



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

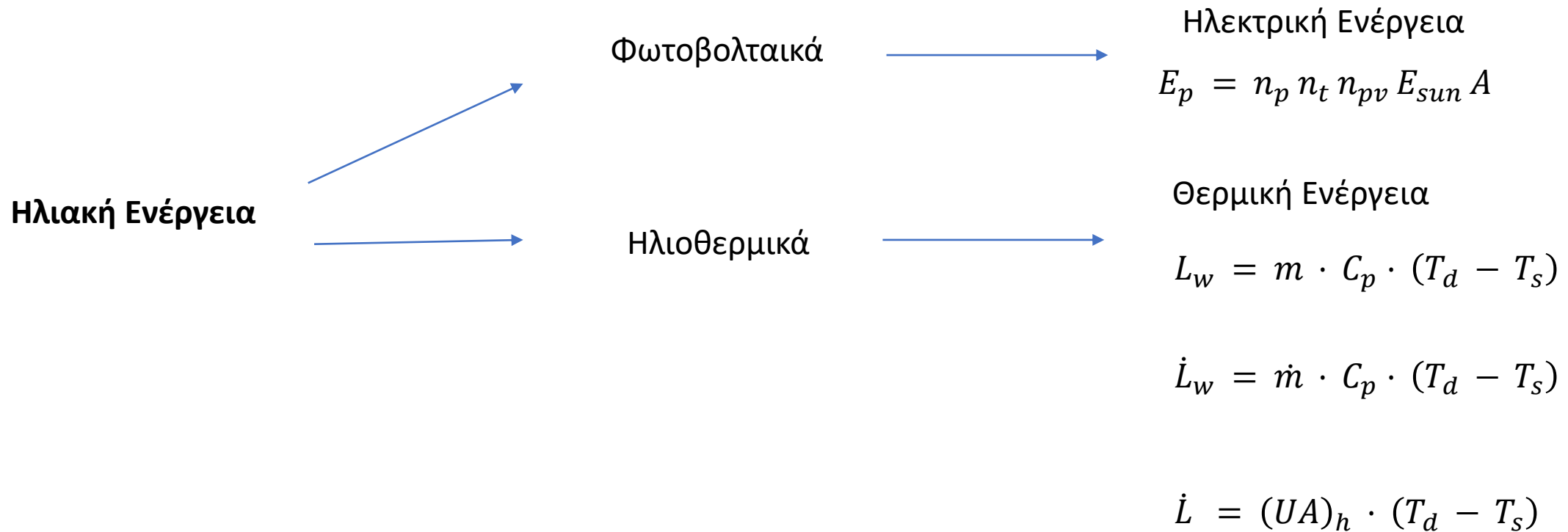
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ:

