

ESERCITAZIONE 4 - TRASMISSIONE DEL CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO

1. Un sottotetto è delimitato da un solaio di 24 m^2 e da una copertura inclinata con superficie complessiva delle falde di 60 m^2 . Il solaio ha una trasmittanza pari a $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre per le falde la trasmittanza termica pari a $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. I fronti triangolari che delimitano il sottotetto così configurato hanno superficie ciascuno pari a 4 m^2 e sono costituiti da una muratura in forati dello spessore di 8 cm , $\lambda = 0,36 \text{ W/mK}$. L'ambiente interno si trova a 20°C , mentre la temperatura dell'aria esterna è pari a -3°C . Calcolare il flusso termico disperso attraverso il sottotetto.
2. Un appartamento riscaldato, condivide una parete da $3 \times 3 \text{ m}^2$ con un box non riscaldato, di forma cubica, con lato pari a 3 m . Sapendo che la trasmittanza della parete in comune è pari a $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre le altre superfici d'involucro del box (compresa la copertura) hanno trasmittanza pari a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, calcolare le dispersioni attraverso la zona non riscaldata, sapendo che la temperatura interna t_i è di 20°C e quella esterna t_e è di 10°C . Si trascurino le dispersioni attraverso il pavimento del box.
3. Calcolare la dispersione termica (in MJ) in 30 giorni, attraverso un locale non riscaldato, di un ambiente interno che si trova alla temperatura di 19°C . I due locali sono separati da una parete di dimensioni $4 \times 4 \text{ m}^2$ e trasmittanza pari a $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Il locale non riscaldato è di forma cubica, con lato pari a 4 m , e l'involucro a contatto con l'esterno ha trasmittanza pari a $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (pareti e copertura), si trascurino le dispersioni attraverso il solaio a terra della zona non riscaldata e si consideri la temperatura media dell'aria esterna per il periodo in oggetto pari a 10°C .
4. Calcolare il flusso di calore disperso attraverso i ponti termici dei pilastri d'angolo e della soletta superiore tra tetto e pareti verticali conoscendo i coefficienti di dispersione lineici (rispettivamente $\varphi_1=0,25 \text{ W/mK}$ e $\varphi_2=0,2 \text{ W/mK}$), di un edificio parallelepipedo di base $6 \times 8 \text{ m}^2$ e altezza pari a 3 m . L'ambiente interno è caratterizzato da una temperatura di 22°C mentre all'esterno si registrano 12°C .
5. Calcolare il calore disperso (in kWh) in 30 giorni attraverso le pareti verticali di un edificio di forma cubica con lato pari a 6 m e dotato di 4 finestre di superficie pari a $2 \times 1,5 \text{ m}^2$ ciascuna. Si consideri una trasmittanza media di $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le superfici opache e di $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le superfici trasparenti, una temperatura interna t_i pari a 20°C e una temperatura esterna t_e pari a -8°C . Si considerino anche le dispersioni attraverso i ponti termici costituiti dagli spigoli verticali, utilizzando un coefficiente di trasmissione lineico φ pari a $0,15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Si considerino le misure prese dall'esterno.
6. Calcolare il flusso disperso attraverso un muro di 50 m^2 addossato al terreno sapendo che il suo valore di trasmittanza è $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. La profondità del muro è pari a 3 m , la conducibilità termica del terreno λ_t è pari a 3 W/mK . L'ambiente interno è mantenuto alla temperatura di 21°C e la temperatura esterna è 5°C .
7. Calcolare il calore disperso verso il sottosuolo in 30 giorni, attraverso un solaio a terra di dimensioni $8 \times 12 \text{ m}^2$ sapendo che il suo valore di trasmittanza è $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tale partizione orizzontale divide un ambiente interno che si trova alla temperatura di 20°C dal terreno caratterizzato da una conduttanza $C = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ e dalla temperatura $t_g = 12,5^\circ\text{C}$. La temperatura dell'aria media per il periodo in oggetto è pari a 5°C .
8. Calcolare lo scambio interzona che avviene tra due ambienti di uguali dimensioni, base $5 \times 5 \text{ m}^2$, altezza $2,70 \text{ m}$, che si trovano uno alla temperatura di 16°C e l'altro a $293,15 \text{ K}$, durante la stagione di riscaldamento della durata di 180 giorni. Gli ambienti sono divi da un setto murario caratterizzato da un valore di trasmittanza $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
9. Sapendo che il calore specifico dell'aria è pari a 1000 J/kg K e che la sua densità è di $1,2 \text{ kg/m}^3$, quante energia è necessaria per scaldare di 20°C la massa d'aria contenuta in un locale cubico, di lato pari a 3 metri ?
10. Calcolare la quantità di calore dispersa per effetto della ventilazione 24 ore su 24 in 30 giorni da un ambiente parallelepipedo, con base $6 \times 12 \text{ m}^2$ e alto 4 m (misure interne), mantenuto ad una temperatura di 22°C . Si considerino la temperatura dell'aria esterna pari a 8°C e i ricambi orari pari a $0,5 \text{ volumi/h}$.
11. Calcolare la quantità di calore dispersa per effetto della ventilazione attiva 12/24h nell'arco di una settimana, da un ambiente con base rettangolare $6 \times 10 \text{ m}^2$ e alto $2,7 \text{ m}$ (misure interne), mantenuto a 20°C . Si considerino la temperatura dell'aria esterna pari a 6°C e i ricambi orari pari a $0,5 \text{ volumi/h}$.

