



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Εργαστήριο)

Ενότητα 7 : Υπολογισμός θερμικών αναγκών I
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Υπολογισμός των θερμικών αναγκών των θερμοκηπίων με τη μέθοδο του ενεργειακού ισοζυγίου

1.1. Το ενεργειακό ισοζύγιο

Το ενεργειακό ισοζύγιο για ένα θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της νύχτας δίνεται από τη σχέση:

$$Q_H = R_N + Q_{cc} + Q_v + LE + Q_s \quad (1.1)$$

όπου :

Q_H είναι η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης σε W/m^2

R_N είναι η καθαρή ανταλλαγή ενέργειας με ακτινοβολία μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος του σε W/m^2

Q_{cc} είναι η αισθητή θερμότητα από μεταφορά και αγωγιμότητα μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος του σε W/m^2

Q_v είναι η απώλεια θερμότητας εξ αιτίας της διείσδυσης του αέρα σε W/m^2

LE είναι η λανθάνουσα θερμότητα λόγω εξάτμισης (ή συμπύκνωσης) σε W/m^2

Q_s είναι η μεταφορά θερμότητας στο έδαφος W/m^2

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, επειδή δεν έχουμε διαπνοή, είναι: $LE = 0$.

Επίσης η Q_s είναι περίπου ίση με το 5% του συνόλου και για το λόγο αυτό θεωρείται αμελητέα.

Επομένως μπορούμε να πούμε ότι ισχύει: $Q_H = R_N + Q_{cc} + Q_v$ (1.2)

1.2. Παραδοχές υπολογισμού

Οι υπολογισμοί γίνονται για την νυκτερινή περίοδο και για υλικά κάλυψης με πολύ μικρό συντελεστή διαπερατότητας στις υπέρυθρες (IR) ακτινοβολίες (π.χ. γυαλί ή πολυεστερικά).

Η θέρμανση είναι αναγκαία όταν για τη μέση θερμοκρασία νυκτός ισχύει η σχέση : $T_o < T_i$.

όπου:

T_o είναι η μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$

T_i είναι η μέση επιθυμητή θερμοκρασία του εσωτερικού του θερμοκηπίου σε $^{\circ}C$

Η T_i εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και οι τιμές της δίνονται στον πίνακα 1.1.

Η T_o προκύπτει από τη σχέση:

$$T_o = T_{min} + K \times (T_{max} - T_{min}) \quad (1.3)$$

όπου:

T_{min} είναι η μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$

T_{max} είναι μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$

K είναι ένας συντελεστής – συνάρτηση της νύχτας και δίνεται από τη σχέση:

$$K = 0,05881 + 0,0235 \times NL \quad (1.4)$$

$$NL \quad \text{είναι η διάρκεια της νύχτας σε ώρες, είναι: } NL = 24 - DL \quad (1.5)$$

$$DL \quad \text{είναι η διάρκεια της ημέρας σε h, } DL = \frac{2}{15} \times \text{συν}^{-1}(-\text{εφ}\varphi \times \text{εφ}\delta) \quad (1.6)$$

φ είναι το γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες (Πίνακας 1.2.)

$$\delta \quad \text{είναι η απόκλιση της γης σε μοίρες, } \delta = 23,45^0 \times \eta\mu\left(\frac{360}{365} \times (284 + I)\right) \quad (1.7)$$

I είναι ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους $1 \leq I \leq 365$.

Πίνακας 1.1 Τυπικές ελάχιστες ανεκτές νυχτερινές θερμοκρασίες για τις κυριότερες θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα

Καλλιέργεια	Ελάχιστη ανεκτή θερμοκρασία (°C)	Παρατηρήσεις	
Ανθοκομικά			
Καλσεολαρία	10	Εναρξη ανάπτυξης και άνθηση	
	15,5	Βλάστηση και ανάπτυξη	
Γαρδένια	15,5-17		
Γαρύφαλλο	10-11	Χειμώνας	
	13	Άνοιξη	
Κυκλάμινο	13-15	Καλοκαίρι	
	15,5-18	Βλάστηση	
	13	Νεαρά φυτά	
	10-11	Ανάπτυξη και άνθηση	
Λίλλιο	15,5		
Ορχιδέες	18-21		
Ποινσέτια	15,5-18		
Σαιντπόλια	18-21		
Τριαντάφυλλα	15-16		
Φυλλώδη φυτά	18-21		Τα διάφορα είδη διαφέρουν ως προς τις απαιτήσεις σε θερμοκρασίες
Χρυσάνθεμο	15		Δρεπτά άνθη
	16	Γλαστρικά φυτά	
Κηπευτικά			
Αγγούρι	18,5		
Καρπούζι	13-14		
Λάχανο	15-20		
Μαρούλι	13	23 °C για ηλιόλουστες ημέρες	
Μελιτζάνα	15		
Ντομάτα	15,5-19	21-26 °C για ηλιόλουστες ημέρες	
Πεπόνι	18-24	Φύτρωμα	
	15-16	Ανάπτυξη	
Πιπεριά	12-15	Φύτρωμα	
	16-18	Βλάστηση και ανάπτυξη	
Φράουλες	7-13		
Δενδροκομικά			
Μπανανιά	16-20		

Πίνακας 1.2. Γεωγραφικό πλάτος, φ , διαφόρων πόλεων της Ελλάδας

Πόλη	φ	Πόλη	φ	Πόλη	φ	Πόλη	φ
Αγρίνιο	38 ⁰ 37 '	Θεσ/νίκη	40 ⁰ 45 '	Λαμία	38 ⁰ 54 '	Σάμος	37 ⁰ 45 '
Αγ.Νικόλαος	35 ⁰ 15 '	Θήβα	38 ⁰ 20 '	Λάρισα	39 ⁰ 38 '	Σέρρες	41 ⁰ 05 '
Αθήνα	37 ⁰ 58 '	Ιωάννινα	39 ⁰ 40 '	Λευκάδα	38 ⁰ 45 '	Σπάρτη	37 ⁰ 04 '
Αλεξ/πολη	40 ⁰ 51 '	Καβάλα	40 ⁰ 56 '	Λήμνος	39 ⁰ 45 '	Τρίκαλα	39 ⁰ 33 '
Άμφισσα	38 ⁰ 31 '	Καλαμάτα	37 ⁰ 00 '	Λιβαδειά	38 ⁰ 28 '	Τρίπολη	37 ⁰ 31 '
Αργοστόλι	38 ⁰ 15 '	Καρδίτσα	39 ⁰ 22 '	Μεσολόγγι	38 ⁰ 22 '	Φλώρινα	40 ⁰ 48 '
Άρτα	39 ⁰ 10 '	Καρπενήσι	38 ⁰ 45 '	Μυτιλήνη	39 ⁰ 06 '	Χαλκίδα	38 ⁰ 28 '
Βέροια	40 ⁰ 30 '	Καστοριά	40 ⁰ 30 '	Νάουσα	40 ⁰ 38 '	Χανιά	35 ⁰ 30 '
Βόλος	39 ⁰ 22 '	Κατερίνη	40 ⁰ 15 '	Ναύπλιο	37 ⁰ 45 '	Χίος	38 ⁰ 22 '
Γρεβενά	40 ⁰ 05 '	Κέρκυρα	39 ⁰ 37 '	Ξάνθη	41 ⁰ 07 '		
Δράμα	41 ⁰ 09 '	Κιλκίς	41 ⁰ 00 '	Ορεστιάδα	41 ⁰ 30 '		
Έδεσσα	40 ⁰ 48 '	Κοζάνη	40 ⁰ 18 '	Πάτρα	38 ⁰ 15 '		
Ζάκυνθος	37 ⁰ 45 '	Κομοτηνή	41 ⁰ 07 '	Πρέβεζα	38 ⁰ 58 '		
Ηράκλειο	35 ⁰ 20 '	Κόνιτσα	40 ⁰ 15 '	Πύργος	37 ⁰ 40 '		
Ηγουμε/τσα	39 ⁰ 30 '	Κόρινθος	37 ⁰ 56 '	Ρόδος	36 ⁰ 23 '		