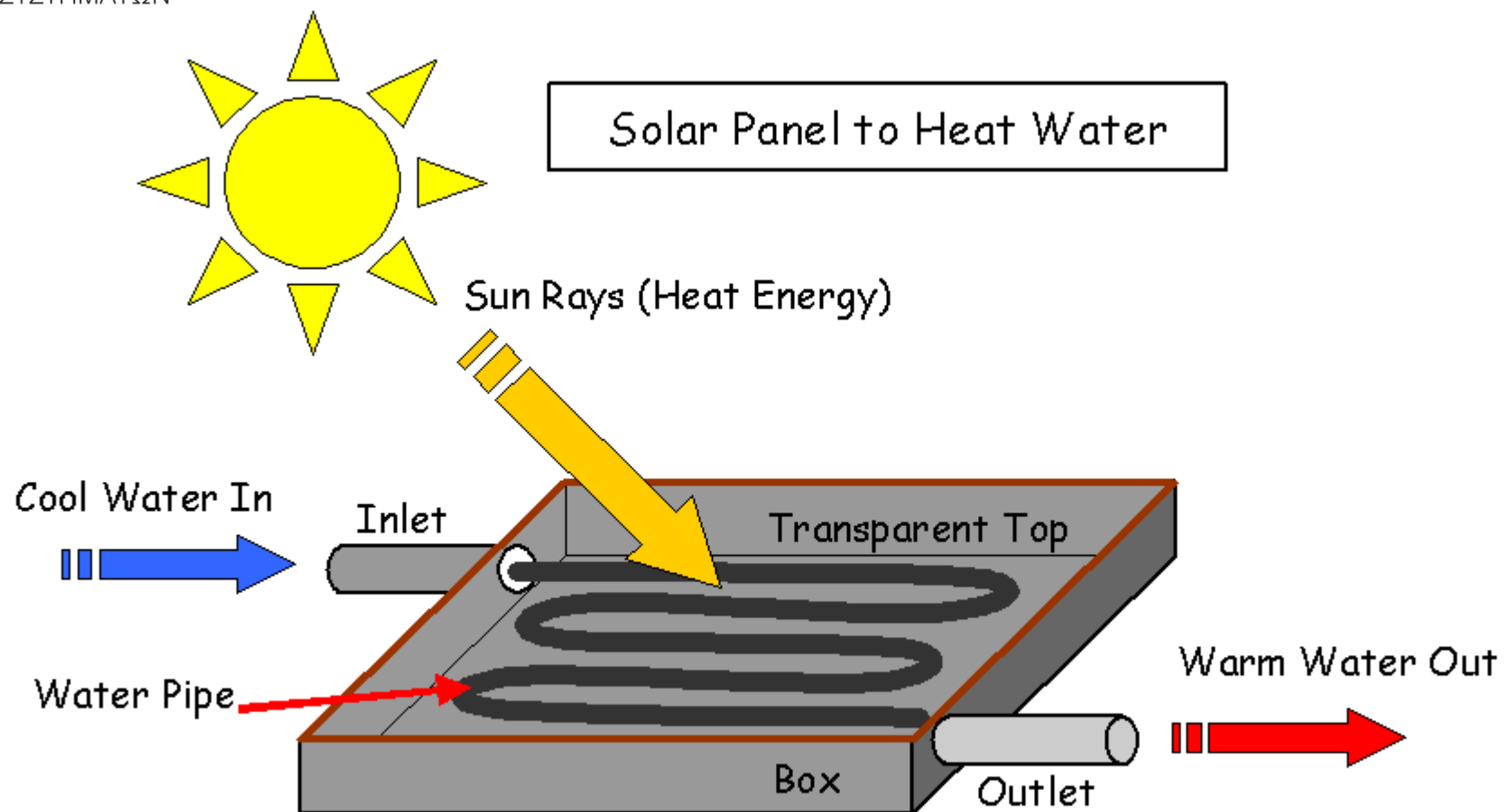
ΔΡ. ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΕΥΠΡΕΠΙΟΥ ΜΠΑΡΑΔΑΚΗ, ΕΤΕΠ, MSC

Ενότητα 3







Κτίριο έχει συντελεστή θερμικών απωλειών $(UA)h = 335 \text{ W/}^\circ\text{C}$ και θέλουμε να διατηρείται σε θερμοκρασία 20°C .

I) Πόση είναι η θερμοκρασία αναφοράς αν ο εσωτερικός ρυθμός προσφοράς θερμικής ενέργειας είναι 1.34 kW ;

II) Αν θεωρήσουμε ότι το κτίριο βρίσκεται στα Χανιά και οι βαθμοημέρες (DD) για τους μήνες Ιανουάριο και Απρίλιο είναι 263°C και 129°C αντίστοιχα, υπολογίστε τα θερμικά φορτία που θα χρειαστούμε αυτούς τους μήνες.

III) Πόσο θα ήταν το αντίστοιχο φορτίο θέρμανσης για το μήνα Ιανουάριο στην Ορεστιάδα (540 βαθμοημέρες); Σχολιάστε το αποτέλεσμα.



- I) Εφόσον $(UA)_h$ είναι ο συντελεστής των θερμικών απωλειών και T_h η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, θα ισχύει ότι:

$$T_h = T_b + \frac{\dot{q}}{(UA)_h}$$

όπου $\dot{q}$ η ενεργειακή απολαβή του κτιρίου και T_b η θερμοκρασία αναφοράς. Επιλύοντας ως προς T_b θα έχουμε ότι: $T_b = T_h - \frac{\dot{q}}{(UA)_h} \implies T_b = 20^\circ C - \frac{1340 W}{335 W/^\circ C} = 16^\circ C$

- II) Αν είναι γνωστές οι βαθμοημέρες θέρμανσης ενός μήνα $(DD)_h$ μπορεί να υπολογιστεί το θερμικό φορτίο L , με την βοήθεια της σχέσης:

$$L = (DD)_h * (UA)_h * (3600 * 24) [J]$$

Για τον Ιανουάριο Χανιά: $L = 263^\circ C * 335 W/^\circ C * (3600 * 24) sec [J] = 7,612,272,000 J = 2,114.52 kWh$

Για τον Απρίλιο Χανιά: $L = 129^\circ C * 335 W/^\circ C * (3600 * 24) sec [J] = 3,733,776,000 J = 1,037.16 kWh$

- III) Για τον Ιανουάριο Ορεστιάδα: $L = 540^\circ C * 335 W/^\circ C * (3600 * 24) sec [J] = 15,629,760,000 J = 4,341.6 kWh$ Από την σύγκριση συμπεραίνουμε ότι οι ανάγκες θέρμανσης στην Ορεστιάδα είναι πάνω από δύο φορές μεγαλύτερες από ότι στα Χανιά για τον μήνα Ιανουάριο.