L'INNOVOCNO

(1)

① $S_{sol} = 24 \text{ m}^2$

$U_{sol} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

$S_{fal} = 60 \text{ m}^2$

$U_{fal} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

$S_{front} = 4 \text{ m}^2$

$D_{front} = 8 \text{ cm} \rightarrow 0,08 \text{ cm}$

$\lambda_{front} = 0,36 \text{ W/mK}$

$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_e = -3 \text{ }^\circ\text{C}$

i = interno

u = ambiente non climatizzato

e = esterno

CALCOLO LA DISP. x ciascuna interfaccia $\rightarrow H = U \cdot S$

$H_{iu} = U_{sol} \cdot S_{sol} = 0,2 \cdot 24 = 4,8 \frac{\text{W}}{\text{K}}$

$U_{front} = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{D}{\lambda} + \frac{1}{R_i}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,08}{0,36} + \frac{1}{8}} = 2,56 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$

$H_{ue} = U_{fal} \cdot S_{fal} + U_{front} \cdot S_{front} = 0,7 \cdot 60 + 2,56 \cdot 4 = 62,48 \frac{\text{W}}{\text{K}}$

$H_{ne} = \frac{H_{iu} \cdot H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = 4,458 \frac{\text{W}}{\text{K}}$

$\phi = H_{ne} (t_i - t_e) = 4,458 \cdot (20 - (-3)) = 102,52 \text{ W}$

② $S_{pan} = 9 \text{ m}^2$

$U_{pan} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

$P_{box} = 3 \text{ m}$

$U_{box} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_e = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

i = interno

e = esterno

u = non climatizzato (box)

$S_{pan} = 9 \text{ m}^2$

$S_{box} = 4 \times 3 \times 3 = 36 \text{ m}^2$

$H_{iu} = U_{pan} \cdot S_{pan} = 0,4 \cdot 9 = 3,6 \frac{\text{W}}{\text{K}}$

$H_{ue} = U_{box} \cdot S_{box} = 0,8 \cdot 36 = 28,8 \text{ W/K}$

$H_{ne} = \frac{H_{iu} \cdot H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = 3,2 \text{ W/K}$

$\phi = H_{ne} (t_i - t_e) = 3,2 \cdot (20 - 10) = 32 \text{ W}$

③ ϕ in $\Pi J = ?$

$S_{pan} = 4 \times 4 \text{ m}^2$

$U_{pan} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

$P_{pan} = 4 \text{ m}$

$U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

$t_i = 19^\circ\text{C}$

$t_e = 10^\circ\text{C}$

$S_{pan} = 16 \text{ m}^2$

$S = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64 \text{ m}^2$

$H_{iu} = U_{pan} S_{pan} = 0,3 \cdot 16 = 4,8 \text{ W/K}$

$H_{ue} = U S = 0,5 \cdot 64 = 32 \text{ W/K}$

$H_{tot} = \frac{H_{iu} H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = \frac{4,8 \cdot 32}{4,8 + 32} = 4,174 \text{ W/K}$

