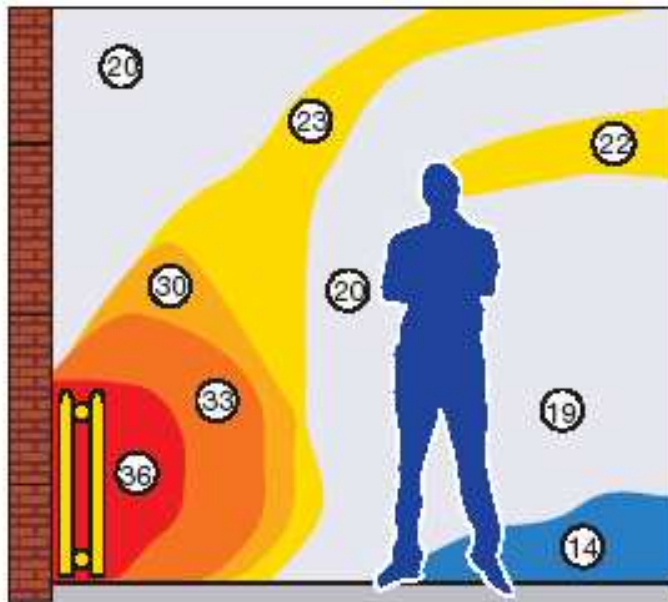
- il benessere termico,
- la qualità dell'aria,
- le condizioni igieniche,
- l'impatto ambientale,
- il calore utilizzabile a bassa temperatura,
- il risparmio energetico.



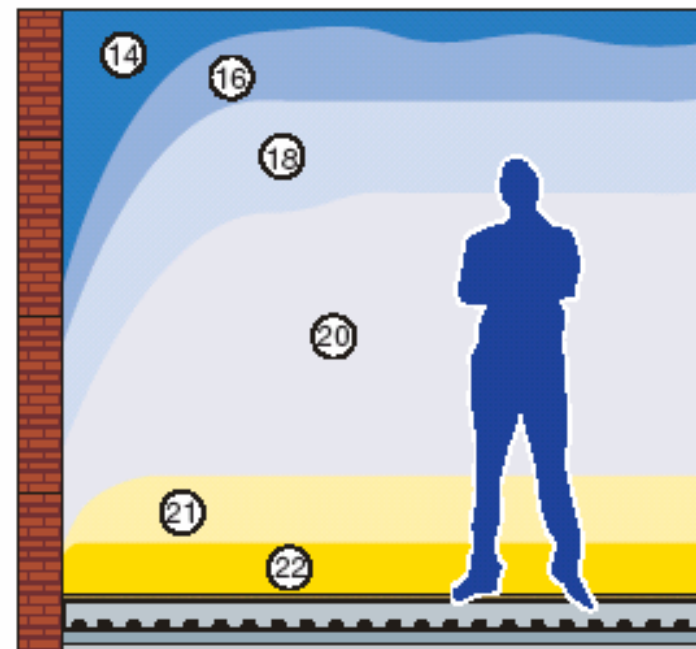
Flussi convettivi
in un impianto a radiatori

Irraggiamento
in un impianto a pannelli

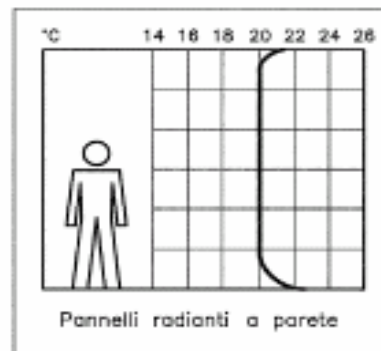
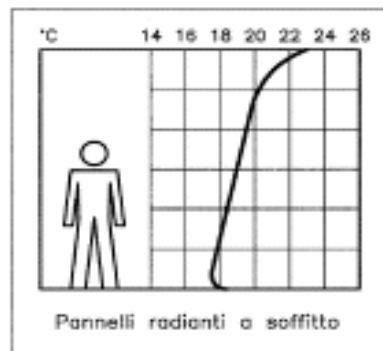
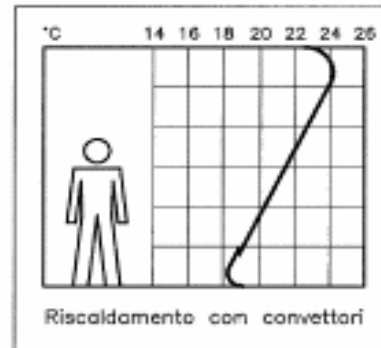
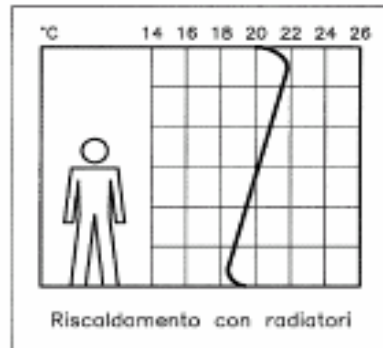
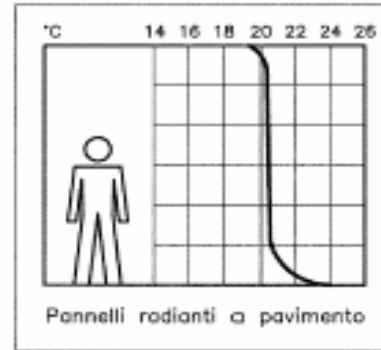
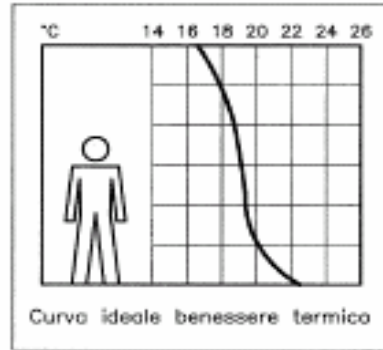
Minime dispersioni, massimi rendimenti



Riscaldamento tradizionale



Riscaldamento a pannelli radianti



QUALITÀ DELL'ARIA

Il riscaldamento a pannelli è in grado di evitare due inconvenienti tipici degli impianti a corpi scaldanti:

1. la combustione del pulviscolo atmosferico , che può causare senso di arsuratura e irritazione alla gola;
2. l'elevata circolazione di polvere, che (specie nei locali poco puliti) può essere causa di allergie e difficoltà respiratorie.



Ing. Diego Danieli

CALORE UTILIZZABILE A BASSA TEMPERATURA

Per merito della loro elevata superficie disperdente, gli impianti a pannelli possono riscaldare con basse temperature del fluido termovettore.

Questa caratteristica rende conveniente il loro uso con sorgenti di calore la cui resa (termodinamica o economica) aumenta al diminuire della temperatura richiesta, come nel caso di:

- pompe di calore,
- caldaie a condensazione,
- pannelli solari,
- sistemi di recupero del calore,
- sistemi di teleriscaldamento, con costo del calore legato (direttamente o indirettamente) alla temperatura di ritorno del fluido primario.



Ing. Diego Danieli

RISPARMIO ENERGETICO

Rispetto ai sistemi di riscaldamento tradizionali, gli impianti a pannelli consentono apprezzabili risparmi energetici essenzialmente per due motivi:

1. la maggior temperatura operante che consente (a pari temperatura ambiente) risparmi medi variabili dal 5 al 10%;
2. il minor gradiente termico tra pavimento e soffitto che comporta risparmi energetici tanto più elevati quanto maggiore è l'altezza dei locali.

Motivi (seppur meno importanti) di risparmio energetico possono considerarsi anche:

- l'uso di basse temperature che riduce le dispersioni lungo le tubazioni,
- il non surriscaldamento delle pareti poste dietro i radiatori,
- la mancanza di moti convettivi d'aria calda sulle superfici vetrate.

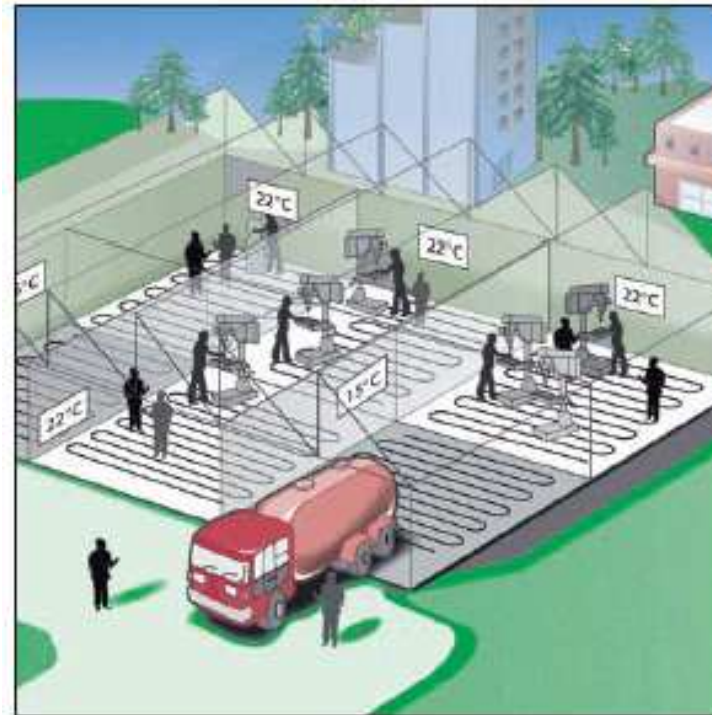
Mediamente gli impianti a pannelli (sempre in relazione agli impianti di tipo tradizionale) consentono un risparmio energetico variabile dal 10 al 15%.

Ing. Diego Danieli

Un sistema ideale per tutti gli spazi



Per tutti i rivestimenti



Ing. Diego Danieli

LIMITI E SVANTAGGI DEGLI IMPIANTI A PANNELLI

Riguardano essenzialmente aspetti connessi (1) alla temperatura superficiale del pavimento, (2) all'inerzia termica dell'impianto e (3) a difficoltà d'ordine progettuale.

Progettazione e supporto per la posa

Progettazione a cura di Geberit

Per la realizzazione di un impianto a pannelli radianti è necessario fornire i seguenti dati tecnici:

- Planimetria dell'edificio
- Fabbisogno termico
- Rivestimento dei pavimenti (ceramica, gres, legno, pietra, ecc.)
- Posizioni dei distributori a collettore
- Temperature locali sottostanti (locali riscaldati e non).
- Eventuali temperature d'esercizio della caldaia.

RAFFRESCAMENTO DEI LOCALI

Gli impianti a pannelli consentono anche il raffrescamento dei locali. Si deve tuttavia considerare che essi presentano in merito due limiti ben precisi:

1. la limitata resa frigorifera,
2. l'incapacità di deumidificare.

