

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΤΗΣ ΑΜΒΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι.
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ



ΤΟΥ

Ιωάννη Καπετανάκη

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1994

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι.
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

του

Ιωάννη Καπετανάκη

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 1994

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία με θέμα "Υπολογισμός της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στα θερμοκήπια του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας", εκπονήθηκε κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος - Ιούνιος 1994 στο Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.

Ευχαριστώ όλους όσους με βοήθησαν όλο αυτό το διάστημα, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η διεκπερέωσή της.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Βασιλείου για τις πολύτιμες γνώσεις, τις υποδείξεις και την επίβλεψή του για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ τη κα. Βασιλική Χειλαδάκη για τη βοήθειά της στην κατασκευή των διαγραμμάτων και την επεξεργασία του κειμένου στον Η/Υ, την κα. Κωνσταντίνα Δουβή για τη βοήθειά της στα αρχιτεκτονικά σχέδια των θερμοκηπίων και το κ. Γιώργο Πετροπαυλή για τη φωτογράφιση.

Ιούνιος 1994

Ιωάννης Καπετανάκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει δύο κεφάλαια.

Στο 1ο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στα αμφίρροικτα πολλαπλά θερμοκήπια που είναι τοποθετημένα στον περίβολο του Τ.Ε.Ι. Πρόκειται για μια αναφορά ως προς τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της Β.Κ.Μ., τα φορτία, τη θεμελίωση, τον εξαερισμό, τη θέρμανση, την άρδευση και την παρουσίαση των αρχιτεκτονικών τους σχεδίων.

Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια για προσέγγιση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία και στα θερμοκήπια. Οι εισαγωγικές παρατηρήσεις στην ηλιακή ακτινοβολία και η επεξήγηση αστρονομικών όρων βοηθούν για τον υπολογισμό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο κάλυμμα των θερμοκηπίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ.....	11
1. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι.	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στη χώρα μας ...	4
1.3 Περιγραφή των θερμοκηπίων	6
Α Γενικά	6
Β Χωροθέτηση θερμοκηπίων	9
Γ Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της Β.Κ.Μ.	10
Δ Φορτία σκελετού	12
Ε Αρχιτεκτονικά Σχέδια θερμοκηπίων	13
1.4 Θεμελίωση των θερμοκηπίων	20
1.5 Εξαερισμός των θερμοκηπίων	21
1.6 Θέρμανση θερμοκηπίων	24
1.7 Σύστημα άρδευσης	27
1.8 Περιβάλλον θερμοκηπίου	31
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	33
2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.....	34
2.1 Εισαγωγή	34
2.2 Η φύση της ηλιακής ακτινοβολίας	34
2.3 Όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας	40
2.4 Αστρονομικά δεδομένα	42
2.5 Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	45
2.6 Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο το μήνα Μάιο στη Καλαμάτα.....	49
2.7 Η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία το μήνα Μάιο στην Καλαμάτα.....	52
2.8 Η γεωμετρία της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και η γεωμετρία του καλύμματος του θερμοκηπίου.....	54

2.9 Γεωμετρία άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τη Β.Κ.Μ. των θερμοκηπίων του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.....	56
2.10 Σκίαση του θερμοκηπίου από τα σκελετικά του στοιχεία όταν ο ήλιος βελσκεται στο ζενίθ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	60
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΤΕΡΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

Λατινικά σύμβολα	Επεξήγηση
a	σταθερά
b	σταθερά
$G_{\odot c}$	ηλιακή σταθερά
h	μήκος
H	μηνιαία ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο στην επιφάνεια του εδάφους
H_0	μηνιαία ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας
H_b	άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
H_d	διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο
Kt	δείκτης αιθριότητας
n_1	ηλιοφάνεια
N	ώρες μέγιστης ηλιοφάνειας
P	επιφάνεια
z	γωνία αξιμουθίου του ήλιου
Ελληνικά σύμβολα	
γ	γωνία αξιμουθίου επιπέδου
γ'	γωνία προσανατολισμού επιφάνειας
δ	ηλιακή απόκλιση
ζ	γωνία ζενίθ
θ	γωνία πρόσπτωσης
ξ	γεωγραφικό μήκος
υ	ύψος ηλίου
φ	γεωγραφικό πλάτος
ψ	κλίση επιπέδου
ω	ωριαία γωνία
ω_s	ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής
ω'_s	ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής για επίπεδο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

1. 1 Εισαγωγή.

Με τον όρο θερμοκήπιο εννοούμε το σύνθετο φυσικό σύστημα που αποτελείται από επιμέρους συστήματα, όπως έδαφος (το καλυμμένο αλλά και σε μικρή απόσταση έξω από το θερμοκήπιο), το μίγμα ξηρού αέρα και υδρατμών που βρίσκεται μεταξύ του καλύμματος και του καλυμμένου εδάφους, το σκελετό και το κάλυμμα (γυαλί ή πλαστικό). Αναπόσπαστο μέρος του θερμοκηπίου είναι τα φυτά.(1)

Οι καλλιέργειες στα θερμοκήπια είναι από τις πιο δυναμικές της ελληνικής γεωργίας, με το μεγαλύτερο συγκριτικό, κατά μονάδα επιφανείας, γεωγικό εισόδημα.

Η συμβολή τους στην εθνική οικονομία γενικότερα είναι μεγάλη και πολύπλευρη, αφού :

- Αξιοποιούν πολλά ημερομίσθια ανά μονάδα επιφανείας και δημιουργούνται πολλές θέσεις απασχόλησης με ομοιόμορφη κατανομή εργασίας το χρόνο.

- Με μικρή έκταση (3- 5 στρ.) μπορεί να δημιουργηθούν βιώσιμες εκμεταλλεύσεις που αντιμετωπίζουν έτσι αποτελεσματικά το διαρθρωτικό πρόβλημα του μικρού και πολυτεμαχισμένου κλήρου.

- Τα προϊόντα που παράγονται στα θερμοκήπια είναι συνήθως ανώτερης ποιότητας και κατά κανόνα εξαγωγίμα.

Η ζήτηση των προϊόντων αυτών παρουσιάζει ανοδική πορεία, τόσο στις αγορές του εσωτερικού, όσο και στις αγορές του εξωτερικού.

Τα περιθώρια αύξησης των εξαγωγών μας σε θερμοκηπιακά προϊόντα είναι μεγάλα.

Επίσης μεγάλα είναι τα περιθώρια επέκτασης των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στη χώρα μας ιδιαίτερα στις νότιες περιοχές της, που προσφέρονται από πλευράς κλίματος για τις καλλιέργειες αυτές, ή όπου υπάρχει φθηνή εγχώρια πηγή ενέργειας (γεωθερμία, βιομάζα κ.λ.π.).(2)

Πίν. 1. Εξαγωγές κηπευτικών την περίοδο 1985-89.

Προϊόν	Ποσότητα (tn)					
	1985	1986	1987	1988	1989	1990 ⁽²⁾
Καρπούζι	42.289	57.107	56.035	67.618	64.405	94.000
Αγγούρι	42.965	41.356	44.206	44.099	43.915	51.000
Πιπεριά	2.533	1.908	2.191	667	2.523	2.000
Πεπόνι	87	167	619	804	738	-
Τομάτα	138	363	254	74	592	3.000
Μελιτζόνα	142	113	87	60	24	-
Φασόλι	5	7	10	-	69	-
Κολοκύθι	13	23	37	98	54	-
Φράουλα	1	17	-	10	28	-

Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας.

(1) Χώρες προορισμού κατά 95% χώρες-μέλη της ΕΟΚ.

(2) Προσωρινά στοιχεία.

Πιν. 2 Παραγωγή κηπευτικών σε θερμοκήπια και τούνελ την περίοδο 1989-90.

Καλλιέργεια	Θερμοκήπια						Τούνελ	
	1η καλλιέργεια		2η καλλιέργεια		Σύνολο		Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)
	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)		
Τομάτα	16782	178.041	873	6.501	17655	184.542	845	3.968
Αγγούρι	10888	130.277	2052	24.777	12940	155.054	51	298
Πεπόνι	429	2.690	2159	8.969	2588	11.659	14515	42.870
Πιπεριά	1474	8.111	2	7	1476	8.118	313	854
Μελιτζάνα	1445	10.098	10	40	1455	10.138	115	388
Κολοκύθι	1144	6.510	175	801	1319	7.311	3150	11.180
Φράουλα	1083	3.101	-	-	1083	3.101	1215	3.426
Φασόλι	526	1.026	547	774	1073	1.800	580	775
Καρπούζι	5	20	16	63	21	83	49030	217.610
Μαρούλι	46	132	377	913	423	1.045	22	64
Διάφορα	39	234	607	1.255	646	-	-	-
Σύνολο	33861	-	6818	-	40679	-	69837	-

Παραγωγή κηπευτικών εκτός εποχής από θερμοκήπια και τούνελ = 110.516 στρ.

1. 2 Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στη χώρα μας.

Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής είναι μια από τις πιο σημαντικές αιτίες που καθορίζουν τη γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων. Στις περιοχές με ήπιο χειμώνα, χωρίς παγετούς, είναι συγκεντρωμένα τα περισσότερα θερμοκήπια, γιατί μειώνονται σημαντικά οι ανάγκες για θέρμανση.

Έτσι στην Κρήτη (Τυμπάκι, Ιεράπετρα, Παλαιοχώρα) συναντάται το 45,2% των θερμοκηπίων, στην Πελοπόννησο και Δυτική Ελλάδα (Καλαμάτα, Αμαλιάδα, Ναύπακτος) το 23,2%, στη δυτική και κεντρική Μακεδονία και κοντά στη Θεσσαλονίκη το 15,9% και στην Αττική (κυρίως στο Μαραθώνα το 7,3%). (3)

Πίν. 3 Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα (έκταση σε στρ.)

Περιοχή	Κηπευτικά (1990)	Ανθοκομικά (1989)	Συνολική έκταση
Α. Μακεδονία-Θράκη	760	62	822
Δ. - Κ. Μακεδονία	6052	257	6309
Ήπειρος	1489	20	1509
Θεσσαλία	850	149	999
Πελοπόννησος - Δ. Ελλάδα	8868	348	9216
Αττική και νησιά	1892	997	2889
Κρήτη	16992	922	17914
Σύνολο	36903	2755	39658
Συνολική έκταση θερμοκηπίων με ανθοκηπευτικά το 1990 =			39958 ^(*)

(*) Υπολογίζεται για το 1990 αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων με ανθοκομικά κατά 300 στρ.

Πίν. 4. Γεωγραφική κατανομή των κηπευτικών σε θερμοκήπια το 1989-90 (έκταση σε στρ.).

Καλλιέργεια	Συνολική έκταση	1 ^(*)	2 ^(*)	3 ^(*)	4 ^(*)	5 ^(*)	6 ^(*)	7 ^(*)
Τομάτα	17655 %	503 2,9	3942 22,3	1306 7,3	725 4,2	3901 22,2	1312 7,4	5966 33,7
Αγγούρι	12960 %	241 1,9	1961 15,2	107 0,8	301 2,3	1913 14,7	737 5,7	7700 59,4
Πεπόνι	2588 %	-	50 1,9	5 0,2	6 0,3	36 1,4	4 0,1	2487 96,1
Πιπεριά	1476 %	27 1,8	224 15,2	3 0,2	15 1,1	520 35,2	60 4,1	627 42,4
Μελιτζάνα	1455 %	5 0,3	5 0,3	1 0,06	-	824 56,7	51 3,5	569 39,1
Κολοκυθάκι	1319 %	-	10 0,7	42 3,1	1 0,07	748 56,7	337 25,5	181 13,9
Φράουλα	1083	-	4	-	-	1078	1	-
Φασόλι	1073 %	58 5,4	131 12,2	32 2,9	50 4,8	377 35,2	71 6,6	354 32,9
Καρπούζι	21	-	-	-	-	-	-	21
Μαρούλι	423	186	75	20	72	12	58	-

(*) 1 = Μακεδονία & Θράκη, 2 = Δ. & Κ. Μακεδονία, 3 = Ήπειρος, 4 = Θεσσαλία, 5 = Πελοπόννησος & Δ. Ελλάδα, 6 = Αττική & Νησιά, 7 = Κρήτη.

1. 3 Περιγραφή των θερμοκηπίων.

A. Γενικά

Στις 21/1/92 το Τ.Ε.Ι της Καλαμάτας προέβη στη διακήρυξη ανοικτού διαγωνισμού για την προμήθεια δυο θερμοκηπίων με καλυμμένη επιφάνεια εδάφους 500 m² το καθένα.

Τα δυο μεταλλικά, γυάλινα, αμφίρρικτα πολλαπλά θερμοκήπια που βρίσκονται στο χώρο του Τ.Ε.Ι. παρελήφθησαν από την αρμόδια επιτροπή στις 21/12/92.

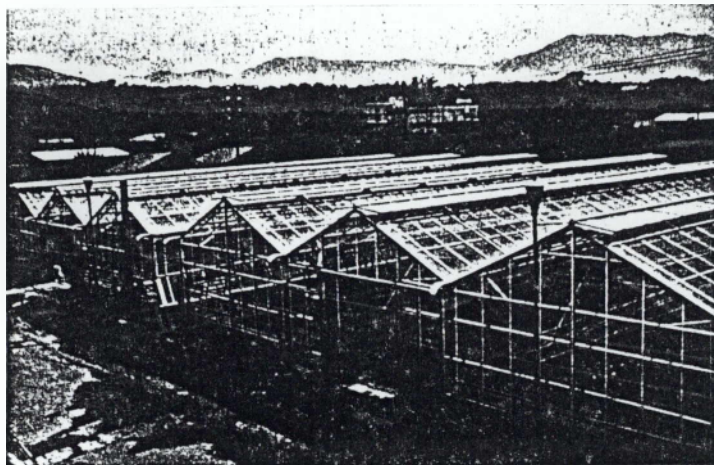
Πρόκειται για δυο θερμοκήπια Βουλγαρικής προέλευσης και κατασκευής του εργοστασίου " HEAVY MACHINE - BUILDING" - RADOMIR.

Ανάμεσα στις δυο θερμοκηπιακές μονάδες υπάρχει διάδρομος πλάτους 1,80 m. Όλα τα μέρη των θερμοκηπίων είναι κατασκευασμένα από χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ. Το πάχος του γαλβανίσματος είναι περίπου 80 μm. Κατά την εγκατάστασή του δεν έγινε χρήση ηλεκτροσυγκόλλησης, οξυγονοκόλλησης, διάτρησης και κοπής οποιουδήποτε στοιχείου του θερμοκηπίου και τούτο για λόγους προστασίας από τη διάβρωση.

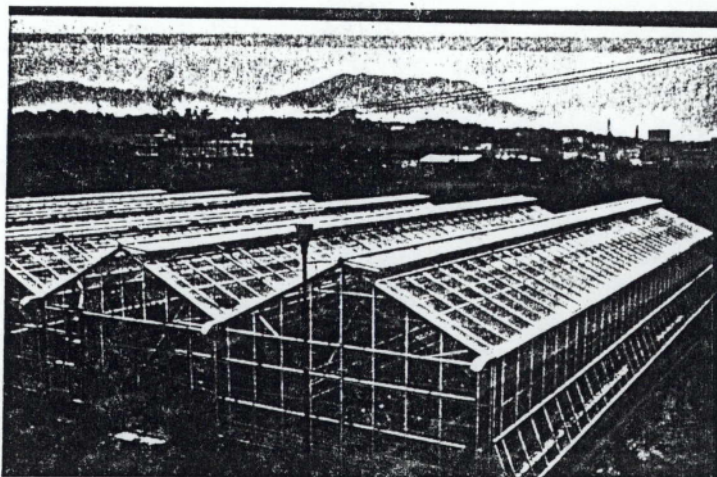
Οι κολώνες - δοκοί στήριξης έχουν πάχος 2-3 mm ενώ το πάχος των υδρορροών είναι 3 mm.

Υλικό κάλυψης: γυαλί πάχους 4 mm, το οποίο στερεώνεται στον μεταλλικό σκελετό με ειδικά πλαστικά προφίλ.

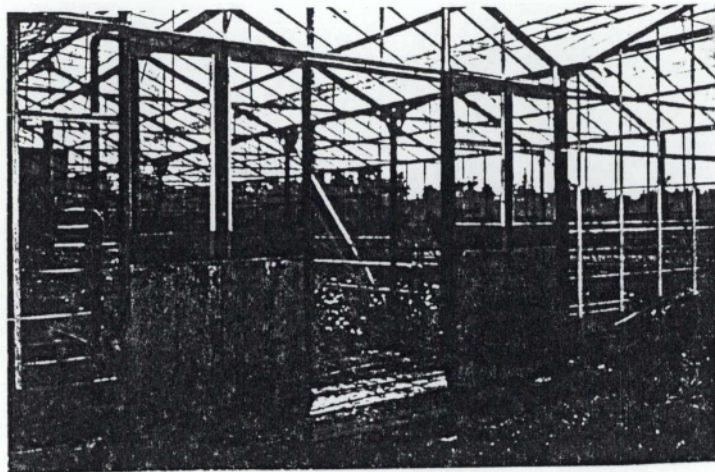
Απόψεις των θερμοκηπίων δίδονται στις εικ.1-5.



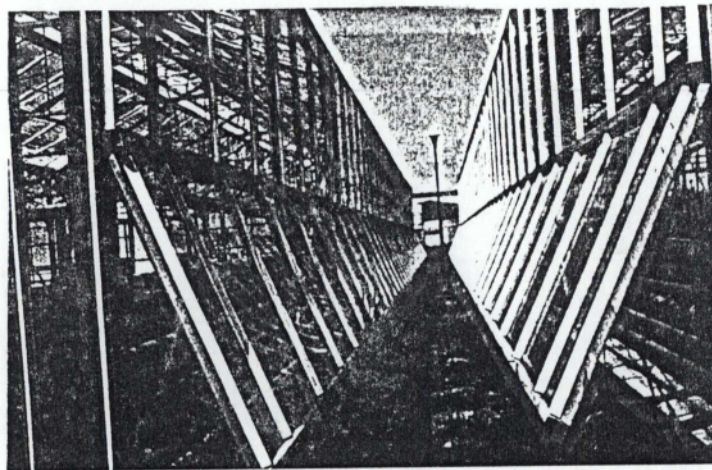
Εικ. 1.



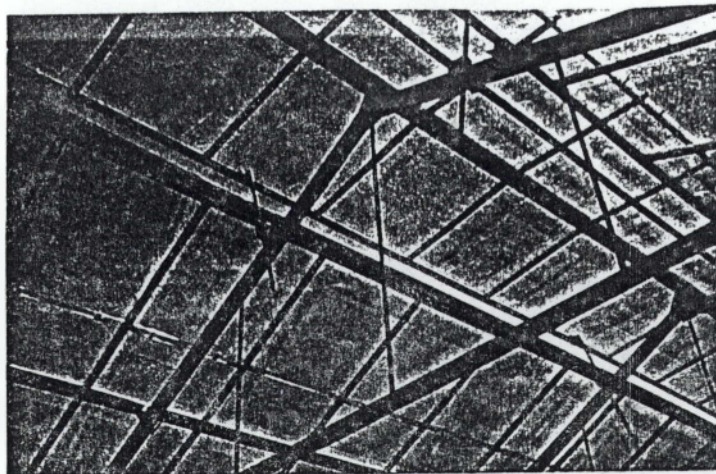
Εικ. 2.



Εικ. 3.

