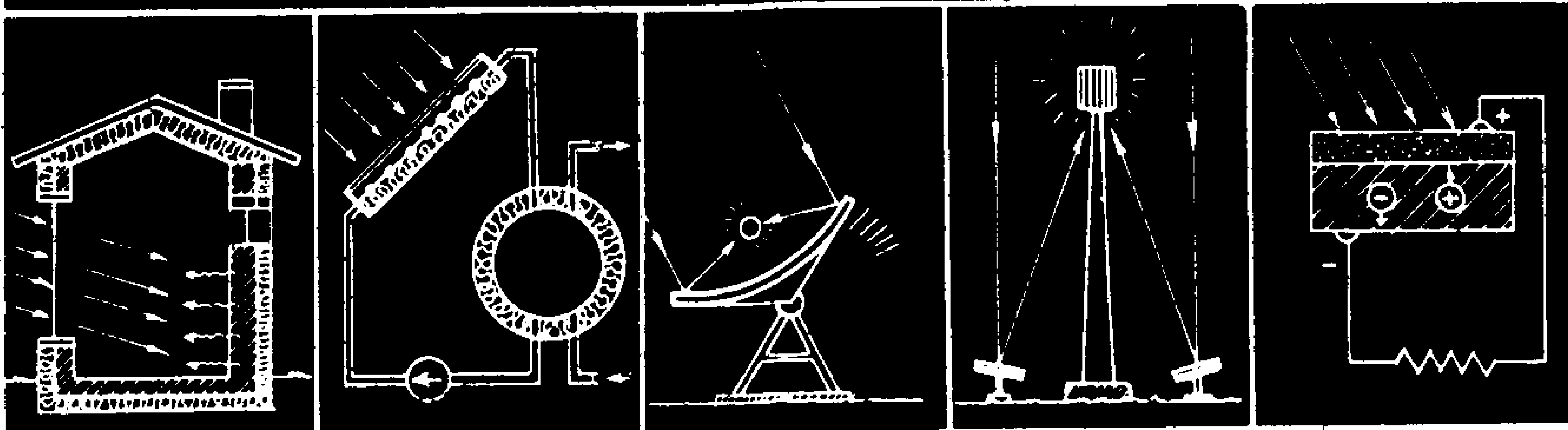


ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

# ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## Τόμος Α

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ -
2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - 3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ -
5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
6. ΗΛΙΑΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ - 7. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
8. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ  
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 6-8 ΝΟΕΜ. 1985

- Αναλυτικές σχέσεις υπολογισμού προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κεκλιμένων επιφανειών στην Αθήνα. MET- 33 - 40  
Δ.Α. Κουρεμένος  
Κ.Α. Αντωνόπουλος  
Δ. Δουλγεράκης
- Μέθοδος υπολογισμού της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. MET- 41 - 48  
Β.Α. Σωτηρόπουλος
- Ανάλυση των ανέμων για αιολικές εφαρμογές στη Βόρειο Ελλάδα. MET- 49 - 56  
Χ. Μπαλαφούτης
- Συμβολή των φωτογραφιών των μετεωρολογικών δορυφόρων στην εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας σε έντεκα περιοχές της Ελλάδας. MET- 57 - 64  
Θ. Χαραντώνης
- Πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο και προσφορότερη κλίση ηλιακών συλλεκτών εγκατεστημένων σε νησιά του Ν. και Ν.Α. Αιγαίου. MET- 65 - 72  
Π. Κορωνάκης
- Επίδραση κλιματικών στοιχείων στις επιδόσεις ηλιοθερμικών συστημάτων. MET- 73 - 80  
Π. Αξαόπουλος  
Μ. Μουτσούλας  
Ι. Δικαιάκος

---

## 2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

---

- Αναλυτική μελέτη του προβλήματος μεταφοράς θερμότητας με νταρσιανή ροή μέσα σε τρισδιάστατο πορώδες μέσο. Συμβολή στη μελέτη τοίχων Trombe-Michel και πορωδών ηλιακών συλλεκτών θέρμανσης αέρα. ΗΕΠ- 1 - 6  
Β.Γ. Στεργιόπουλος, Γ. Τσοτρίδης

- Η μέθοδος υπολογισμού 5000 για τον υπολογισμό της βοηθητικής ενέργειας που απαιτείται για την θέρμανση κτιρίων. ΗΕΠ- 7 - 14  
Α.Ι. Πελεκάνος  
Ε.Π. Τσίγκας
- Oscar: Ένα πρόγραμμα για την μελέτη της σκίασης ανοιγμάτων. ΗΕΠ- 15 - 20  
Θ. Στασινόπουλος
- SCIA: Ένα πρόγραμμα για την σχεδίαση της σκιάς κτιριακών όγκων. ΗΕΠ- 21 - 24  
Θ. Στασινόπουλος
- Μοντελοποίηση και πειραματικές μετρήσεις ενός παθητικού ηλιακού οικίσκου. ΗΕΠ- 25 - 32  
Π. Αξαόπουλος
- Κατοικία με παθητικά ηλιακά συστήματα στα Χανιά. ΗΕΠ- 33 - 40  
Γ. Καλλιγέρης
- Παιδικός σταθμός στο Χολαργό Α.Τ.Π.Σ.Υ.Τ.Ε. ΗΕΠ- 41 - 48  
Α. Τομπάζης
- Παθητικός ηλιακός ανασχεδιασμός του νέου κτιρίου της Φιλοσοφικής Σχολής στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ΗΕΠ- 49 - 56  
Ε. Στούρνα-Τριάντη  
Μ. Σανταμούρης  
Θ. Μέτσης  
Μ. Βαλληνδράς
- Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στη Νότια Γαλλία. ΗΕΠ- 57 - 68  
Α. Καλαντίδου  
J.F. Caraille