La bassa resa frigorifera dipende dal fatto che negli impianti a pannelli non è possibile abbassare troppo la temperatura del pavimento senza provocare fenomeni di condensa superficiale. Per questo motivo risulta difficile ottenere potenze frigorifere superiori a $40\text{-}50\text{ W/m}^2$.

L'incapacità di deumidificare dipende invece dalla natura stessa degli impianti a pannelli i cui terminali (cioè i pavimenti) non possono far condensare ed evacuare parte dell'acqua contenuta nell'aria.

Condizioni igrometriche di benessere si possono pertanto ottenere solo con l'aiuto di deumidificatori: vale a dire con integrazioni dell'impianto a pannelli che comportano costi ed ingombri non sempre accettabili.

COSTI DI REALIZZAZIONE E DI GESTIONE

Si può comunque ritenere che gli impianti a pannelli costino mediamente dal 10 al 30% in più degli impianti a radiatori con regolazione climatica.

Per quanto riguarda invece i costi di gestione, gli impianti a pannelli consentono risparmi mediamente variabile dal 10 al 15% rispetto agli impianti tradizionali (ved. sottocapitolo RISPARMIO ENERGETICO). E consentono pertanto di ammortizzare in tempi relativamente brevi il maggior costo sostenuto per la loro realizzazione.

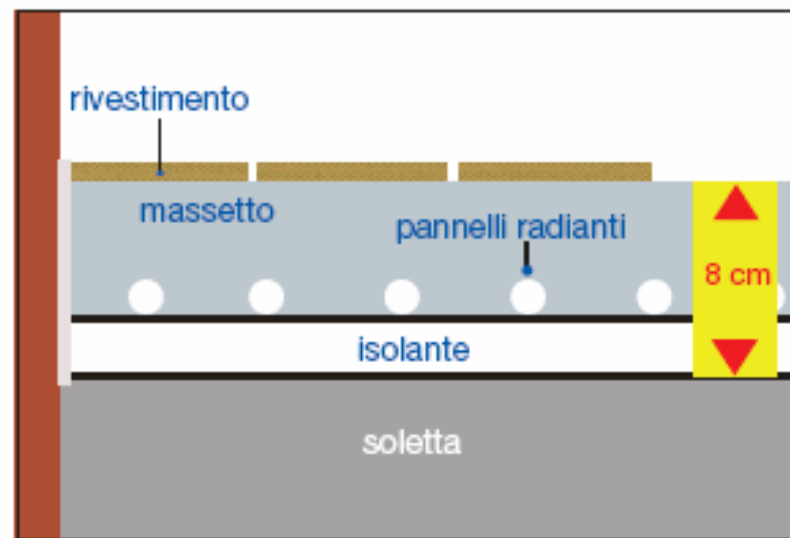


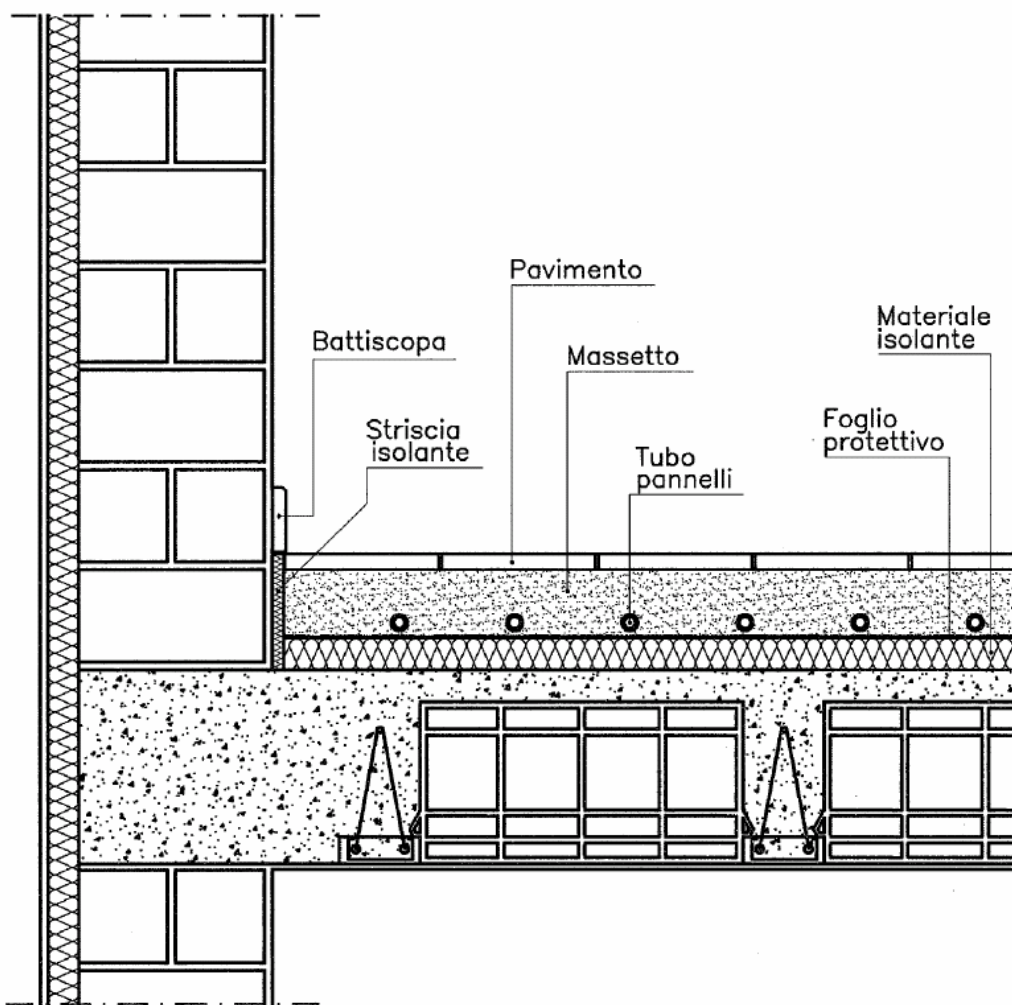
Ing. Diego Danieli

STRUTTURE DI CONTENIMENTO DEI PANNELLI

Sono costituite essenzialmente dalla soletta (o dal getto su terra), dal materiale isolante, dal massetto e dal pavimento.

