Esercizio n°1

Calcolare il valore del coefficiente globale di trasmissione termica di una parete costituita da uno strato di mattoni pieni (densità = 2000 Kg/m^3, conducibilità lambda λ = 0.9 W/m°C) dello spessore di 30 cm. Si assuma α_i = 8 $W/m^2°C$ quale coefficiente di scambio convettivo per il lato interno della parete e α_e = 20 $W/m^2°C$ per il lato esterno.

<u>Soluzione</u>

Il valore del coefficiente globale di trasmissione termica è:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + \sum_i s_i/\lambda_i + 1/\alpha_e}$$

che, nel caso di una parete ad unico strato come quella in esame si riduce a:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + s/\lambda + 1/\alpha_e}$$

per cui, sostituendo i valori sopraindicati si ricava:

$$k = 1.967\ W/m^2°C$$

Esercizio n°2

Calcolare il valore del coefficiente globale di scambio termico della parete multistrato di Fig.1, costituita da un primo strato di gesso dello spessore di 3 cm, da uno strato interposto di sughero dello spessore di 5 cm e da uno strato esterno di mattoni forati dello spessore di 22 cm. Si assumano per i coefficienti di scambio convettivo gli stessi valori di cui all'esercizio n°1.

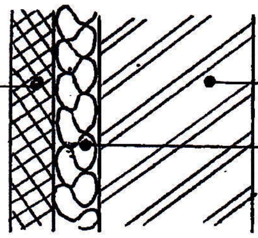

Fig. 1

Soluzione

Le caratteristiche dei singoli strati costituenti la parete sono le seguenti:

Materiale	Spessore (m)	Conducibilità lambda W/m°C
INTONACO DI GESSO PURO	0.03	0.41
SUGHERO	0.05	0.047
MATTONI FORATI	0.22	0.58

Il valore del coefficiente globale di trasmissione termica è:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + \sum_i s_i/\lambda_i + 1/\alpha_e}$$

per cui, sostituendo i valori sopraindicati si ricava:

$$k = 0.591 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Si esamini il rapporto tra il coefficiente k così ottenuto e quello dell'esercizio precedente, relativo ad una parete di uguale spessore totale.

Esercizio n° 3

Determinare la potenza termica necessaria per il riscaldamento invernale della serra di Fig. 2 coperta con lastre di vetro di spessore s = 3 mm, nell'ipotesi che la coltura da praticare richieda una temperatura minima pari a 15°C, mentre la media delle temperature minime invernali è di 0°C. Si assuma α_i=8 W/m^2°C ed α_e= 20 W/m^2°C ed il coefficiente di conducibilità termica interna del vetro pari a λ = 1.0 W/m°C.

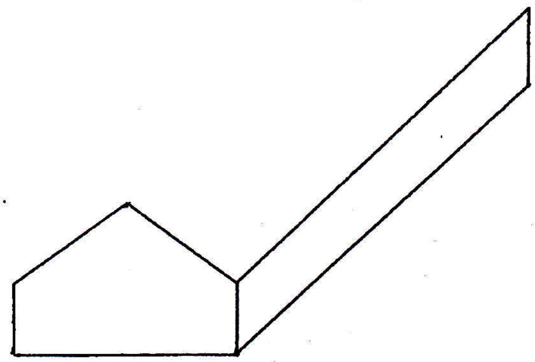

Fig. 2

Soluzione

Il valore del coefficiente globale di scambio termico è:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + s/\lambda + 1/\alpha_e}$$

che, in base ai valori assegnati, risulta pari a

$$k = 5.618 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Dallo sviluppo geometrico delle singole facce, la superficie totale esposta della serra risulta pari a

$$A = 547.5 \text{ m}^2$$

mentra la differenza di temperatura è pari a

$$DT = 15 - 0 = 15\text{°C}.$$

Pertanto, la quantità totale di calore nell'unità di tempo che fuoriesce dalla serra è pari a:

$$Q = k\ A\ DT = 5.618 * 547.5 * 15 = 46138 \text{ W} = 46.1 \text{ kW}$$

che risulta quindi pari alla potenza termica da fornire attraverso l'impianto di riscaldamento.

Esercizio n°4

Determinare la potenza termica necessaria per il riscaldamento invernale della stessa serra di cui all'esercio n°3, nell'ipotesi in cui essa sia coperta con un telo di PE di spessore s = 0.2 mm (conducibilità termica lambda λ= 0.35 W/m°C), a parità delle altre condizioni (temperature interna ed esterna, geometrie e valori dei coefficienti di scambio convettivo).

Soluzione

Il valore del coefficiente globale di trasmissione termica

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + s/\lambda + 1/\alpha_e}$$

risulta in questo caso pari a:

$$k = 5.696 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Il valore della potenza termica da fornire sarà così pari a:

$$Q = k\ A\ DT = 5.696 * 547.5 * 15 = 46778 \text{ W} = 46.8 \text{ kW} .$$

Esercizio n°5

Determinare la potenza termica necessaria per il riscaldamento invernale della stessa serra di cui ai due esercizi che precedono, nell'ipotesi in cui essa sia coperta con due teli di PE di spessore s = 0.2 mm (conducibilità termica λ= 0.35 W/m°C) opportunamente distanziati in modo da realizzare una camera d'aria dello spessore medio di 6 cm, a parità delle altre condizioni (temperature interna ed esterna, geometrie e valori dei coefficienti di scambio convettivo). Si assuma per l'aria un valore di conducibilità termica lambda pari a λ=0.284 W/m°C.

<u>Soluzione</u>

Il valore del coefficiente globale di trasmissione termica è:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + \sum_i s_i/\lambda_i + 1/\alpha_e}$$

che risulta in questo caso pari a:

$$k = 2.581 \ W/m^2 °C$$

Il valore della potenza termica da fornire sarà così pari a:

$$Q = k \ A \ DT = 2.581 * 547.5 * 15 = 21196 \ W = 21.2 \ kW \ .$$

Esercizio n°6

Determinare il valore della quantità di calore scambiato tra l'interno della serra di Fig. 2 e la volta celeste per irraggiamento verso la volta celeste in una nottata invernale serena in cui la temperatura della volta celeste sia pari a T_{vc} = -18 °C ed il terreno interno alla serra sia ad una temperatura di T_{ti} = 12 °C. La copertura della serra sia alternativamente effettuata con vetro avente trasmissività alle radiazioni infrarosse pari a τ = 5% ovvero con un film plastico avente τ = 75%.

<u>Soluzione</u>

La trasmissione di calore per irraggiamento è regolata dalla legge di Stefan-Boltzmann:

$$Q = \tau S \ \varepsilon_t \sigma_0 (T_{ti}^4 - T_{vc}^4)$$

ove:

Q = quantità di calore scambiata nell'unità di tempo;

τ = trasmissività alle radiazione infrarosse del materiale di copertura;

ε_t = emissività del terreno = 0.92

S = superficie emettente (terreno della serra);

σ_0 = costante di Stefan-Boltzmann = 5.6697 * 10^{-8} W/m^2°K^4;

T_{ti} = temperatura del terreno sotto serra in gradi Kelvin;

T_{vc} = temperatura della volta celeste in gradi Kelvin.

Poichè la scala Kelvin sta in rapporto con quella Celsius per cui:

$$1 \text{ °K} = 1\text{°C} + 273$$

si ha per i valori delle temperature del terreno e della volta celeste:

$$T_{ti} = 12 \text{ °C} = 285 \text{ °K};$$

$$T_{vc} = -18 \text{ °C} = 255 \text{ °K}.$$

Pertanto, sostituendo i suddetti valori nella legge di Stefan-Boltzmann, si ricava nel caso del vetro:

$$Q = 0.05 * 270 \text{ m}^2 * 0.92 * 5.6697 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{°K}^4 * (285^4 - 255^4)K^4 =$$

$$= 1668 \text{ W} = 1.7 \text{ kW}$$

mentre per il telo di polietilene si ha:

$$Q = 0.75 * 270\ m^2 * 0.92 * 5.6697 * 10^{-8}\ W/m^2{\circ}K * (285^4 - 255^4) =$$

$$= 25026\ W = 25\ kW$$

che rappresentano i valori totali di energia scambiata per trasmissività attraverso i materiali di copertura tra la serra e la volta celeste; si noti l'elevata differenza dei valori ottenuti nei due casi e si operi un confronto con i risultati relativi agli scambi di calore per convezione di cui rispettivamente agli esercizi n°3 e 4.

Esercizio n°7

Determinare il valore della potenza termica proveniente dal sole all'interno di una serra come quella in Fig. 2 in un giorno dell'anno in cui la radiazione che arriva a terra è il 60% di quella teorica, sapendo che il materiale di copertura della serra è un film plastico avente una trasmissività al visibile pari a t = 85%.

<u>Soluzione</u>

La radiazione che dal sole arriva ai limiti dell'atmosfera terrestre è una costante pari a

$$K = 1354\ W/m^2$$

Di tale radiazione, in funzione dell'altezza del sole nel periodo dell'anno in considerazione e dello stato meteorologico del cielo, ne perviene sulla superficie terrestre soltanto una frazione pari a:

$$K\hat{} = 1354\ W/m^2 * 0.60 = 812.4\ W/m^2$$

Di tale radiazione che arriva sulla superficie terrestre, soltanto una ulteriore frazione penetra attraverso la superficie della serra, coperta con un film plastico; tale frazione è pari a:

$$F = K\hat{} * t = 812.4\ W/m^2 * 0.85 = 690.54\ W/m^2$$

La potenze termica totale che arriva quindi all'interno della serra in questione sarà pari a:

$$Q = F * S = 690.54\ W/m^2 * 270\ m^2 = 186446\ W = 186.5\ kW$$

Va notato come la superficie su cui la radiazione solare arriva e viene trasformata in radiazione di diversa lunghezza d'onda è quella del terreno di base dell'apprestamento protetto:

$$S = 30 * 9\ m^2 = 270\ m^2$$

Si confronti il valore Q ottenuto con quello degli impianti di riscaldamento in precedenza dimensionati, rilevando la grande differenza quantitativa tra l'energia resa disponibile dal sole in maniera naturale e quella che occorre somministrare per via artificiale a costi impiantistici e di esercizio notevoli.