Όσον αφορά τον αύξοντα αριθμό της ημέρας του έτους ($1 \leq I \leq 365$) για κάθε μήνα έχει βρεθεί μια χαρακτηριστική ημέρα που χρησιμοποιείται – αντί της ολοκλήρωσης για κάθε ξεχωριστή ημέρα κάθε μήνα- για τον ευκολότερο υπολογισμό της μέσης μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας (Klein). Οι ημέρες αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3. Αντιπροσωπευτικές ημέρες κάθε μήνα για την ηλιακή ακτινοβολία

Μήνας	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
Ημέρα Έτους (I)	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Ημέρα μήνα	17η	16η	16η	15η	15η	11η	17η	16η	15η	15η	15η	10η

Τα T_{\min} και T_{\max} προκύπτουν από ημιτονοειδείς συναρτήσεις της μορφής:

$$T_i(j) = A_i + B_i \times \eta\mu\left(\frac{360}{365} \times I - F_i\right) \quad (1.8)$$

όπου ο δείκτης j δηλώνει τη μέση μέγιστη (mean-max), ή τη μέση ελάχιστη (mean-min) θερμοκρασία ημέρας. Οι ποσότητες A_i , B_i σε $^{\circ}\text{C}$ και F_i σε μοίρες είναι σταθερές για κάθε πόλη και δίνονται στον πίνακα 1.4 (Δ.Α. Κουρεμένος – Κ.Α. Αντωνόπουλος).

Πίνακας 1.4. Οι ποσότητες A_i , B_i και F_i για την εύρεση των T_{\min} και T_{\max}

α/α	Πόλη		min-min	mean-min	mean	mean-max	max-max
1.	Αγρίνιο	A_i	5,608	11,031	17,196	23,301	29,398
		B_i	-9,036	-7,399	-8,920	-10,558	-10,640
		F_i	-67,264	-63,225	-64,484	-65,130	-68,915
2.	Αθήνα	A_i	7,023	12,527	17,521	22,503	28,675
		B_i	-9,193	-7,993	-9,107	-10,241	-10,050
		F_i	-64,663	-61,174	-63,611	-65,395	-68,224

3.	Αλεξαν/πολη	A _i B _i F _i		9,482 -8,182 -62,428	14,404 -9,564 -63,751	19,331 -10,935 -64,752	
4.	Αργοστόλι	A _i B _i F _i	9,232 -7,456 -61,750	14,035 -6,933 -58,224	18,178 -7,544 -59,009	22,263 -8,108 -59,726	27,383 -8,747 -65,517
5.	Άρτα	A _i B _i F _i	6,899 -8,644 -67,021	11,875 -7,640 -63,186	17,457 -8,765 -64,297	22,935 -9,823 -65,016	28,301 -9,657 -68,547
6.	Βόλος	A _i B _i F _i		12,837 -8,306 -64,770	16,872 -8,696 -64,778	20,913 -9,081 -64,822	
7.	Ζάκυνθος	A _i B _i F _i	11,051 -7,385 -56,030	14,797 -6,793 -55,464	18,290 -7,519 -58,283	21,761 -8,262 -60,851	25,542 -8,768 -62,094
8.	Ηράκλειο	A _i B _i F _i	10,253 -7,336 -56,429	14,698 -6,578 -54,719	18,406 -6,746 -57,732	22,111 -6,926 -60,546	29,174 -6,821 -69,303
9.	Θεσσαλονίκη	A _i B _i F _i		10,366 -8,734 -65,206	15,730 -9,892 -67,750	21,063 -11,116 -69,645	
10.	Θήρα	A _i B _i F _i	20,801 -8,160 -59,018	14,816 -6,742 -57,048	17,590 -7,163 -58,907	20,390 -7,597 -60,882	25,418 -7,298 -62,632
11.	Ιεράπετρα	A _i B _i F _i		15,182 -7,219 -55,159	19,374 -7,600 -57,733	23,569 -7,995 -60,025	
12.	Ιωάννινα	A _i B _i F _i		7,879 -7,713 -66,094	13,859 -8,960 -67,092	19,827 -10,755 -67,765	
13.	Καβάλα	A _i B _i F _i	1,042 -10,903 -72,952	7,824 -8,355 -67,748	13,401 -9,558 -66,978	19,071 -10,802 -66,357	25,210 -9,421 -67,461
14.	Καλαμάτα	A _i B _i F _i	8,138 -7,314 -62,663	12,165 -6,440 -58,261	17,842 -7,221 -57,686	23,521 -7,995 -57,225	27,701 -7,984 -60,873
15.	Κάρπαθος	A _i B _i F _i	12,993 -8,172 -60,020	16,337 -7,294 -57,693	20,033 -7,395 -58,336	23,668 -7,555 -58,482	27,217 -8,228 -62,871
16.	Κέρκυρα	A _i B _i F _i	5,712 -8,425 -62,687	11,568 -6,796 -58,489	16,722 -7,853 -60,469	21,872 -8,912 -61,981	26,534 -9,470 -65,382
17.	Κοζάνη	A _i B _i F _i	0,190 -10,518 -69,340	6,922 -8,732 -65,634	12,345 -10,161 -67,482	17,845 -11,781 -68,784	25,595 -10,534 -70,689
18.	Κόρινθος	A _i B _i F _i		13,836 -7,914 -61,168	18,133 -8,540 -63,054	22,424 -9,176 -64,841	
19.	Κύθηρα	A _i B _i F _i	10,736 -8,402 -59,978	15,375 -7,107 -56,380	17,834 -7,568 -57,298	20,399 -8,099 -58,889	25,816 -8,81 -63,870