### 3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- Μέθοδος προσδιορισμού της απόδοσης ηλιακού θερμοσί-  
φωνου. ΗΕΕ- 1 - 8  
Α. Μαραντάς
- Παρακολούθηση αποδόσεως και λειτουργίας θερμοσιφωني-  
κής μονάδας σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. ΗΕΕ- 9 - 16  
θ. Παφύλιας  
Π. Κανελλόπουλος
- Θεωρητική και πειραματική διερεύνηση αεροηλιοθέρμου. ΗΕΕ- 17 - 24  
θ. Ντούνας  
Χ. Πολίτης  
Μ. Σωτηριάδης  
Α. Μήτσογλου  
Β.Α. Σωτηρόπουλος
- Καμπύλη απόδοσης ηλιακού θερμαντήρα νερού με φυσική  
κυκλοφορία.- θεωρητική και πειραματική επιβεβαίωση. ΗΕΕ- 25 - 32  
Ε. Βαζαίος  
Π. Κανελλόπουλος
- Επιδόσεις ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμαν-  
σης και ψύξης στην Ελλάδα. ΗΕΕ- 33 - 40  
Π.Ι. Αξαόπουλος
- Παραμετρικός σχεδιασμός ηλιακών εγκαταστάσεων παρα-  
γωγής νερού χρήσης. ΗΕΕ- 41 - 48  
Ε. Παπασταθοπούλου  
Χ. Κορρές  
Ν. Κουμούτσος
- Βέλτιστη σχεδίαση δικτύου σωληνώσεων για την διασύν-  
δεση συστοιχίας ηλιακών συλλεκτών. ΗΕΕ- 49 - 56  
Ε. Βαζαίος  
Α. Μακρύλλος

- Δυνατότης χρησιμοποίησης αλογονομένων φθοριούχων υδρογονανθράκων εις τους θερμοσωλήνες.  
Α.Β. Σπυρίδωνος ΗΕΕ- 57 - 66
- Σχεδίαση και λειτουργία ηλιακών θερμαντικών συστημάτων κολυμβητικών δεξαμενών στην Ελλάδα.  
Ε. Βαζαίος ΗΕΕ- 67 - 74  
Κ.Δ. Ρακόπουλος
- Θέρμανση, δροσισμός και θέρμανση νερού χρήσης ξενοδοχειακού συγκροτήματος στα Χανιά με υβριδικά ηλιακά συστήματα.  
Γ. Καλλιγέρης ΗΕΕ- 75 - 82  
Μ. Σανταμούρης  
Π. Χαρώνης  
Φ. Τριάντη
- Τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ηλιακής εγκατάστασης θέρμανσης-ψύξης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδος.  
Χ.Ι. Κορρές ΗΕΕ- 83 - 90  
Ε.Ε. Μπαρδάκας

---

#### 4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

---

- Συμπεράσματα στατιστικών μεγάλης κλίμακας και εκτίμηση παραμέτρων των ενεργειακών αναγκών στον οικιακό τομέα.  
Δ. Ασημακόπουλος ΕΕΚ- 1 - 8  
Π. Καλογερόπουλος  
Ν. Κουμούτσος
- Εξοικονόμηση ενέργειας σε δίκτυα αγωγών με βελτιστοποιημένο υπολογιστικό σχεδιασμό.  
Ν. Σουμαλεύρης ΕΕΚ- 9 - 22  
Β. Πανταζής  
Δ. Παπανίκας

### 3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μέθοδος προσδιορισμού της απόδοσης ηλιακού θερμοσί- φωνου. Α. Μαραντάς	ΗΕΕ- 1 - 8
Παρακολούθηση αποδόσεως και λειτουργίας θερμοσιφω- νικής μονάδας σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Θ. Παφύλιας Π. Κανελλόπουλος	ΗΕΕ- 9 - 16
Θεωρητική και πειραματική διερεύνηση αεροηλιοθέρμου. Θ. Ντούνας Χ. Πολίτης Μ. Σωτηριάδης Α. Μήτσογλου Β.Α. Σωτηρόπουλος	ΗΕΕ- 17 - 24
Καμπύλη απόδοσης ηλιακού θερμαντήρα νερού με φυσική κυκλοφορία.- θεωρητική και πειραματική επιβεβαίωση. Ε. Βαζαίος Π. Κανελλόπουλος	ΗΕΕ- 25 - 32
Επιδόσεις ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμαν- σης και ψύξης στην Ελλάδα. Π.Ι. Αξαόπουλος	ΗΕΕ- 33 - 40
Παραμετρικός σχεδιασμός ηλιακών εγκαταστάσεων παρα- γωγής νερού χρήσης. Ε. Παπασταθοπούλου Χ. Κορρές Ν. Κουμούτσος	ΗΕΕ- 41 - 48
Βέλτιστη σχεδίαση δικτύου σωληνώσεων για την διασύν- δεση συστοιχίας ηλιακών συλλεκτών. Ε. Βαζαίος Α. Μακρύλλος	ΗΕΕ- 49 - 56

Αντίσταση θερμοδιαφυγής κτιριακών στοιχείων και εξοικονόμηση ενέργειας.

ΕΕΚ- 23 - 30

Α. Φραγκουδάκης

Ένα μοντέλο πρόβλεψης μέσω θερμοκρασιών με χρήση σε αυτόματο σύστημα ελέγχου κεντρικής θέρμανσης/ψύξης.

ΕΕΚ- 31 - 38

Ε.Α. Καγιάφας

Γ. Καμπουράκης

Σ. Ποριάζης

Προσομοίωση σπιτιού στον ήλιο. Ένα γενικό μοντέλο προσομοίωσης της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου.

ΕΕΚ- 39 - 46

Β.Α. Σωτηρόπουλος

Δ.Α. Μπόζης

Α.Χ. Χριστοφορίδης

Έλεγχος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης με περιορισμό στη μέγιστη κατανάλωση ενέργειας.

ΕΕΚ- 47 - 54

Ε.Α. Καγιάφας

Γ.Ε. Καμπουράκης

Μ.Χ. Παπιάς

Βιοκλιματική ανάλυση σταυλικών εγκαταστάσεων και βέλτιστος ενεργειακός σχεδιασμός στον Ελληνικό χώρο.