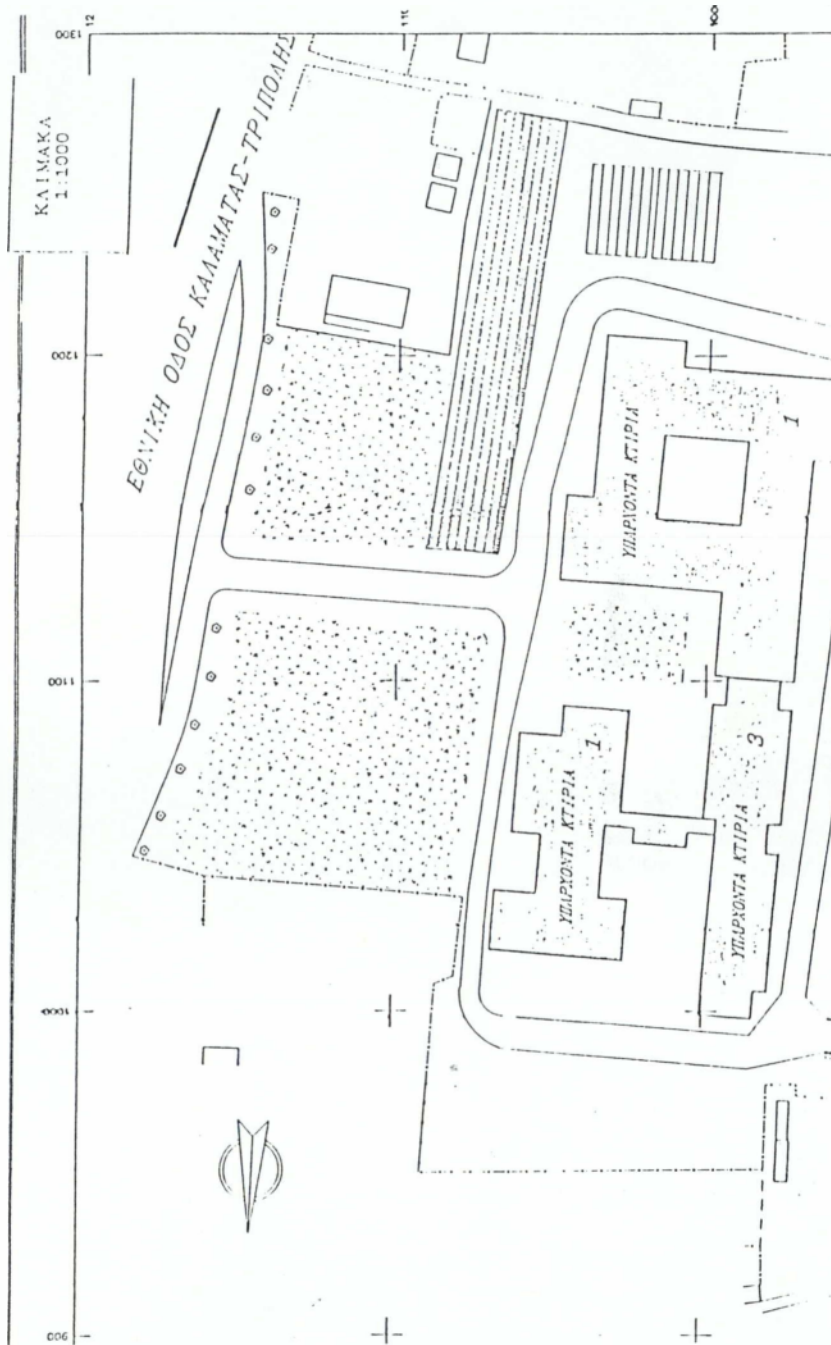


Εικ. 4.



Εικ. 5.

Β. Χωροθέτηση θερμοκηπίων.

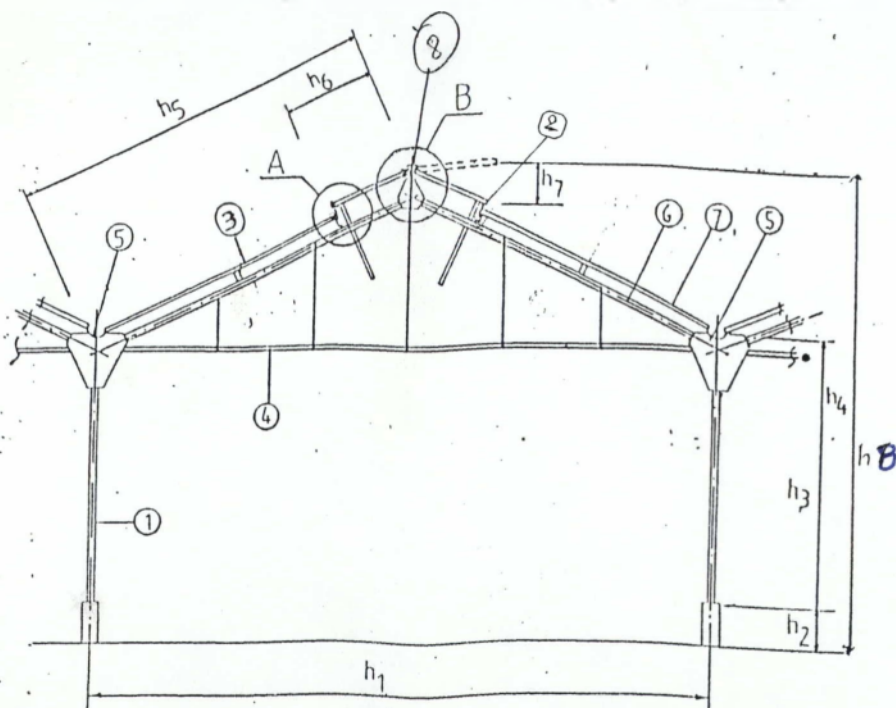


Σχ. 1. Τμήμα από το τοπογραφικό διάγραμμα του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.

Γ. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της Β.Κ.Μ.

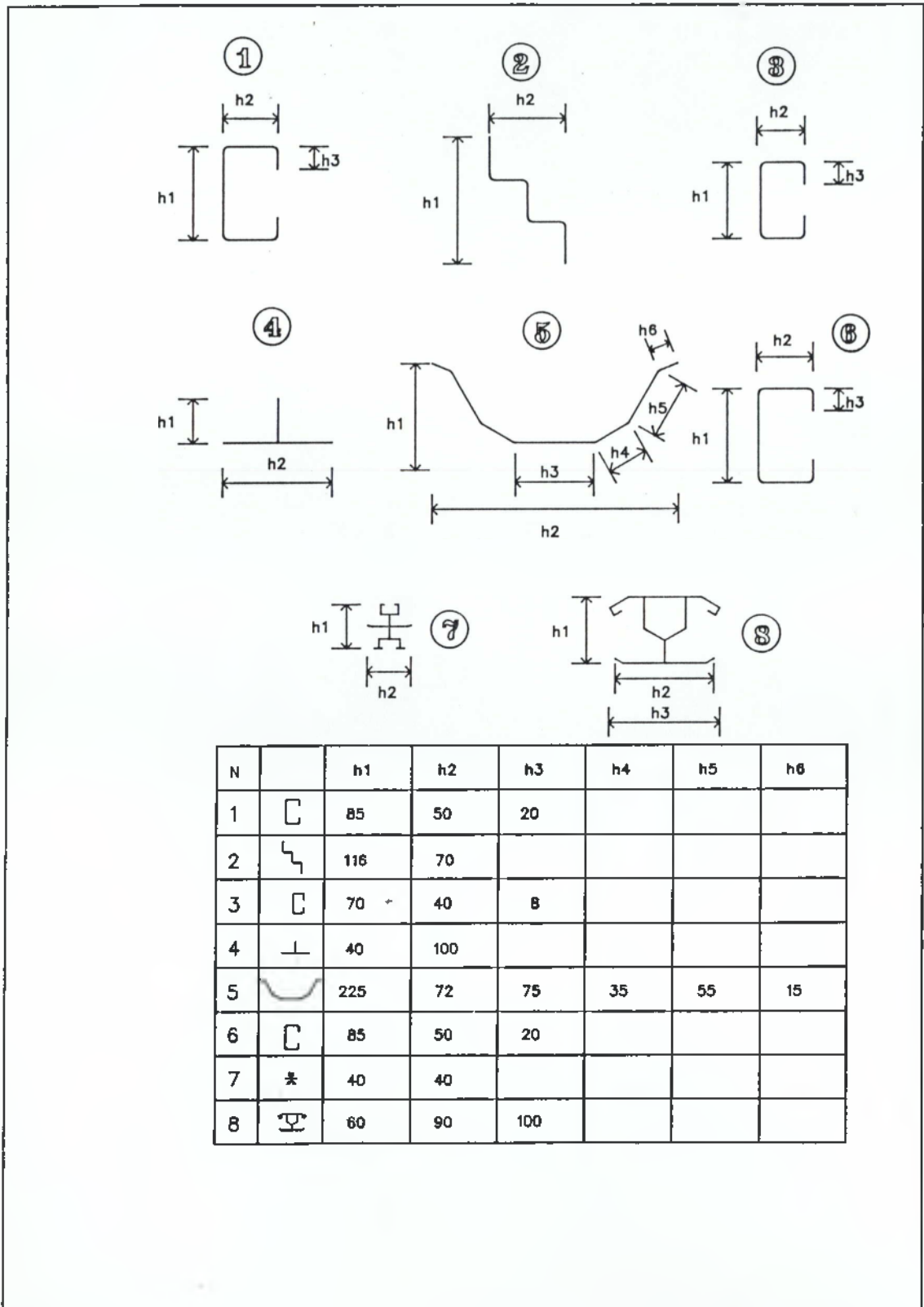
- I) Μήκος : 3,00 [m]
(απόσταση στύλων)
- II) Πλάτος (h1) : 6,40 [m]
(απόσταση θόλων)
- III) Στέγη : αμφίρρικτη με κλίση 26,56°
- IV) Ύψος κάθετων πλευρών (h4) : 3,10 [m]
- V) Καθαρό ύψος της κολώνας (h3) : 2,70 [m]
- VI) Ύψος περιμετρικού τοιχείου (h2) : 0,40 [m]
- VII) Ύψος του κορφιά από το έδαφος (h8) : 7,20 [m]

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7
6400	400	2700	3100	3600	900	720



Σχ. 2. Ενδεικτική τομή της Β.Κ.Μ.

Πίν. 5. Διαστάσεις κατασκευαστικών στοιχείων σκελετού.



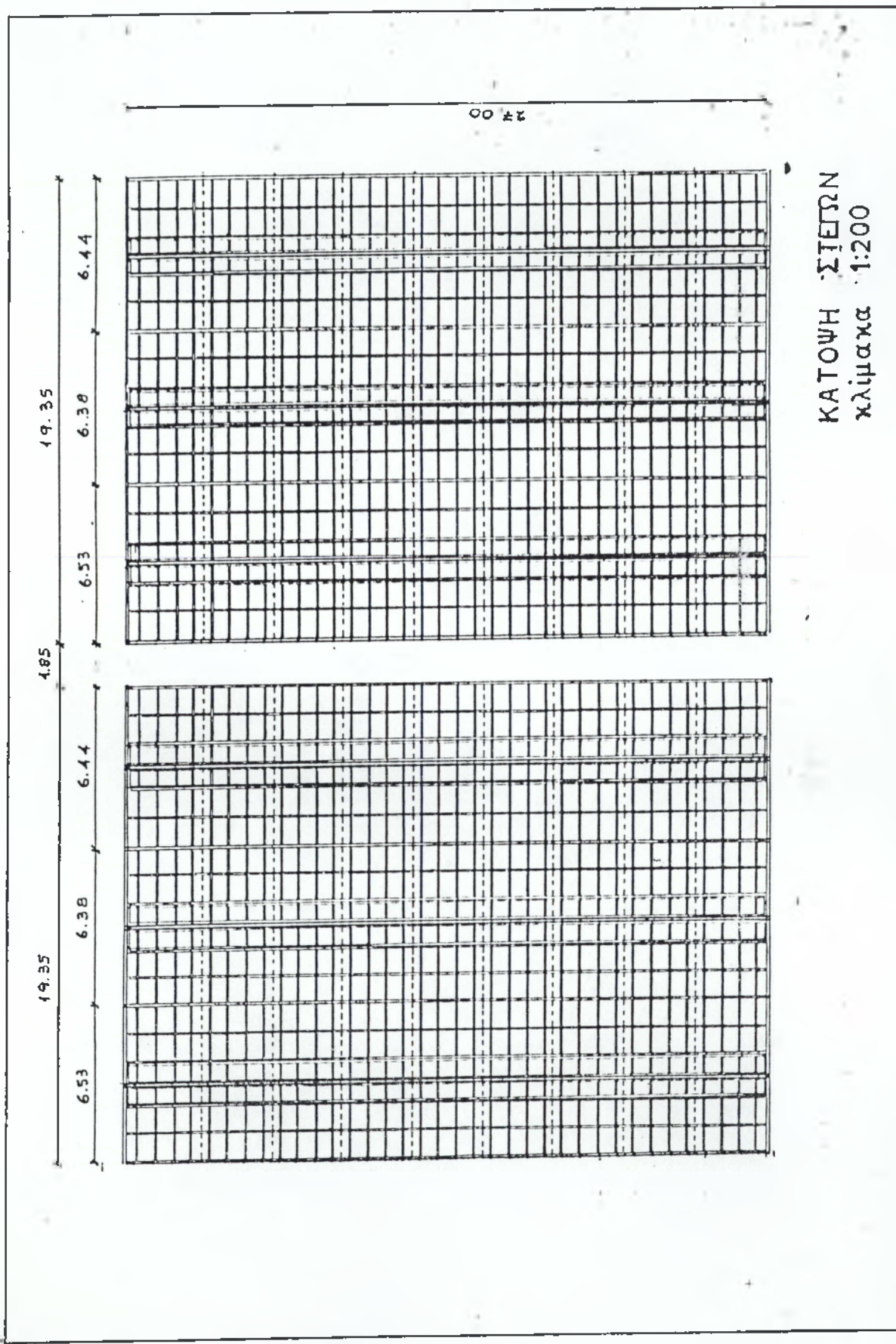
Δ. Φορτία σκελετού

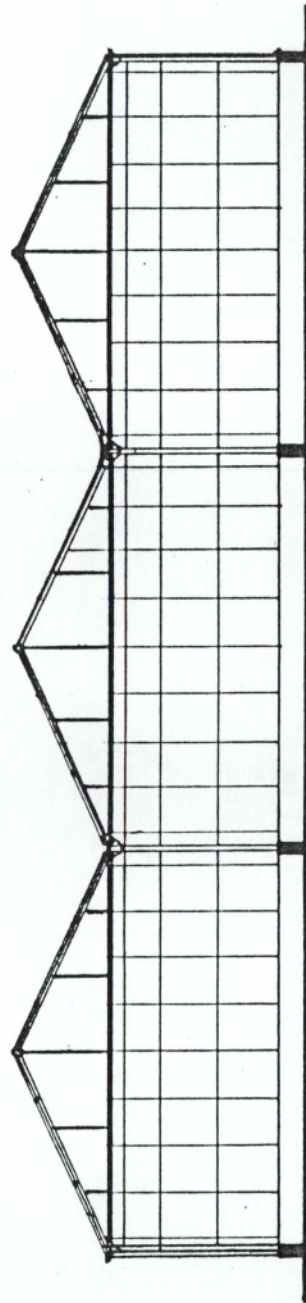
Βάρος γυαλιού	10	Kg/m ²
Βάρος σκελετού	10	Kg/m ²
Βάρος χιονιού	25	Kg/m ²
Ανεμος	10	Kp/m ²
Φορτίο καλλιέργειών	15	Kg/m ²

Αντοχή σε ταχύτητα ανέμου 120 Km/h τουλάχιστον σε ύψος 10 m από την επιφάνεια του εδάφους.

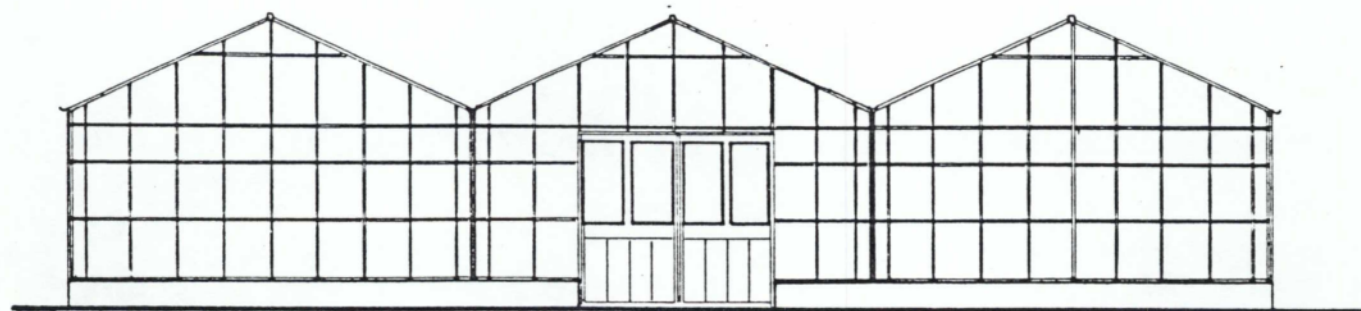
Ε. Αρχιτεκτονικά Σχέδια θερμοκηπίων.

- Κάτοψη.
 - Κάτοψη Στέγης.
 - Τομή.
 - Βόρεια όψη.
 - Δυτική όψη.
-

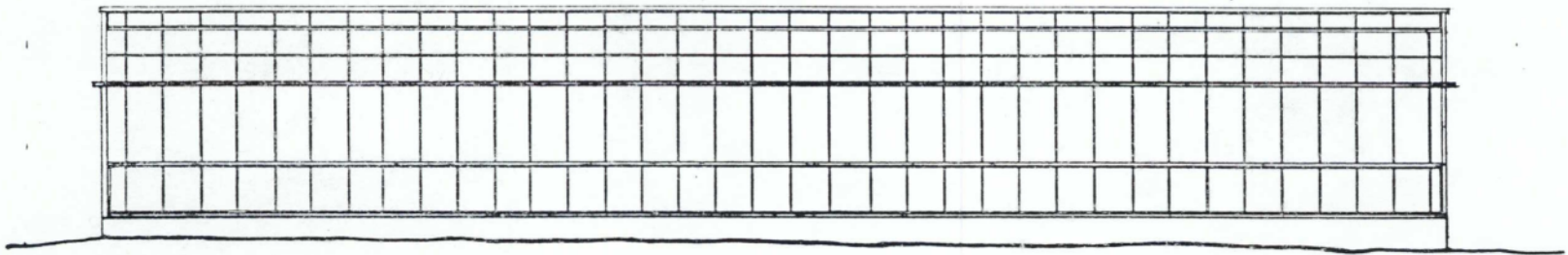




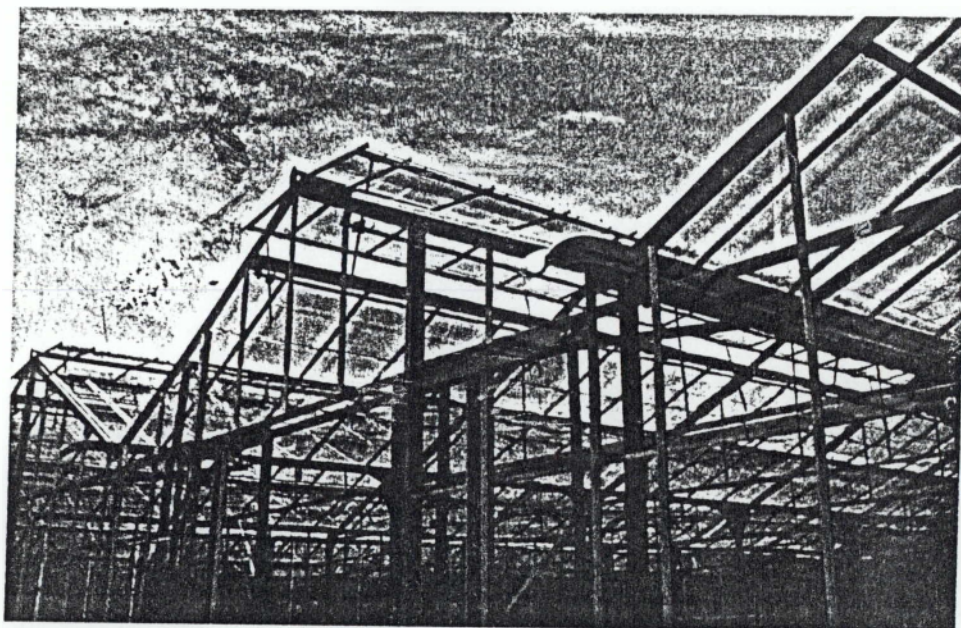
ΤΟΜΗ
κλίμακα 1:100



ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ
κλίμακα 1:100



ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ
κλίμακα 1:100



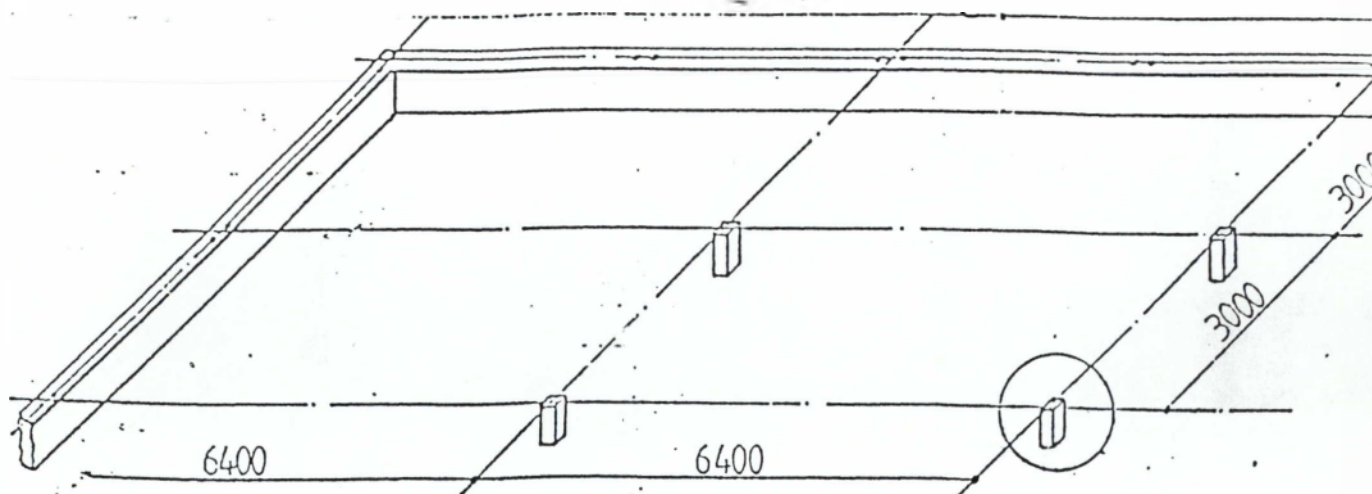
Εικ. 19. Εικόνα εξωφύλλου, άποψη στεγών.

