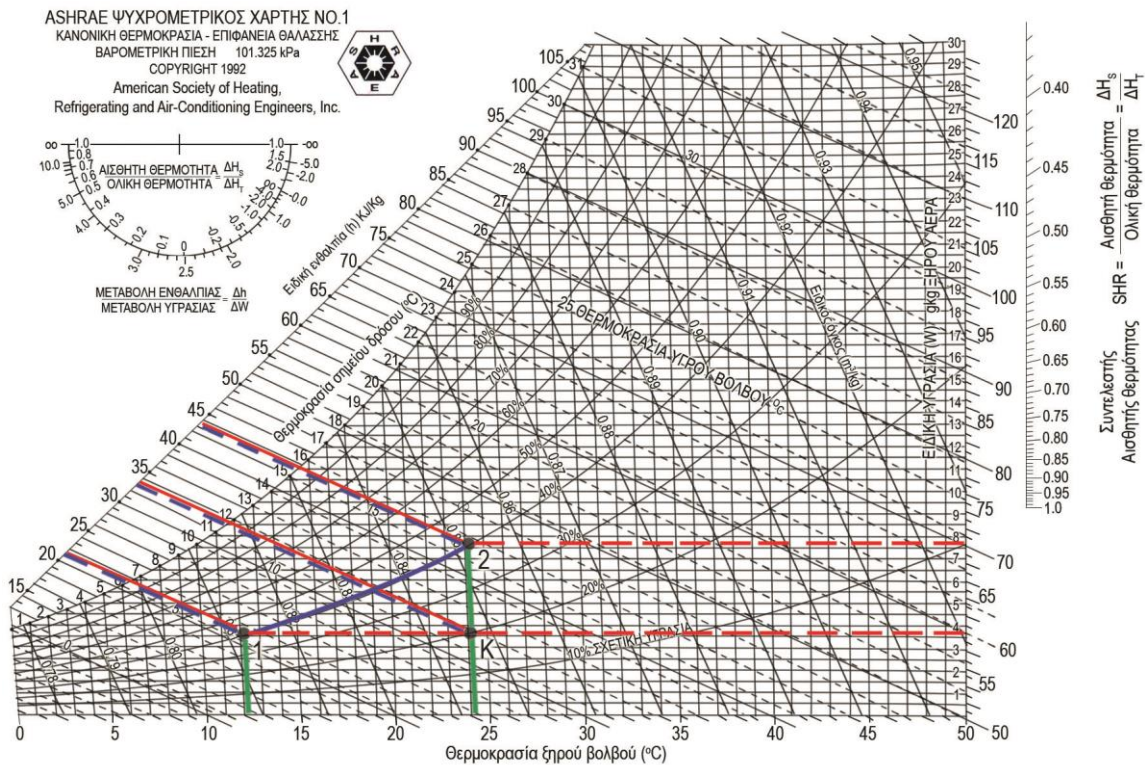


Να υπολογιστεί με τη βοήθεια του ψυχομετρικού χάρτη η θερμική ισχύς που απαιτείται για την θέρμανση κλιματιζόμενου χώρου, από τη θερμοκρασία των 12°C στην θερμοκρασία των 24 °C με ταυτόχρονη ύγρανση, με τη σχετική υγρασία να παραμένει σταθερή και ίση με 40%. Παροχής μάζας αέρα 0,02kg/sec σε 1atm.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 καθώς και το σημείο (K) πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.9. Θέρμανση υγρού αέρα με ταυτόχρονη ύγρανση με σταθερή την σχετική υγρασία.

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδική ενθαλπία αρχικής κατάστασης του αέρα: $h_1 = 21 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Λόγος υγρασίας σε kg ξηρού αέρα: $w_1 = 3,5 \text{ g/kg}$ ξηρού αέρα

Ειδική ενθαλπία τελικής κατάστασης του αέρα: $h_2 = 43 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Λόγος υγρασίας σε kg ξηρού αέρα: $w_2 = 7,5 \text{ g/kg}$ ξηρού αέρα

Ειδική ενθαλπία σημείου (K): $h_K = 33 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Για να παραμείνει σταθερή η σχετική υγρασία θα πρέπει η υγρασία να ανέβει από τα 3,5 g/kg ξηρού αέρα στα 7,5 g/kg ξηρού αέρα. Επομένως θα πρέπει να προστεθούν:

$$\Delta w = w_2 - w_1 = 7,5 - 3,5 = 4,0 \text{ g / kg ξηρού αέρα ή } 0,004 \text{ kg / kg ξ.α.}$$

Για κάθε kg ξηρού αέρα θα πρέπει να προστίθενται 4,0 g υγρασίας.

Το ποσό της αισθητής θερμότητας που πρέπει να προστεθεί σε κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_s = h_K - h_1 = 33 - 21 = 12 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Το λανθάνον ποσό θερμότητας που απαιτείται για την ατμοποίηση των υδρατμών είναι:

$$h_L = h_2 - h_K = 43 - 33 = 10 \text{ kJ/kg ξ.α.}$$

Το συνολικό ποσό θερμότητας θα είναι:

$$h_i = h_s + h_L = 12 + 10 = 22 \text{ kJ/kg ξ.α. ή } h_i = h_2 - h_1 = 43 - 21 = 22 \text{ kJ/kg ξ.α.}$$

Για κάθε kg ξηρού αέρα θα πρέπει να προστίθενται 22 kJ/kg

Η θερμική ισχύς που απαιτείται για τη θέρμανση του κλιματιζόμενου χώρου θα είναι:

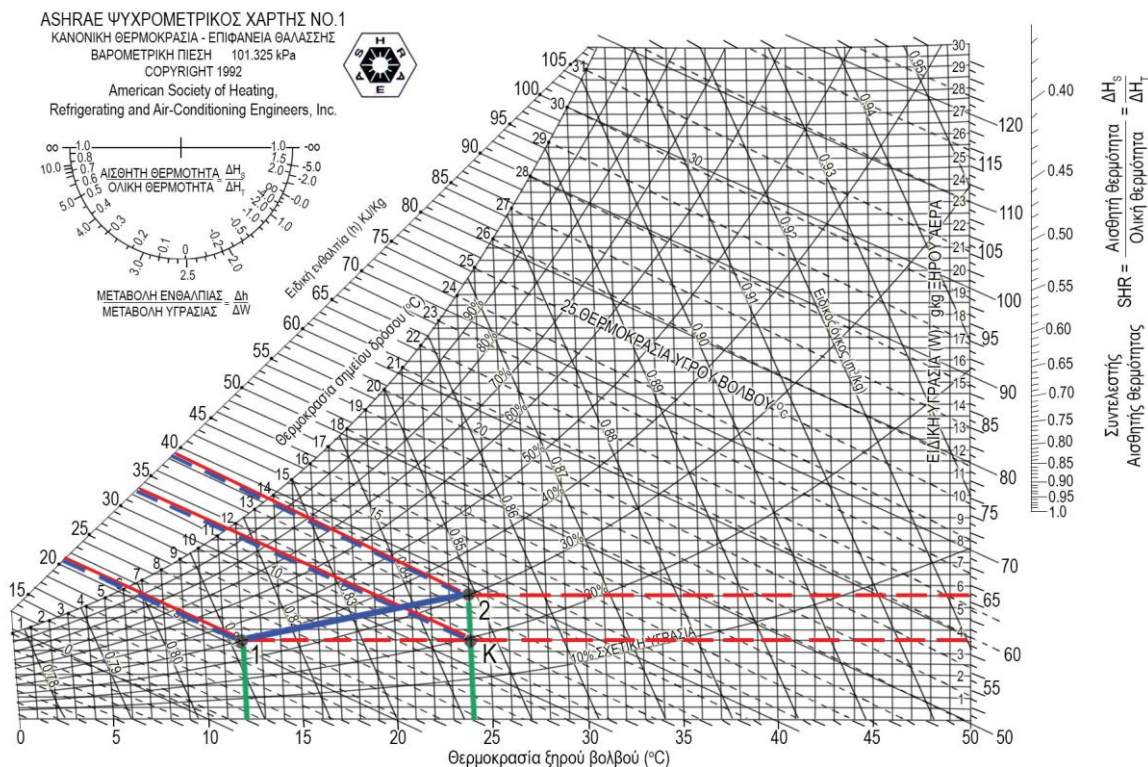
$$\dot{Q}_t = \dot{m}_a (h_2 - h_1) = 0,02(43 - 21) = 0,44 \text{ kW ή } 440 \text{ W}$$

4. (1.11.3.1) Εφαρμογή με θέρμανση υγρού αέρα χωρίς να παραμένει σταθερή η σχετική υγρασία

Να υπολογιστεί με τη βοήθεια του ψυχομετρικού χάρτη η θερμική ισχύς που απαιτείται για την θέρμανση κλιματιζόμενου χώρου, από τη θερμοκρασία των 12°C στην θερμοκρασία των 24 °C με ταυτόχρονη ύγρανση, με τη σχετική υγρασία από 40% να μειώνεται στο 30%. Παροχής μάζας αέρα 0,02kg/sec σε 1atm.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 καθώς και το σημείο (K) πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.11. Θέρμανση υγρού αέρα με ταυτόχρονη ύγρανση χωρίς να παραμένει σταθερή η σχετική υγρασία.

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδική ενθαλπία αρχικής κατάστασης του αέρα: $h_1 = 21 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Λόγος υγρασίας σε kg ξηρού αέρα: $w_1 = 3,5 \text{ g/kg ξ.α.}$

Ειδική ενθαλπία τελικής κατάστασης του αέρα: $h_2=39\text{kJ/kg}$ ξ.α.

Λόγος υγρασίας σε kg ξηρού αέρα: $w_2=5,5\text{g/kg}$ ξ.α.

Ειδική ενθαλπία σημείου (K): $h_K=33\text{kJ/kg}$ ξ.α.

Για να μειωθεί η σχετική υγρασία από το 40% στο 30% θα πρέπει η υγρασία να ανέβει από τα 3,5 g/kg ξηρού αέρα στα 5,5 g/kg ξηρού αέρα. Επομένως θα πρέπει να προστεθούν:

$$\Delta w = w_2 - w_1 = 5,5 - 3,5 = 2,0\text{g} / \text{kg} \text{ ξηρού αέρα ή } 0,004\text{kg} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Για κάθε kg ξηρού αέρα θα πρέπει να προστίθενται 2,0 g υγρασίας.

Το ποσό της αισθητής θερμότητας που πρέπει να προστεθεί σε κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_s = h_K - h_1 = 33 - 21 = 12\text{kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Το λανθάνον ποσό θερμότητας που απαιτείται για την ατμοποίηση των υδρατμών είναι:

$$h_L = h_2 - h_K = 39 - 33 = 6\text{kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Το συνολικό ποσό θερμότητας θα είναι:

$$h_t = h_s + h_L = 12 + 6 = 18\text{kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α. ή } h_t = h_2 - h_1 = 39 - 21 = 18\text{kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Για κάθε kg ξηρού αέρα θα πρέπει να προστίθενται 18kJ/ kg

Η θερμική ισχύς που απαιτείται για τη θέρμανση του κλιματιζόμενου χώρου θα είναι:

$$\dot{q}_t = \dot{m}_a (h_2 - h_1) = 0,02(39 - 21) = 0,36\text{kW} \text{ ή } 360\text{W}$$

5. (1.11.3.2) Εφαρμογή με θέρμανση υγρού αέρα χωρίς να παραμένει σταθερή η σχετική υγρασία σε πίεση διαφορετική από την ατμοσφαιρική.

Σε εγκατάσταση κλιματισμού η είσοδος του αέρα στην κλιματιστική συσκευή έχει θερμοκρασία 12°C και σχετική υγρασία 40% με σταθερή παροχή αέρα 3000m³/h. Ο εξωτερικός αέρας θερμαίνεται αρχικά στους 22°C στο τμήμα θέρμανσης και στη συνέχεια υφίσταται θέρμανση με ψεκασμό θερμού υδρατμού (ατμό) στο τμήμα της ύγρανσης. Αν η διεργασία αυτή γίνεται υπό πίεση 100kPa να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας στον αέρα στο τμήμα θέρμανσης και η απαιτούμενη παροχή μάζας θερμού υδρατμού στο τμήμα ύγρανσης.

Απάντηση

Έχουμε διεργασία σταθεροποιημένης ροής με την παροχή μάζας του ξηρού αέρα στη διάρκεια της διεργασίας να παραμένει σταθερή. Ο ξηρός αέρας και ο υδρατμός σε αυτή την περιοχή της θερμοκρασίας θεωρούνται ιδανικά αέρια και οι μεταβολές της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας είναι αμελητέες.

Η ειδική θερμότητα (σε αυτή την θερμοκρασία) είναι $c_p=1,005\text{kJ/kg.K}$ και η σταθερά του ξηρού αέρα $R_d=0,287\text{kJ/kg.K}$.

Από τον πίνακα Π2 του Παραρτήματος I:

Η πίεση κορεσμού του νερού στους 12°C είναι $P_{g1}=P_{\text{sat}@T1}=1,401\text{kPa}$

Η ενθαλπία του κορεσμένου υδρατμού στους 12°C είναι $h_{g1}=2523,6\text{kJ/kg}$

Η πίεση κορεσμού του νερού στους 24°C είναι $P_{g2\text{aut}}=P_{\text{sat}@T2\text{aut}}=2,982\text{kPa}$

Η ενθαλπία του κορεσμένου υδρατμού στους 22°C είναι $h_{g2m}=2541,8\text{kJ/kg}$

Η υγρασία στον αέρα παραμένει σταθερή στο τμήμα της θέρμανσης και έχουμε $w_1 = w_{2in}$, αυξάνει όμως στο τμήμα ύγρανσης όπου $w_{2in} < w_{2out}$.

Εφαρμόζουμε το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας στο τμήμα θέρμανσης και έχουμε:

$$\text{Ισοζύγιο μάζας ξηρού αέρα: } \dot{m}_{d_1} = \dot{m}_{d_2} = \dot{m}_d$$

$$\text{Ισοζύγιο μάζας νερού: } \dot{m}_{d_1} w_1 = \dot{m}_{d_2} w_2 \rightarrow w_1 = w_2$$

$$\text{Ισοζύγιο ενέργειας: } \dot{Q}_{in} + \dot{m}_d h_1 = \dot{m}_d h_2 \rightarrow \dot{Q}_{in} = \dot{m}_d (h_2 - h_1)$$

Ο προσδιορισμός του ρυθμού μεταφοράς θερμότητας στον αέρα της θέρμανσης και της απαιτούμενης παροχής θερμού υδρατμού θα γίνει με αναλυτικούς υπολογισμούς λόγω διαφορετικής πίεσης διεργασίας από την πίεση του ψυχομετρικού χάρτη.

$$P_{v_1} = \varphi_1 P_{g_1} = \varphi_1 P_{sat @ T_1} = 0,4 \cdot 1,401 = 0,5604 \text{ kPa και } P_{d_1} = P - P_{v_1} = 100 - 0,5604 = 99,4396 \text{ kPa}$$

Ο ειδικός όγκος του νωπού ξηρού αέρα θα είναι:

$$u_1 = \frac{R_d T_1}{P_d} = \frac{(0,287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(285 \text{ K})}{99,4396 \text{ kPa}} = 0,822559 \text{ m}^3 / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Η παροχή μάζας νωπού ξηρού αέρα θα είναι:

$$\dot{m}_d = \frac{V_1}{u_1} = \frac{600 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,822559 \text{ m}^3 / \text{kg}} = 729,4309 \text{ kg} / \text{h} \text{ ή } 0,202619 \text{ kg} / \text{sec}$$

Ο λόγος υγρασίας του νωπού αέρα θα είναι:

$$w_1 = 0,622 \frac{P_{v_1}}{P - P_{v_1}} = 0,622 \cdot \frac{0,5604}{100 - 0,5604} = 3,50533 \cdot 10^{-3} \text{ kg νερού} / \text{kg ξ.α.}$$