$\phi = H_{tot} (t_i - t_e) = 4,174 (19 - 10) = 37,566 \text{ W}$

$t = 30 \text{ gg} = 30 \text{ gg} \cdot 24 \text{ h/gg} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 60 \text{ s/min}$
 $= 2.592.000 \text{ s}$

$\phi = 37,566 \cdot 2.592.000 = 97.371.072 \text{ J} = 97,37 \text{ MJ}$

$S = W \cdot t$

④ $\phi_1 = 0,25 \text{ W/mK}$

$\phi_2 = 0,2 \text{ W/mK}$

$S_{base} = 6 \times 8 \text{ m}^2$

$P = 3 \text{ m}$

$t_i = 22^\circ\text{C}$

$t_e = 12^\circ\text{C}$

$L_1 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ m}$

$L_2 = 2 \cdot 6 + 2 \cdot 8 = 28 \text{ m}$

$\phi = (\phi_1 \cdot L_1 + \phi_2 \cdot L_2) \cdot (t_i - t_e) =$
 $= \left(0,25 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 12 \text{ m} + 0,2 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 28 \text{ m} \right) \cdot 10 \text{ K} =$
 $= 86 \text{ W}$

⑤ $L = 6 \text{ m}$

$U_0 = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

$S_T = 4 \cdot (2 \cdot 1,5) \text{ m}^2$

$U_T = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$

$t_i = 20^\circ\text{C}$

$t_e = -8^\circ\text{C}$

$\tau = 30 \text{ gg}$

ϕ in $\text{KWR} = ?$

$\phi = 0,15 \text{ W/m}^2\text{C}$

$L_1 = 6 \cdot 4 = 24 \text{ m}$

$S_{pan} = 6 \cdot 6 \cdot 4 = 144 \text{ m}^2$ $S_T = 4 \cdot 2 \cdot 1,5 = 12 \text{ m}^2$
 $S_0 = 132 \text{ m}^2$

$H_{tot} = S_0 U_0 = 132 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 66 \text{ W/K}$

$H_T = S_T U_T = 12 \text{ m}^2 \cdot 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 24 \text{ W/K}$

$H_{TOT} = 90 \text{ W/K}$

$\phi = (H_{TOT} + \phi \cdot L) \cdot \Delta t = (90 + 0,15 \cdot 24) \Delta t =$
 $= 2.620,8 \text{ W}$

$Q = \phi \cdot \tau = 2.620,8 \text{ W} \cdot 30 \text{ gg} = 1887 \text{ KWR}$

⑥ $\phi = ?$

$$S = 50 \text{ m}^2$$

$$U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$\lambda_T = 3 \text{ W/mK}$$

$$t_i = 21^\circ\text{C}$$

$$t_e = 5^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{mt}} = \frac{1}{\frac{1}{U_{\text{muro}}} + \frac{L_{\text{muro}}}{\lambda_{\text{terreno}}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,35} + \frac{3}{3}}$$

$$\frac{1}{\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{\text{m}}{\text{W/mK}}} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 0,259 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\phi = U_{\text{mt}} \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 0,259 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 50 \text{ m}^2 \cdot (21 - 5) = 207,41 \text{ W}$$