1. 4 Θεμελίωση των θερμοκηπίων.

Κατά την εγκατάσταση των θερμοκηπίων κτίσθηκαν πλαινά τοιχεία από μπετόν που καλύπτουν όλες τις πλευρές τους. Το ύψος των τοιχείων είναι 40 cm και το πλάτος τους 10 cm.

Στα τοιχεία είναι εγκιβωτισμένα τα τσιμεντένια κολωνάκια ανά 3 m στα οποία στεφαιώνονται οι στύλοι των θερμοκηπίων.

Σχ. 2. Κάτοψη θεμελίωσης.



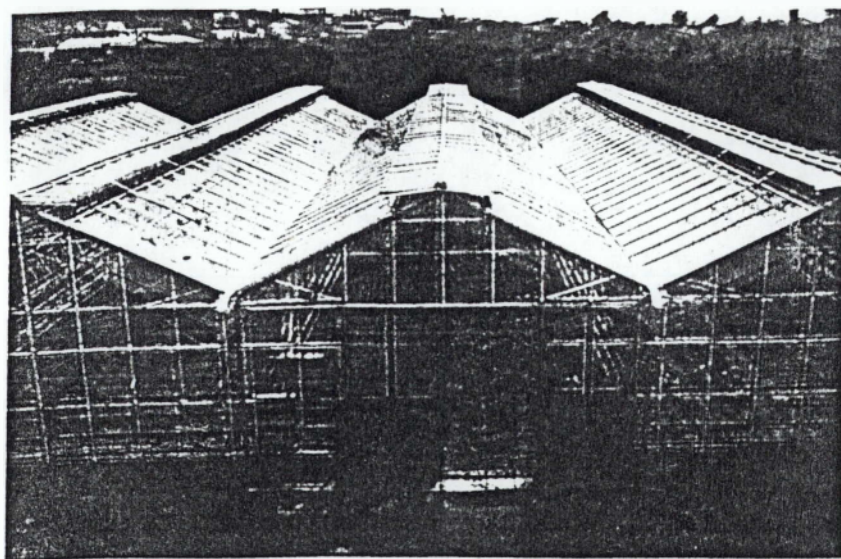
1. 5 Εξαερισμός των θερμοκηπίων.

Για τον αερισμό των θερμοκηπίων υπάρχουν:

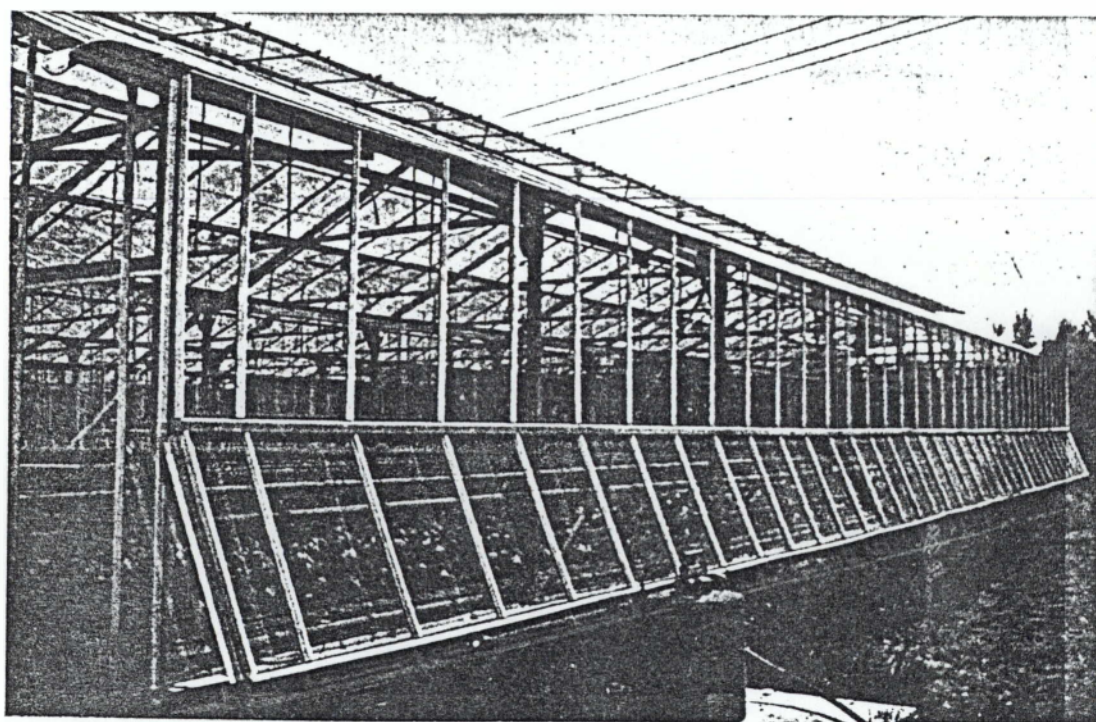
- Παράθυρα οροφής που εξασφαλίζουν μεγάλο ποσοστό αερισμού, 26 % .Τα παράθυρα είναι τοποθετημένα δεξιά - αριστερά κάτω από κάθε κορυφιά και ανοίγουν ανεξάρτητα, σε όλο το μήκος των θερμοκηπίων (εικ.6).

- Πλευρικός εξαερισμός συμπληρωματικός με άνοιγμα παραθύρων σε όλο το μήκος που καλύπτει ποσοστό 10 % (εικ.7)

Τα παράθυρα μπορούν να ανοίγουν και αυτόματα (εικ.8-10).



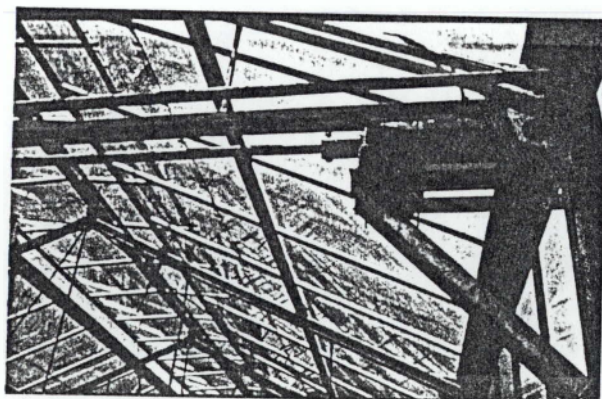
Εικ. 6



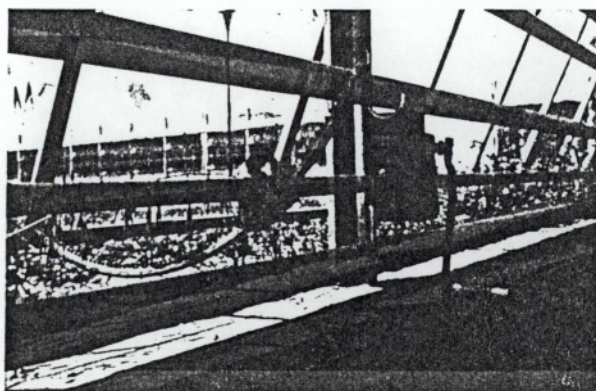
Εικ. 7.



Εικ. 8.



Εικ. 9.



Εικ. 10.

1. 6 Θέρμανση θερμοκηπίων.

Υπάρχει κοινός λέβητας και καυστήρας για τη θέρμανση των δύο θερμοκηπίων. Ένας ξεχωριστός κυκλοφορητής (και διακόπτης - βάνα) είναι τοποθετημένος για την ανεξάρτητη λειτουργία του κάθε τμήματος. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης είναι:

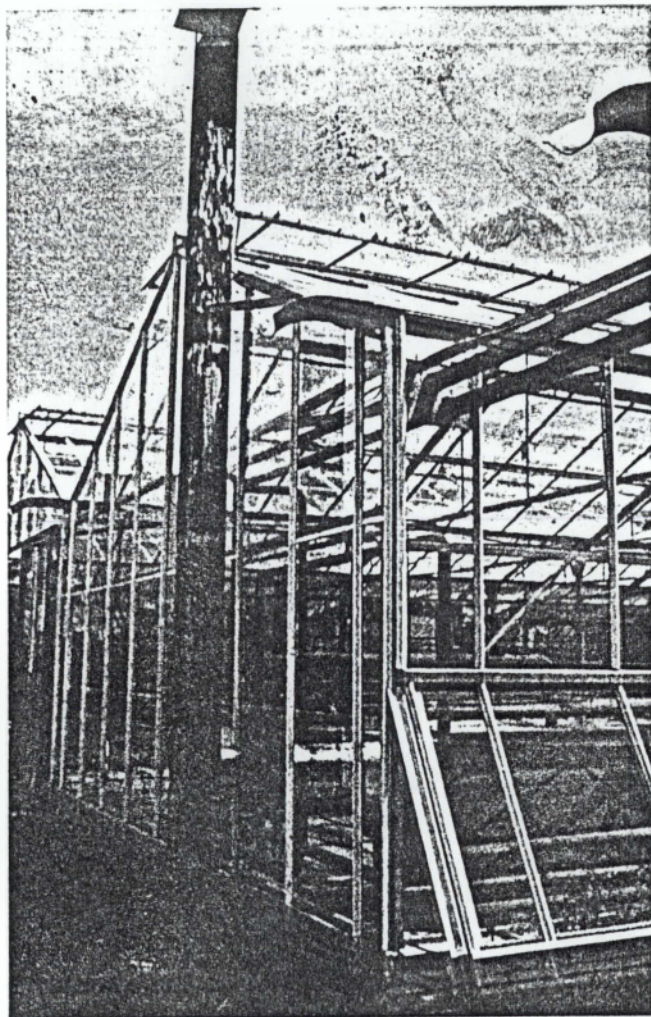
Λέβητας : 250.000 Kcal της εταιρείας ΚΡΟΝΟΣ.

Καυστήρας : 30 Kg / h Γερμανικού οίκου (Εικ. 11-12).

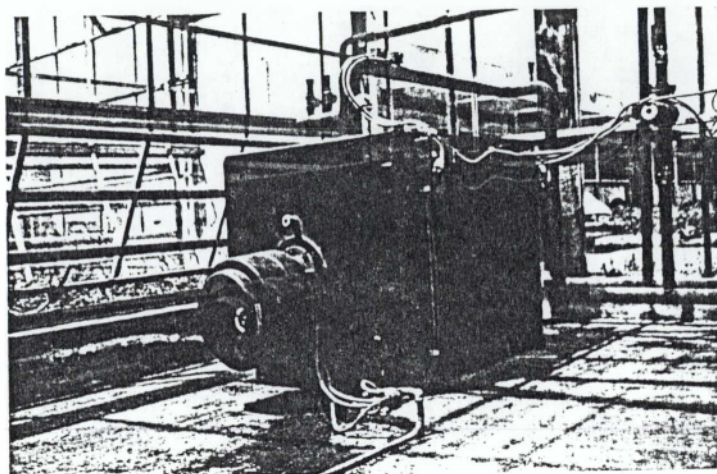
Κυκλοφορητές (2) : 12 m³ / h έκαστος, ρυθμιζόμενης ροής τύπου WIL0.

Δεξαμενή καυσίμου: Χωρητικότητας 2.000 Lit. μεταλλική (Εικ. 13).

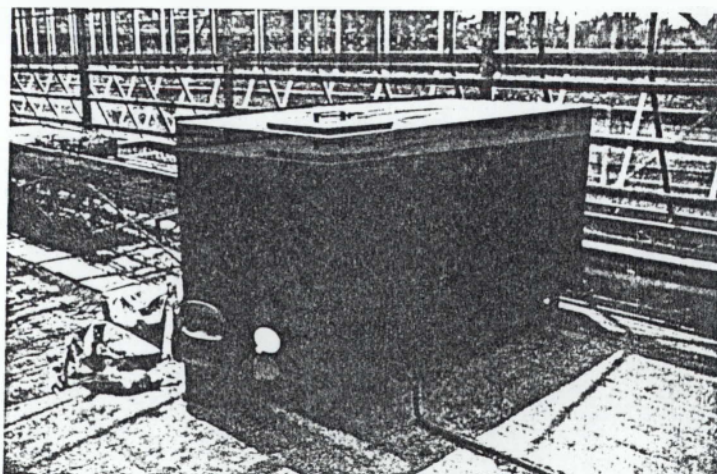
Η μετάδοση της θερμοκρασίας στο χώρο γίνεται με σιδεροσωλήνες διαμέτρου 2". Αυτοί είναι τοποθετημένοι περιμετρικά και στο κέντρο κατά μήκος των εσωτερικών κολώνων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο χωρίς να παρεμποδίζονται οι καλλιεργητικές φροντίδες. Το συνολικό μήκος των σωλήνων είναι 1.200 m (600 m στο κάθε θερμοκήπιο).



Εικ. 11.



Εικ. 12.



Εικ. 13.

1. 6 Σύστημα άρδευσης 6 Atm.

Το σύστημα περιλαμβάνει τα εξής τμήματα με τα χαρακτηριστικά τους.

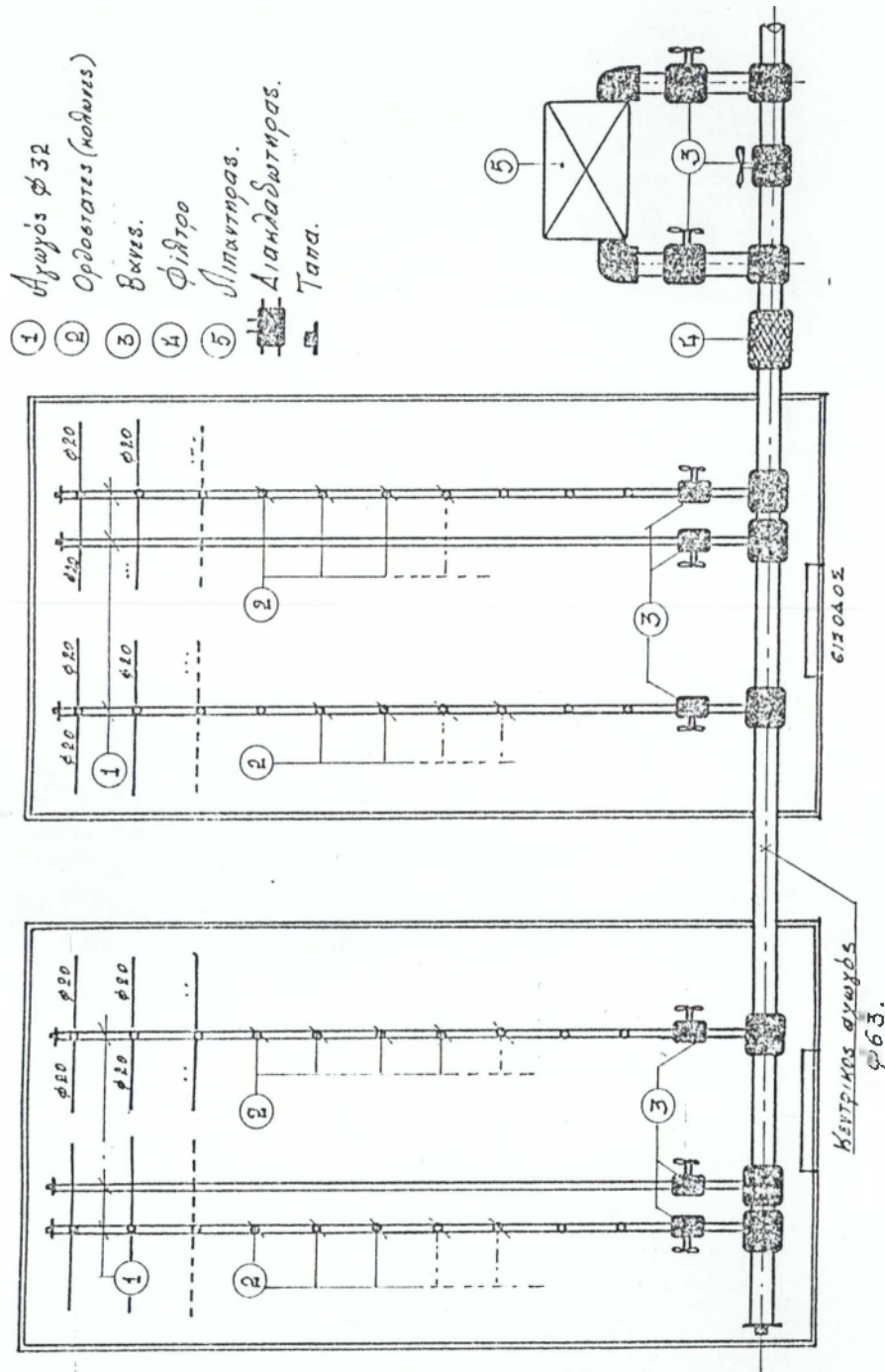
- Κεντρικός αγωγός $\Phi 63$ πλαστικός, μόνιμα τοποθετημένος κάτω από το έδαφος.

- Υδρολιπαντήρας 60 lit με αυτόματη εξαέρωση (Εικ. 14, 16).