Η ενθαλπία του νωπού αέρα θα είναι:

$$h_1 = c_p T_1 + w_1 h_{g_1} = (1,005 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^\circ \text{C})(12^\circ \text{C}) + 3,50533 \cdot 10^{-3} \cdot (2523,6 \text{ kJ} / \text{kg}) \Rightarrow$$

$$h_1 = 20,906 \text{ kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Η ενθαλπία του αέρα πριν τον υγραντήρα για $w_1 = w_{2in}$, θα είναι:

$$h_{2in} = c_p T_{2in} + w_{2in} h_{g_{2in}} = (1,005 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^\circ \text{C})(22^\circ \text{C}) + 3,50533 \cdot 10^{-3} \cdot (2541,8 \text{ kJ} / \text{kg}) \Rightarrow$$

$$h_{2in} = 31,0198 \text{ kJ} / \text{kg} \text{ ξ.α.}$$

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας στον αέρα, στο τμήμα της θέρμανσης θα είναι:

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_d (h_{2in} - h_1) = (729,4309 \text{ kg} / \text{h}) [(31,0198 - 20,906) \text{ kJ} / \text{kg}] \Rightarrow$$

$$\dot{Q}_{in} = 7377,3182 \text{ kJ} / \text{h} \text{ ή } 2,04924 \text{ kJ} / \text{sec}$$

Ο λόγος υγρασίας του αέρα μετά την έξοδό του από τον υγραντήρα θα είναι:

$$w_{2out} = 0,622 \cdot \frac{\varphi_2 \cdot P_{g_{2out}}}{P - \varphi_2 P_{g_{2out}}} = 0,622 \cdot \frac{0,60 \cdot 2,982}{100 - 0,6 \cdot 2,982} = 11,331 \cdot 10^{-3} \text{ kg νερού} / \text{kg ξ.α.}$$

Το ισοζύγιο μάζας του νερού στο τμήμα ύγρανσης είναι:

$$\dot{m}_{d_2} w_{2in} + \dot{m}_v = \dot{m}_{d_{2out}} w_{2out} \quad \text{ή} \quad \dot{m}_v = \dot{m}_d (w_{2out} - w_{2in})$$

Η απαιτούμενη παροχή μάζας θερμού υδρατμού στο τμήμα ύγρανσης θα είναι:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_d (w_{2out} - w_{2in}) = 0,202619 (11,331 \cdot 10^{-3} - 3,50533 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow$$

$$\dot{m}_v = 1,585629 \cdot 10^{-3} \text{ kg / sec ή } 5,708 \text{ kg / h}$$

6. (1.11.4.1) Εφαρμογή με ψύξη αέρα χωρίς αφύγρανση με σταθερή την υγρασία

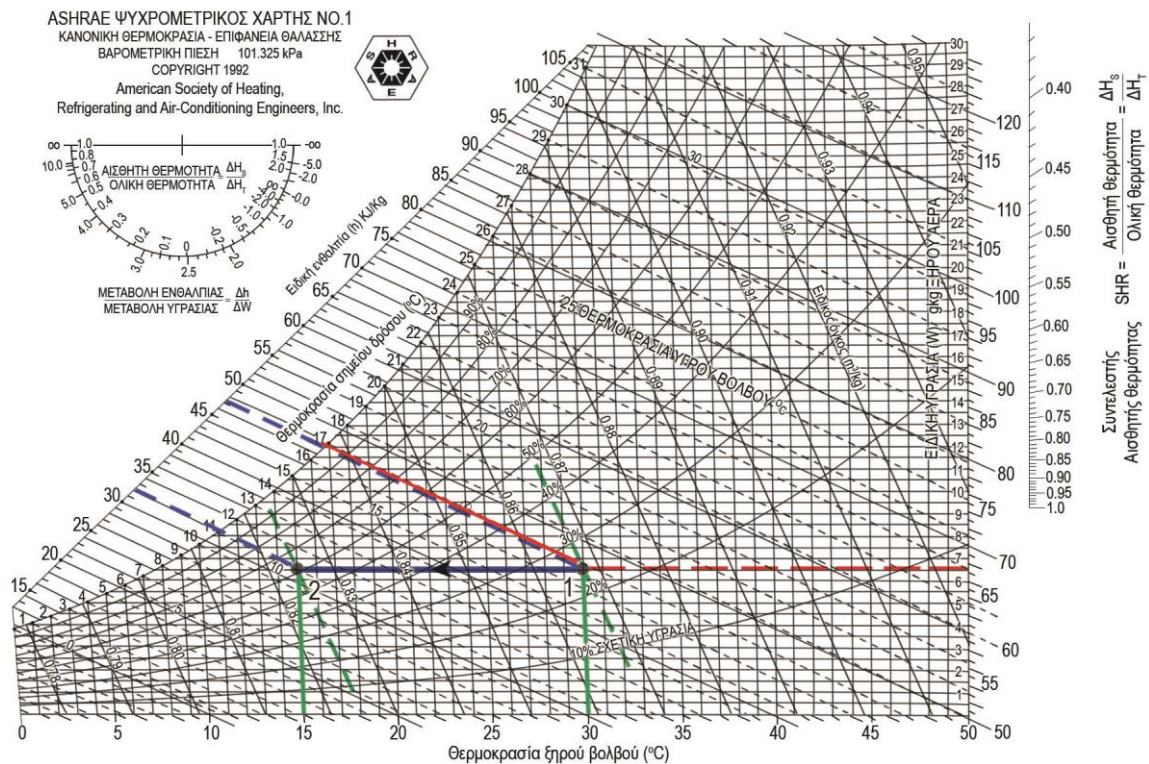
Να υπολογιστεί η θερμική ισχύς που αποβάλλεται από ρεύμα αέρα 62,1 m³/h σε 1atm, που ψύχεται χωρίς αφύγρανση με σταθερή την υγρασία για τις παρακάτω θερμοκρασίες:

α). Στην είσοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{1db}=30^\circ\text{C}$, θερμοκρασία υγρού βολβού $t_{1wb}=16,8^\circ\text{C}$.

β). Στην έξοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{2db}=15^\circ\text{C}$.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.14. Ψύξη αέρα χωρίς αφύγρανση με σταθερή την υγρασία

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδική ενθαλπία αέρα πριν την ψύξη: $h_1=47 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Ειδικός όγκος αέρα πριν την ψύξη: $u_1=0,8625 \text{ m}^3/\text{kg}$

Ειδική ενθαλπία αέρα μετά την ψύξη: $h_1=32 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Η παροχή μάζας αέρα θα είναι:

$$\dot{m}_d = \frac{\dot{V}_d}{u} = \frac{62,1}{3600 \cdot 0,8625} = 0,02 \text{ kg / sec}$$

Η θερμική ισχύς που αποβάλλεται θα είναι:

$$\dot{q}_{12} = \dot{m}_d (h_2 - h_1) = 0,02(32 - 47) = -0,30 \text{ kW} \text{ ή } -300 \text{ W}$$

7. (1.11.5.1) Εφαρμογή με ψύξη αέρα με αφύγρανση

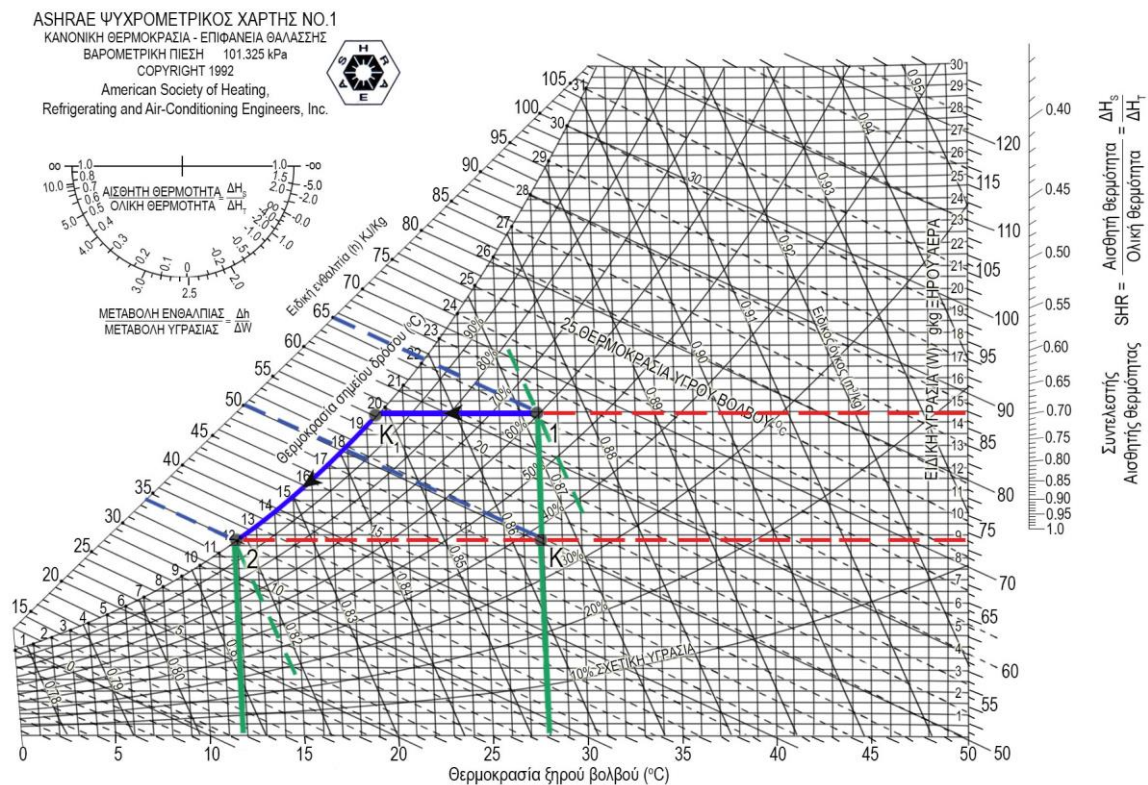
Να υπολογιστεί η θερμική ισχύς που αποβάλλεται από ρεύμα αέρα 62,1 m³/h σε 1 atm, που ψύχεται με αφύγρανση για τις παρακάτω θερμοκρασίες:

α). Στην είσοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{1db}=28^\circ\text{C}$, σχετική υγρασία 60%

β). Στην έξοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{2db}=12^\circ\text{C}$.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 καθώς και το σημείο K_1 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.17. Ψύξη αέρα με αφύγρανση

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδική ενθαλπία αέρα πριν την ψύξη: $h_1=65 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Ειδικός όγκος αέρα πριν την ψύξη: $u_1=0,8725 \text{ m}^3/\text{kg}$

Υγρασία πριν την ψύξη: $w_1=14,25 \text{ g/kg ξ.α.}$

Ειδική ενθαλπία αέρα μετά την ψύξη: $h_2=34 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Υγρασία μετά την ψύξη: $w_2=8,7\text{g/kg ξ.α.}$

Θερμοκρασία υδρατμών: $T_w=t_{db2}=12^\circ\text{C}=1,8 \times 12+32=53,6^\circ\text{F}$

Η ενθαλπία των υδρατμών θα είναι:

$$h_w = 2,3244(T_w - 32^\circ\text{F}) = 2,3244(53,6 - 32) = 50,207\text{kJ/kg ξ.α.}$$

Η παροχή μάζας αέρα θα είναι:

$$\dot{m}_d = \frac{\dot{V}_d}{u} = \frac{62,1}{3600 \cdot 0,8725} \approx 0,02\text{kg/sec}$$

Η θερμική ισχύς που αποβάλλεται θα είναι:

$$\dot{q}_{12} = \dot{m}_d [(h_1 - h_2) - h_w (w_1 - w_2)] \Rightarrow \dot{q}_{12} = 0,02 [(65 - 34) - 50,207 (14,25 \cdot 10^{-3} - 8,7 \cdot 10^{-3})] \Rightarrow$$

$$\dot{q}_{12} = 0,614427\text{kW} \text{ ή } 0,614427\text{kJ/sec} \text{ ή } 2211,9372\text{kJ/h}$$

Σημείωση: $1\text{kW}=1\text{kJ/s}$

Με τα ποσά της υγρασίας σε kg ξ.α. που πρέπει να αφαιρεθούν από τον αέρα θα έχουμε:

$$\Delta_w = w_1 - w_2 = 14,25 - 8,7 = 5,55\text{g/kg ξ.α.} \text{ ή } 5,55 \cdot 10^{-3}\text{kg/kg ξ.α.}$$

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

$$h_K = 50,2\text{kJ/kg ξ.α.}$$

Το ποσό της αισθητής θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_s = h_K - h_2 = 50,2 - 34 = 16,2\text{kJ/kg ξ.α.}$$

Το ποσό της θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί για κάθε kg ξηρού αέρα για την συμπύκνωση των υδρατμών (λανθάνον ποσό θερμότητας) είναι:

$$h_L = h_1 - h_K = 65 - 50,2 = 14,8\text{kJ/kg ξ.α.}$$

Το συνολικό ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_t = h_1 - h_2 = 65 - 34 = 31\text{kJ/kg ξ.α.} \text{ ή } h_t = h_s + h_L = 16,2 + 14,8 = 31\text{kJ/kg ξ.α.}$$

Ο ρυθμός αφαίρεσης θερμότητας θα είναι:

$$\dot{Q} = h_t \dot{m}_d = (31\text{kJ/kg})(0,02 \cdot 3600\text{kg/h}) = 2232\text{kJ/h}$$

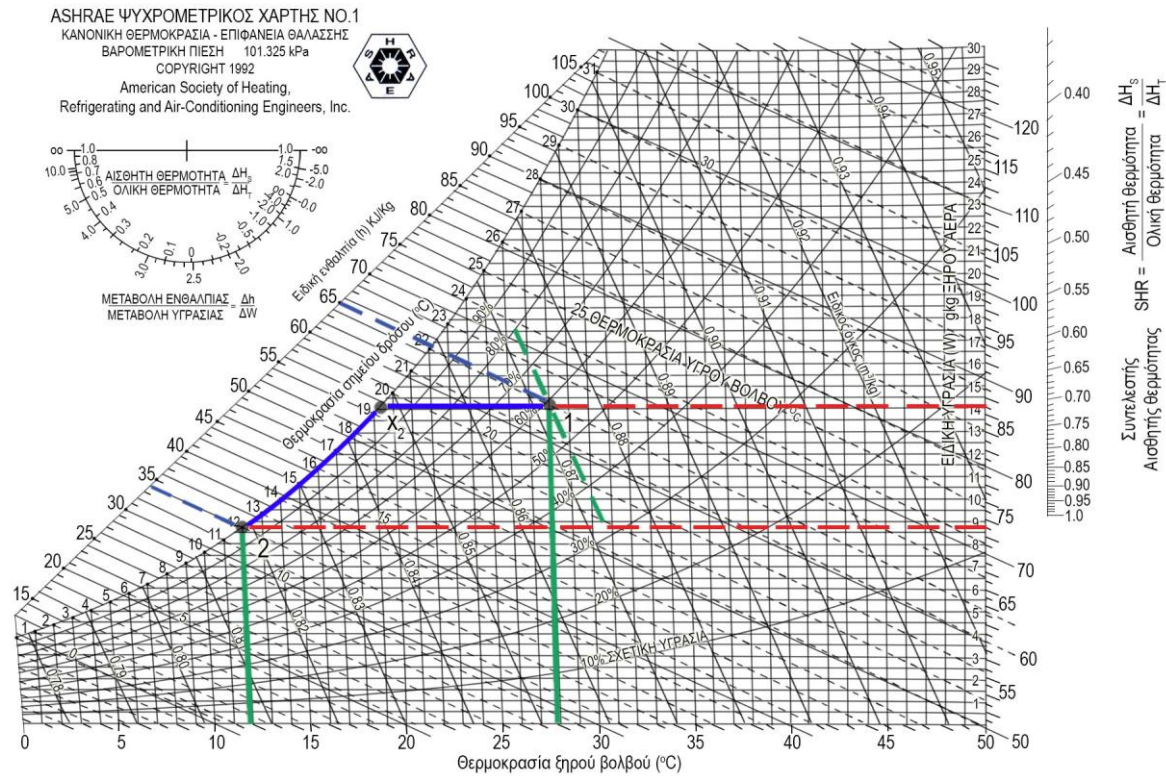
8. (1.11.5.2) Εφαρμογή με ψύξη αέρα με αφύγρανση με χρήση ψυχομετρικού διαγράμματος και πινάκων του Παραρτήματος

Σε ένα κλιματιστικό εισέρχεται αέρας σε 1atm , θερμοκρασίας ξηρού βολβού $t_{db}=28^\circ\text{C}$, και σχετικής υγρασίας 60% με ρυθμό $62,1\text{ m}^3/\text{h}$ και εξέρχεται ως κορεσμένος αέρας στους 12°C . Μέρος της υγρασίας του αέρα που συμπυκνώνεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας αφαιρείται στους 12°C . Να προσδιοριστεί ο ρυθμός αφαίρεσης θερμότητας και υγρασίας από τον αέρα.