⑦

$$S_{\text{sof}} = 8 \times 12 \text{ m}^2 \rightarrow 96 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{sof}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$t_g = 12,5^\circ\text{C}$$

$$t_e = 5^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 30 \text{ s}$$

$$C_T = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{mt}} = \frac{1}{\frac{1}{U_{\text{sof}}} + \frac{1}{C_{\text{ra}}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,28} + \frac{1}{2}} = 0,2456 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\phi = U_{\text{mt}} \cdot S_{\text{sof}} \cdot (t_i - t_g) = 0,2456 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 96 \text{ m}^2 \cdot (20 - 12,5) = 176,832 \text{ W}$$

$$= 176,832 \text{ W}$$

$$Q = \phi \cdot \gamma = 176,832 \text{ W} \cdot (30 \times 24 \times 60) = 458.348.544 \text{ J} = 458,35 \text{ MJ}$$

$$= 458,35 \text{ MJ}$$

⑧

$$S_{\text{base}} = S \times S = 2,7 \times 2,7 \text{ m}^2$$

$$R = 2,70 \text{ m}$$

$$U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$t_i = 16^\circ\text{C}$$

$$t_e = 20^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 180 \text{ s}$$

→ opp scambio

$$S = 5 \times 2,7 = 13,5 \text{ m}^2$$

$$\phi = U \cdot S \cdot \Delta t = 1,2 \cdot 13,5 \cdot 4 = 64,8 \text{ W}$$

$$Q = \phi \cdot \gamma = 64,8 \text{ W} \cdot 180 \text{ s} = 11.664 \text{ J} = 11,664 \text{ kJ}$$

9) $c_p = 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

$\Delta t = 20^\circ\text{C}$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$l = 3 \text{ m}$

Q in ~~WR~~ WR

$V = l^3 = 3^3 = 27 \text{ m}^3$

$m = \rho \cdot V = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 27 \text{ m}^3 = 32,4 \text{ kg}$

$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t = 32,4 \text{ kg} \cdot 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \cdot 20 \text{ K} = 648.000 \text{ J}$



$\frac{648.000 \text{ J}}{3600 \text{ J/WR}} = 180 \text{ WR}$

10) $\gamma = 30 \text{ } \rightarrow 24 \text{ R/g}$

$S_{\text{base}} = 6 \times 12 \text{ m}^2$

$R = 4 \text{ m}$

$n = 0,5 \text{ vol/R}$

$t_i = 22^\circ\text{C}$

$t_e = 8^\circ\text{C}$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

$V = S_{\text{base}} \cdot R = 6 \times 12 \times 4 = 288 \text{ m}^3$

$G = n \cdot V = 0,5 \frac{\text{vol}}{\text{R}} \cdot 288 \text{ m}^3 = 144 \frac{\text{m}^3}{\text{R}}$

partite
data

$H_v = \rho \cdot c_p \cdot G = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \cdot 144 \frac{\text{m}^3}{\text{R}}$

$= 172.800 \frac{\text{J}}{\text{R}\cdot\text{K}}$

$\frac{172.800}{3600} = 48 \frac{\text{W}}{\text{R}\cdot\text{K}}$

$\phi = H_v \cdot \Delta t = 48 \frac{\text{W}}{\text{R}\cdot\text{K}} \cdot (22 - 8) \text{ K} = 672 \text{ W}$

$Q = \phi \cdot \gamma = \frac{672 \text{ W} \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600}{1.000.000} = 1741,8 \text{ kJ}$

11) $Q = 1$

$\gamma = 7 \text{ } \rightarrow 12 \text{ R/g}$

$S_{\text{base}} = 6 \times 10 \text{ m}^2$

$R = 2,7 \text{ m}$

$n = 0,5 \text{ vol/R}$

$t_i = 20^\circ\text{C}$

$t_e = 6^\circ\text{C}$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

$V = S_{\text{base}} \cdot R = 6 \times 10 \times 2,7 = 162 \text{ m}^3$

$G = n \cdot V = 0,5 \cdot 162 = 81 \text{ m}^3/\text{R}$

$H_v = \rho \cdot c_p \cdot G = 1,2 \cdot 1000 \cdot 81 = 97.200 \text{ J/R}\cdot\text{K}$

$\frac{97.200}{3600} = 27 \frac{\text{W}}{\text{R}\cdot\text{K}}$

$\phi = H_v \cdot \Delta t = 27 \frac{\text{W}}{\text{R}\cdot\text{K}} \cdot (20 - 6) = 378 \text{ W}$

$Q = \phi \cdot \gamma = \frac{378 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 3600}{1.000.000} = 114,31 \text{ kJ}$