

الفوائد الحرارية من البيوت المحمية

Heat Losses from Greenhouses

من أساسيات علم انتقال الحرارة أن الحرارة تنتقل من الجانب الأعلى في درجة الحرارة إلى الجانب الأقل في درجة الحرارة

وبالتالي فإنه نتيجة لارتفاع درجة حرارة الهواء داخل البيت المحمي عن درجة حرارة الهواء المحيط بتلك البيوت من الخارج فإن كمية كبيرة من الحرارة تفقد

يختلف مقدار الفقد في الحرارة تبعاً لفرق في
درجة حرارة الهواء بين داخل البيوت المحمية
وخارجها

ونظرا لأن البيوت المحمية تكون مغطاة بمادة
شفافة وسمكها صغير فتكون الفوائد الحرارية
منها أكبر من أي مبني آخر وذلك بسبب معامل
إنتقال الحرارة الكلي والذي تكون قيمته مرتفعة
جدا في حالة البيوت المحمية

الفوائد الحرارية الكلية من البيوت المحمية :

$$Q_{\text{total}} = Q_c + Q_{\text{inf}}$$

where:

Q_c = Total heat losses due to conduction, convection and radiation

الفوائد الحرارية الكلية نتيجة التوصيل =
 Q_c والحمل والإشعاع

$$Q_c = U_o A (T_{ai} - T_{ao}) \quad \text{Watt}$$

Where:

U_o = overall heat transfer coefficient ,
 $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

المعامل الكلي لانتقال الحرارة

A = Total surface area of greenhouse,
 m^2

مساحة البيت المحمي

$$Q_c = U_o A (T_{ai} - T_{ao})$$

Where:

T_{ai} , T_{ao} = indoor and outdoor
air temperatures of the
greenhouse, °C

الفوائد الحرارية الكلية من البيوت المحمية :

$$Q_{\text{total}} = Q_c + Q_{\text{inf}}$$

where:

Q_{inf} = heat losses due to
infiltration of cold air, Watt

الفوائد الحرارية نتيجة تسرب الهواء =
البارد

$$Q_{inf} = m C_p (T_{ai} - T_{ao}) + m h_{fg} (W_{ai} - W_{ao}),$$

Watt

Where:

m = mass flow rate of cold air, kg/s

كتلة سريان الهواء البارد

$$m = M \times \rho$$

M = Greenhouse volume (m^3) x Air
exchange rate (1/h)

$$m = M \times \rho$$

Where:

M = معدل تغير الهواء \times حجم البيت المحمي

ρ = Density of indoor air

$$= 1.20 \text{ kg/m}^3$$

كثافة الهواء

(قيمة ثابتة)

$$Q_{inf} = m C_p (T_{ai} - T_{ao}) + m h_{fg} (W_{ai} - W_{ao}),$$

Watt

Where:

C_p = Specific heat of indoor air
= 1007 J/kg.°C

الحرارة النوعية للهواء

$$Q_{inf} = m C_p (T_{ai} - T_{ao}) + m h_{fg} (W_{ai} - W_{ao}),$$

Watt

Where:

h_{fg} = Latent heat of vaporization of water,
at $20^\circ C$ = 2454 kJ/kg

الحرارة الكامنة للتبخير

(قيمة ثابتة)

(راجع ما سبق دراسته في البخار في هندسة التبريد
والتسخين)

$$Q_{inf} = m C_p (T_{ai} - T_{ao}) + m h_{fg} (W_{ai} - W_{ao}),$$

Watt

Where:

W_{ai} = humidity ratio of inside air, kg /kg

W_{ao} = humidity ratio of outside air, kg /kg

نسبة الرطوبة للهواء الداخلي والخارجي

Determine the total heat losses from a multi-gable-even-span greenhouse.