Απάντηση

Έχουμε διεργασία σταθεροποιημένης ροής με την παροχή μάζας του ξηρού αέρα στη διάρκεια της διεργασίας να παραμένει σταθερή. Ο ξηρός αέρας και ο υδρατμός σε αυτή την περιοχή της θερμοκρασίας θεωρούνται ιδανικά αέρια και οι μεταβολές της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας είναι αμελητέες.

Η ενθαλπία του κορεσμένου υγρού νερού στους 12°C με βάση τα στοιχεία του πίνακα Π2 του Παραρτήματος Ι είναι $h_f = h_v = 50,38 \text{ kJ/kg}$. Επειδή η πίεση είναι 1 atm οι ιδιότητες του αέρα στην είσοδο (σημείο 1) και την έξοδο (σημείο 2) μπορούν να προσδιοριστούν από τον ψυχομετρικό διάγραμμα.



Σχήμα 1.17.1. Ψύξη αέρα με αφύγρανση

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ενθαλπία αέρα πριν την ψύξη: $h_1 = 65 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Υγρασία πριν την ψύξη: $w_1 = 14,25 \text{ g/kg ξ.α.}$

Ειδικός όγκος αέρα πριν την ψύξη: $u_1 = 0,8725 \text{ m}^3/\text{kg}$

Ενθαλπία αέρα μετά την ψύξη: $h_2 = 34 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Υγρασία μετά την ψύξη: $w_2 = 8,7 \text{ g/kg ξ.α.}$

Κατά την διάρκεια της διεργασίας η υγρασία του αέρα μειώνεται λόγω αφύγρανσης. Εφαρμόζουμε το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας στο τμήμα ψύξης και αφύγρανσης και έχουμε:

$$\text{Ισοζύγιο μάζας ξηρού αέρα : } \dot{m}_{d_1} = \dot{m}_{d_2} = \dot{m}_d$$

$$\text{Ισοζύγιο μάζας νερού : } \dot{m}_d w_1 = \dot{m}_d w_2 + \dot{m}_v \rightarrow \dot{m}_v = \dot{m}_d (w_1 - w_2)$$

$$\text{Ισοζύγιο ενέργειας : } \sum_{in} \dot{m} h = \dot{Q}_{out} + \sum_{out} \dot{m} h \rightarrow \dot{Q}_{out} = \dot{m} (h_1 - h_2) - \dot{m}_v h_v$$

Ο ρυθμός μάζας ξηρού αέρα θα είναι:

$$\dot{m}_d = \frac{\dot{V}_1}{u_1} = \frac{62,1 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,8725 \text{ m}^3 / \text{kg}} = 71,17478 \text{ kg} / \text{h} \text{ ή } 0,01977 \text{ kg} / \text{sec}$$

Ο ρυθμός αφαίρεσης υγρασίας θα είναι:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_d (w_1 - w_2) = 0,01977 (14,25 \cdot 10^{-3} - 8,7 \cdot 10^{-3}) = 0,10972 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{sec} \text{ ή } \dot{m}_v = 0,395 \text{ kg} / \text{h}$$

Ο ρυθμός αφαίρεσης θερμότητας θα είναι:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{out} &= \dot{m}(h_1 - h_2) - \dot{m}_v h_v \Rightarrow \\ \dot{Q}_{out} &= (0,01977 \text{ kg} / \text{sec}) [(65 - 34) \text{ kJ} / \text{kg}] - 0,10972 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{sec} (50,38 \text{ kJ} / \text{kg}) \Rightarrow \\ \dot{Q}_{out} &= 0,60734 \text{ kJ} / \text{sec} \text{ ή } 2186,424 \text{ kJ} / \text{h} \end{aligned}$$

Επομένως για κάθε kg ξηρού αέρα θα πρέπει να αφαιρεθεί θερμότητα:

$$\dot{q}_{out} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}_d} = \frac{2186,424 \text{ kJ} / \text{h}}{71,17478 \text{ kg} / \text{h}} = 30,719 \text{ kJ} / \text{kg}$$

9. (1.11.6.1) Εφαρμογή με ψύξη αέρα με αφύγρανση που δεν καταλήγει σε κορεσμένο αέρα

Να υπολογιστεί η θερμική ισχύς που αποβάλλεται από ρεύμα αέρα 62,1 m³/h που ψύχεται με αφύγρανση για τις παρακάτω θερμοκρασίες:

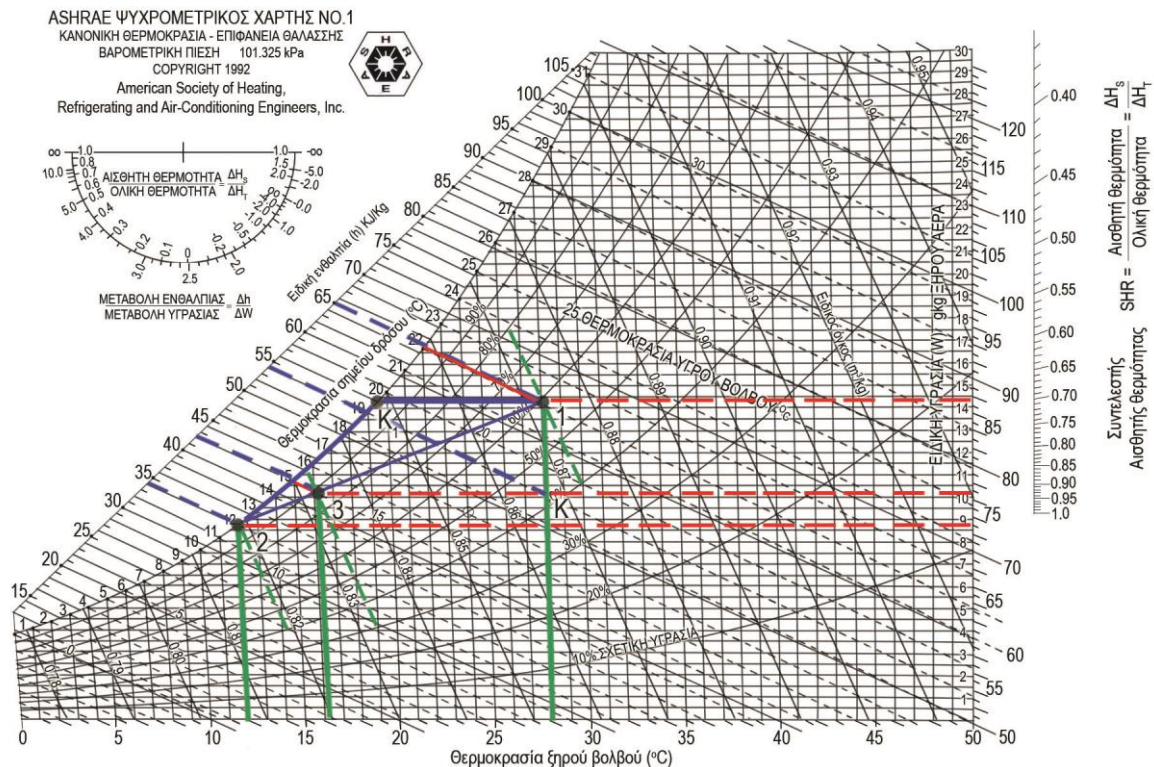
α). Στην είσοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{1db}=28^\circ\text{C}$, σχετική υγρασία $\phi_1=60\%$

β). Στην έξοδο της ψυκτικής μηχανής θερμοκρασία ξηρού βολβού $t_{3db}=16^\circ\text{C}$, θερμοκρασία υγρού βολβού $t_{3wb}=15^\circ\text{C}$

Να προσδιορισθεί το σημείο δρόσου και ο συντελεστής παράκαμψης της συσκευής.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 3 καθώς και το σημείο K₁ πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.19. Ψύξη αέρα με αφύγρανση σε μη κορεσμένο αέρα

Από τον ψυχρομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδική ενθαλπία αέρα πριν την ψύξη: $h_1=65 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Ειδικός όγκος αέρα πριν την ψύξη: $u_1=0,8725\text{m}^3/\text{kg}$

Υγρασία πριν την ψύξη: $w_1=14,25\text{g/kg}$ ξ.α.

Ειδική ενθαλπία αέρα μετά την ψύξη: $h_3=42 \text{ kJ/kg ξ.α.}$

Υγρασία αέρα μετά την ψύξη: $w_3=10,10\text{g/kg}$ ξ.α.

Από την προέκταση της καταστατικής ευθείας (1-3) μέχρι την καμπύλη κορεσμού προσδιορίζουμε το σημείο (2) και την θερμοκρασία δρόσου $t_{dp2}=12^{\circ}\text{C}$ καθώς και την ειδική ενθαλπία $h_2=34\text{ kJ/kg}$ ξ.α.

Η παροχή μάζας αέρα θα είναι: $\dot{m}_d = \frac{\dot{V}_d}{u} = \frac{62,1}{3600 \cdot 0,8725} \approx 0,02 \text{ kg/sec}$

Η θερμική ισχύς που αποβάλλεται θα είναι:

$$\dot{q}_{13} = \dot{m}_d (h_1 - h_3) = 0,02(65 - 42) = 0,46 \text{ kW} \text{ } \dot{q} \text{ } 460 \text{ W}$$

Το ποσό του νερού που αποβάλλεται με την αφύγρανση θα είναι:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_d (w_1 - w_3) = 0,02 \cdot 10^{-3} (14,25 - 10,1) \text{ kg/s} \text{ и } \dot{m}_w = 0,083 \cdot 10^{-3} \text{ kg/sec} \text{ и } 0,083 \text{ g/sec}$$

Ο συντελεστής παράκαμψης θα είναι:

$$BF = \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_2} = \frac{42 - 34}{65 - 34} = 0,258 \text{ } \dot{\text{ı}} \text{ } 25,8\%$$

Η παροχή μάζας του αέρα που παρακάμπτει τη συσκευή θα είναι:

$$BF = \frac{\dot{m}_{d1}}{\dot{m}_{d1} + \dot{m}_{d3}} = \frac{\dot{m}_{d1}}{\dot{m}_d} \Rightarrow \dot{m}_{d1} = BF \cdot \dot{m}_d = 0,258 \cdot 0,02 = 0,00516 \text{ kg / sec ή } 5,16 \text{ g / sec}$$

Το ρεύμα του αέρα που παρακάμπτει τη συσκευή θα είναι:

$$\dot{m}_{d1} = \frac{\dot{V}_{d1}}{u} \Rightarrow \dot{V}_{d1} = \dot{m}_{d1} \cdot u = 0,00516 \cdot 0,8625 = 0,0044505 \text{ m}^3 / \text{sec ή } 16,0218 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Με τα ποσά της υγρασίας σε kg ξ.α. που πρέπει να αφαιρεθούν από τον αέρα θα έχουμε:

$$\Delta_w = w_1 - w_3 = 14,25 - 10,1 = 4,15 \text{ g / kg ξ.α. ή } 4,15 \cdot 10^{-3} \text{ kg / kg ξ.α.}$$

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

$$h_K = 54 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Το ποσό της αισθητής θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_S = h_K - h_3 = 54 - 42 = 12 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Το λανθάνον ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί για κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

$$h_L = h_1 - h_K = 65 - 54 = 11 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Το συνολικό ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε kg ξηρού αέρα είναι:

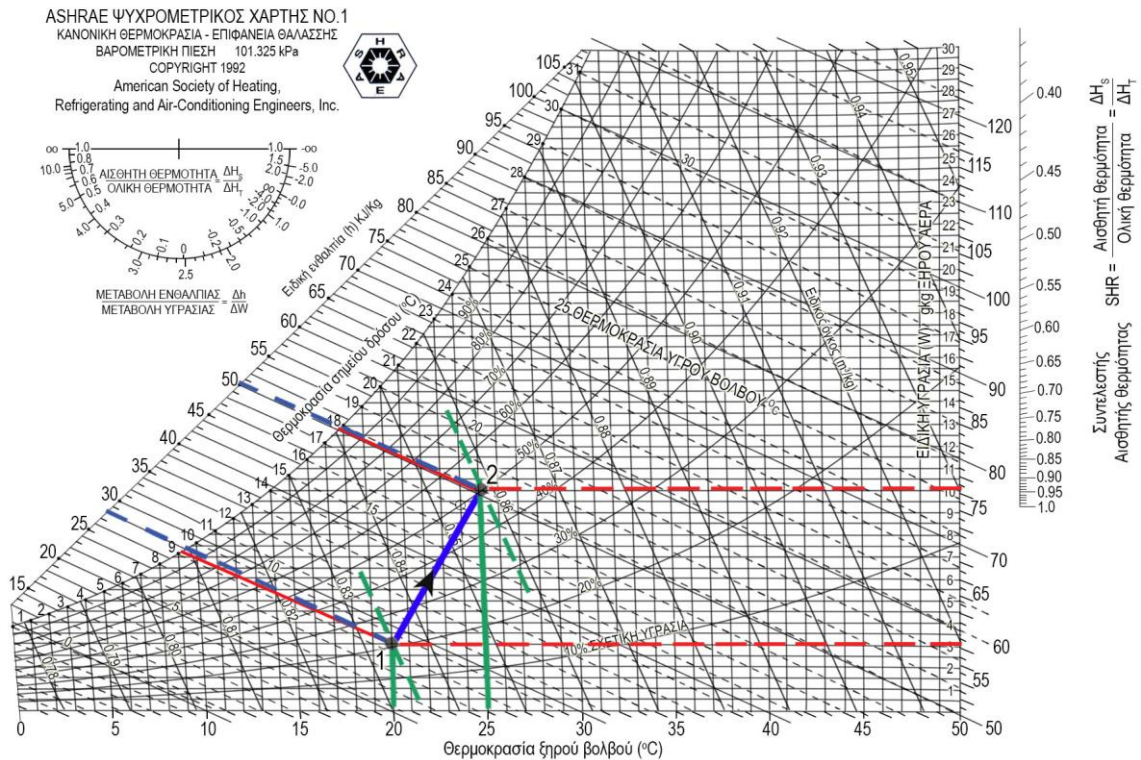
$$h_t = h_1 - h_3 = 65 - 42 = 23 \text{ kJ / kg ξ.α. ή } h_t = h_S + h_L = 12 + 11 = 23 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

10. (1.11.7.1) Εφαρμογή με αδιαβατική ύγρανση ρεύματος αέρα

Να υπολογιστεί η αναγκαία παροχή υδρατμού θερμοκρασίας $T_w = 125^\circ\text{C}$ και ειδικής ενθαλπίας 2736 kJ/kg που απαιτείται για να αυξηθεί η σχετική υγρασία υγρού αέρα παροχής $1800 \text{ m}^3/\text{h}$ από το 20% στο 50% και η θερμοκρασία από τους 20°C στους 25°C .