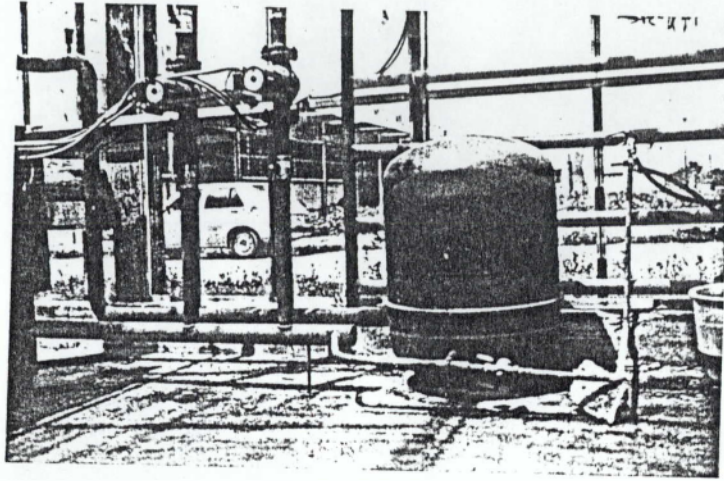
- Φίλτρο 2", με ανοξειδωτή σίτα 120 meshes.

- Παροχές (6) με ανεξάρτητη λειτουργία 1" ($\Phi 32$), τρεις για την κάθε μονάδα θερμοκηπίου, μόνιμα τοποθετημένοι.

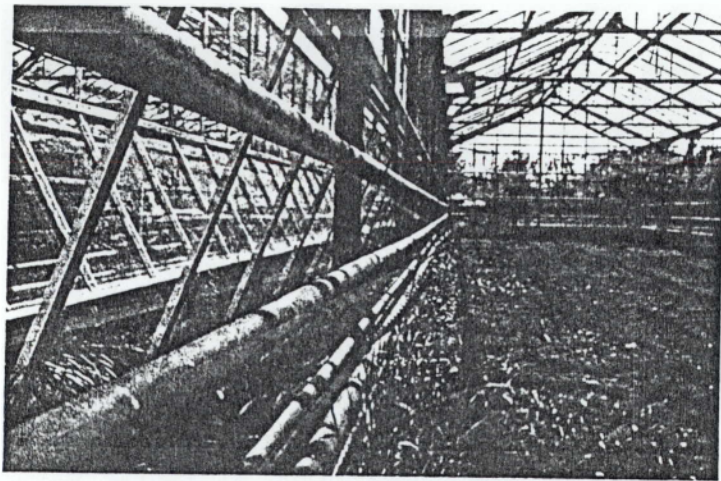
Αγωγοί επιφανειακοί μπορούν να μετακινηθούν παράλληλα με τις εσωτερικές κολώνες (Εικ. 15).



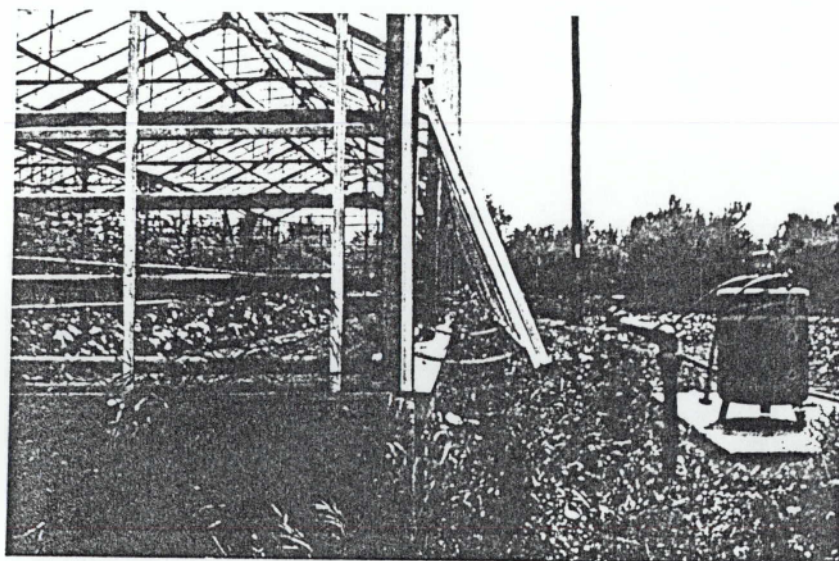
Σχ. 3. Ενδεικτική κατασκευαστική τομή του αρδευτικού συστήματος.



Εικ. 14.



Εικ. 15.



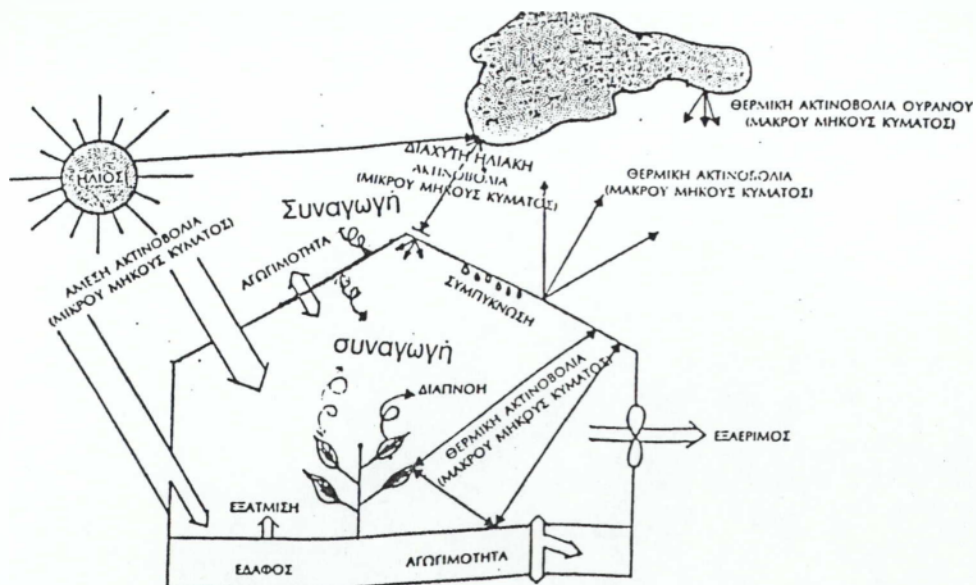
Εικ. 16.

1. 9 Περιβάλλον θερμοκηπίου.

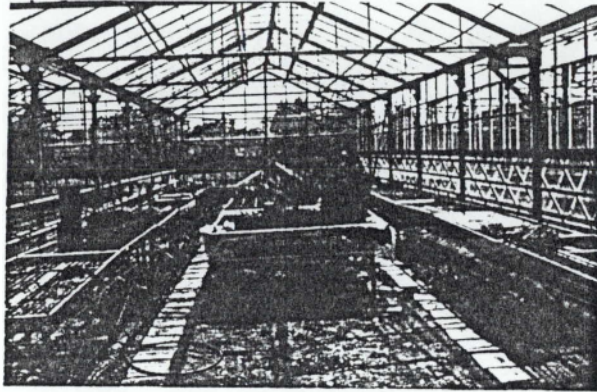
Με τον όρο περιβάλλον του θερμοκηπίου (ή και κλίμα ή μικροκλίμα) εννοούμε όλες εκείνες τις φυσικές ποσότητες (μεγέθη) στο θερμοκήπιο, που επιδρούν στην πορεία ανάπτυξης των φυτών

Μια από τις αιτίες που καθορίζει το περιβάλλον στο θερμοκήπιο είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Το κάλυμμα απορροφά μέρος της ακτινοβολίας αυτής, άλλο μέρος ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο περνά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου όπου μέρος του απορροφάται από τις επιφάνειες όπου προσπέφτει (έδαφος, φυτά, σωλήνες συστήματος θέρμανσης κ.λ.π.) και άλλο ανακλάται για να ξαναπέσει σε άλλες επιφάνειες ή να βγει εκτός θερμοκηπίου. Την επίδραση της ακτινοβολίας αυτής στο θερμοκήπιο του Τ.Ε.Ι της Καλαμάτας θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε στη συνέχεια αυτής της εργασίας.

Στις εικ.17-18 απόψεις από τον εσωτερικό χώρο των θερμοκηπίων.



Σχ. 4. Ανταλλαγές ενέργειας του θερμοκηπίου με το περιβάλλον (4).



Εικ. 17.



Εικ. 18.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- I. (2) Ζαχαριουδάκης Γ., Οικονομική ενίσχυση και δανειοδότηση του τομέα των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, Business Opportunities For Energy Technologies in Field of Greenhouse Horticulture in Southern Europe, Greece, 1992.
- II. (4) Μαυρογιαννόπουλος Γ., θερμοκήπια περιβάλλον-υλικά-κατασκευή-εξοπλισμός, Πειραιάς, 1990.
- III. (3) Ολύμπιος Χρ.Μ., Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα, Γεωργική Τεχνολογία, Οκτωβριος, 1992.
- IV. (1) Παπαδάκης Γ.Σ., Πειραματική μελέτη και δυναμική προσομοίωση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, Αθήνα, 1989.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.

2. 1. Εισαγωγή.

Ο όρος ακτινοβολία γενικά, χρησιμοποιείται συνήθως για να δείξει μετάδοση ενέργειας με ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Στη μελέτη του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου δύο περιοχές του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας έχουν μεγάλη σημασία:

- α) Η μικρού μήκους κύματος, (ηλιακή ακτινοβολία) και
- β) η μεγάλου μήκους κύματος, (θερμική ακτινοβολία).

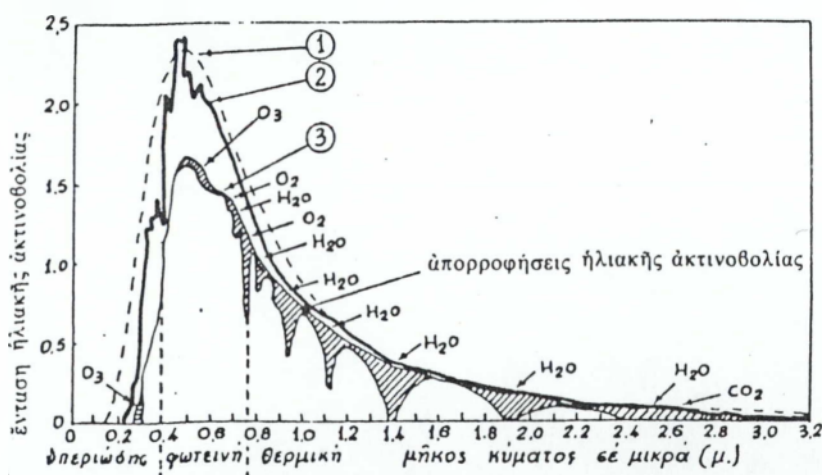
Η ηλιακή ακτινοβολία για το περιβάλλον του θερμοκηπίου έχει διπλή σημασία, δηλαδή σαν πηγή ενέργειας για το χώρο του θερμοκηπίου (απορρόφηση της από τα σώματα στα οποία προσπέφτει και αύξηση της θερμοκρασίας τους) και σαν πηγή για την παραγωγή βιομάζας από τα φυτά με την φωτοσύνθεση.

Όπως είναι γνωστό το φάσμα από 0,4 μm μέχρι 0,7 μm περίπου που είναι γνωστό σαν φωτοσυνθετικά ενεργό, είναι η πρωταρχική αιτία της φωτοσύνθεσης.

Ετσι, από τη μια μεριά είναι θεμιτή η μέγιστη διαπερατότητα

του καλύμματος του θερμοκηπίου στην περιοχή του φάσματος 0,4 μέχρι 0,7 μμ, ώστε να μεγιστοποιείται η φωτοσύνθεση, και από την άλλη δεν είναι θεμιτή η μέγιστη περατότητα του καλύμματος στο υπόλοιπο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, επειδή αυτό σημαίνει υπέρμετρη αύξηση των θερμοκρασιών όλων των σωμάτων στο χώρο του θερμοκηπίου (κάλυμμα - φυτά - έδαφος) άρα και υπέρμετρη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά την διάρκεια του θέρους. Το χειμώνα ισχύει το αντίθετο.

Η ηλιακή ακτινοβολία συμμετέχει άμεσα στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε επιμέρους συστήματος του θερμοκηπίου εκτός από αυτό του αέρα, δηλαδή του καλύμματος των φυτών και του εδάφους. Η περατότητα του καλύμματος στην ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από την κλίση, τον προσανατολισμό καθώς και τις ακτινομετρικές ιδιότητες του καλύμματος (παράγοντες περατότητας, απορροφητικότητας και ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία). (1)



Σχ. 1 Το φάσμα, (1) μελανού σώματος θερμοκρασίας 6000 °K, (2) της ηλιακής ακτινοβολίας πριν μπει στη γήινη ατμόσφαιρα και (3) της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο της θάλασσας. Στην ίδια εικόνα φαίνονται οι απορροφήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας στα διάφορα μήκη κύματος από τα συστατικά της ατμόσφαιρας.

2. 2. Η φύση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια παράγεται στην κεντρική περιοχή του ήλιου υπό μορφή ακτινοβολίας, όπου επικρατεί θερμοκρασία εκατομμυρίων βαθμών. Απομακρύνεται από τον ήλιο με φωτόνια τα οποία συνθέτουν το φάσμα των ηλιακών ακτίνων.

Σχετικά με το εύρος του φάσματος την ακτινοβολία την ξεχωρίζουμε σε:

1. Συνολική ακτινοβολία 0,2 - 100 μm .

Η συνολική αυτή ακτινοβολία είναι σημαντική για τις μελέτες του ενεργειακού ισοζυγίου του θερμοκηπίου και την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Η ενέργεια αυτή μπορεί να μετρηθεί με ακτινόμετρο.

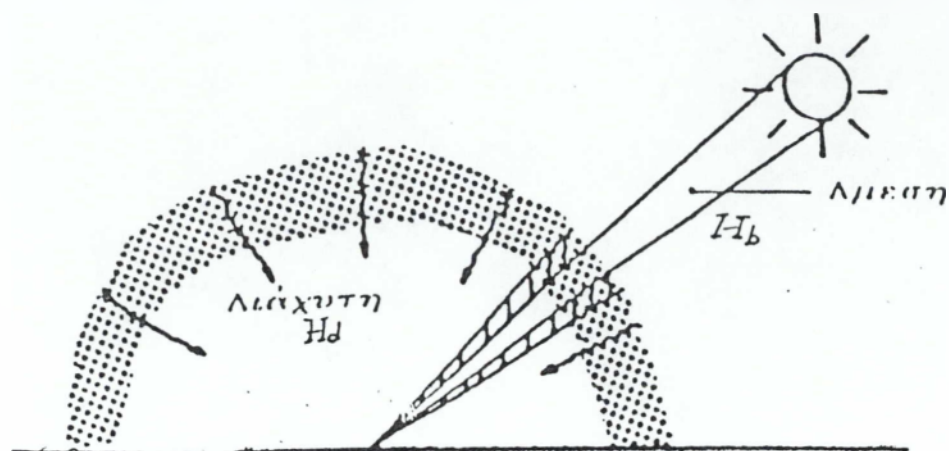
ii. Μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία 0,2 - 3,5 μm .

Λόγω της υψηλής επιφανειακής θερμοκρασίας του ήλιου, το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρού μήκους κύματος. Η ηλιακή ενέργεια διερχόμενη μέσα από την γήινη ατμόσφαιρα υφίσταται απώλειες και μεταβολές κυρίως λόγω απορρόφησης και διάχυσης.

Το ποσόν που φθάνει τελικά στην επιφάνεια του εδάφους σαν δέσμη παράλληλων ακτίνων προερχομένων απ' ευθείας από τον ήλιο καλείται άμεση ηλιακή ακτινοβολία H_b .

Το διαχεόμενο από την ατμόσφαιρα ποσόν που φθάνει στο έδαφος τελικά αποτελεί την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία H_d .

Το άθροισμα της άμεσης H_b και της διάχυτης H_d ακτινοβολίας μας δίδει την ολική ηλιακή ακτινοβολία H . (2)



Σχ. 2. Άμεση και διάχυτη ακτινοβολία.

$$H = H_b + H_d$$

Η ανάκλαση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειας, καθώς και από την γωνία πρόσπτωσης στην επιφάνεια.

Η διαπερατότητα της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας μέσω διαφανών υλικών είναι περίπου 90 % για το γυαλί, το PVC και το πολυαιθυλένιο. Μετρήσεις στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία γίνονται συνηθώς με ηλιόμετρα.

iii. Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία 3,5 - 100 μm.

Κάθε επιφάνεια πάνω στη γη που έχει τη συνήθη θερμοκρασία, εκπέμπει μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Το μέγεθος της βρίσκεται κυρίως από τη διαφορά της ολικής ακτινοβολίας και της μικρού κύματος. (3)

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη έξω από την ατμόσφαιρα είναι σταθερή και ανεξάρτητη από τις εποχές του έτους η λεγόμενη ηλιακή σταθερά και είναι $G_{\infty} = 1,353 \text{ W / m}^2$.

Το μέγεθος, η διάρκεια και οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης σε μια περιοχή, ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, την ώρα της ημέρας, την εποχή του έτους και το κλίμα της περιοχής. (4)

.....
Επιφάνεια	Ανάκλαση
.....
χιόνι	75 - 95
σύννεφα	60 - 90
άμμος	15 - 40
σκούρο έδαφος	7 - 10
επιφ. νερού	3 - 10
κόμη φυτού	10 - 30

.....
 Πίνακας 1. Ανάκλαση της μικρού μή-
 κους κυματός ακτινοβολίας σε διαφο-
 ρες επιφάνειες (Bierhizen, J.F. 1978)

.....
Γωνία πρόσπτωσης	Ανάκλαση
στη διαφανή	%
επιφάνεια	
.....
90	0
60	2,7
50	3,4
40	5,7
30	11,2
20	22,4
15	30,0
10	41,2

Πίνακας 2. Ανάκλαση σε συνάρτηση με τη γωνία πρόσπτωσης της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας.

(Langhaus, R. W., 1980)

2. 3. Όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία μετριέται με όργανα τα οποία καλούνται ακτινόμετρα (ακτινογράφοι), ή έμμεσα, μετρώντας δηλαδή την ηλιοφάνεια με την βοήθεια των ηλιογράφων.

Τα ακτινόμετρα ανάλογα αν μετρούν άμεση, διάχυτη ή ολική ηλιακή ακτινοβολία ταξινομούνται ως εξής:

i. Πυρανόμετρα και διμεταλλικοί ακτινογράφοι.

Με τα όργανα αυτά μετρούμε την ολική ακτινοβολία σε οπτικό πεδίο 180° γύρω από το όργανο. Διακρίνουμε:

- α) Πυρανόμετρο του Erplay.
- β) Διμεταλλικό ακτινογράφο τύπου Robitzsch.

ii. Πυρηλιόμετρα.

Με τα πυρηλιόμετρα μετράμε την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Διακρίνουμε τα:

- α) Πυρηλιόμετρο με ασημένιο δίσκο,
- β) Πυρηλιόμετρο του Angstrom.

iii. Πυρακτινόμετρα.

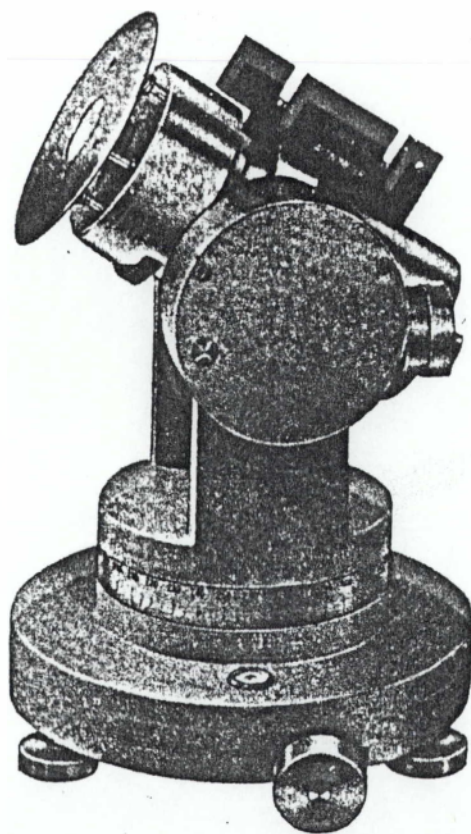
Με αυτά μετράμε την καθαρή ακτινοβολία, δηλαδή το φάσμα ακτινοβολίας μεταξύ μεγάλου και μικρού κύματος.

iv. Πυρογέωμετρα.