In 8 cm di altezza

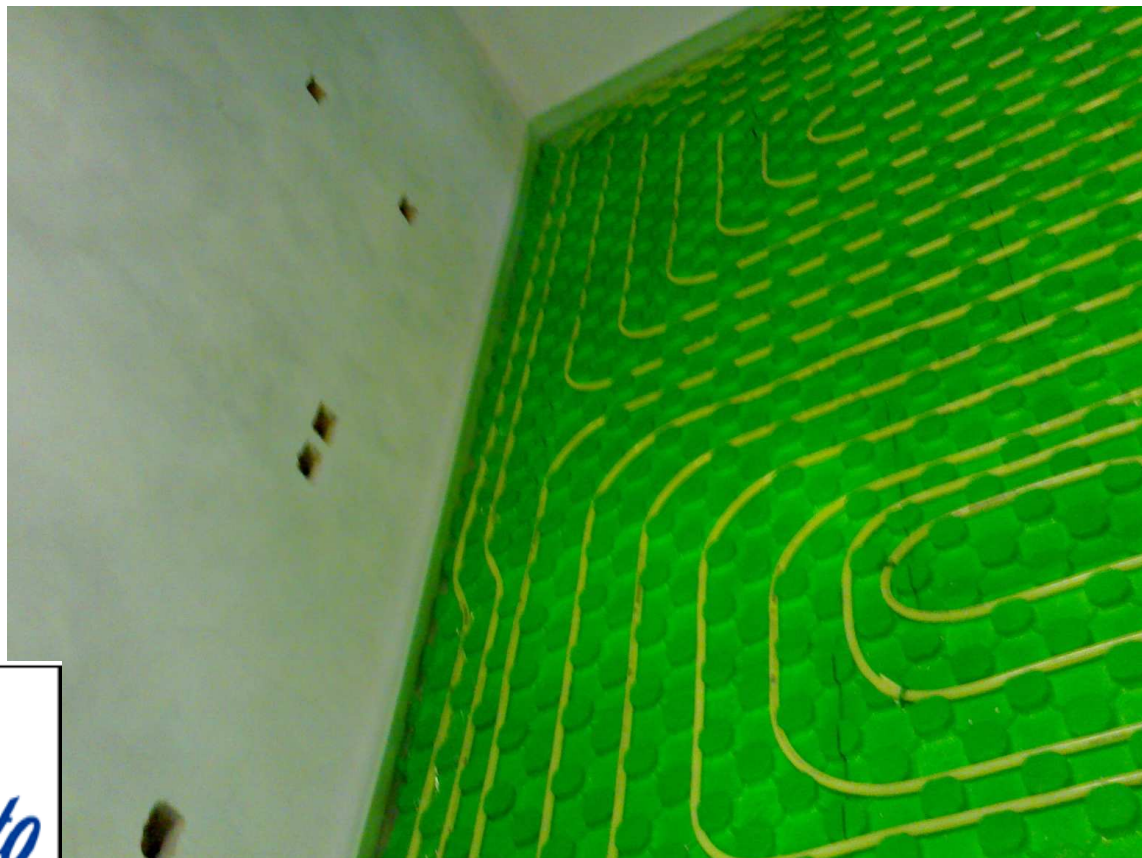


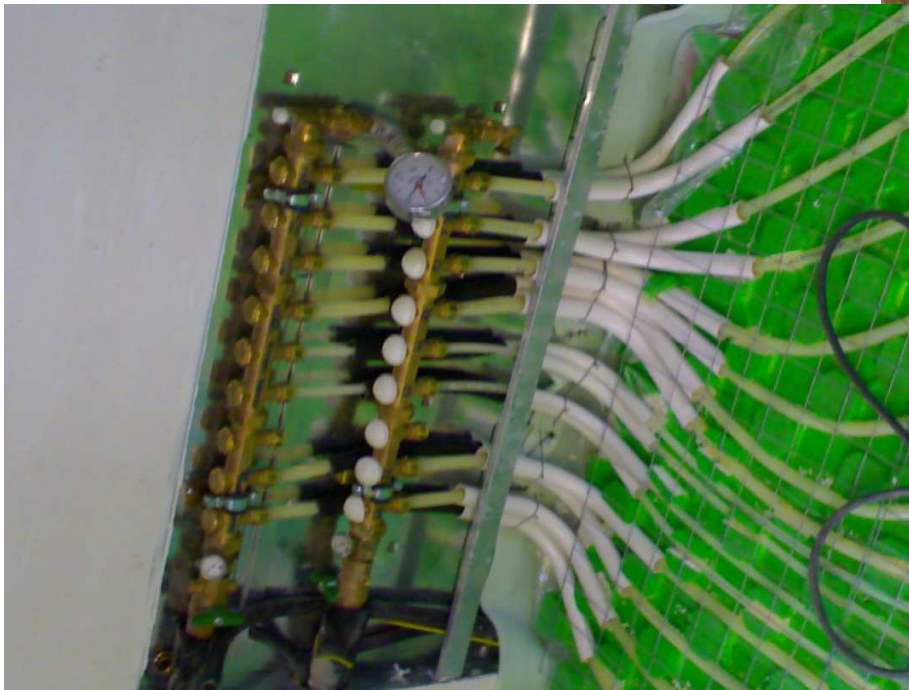
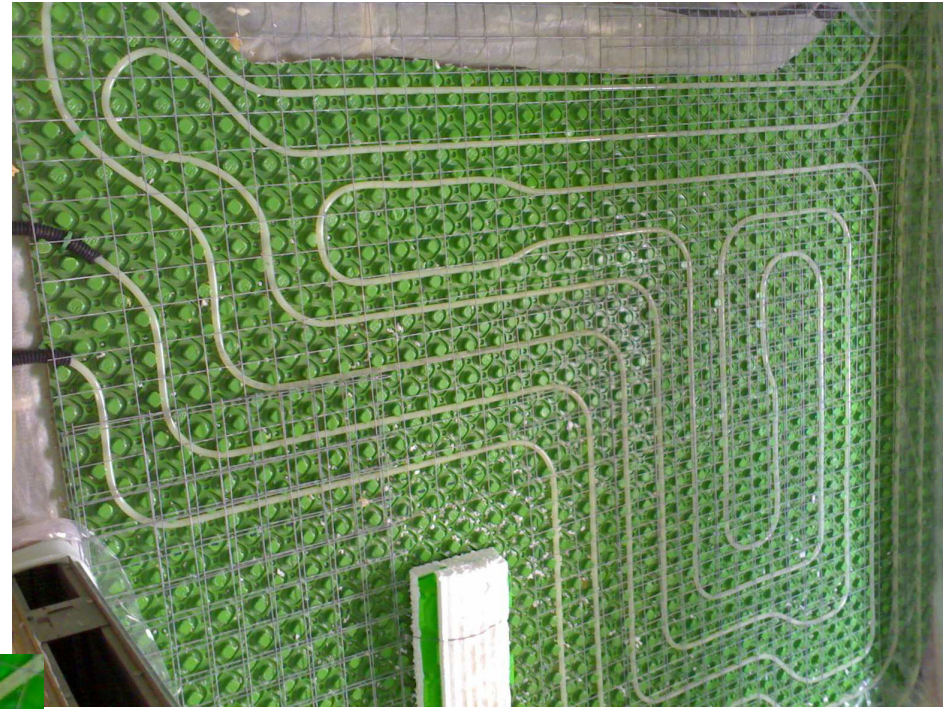
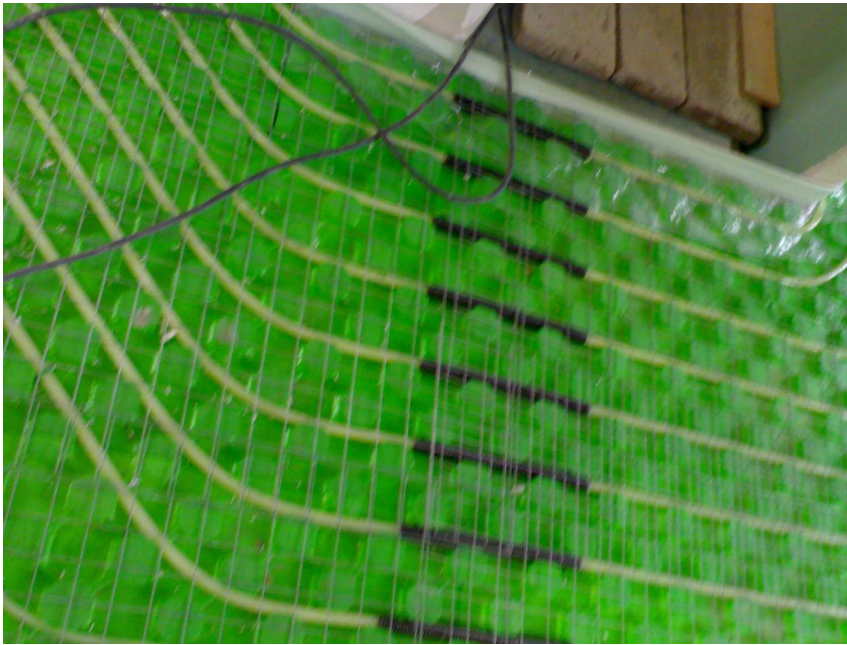


Soletta radiante tipo

I materiali isolanti più utilizzati sono quelli in polistirene e in poliuretano. Talvolta si utilizzano anche calcestruzzi alleggeriti, ma il loro uso è in genere sconsigliato perché comporta elevati valori di inerzia termica.

Gli isolanti possono essere a superfici piane oppure a superfici preformate per l'ancoraggio diretto dei tubi.



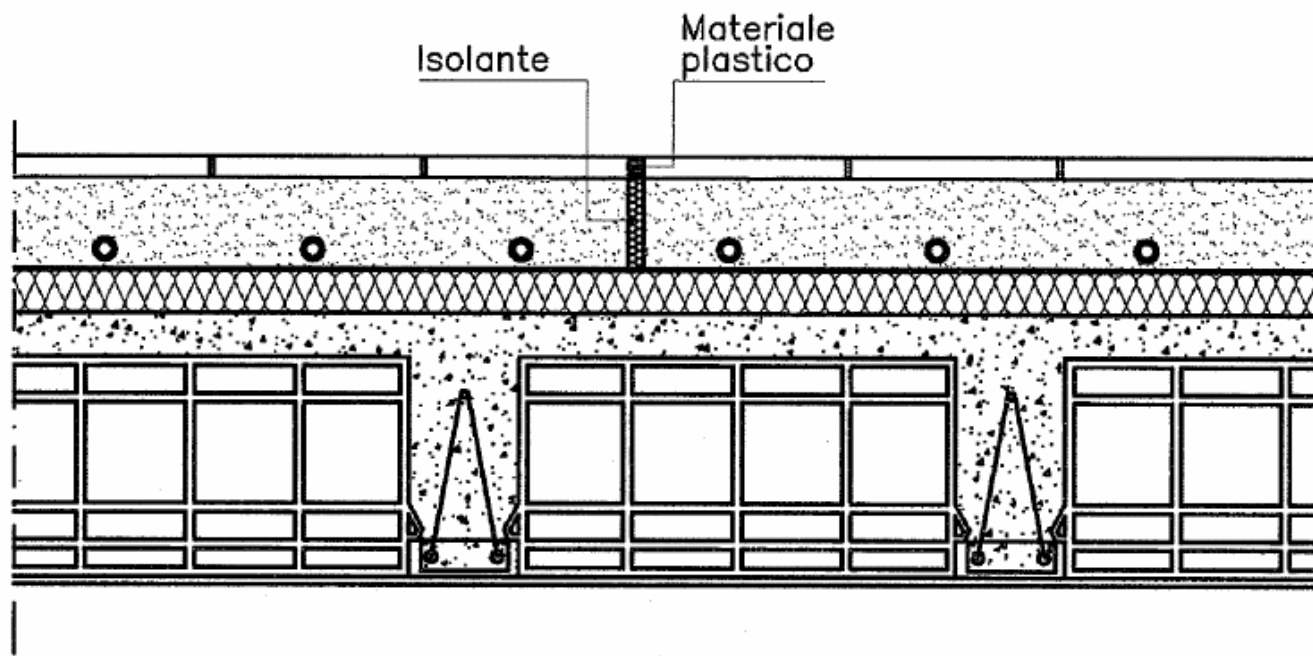


Ing. Diego Danieli

GIUNTI PRINCIPALI

Servono a consentire la dilatazione del massetto in corrispondenza dei giunti strutturali dell'edificio e nei casi di ampie superfici.

Senza giunti di questo tipo, non è consigliabile realizzare pavimenti con superfici che superano i 40 m², oppure con un lato superiore a 8 m. Nei locali con sviluppo ad L, la superficie massima realizzabile può essere estesa fino a 80 m².



Esempio di giunto principale

MASSETTO

Deve essere realizzato con un impasto fluido per evitare la formazione di piccole sacche d'aria che possono essere d'ostacolo alla regolare trasmissione del calore. Per migliorare la fluidità del getto spesso vengono utilizzati anche appositi additivi chimici.

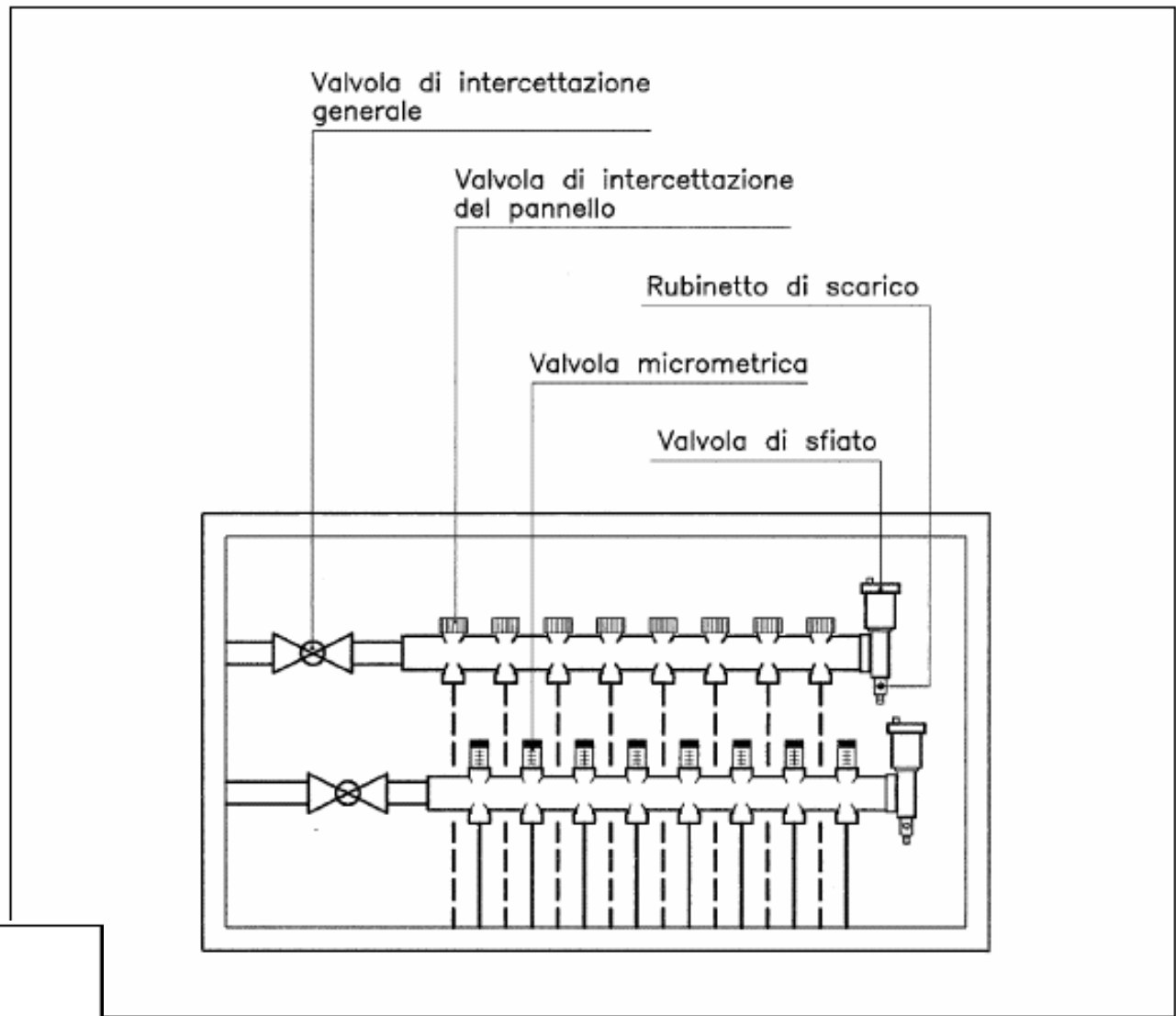
I componenti e le proporzioni dell'impasto dipendono dalla classe di resistenza che si intende ottenere.