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε το σημείο 1 και 2 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.22. Αδιαβατική ύγρανση ρεύματος αέρα

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

α). Στην είσοδο της συσκευής

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $t_{1db}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία υγρού βολβού: $t_{1wb}=9\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ειδική ενθαλπία αέρα: $h_1=28\text{ kJ/kg ξ.α.}$
- Ειδικός όγκος αέρα: $u_1=0,834\text{ m}^3/\text{kg}$
- Υγρασία: $w_1=3,0\text{ g/kg ξ.α.}$
- Σχετική υγρασία: $\phi_1=20\%$

β). Στην έξοδο της συσκευής

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $t_{2db}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία υγρού βολβού: $t_{2wb}=17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ειδική ενθαλπία αέρα: $h_2=50\text{ kJ/kg ξ.α.}$
- Ειδικός όγκος αέρα: $u_2=0,858\text{ m}^3/\text{kg}$
- Υγρασία: $w_2=10,0\text{ g/kg ξ.α.}$
- Σχετική υγρασία: $\phi_2=50\%$

Η παροχή μάζας αέρα είναι: $\dot{m}_d = \frac{\dot{V}_d}{u} = \frac{1800}{3600 \cdot 0,834} = 0,6\text{ kg/sec ή } 2160\text{ kg/h}$

Η απαιτούμενη παροχή μάζας του υδρατμού θα είναι:

$$\dot{m}_d \cdot w_1 + \dot{m}_w = \dot{m}_d \cdot w_2 \Rightarrow \dot{m}_w = \dot{m}_d (w_2 - w_1) = 0,6 [10 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}]$$

και $\dot{m}_w = 4,2 \cdot 10^{-3}\text{ kg/sec ή } 4,2\text{ g/sec ή } 15,12\text{ kg/h}$

Η κλίση της καταστατικής ευθείας είναι:

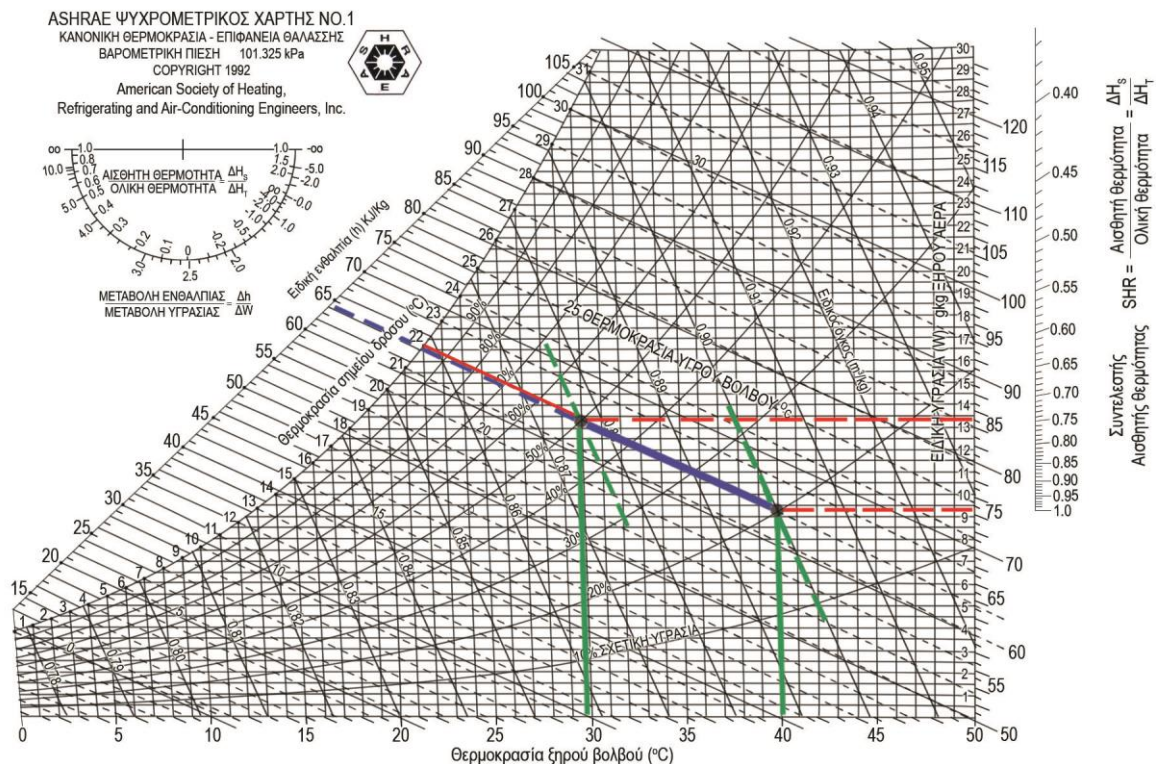
$$h_w = \frac{h_1 - h_2}{w_1 - w_2} = \frac{28 - 50}{3 - 10} = 3,143$$

11. (1.11.8.1) Εφαρμογή με αδιαβατική ψύξη υγρού αέρα με σταθερή την ενθαλπία

Υγρός αέρας παροχής 1800 m³/h με θερμοκρασία 40°C και σχετική υγρασία 20% ψύχεται με σταθερή την ολική ενθαλπία με ψεκασμό νερού. Να υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα νερού που πρέπει να ψεκασθεί ανά kg ξηρού αέρα, η απαιτούμενη παροχή μάζας νερού και η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του αν η σχετική υγρασία γίνει 50%.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε το σημείο 1 και 2 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.24. Ψύξη υγρού αέρα με σταθερή την ενθαλπία (αδιαβατική ψύξη)

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

α). Στην είσοδο της συσκευής

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $t_{1db}=40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία υγρού βολβού: $t_{1wb}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ειδική ενθαλπία αέρα: $h_1=64\text{ kJ/kg ξ.α.}$
- Ειδικός όγκος αέρα: $u_1=0,90\text{ m}^3/\text{kg}$
- Υγρασία: $w_1=9,25\text{ g/kg ξ.α.}$
- Σχετική υγρασία: $\phi_1=20\%$

β). Στην έξοδο της συσκευής

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $t_{2db}=29,75\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία υγρού βολβού: $t_{2wb}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ειδική ενθαλπία αέρα: $h_2=64\text{ kJ/kg ξ.α.}$
- Ειδικός όγκος αέρα: $u_2=0,874\text{ m}^3/\text{kg}$

- Υγρασία: $w_2 = 13,25 \text{ g/kg ξ.α.}$
- Σχετική υγρασία: $\varphi_2 = 50\%$

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού που πρέπει να ψεкаσθεί ανά kg ξηρού αέρα είναι:

$$\Delta w = w_2 - w_1 \Rightarrow \Delta w = 13,25 - 9,25 = 4,0 \text{ g/kg ξ.α. ή } 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg ξ.α.}$$

Από τα δεδομένα του ψυχομετρικού χάρτη η θερμοκρασία εξόδου του υγρού αέρα μετά την άδιαβατική ψύξη είναι $29,75^\circ\text{C}$.

$$\text{Η παροχή μάζας αέρα είναι: } \dot{m}_d = \frac{\dot{V}_d}{u} = \frac{1800}{3600 \cdot 0,9} = 0,55555 \text{ kg/sec ή } 2000 \text{ kg/h}$$

Η απαιτούμενη παροχή μάζας του νερού θα είναι:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_d (w_2 - w_1) = 0,55555 [13,25 \cdot 10^{-3} - 9,25 \cdot 10^{-3}]$$

και $\dot{m}_w = 2,2222 \cdot 10^{-3} \text{ kg/sec ή } 2,2222 \text{ g/sec ή } 8,0 \text{ kg/h}$

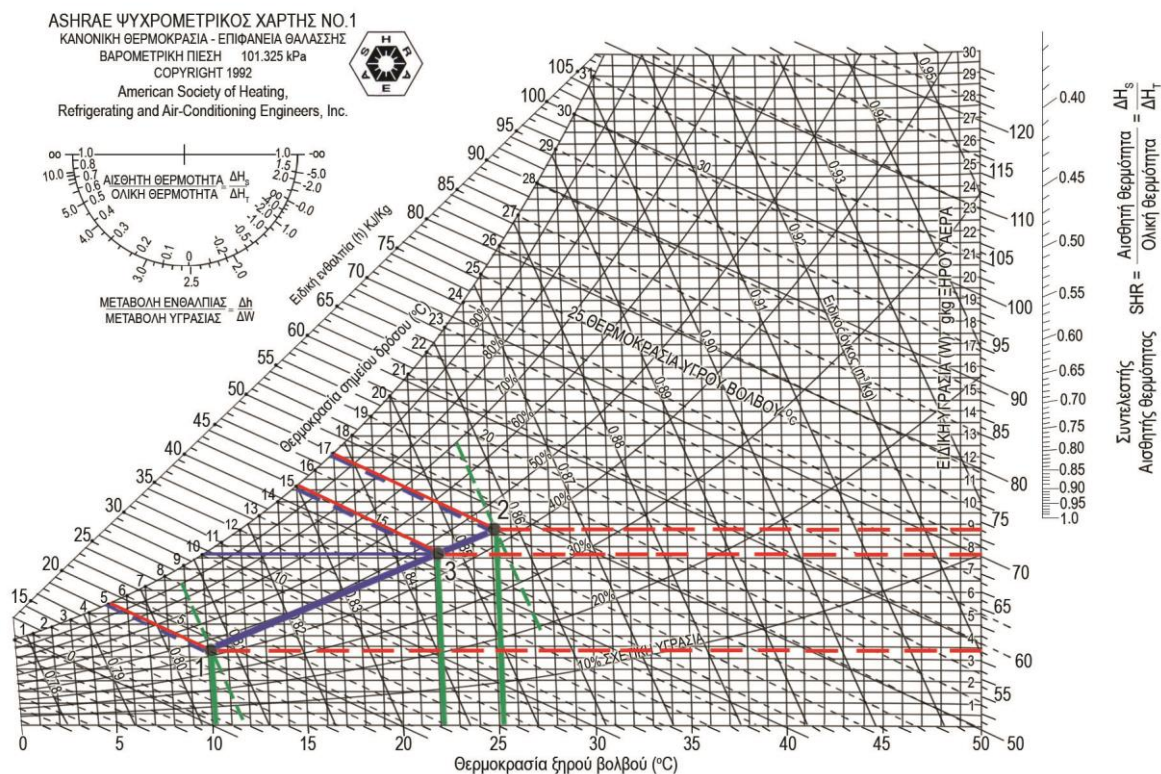
12. (1.11.9.1) Εφαρμογές με αδιαβατική ανάμιξη δύο ρευμάτων αέρα

13. (1.11.9.1.1) Εφαρμογή 1

Ρεύμα παροχής όγκου αέρα $2,0 \text{ m}^3/\text{sec}$, θερμοκρασίας ξηρού βολβού 10°C και υγρού βολβού 5°C αναμειγνύεται αδιαβατικά με ρεύμα παροχής όγκου αέρα $8 \text{ m}^3/\text{sec}$, θερμοκρασίας ξηρού βολβού 25°C και υγρού βολβού 17°C . Να υπολογισθούν οι θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού καθώς και η θερμοκρασία του σημείου δρόσου του μίγματος και να προσδιοριστεί το σημείο (3) πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.



Σχήμα 1.27. Αδιαβατική ανάμιξη δύο ρευμάτων αέρα

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Ειδικός όγκος ρεύματος 1: $u_1=0,806 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{Παροχή μάζας ρεύματος 1: } \dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_1}{u_1} \Rightarrow \dot{m}_1 = \frac{2}{0,806} = 2,48138 \text{ kg / sec}$$

Ειδικός όγκος ρεύματος 2: $u_2=0,856 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{Παροχή μάζας ρεύματος 2: } \dot{m}_2 = \frac{\dot{V}_2}{u_2} \Rightarrow \dot{m}_2 = \frac{8}{0,856} = 9,34579 \text{ kg / sec}$$

$$\text{Λόγος παροχών μάζας αέρα: } \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} = \frac{2,48138}{9,34579} = \frac{1}{3,7663} \text{ και } \dot{m}_2 = 3,7663\dot{m}_1$$

$$\dot{m}_{d3} = \dot{m}_{d1} + \dot{m}_{d2} = 2,48138 + 9,34579 = 11,82717 \text{ kg / sec}$$

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Λόγο υγρασίας στο σημείο 1: $w_1=3,35\text{g/kg}$ ξηρού αέρα

Λόγο υγρασίας στο σημείο 2: $w_2=8,75\text{g/kg}$ ξηρού αέρα

$$\frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \Rightarrow \dot{m}_2 (w_2 - w_3) = \dot{m}_1 (w_3 - w_1)$$

$$\text{και } \dot{m}_1 w_3 + \dot{m}_2 w_3 = \dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2 \Rightarrow w_3 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) = \dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2$$

$$\text{και } w_3 = \frac{\dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{2,48138 \cdot 3,35 + 9,34579 \cdot 8,75}{2,48138 + 9,34579} = 7,61706 \text{ g / kg ξηρού αέρα}$$

Από την τιμή w_3 προσδιορίζουμε το σημείο 3 από το οποίο προκύπτουν τα παρακάτω:

Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $t_{db3}=22^\circ\text{C}$

Θερμοκρασία υγρού βολβού: $t_{wb3}=15^\circ\text{C}$

Θερμοκρασία σημείου δρόσου: $t_{dp3}=10^\circ\text{C}$

Σημείωση: Το σημείο (3) βρίσκεται κοντά στο σημείο (2) λόγω μεγαλύτερης παροχής μάζας αέρα. Για ίσα ρεύματα αέρα το σημείο (3) βρίσκεται στο μέσο της απόστασης.

Ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας του μίγματος (σημείο 3) μπορεί να γίνει με βάση τα ποσοστά αέρα και τις θερμοκρασίες των επί μέρους παροχών και να έχουμε:

Ποσοστό ρεύματος αέρα (1):

$$V_1\% = \left(\frac{V_1}{V_1 + V_2} \right) \cdot 100 = \left(\frac{2}{2 + 8} \right) \cdot 100 = 20\%$$

Ποσοστό ρεύματος αέρα (2):

$$V_2\% = \left(\frac{V_2}{V_1 + V_2} \right) \cdot 100 = \left(\frac{8}{2 + 8} \right) \cdot 100 = 80\%$$

Θερμοκρασία ρεύματος (3) ή θερμοκρασία του μίγματος αέρα:

$$t_{3db} = (0,2 \cdot t_{1db}) + (0,8 \cdot t_{2db}) = (0,2 \cdot 10) + (0,8 \cdot 25) = 2 + 20 = 22^\circ\text{C}$$

Ο προσδιορισμός της υγρασίας του μίγματος (σημείο 3) μπορεί να γίνει με βάση τα ποσοστά αέρα και τις υγρασίες των επί μέρους παροχών και να έχουμε:

$$w_3 = (0,2 \cdot w_1) + (0,8 \cdot w_2) = (0,2 \cdot 3,35) + (0,8 \cdot 8,75) = 7,67 \text{ g / kg ξ.α.}$$

Ο προσδιορισμός της ενθαλπίας του μίγματος (σημείο 3) μπορεί να γίνει με βάση τα ποσοστά αέρα και τις ενθαλπίες των επί μέρους παροχών και να έχουμε:

$$h_3 = (0,2 \cdot h_1) + (0,8 \cdot h_2) = (0,2 \cdot 19) + (0,8 \cdot 47) = 41,4 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Σημείωση: Στην πράξη, στους κλιματιζόμενους χώρους, έχουμε την ανάμιξη κατάλληλα επεξεργασμένου εξωτερικού αέρα (θερμοκρασία, υγρασία) με αέρα επιστροφής (ανακυκλοφορίας) με σκοπό τη διαμόρφωση ενός μίγματος αέρα στο χώρο με βάση τις επιθυμητές συνθήκες.

14. (1.11.9.1.2) Εφαρμογή 2

Κορεσμένος αέρας παροχής $1,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ εξέρχεται από το τμήμα ψύξης συστήματος κλιματισμού στους 15°C με και αναμιγνύεται αδιαβατικά με τον εξωτερικό (νωπό) αέρα θερμοκρασίας 35°C και σχετικής υγρασίας 60% , παροχής $0,25 \text{ m}^3/\text{sec}$. Αν η ανάμιξη γίνεται σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης, να προσδιορισθούν η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία καθώς και η παροχή όγκου του αναμιγνυόμενου αέρα.

Απάντηση

Θεωρώντας τις συνθήκες λειτουργίας σταθεροποιημένες, τον ξηρό αέρα και τους υδρατμούς ως ιδανικά αέρια και τις μεταβολές της κινητικής και δυναμικής ενέργειας αμελητέες, έχουμε αδιαβατική ανάμιξη ροών αέρα.

Κορεσμένος αέρας

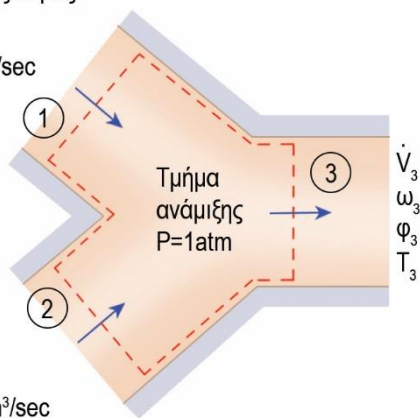
$$T_1 = 15^\circ\text{C}$$

$$\dot{V}_1 = 1,0 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$T_2 = 35^\circ\text{C}$$

$$\phi_2 = 60\%$$

$$\dot{V}_2 = 0,25 \text{ m}^3/\text{sec}$$



Σχήμα 1.28. Αδιαβατική ανάμιξη δύο ρευμάτων ή ποσοτήτων υγρού αέρα σε τμήμα (κιβώτιο μίξης) συστήματος κλιματισμού

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία 1 και 2 πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη.