Τα όργανα αυτά σκοπό έχουν να μετρούν από μια οριζόντια επιφάνεια πάνω από το έδαφος την κάτω από αυτή ατμοσφαιρική ακτινοβολία.

Η πραγματική ηλιοφάνεια, δηλαδή ο αριθμός των ωρών που η άμεση ηλιακή ακτινοβολία φθάνει ελεύθερα στην επιφάνεια του εδάφους μετρείται με ηλιογράφους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

1. Ο ηλιογράφος του Cambell - Stokes.
2. Ο ηλιογράφος του Marvin.
3. Ο ηλιογράφος του Jordan.
4. Ο ηλιογράφος του Foster.

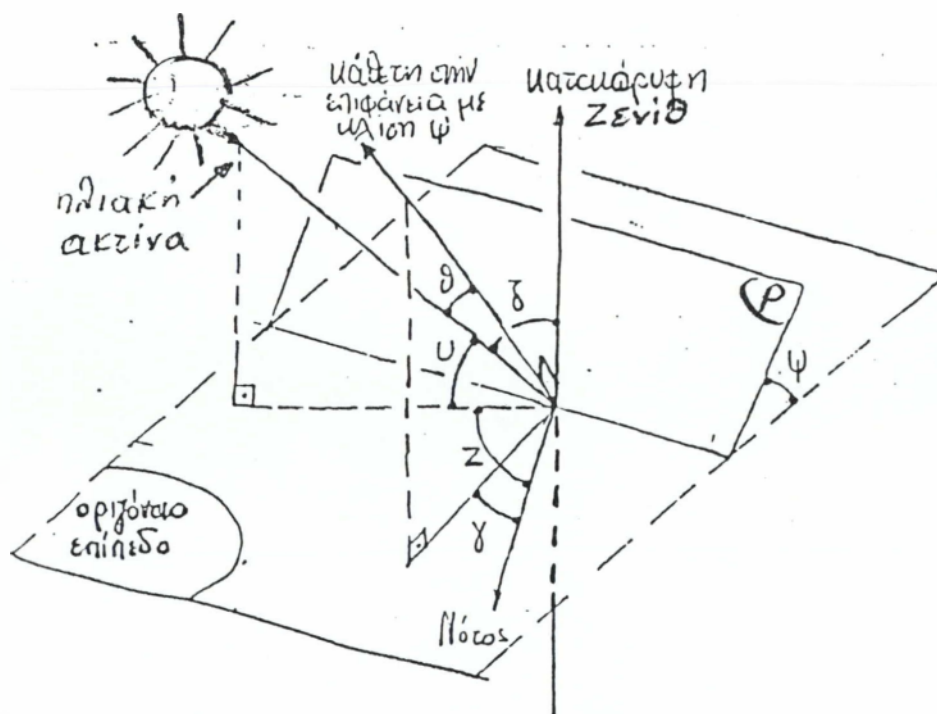


Άκτινόμετρο τό όποίο χρησιμοποιείται στό Τμήμα Λαχανοκομίας τοῦ Κ.Γ.Ε.Β.Ε. γιά μέτρηση τῆς έντασης τοῦ φωτός σέ διάφορα μήκη κύματος.

Εικ. 1. Ακτινόμετρο.

2. 4. Αστρονομικά δεδομένα.

Ας θεωρήσουμε επίπεδο (P) με κλίση ψ ως προς το οριζόντιο επίπεδο, το οποίο ονομάζουμε επίπεδο αναφοράς.



Σχ. 3. Γεωμετρία κεκλιμένης επιφάνειας και ηλιακών ακτίνων.

Ορίζουμε:

Κλίση ψ , την γωνία μεταξύ του επιπέδου (P) και του οριζοντίου επιπέδου. Η γωνία αυτή μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ των ορίων $0^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$.

Γωνία αξιμουθίου γ του επιπέδου (P), την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού (Νότου) επί του επιπέδου αναφοράς και της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο της καθέτου επί του επιπέδου (P).

Γωνία αξιμουθίου του ήλιου z , την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού επί του επιπέδου αναφοράς και της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο της ευθείας που συνδέει τον ήλιο (διεύθυνση ακτίνων του ήλιου) με το επίπεδο αναφοράς.

Γωνία πρόσπτωσης θ , η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της καθέτου στο επίπεδο (P) και της ευθείας που συνδέει το επίπεδο αναφοράς και τον ήλιο (διεύθυνση ακτίνων του).

Γωνία ζενίθ z , την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που συνδέει το επίπεδο (P) με τον ήλιο και της ευθείας που συνδέει το επίπεδο αναφοράς με το ζενίθ.

Ωριαία γωνία ω , τη γωνία που σχηματίζει ο ήλιος κινούμενος στο ημερήσιο επίπεδο της τροχιάς του, με το μεσημβρινό που περνά από το επίπεδο αναφοράς και ορίζεται θετική το απόγευμα και αρνητική το πρωί.

Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής ω_s , καλείται η ωριαία γωνία ω όταν η γωνία αξιμουθίου είναι 90° .

Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής για ένα επίπεδο ω'_s , καλείται η ωριαία γωνία κατά την οποια ο ήλιος δύει ή ανατέλλει για το επίπεδο αυτό.

Γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου φ , την γωνιώδη θέση του τόπου σε σχέση με τον ισημερινό, ορίζεται θετικό για το Βορρά και αρνητικό για το Νότο.

Ηλιακή απόκλιση δ , την γωνιώδη θέση του ήλιου κατά την ηλιακή μεσημβρία σε σχέση με τον ισημερινό.

Η ηλιακή απόκλιση δ κάθε μέρα μπορεί να ευρεθεί από τη σχέση που έδωσε ο Cooper και είναι:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2.4.1)$$

n είναι η μέρα του έτους κατ' αύξοντα αριθμό, με αρχή την 1η Ιανουαρίου.

Η ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής ω_c δίνεται από τη σχέση:

$$\cos \omega_c = - \tan \varphi \cdot \tan \delta \quad (2.4.2)$$

$$\omega_c = \arccos(- \tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (2.4.3)$$

2. 5. Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.

Η ολική ακτινοβολία μπορεί να υπολογισθεί από τον τύπο του Angstrom. Ο Page απλοποιώντας τον τύπο του Angstrom κατέληξε αργότερα στη σχέση:

$$\frac{H}{H_0} = (a + b \cdot \frac{n_1}{N}) \quad (2.5.1)$$

H_0 η ολική ακτινοβολία σε μια οριζόντια επιφάνεια, εκτός της ατμόσφαιρας ανά μήνα.

n_1 οι ώρες ηλιοφάνειας της περιοχής υπολογισμού για την ίδια χρονική περίοδο.

N οι ώρες μέγιστης ηλιοφάνειας για ανέφελο ουρανό για την ίδια περιοχή και την ίδια χρονική περίοδο.

a , b συντελεστές που υπολόγισαν με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων από τις υπάρχουσες μετρήσεις του Αστεροσκοπείου Αθηνών, οι Πελεκάνος και Παπαχριστόπουλος για τον ελληνικό χώρο και είναι:

$$a = 0,1992$$

$$b = 0,5165$$

με συντελεστή ακριβείας, $r = 0,97$.

Οι κ.κ Πελεκάνος και Παπαχριστόπουλος υπολόγισαν τις μέσες τιμές ηλιοφάνειας για την πόλη της Καλαμάτας.

Πιν. 3. Ηλιοφάνεια σε ώρες/ μήνα για την πόλη της Καλαμάτας.

Μήνες	n ₁
I	148,9
Φ	142,5
M	193,5
A	199,2
M	307,9
I	344,4
I	366,3
A	344,2
Σ	272,0
O	209,7
N	176,1
Δ	122,4

Το ετήσιο σύνολο 2.827 ώρες.

Οι ώρες της μέγιστης ηλιοφάνειας N δίνονται από τη σχέση:

$$N = \frac{2 \cdot \omega_c}{15} \quad (2.5.2)$$

όπου ω_c είναι η γωνία που δύει ο ήλιος.

Δεδομένου ότι η γωνία δύσης του ήλιου διαφέρει καθημερινά για την εύρεση των ωρών της μέγιστης ηλιοφάνειας ανά μήνα λαμβάνουμε μια αντιπροσωπευτική ημέρα κάθε μήνα n, η οποία κατά τον Klein δίνεται από τον παρακάτω πίνακα.(4)

Πιν. 4. Πίνακας K l e i n.

Αντιπροσωπευτική ημέρα n ανά μήνα για τον υπολογισμό των N και Ho.

Μήνες	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Ημ/νία	17η	16η	16η	15η	15η	11η	17η	16η	15η	15η	15η	10η

Η ηλιακή απόκλιση ορίζεται θετική για το Βορρά και αρνητική για το Νότο, αλλάζει καθημερινά και είναι $-23,5^\circ \leq \delta \leq 23,5^\circ$.

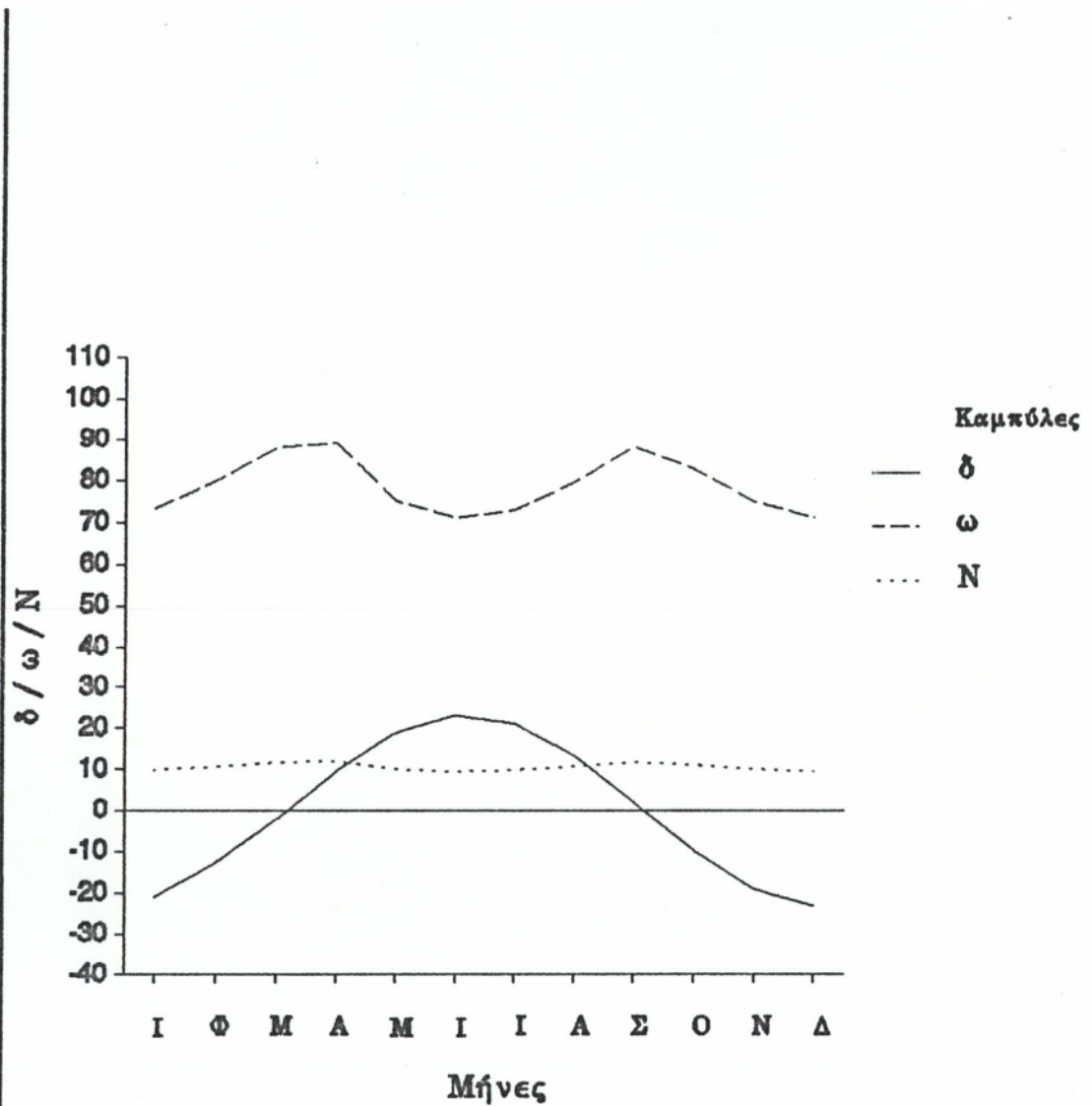
Με βάση τις αντιπροσωπευτικές ημέρες κάθε μήνα από τον πίνακα του Klein, της σχέσης για την ηλιακή απόκλιση του Cooper και της σχέσης που δίδεται η μέγιστη ηλιοφάνεια για την πόλη της Καλαμάτας υπολογίζουμε τον κατωτέρω πίνακα: (5)

Το γεωγραφικό πλάτος της Καλαμάτας είναι $\varphi = 37^\circ,04'$ και το γεωγραφικό μήκος της $\xi = 22^\circ,06'$.

Πιν. 5. Ηλιακή απόκλιση δ , γωνία δύσης ω και μέγιστη ηλιοφάνεια N για την πόλη της Καλαμάτας.

Μήνες	Ηλιακή απόκλιση δ	Γωνία δύσης ω	Μέγ. ηλιοφάνεια N
I	- 20,91	73,23	9,76
Φ	- 12,95	80	10,66
M	- 2,41	88,17	11,75
A	9,41	89,28	11,9
M	18,79	75,11	10,01
I	23,08	71,22	9,49
I	21,18	72,98	9,73
A	13,45	79,59	10,61
Σ	2,21	88,33	11,77
O	- 9,59	82,66	11,02
N	- 18,91	75,00	10,00
Δ	- 23,04	71,26	9,50

Ηλιακή απόκλιση, γωνία δύσης ω και μέγιστη ηλιοφάνεια N για την πόλη της Καλαμάτας.



Ηλιακή απόκλιση δ , γωνία δύσης ω και μέγιστη ηλιοφάνεια N για την πόλη της Καλαμάτας.

2.6 Ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο το μήνα Μάιο στη Καλαμάτα.

Η ολική ακτινοβολία δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{H}{H_0} = (a + b \cdot \frac{n_1}{N}) \quad (2.6.1)$$

όπου $a = 0,1992$

$b = 0,5165$

$n_1 = 307,9$

Οι ώρες μέγιστης ηλιοφάνειας N δίνονται από την εξίσωση:

$$N = \frac{2 \cdot \omega_c}{15} \quad (2.6.2)$$

όπου $\omega_c = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$

Τέλος η τιμή του δ δίνεται από την σχέση:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2.6.3)$$

και $n = 135$ από τον πίνακα του Klein.

Υστερα από αυτά υπολογίζουμε κατά σειρά:

Την ηλιακή απόκλιση δ για τον μήνα Μάιο.

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + 135}{365} \right) = 18^\circ,79'$$

Την γωνία δύσης του ήλιου ω_c .

$$\omega_c = \arccos(-\tan(37^\circ,067') \cdot \tan(18^\circ,79')) = 105^\circ$$

$$\tan 18^\circ,79' = 0,340233$$

$$\tan 37^\circ,067' = 0,755389$$

Τις ώρες μέγιστης ηλιοφάνειας το μήνα Μάιο

$$N = \frac{2 \cdot 105^\circ}{15} = 14 \text{ ανά ημέρα}$$

και $14 \times 31 = 434$ ώρες.

Η μόνη παράμετρος πλέον που πρέπει να υπολογισθεί είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας H_o το μήνα Μάιο για την Καλαμάτα που δίνεται από τη σχέση:

$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} [1 + 0.033 \cos(360 \times n \text{ over } 365)] \times$$

$$\times [\cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_c) + \frac{2\pi \times \omega_c}{360} \sin(\varphi) \sin(\delta)]$$

Η σχέση αυτή θα μας δώσει το H_o βέβαια για την 15η Μαΐου, που είναι η αντιπροσωπευτική ημέρα του μηνός, το οποίο πρέπει να πολλαπλασιασθεί επί τον αριθμό των ημερών του Μαΐου δηλαδή επί 31 για να ευρεθεί το μηνιαίο H_o . Αρα έχουμε.

$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} 1.353 [1 + 0.033 \cos(360 \times 135 \text{ over } 365)] \times$$

$$\times [\cos(37.067^\circ) \cos(18.79^\circ) \sin(105^\circ) +$$

$$+ \frac{2\pi \times 105^\circ}{360} \sin(37.067^\circ) \sin(18.79^\circ)] =$$

$$= 39464.415 \text{ J/m}^2 = 39.465 \text{ MJ/m}^2$$

$$\text{MJ} = 10/36 \text{ kWh}$$

$$\text{Αρα } H_o = 39,465 \times 10 / 36 = 10,96 \text{ kWh / m}^2 \text{ mo}$$

Οπότε:

$$\begin{aligned}\bar{H}_d &= 10,96 \text{ kWh/m}^2 (0,1992 + 0,5165 \times 307,9 / 434) = \\ &= 6,19 \text{ kWh/m}^2\end{aligned}$$

Η ζητούμενη συνολική ακτινοβολία τον Μάιο είναι:

$$\bar{H} = 31 \times 6,19 \text{ kWh / m}^2 = 192,1 \text{ kWh / m}^2 \text{ mo.}$$

2.7 Η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία τον μήνα Μάιο στην Καλαμάτα.

Μέσος μηνιαίος δείκτης αιθιρότητας $\overline{K_t}$ ονομάζεται ο λόγος της μέσης ημερήσιας ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο \overline{H} στο έδαφος κάθε μήνα προς τη μέση ημερήσια ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας H_0 , δηλαδή

$$\overline{K_t} = \frac{\overline{H}}{H_0}$$

Για την εύρεση της ανά μήνα μέσης ημερήσιας διάχυτης ακτινοβολίας H_d οι κ.κ. Erbs, Klein και Duffie έδωσαν τις παρακάτω σχέσεις:

Για $\omega_s \leq 1,4208$ και $0,3 \leq K_t \leq 0,8$

$$\frac{\overline{H_d}}{\overline{H_0}} = 1,391 - 3,560 \overline{K_t} + 4,189 \overline{K_t}^2 - 2,137 \overline{K_t}^3$$

Για $\omega_s > 1,4208$ και $0,3 \leq K_t \leq 0,8$

$$\frac{\overline{H_d}}{\overline{H_0}} = 1,311 - 3,022 \overline{K_t} + 3,427 \overline{K_t}^2 - 1,821 \overline{K_t}^3$$

Άρα για τον μήνα Μάιο στην Καλαμάτα ισχύει:

$$\overline{H_0} = 10,96 \text{ kWh / m}^2$$

$$\overline{H} = 6,19 \text{ kWh / m}^2$$

$$\omega_s = 105^\circ$$

$$\overline{K_t} = \overline{H} / \overline{H_0} = 6,19 / 10,96 = 0,564$$

$$\frac{\overline{H_d}}{\overline{H_o}} = 1,311 - 3,022 \overline{K_t} + 3,427 \overline{K_t}^2 - 1,821 \overline{K_t}^3$$

$$= 1,311 - 3,022 (0,564) + 3,427 (0,564^2) - 1,821 (0,564^3) =$$
$$= 0,371$$

και $\overline{H_d} = 6,19 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ mo} \times 0,371 = 2,29 \text{ KWh} / \text{m}^2$

$$\overline{H_b} = H - \overline{H_d} = 3,9 \text{ Kwh} / \text{m}^2$$

Τέλος ολόκληρο το μήνα Μάιο στην Καλαμάτα έχουμε:

$$\overline{H_b} = 31 \times 3,9 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ mo} = 120,9 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ mo}$$

$$\overline{H_d} = 31 \times 2,29 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ mo} = 70,99 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ mo}.$$

2. 8 Η γεωμετρία της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και η γεωμετρία του καλύμματος του θερμοκηπίου.