Dimension of greenhouse:

Height of vertical wall (H) = 2.00 m

Width of one span (W) = 9.00 m

Length of greenhouse (L) = 32.00 m

Tilt angle of rafters (θ) = 25°

Height of curtain wall (E) = 0.50 m

Number of spans (N) = 8 spans

Overall heat transfer coefficients

Curtain wall (lower wall) (U_c) = 4.25 W/ m². °C

Vertical wall (upper wall) (U_v) = 7.50 W/ m². °C

Gable end wall (U_G) = 8.00 W/ m². °C

Gable roof (U_R) = 8.50 W/ m². °C

Perimeter (U_P) = 4.50 W/ m². °C

Greenhouse conditions:

Air exchange rate = 1.25 1/h

Indoor air temperature (T_{ai}) = 18°C

Indoor air relative humidity (RH_i) = 65 %

Outdoor air temperature (T_{ao}) = 6 °C

Outdoor air relative humidity (RH_o) = 80 %

قبل الحل لاحظ أن هناك وكما سبق من
المعطيات ثلاثة مجموعات هامه لابد من توافر
بياناتهم كاملة قبل الحل
كما يلي :

Dimension of
greenhouse

Overall
transfer
coefficients

Greenhouse
conditions

قبل الحل يتم تحديد عناصر كل مجموعة من
المجموعات السابقة كما يلي:

Dimension of greenhouse

أبعاد البيت المحمي

Height of
vertical wall

ارتفاع الحوائط
الرأسية

Number of
spans

عدد البيوت المحمية

Width of one
span عرض البيت
الواحد

Length of
greenhouse طول البيت الواحد

Tilt angle of
rafters زاوية الميل للمائلين
الأصليين

Height of
curtain wall
ارتفاع الحوائط
السفلية

Overall heat transfer coefficients

المعاملات الكلية لانتقال الحرارة

Overall heat transfer coefficient of curtain wall
المعامل الكلي لانتقال الحرارة من الحوائط السفلية

Overall heat transfer coefficient of perimeter
المعامل الكلي لانتقال الحرارة من المحيط

Overall heat transfer coefficient of vertical wall
المعامل الكلي لانتقال الحرارة من الحوائط الرأسية العلوية

Overall heat transfer coefficient of gable end wall
المعامل الكلي لانتقال الحرارة من نهاية الجزء الجمالوني (الشكل المثلث)

Overall heat transfer of gable roof
المعامل الكلي لانتقال الحرارة من سطح البيت المحمي الجمالوني

Greenhouse Conditions

ظروف الجو للبيت
المحمي

Air exchange rate

معدل تغير الهواء

Outdoor air
temperature

درجة الحرارة الخارجية

Indoor air
temperature

درجة الحرارة الداخلية

Indoor air relative
humidity

الرطوبة النسبية الداخلية

Outdoor air
relative humidity

الرطوبة النسبية
الخارجية

Solution

$$G = 4.5 \tan (\theta) =$$

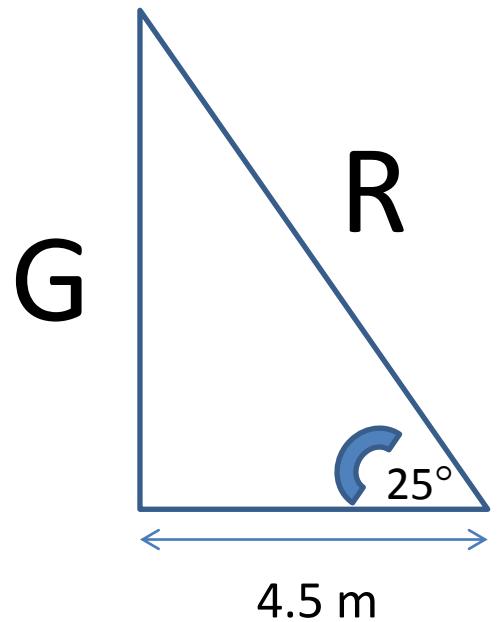
$$4.5 \tan (25) =$$

$$G = 2.0984 \text{ m}$$

$$R = \frac{4.5}{\cos(\theta)} =$$

$$\frac{4.5}{\cos 25}$$

$$R = 4.9652 \text{ m}$$



First step:
Calculation of the appropriate
surface areas and perimeter:

Area of curtain wall (A_c) =
 $2E(NW+L)$

$$A_c = 2(0.5) [8(9)+32] = 104 \text{ m}^2$$

Area of vertical wall (A_v) =

$$2H(NW+L)$$

$$A_v = 2(2) [8(9)+32] = 416 \text{ m}^2$$

Area of gable end (A_G) =

N W G

$$A_G = 8 (9) (2.0984) = 151.0848 \text{ m}^2$$

Area of gable roof (A_R) =

$$2 N R L$$

$$A_R = 2 (8) (4.9652) (32) = \\ 2542.182 \text{m}^2$$

Perimeter of greenhouse (P) =
2 (N W+ L)

$$P= 2 [8(9) +32] = 208 \text{ m}$$

Second step:
Calculation of the total heat losses
from the greenhouse (Q_{total})