Από το ψυχομετρικό διάγραμμα έχουμε:

$$\text{Ειδικός όγκος ρεύματος 1: } u_1 = 0,830 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Παροχή μάζας ρεύματος 1: } \dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_1}{u_1} \Rightarrow m_1 = \frac{1}{0,830} = 1,204819 \text{ kg / sec}$$

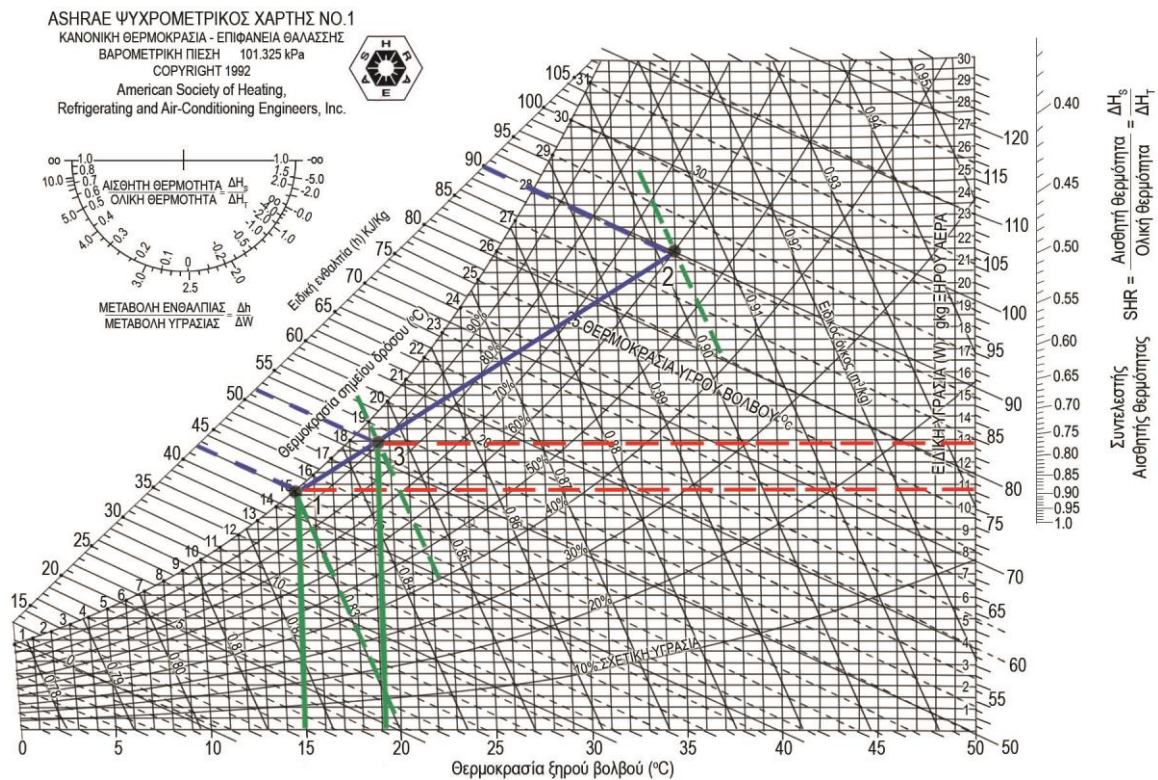
$$\text{Ειδικός όγκος ρεύματος 2: } u_2 = 0,903 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Παροχή μάζας ρεύματος 2: $\dot{m}_2 = \frac{\dot{V}_2}{u_2} \Rightarrow \dot{m}_1 = \frac{0,25}{0,903} = 0,276854 \text{ kg / sec}$

Λόγος παροχών μάζας αέρα: $\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} = \frac{1,204819}{0,276854} = \frac{1}{0,229788}$ και $\dot{m}_2 = 0,229788 \dot{m}_1$

Από το ισοζύγιο μάζας του ξηρού αέρα έχουμε:

$$\dot{m}_{d3} = \dot{m}_{d1} + \dot{m}_{d2} = 1,204819 + 0,276854 = 1,481673 \text{ kg / sec}$$



Σχήμα 1.29. Αδιαβατική ανάμιξη κορεσμένου ψυχρού αέρα και νωπού αέρα

Από τον ψυχομετρικό χάρτη έχουμε:

Λόγο υγρασίας στο σημείο 1: $w_1 = 10,8 \text{ g/kg}$ ξηρού αέρα

Λόγο υγρασίας στο σημείο 2: $w_2 = 21,5 \text{ g/kg}$ ξηρού αέρα

$$\frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \Rightarrow \dot{m}_2 (w_2 - w_3) = \dot{m}_1 (w_3 - w_1)$$

$$\text{και } \dot{m}_1 w_3 + \dot{m}_2 w_3 = \dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2 \Rightarrow w_3 (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) = \dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2$$

$$\text{και } w_3 = \frac{\dot{m}_1 w_1 + \dot{m}_2 w_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{1,204819 \cdot 10,8 + 0,276854 \cdot 21,5}{1,204819 + 0,276854} = 12,799319 \text{ g / kg ξηρού αέρα}$$

Από την τιμή w_3 προσδιορίζουμε το σημείο 3 από το οποίο προκύπτουν τα παρακάτω:

Θερμοκρασία ξηρού βολβού: $T_{db3} = 19,3^\circ\text{C}$

Θερμοκρασία υγρού βολβού: $T_{wb3} = 18,3^\circ\text{C}$

Θερμοκρασία σημείου δρόσου: $T_{dp3} = 17,7^\circ\text{C}$

Σχετική υγρασία: ΣΥ=90%

Ειδικός όγκος: $u_3=0,846 \text{ m}^3/\text{kg}$

Από το ψυχομετρικό διάγραμμα επίσης έχουμε:

Ενθαλπία σημείου 1: $h_1=42\text{kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Ενθαλπία σημείου 2: $h_2=90\text{kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Ενθαλπία σημείου 3: $h_3=52\text{kJ/kg}$ ξηρού αέρα

Η ενθαλπία του μίγματος (σημείο 3) μπορεί να προσδιορισθεί από τη σχέση 1.128.

$$\frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \Rightarrow h_3 = \frac{h_1 \dot{m}_1 + h_2 \dot{m}_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{42 \cdot 1,204819 + 90 \cdot 0,276854}{1,204819 + 0,276854} = 50,9689 \text{ kJ / kg ξ.α.}$$

Η παροχή όγκου μίγματος θα είναι: $\dot{V}_3 = \dot{m}_{a3} u_3 = 1,481673 \cdot 0,846 = 1,253495 \text{ m}^3 / \text{sec}$

15. (1.11.11) Εφαρμογή με απλή εγκατάσταση κλιματισμού

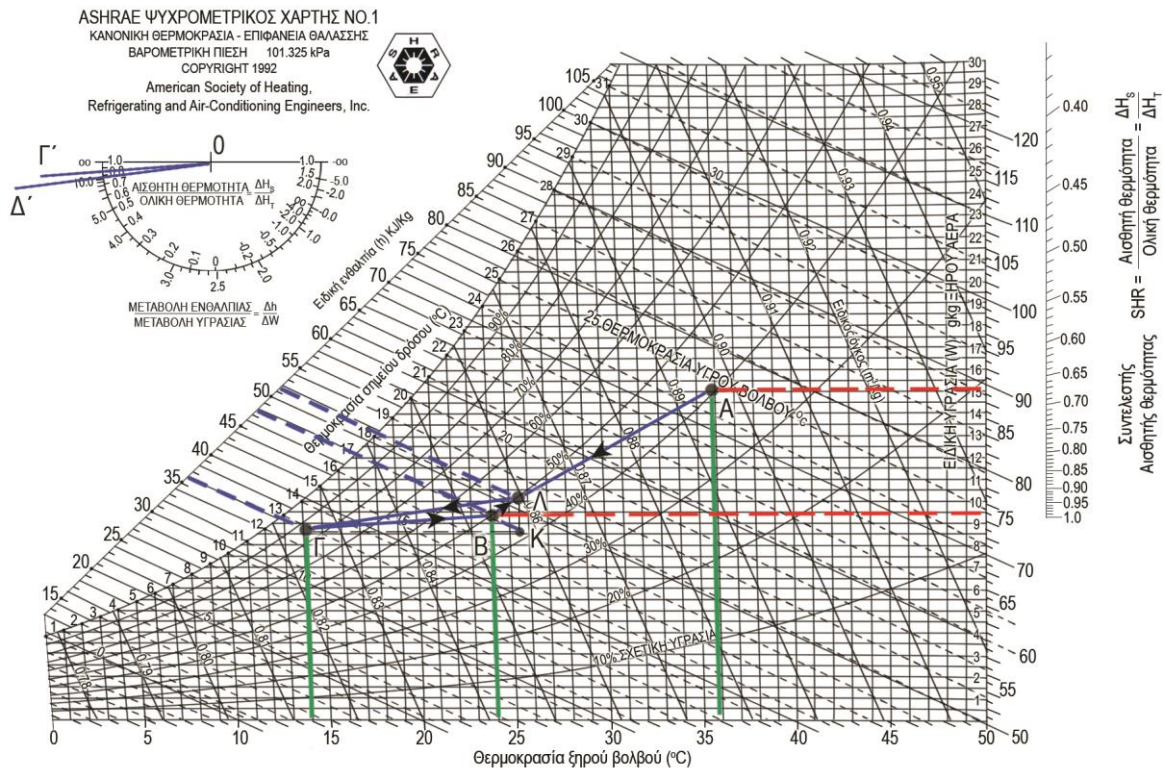
Σε μία εγκατάσταση κλιματισμού έχουμε:

- Συνθήκες εξωτερικού χώρου (νωπός αέρας): $t_{1db}=36^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία $\phi_1=40\%$
- Επιθυμητές συνθήκες χώρου: Θερμοκρασία $t_{2db}=24^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία $\phi_2=50\%$
- Θερμοκρασία αέρα τροφοδότησης: $t_{3db}=14^\circ\text{C}$
- Σύνολο αισθητών φορτίων χώρου: $\Sigma q_{s,\chi}=1000\text{W}$
- Σύνολο λανθανόντων φορτίων χώρου: $\Sigma q_{L,\chi}=50\text{W}$
- Σύνολο αισθητών φορτίων εγκατάστασης: $\Sigma q_{s,\chi}=3000\text{W}$
- Σύνολο λανθανόντων φορτίων εγκατάστασης: $\Sigma q_{L,\chi}=300\text{W}$

Να υπολογιστούν οι συντελεστές αισθητού φορτίου χώρου και εγκατάστασης.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής προσδιορίζουμε τα σημεία (Α) και (Β) πάνω στον ψυχομετρικό χάρτη και χαράσσουμε την ευθεία (ΑΒ).



Σχήμα 1.32. Ευθείες συντελεστών αισθητού φορτίου χώρου και εγκατάστασης

Από τα δεδομένα της εφαρμογής υπολογίζουμε την τιμή του συντελεστή αισθητού φορτίου χώρου:

$$RSHF = \frac{\sum \dot{q}_{s,z}}{\sum \dot{q}_{s,z} + \sum \dot{q}_{L,z}} = \frac{1000}{1000 + 50} = 0,952$$

Προσδιορίζουμε τη θέση του συντελεστή αισθητού φορτίου χώρου στο μοιρογνωμόνιο που βρίσκεται στο πάνω αριστερό τμήμα του χάρτη (ευθεία ΟΓ').

Από το σημείο (B) του ψυχομετρικού χάρτη χαράσσουμε παράλληλη προς την ευθεία (ΟΓ') του συντελεστή αισθητού φορτίου χώρου που προσδιορίσαμε πάνω στο μοιρογνωμόνιο. Η τομή της ευθείας που χαράξαμε και της καθέτου στο σημείο της θερμοκρασίας του αέρα τροφοδότησης (t_{radb}) προσδιορίζουν το σημείο (Γ). Η ευθεία (ΓB) είναι η ευθεία συντελεστή αισθητού φορτίου χώρου.

Από τα δεδομένα της εφαρμογής υπολογίζουμε την τιμή του συντελεστή αισθητού φορτίου εγκατάστασης:

$$GSHF = \frac{\dot{q}_{s,G}}{\dot{q}_{s,G} + \dot{q}_{L,G}} = \frac{3000}{3000 + 300} = 0,909$$

Προσδιορίζουμε τη θέση του συντελεστή αισθητού φορτίου εγκατάστασης στο μοιρογνωμόνιο (ευθεία ΟΔ').

Από το σημείο (Γ) του ψυχομετρικού χάρτη χαράσσουμε παράλληλη προς την ευθεία (ΟΔ') του συντελεστή αισθητού φορτίου εγκατάστασης μέχρι την τομή αυτής με την ευθεία (AB) και προσδιορίζουμε το σημείο (Λ). Η ευθεία (ΓΛ) είναι η ευθεία του συντελεστή αισθητού φορτίου εγκατάστασης.

16. (1.12.5.) Εφαρμογές υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μία επιφάνεια

17. (1.12.5.1) Εφαρμογή 1

Να υπολογισθεί η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία ημέρας που δέχεται επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό στην ευρύτερη περιοχή Θεσ/νίκης, την 15^η Μαΐου, αν ο συντελεστής ανάκλασης είναι $\rho=0,2$ στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη οριζόντια (0°).
2. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
3. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα).

Απάντηση

1. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη οριζόντια.

Το γεωγραφικό πλάτος στην ευρύτερη περιοχή θες/νίκης είναι $\varphi=40,650^\circ$

Η ηλιακή απόκλιση δ την 15^η Μαΐου, θα είναι:

$$\nu = 31 + 28 + 31 + 30 + 15 = 135$$

$$\delta = 23,45^\circ \eta\mu\left(360 \frac{284 + \nu}{365}\right) = 23,45^\circ \eta\mu\left(360 \frac{284 + 135}{365}\right) = 18,7919^\circ$$

Το μέσο μηνιαίως πλήθος ωρών ημέρας πλήρως ηλιοφάνειας την 15^η Μαΐου στην ευρύτερη περιοχή θες/νίκης (στοιχεία από τον πίνακα Π10 του παραρτήματος Ι), είναι:

$$\bar{n} = 267 / 31 = 8,6129 \text{ ώρες}$$

Οι ώρες της μέσης ημέρας του μήνα (15^η), είναι:

$$\bar{N} = D_h = \frac{2}{15} \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi\varphi \cdot \varepsilon\varphi\delta) = \frac{2}{15} \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi 40,650^\circ \cdot \varepsilon\varphi 18,7919^\circ)$$

$$\text{και } \bar{N} = 14,265 \text{ ώρες}$$

Η ωριαία γωνία δύσης του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο είναι:

$$\omega_\delta = \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi\varphi \cdot \varepsilon\varphi\delta) = \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi 40,650^\circ \cdot \varepsilon\varphi 18,7919^\circ) = 106,987^\circ$$

Η ενέργεια που δέχεται η οριζόντια επιφάνεια εκτός ατμόσφαιρας από την ανατολή ($-\omega_a$) μέχρι τη δύση του ήλιου (ω_δ), για $G_{sc}=1,353 \text{ KW/m}^2$ και $\pi=3,1415926$, είναι:

$$H_o = \frac{24}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0,033 \text{συν}\left(\frac{360}{365} \nu\right) \right] \cdot \left(\eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\delta \frac{\pi \cdot \omega_\delta}{180} + \text{συν}\varphi \cdot \text{συν}\delta \cdot \eta\mu\omega_\delta \right)$$

$$\text{και } H_o = 10,89866 \text{ kWh/m}^2$$

Από την εμπειρική σχέση των Glover και McCulloch έχουμε:

$$\frac{\bar{H}}{H_o} = 0,29 \text{συν}\varphi + 0,52 \frac{\bar{n}}{N} = 0,534 \text{ και } \bar{H} = 0,534 \cdot \bar{H}_o = 5,81988 \text{ kWh/m}^2$$

Επομένως η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία ημέρας που δέχεται επιφάνεια που είναι τοποθετημένη οριζόντια είναι $5,81988 \text{ KWh/m}^2$.