Lo spessore minimo del massetto sopra i tubi deve essere uguale a:

- 20 mm per massetti di rasatura , cioè per massetti sopra cui si prevede di realizzare successivamente un sottofondo per la messa in opera del pavimento.
- 40 mm per massetti di finitura, cioè per massetti sopra cui si prevede di realizzare subito la posa del pavimento o di “incollarlo” successivamente.



Ing. Diego Danieli

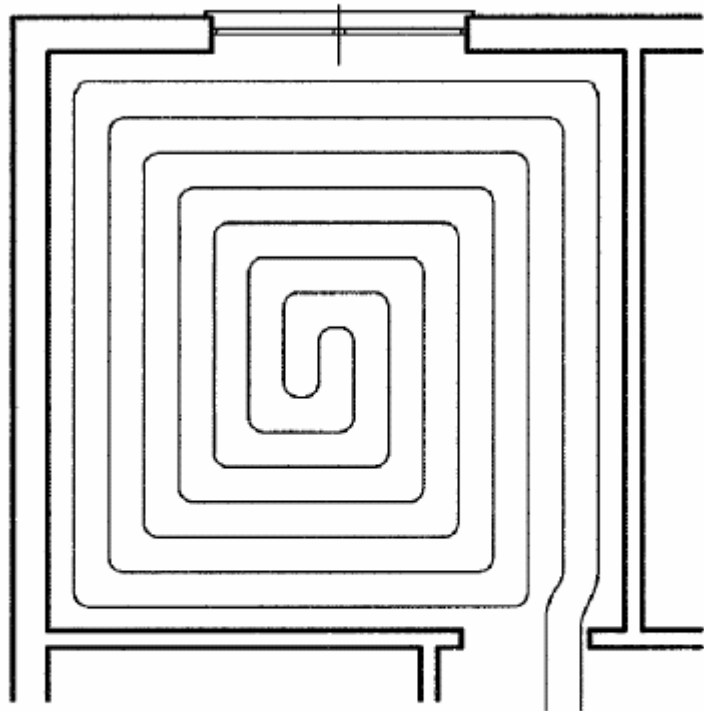


Normalmente si utilizzano tubi in polietilene reticolato (PEX), polibutene (PB) e polipropilene (PP).

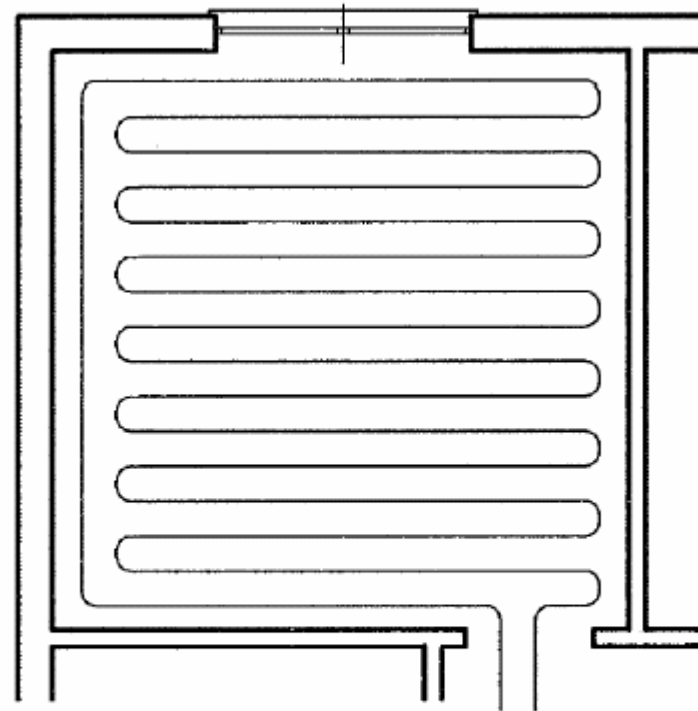
Tutti i tubi in materia plastica devono essere dotati di **barriere contro la diffusione dell'ossigeno**. Si deve infatti impedire il diffondersi, all'interno dei tubi, dell'ossigeno contenuto nell'aria perché questo gas può causare la corrosione della caldaia e dei tubi metallici.

I diametri solitamente utilizzati per realizzare i pannelli sono il 16/13 e il 20/16. Il 12/10 e il 25/20 sono riservati solo ad applicazioni speciali.