20.	Κύμη	A _i	8,408	13,239	16,547	19,842	26,013
		B _i	-8,399	-7,881	-8,194	-8,514	-7,538
		F _i	-63,467	-60,660	-62,451	-64,149	-62,860
21.	Λάρισα	A _i	2,416	8,931	15,312	21,693	29,260
		B _i	-10,580	-8,610	-10,272	-11,969	-11,380
		F _i	-68,171	-63,152	-67,065	-69,735	-72,170
22.	Λήμνος	A _i	7,763	13,317	16,636	19,962	25,200
		B _i	-9,770	-7,723	-8,509	-9,318	-8,740
		F _i	-63,277	-59,653	-62,030	-64,249	-65,939
23.	Μεθώνη	A _i	9,688	14,304	17,916	21,543	25,752
		B _i	-8,272	-6,768	-6,959	-7,156	-7,270
		F _i	-59,414	-55,788	-54,930	-54,234	-59,237
24.	Μυτιλήνη	A _i	8,782	13,907	17,507	21,155	26,970
		B _i	-9,453	-7,508	-8,464	-9,457	-9,064
		F _i	-64,958	-60,230	-63,164	-65,688	-68,336
25.	Νάξος	A _i	10,729	14,883	17,652	20,415	25,224
		B _i	-7,546	-6,422	-6,310	-6,197	-6,148
		F _i	-57,474	-55,245	-57,260	-59,443	-60,851
26.	Πάτρα	A _i		12,094	17,339	22,597	
		B _i		-6,676	-7,470	-8,272	
		F _i		-60,196	-59,691	-59,155	
27.	Ρόδος	A _i	9,170	14,056	18,718	23,375	28,459
		B _i	-8,931	-7,286	-8,013	-8,745	-9,149
		F _i	-61,937	-57,921	-58,878	-59,694	-62,951
28.	Σάμος	A _i	10,204	15,105	18,162	21,235	26,837
		B _i	-9,276	-7,075	-7,530	-8,004	-8,118
		F _i	-61,986	-58,712	-60,976	-62,593	-64,909
29.	Σέρρες	A _i	3,295	8,737	14,623	20,507	26,329
		B _i	-10,811	-9,038	-10,581	-12,116	-11,242
		F _i	-73,580	-70,658	-71,059	-71,298	-73,758
30.	Τρίκαλα	A _i	5,644	10,486	15,881	21,373	27,900
		B _i	-10,358	-8,939	-10,290	-11,694	-10,590
		F _i	-70,457	-68,349	-69,518	-70,607	-74,322
31.	Τρίπολη	A _i	1,558	7,509	13,579	19,626	27,015
		B _i	-8,336	-6,997	-8,761	-10,558	-10,270
		F _i	-66,100	-59,867	-63,084	-65,302	-68,673
32.	Φλώρινα	A _i	-1,304	6,120	11,785	17,467	25,877
		B _i	-11,901	-8,834	-10,412	-11,973	-10,375
		F _i	-69,906	-68,615	-69,337	-69,835	-71,177
33.	Χαλκίδα	A _i	9,690	14,499	18,349	22,178	28,587
		B _i	-9,561	-8,258	-9,046	-9,837	-9,340
		F _i	-63,702	-59,712	-63,677	-66,914	-67,925
34.	Χανιά	A _i	10,817	14,875	18,763	22,665	29,476
		B _i	-7,354	-6,499	-7,021	-7,618	-6,982
		F _i	-59,675	-56,842	-60,030	-62,811	-70,178
35.	Χίος	A _i	10,836	14,864	17,927	21,077	25,508
		B _i	-8,780	-7,489	-8,437	-9,408	-8,757
		F _i	-59,458	-59,458	-62,543	-65,019	-66,516

1.3. Υπολογισμός της R_N

Είναι:

$$R_N = -\frac{A_c}{A_g} \left[f_{cg} \times \sigma \times T_g^4 + f_{cs} \times \sigma \times T_s^4 - \sigma \times T_c^4 \right] \quad (1.9)$$

όπου:

A_c, A_g είναι η συνολική επιφάνεια του καλύμματος και η επιφάνεια του εδάφους αντίστοιχα σε m^2

T_g, T_s, T_c είναι η θερμοκρασία του εξωτερικού εδάφους, του ουρανού και του καλύμματος αντίστοιχα σε $^{\circ}K$

f_{cg}, f_{cs} είναι οι συντελεστές μορφής καλύμματος εδάφους και καλύμματος – ουρανού αντίστοιχα

σ είναι η σταθερά των Stefan-Boltzman = $5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \text{ } ^{\circ}K^4$

1.3.1 Υπολογισμός των T_g, T_s, T_c, f_{cg} και f_{cs}

- Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν πρόκειται για μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι:

$$T_g = T_0$$

- Το T_s υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_s = (T_0 - 15) \times i + (T_0 - 4) \times (1 - i) \quad (1.10)$$

όπου:

$$i = \frac{D_s}{D_d} \quad (1.11)$$

όπου:

D_s είναι η μηνιαία διάρκεια ηλιοφάνειας (Πίνακας 1.6.) και

D_d είναι η μηνιαία διάρκεια ημέρας, $D_d = DL \times$ αριθμό ημερών μήνα.

- Το T_c υπολογίζεται με βάση την εξίσωση 1.12:

$$T_c = T_0 + \frac{\Delta T + 0,2 \times T_s - 3,72}{1,32 + 0,4 \times u^{0,8}} = T_0 + \frac{(T_i - T_0) + 0,2 \times T_s - 3,72}{1,32 + 0,4 \times u^{0,8}} \quad (1.12)$$

όπου u είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/sec για την οποία δεχόμαστε ότι:

$$u = 0,85 \times u_{10} \quad (1.13)$$

όπου u_{10} είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος σε m/s (Πίνακας 1.5.).

- Τέλος οι συντελεστές μορφής καλύμματος-ουρανού f_{cs} και καλύμματος-εδάφους f_{cg} δίνονται από τις σχέσεις:

$$f_{cs} = \frac{1+b}{2} = \frac{1 + \frac{A_g}{A_c}}{2} = \frac{A_c + A_g}{2 \times A_c} \quad (1.14)$$

$$f_{cg} = 1 - f_{cs} \quad (1.15)$$

1.4. Υπολογισμός της Q_{cc}

$$\text{Είναι: } Q_{cc} = \frac{A_c}{A_g} \times U \times (T_i - T_0) \quad (1.16)$$

$$\text{όπου: } U = \frac{5,8 \times u + 9,16}{u + 3,2} \quad [\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}] \quad (1.17)$$

1.5. Υπολογισμός της Q_v

$$\text{Είναι: } Q_v = R \times \frac{V_0}{A_g} \times \rho \times (H_i - H_0) \quad (1.18)$$

όπου:

R είναι οι ανανεώσεις του αέρα την ώρα σε 1/h. Το R δίνεται από τη σχέση:

$$R = 0,7 + 0,5 \times u \quad (1.19)$$

V_0 είναι ο όγκος του θερμοκηπίου σε m^3

ρ είναι η πυκνότητα του αέρα η οποία λαμβάνεται ίση με $1,25 \text{ kg/m}^3$

H_i, H_0 είναι η ενθαλπία του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα αντίστοιχα σε J/Kg. Οι ενθαλπίες υπολογίζονται από το διάγραμμα του Mollier (Σχήμα 1.1) συναρτήσει της T_0 και της σχετικής υγρασίας HR_0 η H_0 , και συναρτήσει της T_i και της σχετικής υγρασίας HR_i η H_i . Η εξωτερική σχετική υγρασία δίνεται στον Πίνακα 1.7 ενώ η εσωτερική σχετική υγρασία HR_i λαμβάνεται ίση με 90%.