Για μια κατοικία έχει σχεδιαστεί σύστημα που προμηθεύει ζεστό νερό χρήσης θερμοκρασίας $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ με ηλιακούς συλλέκτες. Το νερό εισέρχεται στους συλλέκτες σε θερμοκρασία $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (για το μήνα Μάρτιο), ενώ η καθημερινή ποσότητα ζεστού νερού που χρειαζόμαστε είναι 300 L (για τετραμελή οικογένεια). Η δεξαμενή έχει συντελεστή θερμικών απωλειών $11\text{ W/}^{\circ}\text{C}$, ενώ το σύστημα σωλήνων έχει συντελεστή θερμικών απωλειών $1,5\text{ W/m}$ με συνολικό μήκος δικτύου 25 m .

- i) Υπολογίστε το συνολικό εβδομαδιαίο και μηνιαίο θερμικό φορτίο που θα χρειαστούμε για το μήνα Μάρτιο σε J και σε kWh .
- ii) Πώς θα επηρεαστεί το εβδομαδιαίο και μηνιαίο φορτίο αν μειωθεί η κατανάλωση νερού στο μισό;
- iii) Πώς θα επηρεαστεί το εβδομαδιαίο φορτίο αν διατηρηθεί σταθερή η κατανάλωση και μειωθεί η θερμοκρασία του ζεστού νερού στους 40°C ;
- iv) Πώς θα επηρεαστεί το εβδομαδιαίο φορτίο αν κάνουμε πιο αποτελεσματική τη μόνωση του δοχείου αποθήκευσης μειώνοντας στο μισό τον συντελεστή θερμικών απωλειών;

Στους υπολογισμούς του II ερωτήματος θεωρείστε ότι οι απώλειες από την δεξαμενή και τους σωλήνες μεταφοράς του νερού είναι ανάλογες του θερμικού φορτίου που διακινείται. Δίνεται ότι η πυκνότητα του νερού είναι 1 kg/L και ειδική θερμοχωρητικότητα νερού $C_p = 4.190\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$. Η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος για το μήνα Μάρτιο είναι 20°C .

I) Το θερμικό φορτίο που θα χρειαζόμαστε για την ικανοποίηση των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης αναλύεται ως εξής:

- 1) Σε θερμικό φορτίο που χρειάζεται για την θέρμανση του νερού από την θερμοκρασία που βρίσκεται αρχικά T_s (supply temperature) που στην περίπτωση μας είναι $T_s = 14^\circ C$ σε μια θερμοκρασία T_d (delivery temperature) που είναι $T_d = 45^\circ C$. Εφόσον η μάζα του νερού που θα πρέπει να θερμανθεί είναι $m = 300 L * 1 kg/L = 300 kg$ και η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού είναι $C_p = 4,190 J/kg^\circ C = 1.16 Wh/kg^\circ C$ θα έχουμε ότι η θερμική ενέργεια που χρειαζόμαστε κάθε ημέρα (24h), L_{w-day} , για να αποκτήσει το νερό την απαιτούμενη θερμοκρασία θα επαληθεύει την σχέση:

$$L_{w-day} = m * C_p * (T_d - T_s)$$

Αντικαθιστώντας θα έχουμε $L_{w-day} = 300 kg * 1.16 Wh/kg^\circ C * (45 - 14)^\circ C = 10,788 Wh$

- 2) Σε θερμική ενέργεια L_{t-day} που χάνεται καθημερινά λόγω απωλειών θερμότητας από την δεξαμενή αποθήκευσης με συντελεστή θερμικών απωλειών $(UA)_t$ όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι T_a (ambient temperature) και η θερμοκρασία της δεξαμενής είναι T_t (tank temperature). Έτσι έχουμε:

$$L_{t-day} = (UA)_t * (T_t - T_a) * 24 hours = 11 W/^\circ C * (45 - 20)^\circ C * 24 h = 6,600 Wh$$

Αξίζει να προσεχθεί ότι η ενέργεια των απωλειών από την δεξαμενή είναι παραπάνω από το μισό της ενέργειας που χρειαζόμαστε για να ζεστάνουμε το νερό χρήσης. Επίσης να επισημάνουμε ότι ο τύπος αυτός δεν εμπεριέχει στοιχεία γεωμετρίας ή μάζας του σώματος. Δεχόμαστε λοιπόν ότι η τιμή του $(UA)_t$ αντιπροσωπεύει τα γεωμετρικά στοιχεία της δεξαμενής καθώς και τον τρόπο χρήσης της κατανάλωσης.