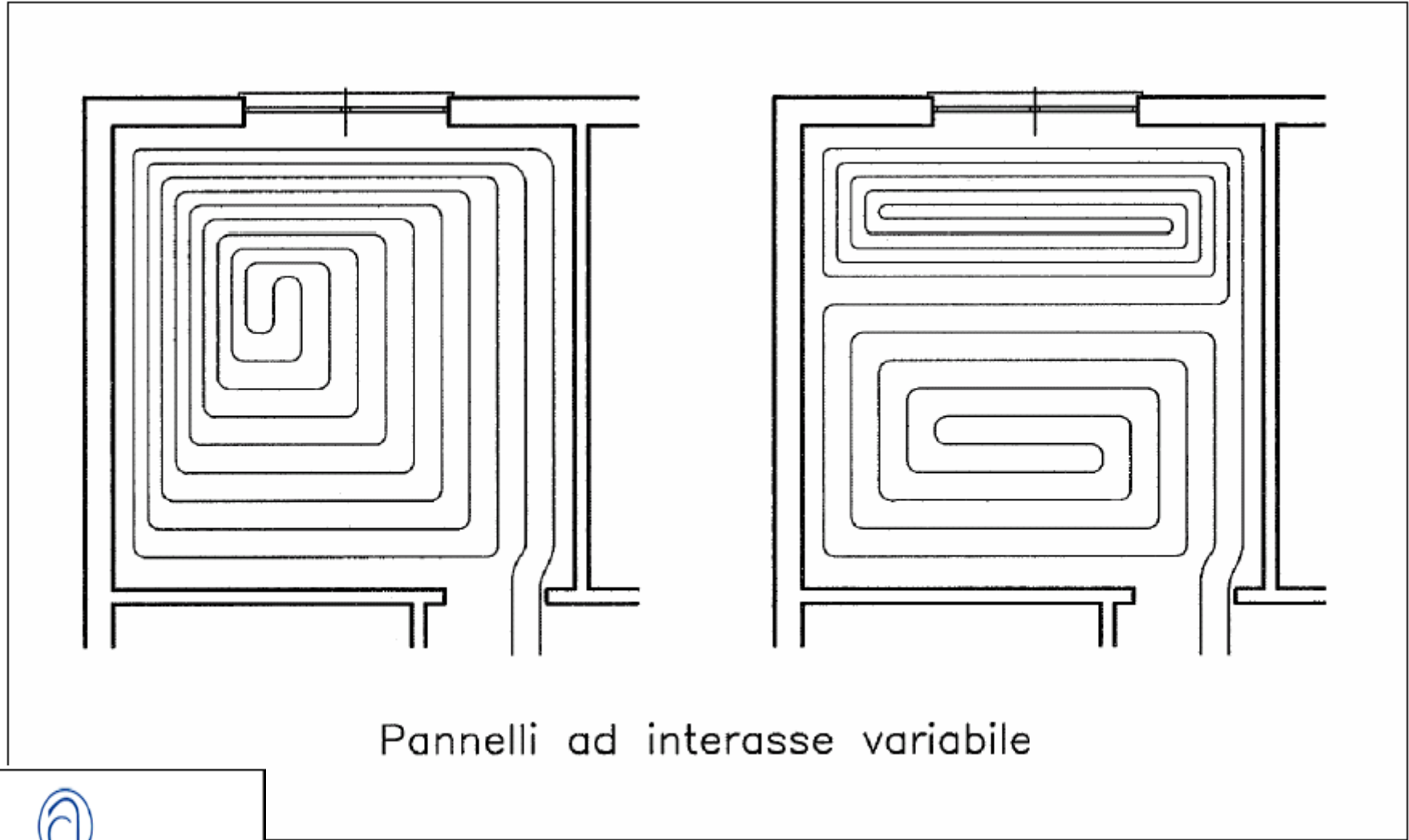




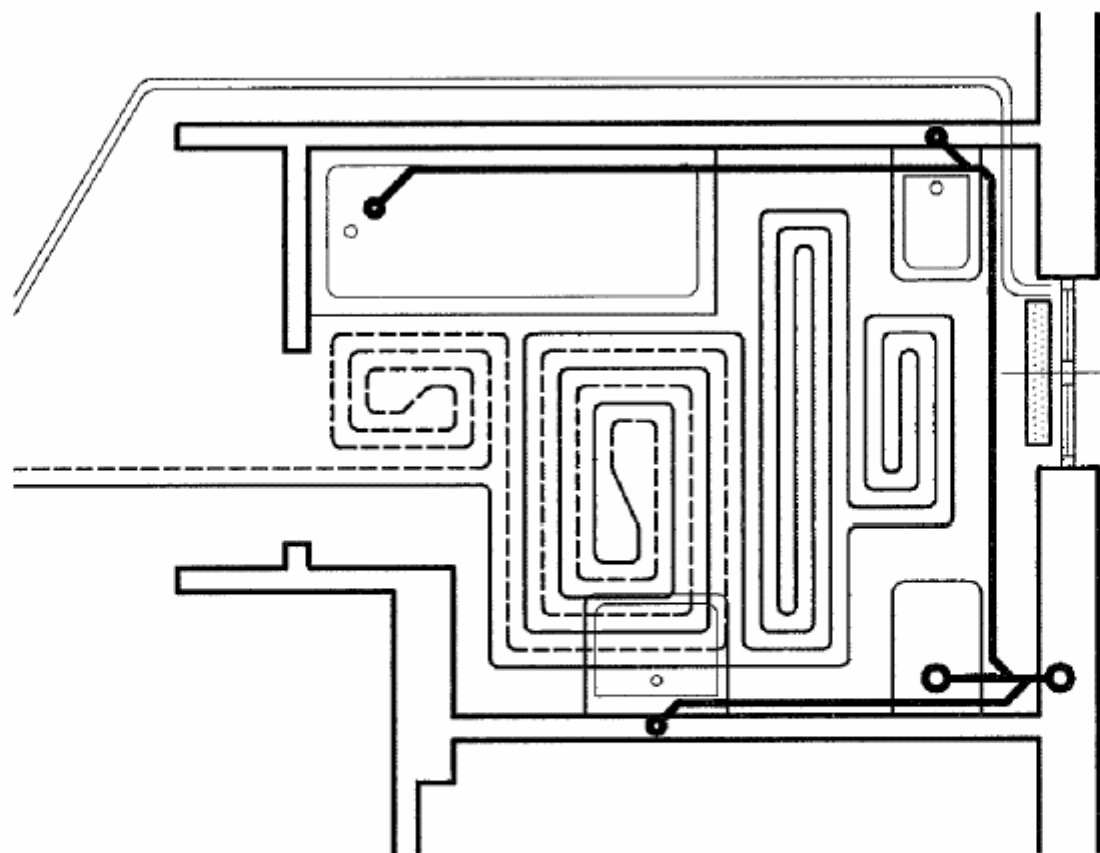
Pannelli a spirale
con interasse costante



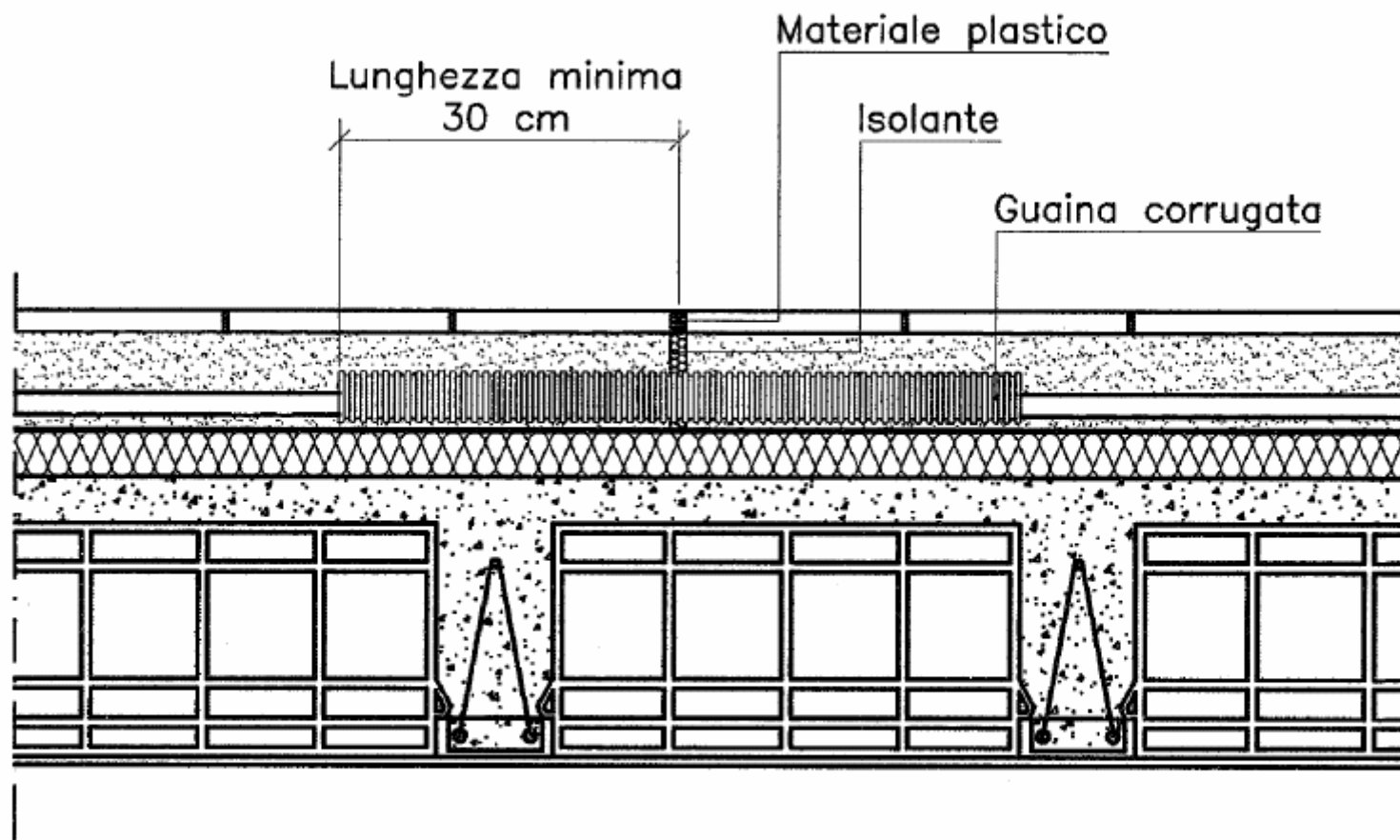
Pannelli a serpentine
con interasse costante



Pannelli ad interasse variabile



Sviluppo del pannello e degli scarichi in un bagno
con WC e bidet a pavimento

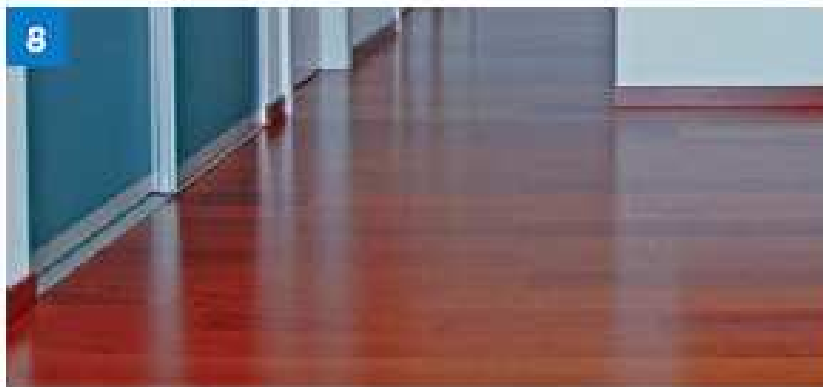


Attraversamento di un giunto principale

Le fasi della posa



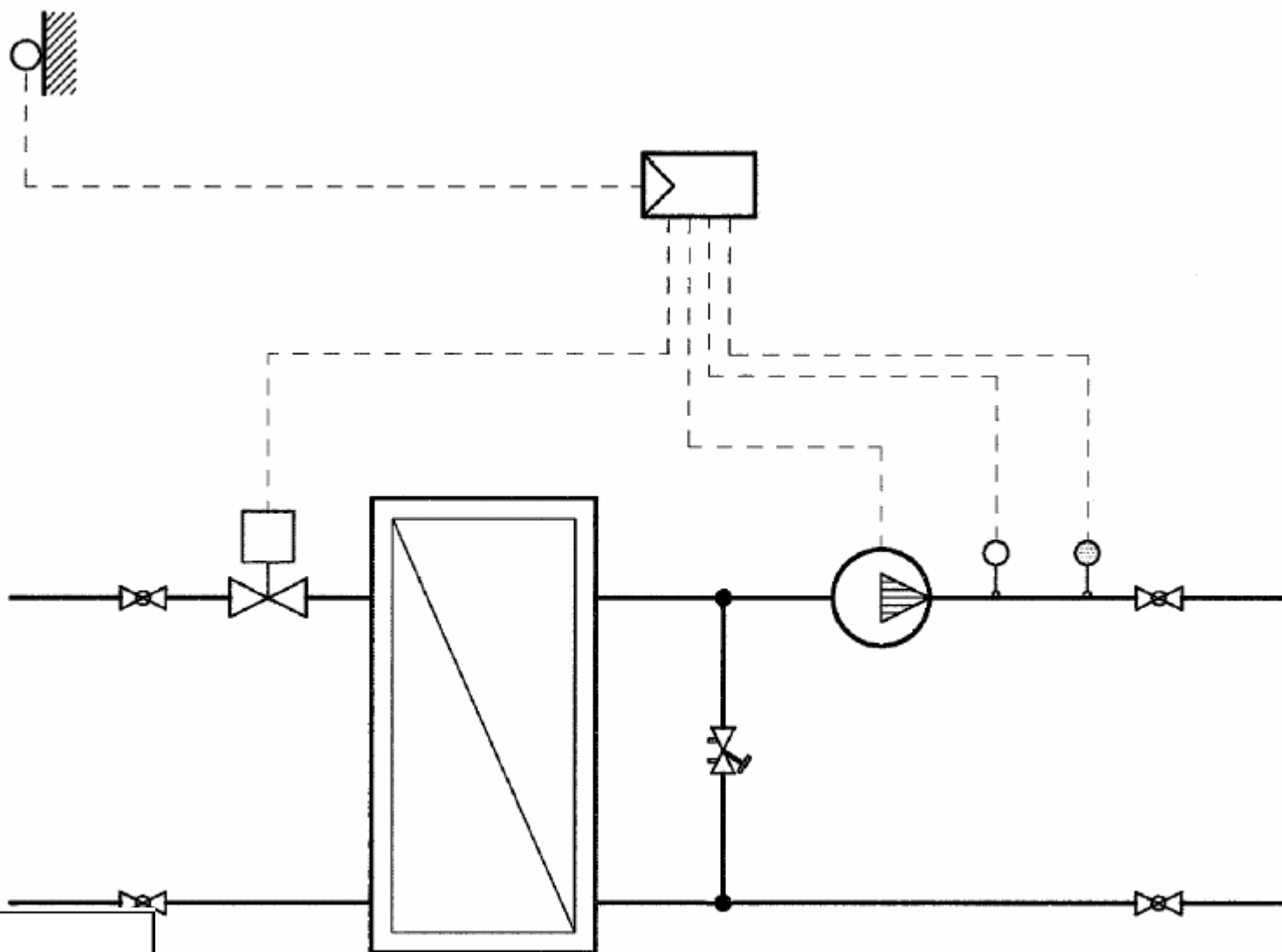




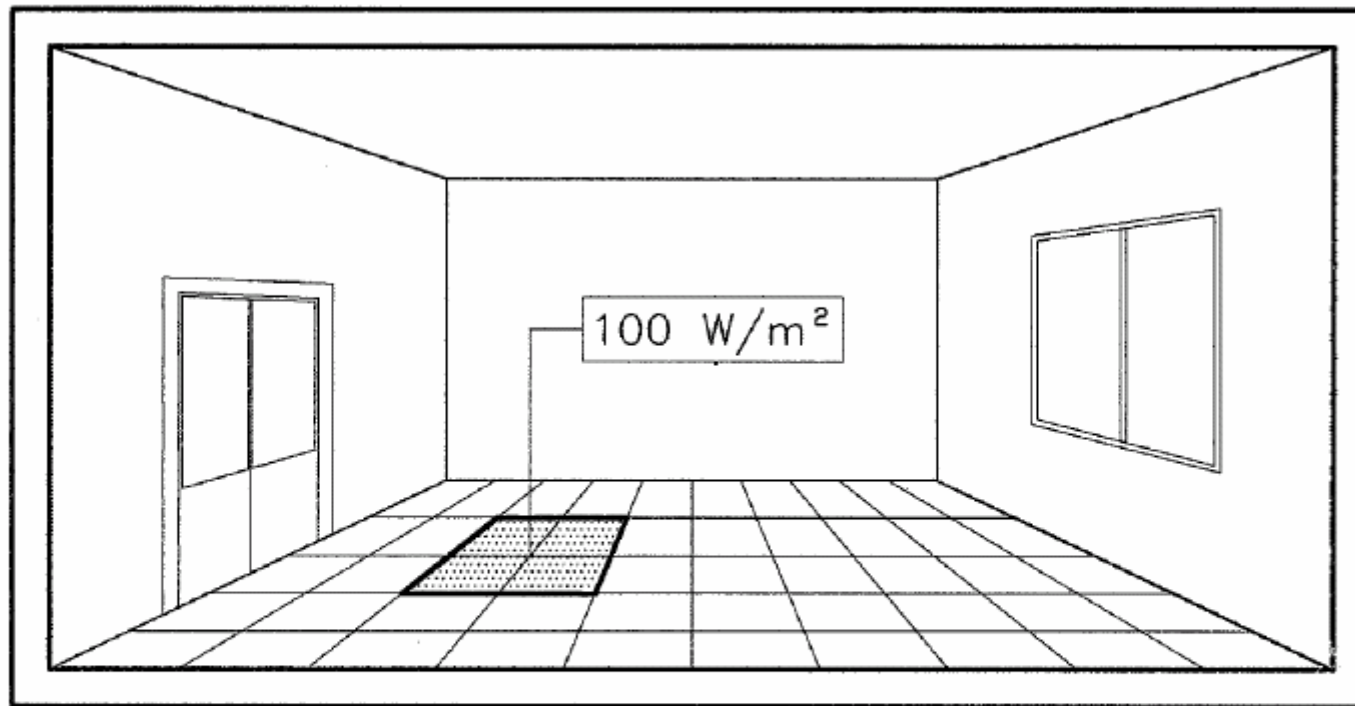
8) Posa del massetto e del rivestimento

Il riscaldamento del pavimento non deve iniziare prima che siano passati 21 giorni dalla posa del massetto.

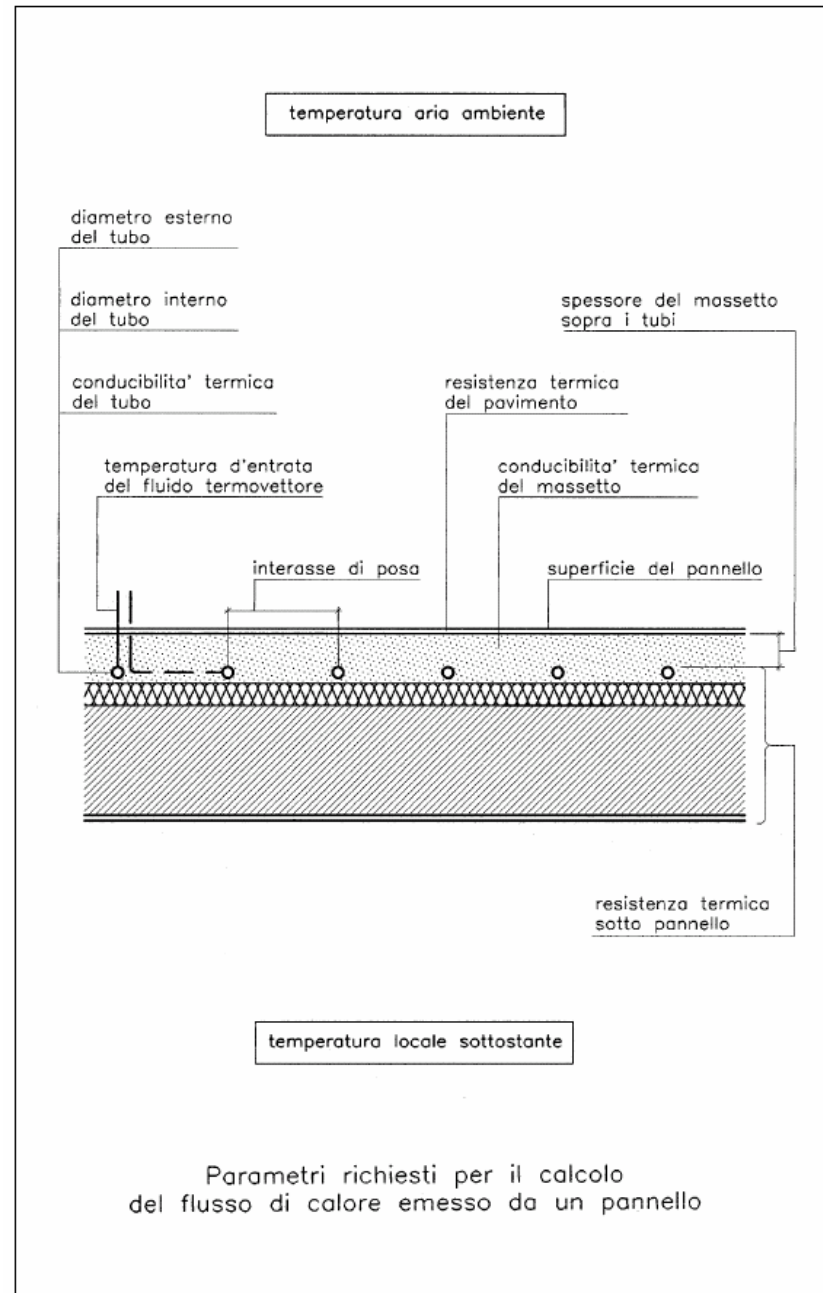
Il rivestimento è consigliato dopo 28 giorni dalla posa del massetto.



FLUSSO DI CALORE EMESSO DA UN PANNELLO



Potenza termica specifica massima cedibile
in ambienti dove ci si sofferma in permanenza



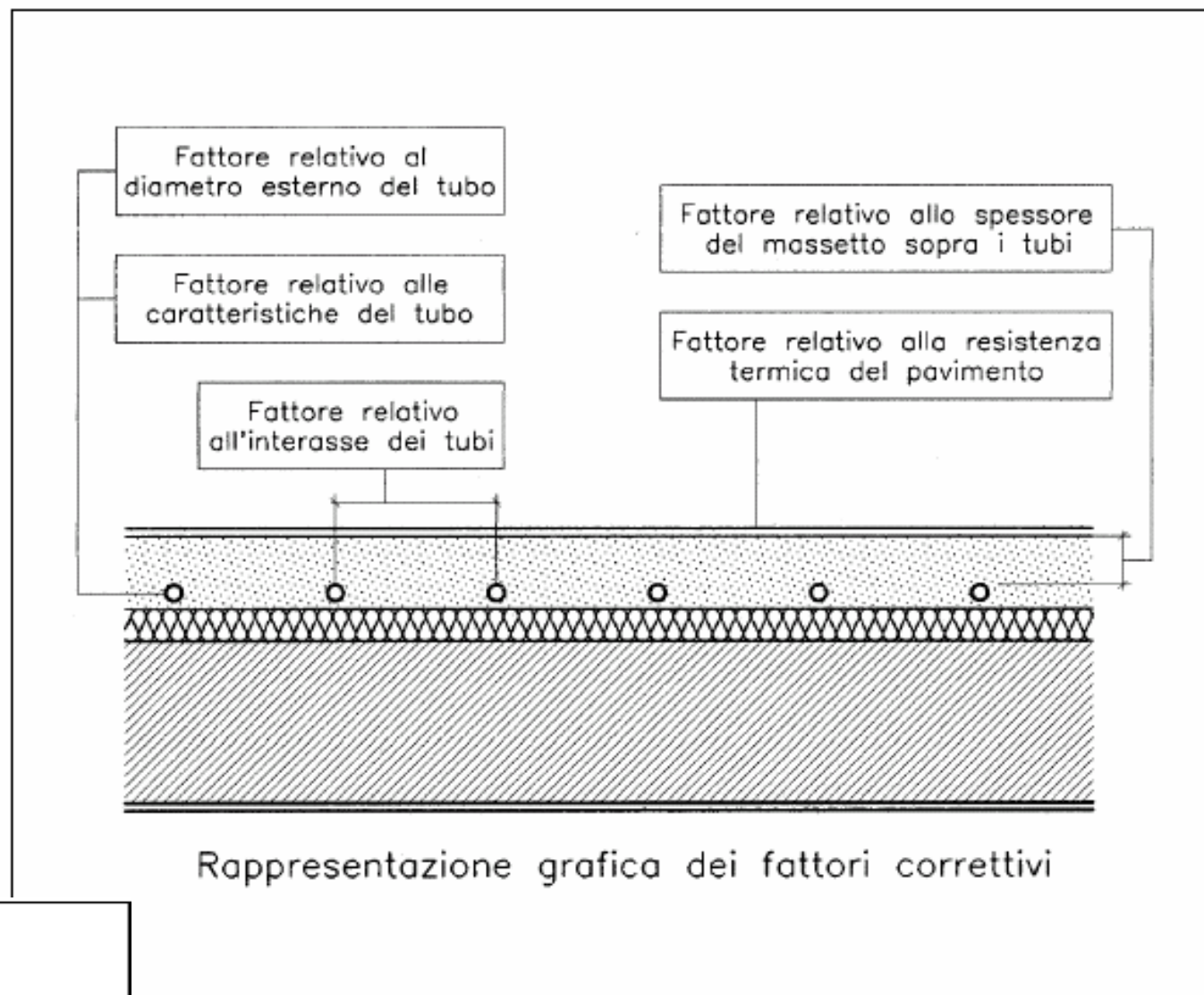
FLUSSO DI CALORE VERSO L'ALTO EMESSO DA UN PANNELLO (1)

Si calcola con la formula:

$$Q = S \cdot \Delta t \cdot B \cdot F_p \cdot F_I \cdot F_m \cdot F_D \quad (1)$$

- dove:
- Q = flusso di calore verso l'alto emesso dal pannello, W
 - S = superficie coperta dal pannello, m²
 - Δt = media logaritmica fra la temperatura del fluido e la temperatura ambiente, °C
 - B = fattore relativo alle caratteristiche del tubo, W/m²K

 - F_p = fattore relativo alla resistenza termica del pavimento, adimensionale
 - F_I = fattore relativo all'interasse dei tubi, adimensionale
 - F_m = fattore relativo allo spessore del massetto sopra i tubi, adimensionale
 - F_D = fattore relativo al diametro esterno del tubo, adimensionale



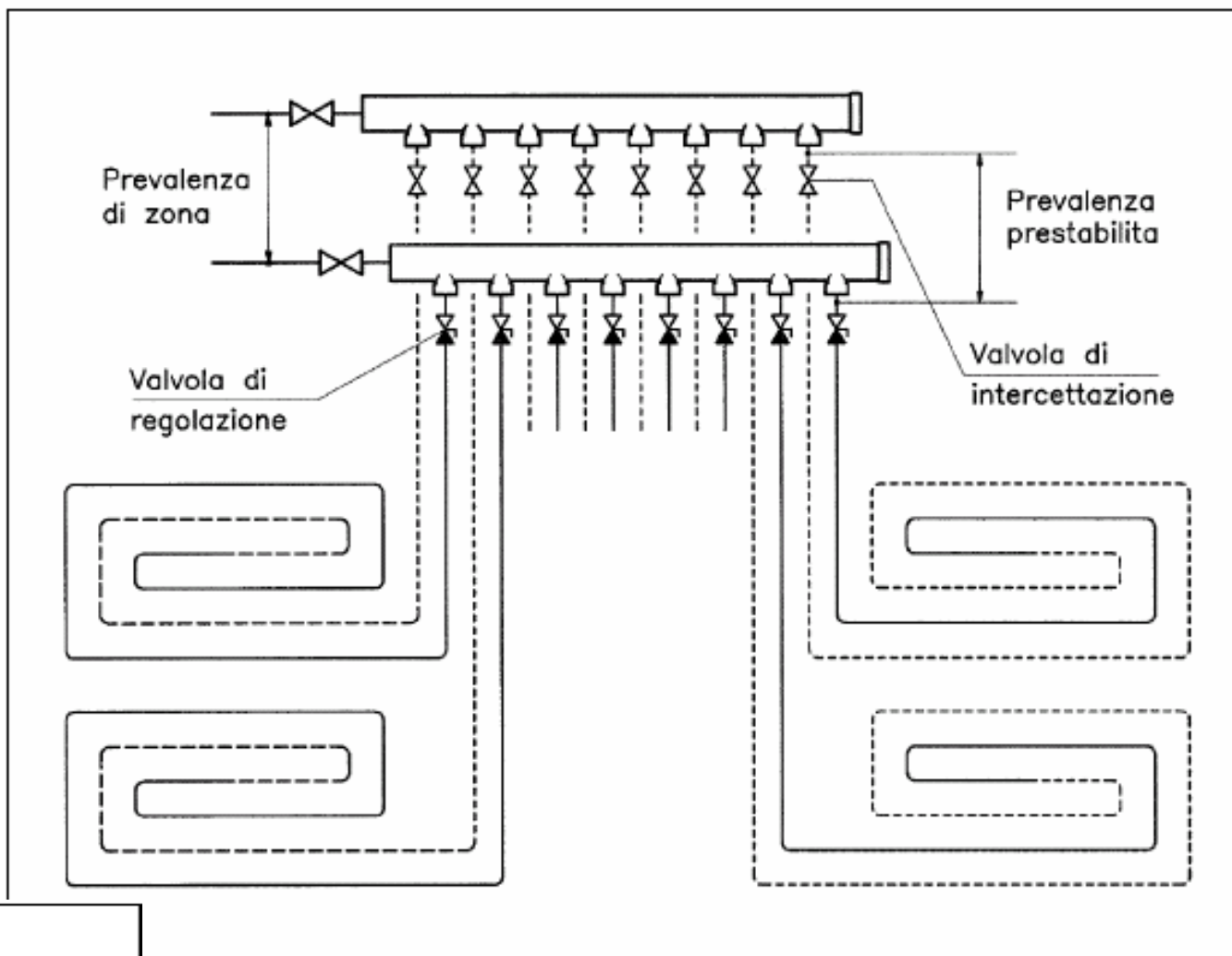
Rappresentazione grafica dei fattori correttivi

DIMENSIONAMENTO DEI PANNELLI

- A. verifica delle condizioni di benessere fisiologico,
- B. determinazione della temperatura di ritorno,
- C. determinazione della portata,
- D. determinazione della lunghezza del pannello,
- E. determinazione delle perdite di carico del pannello,
- F. verifica di accettabilità della prevalenza richiesta,
- G. determinazione e verifica di altri parametri,
- H. prevalenza di zona.



Ing. Diego Danieli



$$Q < Q_{\max} = S \cdot q_{\max} \quad (1)$$

dove:

Q = potenza termica richiesta al pannello, W

Q_{\max} = potenza massima cedibile dal pannello, W

S = superficie coperta dal pannello, m^2

q_{\max} = potenza specifica massima cedibile dal pannello, W/m^2

essendo:

$q_{\max} = 100 \text{ W/m}^2$ in ambienti dove ci si sofferma in permanenza;

$q_{\max} = 150 \text{ W/m}^2$ in locali bagno, docce e piscine;

$q_{\max} = 175 \text{ W/m}^2$ in zone perimetrali o in locali dove si accede raramente.

Se Q è maggiore di Q_{\max} , si deve cedere col pannello una potenza termica inferiore o uguale a Q_{\max} e ricorrere, per la potenza mancante, ad un corpo

integrativo.

La lunghezza del pannello si calcola con la relazione:

$$L = L_a + \frac{S}{I} \quad (2)$$

dove:

L = lunghezza del pannello, m

L_a = lunghezza di adduzione (andata e ritorno) fra il collettore e il pannello, m

S = superficie coperta dal pannello, m²

I = interasse del pannello, m

E - Determinazione delle perdite di carico del pannello

Le perdite di carico totali del pannello si calcolano sommando fra loro le perdite di carico continue e localizzate, il cui valore si determina come segue:

- le perdite di carico continue si calcolano moltiplicando la lunghezza del pannello per le perdite di carico unitarie;
- le perdite di carico localizzate si calcolano sommando fra loro le perdite di carico dovute:
 - alla valvola di intercettazione del pannello,
 - alle curve del pannello (mediamente queste perdite si considerano comprese fra il 20 e il 30% delle perdite di carico continue).



Ing. Diego Danieli

INTERASSI

Possono variare fino a 30 cm in applicazioni di tipo civile o comunque in ambienti dove ci si sofferma in permanenza.

Possono invece variare fino a 40 cm in applicazioni di tipo industriale o commerciale (ad esempio in capannoni, magazzini o garages).

La griglia (o la serie) di interassi possibili dipende dai supporti di fissaggio (rete o profilati) o dai pannelli preformati che si intendono adottare.

Le griglie più utilizzate sono le seguenti:

7,5 15,0 22,5 30,0 37,5

5,0 10,0 15,0 20,0 30,0

8,0 16,0 24,0 32,0 40,0



Ing. Diego Danieli

PREVALENZA PRESTABILITA

È la prevalenza che si ipotizza disponibile agli estremi del pannello. Generalmente conviene che questa grandezza sia variabile da:

- 1.200 a 1.500 mm c.a. per gruppi termici murali, in quanto dotati di circolatori a limitata prevalenza;
- 1.500 a 2.500 mm c.a. per caldaie a terra, scambiatori o pompe di calore.

TEMPERATURA MASSIMA DI PROGETTO

È la temperatura massima del fluido scaldante che circola nei pannelli. Per questa grandezza conviene adottare valori variabili da:

- 45 a 55°C con caldaie tradizionali;
- 40 a 45°C con teleriscaldamento, caldaie a condensazione, pompe di calore;
- 32 a 38°C con pannelli solari.

Tali valori consentono di ottenere un buon compromesso fra due diverse esigenze:

- limitare la lunghezza (e quindi il costo) dei pannelli,
- ottimizzare il rendimento della sorgente di calore.

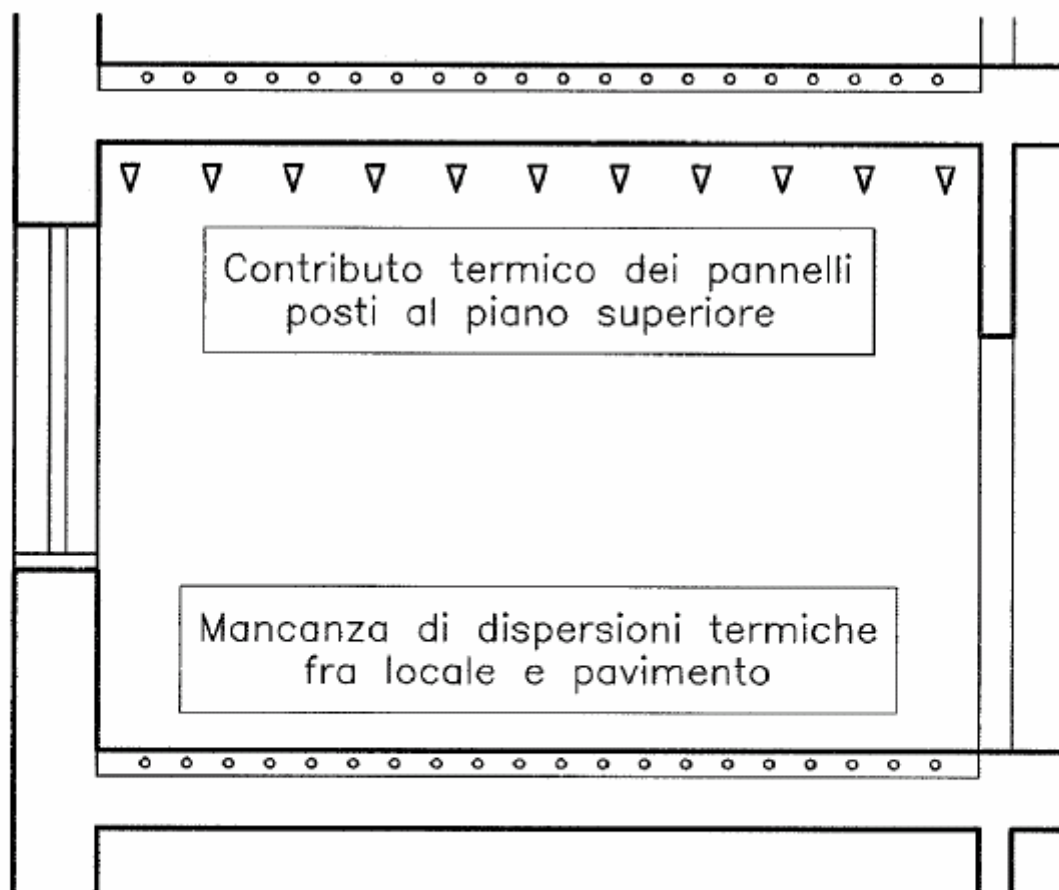
POTENZA TERMICA RICHIESTA

È la potenza richiesta al pannello per poter far fronte al fabbisogno termico del locale da riscaldare. Tale fabbisogno deve essere calcolato considerando due aspetti tipici dei locali riscaldati con impianti a pannelli:

- la mancanza di dispersioni termiche attraverso i pavimenti,
- il contributo termico di eventuali pannelli posti al piano superiore.



Ing. Diego Danieli



Caratteristiche relative al calcolo del fabbisogno termico
di locali riscaldati con pannelli radianti a pavimento

TAB. 3 - Valori indicativi della potenza termica specifica massima [W/m²] cedibile da un pannello

R _p m ² K/W	Temperatura massima di progetto, °C										
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
0,000	48	58	68	79	89	99	109	119	130	140	150
0,010	45	54	64	74	83	93	102	112	121	131	141
0,020	42	51	60	69	78	87	96	105	114	124	133
0,030	40	48	57	66	74	83	91	100	108	117	126
0,040	38	46	54	62	70	79	87	95	103	111	119
0,050	36	44	52	59	67	75	83	90	98	106	114
0,060	34	42	49	57	64	72	79	86	94	101	109
0,070	33	40	47	54	61	68	76	83	90	97	104
0,080	31	38	45	52	59	66	73	79	86	93	100
0,090	30	37	43	50	57	63	70	76	83	90	96
0,100	29	35	42	48	55	61	67	74	80	87	93
0,110	28	34	40	46	53	59	65	71	77	83	90
0,120	27	33	39	45	51	57	63	68	74	80	86
0,130	26	32	37	43	49	55	60	66	72	78	83
0,140	25	31	36	42	47	53	58	64	70	75	81
0,150	24	30	35	40	46	51	57	62	67	73	78

TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL PAVIMENTO

Si calcola con la formula:

$$t_p = t_a + \left(\frac{q}{8,92} \right)^{\frac{1}{1,1}} \quad (5)$$

dove: t_p = temperatura superficiale del pavimento, °C

t_a = temperatura ambiente, °C

q = potenza termica specifica (verso l'alto) del pannello, W/m²

Per evitare condizioni di malessere fisiologico, è necessario che la temperatura superficiale a pavimento sia inferiore a:

- 29°C in ambienti dove ci si sofferma in permanenza,
- 33°C in locali bagno, docce e piscine,
- 35°C in zone perimetrali o in locali dove si accede raramente.

Il rispetto di tali valori comporta precisi limiti alla potenza termica cedibile da un pannello.

In particolare (con temperatura ambiente = 20°C) la potenza specifica massima cedibile da un pannello risulta:

- $q_{\max} = 8,92 \cdot (29 - 20)^{1,1} = 100 \text{ W/m}^2$ in ambienti dove ci si sofferma in permanenza.
- $q_{\max} = 8,92 \cdot (33 - 20)^{1,1} = 150 \text{ W/m}^2$ in locali bagno, docce e piscine.
- $q_{\max} = 8,92 \cdot (35 - 20)^{1,1} = 175 \text{ W/m}^2$ in zona perimetrale o in locali dove si accede raramente.

Moltiplicando il valore di q_{\max} per la superficie del pannello si ottiene la potenza termica massima che il pannello può cedere all'ambiente senza causare condizioni di malessere (ved. alla voce DIMENSIONAMENTO DEI PANNELLI, sottOCOLO DEI PANNELLI).



Ing. Diego Danieli

SALTO TERMICO DEL FLUIDO SCALDANTE

È dato dalla differenza fra la temperatura di entrata e quella di uscita del fluido scaldante. È consigliabile che il suo valore non sia troppo elevato per:

- non abbassare troppo la temperatura media del fluido e quindi la resa termica del pannello;
- evitare temperature superficiali troppo diverse fra loro, specie quando i pannelli sono a serpentine;

Di norma è consigliabile adottare salti termici inferiori a $8 \div 10^{\circ}\text{C}$.



Ing. Diego Danieli

PORTATA DEL PANNELLO

Si calcola con la formula (13) riportata alla voce FLUSSO DI CALORE EMESSO DA UN PANNELLO.

Considerando che la portata massima di un pannello è mediamente compresa fra:

- 200 ÷ 220 l/h, per tubi con $D_i = 16$ mm
- 120 ÷ 130 l/h, per tubi con $D_i = 13$ mm

è possibile determinare (seppur approssimativamente) la massima potenza termica ($Q_{G.max}$) che un pannello può cedere in relazione al suo diametro interno. In particolare, considerando un salto termico di 8°C , risulta:

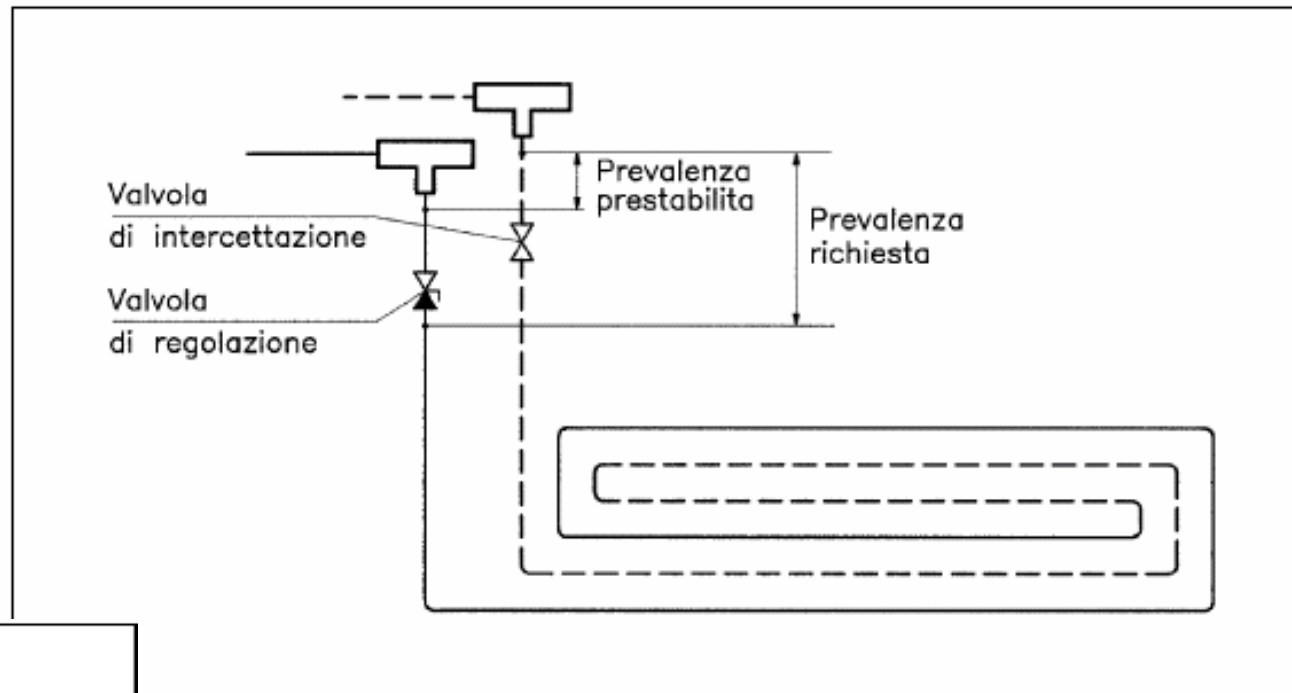
- $Q_{G.max} = (200 \div 220) \cdot 8 \cdot 1,16 = 1.856 \div 2.042 \text{ W}$ per $D_i = 16$ mm
- $Q_{G.max} = (120 \div 130) \cdot 8 \cdot 1,16 = 1.114 \div 1.206 \text{ W}$ per $D_i = 13$ mm

Tali valori possono essere utilizzati come parametri guida per stabilire (in prima approssimazione) se un locale deve essere servito con uno o più pannelli.

Ing. Diego Danieli

PREVALENZA RICHIESTA

Si calcola come indicato al capitolo CALCOLO DEI PANNELLI e non deve superare la prevalenza prestabilita. La differenza fra queste due prevalenze si compensa con la valvola di regolazione micrometrica del pannello.



LUNGHEZZA DEL PANNELLO

Si calcola con la formula (2) riportata alla voce DIMENSIONAMENTO DEI PANNELLI.

Non esistono particolari limiti in merito al valore di questa grandezza. Nelle applicazioni civili, è però consigliabile non andare oltre le lunghezze commerciali dei rotoli di tubo (120 ÷ 150 metri).

VELOCITÀ DEL FLUIDO

È consigliabile non accettare soluzioni con velocità del fluido troppo basse, essenzialmente per due motivi: (1) impedire il ristagno di bolle d'aria, (2) evitare che il flusso del fluido avvenga in regime laminare, dato che le formule di emissione dei pannelli sono valide solo in regime turbolento.

Normalmente sono accettabili velocità superiori a 0,1 m/s. Velocità più elevate devono essere previste quando si realizzano pannelli con contropendenze (ved. 1° quaderno, voce VELOCITA' DEL FLUIDO).



Ing. Diego Danieli



Ing. Diego Danieli



Ing. Diego Danieli



Ing. Diego Danieli

Ing. Diego Danieli

Ing. Diego Danieli