Η γεωμετρία της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας καθορίζεται από τη θέση του ήλιου στον ουρανό που προσδιορίζεται με δύο γωνίες, το ύψος ν και το αζιμούθιο z , ή τη γωνία ζενίθ ζ και το αζιμούθιο. Οι γωνίες αυτές εξαρτώνται από την τοπική ώρα t και από την ηλιακή απόκλιση δ . Η θέση στη γη καθορίζεται από το γεωγραφικό πλάτος φ και το γεωγραφικό μήκος ξ . Το ύψος και το αζιμούθιο μπορούν να υπολογιστούν από την ηλιακή ώρα t_c , την απόκλιση δ και το γεωγραφικό πλάτος φ , (Robinson 1966, Braun and Mitchell 1983), όπως παρακάτω.

Εφόσον ο ήλιος διανύει 15 μοίρες (deg) σε μια ώρα, η γωνιακή ώρα ω_c δίνεται από τη σχέση:

$$\omega_c = 15 t_c \text{ (deg)}$$

όπου η ηλιακή ώρα t_c είναι σε h.

Έτσι π.χ στις 5 μμ. η ηλιακή ώρα θα είναι:

$$\omega_c = 15 \times 5 = 75^\circ.$$

Η ηλιακή απόκλιση όπως έχει αναφερθεί δίδεται από τη σχέση:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right)$$

όπου $n = 135$. Για το μήνα Μάιο, προκύπτει ότι η απόκλιση δ είναι $\delta = 18,79^\circ$.

Η δε γωνιακή ώρα ανατολής ή δύσης του ήλιου ω_c για την πόλη της Καλαμάτας τον μήνα Μάιο είναι:

$$\omega_c = \arccos(-\tan\varphi \cdot \tan\delta) = 105^\circ$$

Η γωνία ζενίθ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\zeta = \arccos^{-1} [\sin(\delta)\sin(\varphi) + \cos(\delta)\cos(\varphi)\cos(\omega_s)] = 67,06^\circ$$

Προφανώς το ύψος του ηλίου (ν) είναι:

$$\nu = \theta = \pi / 2 - \zeta = 22,94^\circ.$$

Το αζιμούθιο του ηλίου z υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z = \sin^{-1} [\sin(\nu) \cos(\delta) / \sin(\zeta)]$$

Για το παράδειγμά μας το $z = 24,15^\circ$

Η γωνία πρόσπτωσης (θ), μιας ακτίνας του ηλίου πάνω στην κεκλιμένη επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$\theta = \cos^{-1} [\cos(\zeta) \cos(\psi) + \sin(\zeta) \sin(\psi) \cos(z-\gamma)]$$

όπου ψ η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο,

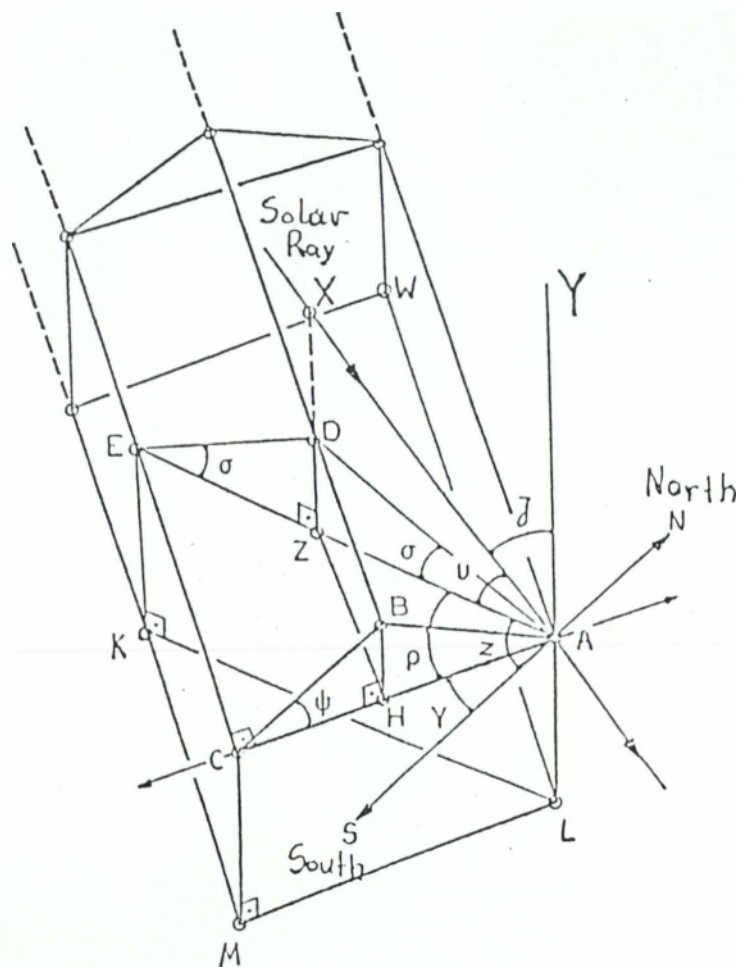
γ η γωνία προσανατολισμού της επιφάνειας ως προς τον άξονα Βορρά - Νότου.

Για τα θερμοκήπια του Τ.Ε.Ι. $\gamma = 40^\circ$.

2. 9 Γεωμετρία άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τη Β.Κ.Μ. των θερμοκηπίων του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.

Η γεωμετρία της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τη γεωμετρία μιας Β.Κ.Μ των εξεταζομένων θερμοκηπίων φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Οι γωνίες πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στα κεκλιμένα επίπεδα της στέγης καθώς και στα κατακόρυφα επίπεδα των πλαϊνών πλευρών μπορεί να προσδιορισθούν από την εξίσωση.

$$\theta = \cos^{-1}[\cos(\zeta)\cos(\psi)+\sin(\zeta)\sin(\psi)\cos(z-\gamma)]$$



Σχ 4 Γεωμετρία σημείας ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με μια μονάδα θερμοκηπίου. Τα σύμβολα εξηγούνται σημείως παρακάτω.

- ΧΛ: ηλιακή ακτίνα
- ΖΑ: ορθή προβολή της ηλιακής ακτίνος ΧΛ στο οριζοντιο επίπεδο
- ΥΛΧ=ζ: γωνία ζενίθ
- ΧΛΕ=υ: ύψος ηλίου
- ΣΑΕ=ζ: αζιμούθιο ηλίου
- ΒΣΑ: σφίδα θερμοκηπίου
- ΒΣΛ=ψ: κλίση στέγης
- ΔΕΑ: ηλιακή σφίδα
- ΔΕΑ=σ: γωνία βάσης ηλιακής σφίδας
- ΑC: άξονας προσανατολισμού θερμοκηπίου
- ΣΑC=γ: γωνία προσανατολισμού θερμοκηπίου
- ΣΑΕ=ρ: γωνία προσανατολισμού ηλιακής σφίδας
- ΕΑ=d: πλάτος ηλιακής σφίδας
- CM=h: ύψος θερμοκηπίου

2.10. Σκίαση του θερμοκηπίου από τα σκελετικά του στοιχεία, όταν ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ.

Το Εμβαδόν κάθε θερμοκηπιακής μονάδας είναι:

$$Εολ. = 27 \times 19,35 = 522,45 \text{ m}^2$$

Εμβαδά σκίασης:

$$Ε2 = 0,07 \times 27 \times 6 = 11,34 \text{ m}^2 \quad \text{Παράθυρα.}$$

$$Ε3 = 0,04 \times 27 \times 6 = 6,48 \text{ m}^2 \quad \text{Τεγίδες.}$$

$$Ε5 = 0,225 \times 27 \times 4 = 24,30 \text{ m}^2 \quad \text{Υδρορροές}$$

$$Ε8 = 0,1 \times 27 \times 3 = 0,81 \text{ m}^2 \quad \text{Κορφιάς}$$

$$Ε6 = 0,04 \times 19,35 \times 36 = 27,864 \text{ m}^2 \quad \text{Επιτεγίδες}$$

$$Εσκ. = 70,794 \text{ m}^2$$

$$70,794 / 522,45 = 0,1355 \quad \text{συντελεστής αδιαπερατότητας.}$$

$$0,8645 \quad \text{συντελεστής γυάλινης επιφάνειας}$$

Εμβαδόν γυάλινης επιφάνειας 86,45%

Για μέσο συντελεστή διαπερατότητας γυαλιού 0,8 η ακτινοβολία Ηθ στο θερμοκήπιο είναι:

$$Ηθ = Η \times 0,8645 \times 0,8$$

Για το μήνα Μάιο ισχύει:

$$Ηθ = 192,1 \times 0,8645 \times 0,8 = 132,85 \text{ Kwh/m}^2$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- I(2) Θεοχαράτος Γ., Σημειώσεις μαθήματος Φυσικής Κλιματολογίας, Εργαστήριο Μετεωρολογίας, Παν/μιο Αθηνών, 1990.
- II(5) Θεοχαράτος Γ., Ασκήσεις Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Εργαστήριο Μετεωρολογίας, Παν/μιο Αθηνών, 1987.
- III(2) Μαυρογιανόπουλος Γ., Θερμοκήπια Περιβάλλον - Υλικά - Κατασκευή - Εξοπλισμός, Πειραιάς, 1990.
- IV(4) Μοσχάτος Α.Ε., Ηλιακή Ενέργεια - Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1992.
- V(1) Παπαδάκης Γ.Σ., Πειραματική μελέτη και δυναμική προσομοίωση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, Αθήνα, 1989.
- VI(6) Πελεκάνος Αθ.Ι. και Παπαχριστόπουλος Κ.Ε., Σύνταξη Πινάκων Μετεωρολογικών Στοιχείων για Ηλιακές Εφαρμογές των Κυριωτέρων Πόλεων της Ελλάδος, Τ.Ε.Ε, Αθήνα, 1980.
- VII(7) Robinson N., Solar radiation, Elsevier Pub., Amsterdam, 1966.
- VIII(8) Braun E.J. and Mitcell C.J., Solar geometry for fixed and tracking surfaces. Solar Energy 31(5), 1983.
-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πιν. 1 Ηλιοφάνεια η1, σε ώρες / μήνα.

	Σταθμός	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μέση Συνολ.	Περίοδος
1	Αθήνα	129,2	138,9	180,4	232,5	301,8	334,6	372,7	356,6	276,5	210,9	161,8	127,2	2818	1960-78
2	Άλιartos	85,9	108,5	158,5	212,0	286,1	319,3	332,1	339,1	240,3	170,8	127,7	96,6	2526	1964-78
3	Χραβος	121,5	131,8	185,8	221,9	283,1	298,1	341,6	338,9	271,3	202,7	154,6	120,8	2686	1961-78
4	Άργοςτάλι	138,9	133,3	183,5	206,9	303,4	340,6	367,8	347,9	269,4	203,5	153,2	119,8	2766	1972-78
5	Άρτα	104,5	128,0	182,9	192,8	276,9	307,7	348,2	336,6	259,1	203,8	150,2	127,0	2658	1973-78
6	Ήφαιλλο	108,8	128,4	170,3	234,5	314,3	353,3	384,8	356,3	285,2	197,2	161,5	121,1	2816	1961-78
7	Θεσσαλονίκη	106,1	120,7	152,6	209,4	268,9	292,8	342,4	306,1	238,5	171,1	119,8	100,5	2429	1960-78
8	Ίεράπετρα	152,3	161,5	213,9	243,8	309,2	359,2	386,0	369,8	301,6	239,0	202,1	164,5	3108	1968-78
9	Ίωάννινα	93,8	97,6	145,6	177,2	244,2	269,1	319,8	299,0	222,6	179,9	117,0	86,7	2252	1968-78
10	Καλαμάτα	148,9	142,5	193,5	199,2	307,9	344,4	366,3	344,2	272,0	209,7	176,1	122,4	2827	1977-78
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	1961-78
12	Κομοτινή	112,9	111,1	142,9	191,7	247,5	287,4	316,5	303,7	237,4	186,1	124,9	110,0	2372	1972-78
13	Κοιτίτσα	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	1971-78
14	Κόρινθος	109,1	124,4	179,6	210,5	292,4	321,9	344,4	335,9	263,0	199,3	152,4	123,7	2661	1971-78
15	Κύθηρα	146,1	138,9	184,7	215,2	299,9	350,4	364,7	325,1	272,5	212,7	164,5	131,1	2851	1971-78
16	Λαμία	103,9	105,6	169,9	209,6	280,9	320,8	336,3	321,9	241,8	175,0	143,1	124,0	2532	1971-78
17	Λάρισα	89,4	109,7	159,1	213,1	279,8	300,2	333,1	322,5	243,6	176,0	120,6	95,0	2463	1968-78
18	Μεθώνη	121,3	129,3	181,9	199,7	252,8	326,1	354,1	321,6	264,9	210,9	164,6	119,8	2657	1968-78
19	Μήλος	93,7	87,6	146,5	260,3	327,0	389,2	424,0	399,4	520,5	195,4	161,9	95,8	2521	1961-64
20	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	1968-78
21	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	1961-78
22	Νάρος	111,3	134,8	182,1	236,9	319,5	359,8	377,7	349,6	282,4	212,0	153,5	119,9	2841	1957-78
23	Νάτρα	104,8	117,4	190,5	186,0	272,4	323,1	334,1	313,5	254,2	193,6	132,2	117,1	2539	1971-78
24	Νύργος	146,1	137,0	199,3	207,1	305,8	336,5	364,5	345,4	275,2	215,9	176,5	146,5	2857	1977-78
25	Ρέθυμνο	110,8	132,3	157,0	218,0	309,0	335,0	373,1	359,2	263,7	166,1	165,8	112,9	2694	1968-72
26	Ρόδος	135,7	142,0	206,0	246,7	344,5	355,5	387,1	373,3	313,6	239,6	184,9	142,1	3041	1961-78
27	Σάμος	129,3	139,2	182,9	224,6	299,3	348,7	377,6	356,3	300,5	230,6	168,4	127,4	2880	1959-76
28	Σέρρες	101,5	108,0	157,8	198,8	250,2	293,0	321,3	307,9	235,5	172,6	128,0	110,9	2396	1971-78
29	Σητεία	112,6	129,2	182,5	229,2	309,3	345,8	376,3	349,4	287,6	200,3	166,1	118,7	2806	1961-78
30	Σκύρος	77,0	100,8	140,8	214,0	300,0	337,9	353,6	341,5	260,6	180,8	124,1	92,5	2534	1967-78
31	Σούδα	112,7	131,7	177,2	229,5	313,1	335,8	371,9	365,6	284,3	187,2	161,5	120,7	2791	1961-78
32	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	1964-70
33	Τυρνάκιο	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	1970-78
34	Χανιά	114,7	126,5	174,4	228,5	314,2	357,8	391,7	368,4	276,3	183,6	157,7	115,4	2809	1958-78
35	Χίος	107,7	149,8	176,3	225,4	318,6	359,3	391,3	367,3	293,8	227,5	153,5	118,7	2854	1960-78
36	Λήμνος	82,0	110,7	162,1	221,7	294,4	326,7	344,7	338,4	264,9	197,6	127,6	94,6	2546	1961-78

Πιν. 4 Ολική ηλιακή ακτινοβολία Η, σε επίπεδο με κλίση 45°

[kWh/m² mo]

Σταθμός	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μέσο Θερε	Σύνολο Χετος
1 Αθήνα	95	104	128	144	162	163	179	188	167	142	115	94	140	1680
2 Αλιάρτος	74	87	118	136	156	158	169	196	154	121	97	78	129	1545
3 Βραβος	98	99	130	140	155	152	170	181	165	141	111	90	136	1631
4 Αρχαίοι	102	101	130	134	162	165	178	184	163	139	109	90	138	1658
5 Άρτα	103	96	129	128	154	156	173	180	159	139	108	93	135	1617
6 Ηράκλειο	90	100	124	145	164	166	181	186	171	137	117	95	140	1675
7 Θεσσαλονίκη	82	92	113	135	152	153	172	169	149	120	90	78	125	1505
8 Ήρακλεια	115	116	146	148	162	167	180	190	179	160	139	117	152	1821
9 Ήφαιστεια	77	81	111	122	143	145	164	166	142	125	90	70	120	1436
10 Καλαμάτα	109	105	135	130	163	165	176	182	165	143	122	93	141	1689
11 Κερκυρα	91	91	122	136	154	163	181	182	159	135	98	85	133	1596
12 Κομοτηνή	87	87	109	128	145	151	164	169	149	128	92	83	124	1491
13 Κόνιτσα	88	85	118	116	142	143	162	166	142	122	98	89	122	1469
14 Κορινθός	86	95	128	136	158	159	171	180	162	137	112	93	135	1617
15 Κύθηρα	108	105	131	137	160	166	176	182	168	145	117	99	141	1694
16 Λαμία	82	85	123	135	155	160	169	175	151	124	103	92	129	1553
17 Λάρισα	75	86	118	137	155	154	169	175	152	125	101	75	127	1520
18 Μεθώνη	93	100	131	131	157	160	173	178	162	144	117	92	136	1638
19 Μήλος	80	77	122	155	169	178	194	202	188	135	115	78	141	1694
20 Μυτιλήνη	82	90	119	136	163	167	184	188	170	140	105	85	136	1630
21 Νάξος	83	93	123	138	155	158	169	177	166	141	112	91	134	1605
22 Πάρος	89	102	131	146	166	169	179	184	170	145	113	92	140	1685
23 Πάτρα	84	92	133	126	152	160	167	172	157	134	98	87	130	1563
24 Πύργος	107	102	138	134	163	164	177	183	166	145	122	105	142	1705
25 Ρεθύμνο	89	102	119	139	162	160	177	184	161	121	118	90	135	1622
26 Ρόδος	103	106	142	150	165	168	183	193	185	159	128	104	148	1785
27 Σάμος	98	103	129	141	160	167	181	187	178	153	118	93	142	1708
28 Σέρρες	79	85	116	130	149	152	166	170	147	121	94	83	125	1492
29 Σπείρια	91	100	130	142	162	164	179	183	170	140	120	94	140	1674
30 Σκύρος	69	83	109	137	161	165	178	182	160	126	94	75	128	1538
31 Σούδα	90	101	127	143	164	161	177	189	171	133	115	93	138	1664
32 Σύρος	89	105	126	151	168	165	184	189	173	154	113	94	142	1710
33 Τυνησία	109	113	147	145	160	165	177	192	176	137	131	111	149	1784
34 Χανιά	90	100	127	143	164	167	183	190	168	131	115	90	139	1667
35 Χίος	85	92	126	141	167	171	186	191	175	148	109	90	140	1683
36 Λήμνος	71	87	119	139	160	163	172	182	162	134	95	76	130	1559

Πιν. 6 Μέσος δείκτης αθριότητας Κτ.

Σταθμός	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Η	Δ	Γωνιολογία αξόνου
1 Άθινα	0,41	0,44	0,46	0,51	0,56	0,59	0,63	0,64	0,59	0,52	0,48	0,42	37° 18'
2 Αλιάρτος	0,35	0,39	0,42	0,48	0,54	0,57	0,59	0,67	0,55	0,46	0,42	0,37	31° 23'
3 Ήρατος	0,42	0,43	0,46	0,49	0,53	0,55	0,60	0,62	0,57	0,51	0,47	0,41	38° 10'
4 Μεγατόλι	0,44	0,43	0,46	0,47	0,56	0,60	0,63	0,63	0,58	0,51	0,47	0,41	38° 10'
5 Ξρτα	0,45	0,42	0,46	0,45	0,53	0,56	0,60	0,61	0,56	0,51	0,46	0,43	39° 08'
6 Ήρακιελο	0,38	0,42	0,44	0,51	0,58	0,62	0,65	0,65	0,60	0,50	0,47	0,41	35° 29'
7 Θεσσαλονίκη	0,39	0,41	0,42	0,47	0,51	0,54	0,59	0,57	0,53	0,46	0,41	0,38	40° 31'
8 Ήραπέτρα	0,46	0,48	0,50	0,52	0,57	0,63	0,66	0,66	0,62	0,56	0,54	0,48	35° 00'
9 Ήριανίνα	0,36	0,37	0,41	0,43	0,49	0,51	0,57	0,57	0,51	0,47	0,40	0,36	39° 42'
10 Καλαμάτα	0,45	0,45	0,47	0,46	0,57	0,61	0,63	0,63	0,58	0,52	0,50	0,41	37° 04'
11 Κέρκυρα	0,41	0,41	0,44	0,48	0,53	0,58	0,63	0,62	0,56	0,50	0,44	0,40	39° 37'
12 Κοκοτσί	0,40	0,40	0,40	0,45	0,49	0,53	0,56	0,57	0,53	0,48	0,42	0,40	41° 07'
13 Κόνιτσα	0,40	0,38	0,43	0,41	0,48	0,51	0,54	0,57	0,51	0,46	0,44	0,42	40° 03'
14 Κόρινθος	0,39	0,42	0,45	0,48	0,55	0,58	0,60	0,62	0,57	0,50	0,47	0,42	37° 56'
15 Κύθηρα	0,45	0,44	0,46	0,49	0,56	0,62	0,63	0,63	0,59	0,52	0,48	0,43	36° 09'
16 Λαμία	0,38	0,38	0,44	0,48	0,53	0,58	0,59	0,60	0,54	0,47	0,45	0,42	38° 54'
17 Λάρισα	0,36	0,39	0,43	0,48	0,53	0,55	0,58	0,60	0,54	0,47	0,45	0,37	39° 31'
18 Μεθώνη	0,41	0,42	0,46	0,46	0,55	0,59	0,61	0,61	0,57	0,52	0,48	0,41	36° 50'
19 Μήλος	0,36	0,35	0,44	0,55	0,59	0,66	0,70	0,70	0,65	0,49	0,48	0,37	36° 44'
20 Μυτιλήνη	0,38	0,40	0,43	0,48	0,56	0,60	0,64	0,64	0,60	0,51	0,46	0,40	39° 04'
21 Νάξος	0,37	0,40	0,44	0,49	0,54	0,58	0,60	0,61	0,58	0,51	0,47	0,41	37° 06'
22 Παρος	0,39	0,43	0,46	0,51	0,58	0,63	0,64	0,64	0,60	0,52	0,46	0,41	36° 05'
23 Πάτρα	0,38	0,40	0,47	0,45	0,52	0,58	0,59	0,59	0,56	0,49	0,43	0,41	38° 15'
24 Πύργος	0,45	0,44	0,48	0,47	0,56	0,60	0,62	0,63	0,59	0,53	0,50	0,46	37° 02'
25 Ρεθύμνο	0,39	0,43	0,42	0,49	0,57	0,60	0,64	0,64	0,57	0,45	0,48	0,39	35° 22'
26 Ρόδος	0,43	0,44	0,49	0,53	0,58	0,62	0,65	0,66	0,64	0,56	0,52	0,45	36° 23'
27 Σάμος	0,42	0,44	0,46	0,50	0,55	0,61	0,64	0,64	0,62	0,55	0,49	0,42	37° 44'
28 Σέρρες	0,38	0,39	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,58	0,53	0,46	0,43	0,40	41° 04'
29 Σπείρια	0,39	0,43	0,46	0,51	0,57	0,62	0,65	0,64	0,60	0,50	0,48	0,40	35° 12'
30 Σκύροι	0,33	0,38	0,40	0,48	0,55	0,60	0,62	0,62	0,57	0,47	0,42	0,36	38° 54'
31 Σούδα	0,39	0,43	0,45	0,51	0,57	0,60	0,64	0,66	0,60	0,48	0,47	0,41	35° 43'
32 Ξύρος	0,39	0,45	0,45	0,53	0,58	0,60	0,65	0,65	0,61	0,55	0,47	0,42	37° 27'
33 Τυνηακία	0,44	0,46	0,51	0,51	0,57	0,62	0,64	0,67	0,62	0,55	0,52	0,46	35° 00'
34 Χανιά	0,39	0,42	0,45	0,50	0,58	0,63	0,66	0,66	0,59	0,48	0,47	0,40	35° 30'
35 Χίος	0,39	0,41	0,45	0,50	0,58	0,62	0,65	0,65	0,61	0,54	0,49	0,41	38° 22'
36 Λήμνος	0,34	0,39	0,43	0,49	0,54	0,58	0,59	0,62	0,57	0,50	0,42	0,37	39° 55'

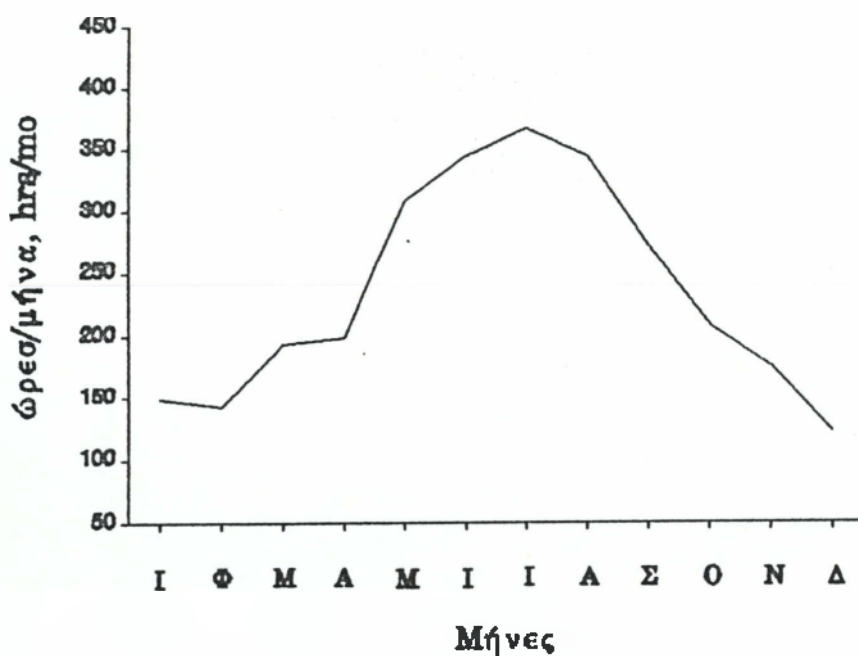
Ολική ηλιακή ακτινοβολία ανά ώρα σε κεκλιμένο επίπεδο σε kWh/m².

Κ Α Λ Η Μ Α Τ Α

	Ι	Φ	Η	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Ξ	Ο	Ν	Δ	Β°
- 6				0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00				0
				0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00				30
				0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00				45
				0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00				60
- 7		0.00	0.02	0.05	0.12	0.18	0.17	0.09	0.03	0.01	0.00		0
		0.00	0.01	0.05	0.10	0.14	0.13	0.08	0.03	0.01	0.00		30
		0.00	0.01	0.04	0.09	0.11	0.11	0.07	0.03	0.01	0.00		45
		0.00	0.01	0.04	0.07	0.08	0.08	0.06	0.03	0.01	0.00		60
- 8	0.01	0.03	0.09	0.19	0.32	0.56	0.43	0.33	0.17	0.06	0.02	0.01	0
	0.01	0.03	0.09	0.19	0.29	0.51	0.37	0.30	0.18	0.06	0.02	0.01	30
	0.01	0.03	0.09	0.18	0.25	0.45	0.30	0.27	0.17	0.06	0.02	0.01	45
	0.01	0.03	0.08	0.15	0.20	0.36	0.23	0.22	0.15	0.06	0.02	0.01	60
- 9	0.08	0.14	0.25	0.37	0.48	0.70	0.60	0.52	0.40	0.24	0.11	0.07	0
	0.09	0.16	0.28	0.38	0.46	0.57	0.56	0.51	0.43	0.29	0.13	0.08	30
	0.09	0.16	0.27	0.36	0.41	0.60	0.49	0.46	0.42	0.29	0.13	0.08	45
	0.08	0.16	0.26	0.32	0.35	0.50	0.39	0.40	0.38	0.28	0.12	0.08	60
- 10	0.19	0.27	0.38	0.50	0.62	0.80	0.75	0.66	0.54	0.39	0.24	0.21	0
	0.25	0.33	0.44	0.53	0.61	0.78	0.72	0.68	0.60	0.48	0.32	0.30	30
	0.27	0.34	0.44	0.51	0.56	0.71	0.65	0.63	0.59	0.49	0.33	0.32	45
	0.27	0.33	0.42	0.46	0.48	0.60	0.54	0.55	0.54	0.48	0.33	0.32	60
- 11	0.27	0.35	0.47	0.60	0.70	0.85	0.86	0.76	0.65	0.49	0.34	0.33	0
	0.36	0.45	0.55	0.64	0.71	0.84	0.86	0.79	0.73	0.60	0.45	0.48	30
	0.38	0.46	0.55	0.62	0.66	0.77	0.78	0.75	0.71	0.61	0.47	0.52	45
	0.38	0.45	0.52	0.56	0.57	0.65	0.66	0.66	0.66	0.59	0.46	0.53	60
- 12	0.31	0.41	0.53	0.65	0.76	0.83	0.92	0.80	0.71	0.54	0.38	0.38	0
	0.41	0.52	0.62	0.71	0.78	0.82	0.92	0.84	0.80	0.67	0.50	0.54	30
	0.44	0.53	0.62	0.68	0.72	0.75	0.84	0.79	0.79	0.68	0.52	0.59	45
	0.44	0.52	0.58	0.62	0.63	0.64	0.72	0.70	0.73	0.65	0.52	0.59	60
- 13	0.32	0.41	0.53	0.66	0.76	0.79	0.92	0.81	0.71	0.55	0.38	0.39	0
	0.43	0.52	0.62	0.72	0.78	0.77	0.92	0.85	0.81	0.69	0.50	0.57	30
	0.46	0.53	0.62	0.69	0.72	0.70	0.84	0.80	0.79	0.70	0.53	0.61	45
	0.46	0.52	0.58	0.63	0.63	0.59	0.72	0.71	0.73	0.68	0.52	0.62	60
- 14	0.26	0.36	0.48	0.60	0.71	0.70	0.86	0.76	0.65	0.50	0.34	0.31	0
	0.35	0.46	0.56	0.65	0.72	0.67	0.85	0.79	0.73	0.63	0.45	0.44	30
	0.36	0.47	0.56	0.62	0.67	0.60	0.77	0.74	0.72	0.64	0.48	0.48	45
	0.26	0.47	0.53	0.57	0.58	0.50	0.66	0.65	0.66	0.62	0.47	0.49	60
- 15	0.20	0.29	0.39	0.51	0.62	0.57	0.76	0.66	0.55	0.41	0.27	0.24	0
	0.28	0.37	0.45	0.54	0.61	0.52	0.73	0.67	0.61	0.51	0.36	0.36	30
	0.29	0.38	0.45	0.51	0.56	0.45	0.66	0.62	0.60	0.52	0.38	0.39	45
	0.30	0.37	0.43	0.46	0.48	0.36	0.55	0.54	0.55	0.50	0.38	0.40	60
- 16	0.10	0.17	0.27	0.39	0.49	0.40	0.61	0.51	0.41	0.28	0.16	0.12	0
	0.14	0.22	0.31	0.40	0.46	0.33	0.56	0.50	0.44	0.34	0.21	0.18	30
	0.15	0.23	0.31	0.38	0.42	0.27	0.49	0.46	0.43	0.35	0.23	0.20	45
	0.15	0.23	0.29	0.34	0.35	0.21	0.39	0.39	0.39	0.34	0.23	0.21	60
- 17		0.06	0.14	0.24	0.33	0.23	0.43	0.35	0.24	0.12	0.04		0
		0.07	0.16	0.24	0.29	0.17	0.36	0.32	0.25	0.14	0.06		30
		0.08	0.15	0.22	0.25	0.12	0.30	0.28	0.24	0.14	0.06		45
		0.08	0.15	0.19	0.20	0.07	0.22	0.23	0.21	0.14	0.06		60
- 18				0.09	0.17	0.07	0.25	0.17	0.07				0
				0.09	0.13	0.04	0.17	0.14	0.07				30
				0.08	0.11	0.02	0.13	0.11	0.07				45
				0.06	0.08	0.01	0.08	0.08	0.06				60
- 19							0.07						0
							0.04						30
							0.02						45
							0.00						60

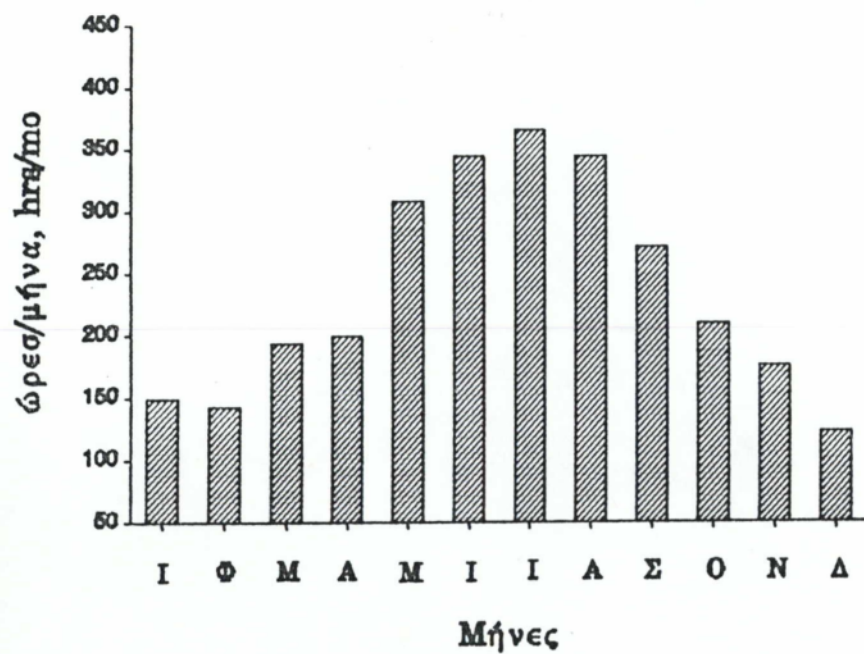
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



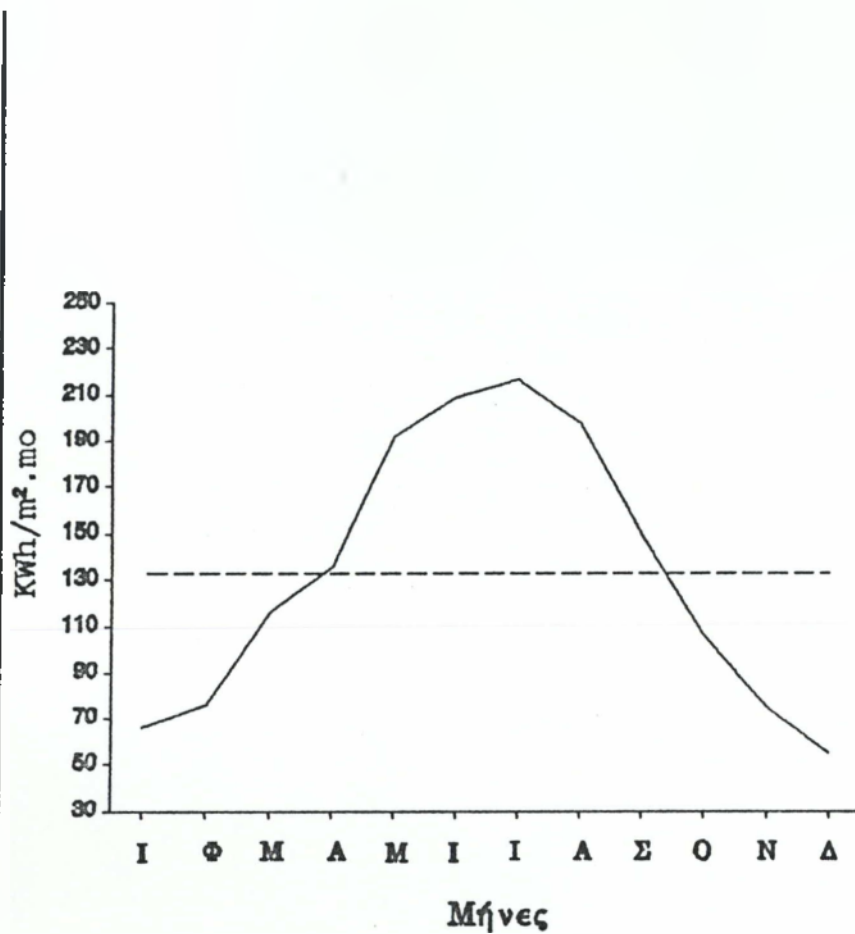
Η ηλιοφάνεια πi στη πόλη της Καλαμάτας κατά τη χρονική περίοδο 1972 - 1978.

Το ετήσιο σύνολο 2827 ώρες.

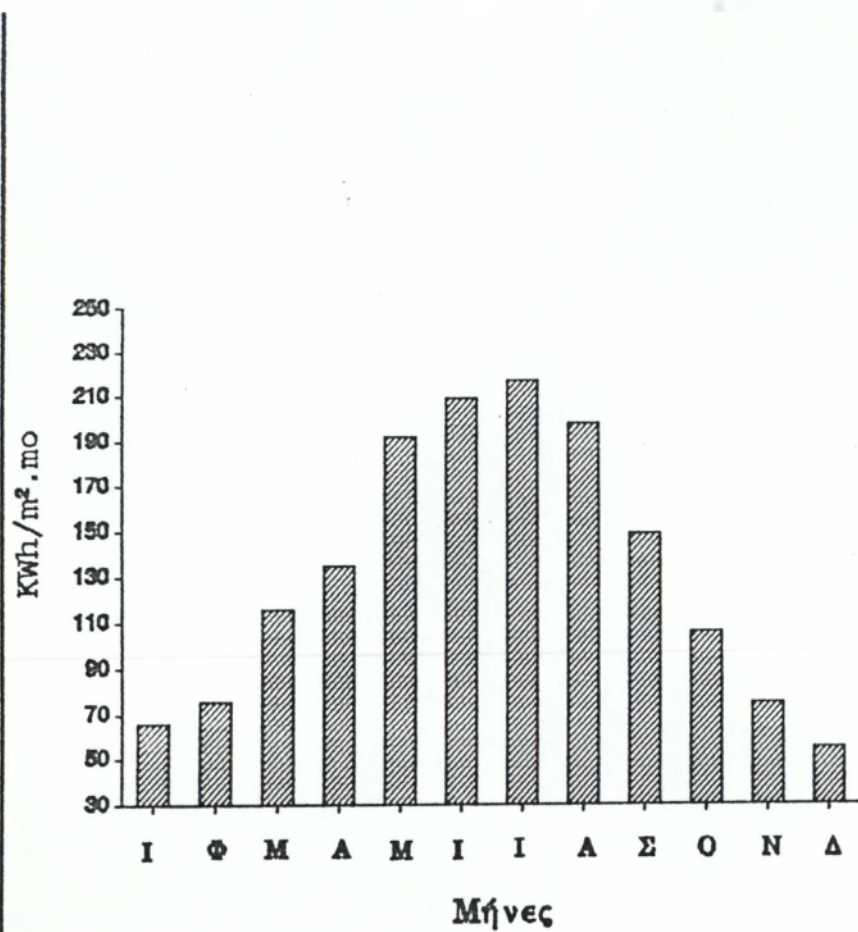


Η ηλιοφάνεια π1 στη πόλη της Καλαμάτας κατά τη χρονική περίοδο
1972 - 1978.

