



ΑΝΩΤΑΤΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Άσκηση: Ηλιακός Συλλέκτης

Δρ. Γεώργιος Μητσόπουλος

Άσκηση 1

Δεδομένα:

- ▶ Τοποθεσία: Αθήνα $\rightarrow \phi = 38^\circ$
- ▶ Ημέρα: 21 Μαρτίου $\rightarrow n = 80 \Rightarrow \delta \approx 0^\circ$
- ▶ Ώρα: 12:00 $\rightarrow \omega = 0^\circ$
- ▶ Κλίση συλλέκτη: $\beta = 35^\circ$
- ▶ Προσανατολισμός: Νότιος $\rightarrow \gamma = 0^\circ$
- ▶ Ύψος συλλέκτη: 1 μέτρο
- ▶ Οριζόντια ωριαία ακτινοβολία:
 - ▶ $G = 700 \text{ W/m}^2$
 - ▶ $G_d = 150 \text{ W/m}^2$

Ζητούνται:

- ▶ Υπολογισμός R_b
- ▶ Υπολογισμός G_T στο κεκλιμένο επίπεδο.
- ▶ Ελάχιστη απόσταση μη σκίασης μεταξύ σειρών συλλεκτών κατά το χειμερινό μεσημέρι

Λύση

- ▶ Γενικός τύπος για νότιο συλλέκτη:

$$R_b = \frac{\sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos(\phi - \beta) \cos \omega}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega}$$

- ▶ Αντικατάσταση:

- ▶ $\delta = 0^\circ \rightarrow \sin \delta = 0, \cos \delta = 1$

- ▶ $\phi = 38^\circ, \beta = 35^\circ \rightarrow \phi - \beta = 3^\circ$

- ▶ $\omega = 0^\circ$

- ▶ **$R_b = 1,267$**

Από δεδομένα:

$$G = G_b + G_d \Rightarrow G_b = G - G_d$$
$$G_b = 700 - 150 = 550 \text{ W/m}^2$$

Λύση

Τύπος:

$$G_T = G_b R_b + G_d \frac{1 + \cos \beta}{2} + G\rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

Αντικατάσταση:

► $\rho = 0.2$

► $\cos 35^\circ = 0.819$

1ος όρος:

$$550 \cdot 1.267 = 697 \text{ W/m}^2$$

2ος όρος:

$$150 \cdot \frac{1 + 0.819}{2} = 150 \cdot 0.9095 = 136.4$$

3ος όρος:

$$700 \cdot 0.2 \cdot \frac{1 - 0.819}{2} = 12.6$$
$$G_T = 697 + 136.4 + 12.6 = 846 \text{ W/m}^2$$

Άρα ο συλλέκτης “βλέπει”:

$$G_T \approx 846 \text{ W/m}^2$$

→Χωρίς σωστή κλίση θα είχαμε μόνο 700 W/m².

Λύση

Γεωμετρική σχέση:

$$d \geq \frac{h}{\tan(\alpha_{\min})}$$

Όπου:

- ▶ d : απόσταση μεταξύ σειρών
- ▶ h : ύψος συλλέκτη
- ▶ α_{\min} : ελάχιστο ύψος ήλιου (χειμερινό μεσημέρι)

Για Αθήνα:

$$\alpha_{\min} = 90^\circ - (\phi + 23.45^\circ) = 90^\circ - 61.45^\circ = 28.55^\circ$$

Αν:

$$d \geq \frac{h = 1 \text{ m}}{0.545} = 1,83 \text{ m}$$

Άρα κάτω από 1,83 m υπάρχει σκίαση τον χειμώνα.