1.6. Υπολογισμός των Q_{HM} και Q_{THM}

Είναι:

$$Q_{HM} = R_N \times D_N + Q_{cc} \times D_N + Q_v \times D_N [\text{kWh/m}^2/\text{μήνα}] \quad (1.20)$$

$$\text{όπου } D_N \text{ είναι η μηνιαία διάρκεια της νύχτας, } D_N = NL \times \text{αριθμό ημερών μήνα} \quad (1.21)$$

$$Q_{THM} = Q_{HM} \times A_g [\text{kWh/ μήνα}] \quad (1.22)$$

Πίνακας 1.5. Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)

Πόλη	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
Αθήνα - Ελληνικό	3,91	3,96	3,76	3,29	3,09	3,29	3,91	4,01	3,60	3,65	3,45	3,81
Άρτα	3,34	3,34	3,14	2,93	2,73	2,42	2,37	2,42	2,37	2,62	2,57	3,14
Ηράκλειο	4,78	5,09	4,68	4,06	3,24	3,50	4,58	4,58	3,96	3,81	4,17	4,84
Θεσσαλονίκη	2,98	3,04	2,83	2,78	2,62	3,09	3,34	2,93	2,78	2,52	2,57	2,78
Καλαμάτα	2,88	2,93	2,73	2,52	2,52	2,88	2,93	2,88	2,62	2,47	2,42	2,78
Κέρκυρα	2,52	2,83	2,57	2,21	1,80	1,90	1,80	1,80	1,70	2,06	2,62	2,68
Λάρισα	1,23	1,54	1,70	1,65	1,59	2,01	2,11	1,90	1,70	1,39	0,98	0,93
Λήμνος	5,56	5,92	5,45	4,12	3,86	3,65	4,37	4,73	4,27	5,09	5,04	5,66
Ρόδος	3,91	4,42	4,42	4,53	4,32	5,25	5,97	5,76	4,94	3,40	3,14	3,76

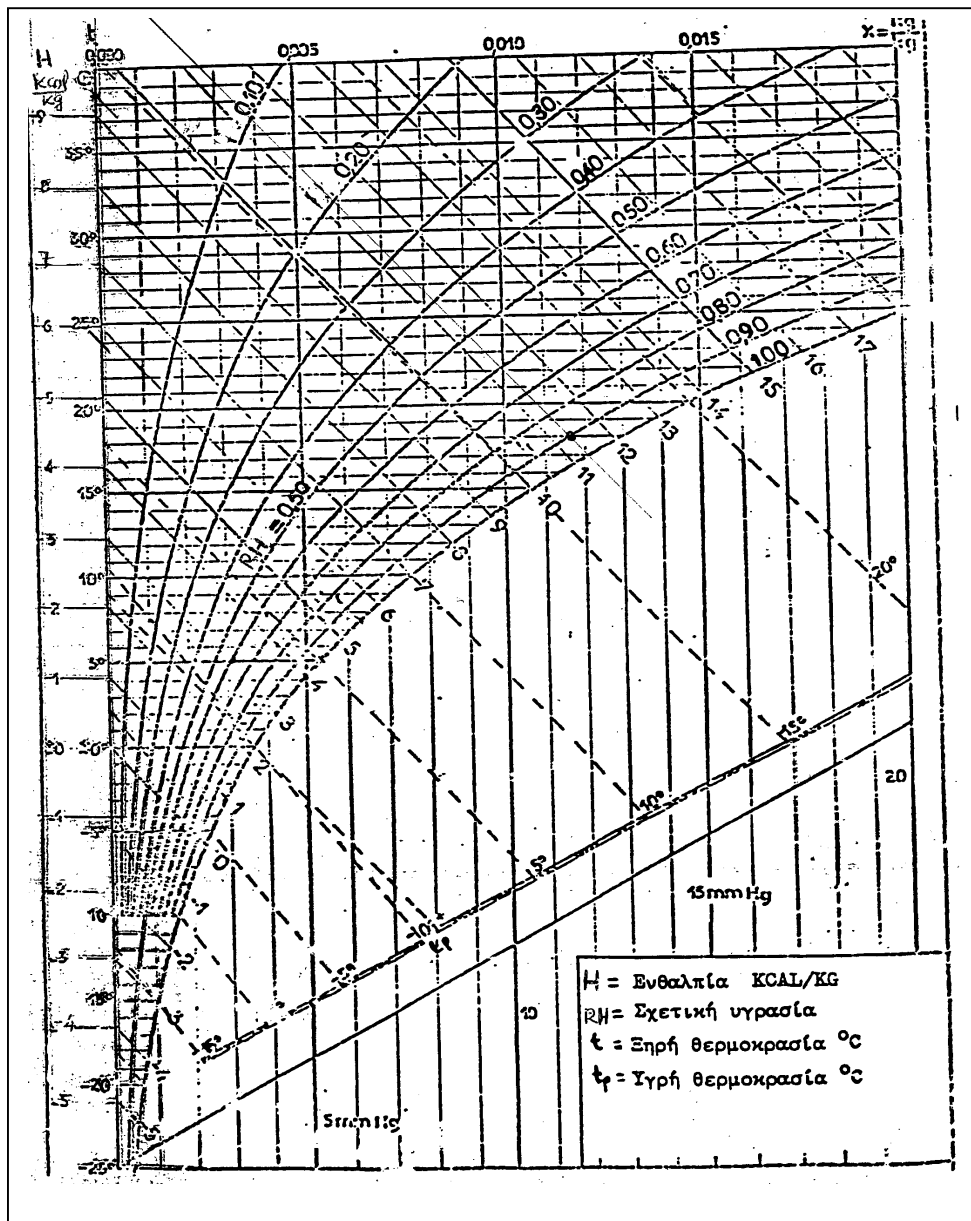
Πίνακας 1.6. Μέση πραγματική μηνιαία και ετήσια ηλιοφάνεια σε ώρες