Total heat losses (Q_{total}) =
 $Q_c + Q_{\text{inf}}$

Total heat losses due to conduction,
convection and radiation (Q_C)

$$Q_C = U_o A (T_{ai} - T_{ao})$$

سيتم حساب ال Q_C لكل جزء من أجزاء البيت

المحمي

الحوائط السفلية – الحوائط العلوية – نهاية

الجمالون – سطح الجمالون – المحبط

ثم المجموع

كما يلي:

$$Q_c \text{ (curtain wall)} = U_c A_c \Delta T$$

$$\begin{aligned} Q_c &= 4.25 (104) (12) \\ &= 5304 \text{ W} = 5.304 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$Q_C \text{ (vertical wall)} = U_v A_v \Delta T$$

$$\begin{aligned} Q_C &= 7.5 (416) (12) \\ &= 37440 \text{W} = 37.440 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$Q_C \text{ (Gable end)} = U_G A_G \Delta T$$

$$\begin{aligned} Q_C &= 8 (151.0848) (12) \\ &= 14502.14 \text{W} = 14.502 \text{kWh} \end{aligned}$$

$$Q_C \text{ (Gable roof)} = U_R A_R \Delta T$$

$$Q_C = 8.5 \ (2542.1824) (12)$$

$$= 259302.6 \text{ W} = 259.303 \text{ kWh}$$

$$Q_C \text{ (Perimeter)} = U_p P \Delta T$$

$$Q_C = 4.5 (208) (12)$$

$$= 11232 \text{ W} = 11.232 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} Q_C (\text{Total}) &= 5.304 + 37.440 + \\ &14.502 + 259.303 + 11.232 \\ Q_C (\text{Total}) &= 327.781 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_C (\text{Total}) &= 5.304 + 37.440 + \\ &14.502 + 259.303 + 11.232 \\ Q_C (\text{Total}) &= 327.781 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Heat losses due to cold air

infiltration (Q_{inf}) =

$$m \ c_p \ \Delta T + m \ h_{fg} \ \Delta W$$

Mass flow rate (m) = $M\rho$

$M =$

Greenhouse volume (m^3) x Air
exchange rate (1/h)

Volume of greenhouse =

$(NWL) [(H+E) + 0.5G] =$

$8 (9) (32) [(2+0.5)+0.5(2.0984)]$

volume = 8177.3568 m^3

Volumetric flow rate (M) =
8177.3568 (1.25) =
10221.69 m³/h

From the psychrometric chart,
the humidity ratios of indoor and
outdoor air, and the density of
outdoor air, respectively, are:

$$W_{ai} = 8.35 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$$

$$W_{ao} = 4.63 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$$

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

في الشريحة السابقة يوضح انه يتم حساب نسبة الرطوبة من الخريطة السيكريومترية فمن المعلوم انك تستطيع ان تعرف كل خواص الهواء من خلال وجود خاصيتين للهواء وبنوقيعهم على الخريطة السيكريومترية يتم معرفة باقي الخواص وفي هذا المثال تستطيع حساب خواص الهواء الخارجية من درجة الحرارة والرطوبة النسبية الخارجية وبالمثل في داخل البيت المحمي

Mass flow rate of air (m) = Mp

$$= \frac{10221.69 (1.255)}{3600}$$

$$m = 3.5634 \text{ kg/s}$$

Heat losses due to cold air infiltration (Q_{inf}) =

$$m c_p \Delta T + m h_{fg} \Delta W =$$

$$3.5634 (1007) (12) + 3.5634 (2454) (8.35 - 4.63)$$

$$= 43060.12 + 32529.851 \text{ Watt} = 75589.977 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{inf}} = 75.590 \text{ kWh}$$

Total heat losses from the
greenhouse (Q_{total}) =

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_C + Q_{\text{inf}} \\ &= 327.781 + 75.590 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{total}} = 403.371 \text{ kWh} \sim 404 \text{ kWh}$$