Άσκηση 2

Δεδομένα:

Οικογένεια 4 ατόμων:

- ▶ Κατανάλωση ΖΝΧ: 50 L/άτομο/ημέρα
- ▶ Θερμοκρασία ΖΝΧ: 45 °C
- ▶ Θερμοκρασία νερού Δικτύου: 15 °C
- ▶ Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 20 °C
- ▶ Μηνιαία ακτινοβολία (Αθήνα, Νότιο προσανατολισμό):
 $H_T = 5.5 \cdot 30 = 165 \text{ kWh/m}^2/\text{month}$

Τυπικές τιμές για Αθήνα & καλό επίπεδο συλλέκτη):

- ▶ $F_R(\tau\alpha) = 0.72$
- ▶ $F_R U_L = 3.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Πυκνότητα νερού $\rho \approx 1 \text{ kg/L}$ και $c_p \approx 4.18 \text{ kJ/kgK}$
- ▶ Για επιφάνεια συλλεκτών 1,5 m²

Ζητείται :

Το ποσοστό κάλυψης των μηνιαίων αναγκών (f)

Μας καλύπτει?

Μηνιαίο φορτίο ΖΝΧ (ενέργεια που χρειάζεται)

Κατανάλωση:

▶ $V_d = 4 \text{ άτομα} \cdot 50 \text{ L/άτομο/ημ} = 200 \text{ L/ημ}$

Μάζα (με $\rho \approx 1 \text{ kg/L}$):

▶ $m_d \approx 200 \text{ kg/ημ}$

Θερμοκρασιακή ανύψωση:

▶ $\Delta T = 45 - 15 = 30 \text{ K}$

Ημερήσια ενέργεια:

▶ $Q_d = m_d c_p \Delta T = 200 \cdot 4.18 \cdot 30 = 25080 \text{ kJ/ημ}$

▶ Σε kWh ($1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$):

▶ $Q_d = \frac{25080}{3600} = 6,97 \text{ kWh/ημ}$

▶ Μηνιαία (30 ημέρες):

▶ $Q_{load,month} = 6,97 \cdot 30 = 209 \text{ kWh/month}$

▶ Άρα οι μηνιαίες ανάγκες ΖΝΧ είναι περίπου 209 kWh/month.

Ηλιακή ενέργεια που “πέφτει” στους συλλέκτες (μήνα)

Δίνεται:

► $H_T = 165 \text{ kWh/m}^2/\text{month}$

Επιφάνεια συλλεκτών $A_c = 1,5 \text{ m}^2$:

► $Q_{inc} = H_T A_c = 165 \cdot 1,5 = 247,5 \text{ kWh/month}$

Παράμετρος Υ

▶
$$X = \frac{A_c F_R(\tau\alpha) H_T}{L}$$

▶ Με $A_c = 1.5$, $F_R(\tau\alpha) = 0.72$, $H_T = 165 \text{ kWh/m}^2/\text{month}$, $L = 209 \text{ kWh/month}$:

▶
$$X = \frac{1.5 \cdot 0.72 \cdot 165}{209} = \frac{178.2}{209}$$

▶
$$X = 0.852$$

Παράμετρος X

Χρησιμοποιούμε ακριβώς τη μορφή που έχεις δώσει:

$$\blacktriangleright X = \frac{A_c F_R U_L (T_{req} - T_a) t_m}{L}$$

Δεδομένα:

$$\blacktriangleright F_R U_L = 3.8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\blacktriangleright T_{req} = 45^\circ\text{C}, T_a = 20^\circ\text{C} \Rightarrow (T_{req} - T_a) = 25 \text{ K}$$

$$\blacktriangleright t_m = 30 * 24 = 720 \text{ h}$$

$$\blacktriangleright L = 209 \text{ kWh} = 209000 \text{ Wh}$$

$$\blacktriangleright Y = \frac{1.5 \cdot 3.8 \cdot 25 \cdot 720}{209000}$$

$$\blacktriangleright Y = \frac{102600}{209000} = 0.49$$

$$\blacktriangleright \boxed{Y = 0.49}$$

Υπολογισμός f από το πολυώνυμο

▶ $f = 1.029X - 0.065X^2 + 0.245X^3 - 0.0018Y - 0.0035Y^2$

▶ Βοηθητικά:

▶ $X = 0,852, X^2 = 0.7259, X^3 = 0.6181$

▶ $Y = 0.491, Y^2 = 0.2411$

▶ Άθροισμα:

▶ $f \approx 0.514$

▶ $f \approx 0.514 \Rightarrow 51,4\%$

Από διάγραμμα $f=0,4$ άρα η κάλυψη είναι 40-50%