A/A	Πόλη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Έτος
1	Αθήνα	123,2	138,9	180,4	232,5	302,8	334,6	372,7	356,6	276,5	210,9	161,8	127,2	2818
2	Αλιάρτος	85,9	108,5	158,5	212,0	286,1	317,3	337,1	379,1	246,3	170,8	127,7	96,6	2526
3	Άραξος	128,5	131,8	185,8	221,9	283,1	298,1	343,6	338,9	271,3	207,7	154,6	120,8	2686
4	Αργοστόλι	138,9	133,3	183,5	206,9	303,4	340,6	367,4	347,0	269,4	203,5	153,2	119,8	2166
5	Άρτα	144,5	128,0	182,9	192,8	276,9	307,7	340,2	336,6	259,1	203,8	150,2	127,4	2658
6	Ηράκλειο	108,8	128,4	170,3	234,5	314,3	353,3	384,7	356,7	285,2	197,2	161,5	121,1	2816
7	Θεσ/νίκη	106,3	120,7	152,6	209,4	268,9	292,8	342,4	306,1	238,5	171,1	119,8	100,5	2429
8	Ιεράπετρα	157,3	161,5	213,9	243,8	303,2	359,2	386,0	369,8	301,6	239,0	202,1	164,5	3108
9	Ιωάννινα	93,8	97,6	145,6	177,2	244,2	269,1	319,8	299,0	222,6	179,4	117,0	86,7	2252
10	Καλαμάτα	148,9	142,5	193,5	193,2	307,9	344,4	366,3	344,2	272,0	209,7	176,1	122,4	2821
11	Κέρκυρα	120,4	119,4	168,0	211,9	277,9	329,6	371,7	340,5	257,6	198,6	134,6	111,8	2642
12	Κομοτηνή	113,4	111,1	142,9	191,7	247,5	287,4	316,5	303,7	237,4	186,1	124,0	110,0	2372
13	Κόνιτσα	117,2	105,1	160,9	163,3	242,1	263,4	311,6	299,0	219,7	173,4	135,9	123,2	2315
14	Κόρινθος	109,1	124,4	179,6	210,5	292,4	321,9	344,4	335,4	263,0	199,3	157,4	123,7	2661
15	Κύθηρα	146,1	138,9	184,7	215,2	299,9	350,4	364,7	345,1	277,5	212,7	164,5	131,1	2831
16	Λαμία	103,9	105,6	169,9	209,6	280,9	320,8	336,3	321,4	241,8	175,0	143,1	124,0	2531
17	Λάρισα	89,4	109,7	159,1	213,1	279,8	300,2	333,1	322,5	243,6	176,0	140,6	95,9	2463
18	Λήμνος	82,0	110,7	162,1	21,7	294,4	326,7	344,7	338,4	264,9	197,8	127,6	94,6	2566
19	Μεθώνη	121,3	129,3	183,9	199,7	230,8	326,1	354,1	331,6	264,9	210,9	164,6	119,8	2697
20	Μήλος	93,7	87,6	166,5	260,3	327,0	389,2	424,0	399,4	320,6	195,4	161,9	95,8	2921
21	Μυτιλήνη	102,8	116,0	161,3	213,3	305,1	343,8	382,7	357,1	284,6	207,0	146,7	111,2	2732
22	Νάξος	101,3	118,3	167,5	215,5	285,8	319,5	340,8	327,4	273,8	206,3	156,0	117,8	2630
23	Πάρος	111,3	134,8	183,1	236,9	319,5	359,8	377,7	349,8	282,4	212,0	153,5	119,9	2841
24	Πάτρα	104,8	117,4	190,5	186,0	272,4	323,1	334,1	313,5	254,2	193,8	132,2	117,1	2539
25	Πύργος	148,1	137,0	199,3	207,1	305,8	338,5	364,8	345,4	275,2	215,4	176,5	146,5	2851
26	Ρέθυμνο	110,8	132,3	157,0	218,0	309,0	335,0	373,1	350,2	263,7	166,1	165,8	112,9	2694
27	Ρόδος	135,7	142,0	206,0	246,7	314,5	355,5	387,1	373,3	313,3	239,6	184,4	142,1	3041
28	Σάμος	129,3	139,2	182,9	224,6	299,3	348,7	377,6	356,3	300,5	230,6	168,4	122,4	2880
29	Σέρρες	101,5	108,0	157,8	198,8	260,2	293,0	321,3	307,9	235,5	172,6	128,0	110,9	2396
30	Σητεία	112,6	129,2	182,5	229,2	309,3	348,8	376,3	348,4	282,6	200,3	166,1	118,7	2806
31	Σκύρος	77,0	100,8	140,8	214,0	300,0	337,9	363,6	341,5	260,6	180,8	124,1	92,5	2534
32	Σούδα	112,7	131,1	177,2	229,5	313,1	335,8	371,9	365,6	284,3	187,2	161,5	120,7	2791
33	Σύρος	110,6	142,0	175,4	248,8	321,6	342,0	387,3	361,5	289,7	230,7	157,3	127,8	2895
34	Τυμπάκι	146,4	152,3	218,4	234,8	304,5	351,7	376,7	374,2	296,4	235,7	186,9	150,7	3029
35	Χανιά	111,7	128,9	174,4	228,5	314,2	357,8	331,7	368,4	276,3	183,8	157,7	115,4	2809
36	Χίος	107,7	119,8	176,3	225,4	318,6	353,3	391,3	367,3	293,8	222,5	153,5	118,7	2854

Πίνακας 1.7. Μέση σχετική υγρασία HR_{mean} (%) διαφόρων περιοχών της Ελλάδας (κατά προσέγγιση)

Πόλη	HR _{mean} (%)					Πόλη	HR _{mean} (%)				
	Ιαν.	Απρ.	Ιουλ.	Οκτ.	Έτος		Ιαν.	Απρ.	Ιουλ.	Οκτ.	Έτος
Αγρίνιο	77	67	52	71	67	Λάρισα	82	69	49	72	67
Αθήνα	73	62	46	66	62	Λήμνος	76	71	61	73	70
Αργοστόλι	74	71	63	72	71	Μεθώνη	74	74	74	73	74
Άρτα	77	72	62	74	71	Μήλος	74	68	61	70	68
Βόλος	77	70	60	74	70	Μυτιλήνη	75	66	55	69	66
Έδεσσα	70	62	51	65	62	Νάξος	72	70	70	73	71
Ζάκυνθος	73	71	61	71	70	Ναύπλιο	76	68	55	70	67
Ηράκλειο	70	64	58	67	65	Πάτρα	73	69	60	70	68
Θεσσαλονίκη	76	68	55	71	68	Πύργος	78	75	69	76	75
Θήρα	73	70	61	72	69	Ρόδος	75	70	56	69	68
Ικαρία	71	65	50	61	62	Σάμος	72	67	58	69	67
Ιωάννινα	77	67	53	73	68	Σέρρες	78	65	55	70	67
Καβάλα	78	70	58	70	69	Σητεία	73	66	62	70	68
Καλαμάτα	73	69	58	71	68	Σκόπελος	78	72	64	76	73