ΕΕΚ- 55 - 62

Π. Αξαόπουλος

Σ. Κυρίτσης

Γ. Λαμπρινός

Θέρμανση αίθουσας τοκετών χοιροστασίου με ηλιακή ενέργεια.

ΕΕΚ- 63 - 72

Γ.Γ. Μαρτζόπουλος

**ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

**Πέτρος Ι. Αξαόπουλος  
Commission of the European Communities  
Joint Research Centre - Ispra**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το ενεργητικό ηλιακό σύστημα που εξετάζουμε αποτελεί - ται κυρίως απ'τους ηλιακούς συλλέκτες, δύο δεξαμενές θερμότητας, υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού, ψυκτική μηχανή με απορρόφηση LiBr-H<sub>2</sub>O και το φορτίο. Προκειμένου δε να μελετηθεί η δυναμική θερμική του συμπεριφορά και να πραγματοποιηθεί παραμετρική του ανάλυση έγινε για το σύστημα αυτό μια λεπτομερής προσομοίωση για τη διάρκεια ενός έτους. Το έτος που χρησιμοποιήσαμε στην προσομοίωση είναι ένα αντιπροσωπευτικό έτος που κατασκευάσαμε χρησιμοποιώντας ωριαία πειραματικά κλιματικά δεδομένα απ'τη περιοχή Αθηνών. Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, που είναι Ελληνικής κατασκευής, μπορούν να λειτουργήσουν αρκετά αποδοτικά στο συνδυασμένο αυτό σύστημα. Έτσι για ένα ποσοστό ηλιακής κάλυψης 80% η ετήσια χρήσιμη ηλιακή ενέργεια είναι 530 Kwh/m<sup>2</sup>.

**ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ**

Ηλιακή Ψύξη, ηλιακή θέρμανση, ψυκτική μηχανή απορρόφησης, βρωμιούχο λίθιο, συλλέκτης σωλήνων κενού, θερμική αδράνεια, ηλιακό θερμικό κέρδος, αντιηλιακή προστασία, μεταβλητό ποσοστό σκίασης, προσομοίωση, δυναμική θερμική συμπεριφορά.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ένα απ'τα βασικότερα προβλήματα για την σωστή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας σε θερμικές εφαρμογές είναι, η παραγόμενη ενέργεια απ'το ηλιακό σύστημα, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όλο το χρόνο. Έπειτα απ'αυτό και δεδομένου ότι σε μια μεσογειακή χώρα όπως είναι η Ελλάδα υπάρχει ανάγκη θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι, η σχεδίαση ενός συνδυασμένου συστήματος ηλιακής θέρμανσης και ψύξης καθώς και παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης φαίνεται αρκετά ενδιαφέρουσα. Έτσι αναπτύξαμε ένα παρόμοιο σύστημα κι εξετάσαμε λεπτομερώς την δυναμική θερμική συμπεριφορά του για περίοδο ενός έτους. Αναλυτική περιγραφή του συστήματος καθώς επίσης και της λειτουργίας του έχει ήδη δοθεί. Axaroulis and Van Hattem (1). Για την προσομοίωση του συστήματος έχουν αναπτυχθεί ωρισμένα υποπρογράμματα που περιγράφουν την λειτουργία διαφόρων τμημάτων του καθώς επίσης και τον έλεγχο λειτουργίας του και αυτά εκτελούνται από ένα κύριο πρόγραμμα. TRNSYS (2). Το έτος που χρησιμοποιήσαμε για την προσομοίωση είναι ένα αντιπροσωπευτικό έτος που κατα



σκευάσαμε χρησιμοποιώντας πραγματικούς μήνες των οποίων τα πειραματικά κλιματικά δεδομένα είναι ωριαία απ' το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

#### ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το διάγραμμα του συνδυασμένου ηλιακού ενεργητικού συστήματος φαίνεται στο σχήμα 1. Τα κυριώτερα τμήματά του είναι:

- . Ηλιακός συλλέκτης
- . Δεξαμενή θερμότητας υγρού υψηλής θερμοκρασίας
- . Υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού
- . Δεξαμενή θερμότητας υγρού χαμηλής θερμοκρασίας
- . Ψυκτική μηχανή με απορρόφηση LiBr-H<sub>2</sub>O
- . Φορτίο

#### Ηλιακός συλλέκτης

Δύο τύποι ηλιακών συλλεκτών έχουν θεωρηθεί στην προσομοίωση. Ο πρώτος είναι επίπεδος ελληνικής κατασκευής. Η απορροφητική του επιφάνεια είναι επιλεκτική και την θερμική του απόδοση έχουμε μετρήσει πειραματικά στο ηλιακό εργαστήριο του Κοινού Κέντρου Ερευνών της Ε.Ο.Κ. και δίδεται απ' τη σχέση:

$$\eta = 0.782 - 4.04 \cdot T^*$$

όπου:

$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \quad (\text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{w})$$

$T_m$  : Μέση θερμοκρασία υγρού

$T_a$  : θερμοκρασία περιβάλλοντος

$G$  : Ολική ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του συλλέκτη

Ο δεύτερος τύπος είναι συλλέκτης σωλήνων κενού. Την απόδοσή του έχουμε μετρήσει πειραματικά και δίδεται απ' την σχέση:

$$\eta = 0.685 - 1.478 \cdot T^*$$

Οι συλλέκτες έχουν νότιο προσανατολισμό και κλίση 38°.