Σημείωση: Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία ημέρας που δέχεται επιφάνεια που είναι τοποθετημένη οριζόντια μπορεί να ληφθεί από στατιστικούς πίνακες (βλέπε πίνακες από Ηλιακή και Αιολική Ενέργεια, Θεωρία και Εφαρμογές Β.Δ. Μπιτζιώνης ή από Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010)

Η ανάλυση της μηνιαίας μέσης ακτινοβολίας ημέρας σε άμεση και διάχυτη μπορεί να γίνει από τη σχέση των Liu και Jordan όπου:

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,390 - 4,027\bar{K}_T + 5,531\bar{K}_T^2 - 3,108\bar{K}_T^3$$

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} = 0,534 \text{ και } \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 0,3435, \bar{H}_d = 0,3435\bar{H} = 0,3435 \cdot 5,81988 = 1,9991 \text{ kWh/m}^2$$

$$\bar{H} = \bar{H}_b + \bar{H}_d \text{ και } \bar{H}_b = \bar{H} - \bar{H}_d = 5,81988 - 1,9991 = 3,82078 \text{ kWh/m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση διάχυτη ακτινοβολία ημέρας είναι $1,9991 \text{ kWh/m}^2$, ενώ η μηνιαία μέση άμεση ακτινοβολία ημέρας είναι $3,822078 \text{ kWh/m}^2$.

2. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Υπολογίζουμε την ωριαία γωνία δύσης του ήλιου στο επίπεδο με κλίση 30° .

$$\omega'_s = \min \left[\begin{array}{l} \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi\delta) \\ \text{τοξσυν}(-\varepsilon\varphi(\varphi - \beta) \cdot \varepsilon\varphi\delta) \end{array} \right]$$

$$\omega'_s = \text{τοξσυν}[-\varepsilon\varphi(\varphi - \beta) \cdot \varepsilon\varphi\delta] = \text{τοξσυν}[-\varepsilon\varphi(40,65^\circ - 30^\circ) \cdot \varepsilon\varphi 18,7919^\circ] = 93,668^\circ$$

$$\text{Επειδή } \omega'_s < \omega_s \text{ παίρνουμε } \omega'_s = 93,668^\circ$$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση 30° .

$$\bar{R}_{b_2} = \frac{\text{συν}(\varphi - \beta_2) \cdot \text{συν}\delta \cdot \eta\mu\omega'_s + \left(\frac{\pi}{180}\right) \omega'_s \cdot \eta\mu(\varphi - \beta_2) \cdot \eta\mu\delta}{\text{συν}\varphi \cdot \text{συν}\delta \cdot \eta\mu\omega_s + \left(\frac{\pi}{180}\right) \omega_s \cdot \eta\mu\varphi \cdot \eta\mu\delta} = \frac{1,025788}{1,078689} = 0,951$$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή διόρθωσης R από τη σχέση:

$$\bar{R}_2 = \frac{\bar{H}_{T_2}}{\bar{H}} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \bar{R}_{b_2} + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1 + \text{συν}\beta_2}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \text{συν}\beta_2}{2}\right) \text{ και}$$

$$\bar{R}_2 = \frac{\bar{H}_{T_2}}{\bar{H}} = (1 - 0,3435) \cdot 0,951 + 0,3435 \left(\frac{1 + \text{συν}30^\circ}{2}\right) + 0,2 \left(\frac{1 - \text{συν}30^\circ}{2}\right) = 0,9582$$

$$\bar{H}_{T_2} = \bar{R}_2 \cdot \bar{H} = 0,9582 \cdot 5,81988 = 5,5766 \text{ kWh/m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 30° και προσανατολισμό νότιο είναι $5,5766 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\bar{H}_{bT_2} = \bar{H}_b \cdot \bar{R}_{b_2} = 3,82078 \cdot 0,951 = 3,63356 \text{ kWh/m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\bar{H}_{dT_2} = \bar{H}_d \cdot \bar{R}_{d_2} = \bar{H}_d \left(\frac{1 + \text{συν}\beta_2}{2}\right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \text{συν}30^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \bar{H}_{dT_2} = 1,9991 \cdot 0,9330 = 1,86516 \text{ kWh/m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H}_{aT_2} = \overline{H} \cdot \overline{R}_{a2} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_2}{2} \right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 30^\circ}{2} \right)$$

$$\text{και } \overline{H}_{aT_2} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,066985 = 0,077968 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H}_{T_2} = \overline{H}_{bT_2} + \overline{H}_{dT_2} + \overline{H}_{aT_2} = \overline{H}_b \cdot \overline{R}_{b2} + \overline{H}_d \cdot \overline{R}_{d2} + \overline{H} \cdot \overline{R}_{a2}$$

$$\text{και } \overline{H}_{T_2} = 3,63356 + 1,86516 + 0,077968 = 5,5766 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

3. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα).

Υπολογίζουμε την ωριαία γωνία δύσης του ήλιου στο επίπεδο με κλίση 90° .

$$\omega'_\delta = \text{τοξ}\sin[-\varepsilon\varphi(\varphi - \beta) \cdot \varepsilon\varphi\delta] = \text{τοξ}\sin[-\varepsilon\varphi(40,65^\circ - 90^\circ) \cdot \varepsilon\varphi 18,7919^\circ] = 66,653^\circ$$

Επειδή $\omega'_\delta < \omega_\delta$ παίρνουμε $\omega'_\delta = 66,653^\circ$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση 90° .

$$\overline{R}_{b3} = \frac{0,28195}{1,07869} = 0,261$$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή διόρθωσης R :

$$\overline{R}_3 = \frac{\overline{H}_{T_3}}{\overline{H}} = \left(1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \right) \overline{R}_{b3} + \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2} \right) + \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_3}{2} \right) \text{ και}$$

$$\overline{R}_3 = \frac{\overline{H}_{T_3}}{\overline{H}} = (1 - 0,3435) \cdot 0,261 + 0,3435 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2} \right) + 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2} \right) = 0,44309$$

$$\overline{H}_{T_3} = \overline{R}_3 \cdot \overline{H} = 0,44309 \cdot 5,81988 = 2,5787 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 90° και προσανατολισμό νότιο είναι $2,5787 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\overline{H}_{bT_3} = \overline{H}_b \cdot \overline{R}_{b3} = 3,82078 \cdot 0,261 = 0,99722 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\overline{H}_{dT_3} = \overline{H}_d \cdot \overline{R}_{d3} = \overline{H}_d \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2} \right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2} \right)$$

$$\text{και } \overline{H}_{dT_3} = 1,9991 \cdot 0,5 = 0,99955 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H}_{aT_3} = \overline{H} \cdot \overline{R}_{a3} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_3}{2} \right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2} \right)$$

$$\text{και } \overline{H}_{aT_3} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,58198 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H}_{T_3} = \overline{H}_{bT_3} + \overline{H}_{dT_3} + \overline{H}_{aT_3} = \overline{H}_b \cdot \overline{R}_{b3} + \overline{H}_d \cdot \overline{R}_{d3} + \overline{H} \cdot \overline{R}_{a3}$$

$$\text{και } \overline{H}_{T_3} = 0,99722 + 0,99955 + 0,58198 = 2,5787 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Σημείωση: Οι τιμές που προκύπτουν από τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου των κλιματιστικών εγκαταστάσεων στην συγκεκριμένη περιοχή.

18. (1.12.5.2) Εφαρμογή 2

Να υπολογισθεί η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία ημέρας που δέχεται επιφάνεια στην ευρύτερη περιοχή Θεσ/νίκης, την 15^η Μαΐου, αν ο συντελεστής ανάκλασης είναι $\rho=0,2$ στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό 45° νοτιοανατολικά ($\gamma=-45^\circ$).
2. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό ανατολικό ($\gamma=-90^\circ$).
3. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα) και προσανατολισμό 45° νοτιοανατολικά ($\gamma=-45^\circ$).
4. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα) και προσανατολισμό ανατολικό ($\gamma=-90^\circ$).

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής 1 για οριζόντια τοποθέτηση έχουμε:

$$\varphi = 40,650^\circ, \delta = 18,7919^\circ, \bar{n} = 267 / 31 = 8,6129 \text{ ώρες}, \bar{N} = 14,265 \text{ ώρες},$$

$$\omega_\delta = 106,987^\circ \text{ και } \omega_\alpha = -106,987^\circ, H_o = 10,89866 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{H_o} = 0,534,$$

$$\bar{H} = 5,81988 \text{ kWh} / \text{m}^2, \frac{\bar{H}_d}{H} = 0,3435, \bar{H}_d = 1,9991 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_b = 3,82078 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

1. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό νοτιοανατολικό ($\gamma=-45^\circ$).

Υπολογίζουμε τους συντελεστές A και B.

$$A = \frac{\sigma \nu \varphi}{\eta \mu \gamma \cdot \varepsilon \varphi \beta} + \frac{\eta \mu \varphi}{\varepsilon \varphi \gamma} = \frac{\sigma \nu 40,65^\circ}{\eta \mu (-45^\circ) \cdot \varepsilon \varphi 30^\circ} + \frac{\eta \mu 40,65^\circ}{\varepsilon \varphi (-45^\circ)} = -1,85843 - 0,65143 = -2,5098$$

$$B = \varepsilon \varphi \delta \left(\frac{\sigma \nu \varphi}{\varepsilon \varphi \gamma} - \frac{\eta \mu \varphi}{\eta \mu \gamma \cdot \varepsilon \varphi \beta} \right) = \varepsilon \varphi 18,7919^\circ \left(\frac{\sigma \nu 40,65^\circ}{\varepsilon \varphi (-45^\circ)} - \frac{\eta \mu 40,65^\circ}{\eta \mu (-45^\circ) \cdot \varepsilon \varphi 30^\circ} \right) = 0,28480$$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sd} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ από τη σχέση:

$$\omega'_{sd} = \min \left\{ \tau \omega \xi \sigma \nu \nu (-\varepsilon \varphi \varphi \cdot \varepsilon \varphi \delta), \tau \omega \xi \sigma \nu \nu \left(\frac{A \cdot B + \sqrt{(A^2 - B^2 + 1)}}{A^2 + 1} \right) \right\}$$

$$\omega'_{sd} = \tau \omega \xi \sigma \nu \nu (-\varepsilon \varphi \varphi \cdot \varepsilon \varphi \delta) = \tau \omega \xi \sigma \nu \nu (-\varepsilon \varphi 40,65^\circ \cdot \varepsilon \varphi 18,7919^\circ) = 106,987^\circ$$

$$\omega'_{sd} = \tau \omega \xi \sigma \nu \nu \left(\frac{A \cdot B + \sqrt{(A^2 - B^2 + 1)}}{A^2 + 1} \right)$$

$$\text{και } \omega'_{sd} = \tau \omega \xi \sigma \nu \nu \left(\frac{-2,5098 \cdot 0,28480 + \sqrt{(-2,5098)^2 - (0,28480)^2 + 1}}{(-2,5098)^2 + 1} \right)$$

$$\text{και } \omega'_{sd} = \tau \omega \xi \sigma \nu \nu (0,270148) = 74,3269^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sd}=74,327^\circ$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sa} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ από τη σχέση:

$$\omega'_{sa} = -\min \left\{ \tau \circ \xi \sigma \nu (-\varepsilon \varphi \varphi \cdot \varepsilon \varphi \delta), \tau \circ \xi \sigma \nu \left(\frac{A \cdot B - \sqrt{(A^2 - B^2 + 1)}}{A^2 + 1} \right) \right\}$$

$$\omega'_{sa} = -\tau \circ \xi \sigma \nu (-\varepsilon \varphi \varphi \cdot \varepsilon \varphi \delta) = -\tau \circ \xi \sigma \nu (-\varepsilon \varphi 40,65^\circ \cdot \varepsilon \varphi 18,7919^\circ) = -106,987^\circ$$

$$\omega'_{sa} = -\tau \circ \xi \sigma \nu \left(\frac{A \cdot B - \sqrt{(A^2 - B^2 + 1)}}{A^2 + 1} \right)$$

$$\text{και } \omega'_{sa} = -\tau \circ \xi \sigma \nu \left(\frac{-2,5098 \cdot 0,28480 - \sqrt{((-2,5098)^2 - (0,28480)^2 + 1)}}{(-2,5098)^2 + 1} \right)$$

$$\text{και } \omega'_{sa} = -\tau \circ \xi \sigma \nu (-0,46592341) = -117,77^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sa} = -106,987^\circ$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ και προσανατολισμό νοτιοανατολικό $\gamma=-45^\circ$.

$$\begin{aligned} & \eta \mu \delta \cdot \eta \mu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \beta \cdot (\omega'_{sd} - \omega'_{sa}) \cdot \left(\frac{\pi}{180} \right) - \eta \mu \delta \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \eta \mu \beta \cdot \sigma \nu \nu \gamma \cdot (\omega'_{sd} - \omega'_{sa}) \cdot \left(\frac{\pi}{180} \right) \\ & + \sigma \nu \nu \delta \cdot \sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \beta \cdot (\eta \mu \omega'_{sd} - \eta \mu \omega'_{sa}) + \sigma \nu \nu \delta \cdot \eta \mu \varphi \cdot \eta \mu \beta \cdot \sigma \nu \nu \gamma \cdot (\eta \mu \omega'_{sd} - \eta \mu \omega'_{sa}) \\ \bar{R}_{b_{s2}} = & \frac{-\sigma \nu \nu \delta \cdot \eta \mu \beta \cdot \eta \mu \gamma \cdot (\sigma \nu \nu \omega'_{sd} - \sigma \nu \nu \omega'_{sa})}{2 \left[\sigma \nu \nu \varphi \cdot \sigma \nu \nu \delta \cdot \eta \mu \omega_{\delta} + \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \omega_{\delta} \cdot \eta \mu \varphi \cdot \eta \mu \delta \right]} \end{aligned}$$

$$\text{και } \bar{R}_{b_{s2}} = \frac{0,57499 - 0,27339 + 1,19379 + 0,41846 - (-0,18820)}{2(0,68692 + 0,39177)} = \frac{2,10205}{2,15738} = 0,9743$$

Υπολογίζουμε το λόγο της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ προς τη μέση μηνιαία ημερήσια στο οριζόντιο επίπεδο για $\rho=0,2$:

$$\begin{aligned} \bar{R}_{s2} = \frac{\bar{H}_{T_{s2}}}{\bar{H}} &= \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \right) \bar{R}_{b_{s2}} + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1 + \sigma \nu \nu \beta_2}{2} \right) + \rho \left(\frac{1 - \sigma \nu \nu \beta_2}{2} \right) \text{ και} \\ \bar{R}_{s2} = \frac{\bar{H}_{T_{s2}}}{\bar{H}} &= (1 - 0,3435) \cdot 0,9743 + 0,3435 \left(\frac{1 + \sigma \nu \nu 30^\circ}{2} \right) + 0,2 \left(\frac{1 - \sigma \nu \nu 30^\circ}{2} \right) = 0,97351 \end{aligned}$$

Υπολογίζουμε τη μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο με κλίση 30° και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ από τη σχέση:

$$\bar{H}_{T_{s2}} = \bar{R}_{s2} \cdot \bar{H} = 5,6657 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 30° και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ είναι $5,6657 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\overline{H_{bT_{S2}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{bS2}} = 3,82078 \cdot 0,9743 = 3,72258 \text{ kWh/m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\overline{H_{dT_{S2}}} = \overline{H_d} \cdot \overline{R_{dS2}} = \overline{H_d} \left(\frac{1 + \sin\beta_2}{2} \right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \sin 30^\circ}{2} \right)$$

$$\text{και } \overline{H_{dT_{S2}}} = 1,9991 \cdot 0,933 = 1,8651 \text{ kWh/m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H_{aT_{S2}}} = \overline{H} \cdot \overline{R_{aS2}} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin\beta_2}{2} \right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 30^\circ}{2} \right)$$

$$\text{και } \overline{H_{aT_{S2}}} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,06698 = 0,07796 \text{ kWh/m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H_{T_{S2}}} = \overline{H_{bT_{S2}}} + \overline{H_{dT_{S2}}} + \overline{H_{aT_{S2}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{bS2}} + \overline{H_d} \cdot \overline{R_{dS2}} + \overline{H} \cdot \overline{R_{aS2}}$$

$$\text{και } \overline{H_{T_{S2}}} = 3,7225 + 1,8651 + 0,07796 = 5,6655 \text{ kWh/m}^2$$

2. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό ανατολικό ($\gamma=-90^\circ$).

$$A=-1,3141 \text{ και } B=-0,3839$$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sd} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε:

$$\omega'_{sd} = \arccos(-\cos\phi \cdot \cos\delta) = 106,987^\circ \text{ και } \omega'_{sd} = 66,1742^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sd} = 66,1742^\circ$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sa} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε :

$$\omega'_{sa} = -106,987^\circ \text{ και } \omega'_{sa} = -140,7143^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sa} = -106,987^\circ$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$ και προσανατολισμό ανατολικό $\gamma=-90^\circ$ και έχουμε:

$$\overline{R_{bS3}} = 0,9467$$

Υπολογίζουμε το λόγο της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ και προσανατολισμό $\gamma=-90^\circ$ προς τη μέση μηνιαία ημερήσια στο οριζόντιο επίπεδο για $\rho=0,2$:

$$\overline{R_{S3}} = \frac{\overline{H_{T_{S3}}}}{\overline{H}} = \left(1 - \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}}\right) \overline{R_{b_{S3}}} + \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \sin \beta_2}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_2}{2}\right) \text{ και}$$

$$\overline{R_{S3}} = \frac{\overline{H_{T_{S3}}}}{\overline{H}} = (1 - 0,3435) \cdot 0,9467 + 0,3435 \left(\frac{1 + \sin 30^\circ}{2}\right) + 0,2 \left(\frac{1 - \sin 30^\circ}{2}\right) = 0,9554$$

Υπολογίζουμε τη μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο με κλίση 30° και προσανατολισμό $\gamma = -90^\circ$ από τη σχέση:

$$\overline{H_{T_{S3}}} = \overline{R_{S3}} \cdot \overline{H} = 0,9554 \cdot 5,81988 = 5,5605 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 30° και προσανατολισμό $\gamma = -90^\circ$ είναι $5,5605 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\overline{H_{b_{T_{S3}}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{S3}}} = 3,82078 \cdot 0,9467 = 3,617132 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\overline{H_{d_{T_{S3}}}} = \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{S3}}} = \overline{H_d} \left(\frac{1 + \sin \beta_2}{2}\right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \sin 30^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{d_{T_{S3}}}} = 1,9991 \cdot 0,933 = 1,8651 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H_{a_{T_{S3}}}} = \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{S3}}} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_2}{2}\right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 30^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{a_{T_{S3}}}} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,06698 = 0,07796 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H_{T_{S3}}} = \overline{H_{b_{T_{S3}}}} + \overline{H_{d_{T_{S3}}}} + \overline{H_{a_{T_{S3}}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{S3}}} + \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{S3}}} + \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{S3}}}$$

$$\text{και } \overline{H_{T_{S3}}} = 3,617132 + 1,86516 + 0,07796 = 5,560252 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

3. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα) και προσανατολισμό νοτιοανατολικό ($\gamma = -45^\circ$).

Υπολογίζουμε τους συντελεστές A και B και έχουμε: $A = -0,6514$ και $B = -0,2581$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sd} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε:

$$\omega'_{sd} = \arcsin(-\sin \phi \cdot \sin \delta) = 106,987^\circ \text{ και } \omega'_{sd} = \arcsin(0,936117) = 20,5906^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sd} = 20,5906^\circ$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sa} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε :

$$\omega'_{sa} = -106,987^\circ \text{ και } \omega'_{sa} = -\arcsin(-0,700038) = -134,43^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sa} = 106,987^\circ$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$ και προσανατολισμό νοτιοανατολικό $\gamma=-45^\circ$ και έχουμε:

$$R_{b_{S4}} = \frac{0 - 0,38469 + 0 + 0,57042 - (-0,82222)}{2(0,68692 + 0,39177)} = \frac{1,00795}{2,15738} = 0,467$$

Υπολογίζουμε το λόγο της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$ και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ προς τη μέση μηνιαία ημερήσια στο οριζόντιο επίπεδο για $\rho=0,2$:

$$\overline{R_{S4}} = \frac{\overline{H_{TS4}}}{\overline{H}} = \left(1 - \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}}\right) \overline{R_{b_{S4}}} + \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \sin\beta_3}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \sin\beta_3}{2}\right) \text{ και}$$

$$\overline{R_{S4}} = \frac{\overline{H_{TS4}}}{\overline{H}} = (1 - 0,3435) \cdot 0,467 + 0,3435 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2}\right) + 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2}\right) = 0,5783$$

Υπολογίζουμε τη μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο με κλίση 90° και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ από τη σχέση:

$$\overline{H_{TS4}} = \overline{R_{S4}} \cdot \overline{H} = 0,5783 \cdot 5,81988 = 3,36563 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 90° και προσανατολισμό $\gamma=-45^\circ$ είναι $3,36563 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\overline{H_{bTS4}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{S4}}} = 3,82078 \cdot 0,467 = 1,7843 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\overline{H_{dT_{S4}}} = \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{S4}}} = \overline{H_d} \left(\frac{1 + \sin\beta_3}{2}\right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{dT_{S4}}} = 1,9991 \cdot 0,5 = 0,99955 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H_{aTS4}} = \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{S4}}} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin\beta_3}{2}\right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{aTS4}} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,58198 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H_{TS4}} = \overline{H_{bTS4}} + \overline{H_{dT_{S4}}} + \overline{H_{aTS4}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{S4}}} + \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{S4}}} + \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{S4}}}$$

$$\text{και } \overline{H_{TS4}} = 1,7843 + 0,99955 + 0,58198 = 3,36563 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

4. Όταν η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (κάθετα) και προσανατολισμό ανατολικό ($\gamma=-90^\circ$).

Υπολογίζουμε τους συντελεστές A και B και έχουμε: $A=-0,0000$ και $B=-0,0000$

Υπολογίζουμε τη γωνία $\omega'_{s\delta}$ για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε:

$$\omega'_{s\delta} = \arcsin(-\cos\phi \cdot \cos\delta) = 106,987^\circ \text{ και } \omega'_{s\delta} = 0,0000^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sd} = 0,0000^\circ$

Υπολογίζουμε τη γωνία ω'_{sa} για επιφάνειες με προσανατολισμό ανατολικό και για γωνία αζιμούθιου $0 > \gamma \geq -90^\circ$ και έχουμε :

$$\omega'_{sa} = -106,987^\circ \text{ και } \omega'_{sa} = -180,000^\circ$$

Με βάση τα παραπάνω παίρνουμε $\omega'_{sa} = -106,987^\circ$

Υπολογίζουμε τον συντελεστή (γεωμετρικό παράγοντα) R_b , από την ανατολή μέχρι τη δύση, στο επίπεδο με κλίση $\beta = 90^\circ$ και προσανατολισμό νοτιοανατολικό $\gamma = -45^\circ$ και έχουμε:

$$\overline{R_{b_{ss}}} = 0,5669$$

Υπολογίζουμε το λόγο της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο με κλίση $\beta = 90^\circ$ και προσανατολισμό $\gamma = -90^\circ$ προς τη μέση μηνιαία ημερήσια στο οριζόντιο επίπεδο για $\rho = 0,2$:

$$\overline{R_{ss}} = \frac{\overline{H_{T_{ss}}}}{\overline{H}} = \left(1 - \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}}\right) \overline{R_{b_{ss}}} + \frac{\overline{H_d}}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_3}{2}\right) \text{ και}$$

$$\overline{R_{ss}} = \frac{\overline{H_{T_{ss}}}}{\overline{H}} = (1 - 0,3435) \cdot 0,5669 + 0,3435 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2}\right) + 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2}\right) = 0,6439$$

Υπολογίζουμε τη μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο με κλίση 90° και προσανατολισμό $\gamma = -90^\circ$ από τη σχέση:

$$\overline{H_{T_{ss}}} = \overline{R_{ss}} \cdot \overline{H} = 0,6439 \cdot 5,81988 = 3,74784 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως η μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας σε επιφάνεια με κλίση 90° και προσανατολισμό $\gamma = -90^\circ$ είναι $3,74784 \text{ kWh/m}^2$. Η ακτινοβολία αυτή αναλύεται όπως παρακάτω:

- Σε άμεση ακτινοβολία

$$\overline{H_{b_{T_{ss}}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{ss}}} = 3,82078 \cdot 0,5669 = 2,1660 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε διάχυτη ακτινοβολία

$$\overline{H_{dT_{ss}}} = \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{ss}}} = \overline{H_d} \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2}\right) = 1,9991 \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{dT_{ss}}} = 1,9991 \cdot 0,5 = 0,99955 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

- Σε ανακλώμενη ακτινοβολία

$$\overline{H_{a_{T_{ss}}}} = \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{ss}}} = \overline{H} \cdot \rho \left(\frac{1 - \sin \beta_3}{2}\right) = 5,81988 \cdot 0,2 \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2}\right)$$

$$\text{και } \overline{H_{a_{T_{ss}}}} = 5,81988 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,58198 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

$$\overline{H_{T_{ss}}} = \overline{H_{b_{T_{ss}}}} + \overline{H_{dT_{ss}}} + \overline{H_{a_{T_{ss}}}} = \overline{H_b} \cdot \overline{R_{b_{ss}}} + \overline{H_d} \cdot \overline{R_{d_{ss}}} + \overline{H} \cdot \overline{R_{a_{ss}}}$$

$$\text{και } \overline{H_{T_{ss}}} = 2,1660 + 0,99955 + 0,58198 = 3,7475 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Σημείωση: Οι τιμές που προκύπτουν από τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου των κλιματιστικών εγκαταστάσεων στην συγκεκριμένη περιοχή.

19. (1.12.5.3) Εφαρμογή 3

Να υπολογισθούν οι ωριαίες τιμές της ολικής μηνιαίας μέσης ακτινοβολίας ημέρας καθώς και οι τιμές της μηνιαίας μέσης άμεσης, διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας που δέχεται επιφάνεια με προσανατολισμό νότιο ($\gamma=0^\circ$) στην ευρύτερη περιοχή Θες/νίκης, την 15^η Μαΐου, αν ο συντελεστής ανάκλασης είναι $\rho=0,2$ στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
2. Η επιφάνεια είναι τοποθετημένη με κλίση 90° (κάθετα) ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Απάντηση

Από τα δεδομένα της εφαρμογής 1 για οριζόντια τοποθέτηση έχουμε:

$$\begin{aligned}\varphi &= 40,650^\circ, \delta = 18,7919^\circ, \bar{n} = 267 / 31 = 8,6129 \text{ ώρες}, \bar{N} = 14,265 \text{ ώρες}, \\ \omega_\delta &= 106,987^\circ \text{ και } \omega_\alpha = -106,987^\circ, H_o = 10,89866 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{H_o} = 0,534, \\ \bar{H} &= 5,81988 \text{ kWh} / \text{m}^2, \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 0,3435, \bar{H}_d = 1,9991 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_b = 3,82078 \text{ kWh} / \text{m}^2,\end{aligned}$$

Από τα δεδομένα της εφαρμογής 1 για τοποθέτηση με κλίση $\beta=30^\circ$ έχουμε:

$$\begin{aligned}\omega'_\delta &= 66,653^\circ, \bar{R}_{b_2} = 0,951, \bar{H}_{T_2} = 5,5766 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_{b_{T_2}} = 3,63356 \text{ kWh} / \text{m}^2, \\ \bar{H}_{dT_2} &= 1,86516 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_{a_{T_2}} = 0,077968 \text{ kWh} / \text{m}^2,\end{aligned}$$

Από τα δεδομένα της εφαρμογής 1 για τοποθέτηση με κλίση $\beta=90^\circ$ έχουμε:

$$\begin{aligned}\omega'_\delta &= 66,653^\circ, \bar{R}_{b_3} = 0,261, \bar{H}_{T_3} = 2,5787 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_{b_{T_3}} = 0,99722 \text{ kWh} / \text{m}^2, \\ \bar{H}_{dT_3} &= 0,99955 \text{ kWh} / \text{m}^2, \bar{H}_{a_{T_3}} = 0,58198 \text{ kWh} / \text{m}^2,\end{aligned}$$

Ο υπολογισμός των ωριαίων τιμών της ολικής μηνιαίας μέσης ακτινοβολίας ημέρας καθώς και οι τιμές της μηνιαίας μέσης άμεσης, διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας που δέχεται η επιφάνεια μπορεί να γίνει από τις παρακάτω σχέσεις:

1. Για την ολική μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο οριζόντιο επίπεδο:

$$r_l = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b \cdot \sin \omega) \left[\frac{\sin \omega - \sin \omega_\delta}{\eta \mu \omega_\delta - \left(\frac{2\pi \cdot \omega_\delta}{360} \right) \sin \omega_\delta} \right]$$

$$\text{όπου } a = 0,409 + 0,5016 \eta \mu(\omega_\delta - 60) \text{ και } b = 0,6609 - 0,47676 \eta \mu(\omega_\delta - 60)$$

Ο υπολογισμός θα γίνει για το μεσοδιάστημα της κάθε ώρας πριν και μετά την ηλιακή μεσημβρία θεωρώντας ότι στο διάστημα αυτής της ώρας η ακτινοβολία παραμένει σταθερή.

$$\text{Για } \bar{H} = 5,81988 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ και } \omega_\delta = 106,987^\circ \text{ έχουμε:}$$

α). Στο μεσοδιάστημα από την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι μία ώρα πριν, όπου: $\omega_{a0} = -7,50^\circ$

$$\alpha = 0,409 + 0,5016 \eta \mu(106,987 - 60) = 0,775331$$

$$b = 0,6609 - 0,47676\eta\mu(106,987 - 60) = 0,312337$$

$$r_{\alpha_0} = \frac{I_{\alpha_0}}{H} = \frac{3,141}{24}(0,775331 + 0,312337\sigma\upsilon\nu(-7,5)) \left[\frac{\sigma\upsilon\nu(-7,5) - \sigma\upsilon\nu 106,987}{\eta\mu 106,987 - \left(\frac{2\pi \cdot 106,987}{360}\right)\sigma\upsilon\nu 106,987} \right]$$

$$\text{και } r_{\alpha_0} = \frac{I_{\alpha_0}}{H} = 0,12138194 \text{ και } I_{\alpha_0} = r_{\alpha_0} \cdot H = 0,12138194 \cdot 5,81988 = 0,706428 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Επομένως έχουμε : $r_{\alpha_0} = 0,12138194$ και $I_{\alpha_0} = 0,706428 \text{ kWh} / \text{m}^2$.

β). Στο μεσοδιάστημα από την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι μία ώρα μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_0} = 7,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_0} = 0,12138194 \text{ και } I_{\delta_0} = 0,706428 \text{ kWh} / \text{m}^2.$$

γ). Στο μεσοδιάστημα μία ώρα πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι δύο ώρες πριν, όπου:

$$\omega_{\alpha_1} = -22,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\alpha_1} = 0,11275610 \text{ και } I_{\alpha_1} = 0,656227 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

δ). Στο μεσοδιάστημα μία ώρα μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι δύο ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_1} = 22,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_1} = 0,11275610 \text{ και } I_{\delta_1} = 0,656227 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

ε). Στο μεσοδιάστημα δύο ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι τρεις ώρες πριν, όπου:

$$\omega_{\alpha_2} = -37,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\alpha_2} = 0,09679612 \text{ και } I_{\alpha_2} = 0,563342 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

στ). Στο μεσοδιάστημα δύο ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι τρεις ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_2} = 37,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_2} = 0,09679612 \text{ και } I_{\delta_2} = 0,563342 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

ζ). Στο μεσοδιάστημα τρεις ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι τέσσερις ώρες πριν, όπου $\omega_{\alpha_3} = -52,50^\circ$,

έχουμε $r_{\alpha_3} = 0,07580875$ και $I_{\alpha_3} = 0,441198 \text{ kWh} / \text{m}^2$.

η). Στο μεσοδιάστημα τρεις ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι τέσσερις ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_3} = 52,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_3} = 0,07580875 \text{ και } I_{\delta_3} = 0,441198 \text{ kWh} / \text{m}^2, .$$

θ). Στο μεσοδιάστημα τέσσερις ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι πέντε ώρες πριν, όπου:

$$\omega_{\alpha_4} = -67,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\alpha_4} = 0,05263197 \text{ και } I_{\alpha_4} = 0,306312 \text{ kWh} / \text{m}^2, .$$

ι). Στο μεσοδιάστημα τέσσερις ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι πέντε ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_4} = 67,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_4} = 0,05263197 \text{ και } I_{\delta_4} = 0,306312 \text{ kWh} / \text{m}^2, .$$

ια). Στο μεσοδιάστημα πέντε ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι έξι ώρες πριν, όπου:

$$\omega_{\alpha_5} = -82,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\alpha_5} = 0,03006435 \text{ και } I_{\alpha_5} = 0,174971 \text{ kWh} / \text{m}^2, .$$

ιβ). Στο μεσοδιάστημα πέντε ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι έξι ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_5} = 82,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_5} = 0,03006435 \text{ και } I_{\delta_5} = 0,174971 \text{ kWh} / \text{m}^2, .$$

ιγ). Στο μεσοδιάστημα έξι ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι επτά ώρες πριν, όπου: $\omega_{\alpha_6} = -97,50^\circ$ έχουμε ,

$$r_{\alpha_6} = 0,01034768 \text{ και } I_{\alpha_6} = 0,060222 \text{ kWh} / \text{m}^2.$$

ιδ). Στο μεσοδιάστημα έξι ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι επτά ώρες μετά, όπου:

$$\omega_{\delta_6} = 97,50^\circ \text{ έχουμε } r_{\delta_6} = 0,01034768 \text{ και } I_{\delta_6} = 0,060222 \text{ kWh} / \text{m}^2,$$

ιε). Στο μεσοδιάστημα επτά ώρες πριν την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι την ανατολή του ήλιου, όπου:
 $\omega_{\alpha 7} = -106^\circ$ έχουμε $r_{\alpha 7} = 0,000992$ και $I_{\alpha 7} = 0,005775 kWh / m^2$,

ιστ). Στο μεσοδιάστημα επτά ώρες μετά την ηλιακή μεσημβρία και μέχρι τη δύση του ήλιου, όπου:
 $\omega_{\delta 7} = 106^\circ$ έχουμε $r_{\delta 7} = 0,000992$ και $I_{\delta 7} = 0,005775 kWh / m^2$,

2. Για τη διάχυτη μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο οριζόντιο επίπεδο:

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{\pi}{24} \left[\frac{\sigma \nu \nu \omega - \sigma \nu \nu \omega_\delta}{\eta \mu \omega_\delta - \left(\frac{2\pi \cdot \omega_\delta}{360} \right) \sigma \nu \nu \omega_\delta} \right]$$

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία όπως και στην ολική μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο οριζόντιο επίπεδο.

Για $\overline{H_d} = 1,9991 kWh / m^2$ και $\omega_\delta = 106,987^\circ$ θα έχουμε: θα έχουμε:

$$\alpha) \omega_{\alpha 0} = -7,50^\circ, r_{\alpha 0} = 0,11187316, I_{\alpha 0} = 0,223646 kWh / m^2$$

$$\beta) \omega_{\delta 0} = 7,50^\circ, r_{\delta 0} = 0,11187316, I_{\delta 0} = 0,223646 kWh / m^2$$

$$\gamma) \omega_{\alpha 1} = -22,50^\circ, r_{\alpha 1} = 0,10598445, I_{\alpha 1} = 0,211874 kWh / m^2$$

$$\delta) \omega_{\delta 1} = 22,50^\circ, r_{\delta 1} = 0,10598445, I_{\delta 1} = 0,211874 kWh / m^2$$

$$\varepsilon) \omega_{\alpha 2} = -37,50^\circ, r_{\alpha 2} = 0,09460833, I_{\alpha 2} = 0,189132 kWh / m^2$$

$$\sigma\tau) \omega_{\delta 2} = 37,50^\circ, r_{\delta 2} = 0,09460833, I_{\delta 2} = 0,189132 kWh / m^2$$

$$\zeta) \omega_{\alpha 3} = -52,50^\circ, r_{\alpha 3} = 0,07852008, I_{\alpha 3} = 0,156969 kWh / m^2$$

$$\eta) \omega_{\delta 3} = 52,50^\circ, r_{\delta 3} = 0,07852008, I_{\delta 3} = 0,156969 kWh / m^2$$

$$\theta) \omega_{\alpha 4} = -67,50^\circ, r_{\alpha 4} = 0,05881607, I_{\alpha 4} = 0,117579 kWh / m^2$$

$$\iota) \omega_{\delta 4} = 67,50^\circ, r_{\delta 4} = 0,05881607, I_{\delta 4} = 0,117579 kWh / m^2$$

$$\iota\alpha) \omega_{\alpha 5} = -82,50^\circ, r_{\alpha 5} = 0,03683910, I_{\alpha 5} = 0,073645 kWh / m^2$$

$$\iota\beta) \omega_{\delta 5} = 82,50^\circ, r_{\delta 5} = 0,03683910, I_{\delta 5} = 0,073645 kWh / m^2$$

$$\iota\gamma) \omega_{\alpha 6} = -97,50^\circ, r_{\alpha 6} = 0,01408687, I_{\alpha 6} = 0,028161 kWh / m^2$$

$$\iota\delta) \omega_{\delta 6} = 97,50^\circ, r_{\delta 6} = 0,01408687, I_{\delta 6} = 0,028161 kWh / m^2$$

$$\iota\varepsilon) \omega_{\alpha 7} = -106, r_{\alpha 7} = 0,001439, I_{\alpha 7} = 0,002878 kWh / m^2$$

$$\iota\sigma\tau) \omega_{\delta 7} = 106, r_{\delta 7} = 0,001439, I_{\delta 7} = 0,002878 kWh / m^2$$

3. Για την ωριαία άμεση μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο οριζόντιο επίπεδο θα έχουμε:

$$\bar{I} = \bar{I}_b + \bar{I}_d \text{ και } \bar{I}_b = \bar{I} - \bar{I}_d$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 1 και 2 θα έχουμε:

$$\bar{I}_{b\alpha 0} = \bar{I}_{\alpha 0} - \bar{I}_{d\alpha 0} = 0,706428 - 0,223646 = 0,482782 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

$$\bar{I}_{b\delta 0} = \bar{I}_{\delta 0} - \bar{I}_{d\delta 0} = 0,706428 - 0,223646 = 0,482782 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

4. Για την ωριαία άμεση μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$I_{bT_2} = I_b \cdot R_{b2}$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 3 και την τιμή του συντελεστή $R_{b2}=0,951$ θα έχουμε:

$$I_{bT_{\alpha 0}} = I_{b\alpha 0} \cdot R_{b2} = 0,482782 \cdot 0,951 = 0,459125 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

$$I_{bT_{\delta 0}} = I_{b\delta 0} \cdot R_{b2} = 0,482782 \cdot 0,951 = 0,459125 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

5. Για τη διάχυτη μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$\frac{\bar{I}_{dT}}{\bar{I}_d} = \frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} \text{ και } \bar{I}_{dT} = \bar{I}_d \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} \right)$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 2, για $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$\bar{I}_{dT_{\alpha 0}} = \bar{I}_{d\alpha 0} \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta_2}{2} \right) = 0,223646 \cdot \left(\frac{1 + \sigma \nu 30^\circ}{2} \right) = 0,208664 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

$$\bar{I}_{dT_{\delta 0}} = \bar{I}_{d\delta 0} \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta_2}{2} \right) = 0,223646 \cdot \left(\frac{1 + \sigma \nu 30^\circ}{2} \right) = 0,208664 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

6. Για την ανακλώμενη μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$\frac{\bar{I}_{\alpha T}}{\bar{I}} = \rho \frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \text{ και } \bar{I}_{\alpha T} = \bar{I} \left(\rho \frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \right)$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 1, για $\rho=0,2$ και $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$\bar{I}_{\alpha T_{\alpha 0}} = \bar{I}_{\alpha 0} \left(\rho \frac{1 - \sigma \nu \beta_2}{2} \right) = 0,706428 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1 - \sigma \nu 30^\circ}{2} \right) = 0,009464 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

$$\bar{I}_{\alpha T_{\delta 0}} = \bar{I}_{\delta 0} \left(\rho \frac{1 - \sigma \nu \beta_2}{2} \right) = 0,706428 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1 - \sigma \nu 30^\circ}{2} \right) = 0,009464 \text{ kWh} / \text{m}^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

7. Για την ολική μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=30^\circ$ θα έχουμε:

$$\overline{I_T} = \overline{I_{bT}} + \overline{I_{dT}} + \overline{I_{aT}}$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 4, 5, 6, θα έχουμε:

$$\overline{I_{Ta0}} = \overline{I_{bTa0}} + \overline{I_{dT_{a0}}} + \overline{I_{aTa0}} = 0,459125 + 0,208664 + 0,009464 = 0,677253 kWh / m^2$$

$$\overline{I_{T\delta 0}} = \overline{I_{bT\delta 0}} + \overline{I_{dT\delta 0}} + \overline{I_{aT\delta 0}} = 0,459125 + 0,208664 + 0,009464 = 0,677253 kWh / m^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

8. Για την ωριαία άμεση μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$ θα έχουμε:

$$I_{bT_3} = I_b \cdot R_{b3}$$

Με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 3 και την τιμή του συντελεστή $R_{b3}=0,261$ θα έχουμε:

$$I_{bT_{a0}} = I_{ba0} \cdot R_{b3} = 0,482782 \cdot 0,261 = 0,126006 kWh / m^2$$

$$I_{bT_{\delta 0}} = I_{b\delta 0} \cdot R_{b3} = 0,482782 \cdot 0,261 = 0,126006 kWh / m^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

9. Για τη διάχυτη μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$, με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 2, θα έχουμε:

$$\overline{I_{dT_{a0}}} = \overline{I_{da0}} \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2} \right) = 0,223646 \cdot \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2} \right) = 0,111823 kWh / m^2$$

$$\overline{I_{dT_{\delta 0}}} = \overline{I_{d\delta 0}} \left(\frac{1 + \sin \beta_3}{2} \right) = 0,223646 \cdot \left(\frac{1 + \sin 90^\circ}{2} \right) = 0,111823 kWh / m^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

10. Για την ανακλώμενη μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$ και $\rho=0,2$, με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 1, θα έχουμε:

$$\overline{I_{aT_{a0}}} = \overline{I_{a0}} \left(\rho \frac{1 - \sin \beta_3}{2} \right) = 0,706428 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2} \right) = 0,0706 kWh / m^2$$

$$\overline{I_{aT_{\delta 0}}} = \overline{I_{\delta 0}} \left(\rho \frac{1 - \sin \beta_3}{2} \right) = 0,706428 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{2} \right) = 0,0706 kWh / m^2$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

11. Για την ολική μηνιαία μέση ακτινοβολία ημέρας στο επίπεδο με κλίση $\beta=90^\circ$, με βάση τα στοιχεία της παραγράφου 7,8,9, θα έχουμε:

$$\overline{I_{Ta0}} = \overline{I_{bTa0}} + \overline{I_{dT_{a0}}} + \overline{I_{aTa0}} = 0,126006 + 0,111823 + 0,0706 = 0,308429 kWh / m^2$$

$$\overline{I_{T\delta 0}} = \overline{I_{bT\delta 0}} + \overline{I_{dT\delta 0}} + \overline{I_{aT\delta 0}} = 0,126006 + 0,111823 + 0,0706 = 0,308429 kWh / m$$

Συνεχίζοντας συμπληρώνουμε τις τιμές της αντίστοιχης στήλης του πίνακα 1.6.

Πίνακας 1.6. Ωριαίες τιμές ολικής μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας ημέρας στο επίπεδο με κλίση 30° και 90° την 15η Μαΐου στην ευρύτερη περιοχή Θεσ/νίκης (γεωγραφικό πλάτος $40,650^\circ$) για $\rho=0,2$. (Βλέπε παράρτημα πινάκων III).

Σημείωση: Οι τιμές που προκύπτουν από τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου των κλιματιστικών εγκαταστάσεων στην συγκεκριμένη περιοχή.

20. (1.14.1) Παραδείγματα υπολογισμού βασικού μεταβολισμού ατόμων

Για τον υπολογισμό του βασικού μεταβολισμού ατόμων γίνεται χρήση εμπειρικών σχέσεων, λαμβάνοντας υπόψη το φύλο, την ηλικία, το βάρος και το ύψος.

21. (1.14.1.1) Παράδειγμα 1

Να υπολογιστεί ο βασικός μεταβολισμός για ένα άτομο βάρους 77kgf και ύψους 1,70m όταν είναι ξαπλωμένο.

Βασικός ρυθμός μεταβολισμού για άτομο ξαπλωμένο $BMR=45W/m^2$ ή $38,7kcal/m^2 \cdot h$

$$B.M = BMR \cdot A = 45(0,202W^{0,425} \cdot H^{0,725}) \text{ και } B.M = 45(0,202 \cdot 77^{0,425} \cdot 1,7^{0,725}) = 84,605W \text{ ή } 72,76kcal / h$$

Ο βασικός ρυθμός μεταβολισμού (BMR) για άνδρες σε απόλυτη ηρεμία μπορεί να υπολογιστεί από την εμπειρική σχέση:

$$BMR(m) = 66,47 + 13,75W + 5,00H - 6,76Y$$

Ο βασικός ρυθμός μεταβολισμού (BMR) για γυναίκες σε απόλυτη ηρεμία μπορεί να υπολογιστεί από την εμπειρική σχέση:

$$BMR(w) = 655,09 + 9,56W + 1,85H - 4,67Y$$

Όπου, $BMR(m)$ =Βασικός ρυθμός μεταβολισμού για άνδρες σε (Cal/day) , $BMR(w)$ =Βασικός ρυθμός μεταβολισμού για γυναίκες σε (Cal/day) , W =βάρος σώματος σε (kgf), H =ύψος σώματος σε (cm), Y =ηλικία σε έτη

Σημείωση: Cal=διατροφική θερμίδα (1Cal=1000cal=1kcal=4,1868kJ)

22. (1.14.1.2) Παράδειγμα 2

Να υπολογιστεί ο βασικός ρυθμός μεταβολισμού για έναν άνδρα και μία γυναίκα με το ίδιο βάρος, ύψος και ηλικία ($W=77kgf$, $H=170cm$, $Y=35$ έτη) όταν αυτοί βρίσκονται σε απόλυτη ηρεμία. Να υπολογιστεί ο βασικός ρυθμός μεταβολισμού για έναν άνδρα και μία γυναίκα με το παραπάνω βάρος και ύψος, ηλικίας όμως 70 ετών.

Για τον άνδρα ηλικίας 35 ετών θα έχουμε:

$$BMR(m) = 66,47 + 13,75W + 5,00H - 6,76Y \text{ και}$$

$$BMR(m) = 66,47 + 13,75 \cdot 77 + 5,00 \cdot 170 - 6,76 \cdot 35 = 1738,62Cal / day \text{ ή } 72,4425Cal / h$$

Για την γυναίκα ηλικίας 35 ετών θα έχουμε:

$$BMR(w) = 655,09 + 9,56W + 1,85H - 4,67Y \text{ και}$$

$$BMR(w) = 655,09 + 9,56 \cdot 77 + 1,85 \cdot 170 - 4,67 \cdot 35 = 1542,26Cal / day \text{ ή } 64,26Cal / h$$

Για τον άνδρα ηλικίας 70 ετών θα έχουμε:

$$BMR(m) = 66,47 + 13,75 \cdot 77 + 5,00 \cdot 170 - 6,76 \cdot 70 = 1502,02Cal / day \text{ ή } 62,584Cal / h$$

Για την γυναίκα ηλικίας 70 ετών θα έχουμε:

$$BMR(w) = 655,09 + 9,56 \cdot 77 + 1,85 \cdot 170 - 4,67 \cdot 70 = 1378,81Cal / day \text{ ή } 57,45Cal / h$$

Σημείωση: Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό μεταβολισμού είναι η επιφάνεια του σώματος, η λειτουργία του θυρεοειδούς και η θερμοκρασία του σώματος.