Κάρυστος	77	73	62	72	72	Σκόρος	78	72	67	75	73
Κέρκυρα	75	74	63	75	71	Σουφλί	82	67	58	72	71
Κοζάνη	78	63	51	68	65	Σπάρτη	76	65	49	69	65
Κομοτηνή	74	70	52	68	66	Τρίκαλα	79	65	48	71	65
Κόνιτσα	72	63	51	65	63	Τρίπολη	79	63	46	69	65
Κόρινθος	75	68	59	70	68	Φλώρινα	84	65	57	72	70
Κύθηρα	73	68	55	68	66	Χαλκίδα	77	66	55	69	67
Κως	71	66	64	69	67	Χανιά	73	67	57	70	66
Λάμια	75	62	51	68	64	Χίος	74	65	50	67	64



Σχήμα 1.1. Διάγραμμα του Mollier

1.7. Άσκηση 1

Να γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών ενός θερμοκηπίου που είναι εγκατεστημένο στη Θεσσαλονίκη, για το μήνα Ιανουάριο. Το θερμοκήπιο είναι απλό τοξωτό ενός ανοίγματος, έχει πλάτος $s = 6,00$ m και μήκος $L = 40,00$ m. Στο θερμοκήπιο καλλιεργούνται τριαντάφυλλα.

Επίλυση

1. Μετεωρολογικά δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος: $\varphi = 40^{\circ} 45' = 40^{\circ} + (45/60)^{\circ} = 40,75^{\circ}$

Χαρακτηριστική ημέρα Ιανουαρίου: $I=17$

$$T_{\max} = 21,063 - 11,116 \times \eta\mu \left(\frac{360}{365} \times 17 + 69,645 \right) = 9,97^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = 10,366 - 8,734 \times \eta\mu \left(\frac{360}{365} \times 17 + 65,206 \right) = 1,72^{\circ}\text{C}$$

Μέση ταχύτητα ανέμου: $u_{10} = 2,98$ m/s

Μηνιαία ηλιοφάνεια: $D_s = 106,3$ h

Σχετική υγρασία εξωτερικού περιβάλλοντος: $HR_0 = 76\%$

Επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου: $T_i = 15^{\circ}\text{C}$

Επιθυμητή σχετική υγρασία του εσωτερικού του θερμοκηπίου: $HR_i = 90\%$

2. Υπολογισμός γεωμετρικών και κλιματολογικών παραμέτρων

$$A_g = 6\text{m} \times 40\text{m} = 240 \text{ m}^2$$

$$A_c = 3,14 \times 3\text{m} \times 40\text{m} + [(3,14 \times 3\text{m}^2) / 2] \times 2 = 405,27 \text{ m}^2$$

$$V_o = [(3,14 \times 3\text{m}^2) / 2] \times 40 = 565,49 \text{ m}^3$$

$$f_{cs} = \frac{240\text{m}^2 + 405,27\text{m}^2}{2 \times 405,27\text{m}^2} \approx 0,8 \quad f_{cg} = 1 - f_{cs} = 0,2$$

$$\delta = 23,45^{\circ} \times \eta\mu \left(\frac{360}{365} \times (284 + 17) \right) = -20,92^{\circ}$$

$$DL = \frac{2}{15} \times \text{συν}^{-1}(-\varepsilon\varphi 40,75^{\circ} \times \varepsilon\varphi(-20,92^{\circ})) = 9,44 \text{ h}$$

$$D_d = 9,4 \text{ h} \times 31 \text{ ημέρες} = 292,52 \text{ h}$$

$$NL = 24 \text{ h} - 9,4 \text{ h} = 14,56 \text{ h}, \quad D_N = 14,6 \text{ h} \times 31 \text{ ημέρες} = 451,48 \text{ h}$$

$$i = 106,3\text{h} / 292,52 \text{ h} = 0,36$$

$$K = 0,05881 + 0,0235 \times 14,56 \text{ h} = 0,4$$

$$T_0 = 1,72^{\circ}\text{C} + 0,4 \times (9,97^{\circ}\text{C} - 1,72^{\circ}\text{C}) = 5,03^{\circ}\text{C}$$

$$T_g = T_0 = 5,03^{\circ}\text{C}$$

$$u = 0,85 \times 2,98 \text{ m/s} = 2,53 \text{ m/s}$$

$$T_s = (5,03^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) \times 0,36 + (5,03^\circ\text{C} - 4) \times (1 - 0,36) = -2,97^\circ\text{C}$$

$$T_c = 5,03^\circ\text{C} + \frac{(15^\circ\text{C} - 5,03^\circ\text{C}) + 0,2 \times (-2,97^\circ\text{C}) - 3,72}{1,32 + 0,4 \times (5,74 \text{ m/s})^{0,8}} = 6,95^\circ\text{C}$$

3. Υπολογισμός της R_N

$$\begin{aligned} R_N &= -\frac{405,27 \text{ m}^2}{240 \text{ m}^2} \times (0,2 \times 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \times (5,03^\circ\text{C} + 273)^4 \\ &\quad + 0,8 \times 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \times (-2,97^\circ\text{C} + 273)^4 \\ &\quad - 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 \times (6,95^\circ\text{C} + 273)^4) \\ &= 66,20 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$R_{NM} = 66,20 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 29,89 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

4. Υπολογισμός της Q_{cc}

$$\text{Είναι: } U = \frac{5,8 \times 5,74 \text{ m/s} + 9,16}{5,74 \text{ m/s} + 3,2} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\text{επομένως: } Q_{cc} = \frac{405,27 \text{ m}^2}{240 \text{ m}^2} \times 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times (15 - 5,03)^\circ\text{C} = 79,96 \text{ W/m}^2$$

$$\text{και } Q_{ccM} = 79,96 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 36,1 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

5. Υπολογισμός της Q_v

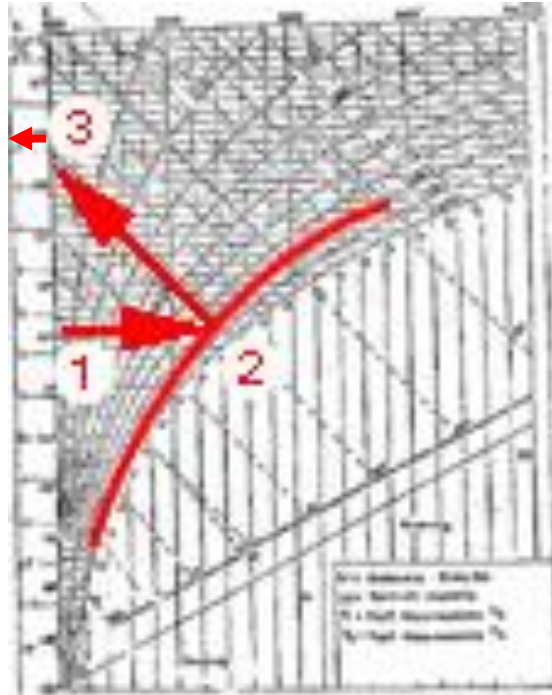
$$\text{Είναι } R = 0,7 + 0,5 \times 2,53 \text{ m/s} = 1,97 \text{ ανανεώσεις/h}$$