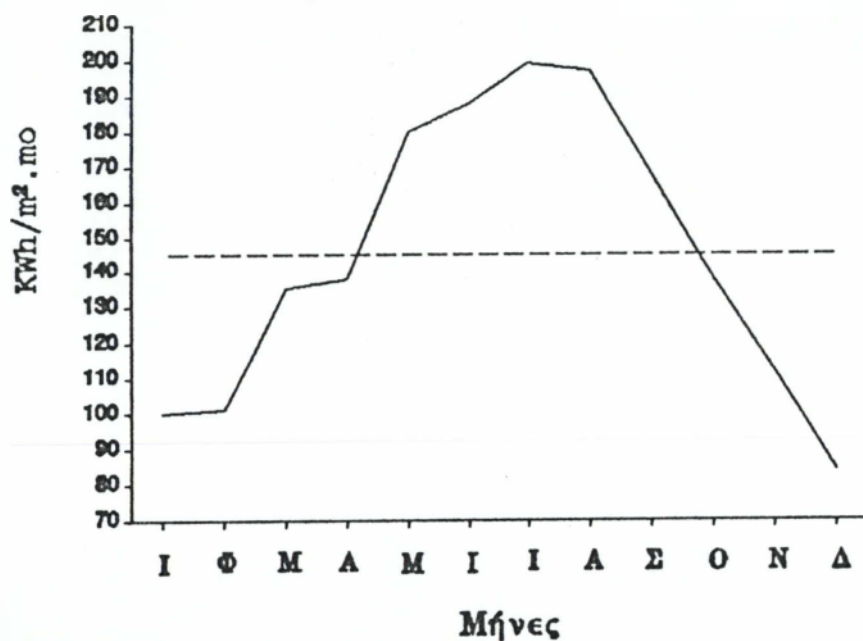
Το ετήσιο σύνολο 2827 ώρες.



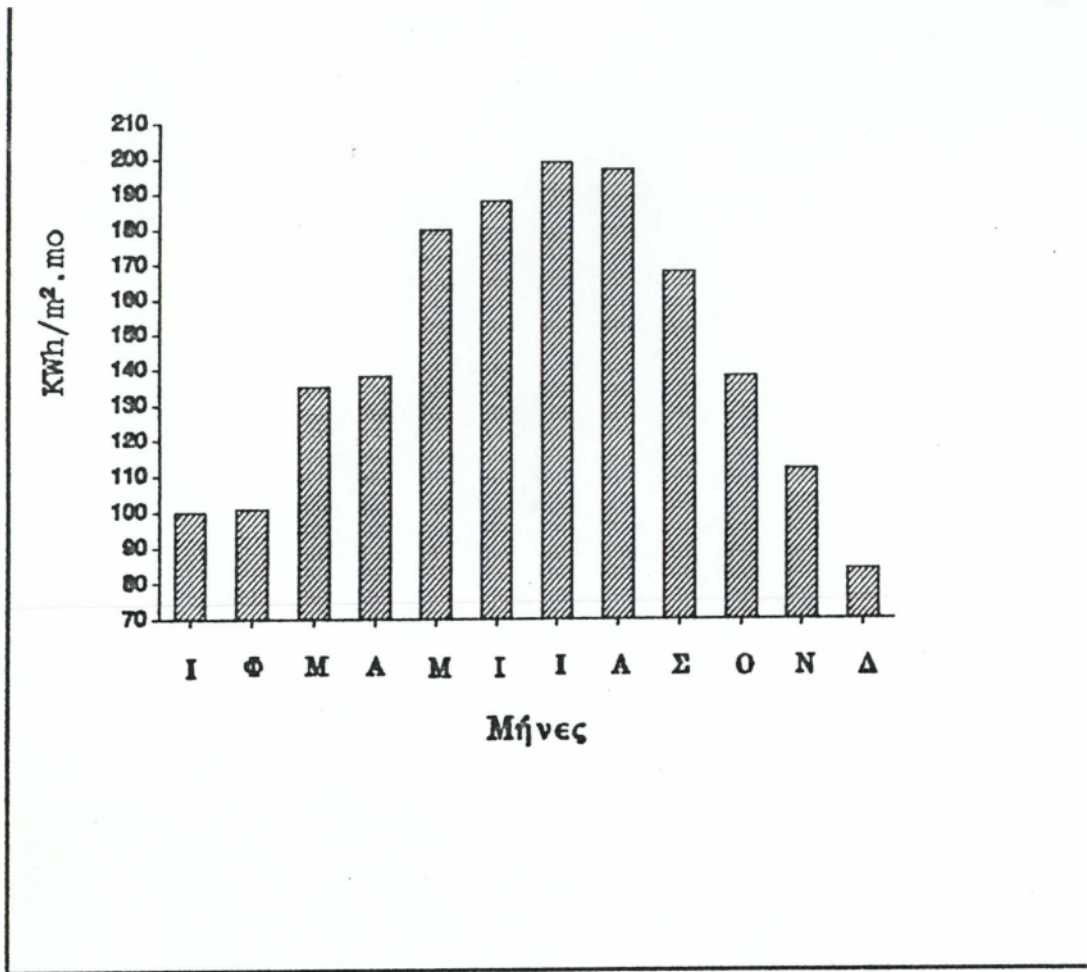
Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στη πόλη της Καλαμάτα
σε οριζόντιο επίπεδο



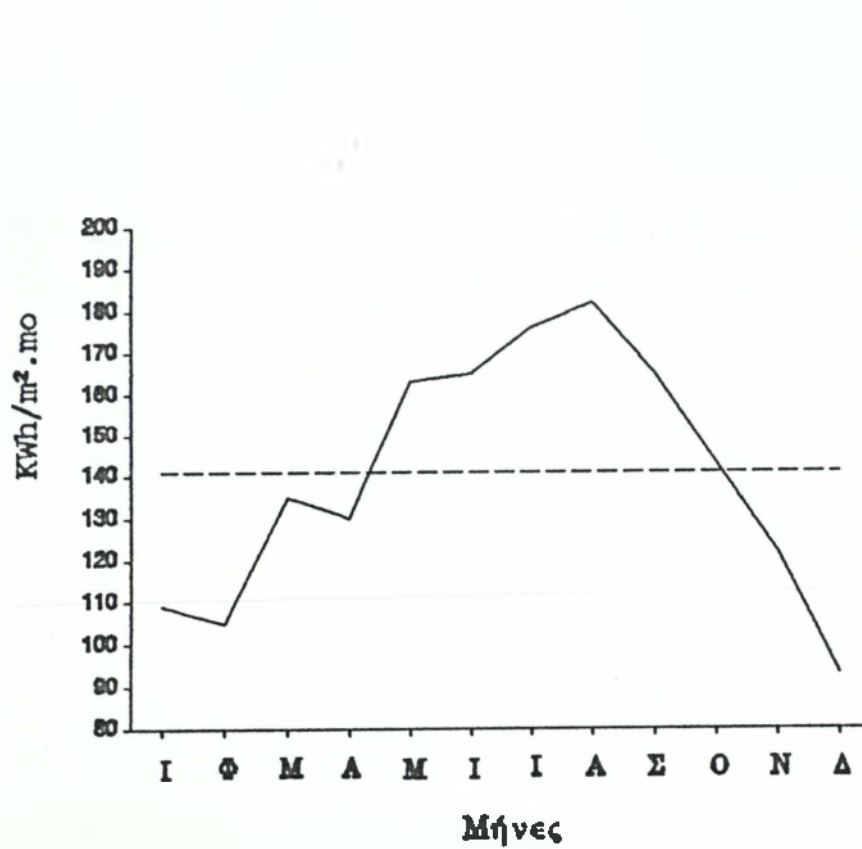
**Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στη πόλη της Καλαμάτα
σε οριζόντιο επίπεδο**



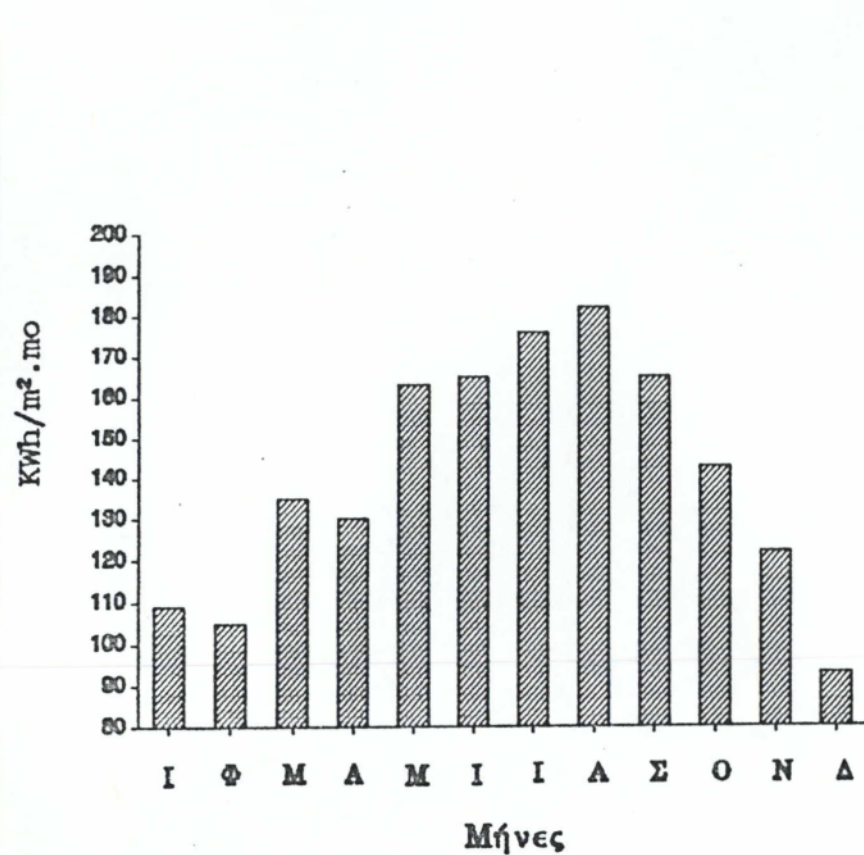
Ολική ηλιακή ακτινοβολία H_t στην πόλη της Καλαμάτας
σε επίπεδο με κλίση 30°



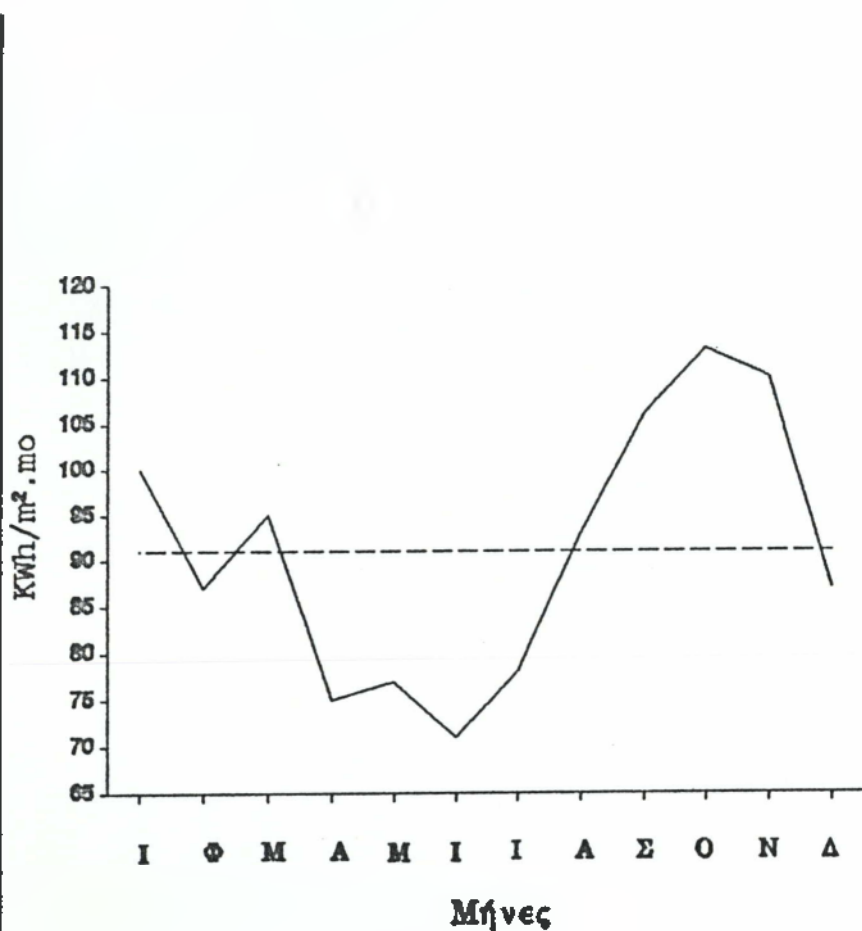
Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στην πόλη της Καλαμάτας σε επίπεδο με κλίση 30°



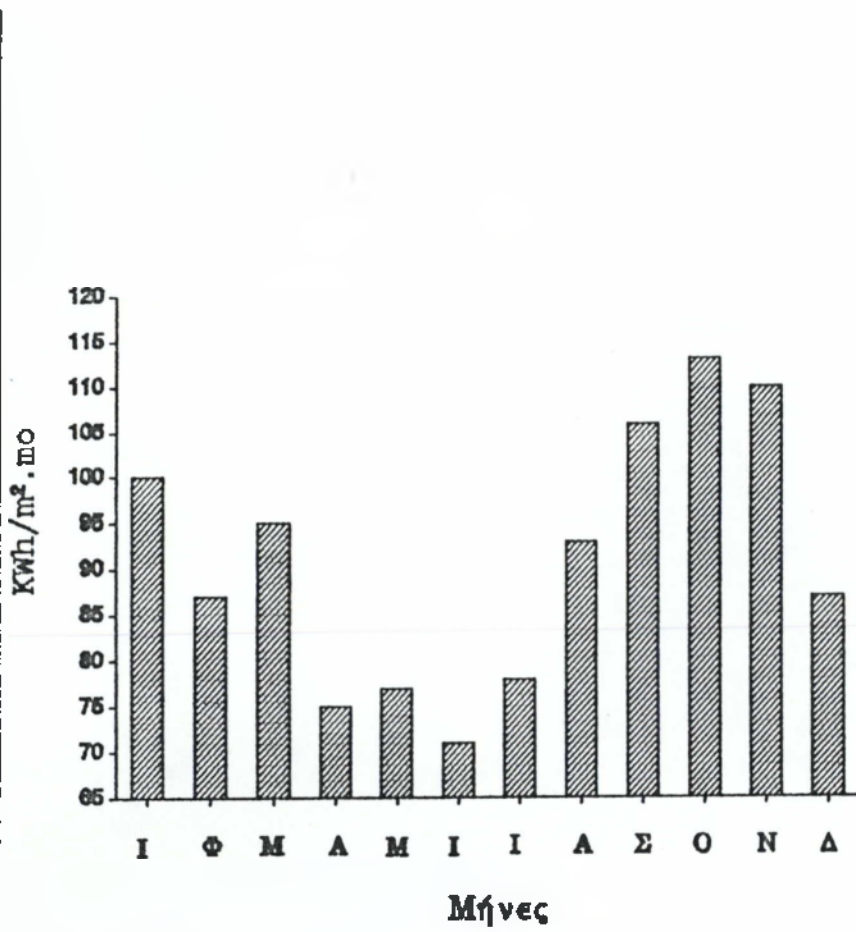
Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στη πόλη της Καλαμάτας
σε επίπεδο με κλίση 45°



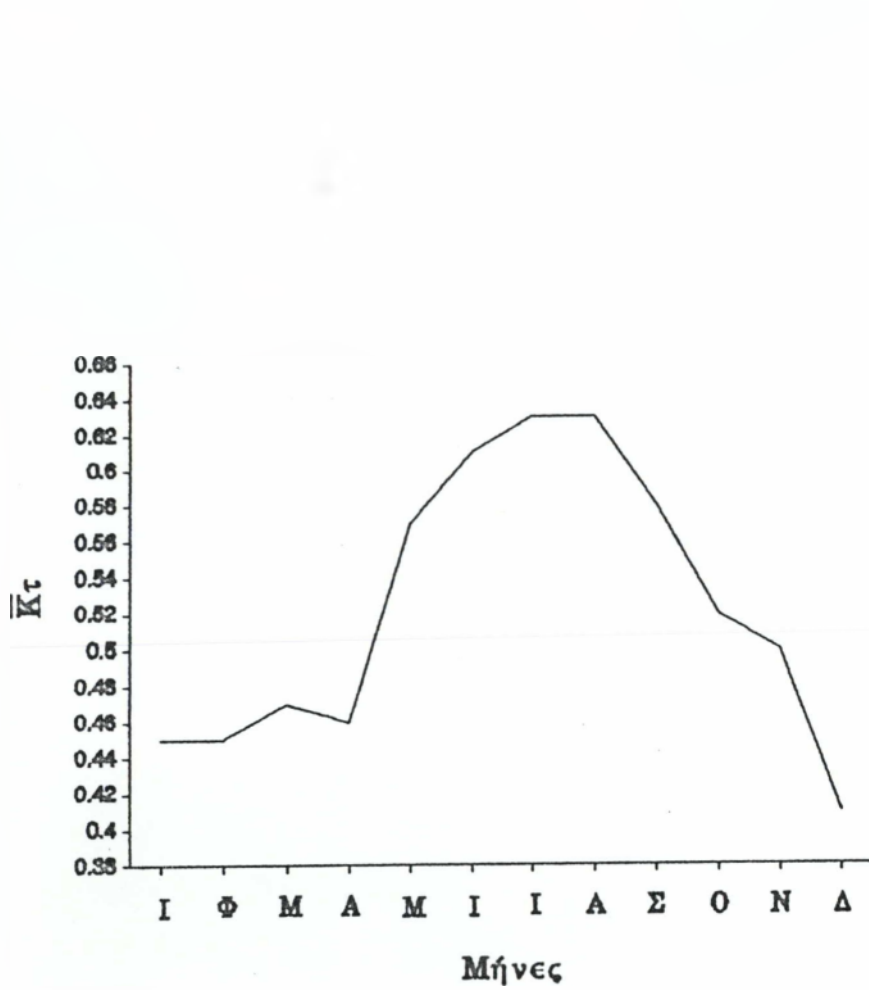
Ολική ηλιακή ακτινοβολία H, στη πόλη της Καλαμάτας
σε επίπεδο με κλίση 45°



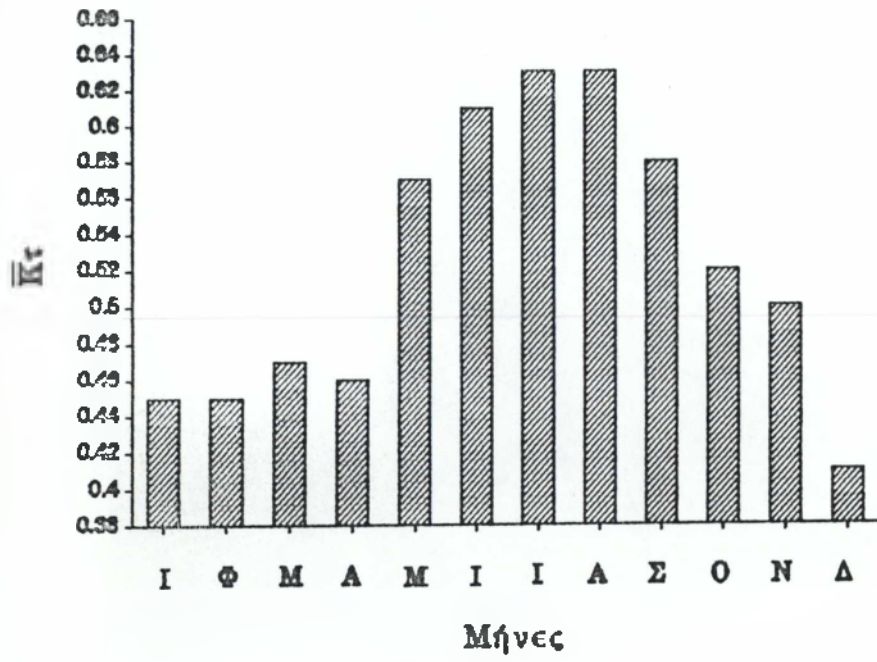
**Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στη πόλη της Καλαμάτας
σε κάθετο επίπεδο**



Ολική ηλιακή ακτινοβολία H στη πόλη της Καλαμάτας
σε κάθετο επίπεδο



Μέσος δείκτης αιθριότητας \bar{K}_t στη πόλη της Καλαμάτα



Μέσος δείκτης αιθριότητας \bar{K}_t στη πόλη της Καλαμάτα