

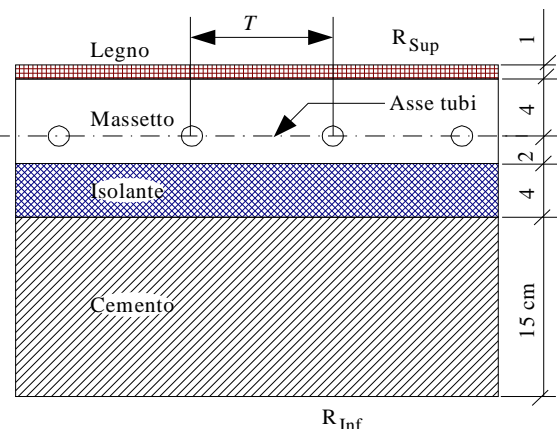
## Termodinamica

Un impianto frigorifero a compressione di vapori funzionante con fluido R134a opera tra la temperatura di evaporazione  $t_e = -20^\circ\text{C}$  e di condensazione  $t_c = 30^\circ\text{C}$ , in queste condizioni estrae un flusso termico pari a  $q_e = 10\text{ kW}$  alla temperatura  $t_e$ . Trascurando il sottoraffreddamento del liquido saturo, il surriscaldamento del vapore saturo e considerando un rendimento isoentropico di compressione pari a  $\eta_c = 0.7$ , utilizzando il diagramma allegato si chiede di:

1. tracciare il ciclo in un diagramma  $T$ - $s$ ;
2. calcolare il flusso termico asportato  $q^*$  se la temperatura di condensazione viene aumentata a  $t_c^* = 40^\circ\text{C}$  mantenendo costante la portata di fluido frigorifero  $\dot{m}_f$ ;
3. il coefficiente di effetto utile  $\varepsilon$  in entrambi i casi.

## Trasmissione del calore

Si vuole utilizzare un impianto a pavimento per il riscaldamento di una camera, la sezione del pavimento con le dimensioni è riportata in figura, procedendo dall'alto verso il basso gli strati sono formati da: parquet in legno avente conducibilità termica  $\lambda_l = 0,18\text{ W/(m K)}$ , massetto sopra i tubi con  $\lambda_m = 1,2\text{ W/(m K)}$ , massetto sotto i tubi dello stesso materiale, isolante  $\lambda_i = 0,04\text{ W/(m K)}$ , soletta in cemento  $\lambda_c = 1,2\text{ W/(m K)}$ . La temperatura dell'ambiente da riscaldare e la resistenza termica convettiva specifica sono pari rispettivamente a  $t_a = 20^\circ\text{C}$  ed  $R_{\text{sup}} = 0,093\text{ m}^2\text{ K/W}$ , mentre la temperatura dell'ambiente sotto al pavimento e la resistenza specifica sono pari a  $t_{\text{inf}} = 20^\circ\text{C}$  ed  $R_{\text{inf}} = 0,17\text{ m}^2\text{ K/W}$ . Per ragioni di comfort termico la temperatura superficiale del pavimento non deve superare un valore limite, fissato dalle norme, pari a  $t_{\text{lim}} = 29^\circ\text{C}$ . I tubi entro cui scorre acqua con diametri  $d_e = 17\text{ mm}$  e  $d_i = 13\text{ mm}$  sono in polietilene  $\lambda_p = 0,38\text{ W/(m K)}$  e posizionati con un passo di  $T = 0,2\text{ m}$ . In queste condizioni si chiede di determinare:



1. il flusso termico specifico  $q''_{\text{sup}}$  scambiato con l'ambiente superiore;
2. la temperatura all'asse dei tubi  $t_{\text{tubi}}$ ;
3. il flusso termico specifico scambiato con l'ambiente inferiore  $q''_{\text{inf}}$ ;
4. il flusso termico per unità di lunghezza scambiato per ogni tubo  $q'_t$ ;
5. la temperatura media di flusso dell'acqua considerando una temperatura esterna del tubo pari a  $t_{\text{tubi}}$ , ed il coefficiente convettivo interno pari a  $\alpha_i = 2500\text{ W/(m}^2\text{ K)}$ .

## Termodinamica

dal diagramma si legge per  $t_c = 30^\circ\text{C}$

$$h_1 = 386,1 \text{ kJ/kg}, \quad h_2' = 418,3, \quad h_3 = 241,8$$

$$h_2 = \frac{h_2' - h_1}{\eta_c} + h_1 = 432,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_f = \frac{q_e}{h_1 - h_4} = 6,93 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$$

$$\varepsilon = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = 3,14$$

per il caso  $t_c = 40^\circ\text{C}$

$$h_1 = 386,1 \text{ kJ/kg}, \quad h_2' = 424,1, \quad h_3 = h_4 = 256,5$$
$$h_2 = 440,0 \text{ kJ/kg}$$

$$q^* = \dot{m}(h_1 - h_4) = 8,98 \text{ kW}$$

$$\varepsilon = 2,65$$

## Trasmissione del calore

$$q'' = \alpha(t_{\text{lim}} - t_a) = \frac{1}{R_{\text{sup}}}(t_{\text{lim}} - t_a) = 96,8 \text{ W/m}^2$$

Resistenza degli strati sopra ai tubi esclusa la resistenza di convezione

$$R_1 = \frac{S_l}{\lambda_m} + \frac{S_{su}}{\lambda_c} = 8,88 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Resistenza degli strati sotto ai tubi

$$R_2 = \frac{S_{\text{minf}}}{\lambda_m} + \frac{S_{is}}{\lambda_i} + \frac{S_c}{\lambda_c} + R_{\text{inf}} = 1,312 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

temperatura all'asse dei tubi

$$t_{\text{tubi}} = q'' R_1 + t_{\text{lim}} = 37,6^\circ\text{C}$$

flusso termico verso il basso

$$q''_{\text{inf}} = \frac{t_{\text{tubi}} - t_{\text{inf}}}{R_2} = 13,4 \text{ W/m}^2$$

flusso termico per unità di lunghezza per ogni tubo

$$q'_t = (q''_{\text{sup}} + q''_{\text{inf}})T = 22,04 \text{ W/m}$$

Resistenza termica tubo in polietilene

$$R'_t = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_e}{d_i} = 1,622 \text{ m K/W}$$

$$q'_t = \frac{t_i - t_{\text{tubi}}}{\frac{1}{\alpha_i 2\pi r_i} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_e}{d_i}} \rightarrow t_i = q'_t \left( \frac{1}{\alpha_i 2\pi r_i} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_e}{d_i} \right) + t_{\text{tubi}} = 40,1^\circ\text{C}$$