Από το διάγραμμα του Mollier (Σχήμα 1.2.) για $T_0 = 5,03^\circ\text{C}$ και $RH_0 = 76\%$ βρίσκουμε ενθαλπία $H_0 = 3,3 \text{ kcal/kg} = 3,3 \times 1,16 = 3,83 \text{ Wh/kg}$ και για $T_i = 15^\circ\text{C}$ και $RH_i = 90\%$ βρίσκουμε ενθαλπία $H_i = 9,40 \text{ kcal/kg} = 9,40 \times 1,16 = 10,9 \text{ Wh/kg}$, Σχήμα 1.2.

Επομένως :

$$Q_v = 1,97 \text{ h}^{-1} \times \frac{565,49 \text{ m}^3}{2 \times 240 \text{ m}^2} \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \times (10,904 - 3,83) \text{ Wh/kg} = 40,83 \text{ W/m}^2$$

$$\text{και } Q_{vM} = 40,83 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 18,43 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$



Σχήμα 1.2. Χρήση διαγράμματος Mollier

6. Υπολογισμός της Q_H και της Q_{HM}

$$Q_H = 66,2 \text{ W/m}^2 + 79,96 \text{ W/m}^2 + 74,37 \text{ W/m}^2 = 220,54 \text{ W/m}^2$$

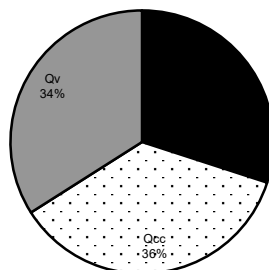
$$Q_{HM} = 29,89 \text{ kWh / m}^2 + 36,1 \text{ kWh / m}^2 + 18,43 \text{ kWh / m}^2 = 84,42 \text{ kWh / m}^2 / \text{μήνα}$$

Η συνολική απαιτούμενη μηνιαία ενέργεια θέρμανσης είναι:

$$Q_{T.HM} = 84,42 \text{ kWh / m}^2 \times 240 \text{ m}^2 = 20260,80 \text{ kWh / μήνα (για τον μήνα Ιανουάριο)}$$

7. Αξιολόγηση των διαφόρων μορφών απωλειών θερμότητας.

Εκφράζοντας την κάθε απώλεια σαν ποσοστό στα εκατό του συνόλου (Σχήμα 1.3.), βλέπουμε ότι τα διάφορα είδη απωλειών δεν έχουν την ίδια βαρύτητα στις ολικές απώλειες Q_H . Είναι λογικό οι ενέργειες για περιορισμό των απωλειών να εξαρτώνται από τις επικρατέστερες απώλειες.



Σχήμα 1.3. Ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων παραγόντων στις συνολικές απώλειες ενέργειας

1.8. Άσκηση 2

Να γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών ενός θερμοκηπίου που είναι εγκατεστημένο στη Θεσσαλονίκη, για το μήνα Ιανουάριο. Το θερμοκήπιο είναι απλό αμφικλινές, έχει πλάτος $s = 5,00 \text{ m}$, μήκος $L = 40,00 \text{ m}$ και ύψος υδρορροής $h = 3,00 \text{ m}$. Η κλίση της στέγης είναι $\varphi = 30^\circ$. Στο θερμοκήπιο καλλιεργούνται τριαντάφυλλα.

Επίλυση

1. Μετεωρολογικά δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος: $\varphi = 40^\circ 45' = 40^\circ + (45/60)^\circ = 40,75^\circ$

Χαρακτηριστική ημέρα Ιανουαρίου: $I=17$

$$T_{\max} = 21,063 - 11,116 \times \eta\mu\left(\frac{360}{365} \times 17 + 69,645\right) = 9,97^\circ\text{C}$$

$$T_{\min} = 10,366 - 8,734 \times \eta\mu\left(\frac{360}{365} \times 17 + 65,206\right) = 1,72^\circ\text{C}$$

Μέση ταχύτητα ανέμου: $u_{10} = 2,98 \text{ m/s}$

Μηνιαία ηλιοφάνεια: $D_s = 106,3 \text{ h}$

Σχετική υγρασία εξωτερικού περιβάλλοντος: $HR_0 = 76\%$

Επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου: $T_i = 15^\circ\text{C}$

Επιθυμητή σχετική υγρασία του εσωτερικού του θερμοκηπίου: $HR_i = 90\%$

2. Υπολογισμός γεωμετρικών και κλιματολογικών παραμέτρων

$$A_g = 5\text{m} \times 40\text{m} = 200 \text{ m}^2$$

$$A_c = [3 + 2 \times ((5\text{m}/2)/\text{συν}30^\circ) + 3] \times 40\text{m} + [2 \times (5\text{m} \times 3\text{m}) + (2 \times (0,5 \times 5\text{m} \times (\text{εφ}30^\circ \times (5\text{m}/2))))] = 508,16 \text{ m}^2$$

$$V_o = (5\text{m} \times 3\text{m}) + (2 \times (0,5 \times 5\text{m} \times (\text{εφ}30^\circ \times (5\text{m}/2))) \times 40 \text{ m} = 744,34 \text{ m}^3$$

$$f_{cs} = \frac{200\text{m}^2 + 508,16\text{m}^2}{2 \times 508,16\text{m}^2} \approx 0,7 \quad f_{cg} = 1 - f_{cs} = 0,3$$

$$\delta = 23,45^\circ \times \eta\mu\left(\frac{360}{365} \times (284 + 17)\right) = -20,92^\circ$$

$$DL = \frac{2}{15} \times \text{συν}^{-1}(-\text{εφ} 40,75^\circ \times \text{εφ}(-20,92^\circ)) = 9,44 \text{ h}$$

$$D_d = 9,4 \text{ h} \times 31 \text{ ημέρες} = 292,52 \text{ h}$$

$$NL = 24 \text{ h} - 9,4 \text{ h} = 14,56 \text{ h},$$

$$D_N = 14,6 \text{ h} \times 31 \text{ ημέρες} = 451,48 \text{ h}$$

$$i = 106,3\text{h} / 292,52 \text{ h} = 0,36$$

$$K = 0,05881 + 0,0235 \times 14,56 \text{ h} = 0,4$$

$$T_0 = 1,72^\circ\text{C} + 0,4 \times (9,97^\circ\text{C} - 1,72^\circ\text{C}) = 5,03^\circ\text{C}$$

$$T_g = T_0 = 5,03^\circ\text{C}$$

$$u = 0,85 \times 2,98 \text{ m/s} = 2,53 \text{ m/s}$$

$$T_s = (5,03^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}) \times 0,36 + (5,03^{\circ}\text{C} - 4) \times (1 - 0,36) = -2,97^{\circ}\text{C}$$

$$T_c = 5,03^{\circ}\text{C} + \frac{(15^{\circ}\text{C} - 5,03^{\circ}\text{C}) + 0,2 \times (-2,97^{\circ}\text{C}) - 3,72}{1,32 + 0,4 \times (2,53 \text{ m/s})^{0,8}} = 6,95^{\circ}\text{C}$$