- 3) Για μήκος σωληνώσεων $d = 25 m$ και συντελεστή απωλειών $(UA)_p = 1,5 W/m$ η θερμική ενέργεια που θα καταναλωθεί στους σωλήνες θα είναι $L_{p-day} = (UA)_p * d * 24 hours = 1,5 W/m * 25 m * 24 h = 900 Wh$

Τελικά η συνολική ενέργεια $L_{total-day}$ που χρειαζόμαστε για να ικανοποιήσουμε τις ανάγκες της κατοικίας σε ζεστό νερό χρήσης για μία ημέρα θα είναι $L_{total-day} = L_w + L_t + L_p = 10,788 Wh + 6,600 Wh + 900 Wh = 18,288 Wh = 18,29 kWh = 65,836,800 J$.

Για την εβδομάδα:

$$L_{total-week} = L_{total-day} * 7 = 128,016 Wh = 128.02 kWh = 460,857,600 J$$

Για το μήνα Μάρτιο:

$$L_{total-month} = L_{total-day} * 31 = 566,928 Wh = 566.93 kWh = 2,040,940,800 J$$

- II) Αν μειωθεί η κατανάλωση του νερού στο μισό θα έχουμε μείωση μόνο του L_w στο μισό καθώς οι απώλειες της δεξαμενής και οι απώλειες στις σωληνώσεις δεν εξαρτώνται από την μάζα του νερού. Έτσι για την συνολική ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα έχουμε:

$$L_{total-day} = \frac{L_w}{2} + L_t + L_p = 5,394 Wh + 6,600 Wh + 900 Wh = 12,894 Wh = 12,89 kWh = 46,418,400 J.$$

Για την εβδομάδα:

$$L_{total-week} = L_{total-day} * 7 = 90,258 Wh = 90.26 kWh = 324,928,800 J$$

Για το μήνα Μάρτιο:

$$L_{total-month} = L_{total-day} * 31 = 399,714 Wh = 399.71 kWh = 1,438,970,400 J$$

Παρατηρήστε ότι με μείωση της κατανάλωσης νερού στο 50% έχουμε για το ποσοστό μεταβολής $\frac{90.26-128.02}{128.02} * 100\% = -29.5\%$ δηλ. έχουμε μείωση 29.5% των θερμικών απαιτήσεων.

- III) Αν διατηρηθεί σταθερή η κατανάλωση και μειωθεί η θερμοκρασία του ζεστού νερού στους $40^\circ C$ τότε θα έχουμε μεταβολή του θερμικού φορτίου που χρειάζεται για να ζεσταθεί το νερό αλλά και μείωση των απωλειών της δεξαμενής. Στην πραγματικότητα θα αλλάξει και ο συντελεστής απωλειών των σωλήνων. Στην συγκεκριμένη άσκηση θεωρούμε ότι σε αυτό το εύρος της θερμοκρασιακής μεταβολής θα είναι σταθερός. Έχουμε λοιπόν:

$$L_{w-day} = m * C_p * (T_d - T_s) = 9048 Wh = 9.05 kWh = 32,572,800 J \implies L_{w-week} = L_{w-day} * 7 = 63,336 Wh = 63.34 kWh = 228,009,600 J$$

$$L_{t-day} = (UA)_t * (T_t - T_a) * 24 hours = 5280 Wh = 5.28 kWh = 19,008,000 J \implies L_{t-week} = L_{t-day} * 7 = 36,960 Wh = 36.96 kWh = 133,056,000 J$$

$$L_{p-week} = 7 * 900 Wh = 6.3 kWh$$

Το συνολικό εβδομαδιαίο φορτίο (το) είναι $L_{total-week} = 63.34 kWh + 36.96 kWh + 6.3 kWh = 106.6 kWh$

Η ποσοστιαία (%) μεταβολή από την αρχική τιμή (128.02 kWh) θα είναι $\frac{106.6-128.02}{128.02} * 100\% = -16.73\%$ δηλαδή έχουμε μείωση περίπου 17% των ενεργειακών απαιτήσεων.

- IV) Σε αυτή την περίπτωση έχουμε μεταβολή μόνο του $L_{p-week-new} = \frac{L_{p-week}}{2} = 3.15 kWh$

Οι συνολικές θερμικές απαιτήσεις θα είναι $L_{total-week} = 103.45 kWh$ και η ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης 19%.