#### Δεξαμενή θερμότητας

Το σύστημα αποτελείται από δύο δεξαμενές θερμότητας μία θερμή και μία ψυχρή. Όταν γράφουμε "θερμή δεξαμενή" και "ψυχρή δεξαμενή" θεωρούμε μια δεξαμενή που περιέχει ζεστό νερό και μια άλλη που περιέχει κρύο νερό.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο πιο κατάλληλος τρόπος θα ήταν να χρησιμοποιηθεί ο όρος της "εξέργειας" όπου η θετική ή αρνητική απόκλιση απ' τη θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει ουσιαστική σημασία. Ένας σπουδαίος λόγος για την χρησιμοποίηση δύο δεξαμενών είναι το υψηλό κόστος της ψυκτικής μηχανής. Μ' αυτόν τον τρόπο η ψυκτική μηχανή μπορεί να λειτουργεί αρκετές ώρες ημερησίως. Έτσι μια σχετικά μικρή ψυχρή δεξαμενή μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό ψυκτικό φορτίο.

Η θερμή δεξαμενή έχει ένα όγκο 12 m<sup>3</sup> ενώ η ψυχρή 20 m<sup>3</sup>. Ο μεγαλύτερος όγκος της ψυχρής δεξαμενής είναι αναγκαίος επειδή το θερμοκρασιακό εύρος με το οποίο μπορεί να λειτουργεί

γεί είναι περιορισμένο. Πράγματι προκειμένου η ψυκτική μηχανή να διατηρήσει ένα υψηλό, C.O.P. θα πρέπει η θερμοκρασία εξόδου της να μην είναι χαμηλότερη από 10°C, ενώ είναι δύσκολο να ψυχθεί μια κατοικία με νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης από 16°C.

#### Υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Το υποσύστημα αυτό λειτουργεί με προθέρμανση απ' την θερμή δεξαμενή μέσω ενός εναλλάκτη. Η κατανάλωση έχει θεωρηθεί 1.250 λίτρ ανά ημέρα στην θερμοκρασία των 50°C ενώ η θερμοκρασία παροχής νερού του δικτύου, έχει ληφθεί μεταβλητή αντί μιας ενιαίας σταθερής θερμοκρασίας που λαμβάνεται συνήθως.

#### Ψυκτική μηχανή

Για την ηλιακή ψύξη θεωρήσαμε τον ψυκτικό κύκλο με απορρόφηση. Στον κύκλο αυτό δύο συνδυασμοί υγρών εργασίας (απορροφητικού και ψυκτικού μέσου) έχουν βρει μια εκτεταμένη εφαρμογή. Ο πρώτος είναι νερό-αμμωνία και ο δεύτερος βρωμιούχο λίθιο-νερό. Αυτός ο δεύτερος συνδυασμός εμφανίζεται πιο πλεονεκτικός για τις ηλιακές εφαρμογές γιατί:

1. Δίνει συντελεστές λειτουργίας πιο μεγάλους για τυπικές θερμοκρασίες λειτουργίας ενός ηλιακού συστήματος.
2. Απαιτεί πιέσεις λειτουργίας πιο χαμηλές, επιτρέποντας έτσι μικρή ισχύ για τις αντλίες.
3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμό μέσα στα κτίρια.

Ο τύπος της ψυκτικής μηχανής είναι ARKLA WF-36 και για τον προσδιορισμό των επιδόσεών της έχουν γίνει αρκετές πειραματικές μετρήσεις.

#### Φορτίο

Το κτίριο έχει μια επιφάνεια 537 m<sup>2</sup> και αποτελείται από δύο ορόφους. Τα παράθυρά του έχουν διπλά τζάμια. Μπροστά απ' τα παράθυρα και απ' την εξωτερική πλευρά βρίσκεται ένα σύστημα κινητών περσίδων ηλιοπροστασίας, για την αποφυγή υπερθέρμανσης τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό το σύστημα δεν παίζει ρόλο μονωτικού.

Η θέρμανση και η ψύξη του κτιρίου γίνεται από ένα δίκτυο θερμαντικών συσκευών με ανεμιστήρα.

#### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται με τη βοήθεια διαγραμμάτων. Σ' αυτά τα διαγράμματα εμφανίζονται οι μεταβολές των διαφόρων μεγεθών σε εβδομαδιαία κλίμακα καλύπτοντας έτσι την περίοδο ενός έτους.

Απ' το σχήμα 2 παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα χρήσιμης ενέργειας παρουσιάζεται τους καλοκαιρινούς μήνες όπου έχουμε σύμπτωση υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας και μεγάλης ζήτησης απ' το φορτίο.

Στο σχήμα 3 διαπιστώνουμε μια βελτίωση της απόδοσης των συλλεκτών για τους χειμερινούς μήνες (Ιαν., Φεβρ., Δεκ. 40.6%) και για τους καλοκαιρινούς (Ιούνιος μέχρι Σεπτέμβριος 37%), όπου οι απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια είναι υψηλές, ενώ για τις ενδιάμεσες εποχές υπάρχει μια αισθητή ελάττωση.

Κατά τη θερινή περίοδο καταναλώθηκε το 58% της ολικής

βοηθητικής ενέργειας (σχήμα 4). Από αυτό το ποσό, μόνον το 2,5% καταναλώθηκε για θέρμανση νερού χρήσης.

Από το σχήμα 5 διαπιστώνουμε τη βασική αντίθεση που υπάρχει ανάμεσα στην χρήσιμη ηλιακή ενέργεια και στην ηλιακή κάλυψη, αυτά τα δύο μεγέθη μεταβάλλονται αντίστροφα το ένα από το άλλο. Χρήσιμη ηλιακή ενέργεια θεωρούμε εδώ την ηλιακή ενέργεια που παρέχεται από τη θερμή δεξαμενή. Από το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι για να έχουμε ποσοστό κάλυψης των αναγκών από τον ήλιο 80%, απαιτείται μια επιφάνεια συλλογής 90 m<sup>2</sup> επίπεδων συλλεκτών ή 66 m<sup>2</sup> συλλεκτών κενού, δηλαδή 27% λιγότερη επιφάνεια συλλογής. Για το ίδιο ποσοστό κάλυψης των αναγκών από τον ήλιο, η ετήσια χρήσιμη ηλιακή ενέργεια ανά m<sup>2</sup> συλλέκτη είναι 530 Kwh, ενώ για τους συλλέκτες κενού είναι 40% περισσότερο.

Προκειμένου να εξετάσουμε το ρόλο των διπλών και απλών παραθύρων στο ενεργειακό ισοζύγιο της κατοικίας που μελέτησαμε, υπολογίσαμε την μηνιαία βοηθητική ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση - ψύξη από αυτή την κατοικία, λαμβάνοντας υπόψη την ενέργεια που διέρχεται σ' αυτή δια μέσου των παραθύρων. Τα αποτελέσματα που λάβαμε φαίνονται στον πίνακα I. Συγκρίνοντας την περίπτωση 1 και 2 διαπιστώνουμε μια σημαντική κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας για τους χειμερινούς μήνες στην δεύτερη περίπτωση, ενώ μεταξύ των περιπτώσεων 1 και 3 υπάρχει επιπλέον μια αύξηση αυτής της ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό το τελευταίο εξηγείται λόγω της μεγάλης τιμής του συντελεστού θερμικών απωλειών του απλού παραθύρου.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσομοίωση του συνδυασμένου ηλιακού συστήματος που θεωρήσαμε, έδειξε ότι για την περιοχή Αθηνών ένα τέτοιο σύστημα δίνει σημαντικό ποσό χρήσιμης ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη.

Η δεξαμενή θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά, σε συνδυασμό βέβαια με την ψυκτική μηχανή απορρόφησης. Η λειτουργία αυτής της δεξαμενής φαίνεται έντονα ιδίως αργά τις απογευματινές ώρες, όπου υπάρχουν μεγάλες αιχμές στο φορτίο. Επί πλέον ευνοεί την χρησιμοποίηση ψυκτικής μηχανής μικρής ονομαστικής ισχύος για την κάλυψη του ίδιου φορτίου.

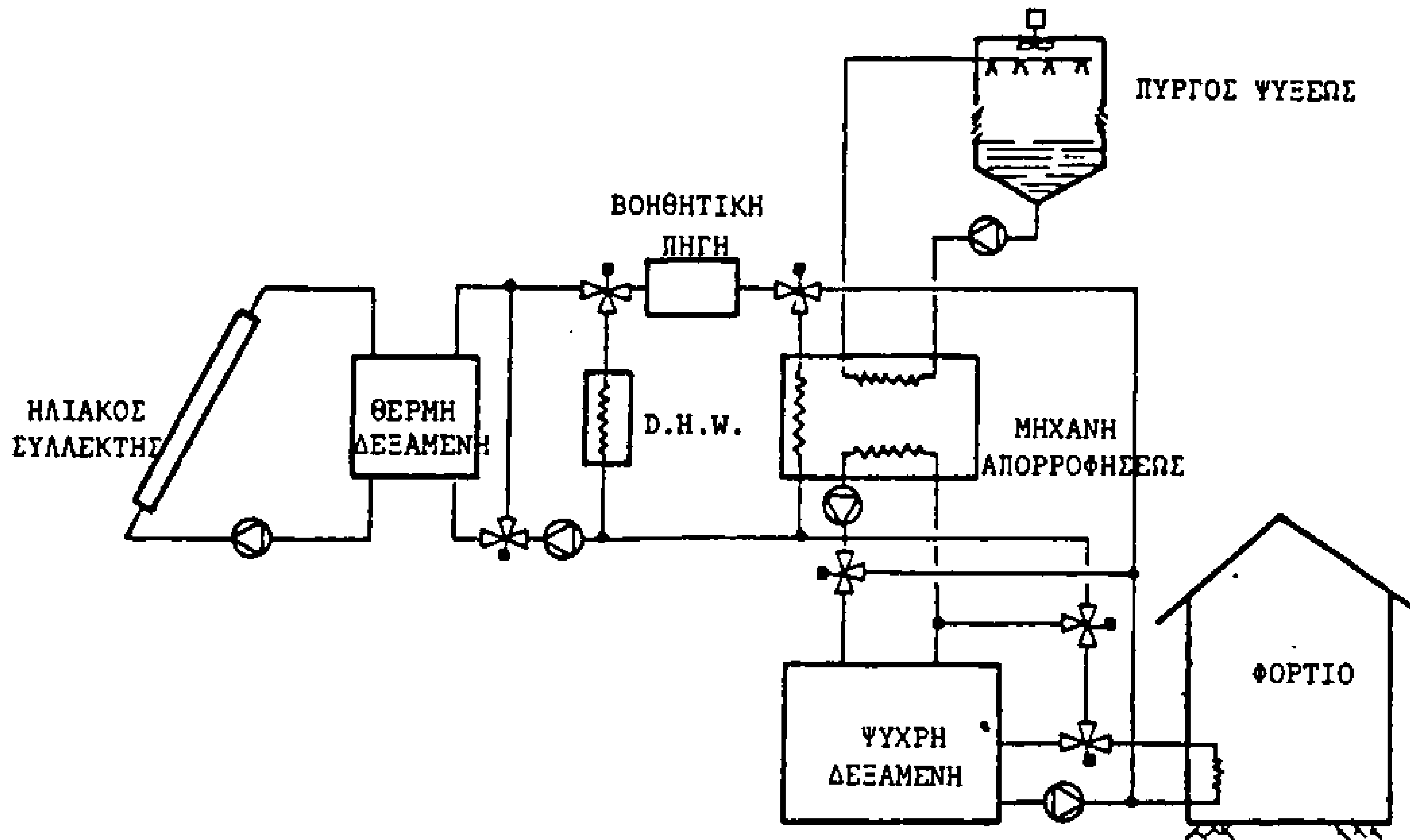
Η άμεση ηλιακή συνεισφορά κατά την χειμερινή περίοδο είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη.

Για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών στο εσωτερικό της κατοικίας, επιβάλλεται η χρησιμοποίηση μιας αντιηλιακής προστασίας, ολικής μεν στην περίοδο ψύξης, μερικής δε κατά τις μεταβατικές περιόδους.

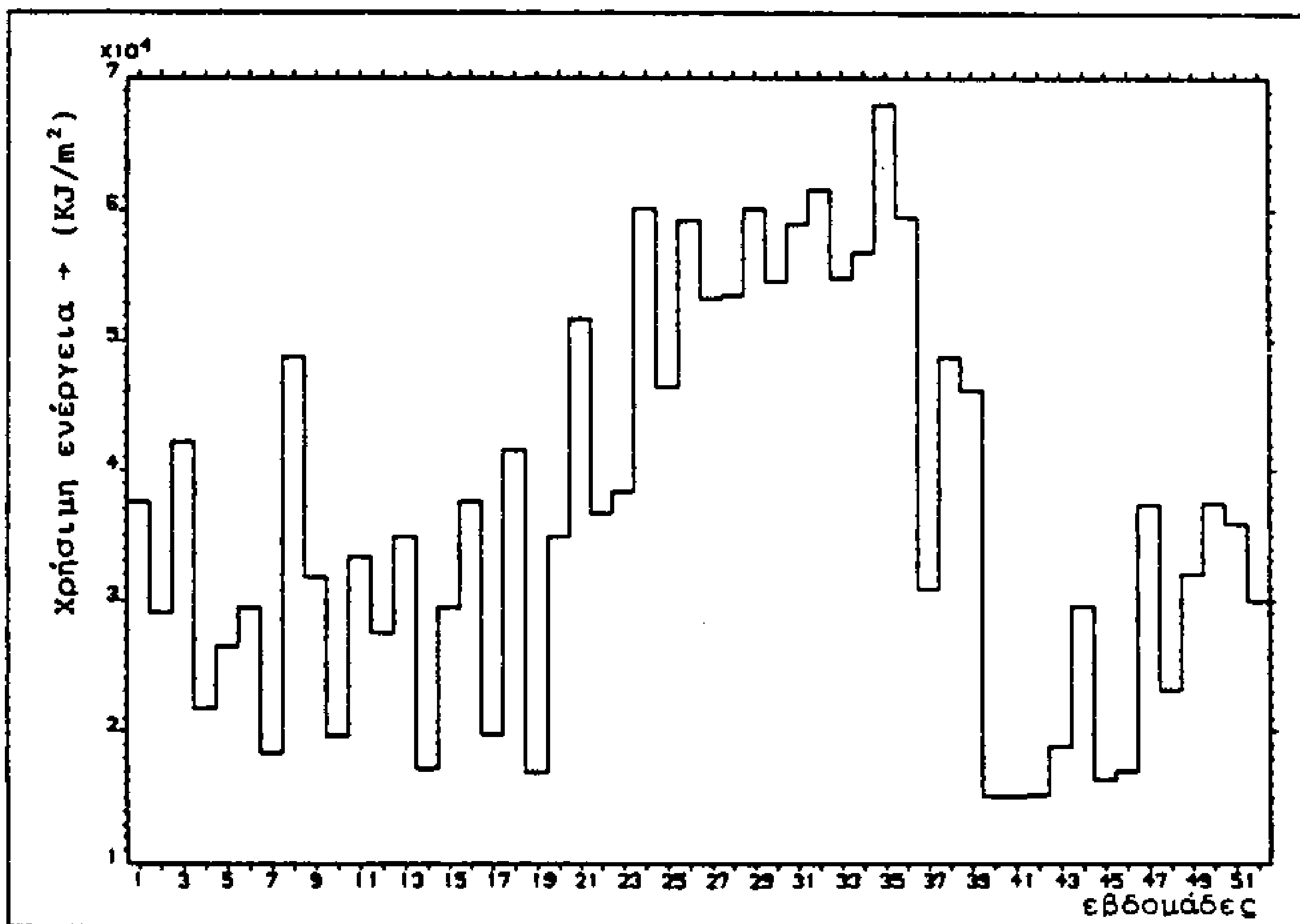
Η χρήση διπλών παραθύρων υπερτερεί έναντι των απλών.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

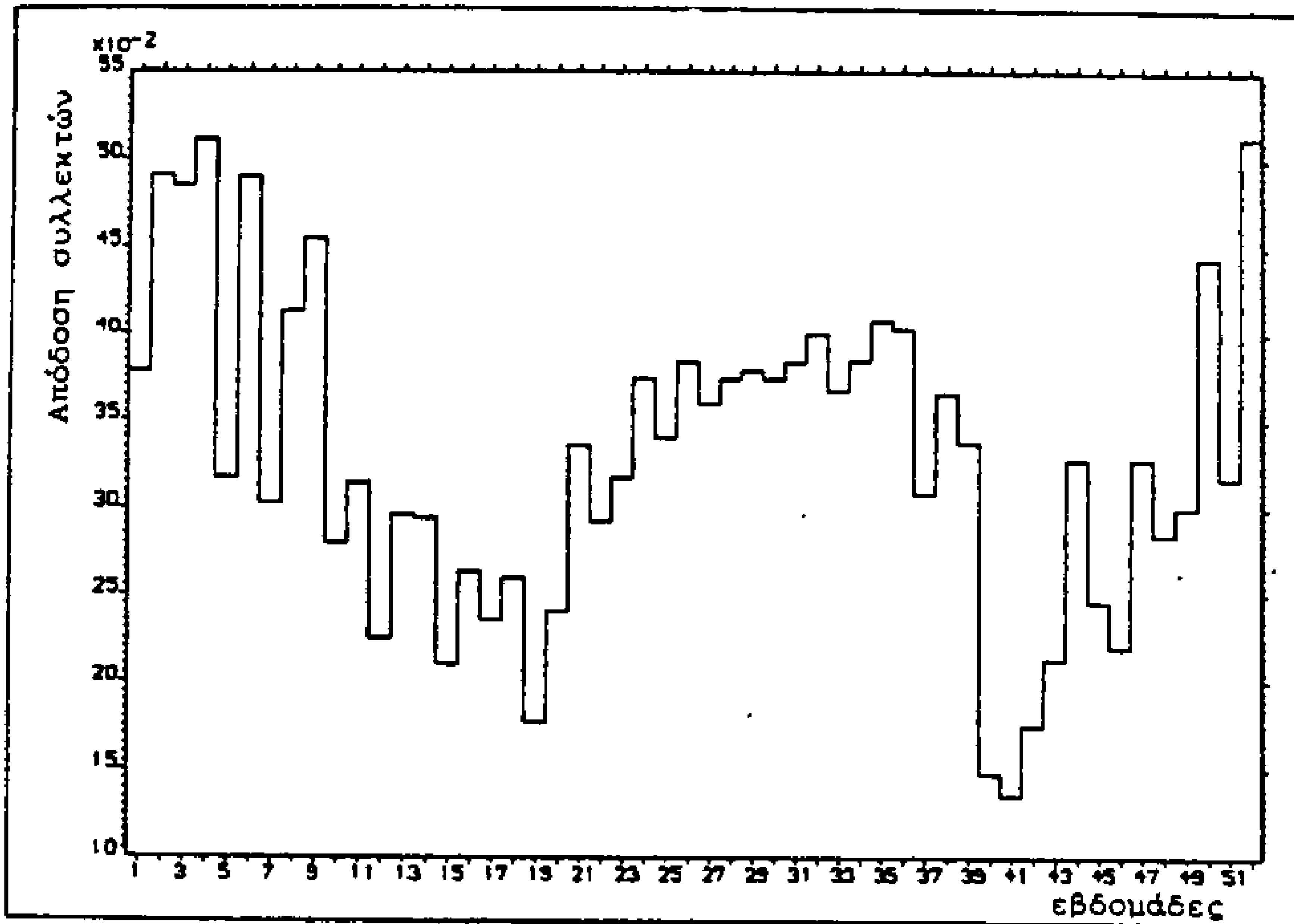
1. Axaopoulos P. and Van Hattem D. (1983). Simulation of a combined solar heating and cooling system for a middle size building in Greece. International conference on Passive and Low energy Architecture, Greece, Pergamon Press, pp. 649-657.
2. A transient simulation program. (1981). Report 38-11, Solar energy Laboratory, University of Wisconsin Madison.



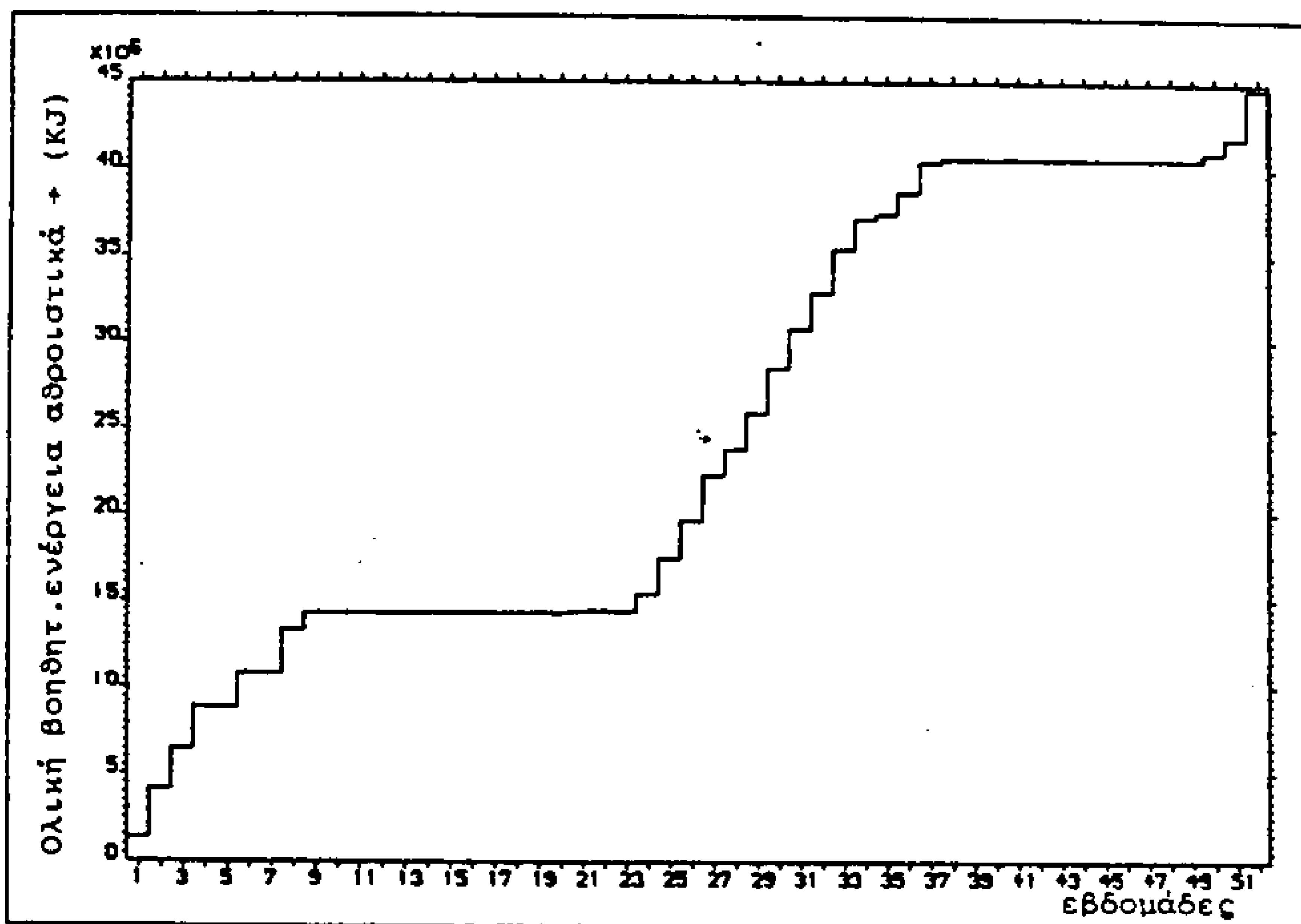
Σχήμα 1: Διάγραμμα ηλιακού συστήματος θέρμανσης - ψύξεως καθώς και παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσεως.



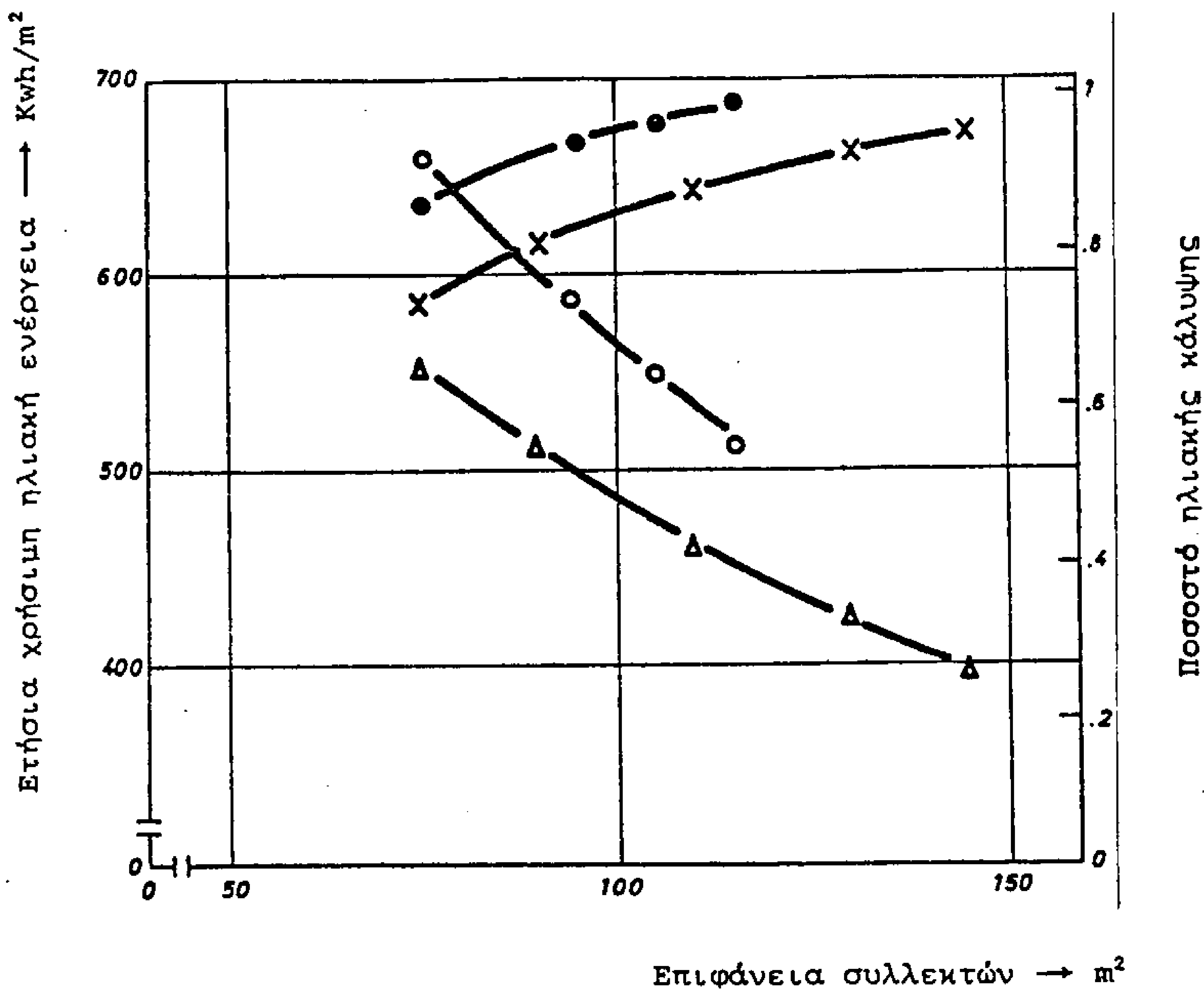
Σχ. 2 Μέση εβδομαδιαία μεταβολή της χρήσιμης ηλιακής ενέργειας που παρέχεται ανά  $\text{m}^2$  συλλέκτη.



Σχ. 3 Μεταβολή μέσης εβδομαδιαίας απόδοσης συλλεκτών.



Σχ. 4 Μεταβολή βοηθητικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, ψύξη, καθώς και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αδροιστικά.



Σχ. 5 : Χρήσιμη ηλιακή ενέργεια που παρέχεται ανά m<sup>2</sup> συλλέκτη και ανά έτος και ποσοστό ηλιακής κάλυψης για διάφορες επιφάνειες ηλιακών συλλεκτών.

- x Δ Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες
- o Συλλέκτες σωλήνων κενού

	ΤΥΠΟΣ ΠΑΡΑΒΥΟΥ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΣΥΝΟΛΟ
1	Διπλό τζάμι με ηλιακή συνεισφορά	3.9	2.6	0.0	0.0	0.0	4.4	9.5	8.5	3.2	0.0	0.0	1.9	34.0
2	Διπλό τζάμι χωρίς ηλιακή συνεισφορά	9.7	7.5	0.5	0.0	0.0	4.4	9.5	8.5	3.2	0.0	0.0	6.5	49.8
3	Απλό τζάμι με ηλιακή συνεισφορά	7.6	5.1	0.0	0.0	0.0	5.6	11.5	10.5	4.4	0.0	0.0	3.9	48.6

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.** Μηνιαία κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη της θεωρούμενης κατοικίας, σε GJ.