3. Υπολογισμός της R_N

$$R_N = -\frac{508,16 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} \times (0,3 \times 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \times (5,03^{\circ} + 273)^4 +$$

$$+ 0,7 \times 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \times (2,97^{\circ} + 273)^4 - 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \times (6,975^{\circ} + 273)^4) = 90,19 \text{ W m}^{-2}$$

$$R_{NM} = 90,19 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 40,72 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

4. Υπολογισμός της Q_{cc}

$$\text{Είναι: } U = \frac{5,8 \times 5,74 \text{ m/s} + 9,16}{5,74 \text{ m/s} + 3,2} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\text{επομένως: } Q_{cc} = \frac{508,16 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} \times 4,749 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K} \times (15 - 5,03)^{\circ}\text{K} = 120,32 \text{ W/m}^2$$

$$\text{και } Q_{ccM} = 120,32 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 54,32 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

5. Υπολογισμός της Q_v

$$\text{Είναι } R = 0,7 + 0,5 \times 5,74 \text{ m/s} = 3,57 \text{ ανανεώσεις/h}$$



Σχήμα 1.2. Χρήση διαγράμματος Mollier

Από το διάγραμμα του Mollier (Σχήμα 1.2.) για $T_0 = 5,03^{\circ}\text{C}$ και $RH_0 = 76\%$ βρίσκουμε ενθαλπία $H_0 = 3,3 \text{ kcal/kg} = 3,3 \times 1,16 = 3,83 \text{ Wh/kg}$ και για $T_i = 15^{\circ}\text{C}$ και $RH_i = 90\%$ βρίσκουμε ενθαλπία $H_i = 9,40 \text{ kcal/kg} = 9,40 \times 1,16 = 10,9 \text{ Wh/kg}$, Σχήμα 1.2.

$$\text{Επομένως: } Q_v = 3,57 \text{ h}^{-1} \times \frac{744,34 \text{ m}^3}{200 \text{ m}^2} \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \times (10,904 - 3,83) \text{ Wh/kg} = 177,48 \text{ W/m}^2$$

$$\text{και } Q_{vM} = 177,48 \text{ W/m}^2 \times 451,48 \text{ h} / 1000 \text{ W/kW} = 53,04 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

6. Υπολογισμός της Q_H και της Q_{HM}

$$Q_H = 90,19 \text{ W/m}^2 + 120,33 \text{ W/m}^2 + 117,49 \text{ W/m}^2 = 328 \text{ W/m}^2$$

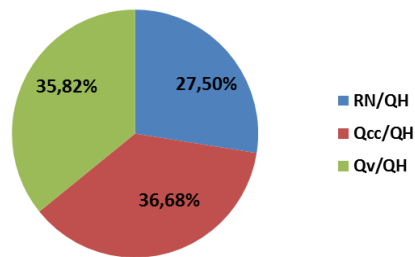
$$Q_{HM} = 40,72 \text{ kWh} / \text{m}^2 + 54,32 \text{ kWh} / \text{m}^2 + 53,04 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 148,08 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ μήνα}$$

Η συνολική απαιτούμενη μηνιαία ενέργεια θέρμανσης είναι:

$$Q_{T.HM} = 148,08 \text{ kWh} / \text{m}^2 \times 200 \text{ m}^2 = 29616 \text{ kWh} / \text{μήνα (για τον μήνα Ιανουάριο)}$$

7. Αξιολόγηση των διαφόρων μορφών απωλειών θερμότητας.

Εκφράζοντας την κάθε απώλεια σαν ποσοστό στα εκατό του συνόλου (Σχήμα 1.3.), βλέπουμε ότι τα διάφορα είδη απωλειών δεν έχουν την ίδια βαρύτητα στις ολικές απώλειες Q_H . Είναι λογικό οι ενέργειες για περιορισμό των απωλειών να εξαρτώνται από τις επικρατέστερες απώλειες.



Σχήμα 1.3. Ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων παραγόντων στις συνολικές απώλειες ενέργειας

1.9. Άσκηση 3

Υπολογισμός των θερμικών αναγκών απλού τοξωτού θερμοκηπίου

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο σπουδαστή: Εξάμηνο:

Να γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών ενός θερμοκηπίου που είναι εγκατεστημένο στ⁽¹⁾ για το μήνα Ιανουάριο σύμφωνα με τη μέθοδο του ενεργειακού ισοζυγίου. Το θερμοκήπιο είναι απλό τοξωτό ενός ανοίγματος έχει πλάτος $s = (5,00 + 0,05 \cdot N)$ m και μήκος $L = (40,00 + 0,6 \cdot N)$ m. Έχει κάλυψη από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, θερμαίνεται με αερόθερμο και είναι τοποθετημένο σε περιοχή προστατευμένη από τον άνεμο. Στο θερμοκήπιο καλλιεργούνται⁽²⁾.

1.10. Άσκηση 4

Υπολογισμός των θερμικών αναγκών απλού αμφικλινούς θερμοκηπίου

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο σπουδαστή: Εξάμηνο:

Δίνεται ένα αμφικλινές θερμοκήπιο με κάλυψη από απλό υαλοπίνακα που είναι εγκατεστημένο στ⁽¹⁾. Έχει πλάτος $b = (6,00 + 0,02 \cdot N)$ m, ύψος υδρορροής $h = 3,00$ m, κλίση στέγης $\varphi = (25 + 0,02 \cdot N)^\circ$ και μήκος $L = (50 + 0,2 \cdot N)$ m. Ο άνεμος πνέει με διεύθυνση κάθετη στη μεγάλη παρειά του, προβλέπεται σύστημα θέρμανσης με σωλήνες στο έδαφος και πρόκειται να εγκατασταθεί καλλιέργεια⁽²⁾.

Ζητείται να υπολογιστεί η απαιτούμενη συνολική ενέργεια θέρμανσης για το μήνα Ιανουάριο με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται στην οικοδομική.

(1): Ο τόπος καταγωγής του σπουδαστή.

(2): Η δεσπόζουσα καλλιέργεια στην περιοχή.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ.337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Εργαστήριο). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG113/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης