

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΣΕ ΣΤΕΓΗ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΙΑΣ ΟΙΚΙΑΣ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΠΑΦΙΛΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ
ΣΟΥΚΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΠΛΑΝΗΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΔΡ.**

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στον υπολογισμό ηλιακών θερμικών συστημάτων με αλγοριθμική προσέγγιση, καθώς και PV- πλαισίων τα οποία ανήκουν στην κατηγορία ήπιων μορφών ενέργειας.

Στην αρχή υπολογίζεται η μηνιαία και η ωριαία ακτινοβολία του συλλέκτη, τις τιμές των οποίων θα τις χρησιμοποιήσουμε για τους μετέπειτα υπολογισμούς μας. Στην συνέχεια υπολογίζουμε την ωριαία απόδοση του ηλιακού συλλέκτη. Αυτή υπολογίζεται ξεκινώντας με μια υποθετική θερμοκρασία του γυάλινου καλύμματος και κάνοντας τους υπολογισμούς μας, βρίσκουμε μια νέα θερμοκρασία T_g . Την νέα τιμή του T_g που βρίσκουμε την αντικαθιστούμε στην αρχική μας τιμή μέχρις ότου η διαφορά τους να είναι μικρή. Όταν γίνει αυτό, αυτή θα είναι και η θερμοκρασία που θα χρησιμοποιήσουμε. Έπειτα υπολογίζεται το θερμικό φορτίο, το φορτίο παραγωγής ζεστού νερού για οι απώλειες του θερμικού φορτίου για να κάνουμε την διαστασιολόγηση των συλλεκτών της οικίας. Τέλος κάνοντας έναν υπολογισμό των φορτίων που θα καταναλώνονται εντός της ημέρας, κάναμε την διαστασιολόγηση των φωτοβολταϊκών, παίρνοντας σαν παράδειγμα ένα πάνελ Mitsubishi των 180 Wp.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Καπλάνη Σωκράτη, καθηγητή του τμήματος Μηχανολογίας του ΤΕΙ Πάτρας, για την πολύτιμη βοήθειά του και την πλούσια εμπειρία που μας πρόσφερε για τη σωστή διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας και τις χρήσιμες οδηγίες για τη σωστή διαδικασία των υπολογισμών και αποτελεσμάτων.

Παπαφίλης Κυριάκος
Σούκουλης Δημήτρης

Ιανουάριος 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην διαστασιολόγηση συστήματος ηλιακών συλλεκτών και φωτοβολταϊκών τοποθετημένων σε στέγη για την κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων μιας οικίας.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο μελετώνται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ. Δίνεται ο ορισμός τους, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα γενικά χαρακτηριστικά του ήλιου ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο και συντελεί στην κινητοποίηση μιας αλυσίδας βιολογικών και γεωλογικών φαινομένων που δημιουργούν και συντηρούν το φαινόμενο της ζωής. Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται επίσης κάποια χρήσιμα μεγέθη για τον υπολογισμό εφαρμογών ηλιακής ενέργειας καθώς και τα όργανα με τα οποία γίνεται η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται ο γενικός ορισμός του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη καθώς και οι βασικές αρχές λειτουργίας του.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, στις κατηγορίες τους, στα μέρη που αποτελούνται, στα είδη ηλιακών κυψελών καθώς και στον τρόπο συνδεσμολογίας και στήριξής τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετώνται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας όπως η ανακλαστικότητα, η αφετικότητα, η αέρια μάζα και ο συντελεστής K_T . Δίνονται επίσης βασικές έννοιες και τριγωνομετρικές σχέσεις για την σωστή μελέτη των παραγόντων αυτών.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής μας εργασίας δίνεται το πρακτικό της μέρος όπου αρχικά υπολογίζουμε την μηνιαία ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους, καθώς και την ωριαία ακτινοβολία για κάθε μια ώρα της μέσης ημέρας κάθε μήνα του έτους. Στην συνέχεια γίνεται εκτίμηση και πρόβλεψη της απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη για όλο τον χρόνο, αλλά όχι με τον συνηθισμένο τρόπο που είναι η μέθοδος f-chart, αλλά χρησιμοποιώντας μια άλλη προσεγγιστική μέθοδο. Η μέθοδος αυτή είναι μια επαναληπτική αριθμητική προσέγγιση για τον προσδιορισμό της απόδοσης ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. Ο αλγόριθμος αυτός βασίζεται σε δυο υποθετικές τιμές για την θερμοκρασία της απορροφητικής επιφάνειας του συλλέκτη, T_p , και της θερμοκρασία της γυάλινης επιφάνειας, T_g . Το πρόγραμμα ξεκινά ένα κύκλο επαναλήψεων για να καθορίσει μια καλύτερη τιμή

της T_g για την υποθετική τιμή της T_p . Με την τιμή της T_g ως αποτέλεσμα της παραπάνω επαναληπτικής διαδικασίας και με την αρχική υποθετική τιμή της T_p , το πρόγραμμα επανακαθορίζει την U_t . Αυτό γίνεται μέχρις ότου οι τελικές τιμές των T_p και T_g να είναι περίπου ίσες με τις υποθετικές. Έπειτα αφού έχουμε υπολογίσει τα προηγούμενα υπολογίζουμε το θερμικό φορτίο, το φορτίο παραγωγής ζεστού νερού καθώς και τις απώλειες του θερμικού φορτίου για μια οικία που έχουμε επιλέξει, και κάνουμε την διαστασιολόγηση για την κάλυψη ζεστού νερού. Τέλος αφού υπολογίσαμε τα φορτία που θα καταναλώνει αυτή η οικία κατά την διάρκεια της ημέρας, κάναμε την διαστασιολόγηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων επιλέγοντας ένα πάνελ της αγοράς, για την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων της οικίας κατά την διάρκεια της ημέρας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|---------------|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(ΑΠΕ)..... | 8 |
| 1.1Τι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας(ΑΠΕ)-Γενικά | 8 |
| Πλεονεκτήματα | 8 |
| Μειονεκτήματα | 9 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:Ο ΉΛΙΟΣ..... | 10 |
| 2.1 Ο Ήλιος – Γενικά χαρακτηριστικά..... | 10 |
| 2.1.1ΓΕΝΙΚΑ | 10 |
| 2.1.2Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ(ΦΩΣ ΣΥΝΘΕΣΗ ΗΛΙΟΥ ,ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ) .. | 11 |
| 2.2 Ηλιακή Ενέργεια..... | 12 |
| 2.3 Ορισμοί χρήσιμων μεγεθών για τους υπολογισμούς εφαρμογών Ηλιακής Ενέργειας..... | 16 |
| 2.4 Όργανα μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας (Ακτινόμετρα, Πυρηλιόμετρα, Ηλιόμετρα)..... | 18 |
| 2.4.1ΑΚΤΙΝΟΜΕΤΡΑ | 18 |
| 2.4.2ΠΥΡΗΛΙΟΜΕΤΡΑ..... | 19 |
| 2.4.3ΠΥΡΑΝΟΜΕΤΡΑ..... | 19 |
| 2.4.4ΗΛΙΟΜΕΤΡΑ..... | 20 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ..... | 22 |
| 3.1Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης-Γενικά | 22 |
| 3.1.1.ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ..... | 23 |
| 3.1.2. ΔΙΑΤΑΞΗ-ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ..... | 24 |
| 3.2Βασικές αρχές λειτουργίας | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ | 25 |
| 3.2.2 ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΟΥ(ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΗ ΡΟΗ) | 25 |
| 3.2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ..... | 25 |
| 3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα..... | 26 |
| 3.4 Μονάδες φωτοβολταϊκών συστημάτων..... | 26 |
| 3.4.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ..... | 28 |
| | |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ | 32 |
| 4.1 Παράγοντες | 32 |
| 4.2 Βασικές έννοιες και γεωμετρία επιφάνειας..... | 33 |
| 4.3 Βασικές τριγωνομετρικές σχέσεις..... | 37 |
| | |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 39 |
| 5.1 Βήμα 1: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (H_T)..... | 39 |
| 5.2 Βήμα 2: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (I_T)..... | 43 |
| 5.3 Βήμα 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (η)..... | 53 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ..... | 69 |
| 6.1 Διαστασιολόγηση συστημάτων ηλιακών συλλεκτών..... | 69 |
| 6.2 Διαστασιολόγηση συστημάτων φωτοβολταϊκών πλαισίων..... | 73 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 76 |
| | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι | 78 |
| | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ | 79 |
| | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ | 81 |

| | |
|---------------------------|------------|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV | 87 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V | 100 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 101 |

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΓΕΝΙΚΑ

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή "ανανεώσιμες πηγές ενέργειας" (ΑΠΕ) ή "νέες πηγές ενέργειας" είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερο, πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Ως "ανανεώσιμες πηγές" θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός "ανανεώσιμες" είναι κάπως καταχρηστικός, μια και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών.

Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2. Ο ΗΛΙΟΣ

2.1 Ο ΗΛΙΟΣ- ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1.1 Γενικά

Ο Ήλιος είναι για μας το σημαντικότερο, διότι μας διατηρεί στη ζωή. Αν και μόνο το μισό δισεκατομμυριοστό της συνολικής ενέργειας που εκπέμπει ο Ήλιος απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, εν τούτοις αυτό είναι αρκετό για να κινητοποιήσει μια αλυσίδα βιολογικών και γεωλογικών φαινομένων που στη συνέχεια δημιουργούν και συντηρούν το φαινόμενο της ζωής.

Η ηλιακή ενέργεια εξατμίζει το νερό σχηματίζοντας τα σύννεφα και τη βροχή και κινητοποιεί το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης, συνθέτοντας τη χλωροφύλλη των πράσινων φύλλων. Η δημιουργία της χλωροφύλλης με τη σειρά της παράγει τους υδρογονάνθρακες που αποτελούν τη βάση της ζωής πάνω στη Γη. Η ηλιακή ενέργεια προκαλεί -μαζί με την κλίση του άξονα περιστροφής της Γης- τις τέσσερις εποχές, επηρεάζει το κλίμα και τα θαλάσσια ρεύματα, όπως το Ρεύμα του Κόλπου, που μεταφέρουν ζεστό νερό από τις θάλασσες του ισημερινού στις ψυχρότερες βόρειες περιοχές και από εκεί κρύο νερό στις ζεστές ισημερινές περιοχές, κάνοντας ηπιότερα τα κλίματα περιοχών που αλλιώς θα ήταν ίσως ακατοίκητες.

Από αυτά μπορούμε να καταλάβουμε πως ο ήλιος που από μόνος του είναι μία τεράστια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που ευθύνεται για το φαινόμενο της ζωής στον πλανήτη μας και χωρίς αυτόν δε θα υπήρχε καμιά άλλη μορφή ενέργειας στον πλανήτη μας.

Ο Ήλιος είναι μια τεράστια μπάλα αερίων και αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο, τα δύο απλούστερα και ελαφρύτερα χημικά συστατικά του σύμπαντος. Τα αέρια αυτά είναι τόσο θερμά που κάνουν τον Ήλιο να λάμπει. Ο Ήλιος δεν "καίει" με τον ίδιο τρόπο όπως η φωτιά. Αντίθετα, η θερμότητα και η πίεση στο εσωτερικό του προκαλεί την τήξη των ατόμων υδρογόνου και ηλίου, ή την συνένωσή τους, παράγοντας πυρηνική ενέργεια. Είναι κάπου 333.400 φορές πιο συμπαγές από τη Γη και αποτελεί το 99, 8% της συνολικής μάζας ολόκληρου του ηλιακού συστήματος. Συγκρατείται σαν μια ομοιόμορφη μάζα εξαιτίας της βαρύτιμης έλξης παράγοντας τεράστιες πιέσεις και θερμοκρασίες στον πυρήνα του

(περισσότερο από ένα δις φορές από την ατμόσφαιρα της Γης, με πυκνότητα που φτάνει τις 160 φορές από αυτή του νερού).

Ο Ήλιος και οι πλανήτες σχηματίστηκαν πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια από ένα νέφος διαστρικής σκόνης. Αυτό το νέφος σταδιακά συμπυκνώθηκε για να σχηματίσει μια "πρωταρχική μάζα αερίων" (protostar) -μια μπάλα αερίων που ολοένα και θερμαίνεται καθώς συμπιέζεται από την ίδια της την βαρύτητα. Τελικά, η θερμοκρασία στην καρδιά του νεαρού Ήλιου έφτασε τους 10 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου -αρκετά θερμό για την έναρξη των πυρηνικών αντιδράσεων-σηματοδοτώντας την γέννηση του Ήλιου. Υπάρχει αρκετό υδρογόνο στον πυρήνα του για τα επόμενα 5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Στον πυρήνα του Ήλιου η θερμοκρασία που δεσπόζει αυτή τη στιγμή φτάνει τους 16 εκατομμύρια βαθμούς, ενώ η εκπεμπόμενη ενέργεια εμποδίζει την κατάρρευση του άστρου και τον διατηρεί σε αέρινη μορφή. Η συνολική ακτινοβολούμενη ενέργεια φτάνει τα 383 πεντάκις κιλοβάτ, η οποία αντιστοιχεί σε 100 δις τόνους εκρήξεων TNT το δευτερόλεπτο!

2.1.2 Η φυσική του ηλίου (Φως, σύνθεση ηλίου)

Το φως

Το φως εμφανίστηκε στον κόσμο πριν από πολλά δισεκατομμύρια χρόνια. Ήταν αποτέλεσμα της διάσπασης του αερίου υδρογόνου, που συντέλεσε στο σχηματισμό των αστέρων και την έλξη τους με τις δυνάμεις της βαρύτητας. Πιστεύεται ότι με το σχηματισμό φορέων φωτός το σύμπαν άρχισε να διαστέλλεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος του σύμπαντος, ας σημειωθεί ότι ο πιο απομακρυσμένος γνωστός γαλαξίας, ο URSA MAJOR II, απέχει 2.108 έτη φωτός. Ας σημειωθεί επίσης ότι ένα έτος φωτός είναι η απόσταση που διανύει το φως, που κινείται με σταθερή ταχύτητα 300.000 Km ανά δευτερόλεπτο, σε ένα έτος, δηλαδή 9.463.000.000.000 (εννέα τρισεκατομμύρια τετρακόσια εξήντα τρία δισεκατομμύρια) χιλιόμετρα. Αυτός λοιπόν είναι ο «κόσμος των ακτινοβολιών". Η υπόλοιπη ύλη που βρίσκεται στο διάστημα, είναι αμελητέα. Σύμφωνα με μια άλλη θεωρία, πιστεύεται ότι στο απροσδιόριστο παρελθόν η ύλη βρισκόταν συγκεντρωμένη σε ένα σημείο του σύμπαντος, υπήρχε δηλαδή μια τεράστια συγκέντρωση μάζας που σήμερα δεν συναντάται, πουθενά. Φαίνεται κατά κάποιο

τρόπο ότι ισχυρότατες εκρήξεις διασκόρπισαν τη μάζα του σύμπαντος. Σχηματίστηκαν τότε αστέρες, σύνολα αστέρων, γαλαξίες και υπεργολαβίες. Ο ήλιος από τότε δεν άλλαξε τη χημική του σύνθεση σαν σφαίρα υδρογόνου.

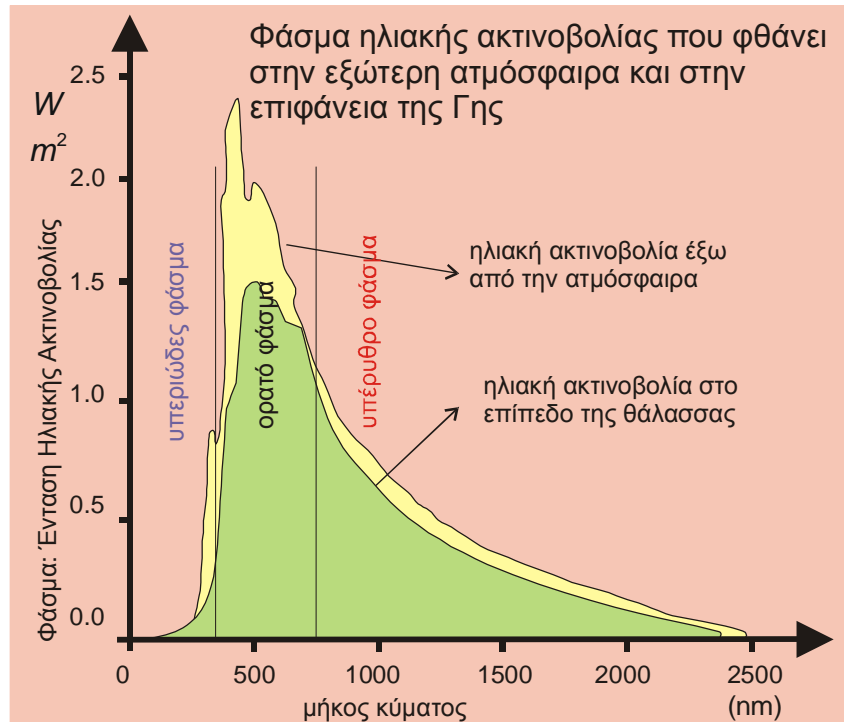
Η σύνθεση του ηλίου

Στον κόσμο των αστέρων υπάρχει συνεχής "θάνατος και γένεση" . Κάθε στιγμή εξαφανίζονται αστέρες με εκρήξεις, αυτοδιάλυση ή ολική απώλεια της μάζας του υδρογόνου τους. Όσο περισσότερο υδρογόνο , καταναλώνουν οι αστέρες, τόσο αυξάνει η πυκνότητά τους, ενώ η φωτιστική τους δύναμη μειώνεται. Όπως δημιουργήθηκαν όλοι οι αστέρες πριν από δισεκατομμύρια χρόνια (πολλοί απ' αυτούς εξαφανίστηκαν πια), έτσι σχηματίστηκε κάποτε και ο ήλιος. Για τη σύσταση του ήλιου έχουν διατυπωθεί μερικές πολύ περίεργες απόψεις. Στην αρχαιότητα ο Πτολεμαίος χαρακτήρισε τον ήλιο απλώς σαν πυρόσφαιρα. Η σημερινή άποψη είναι ότι ο ήλιος είναι κυρίως μια σφαίρα αερίου, που στα εξωτερικά στρώματα αποτελείται από περίπου 75% υδρογόνο, 23% ήλιο και ένα υπόλοιπο από άλλα διάλυρα αέρια. Ο ήλιος είναι στην ουσία η ισχυρότερη γνωστή μας φωτίζουσα εστία.

Είναι βέβαια γεγονός, ότι υπάρχουν αστέρες όμοιοι με τον ήλιο, πολύ μεγαλύτερης ισχύος και φωτεινής έντασης. Σ' αυτούς ανήκει ο Σείριος που απέχει από τη γη " μόνο "500.000 φορές περισσότερο από ότι ο ήλιος. Λόγω της τεράστιας απόστασης, ο Σείριος φαίνεται από τον πλανήτη μας μόνο σαν φωτεινός αστέρας και η (φωτεινή ισχύς του ήλιου είναι κατά 13 εκατομμύρια Φορές μεγαλύτερη στη γη σε σύγκριση με εκείνη του Σείριου. Διάφορες προγενέστερες αυθαίρετες θεωρίες διαλύθηκαν μόνο με την εισαγωγή των φασματογράφων από τους Fraunhofer, Busnen και Kirchhoff .

2.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

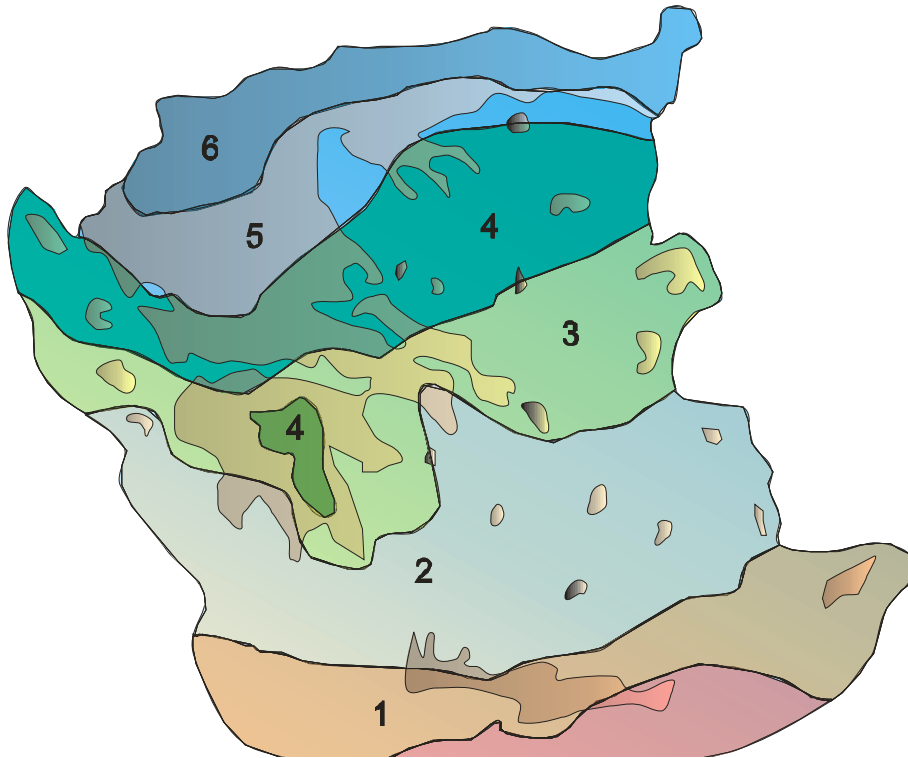
Μέρος της ενέργειας που απελευθερώνεται από τον Ήλιο κατευθύνεται προς τη Γη υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το φάσμα αυτής έχει ένα μεγάλο του μέρος στη περιοχή του ορατού για τον άνθρωπο (Σχήμα 2.1) (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε II κεφάλαιο 1).



Σχήμα 2.1: Φάσμα της Ηλιακής Ακτινοβολίας που φθάνει στην εξώσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης.

Το 1/3 περίπου αυτής της ακτινοβολίας ανακλάται απ' ευθείας στο διάστημα καθώς διαβαίνει από τα αραιότερα στα πυκνότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Το υπόλοιπο απορροφάται και τελικά επανακτινοβολείται πίσω στο διάστημα υπό μορφή συνεχούς φάσματος υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Για τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο οριζόντιο επίπεδο και όταν δεν απαιτείται εξαιρετική ακρίβεια, γίνεται χρήση διαγραμμάτων που χωρίζουν την Ελλάδα σε ζώνες. Τόποι που βρίσκονται στην ίδια ζώνη χαρακτηρίζονται από παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες, όπως δείχνει το Σχήμα 2.2. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ, κεφάλαιο 1).



Σχήμα 2.2 : Κλιματολογικές ζώνες στις οποίες χωρίζεται η χώρα βάσει της μέσης μηνιαίας ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στις διάφορες περιοχές και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Πίνακας 1: Κατάταξη των κυριότερων πόλεων σε ζώνες με βάση την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία περιβάλλοντος. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

| Ζώνη 1 | Ζώνη 2 | Ζώνη 3 | Ζώνη 4 | Ζώνη 5 | Ζώνη 6 |
|-----------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| Ηράκλειο | Αθήνα | Αργοστόλι | Άρτα | Θεσ/νίκη | Ιωάννινα |
| Ρόδος | Καλαμάτα | Κόρινθος | Κέρκυρα | Καβάλα | Κομοτηνή |
| Σητεία | Νάξος | Μυτιλήνη | Λαμία | Κατερίνη | Σέρρες |
| Χανιά | Σάμος | Πάτρα | Λήμνος | Λάρισα | Φλώρινα |
| Ιεράπετρα | Σύρος | Χίος | Τρίπολη | Τρίκαλα | Ξάνθη |

Πίνακας 2: Μέσες μηνιαίες τιμές της Ηλιακής Ακτινοβολίας στο οριζόντιο στο επίπεδο της θάλασσας ανά ζώνη σε MJ/m². (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

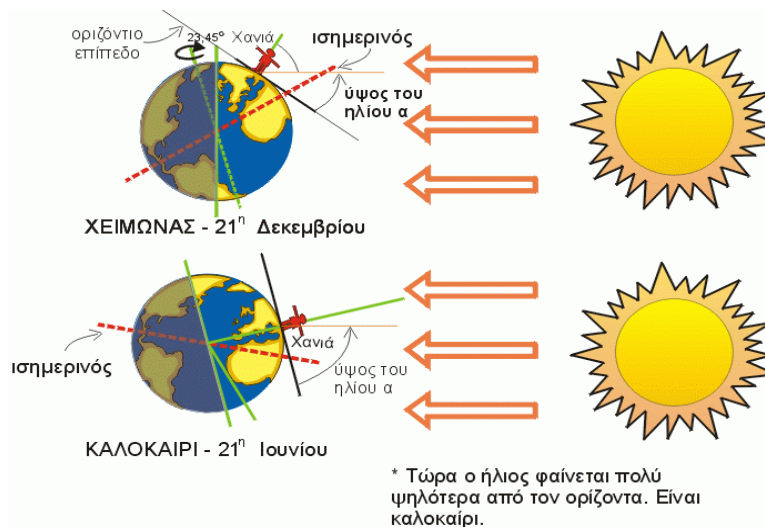
| ΖΩΝΗ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Μ.Ο | ΣΥΝΟΛΟ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1 | 230 | 277 | 439 | 558 | 706 | 770 | 817 | 760 | 598 | 421 | 284 | 220 | 507 | 6080 |
| 2 | 230 | 274 | 418 | 493 | 691 | 752 | 781 | 713 | 736 | 382 | 270 | 198 | 478 | 5738 |
| 3 | 220 | 259 | 400 | 493 | 648 | 754 | 781 | 713 | 526 | 367 | 241 | 187 | 468 | 5616 |
| 4 | 194 | 234 | 371 | 493 | 644 | 724 | 781 | 695 | 504 | 349 | 220 | 173 | 449 | 5384 |
| 5 | 169 | 223 | 360 | 493 | 644 | 680 | 727 | 670 | 486 | 328 | 220 | 162 | 430 | 5162 |
| 6 | 169 | 216 | 349 | 468 | 612 | 666 | 706 | 641 | 464 | 313 | 202 | 162 | 414 | 4968 |

Ως γνωστό, η Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και ταυτόχρονα γύρω από τον ήλιο σε ετήσια βάση.

Το ισημερινό επίπεδο και το επίπεδο της ελλειπτικής τροχιάς σχηματίζουν γωνία 23.45° ή 23°27'.

Η ακτινοβολία που φθάνει στη γη μεταβάλλεται εξ' αιτίας της ελλειπτικής τροχιάς της γης περί τον ήλιο και παίρνει τιμές μεταξύ 1310 και 1399 [W/m²].

Το καλοκαίρι στο βόρειο ημισφαίριο οι ακτίνες του ηλίου πέφτουν περίπου κάθετα στο οριζόντιο επίπεδο (σχήμα 2.3),(Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1). και ουσιαστικά η θερμοκρασία είναι υψηλότερη έστω και αν η απόσταση Γης-Ηλίου το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη κατά τον χειμώνα.



Σχήμα 2.3: Σχηματική παράσταση Γης-Ηλίου και της προσπίπτουσας Ηλιακής ακτινοβολίας επί της Γης κατά το Χειμώνα και το Καλοκαίρι. Διακρίνουμε ότι κατά το καλοκαίρι το ύψος του Ηλίου στον ουράνιο θόλο είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με την αντίστοιχη θέση κατά τον χειμώνα. Η θέση του ηλίου κατά το μεσημέρι είναι υψηλά σε σχέση με τον ορίζοντα. Αντίθετα τον χειμώνα για την ίδια ώρα η θέση του ήλιου είναι χαμηλότερα. Τούτο εύγλωττα δείχνει το σχήμα 2.3.

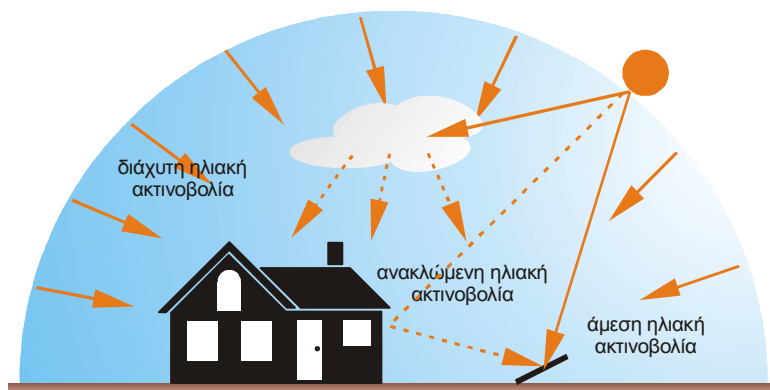
Όταν η τροχιά του ήλιου είναι χαμηλή οι ακτίνες του διανύουν μεγαλύτερη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος τους να απορροφάται αλλά και να εκτρέπεται χωρίς να φθάνει στην επιφάνεια της γης. Όταν η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγάλη, τότε μεγάλο μέρος της ανακλάται, χωρίς ποτέ να χρησιμοποιηθεί.

2.3 ΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΙΜΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία, H_b

Είναι η ακτινοβολία που φθάνει από τον ήλιο στην επιφάνεια της γης χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση. Μετράται σε $[Joule/m^2]$. Για τους διάφορους υπολογισμούς την αναλύουμε σε δύο συνιστώσες, μια κάθετη και μία παράλληλη στην επιφάνεια της γης ή του συλλέκτη ανάλογα με την περίπτωση.

Η οριζόντια συνιστώσα δεν αλληλεπιδρά με την επιφάνεια της γης ή του συλλέκτη αντίστοιχα και δεν συνεισφέρει στην μετατροπή της ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια.



Σχήμα 2.4: Άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία.

Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία H_d

Είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από ολόκληρο τον ουράνιο θόλο και δημιουργείται από την σκέδαση της άμεσης ακτινοβολίας από σωματίδια της ατμόσφαιρας ή σύννεφα. Μετράται σε $[Joule/m^2]$.

Ανακλώμενη Ηλιακή Ακτινοβολία, H_r

Είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από διάφορα γειτονικά αντικείμενα ή από το έδαφος. Μας ενδιαφέρει το ποσοστό αυτής που φθάνει τελικά στην επιφάνεια που μελετούμε π.χ. στο σύστημα ηλιακών συλλεκτών ή στους τοίχους μιας κατοικίας.

Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία, H

Είναι το άθροισμα της άμεσης, διάχυτης και ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας (σχήμα 2.4), (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1) σε μία επιφάνεια. Μετράται σε $[Joule/m^2]$. Έχει πινακοποιηθεί ανά μήνα για κάθε μία από τις έξι (6) ζώνες που χωρίζεται η χώρα.

Πίνακας 3: Μηνιαίες τιμές της Ολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας στο επίπεδο της θάλασσας ανά ζώνη σε $[MJ/m^2]$. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

| ΖΩΝΗ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Μ.Ο | ΣΥΝΟΛΟ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1 | 230 | 277 | 439 | 558 | 706 | 770 | 817 | 760 | 598 | 421 | 284 | 220 | 507 | 6080 |
| 2 | 230 | 274 | 418 | 493 | 691 | 752 | 781 | 713 | 736 | 382 | 270 | 198 | 478 | 5738 |
| 3 | 220 | 259 | 400 | 493 | 648 | 754 | 781 | 713 | 526 | 367 | 241 | 187 | 468 | 5616 |
| 4 | 194 | 234 | 371 | 493 | 644 | 724 | 781 | 695 | 504 | 349 | 220 | 173 | 449 | 5384 |
| 5 | 169 | 223 | 360 | 493 | 644 | 680 | 727 | 670 | 486 | 328 | 220 | 162 | 430 | 5162 |
| 6 | 169 | 216 | 349 | 468 | 612 | 666 | 706 | 641 | 464 | 313 | 202 | 162 | 414 | 4968 |

Ένταση Ηλιακής Ακτινοβολίας, I

Ορίζεται ως ο ρυθμός πρόσπτωσης της Ηλιακής Ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου. Μετράται σε $[W/m^2]$.

2.4 Όργανα μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας

Από την ενέργεια της ακτινοβολίας, που εκπέμπει ο ήλιος ανά δευτερόλεπτο, οι πλανήτες και οι δορυφόροι δέχονται μόνο το 1//120.000.000.

Το μεγαλύτερο μέρος της ολικής ακτινοβολίας εμφανίζεται στην περιοχή κυμάτων του ορατού φωτός. Το φως ξεκινάει από τη φωτόσφαιρα του ηλίου, που βρίσκεται στη βάση της ηλιακής ατμόσφαιρας πάχους 500 Km και που μας κάνει αδύνατη την ενατένιση του ήλιου. Η ενεργός ακτινοβολία του ήλιου μπορεί να μετρηθεί επακριβώς με το ακτινόμετρο που κατασκευάστηκε το 1880 από τον S.P. Langley. Το όνομα του Langley πήρε και η μονάδα έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας:

$$1 \text{ Lan (ή Ly)} = 1 \text{ Cal/cm}^2 = 4,1868 \text{ [Joule/cm}^2\text{]}.$$

2.4.1 Ακτινόμετρα

Ο τρόπος λειτουργίας του ακτινομέτρου βασίζεται στο σχηματισμό γέφυρας Wheatstone από δυο λεπτές ταινίες πλατίνας που έχουν μαυριστεί ηλεκτρολυτικά. Η μια ταινία προστατεύεται από την ηλιακή ακτινοβολία και η άλλη εκτίθεται σ' αυτή. Η ακτινοβολία προκαλεί στη δεύτερη ταινία άνοδο της θερμοκρασίας της και αύξηση της ηλεκτρικής της αντίστασης. Για να μετρηθεί η ενέργεια ακτινοβολίας που δέχεται το ακτινόμετρο, διοχετεύεται ρεύμα μέσα από την ταινία που δεν δέχεται ακτινοβολία και θεωρείται σαν ταινία αναφοράς, ώσπου εκείνη να δείξει την ίδια απόκλιση, όπως η ταινία που ακτινοβολείται. Η ένταση αυτού του βοηθητικού ρεύματος μετράται από ένα ευαίσθητο γαλβανόμετρο. Η καταγραφή του ακτινομέτρου αποτελεί το ακτινόγραμμα που δείχνει την ένταση της ακτινοβολίας σε συνάρτηση με την ώρα της ημέρας, δηλαδή δεδομένα μετρήσεων που αντιστοιχούν στις διάφορες θέσεις του ήλιου. Καταγράφεται πάντα η ίδια επιφάνεια της γης. Οι συντεταγμένες των καμπύλων που αντιστοιχούν σε κάθε μέτρηση, καθορίζουν το ποσό της ηλιακής ενέργειας, που απορροφάται από τη γήινη ατμόσφαιρα. Στα πιο σύγχρονα όργανα μέτρησης αυτού του είδους χρησιμοποιούνται, αντί των φύλλων πλατίνας, λεπτά στρώματα ημιαγωγών, μίγματα οξειδίων του νιοβίου, του μαγγανίου και του κοβαλτίου ή υπεραγωγοί, όπως το νιτρικό νιόβιο.

2.4.2 Πυρηλιόμετρα

Για τη θερμιδομετρική μέτρηση της έντασης της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται τα πυρηλιόμετρα, τα πυρανόμετρα και τα πυρόμετρα. Για τη μέτρηση της άμεσης ακτινοβολίας χρησιμοποιείται το πυρηλιόμετρο. Το πυρηλιόμετρο προσομοιώνει ένα σύστημα περιορισμένης δέσμης και διαθέτει έναν αισθητήρα που βρίσκεται στο βάθος κατάλληλου σωλήνα με άνοιγμα περίπου 5° στο ένα άκρο του. Ο σωλήνας αυτός επιτρέπει τη διέλευση μόνο της άμεσης ακτινοβολίας στον αισθητήρα. Το πυρηλιόμετρο μετακινείται με τη βοήθεια μιας ηλεκτρονικής βάσης, η οποία παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής της θέσης του σωλήνα στην τροχιά του ήλιου, με αποτέλεσμα ο ηλιακός δίσκος να είναι πάντοτε ορατός μέσα από τον σωλήνα. Ο σωλήνας είναι βαμμένος εσωτερικά με μαύρο χρώμα ώστε να απορροφάται η τυχούσα διάχυτη ακτινοβολία πριν αυτή φτάσει στη βάση του σωλήνα.

2.4.3 Πυρανόμετρα

Τα πυρανόμετρα χρησιμεύουν για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας όταν πέφτει σε οριζόντια επιφάνεια. Το πυρανόμετρο του Angstrom αποτελείται από τέσσερις ταινίες μαγγανίου, από τις οποίες οι δυο είναι μαυρισμένες με πλατινούχο ουσία και οι άλλες δυο είναι επιστρωμένες με οξείδιο του μαγνησίου ή οξείδιο του ψευδαργύρου. Οι δυο τελευταίες ταινίες θερμαίνονται, ώσπου η διαφορά θερμοκρασίας να εξισωθεί με την θερμοκρασία των μαυρισμένων ταινιών. Η μέτρηση της διαφοράς θερμοκρασίας γίνεται με θερμοστοιχεία.

Τα σύγχρονα πυρανόμετρα (Σχήμα 2.5) αποτελούνται από δύο ομόκεντρους γυάλινους θόλους και στο εσωτερικό τους υπάρχει μία μαύρη επιφάνεια με κεραμικό υπόστρωμα κάτω από την οποία υπάρχουν εκατοντάδες θερμοστοιχεία. Το σήμα του πυρανομέτρου είναι της τάξης mV και οδηγείται σε κατάλληλη συσκευή μέτρησης η οποία ταυτόχρονα κάνει και ολοκλήρωση του σήματος. Τα όργανα αυτά λέγονται ηλιακοί ολοκληρωτές (Solar integrators).

Προκειμένου για μέτρηση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας τα πυρανόμετρα εφοδιάζονται και με ένα δαχτυλίδι σκίασης το οποίο τοποθετείται στην διεύθυνση του ήλιου για όλο το γεωγραφικό πλάτος των 0° - 90° Βορά και Νότου έτσι

ώστε να σκιάζεται ο γυάλινος θόλος συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας . Σκοπός του δαχτυλιδιού είναι να παρεμποδίσει την απ' ευθείας ακτινοβολία του ήλιου κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας χωρίς επαναρίθμηση. Επίσης κάθε λίγες ημέρες η θέση του δαχτυλιδιού πρέπει να αναπροσαρμόζεσαι στην κλίση του ήλιου.



Σχήμα 2.5: Πυρανόμετρο CM11 της kipp & zonen τοποθετημένο στη στέγη του κτηρίου των Α.Π.Ε του Τ.Ε.Ι Πάτρας.

2.4.4 Ηλιόμετρα

Το Ηλιόμετρο (από τον ελληνικό ήλιο και το μέτρο) είναι ένα όργανο που σχεδιάζεται αρχικά για τη μέτρηση της παραλλαγής της διαμέτρου του ήλιου στις διαφορετικές εποχές του έτους, αλλά που εφαρμόζεται τώρα στη σύγχρονη μορφή του οργάνου που είναι ικανό της πολύ ευρύτερης χρήσης. Για να συνοψίσουμε εν συντομία την ιστορία της ανάπτυξης του χιλιόμετρου, η πρώτη αίτηση του διαιρεμένου αντικείμενο-γυαλιού και η απασχόληση των διπλών εικόνων στα αστρονομικά μέτρα οφείλονται στην Anne Jean Marie Reni Savary σε 1743, Στον Pierre Bouguer το 1748 οφείλεται η αληθινή σύλληψη της μέτρησης από τη διπλή

εικόνα χωρίς τη βοηθητική ενίσχυση ενός filar μικρομέτρου, δηλαδή με την αλλαγή της απόστασης μεταξύ δύο αντικείμενο-γυαλιών της ίσης εστίασης. Σε John Dollond το 1754 οφείλουμε το συνδυασμό ιδέας Savary του διαιρεμένου αντικείμενο-γυαλιού με τη μέθοδο Bouguer μέτρησης, και την κατασκευή των πρώτων πραγματικά πρακτικών ηλιομέτρων. Στον Joseph Von Fraunhofer, κάποια χρονιά όχι πολύ πριν από τα 1820, οφείλεται, εφ' όσον μπορούμε να εξακριβώσουμε, η κατασκευή του πρώτου ηλιομέτρου με ένα αχρωματικό διαιρεμένο αντικείμενο-γυαλί, δηλ. το πρώτο ηλιόμετρο του σύγχρονου τύπου.

3. ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

3.1 ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ- ΓΕΝΙΚΑ

Ο επίπεδος συλλέκτης είναι η πιο απλή μορφή συστήματος εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και μετατροπή της σε θερμική. Η λειτουργία και η κατασκευή του είναι σχετικά απλή . Ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί μια συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που προσβάλλει την επιφάνεια του έτσι ώστε ο συλλέκτης να συμπεριφέρεται ως «Μέλαν σώμα» . Ένα μέρος τη ενέργειας που απορροφάται μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό ενώ το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον..Η θερμότητα που απάγεται ,αποθηκεύετε ή τροφοδοτεί απευθείας τη κατανάλωση . Ο επίπεδος συλλέκτης παράγει θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας και χρησιμοποιείται είτε για θέρμανση χώρων είτε για παραγωγή ζεστού νερού. (Σχήμα 3.1)



Σχήμα 3.1: Σύστημα δύο Ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού τοποθετημένων, με σύστημα με χειροκίνητο άξονα περιστροφής (Α-Δ) του εργαστηρίου των Α.Π.Ε του Τ.Ε.Ι Πάτρας.

Όπως και στους σχεδιασμούς ηλιακών κτιρίων, έτσι και τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να είναι ενεργά ή παθητικά. Τα πιο συνηθισμένα

συστήματα είναι ενεργά, πράγμα που σημαίνει ότι χρησιμοποιούν αντλίες για τη κίνηση του θερμού ρευστού από τον συλλέκτη στη δεξαμενή αποθήκευσης.

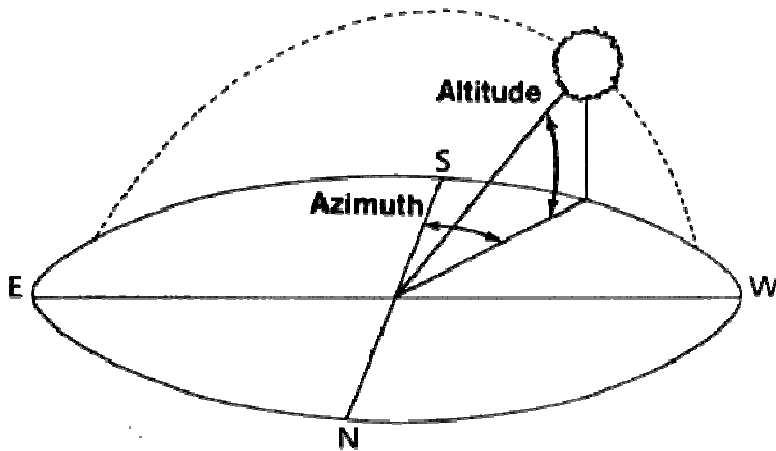
Ενώ το ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού λειτουργεί ικανοποιητικά, δεν συμβαίνει το ίδιο όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Γι' αυτό το λόγο, τα σπίτια έχουν κι ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα.

Τα κύρια μέρη του επίπεδου συλλέκτη είναι ο Απορροφητής , τα διάφανα καλύμματα, η μόνωση , και το πλαίσιο στήριξης.

3.1.1 Προσανατολισμός και κλίση του συλλέκτη

Οι επίπεδοι συλλέκτες χρησιμοποιούν την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία και συνήθως τοποθετούνται υπό σταθερή κλίση και προσανατολισμό κατά τη διάρκεια του έτους. Η επιλογή του ευνοϊκού προσανατολισμού και της κλίσης του συλλέκτη είναι το σημαντικότερο μέτρο για τη βελτίωση του ηλιακού κέρδους . Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση) επηρεάζει την απόδοσή του κατά δύο τρόπους. Πρώτα επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Ακόμα η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων και τον συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα, αφού οι δύο συντελεστές είναι συναρτήσεις της γωνίας, που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Γενικά η μεγαλύτερη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, λαμβάνεται σε μία Νότια προσανατολισμένη κλίση. Εάν η επιφάνεια του συλλέκτη δεν αντικρίζει ακριβώς το νότο , το ποσό της ωφέλιμης ενέργειας , μειώνεται ελαφρά σε μία γωνία 30° ανατολικά, δυτικά ή νότια. . Η κλίση για συστήματα που λειτουργούν όλο το χρόνο είναι 45° ενώ αντίθετα για συστήματα που λειτουργούν καλοκαιρινούς μήνες π.χ. ξενοδοχεία η κλίση λαμβάνεται μικρότερη περίπου 25° (Σχήμα 3.3). (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

Σχήμα 3.3: Πορεία του ήλιου

3.1.2 Διάταξη- Διασύνδεση συλλεκτών

Η διάταξη των σωληνώσεων διασύνδεσης μιας συστοιχίας συλλεκτών πρέπει να εξασφαλίζει την κατά το δυνατόν καλύτερη απόδοση του συνόλου των συλλεκτών με το μικρότερο δυνατό κόστος . Οι συλλέκτες τοποθετούνται στην οροφή συνήθως κάποιου κτιρίου σε παράλληλες σειρές . Οι συλλέκτες κάθε σειράς συνδέονται μεταξύ τους είτε παράλληλα είτε εν σειρά , είτε σε συνδυασμό και των δύο (μικτή συνδεσμολογία). Όταν οι συλλέκτες συνδέονται εν σειρά , η απόδοση τους διαφέρει από τον ένα συλλέκτη στον άλλο , καθώς η θερμοκρασία εισόδου του θερμικού μέσου σε κάθε συλλέκτη είναι αυτή που αντιστοιχεί στην έξοδο του προηγούμενου. Στη μικτή σύνδεση συνεπάγεται πιο ομοιόμορφη κατανομή της ροής και θερμοκρασίας στους συλλέκτες. Οι διαδοχικές σειρές συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα κατά το τρισωλήνιο σύστημα Tichelman. Μικρές ανομοιομορφίες στη ροή μεταξύ των σειρών των συλλεκτών ελάχιστα επηρεάζουν τη συνολική απόδοση του συστήματος.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας φυσικής κυκλοφορίας είναι η πιο διαδεδομένη στη χώρα μας συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού. Η λειτουργία του βασίζεται στις κάτωθι βασικές αρχές :

3.2.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη δέσμευση της προσπίπτουσας , στη γυάλινη επιφάνεια , ηλιακή ακτινοβολίας στο μεγαλύτερο ποσοστό και στη μετατροπή της στο εσωτερικό χώρο του συλλέκτη σε θερμική ακτινοβολία. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στηρίζεται στη ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος γύρω στα 10 μικρά.

3.2.2 Αρχή του θερμοσίφωνου (Θερμοσιφωνική ροή)

Με βάση την αρχή του θερμοσίφωνου λειτουργεί ο ηλιακός θερμοσίφωνας δηλ. αυξάνοντας η θερμοκρασία στο συλλέκτη ζεστές μάζες νερού γίνονται ελαφρύτερες ανεβαίνουν προς τα επάνω λόγω της διαφοράς πυκνότητας ζεστού και κρύου νερού και αντίστοιχα κρύες μάζες νερού οδηγούνται προς την είσοδο του συλλέκτη. Έτσι έχουμε ένα σύστημα φυσικής κυκλοφορίας με τη δεξαμενή αποθήκευσης υψηλότερα από τη συλλεκτική επιφάνεια .Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για οικιακή χρήση και είναι απλά σε κατασκευή . Σε αντίθεση με τα ηλιακά συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας στα οποία η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται χαμηλότερα και είναι απαραίτητη η χρήση κυκλοφορητή και διαφορικού διακόπτη και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις εκτός από παραγωγή ζεστού νερού αλλά και για θέρμανση χώρων.

3.2.3 Λειτουργία διαφορικού διακόπτη

Στα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας είναι προφανής η ανάγκη ενός αυτοματισμού που θα θέτει σε λειτουργία ή θα θέτει εκτός λειτουργίας τον κυκλοφορητή ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και ακτινοβολίας . Ο διαφορικός διακόπτης δίνει εντολή στην αντλία να λειτουργήσει όταν η θερμοκρασία στην έξοδο από τους συλλέκτες είναι μερικούς βαθμούς υψηλότερη από τη θερμοκρασία μέσα στη δεξαμενή . Η θερμοκρασιακή διαφορά είναι ικανή ώστε ο κυκλοφορητής να τεθεί σε λειτουργία καλείται ΔT_{on} . ΔT_{off} καλείται η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των ιδίων σημείων ικανή να θέσει τον κυκλοφορητή εκτός . Η ΔT_{on} είναι μεγαλύτερη από την ΔT_{off} .

3.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες :

- Τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα.
- Τα αυτόνομα συστήματα.

Και τα δυο έχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι στα πρώτα υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και η ενέργεια που παράγεται περνάει σε αυτό, ενώ στα δεύτερα δεν υπάρχει τέτοια σύνδεση και η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται για ίδια κατανάλωση.

3.4 ΜΟΝΑΔΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Και τα δυο συστήματα αποτελούνται από επιμέρους μονάδες οι οποίες συνήθως είναι οι εξής :

- Διασυνδεδεμένα συστήματα (Σχήμα 3.2)
 - Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.
 - Πίνακας ελέγχου.
 - Αντιστροφέας τάσης.
 - Μετρητής Δ.Ε.Η.
- Αυτόνομα συστήματα (Σχήμα 3.3)
 - Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.
 - Πίνακας ελέγχου.
 - Ρυθμιστής φόρτισης.
 - Συσσωρευτής.
 - Αντιστροφέας τάσης.



Σχήμα 3.2: Αυτόνομη φωτοβολταϊκή γεννήτρια στην οροφή του κτιρίου των Α.Π.Ε η οποία τροφοδοτεί το συμβατικό ψυκτικό θάλαμο του εργαστηρίου μας.



Σχήμα 3.3: Συσσωρευτές που τροφοδοτούνται από τρία PV SM55 χρησιμοποιώντας μετατροπέα δίνοντας ρεύμα στο παραπάνω πίνακα ελέγχου.

3.4.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από πολλές φωτοβολταϊκές κυψέλες που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η φ/β κυψέλη είναι η στοιχειώδης μονάδα ενός φ/β συστήματος γιατί εκεί μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Υπάρχουν πολλά είδη φ/β κυψελών διαθέσιμα στην αγορά και πολλά άλλα υπό ανάπτυξη. Χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά και διατάξεις με στόχο τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τη συσκευή με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Έχουν κατασκευασθεί κυψέλες σε εργαστηριακό περιβάλλον με απόδοση που ξεπερνά το 30%. Ωστόσο η απόδοση αυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περίπου η μισή.

3.4.1.1 Είδη ηλιακών κυψελών

Τα είδη κυψελών, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγορά είναι τα εξής :

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου.
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου.
- Λεπτής μεμβράνης (Thin-film).
- Υβριδικά.

Κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Κατασκευάζονται από καθαρό μονοκρυσταλλικό πυρίτιο το οποίο προέρχεται από ένα μικρό «γόνο» κρύσταλλο, που αποσπάται με αργό ρυθμό από την τηγμένη μάζα του λιγότερου καθαρού πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου του οποίου το πάχος είναι 200 – 400 μm. Επίσης γίνεται τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και έτσι επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακή κυψέλη. Οι μονοκρυσταλλικές ηλιακές κυψέλες παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση και το υψηλότερο κόστος από όλες τις κυψέλες πυριτίου.

Κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Οι κυψέλες αυτές κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Επειδή προκύπτουν απευθείας από ορθογώνιες ράβδους οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες είναι συνήθως τετράγωνης μορφής και μεγαλύτερου μεγέθους από αυτές από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς και έχουν και λίγο χαμηλότερη απόδοση από αυτές.

Κυψέλες λεπτής μεμβράνης

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτό μειώνεται το κόστος.

Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι :

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper Indium Diselenide (CIS).
- Cadmium Telluride (CdTe).
- Gallium Arsenide (GaAs).

Με τα δυο πρώτα να είναι τα σημαντικότερα.

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό φ/β πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%. Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού, το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξείδιο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στη συνέχεια η όλη διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων αλλά ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωση τους σε μια φ/β μονάδα.

Υβριδικές κυψέλες

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στη χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής :

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή, δηλαδή αποτελεσματικότερα.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατόν να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

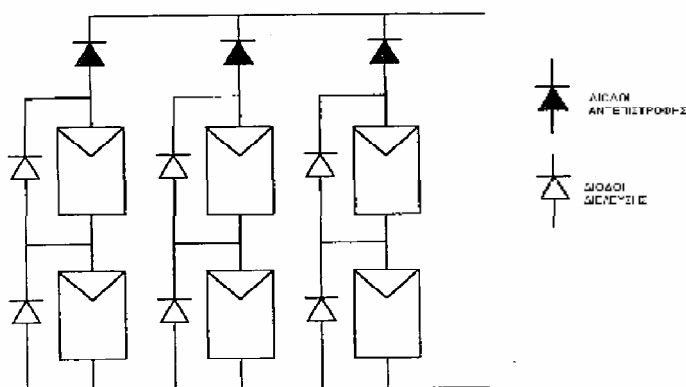
Πίνακας 4: Συγκριτικός πίνακας τεχνολογικών φωτοβολταϊκών.

| Τύπος | Λεπτής Μembrάνης | Πολυκρυσταλλικά | Μονοκρυσταλλικά | Υβριδικά |
|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Απόδοση | Άμορφα: 5-7% CIS: 7-10% | 11-14% | 13-16% | 16-17% |
| Επιφάνεια ανά KWp | 10-20 m ² | 8-10 m ² | 7-8 m ² | 6-7 m ² |

3.4.1.2 Σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Μια σχηματική παράσταση συνδεδεμένων φ/β πλαισίων φαίνεται στο σχήμα 3.4. Εκτός από τα πλαίσια στη συνδεσμολογία περιλαμβάνονται δίοδοι αντεπιστροφής και δίοδοι διέλευσης. Αυτές οι δίοδοι προστατεύουν τα πλαίσια και τα αποτρέπουν από το να φέρονται σαν φορτία τη διάρκεια της νύχτας.

Τα φ/β πλαίσια συνδέονται στη σειρά ώστε να σχηματίζουν συστοιχίες, όπου ο αριθμός των πλαισίων N_s καθορίζεται από την συνεχή τάση που θέλουμε και οι παράλληλες συστοιχίες N_p από την ένταση του ρεύματος που θέλουμε. Για παράδειγμα η τάση εξόδου για τους συλλέκτες, (σχήματος 3.4) θα είναι διπλάσια από την τάση του κάθε πλαισίου και η ένταση του ρεύματος θα είναι τριπλάσια από την ένταση κάθε πλαισίου ξεχωριστά ($N_s = 2$ και $N_p = 3$).

**Σχήμα 3.4:** Σύνδεση φ/β πλαισίων

3.4.1.3 Στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων

Οι κατασκευές στήριξης των φ/β πλαισίων πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Αντίσταση στον αέρα.
- Χαμηλό κόστος.
- Αποφυγή σκιασμού.
- Εύκολη προσέγγιση ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των φ/β μονάδων.

Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει ύψος ώστε να μην κινδυνεύουν οι μονάδες από την βλάστηση ή από πέτρες, αλλά ταυτόχρονα να είναι δυνατός ο εύκολος καθαρισμός τους. Επειδή οι φ/β μονάδες είναι πολύ ακριβές θα πρέπει να είναι πολύ καλά στερεωμένες για να είναι δύσκολη η κλοπή τους. Επίσης είναι απαραίτητη η χρήση φράχτη για να εμποδίζεται η είσοδος σε όσους δεν έχουν σχέση με το έργο και να αποφεύγονται τυχόν βανδαλισμοί και καταστροφές από ζώα. Τέλος οι μονάδες θα πρέπει να είναι σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους και από τον φράχτη ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σκιασμού.

Οι κατασκευές στήριξης των φ/β πλαισίων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- Σταθερές κατασκευές.
- Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σ' έναν άξονα.
- Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σε δυο άξονες.

Οι σταθερές κατασκευές είναι οι πιο απλές. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε συγκεκριμένο προσανατολισμό και κλίση και παραμένουν έτσι για όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Έχουν το χαμηλότερο κόστος αλλά λόγω της σταθερής τους θέσης έχουμε και τη μικρότερη παραγωγή ενέργειας.

Οι κινήσεις του εδάφους και η σύνθεση της ατμόσφαιρας οδηγούν στη διαρκή αλλαγή της απόδοσης και της κατεύθυνσης των ανακλώντων ακτινών του ηλίου. Έτσι οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων σταθερής συναρμολόγησης μπορούν να μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μόνο ένα κλάσμα της ενέργειας του φωτός που εκπέμπει ο ήλιος. Τα προγραμματιζόμενα συστήματα ανίχνευσης στρέφουν τα φ/β στοιχεία πάντοτε προς τον ήλιο κι έτσι η γωνία πρόσπτωσης παραμένει σταθερή και η ένταση του φωτός διατηρείται και μαζί της η ενέργεια. Έτσι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά όχι μόνο οι ώρες της ηλιοφάνειας, αλλά και το διάχυτο φως – όλο το έτος -, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλιακής ενέργειας.

Η αύξηση είναι της τάξης του 20 - 25% με μονοαξονικά, 35 - 45% με διαξονικά συστήματα κι έτσι έχουμε μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα, γρηγορότερη απόσβεση του κόστους κτήσης και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κέρδος.

4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

4.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Ανακλαστικότητα, r

Ορίζεται ως το κλάσμα της προσπίπτουσας σε μια επιφάνεια ακτινοβολίας προς αυτήν που ανακλάται. Είναι αδιάστατο μέγεθος.

Αφεικτικότητα, ϵ

Ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που ακτινοβολεί ένα σώμα (σύμφωνα με το νόμο των Stefan και Boltzmann) προς αυτήν που θα ακτινοβολούσε εάν ήταν τέλειο μέλαν σώμα. Το ϵ , είναι αδιάστατο μέγεθος.

Τα r και ϵ εξαρτώνται από το ποσοστό κάλυψης του ουρανού από σύννεφα και την σύσταση της ατμόσφαιρας. Η μέση τιμή του r είναι 0.3~0.4 και τοπικά μπορεί να φθάσει το 0.7 για χιονισμένες περιοχές.

Αέρια Μάζα

Ως Αέριος Μάζα, m , ορίζεται το πηλίκο του οπτικού πάχους της ατμόσφαιρας δια μέσου της οποίας περνά η άμεση ακτινοβολία, προς το οπτικό πάχος της ατμόσφαιρας όταν ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ. Για γωνίες μεταξύ των 0° και 70° στο επίπεδο της θάλασσας ισχύει η σχέση:

$$m = (\cos q_z)^{-1} \quad (4.1)$$

Επομένως, το m είναι καθαρός αριθμός.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι σχέσεις:

$$m = \left[\cos q_z + 0.15(93.885 - q_z)^{-1.25} \right]^{-1} \quad (4.2a)$$

ή

$$m = 35 / \left[(1224 \cos^2 q_z) + 1 \right]^{0.5}$$

(4.2β)

Συντελεστής \bar{K}_T

Ο παράγων \bar{K}_T ονομάζεται συντελεστής αιθριότητας και ορίζεται ως ο λόγος της μηνιαίας ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο προς την μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο στην περίπτωση που δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1). Τούτο συμβαίνει μόνο σε μεγάλο ύψος δηλ. εκτός ατμόσφαιρας. Συνεπώς:

$$\bar{K}_T = \frac{\text{Μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο}}{\text{Μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο εκτός της ατμόσφαιρας}}$$

(4.3)

4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Ορίζουμε ως:

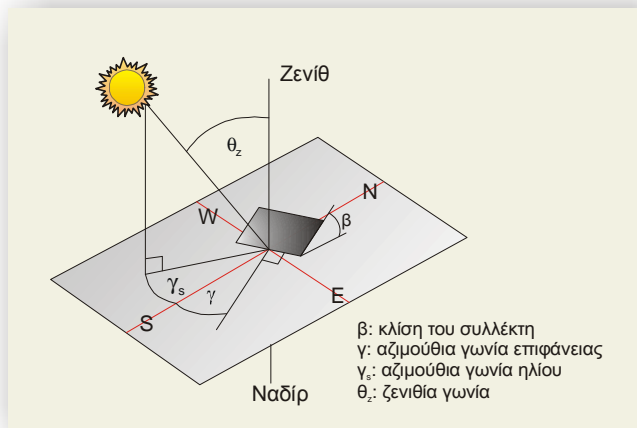
β, *Κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη,*

τη γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του συλλέκτη και το οριζόντιο επίπεδο.

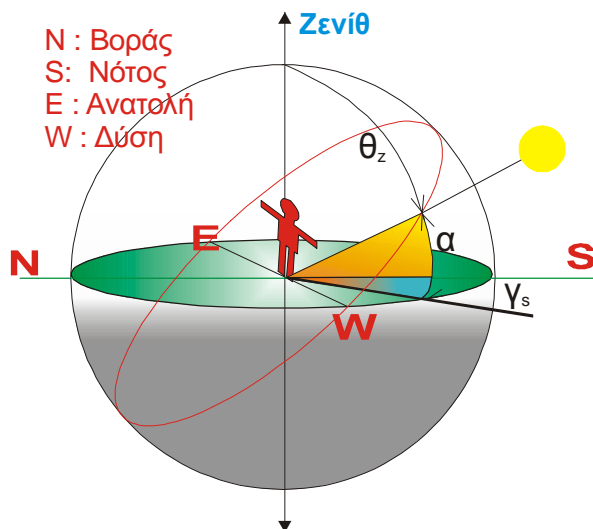
Η γωνία αυτή μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ από 0° έως 90° .

γ, *Αζιμουθιακή γωνία ενός επιπέδου συλλέκτη,* Είναι γωνία που δείχνει το προσανατολισμό του επιπέδου συλλέκτη. Για νότιο προσανατολισμό το γ είναι μηδέν. Η αζιμουθιακή γωνία, είναι αρνητική όταν η προβολή της καθέτου στο συλλέκτη, και του οριζοντίου επιπέδου “βλέπει” προς Ανατολάς και θετική όταν “βλέπει” προς Δυσμάς.

Ισχύει δηλαδή για τους ηλιακούς συλλέκτες: $-90^\circ < g < 90^\circ$



Σχήμα 4.1: Η διεύθυνση B-N (ή N-S) και η προβολή στο οριζόντιο επίπεδο της καθέτου στο συλλέκτη ΣΣ' σχηματίζουν γωνία γ , η οποία καλείται αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη. Διακρίνουμε επίσης τις γωνίες : κλίση συλλέκτη β , την ζενιθία γωνία, θ_z και την αζιμούθια γωνία του ηλίου γ_s .



Σχήμα 4.2: Τροχιά του ηλίου . Διακρίνουμε τις γωνίες α , θ_z , γ_s .

Παρατηρούμε ότι η γωνία θ_z είναι συμπληρωματική της γωνίας α .

γ_s , Αζιμουθιακή γωνία του ηλίου, είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού του τόπου και της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο, της ευθείας που συνδέει τον Ήλιο με τον παρατηρητή ή τον ήλιο με το συλλέκτη. Το γ_s είναι θετικό

προς δύση και αρνητικό προς ανατολή, βλ. σχήματα (4.1) και (4.2). (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

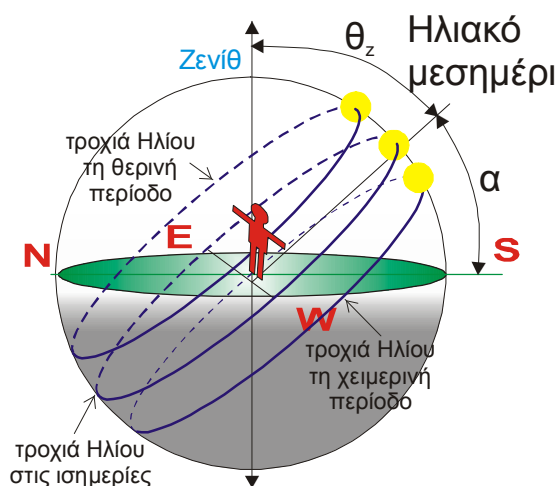
θ_z , *Ζενιθία γωνία*, είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που συνδέει το επίπεδο του συλλέκτη ή τον παρατηρητή με τον Ήλιο και της κατακόρυφου του τόπου που βρίσκεται ο Ηλιακός συλλέκτης (διεύθυνση Zenith).

$$\text{Ισχύει: } \theta_z + \alpha = 90^\circ$$

Παρατήρηση: Η συμπληρωματική προς τη θ_z γωνία α καλείται ύψος του Ηλίου, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

ω , *Ωριαία γωνία*, είναι η γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος κινούμενος στην ημερήσια τροχιά του βλ σχήμα (4.3). (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

Η γωνία αυτή μετράται με αρχή το μεσημβρινό επίπεδο του τόπου. Για κάθε χρονική στιγμή (h) για μια ημέρα (n) αντιστοιχεί και μια τιμή του ω , ή $\omega(h;n_j)$. Η τιμή αυτή είναι θετική όταν το επίπεδο που ορίζεται από τον Ήλιο και την κατακόρυφο Παρατηρητή/Συλλέκτη - Zenith, ευρίσκεται προς Δυσμάς του μεσημβρινού του τόπου. Είναι δε αρνητική, όταν το επίπεδο αυτό ευρίσκεται προς Ανατολή.



Σχήμα 4.3: 3 τροχιές του ηλίου: Μία κατά το χειμώνα, μία κατά την ισημερία και μία κατά τη θερινή περίοδο.

Ανά μια ώρα η γωνία ω μεταβάλλεται κατά 15° . Για παράδειγμα: την 12η ώρα (Α.Η.Χ.), όταν δηλαδή έχουμε ηλιακό μεσημέρι, τότε $\omega=0^\circ$. Στις 10 π.μ (Α.Η.Χ.) αντιστοιχεί $w = -2 \cdot (15^\circ) = -30^\circ$ και στις 5μ.μ (Α.Η.Χ.) $w = (5 \cdot 15^\circ) = 75^\circ$.

ω_s , Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής του ηλίου, ω_{ss} ή ω_{sr} αντίστοιχα, καλείται η ωριαία γωνία ω όταν το ύψος του ηλίου είναι $\alpha = 0$ ή όταν η ζενιθία γωνία είναι: $\theta_z=90^\circ$.

Σημείωση: Η ωριαία γωνία Δύσης ω_{ss} , >0 είναι απολύτως ίση με την ωριαία γωνία Ανατολής ω_{sr} , <0 .

ω'_s , Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής για ένα κεκλιμένο επίπεδο, καλείται η ωριαία γωνία ω κατά την οποία ο ήλιος δύνει ή ανατέλλει για το επίπεδο αυτό, όταν το θεωρήσουμε ως εκτεινόμενο απέραντα.

δ , Απόκλιση ηλίου, καλείται η γωνιακή θέση του Ηλίου (συμβατικά κατά την ηλιακή μεσημβρία) σε σχέση με το Ισημερινό επίπεδο.

Η ηλιακή απόκλιση, δ , αλλάζει καθημερινά και προσδιορίζεται από την εξίσωση του Cooper: (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

$$d = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + n}{360}\right) \quad (4.4)$$

Το n είναι ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους.

θ , Γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας καλείται η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της καθέτου στο επίπεδο του τόπου ή του συλλέκτη και της ευθείας που συνδέει αυτό το επίπεδο με τον ήλιο.

Παρατήρηση: παρατηρείστε ότι για το οριζόντιο επίπεδο η γωνία πρόσπτωσης θ , ταυτίζεται με τη ζενιθία γωνία θ_z .

α , Ύψος ηλίου καλείται η συμπληρωματική γωνία της ζενιθίας γωνίας θ_z και δίνεται από τη γωνία μεταξύ της ευθείας τόπος-ήλιος και του οριζοντίου επιπέδου. Είναι δηλ, $q_z + \alpha = 90^\circ$

Παρατήρηση: όταν ο Ήλιος ανατέλλει ή δύει, ισχύει πάντα $\alpha=0$ και $\theta_z=90^\circ$.

φ , Γεωγραφικό πλάτος ή παράλληλος ενός τόπου, καλείται η γωνιώδης θέση του τόπου σε σχέση με τον ισημερινό.

Ορίζεται ως θετικό για τον Βορρά και αρνητικό για το Νότο. Ισχύει: $-90^\circ < \varphi < 90^\circ$.

4.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Η γενική σχέση που συνδέει τη γωνία πρόσπτωσης θ με τα υπόλοιπα τριγωνομετρικά μεγέθη που ορίσαμε (φ , ω , β , δ και γ) για μια ορισμένη χρονική στιγμή κατά τη νι-οστή ημέρα του χρόνου είναι η:

$$\begin{aligned} \cos q = & \sin d \cdot \sin j \cos b - \sin d \cdot \cos f \cdot \sin b \cdot \cos g + \\ & + \cos d \cdot \cos f \cdot \cos b \cdot \cos w + \\ & + \cos d \cdot \sin f \cdot \sin b \cdot \cos g \cdot \cos w + \\ & + \cos d \cdot \sin b \cdot \sin g \cdot \sin w \end{aligned} \quad (4.5)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να απλοποιηθεί υπό ορισμένες συνθήκες που συναντώνται συχνά στη πράξη, π.χ. όταν $\gamma=0^\circ$, για συλλέκτες προσανατολισμένους νότια, η σχέση (4.5) γράφεται:

$$\begin{aligned} \cos q = & \sin d \cdot \sin j \cdot \cos b - \sin d \cdot \cos j \cdot \sin b + \\ & + \cos d \cdot \cos j \cdot \cos b \cdot \cos w + \cos d \cdot \sin j \cdot \sin b \cdot \cos w \end{aligned} \quad (4.6\alpha)$$

ή

$$\cos q = \cos(f - b) \cos d \cos w + \sin(f - b) \sin d \quad (4.6\beta)$$

Περαιτέρω απλοποίηση επιτυγχάνεται για επιφάνειες οι οποίες είναι κάθετες στο οριζόντιο επίπεδο δηλ. όταν $\beta=90^\circ$. Τότε η σχέση (4.5) γράφεται:

$$\begin{aligned} \cos q = & -\sin d \cdot \cos j \cdot \cos g + \cos d \cdot \sin j \cdot \cos g \cdot \cos w + \\ & + \cos d \cdot \sin g \cdot \sin w \end{aligned} \quad (4.7)$$

Για οριζόντιες επιφάνειες, $\beta=0^\circ$, προσανατολισμένες στο νοτιά, $\gamma=0^\circ$, η γωνία πρόσπτωσης θ ταυτίζεται με τη θ_z δηλ., $\theta=\theta_z$ και η σχέση (4.5) γράφεται:

$$\cos q_z = \cos d \cdot \cos j \cdot \cos w + \sin d \cdot \sin j \quad (4.8)$$

Για $\theta_z=90^\circ$ η ωριαία γωνία ω , είναι η ωριαία της Δύσης και Ανατολής (ω_s) αντίστοιχα. Λόγω συμμετρίας ως προς το ηλιακό μεσημέρι, η ωριαία γωνία δύσης και ανατολής έχουν την ίδια απόλυτη τιμή.

Η σχέση (4.8) στην περίπτωση αυτή γράφεται:

$$0 = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi \Rightarrow \\ \cos \omega_s = -\tan \varphi \cdot \tan \delta \Rightarrow$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) = \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (4.9)$$

Η ωριαία γωνία (ω'_s) (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1) της δύσης ή της ανατολής του Ηλίου στο επίπεδο ενός συλλέκτη κλίσης β , είναι η μικρότερη των ακολούθων δύο μεγεθών:

1. της ωριαίας γωνίας δύσης-ανατολής για το οριζόντιο επίπεδο και
2. της γωνίας $\arccos(-\tan(j - b) \tan d)$

Δηλαδή η ω'_s θα προσδιορισθεί από τη σχέση:

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \cos^{-1}[-\tan(f - b) \tan d]] \quad (4.10)$$

Με βάση την ανωτέρω σχέση (4.10) προσδιορίζεται η ωριαία γωνία ω'_s , δύσης και ανατολής του ηλίου στο κεκλιμένο επίπεδο κατά γωνία, β .

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 ΒΗΜΑ 1: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ(ΗΤ)

Υπολογίζουμε την μηνιαία ακτινοβολία ΗΤ από την σχέση:

$$H_T = \bar{H} \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \right) \times \bar{R}_b + \bar{H}_d \times \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + r \times \bar{H} \times \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (5.1)$$

Αρχικά υπολογίζουμε τον λόγο H_d/H από την σχέση:

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.39 - 4.03 \times \bar{K}_T + 5.53 \times \bar{K}_T^2 - 3.11 \times \bar{K}_T^3 \quad (5.2)$$

όπου:

$$\bar{K}_T = \frac{\text{Μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο}}{\text{Μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο εκτός της ατμόσφαιρας}} \quad (5.3)$$

Οι μηνιαίες ακτινοβολίες στο οριζόντιο επίπεδο και στο οριζόντιο επίπεδο εκτός της ατμόσφαιρας δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5: Μέσες μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ανά ζώνη σε MJ/m². (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

| ΖΩΝΗ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Μ.Ο | ΣΥΝΟΛΟ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1 | 230 | 277 | 439 | 558 | 706 | 770 | 817 | 760 | 598 | 421 | 284 | 220 | 507 | 6080 |
| 2 | 230 | 274 | 418 | 493 | 691 | 752 | 781 | 713 | 536 | 382 | 270 | 198 | 478 | 5738 |
| 3 | 220 | 259 | 400 | 493 | 684 | 745 | 781 | 713 | 526 | 367 | 241 | 187 | 468 | 5616 |
| 4 | 194 | 234 | 371 | 493 | 644 | 724 | 781 | 695 | 504 | 349 | 220 | 173 | 449 | 5384 |
| 5 | 169 | 223 | 360 | 493 | 644 | 680 | 727 | 670 | 486 | 328 | 220 | 162 | 430 | 5162 |
| 6 | 169 | 216 | 349 | 468 | 612 | 666 | 706 | 641 | 464 | 313 | 202 | 162 | 414 | 4968 |

Πίνακας 6: Μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας.
(Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1).

| ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ |
|-------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 35 | 561 | 653 | 908 | 1065 | 1228 | 1236 | 1249 | 1147 | 945 | 772 | 576 | 518 |
| 40 | 468 | 573 | 843 | 1029 | 1218 | 1242 | 1249 | 1122 | 891 | 691 | 489 | 422 |

Η μηνιαία ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο εκτός της ατμόσφαιρας θα υπολογιστεί με γραμμική παρεμβολή βάσει των τιμών του παραπάνω πίνακα.

Επομένως από τα παραπάνω υπολογίζουμε το λόγο $\frac{H_d}{H}$, δηλαδή το λόγο της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας προς την ολική ηλιακή ακτινοβολία.

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τον λόγο της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο R_b (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1) που ισούται με:

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi-\beta) \times \cos \delta \times \sin \omega'_s + \frac{\pi}{180} \times \omega'_s \times \sin(\varphi-\beta) \times \sin \delta}{\cos \varphi \times \cos \delta \times \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \times \omega_s \times \sin \varphi \times \sin \delta} \quad (5.4)$$

όπου:

φ = Γεωγραφικό πλάτος από πίνακα 6

β = Κλίση ηλιακού συλλέκτη.

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (\text{Ηλιακή απόκλιση}) \quad (5.5)$$

Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής σε κεκλιμένο επίπεδο:

$$\omega'_s = \min[\omega_s, \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta) \tan \delta]] \quad (5.6)$$

Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής σε οριζόντιο επίπεδο:

$$\omega_s = \ar \cos(-\tan \varphi \tan \delta) = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (5.7)$$

Βάση των παραπάνω σχέσεων υπολογίζουμε το Συντελεστή μετατροπής ηλιακής ακτινοβολίας από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο R_b .

r είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας και ισούται με 0,2 για όλους τους μήνες, εκτός από τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο, όπου $r=0,5$ και Μάρτιο όπου $r=0,4$.

Από τα παραπάνω υπολογίζουμε την μηνιαία ακτινοβολία H_T [MJ/m²] για κάθε μήνα του έτους.

| Μήνας | Ημέρα | δ | ω_s | φ | β | γ | ω'_s | R_b | H | $\frac{Hd}{H}$ | r | H_T |
|-------------|-------|----------|------------|-----------|---------|----------|-------------|-------|-----|----------------|-----|--------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 17 | -20,92 | 72,46 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 72,46 | 1,51 | 220 | 0,44 | 0,5 | 282,9 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 15 | -13,29 | 79,27 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 79,27 | 1,35 | 259 | 0,45 | 0,5 | 309,6 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 16 | -2,42 | 88,1 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 88,10 | 1,19 | 400 | 0,41 | 0,4 | 446 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 15 | 9,41 | 97,8 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 94,14 | 1,07 | 493 | 0,40 | 0,2 | 513,3 |
| ΜΑΪΟΣ | 15 | 18,80 | 105,56 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 98,53 | 0,99 | 648 | 0,32 | 0,2 | 645,06 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 15 | 23,31 | 109,90 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 100,83 | 0,96 | 754 | 0,29 | 0,2 | 732,8 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 15 | 21,52 | 108,11 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 99,90 | 0,98 | 781 | 0,30 | 0,2 | 766,45 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 15 | 13,78 | 101,15 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 96,14 | 1,04 | 713 | 0,27 | 0,2 | 731 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 15 | 2,22 | 91,75 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 90,10 | 1,14 | 526 | 0,32 | 0,2 | 576,6 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 15 | -9,60 | 82,34 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 82,34 | 1,30 | 367 | 0,37 | 0,2 | 433,10 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 15 | -19,15 | 74,11 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 74,11 | 1,47 | 241 | 0,42 | 0,2 | 305,94 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 15 | -23,34 | 70,12 | 38,25 | 14,7 | 23,55 | 70,12 | 1,58 | 187 | 0,50 | 0,2 | 242,80 |

Όπου:

δ = Ηλιακή απόκλιση.

ω_s = Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής σε οριζόντιο επίπεδο.

φ = Γεωγραφικό πλάτος από πίνακα

β = Κλίση ηλιακού συλλέκτη.

ω'_s = Ωριαία γωνία δύσης ή ανατολής σε κεκλιμένο επίπεδο.

R_b = λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο.

H = Μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας .

$\frac{H_d}{H}$ = Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία προς ολική ηλιακή ακτινοβολία (Όπου: H είναι το άθροισμα της άμεσης διάχυτης και ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε μία επιφάνειας.

r = Συντελεστής ανακλαστικότητας.

H_T = Μηνιαία ακτινοβολία.

5.2 ΒΗΜΑ 2: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (IT)

Ο υπολογισμός της ωριαίας ακτινοβολίας IT (Από Duffie & Beckman solar energy thermal processes) δίνεται από την σχέση:

$$I_T = I_b \times R_b \times I_d \times R_d \quad (\text{Ωριαία ακτινοβολία}) \quad (5.8)$$

Απ' όπου έχουμε:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (5.9)$$

Συντελεστής μετατροπής άμεσης ακτινοβολίας από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο.

θ = γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας καλείται η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της καθέτου στο επίπεδο του τόπου ή του συλλέκτη και της ευθείας που συνδέει αυτό το επίπεδο με τον ήλιο και υπολογίζεται από την σχέση:

$$\cos q = \sin d \cdot \sin j \cdot \cos b - \sin d \cdot \cos j \cdot \sin b + \cos d \cdot \cos j \cdot \cos b \cdot \cos w + \cos d \cdot \sin j \cdot \sin b \cdot \cos w \quad (5.10)$$

θ_z = Ζενιθία γωνία, είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που συνδέει το επίπεδο του συλλέκτη ή τον παρατηρητή με τον Ήλιο και της κατακορύφου του τόπου που βρίσκεται ο Ηλιακός συλλέκτης (διεύθυνση Zenith).

Ισχύει: $\theta_z + \alpha = 90^\circ$

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cdot \cos \varphi + \sin \delta \cdot \sin \varphi \quad (5.11)$$

Ακόμα έχουμε:

ω = Ωριαία γωνία είναι η γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος κινούμενος στην ημερήσια τροχιά του.

Ανά μια ώρα βάση του (ΑΗΧ) η γωνία ω μεταβάλλεται κατά 15° και για να υπολογίσουμε τον (ΑΗΧ) (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1) δίνεται η παρακάτω σχέση:

$$\text{ΑΗΧ} = \text{ΤΩΧ} - 4 \text{min/μοίρα} (\text{Ist-Lloc}) + E \quad (5.12)$$

Όπου E η εξίσωση του χρόνου και υπολογίζεται από την σχέση:

$$E = 0.0172 + 0.3278 \cos B - 7.3456 \sin B - 3.3468 \cos^2 B - 9.3544 \sin^2 B \quad (5.13)$$

Όπου:

$$B = 360 \frac{(n-1)}{365} \quad (5.14)$$

$$L_{st}=30$$

L_{loc} =Γεωγραφικό μήκος.

β , Κλίση του ηλιακού συλλέκτη είναι η γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του συλλέκτη και το οριζόντιο επίπεδο.

γ , Αζιμουθιακή γωνία ενός επιπέδου συλλέκτη, είναι γωνία που δείχνει το προσανατολισμό του επιπέδου συλλέκτη. Για νότιο προσανατολισμό το γ είναι μηδέν. Η αζιμουθιακή γωνία, είναι αρνητική όταν η προβολή της καθέτου στο συλλέκτη, και του οριζοντίου επιπέδου “βλέπει” προς Ανατολάς και θετική όταν “βλέπει” προς Δυσμάς.

δ , Απόκλιση ηλίου, καλείται η γωνιακή θέση του Ηλίου (συμβατικά κατά την ηλιακή μεσημβρία) σε σχέση με το Ισημερινό επίπεδο.

Η ηλιακή απόκλιση, δ , αλλάζει καθημερινά και προσδιορίζεται από την εξίσωση του Cooper:

$$d = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + n}{360}\right) \quad (5.15)$$

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο I_b (Από Duffie & Beckman solar energy thermal processes) δίνεται από την σχέση:

$$I_b = I_{glob} - I_d \quad (5.16)$$

Το I_{glob} είναι η μέση τιμή ακτινοβολίας για τα έτη 1995-2000, δεδομένα από την ΕΜΥ που επεξεργάστηκαν για την Πάτρα από πτυχιακή εργασία ‘Μοντέλο

αναλυτικού υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορες επιφάνειες με διάφορο προσανατολισμό και κλίση.

Η διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο I_d (Από Duffie & Beckman solar energy thermal processes) δίνεται από την σχέση:

$$I_d = I_{glob} \cdot [1 - 0.249 \cdot K_T] \quad (5.17)$$

Για να υπολογίσουμε την διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο I_d πρέπει να υπολογίσουμε τον συντελεστή αιθριότητας K_T (Από Duffie & Beckman solar energy thermal processes) από την σχέση:

$$K_T = \frac{I_{glob}}{I_{ext}} \quad (5.18)$$

όπου I_{ext} (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 1) είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο το οποίο βρίσκεται έξω από το όριο της ατμόσφαιρας και υπολογίζεται από την σχέση:

$$I_{ext} = I_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \left(\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi \omega_s}{360} \sin \varphi \sin \delta \right) \quad (5.19)$$

Τέλος υπολογίζουμε τον διορθωτικό συντελεστή ανακλώμενης ακτινοβολίας R_d από την σχέση:

$$R_d = \frac{(1 + \cos \beta)}{2} \quad (5.20)$$

Επομένως από τα παραπάνω και βάση της σχέσης:

$$I_T = I_b \times R_b \times I_d \times R_d$$

Υπολογίζουμε την ωριαία ακτινοβολία.

16 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| N [ημέρες] | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 14,79 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 |
| E | -9,071 | -9,07 | -9,07 | -9,1 | -9,07 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,1 | -9,07 | -9,1 |
| AHX [h] | 5,278 | 6,28 | 7,28 | 8,28 | 9,28 | 10,3 | 11,3 | 12,3 | 13,3 | 14,3 | 15,3 | 16,3 | 17 | 18,3 | 19,3 |
| δ [°] | -20,31 | -20,3 | -20,3 | -20 | -20,3 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20,3 | -20 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -100,8 | -85,8 | -70,8 | -56 | -40,8 | -26 | -11 | 4,17 | 19,2 | 34,2 | 49,2 | 64,2 | 79 | 94,2 | 109 |
| I_{ext} [w/m ²] | -493,1 | -225 | 37,7 | 278 | 478 | 625 | 710 | 725 | 671 | 551 | 372 | 148 | -107 | -375 | -638 |
| K_T | 0 | 0 | 0 | 0,09 | 0,37 | 0,48 | 0,64 | 0,69 | 0,69 | 0,66 | 0,57 | 0,64 | -0,1 | 0 | 0 |
| I_d [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 24,4 | 155 | 203 | 173 | 142 | 135 | 123 | 107 | 36,5 | 10 | 0 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,389 | -0,16 | 0,07 | 0,29 | 0,48 | 0,62 | 0,71 | 0,75 | 0,72 | 0,64 | 0,5 | 0,32 | 0,1 | -0,13 | -0,4 |
| cos ΘZ | -0,353 | -0,16 | 0,03 | 0,2 | 0,34 | 0,45 | 0,51 | 0,52 | 0,48 | 0,39 | 0,27 | 0,11 | -0,1 | -0,27 | -0,5 |
| R_b | 1,103 | 0,99 | 2,66 | 1,45 | 1,39 | 1,39 | 1,4 | 1,44 | 1,5 | 1,62 | 1,87 | 2,99 | -1,4 | 0,47 | 0,78 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 0,56 | 20,4 | 95,3 | 281 | 360 | 326 | 242 | 107 | 57,5 | -0,2 | 0 | 0 |
| I_T [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 24,9 | 180 | 331 | 565 | 658 | 623 | 512 | 306 | 208 | 10 | 0 | 0 |

14 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ

| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N [ημέρες] | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 3 | 76 | 200 | 316 | 428 | 543 | 577 | 517 | 338 | 180 | 79 | 0 | 0 |
| B | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 | 43,39 |
| E | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | 14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 | -14,3 |
| AHX [h] | 5,191 | 6,19 | 7,19 | 8,19 | 9,19 | 10,2 | 11,2 | 12,2 | 13,2 | 14,2 | 15,2 | 16,2 | 17 | 18,2 | 19,2 |
| δ [°] | -12,08 | -12,1 | -12,1 | -12 | -12,1 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12,1 | -12 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -102,1 | -87,1 | -72,1 | -57 | -42,1 | -27 | -12 | 2,86 | 17,9 | 32,9 | 47,9 | 62,9 | 78 | 92,9 | 108 |
| I_{ext} [w/m ²] | -403 | -126 | 147 | 398 | 609 | 767 | 860 | 883 | 833 | 714 | 534 | 306 | 44 | -232 | -506 |
| K_T | 0 | 0 | 0,02 | 0,19 | 0,33 | 0,41 | 0,5 | 0,62 | 0,69 | 0,72 | 0,63 | 0,59 | 1,8 | 0 | 0 |
| I_d [w/m ²] | 0 | 0 | 2,98 | 72,4 | 184 | 252 | 275 | 231 | 163 | 116 | 133 | 85,3 | 14 | 0 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,363 | -0,12 | 0,12 | 0,34 | 0,54 | 0,7 | 0,8 | 0,84 | 0,82 | 0,74 | 0,6 | 0,41 | 0,2 | -0,05 | -0,3 |
| cos ΘZ | -0,291 | -0,09 | 0,11 | 0,29 | 0,44 | 0,55 | 0,62 | 0,64 | 0,6 | 0,52 | 0,39 | 0,22 | 0 | -0,17 | -0,4 |
| R_b | 1,25 | 1,36 | 1,1 | 1,2 | 1,23 | 1,26 | 1,29 | 1,32 | 1,36 | 1,43 | 1,55 | 1,86 | 6 | 0,28 | 0,79 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 0 | 0 | 0,02 | 3,62 | 16,4 | 63,5 | 153 | 312 | 414 | 401 | 205 | 94,7 | 65 | 0 | 0 |
| I_T [w/m ²] | 0 | 0 | 2,95 | 75,5 | 201 | 329 | 468 | 640 | 726 | 688 | 449 | 261 | 404 | 0 | 0 |

| | | 15 ΜΑΡΤΙΟΥ | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 58 | 214 | 391 | 486 | 348 | 328 | 529 | 345 | 396 | 213 | 132 | 33 | 0 |
| B | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| E | -9,7 | -9,7 | 9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 | -9,7 |
| AHX [h] | 5,268 | 6,27 | 7,27 | 8,27 | 9,27 | 10,3 | 11,3 | 12,3 | 13,3 | 14,3 | 15,3 | 16,3 | 17 | 18,3 | 19,3 |
| δ [°] | -0,818 | -0,82 | -0,82 | -0,8 | -0,82 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,82 | -0,8 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -101 | -86 | -71 | -56 | -41 | -26 | -11 | 4,02 | 19 | 34 | 49 | 64 | 79 | 94 | 109 |
| I_{ext} [W/m ²] | -216,3 | 63,2 | 338 | 588 | 798 | 952 | 1041 | 1058 | 1002 | 877 | 691 | 458 | 192 | -87,4 | -362 |
| K_T | 0 | 0 | 0,17 | 0,36 | 0,49 | 0,51 | 0,33 | 0,31 | 0,52 | 0,39 | 0,57 | 0,46 | 0,7 | -0,37 | 0 |
| I_d [W/m ²] | 0 | 0 | 55,5 | 190 | 256 | 300 | 319 | 303 | 312 | 287 | 199 | 149 | 39 | 36,1 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,271 | -0,03 | 0,22 | 0,45 | 0,65 | 0,81 | 0,91 | 0,94 | 0,92 | 0,83 | 0,68 | 0,49 | 0,3 | 0,01 | -0,2 |
| cos Θ_Z | -0,158 | 0,05 | 0,25 | 0,43 | 0,58 | 0,7 | 0,76 | 0,77 | 0,73 | 0,64 | 0,51 | 0,34 | 0,1 | -0,06 | -0,3 |
| R_b | 1,713 | -0,56 | 0,89 | 1,05 | 1,12 | 1,16 | 1,19 | 1,22 | 1,25 | 1,28 | 1,34 | 1,45 | 1,8 | -0,22 | 0,87 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0 | 0 | 2,48 | 24,1 | 135 | 186 | 29 | 25,3 | 210 | 57,6 | 197 | 63,7 | 93 | -3,1 | 0 |
| I_T [W/m ²] | 0 | 0 | 56,8 | 212 | 403 | 510 | 348 | 329 | 569 | 357 | 461 | 239 | 210 | 36,2 | 0 |

| | | 14 ΑΠΡΙΛΙΟΥ | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| I_{glob} | 0 | 31 | 175 | 387 | 561 | 679 | 800 | 815 | 826 | 738 | 666 | 464 | 233 | 59 | 0 |
| B | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 | 101,6 |
| E | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,48 |
| AHX [h] | 5,421 | 6,42 | 7,42 | 8,42 | 9,42 | 10,4 | 11,4 | 12,4 | 13,4 | 14,4 | 15,4 | 16,4 | 17 | 18,4 | 19,4 |
| δ [°] | 11,01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -98,68 | -83,7 | -68,7 | -54 | -38,7 | -24 | -8,7 | 6,31 | 21,3 | 36,3 | 51,3 | 66,3 | 81 | 96,3 | 111 |
| I_{ext} [W/m ²] | 2,511 | 273 | 535 | 772 | 967 | 1107 | 1182 | 1188 | 1123 | 993 | 806 | 575 | 315 | 44,8 | -218 |
| K_T | 0 | 0,11 | 0,33 | 0,5 | 0,58 | 0,61 | 0,67 | 0,68 | 0,73 | 0,74 | 0,82 | 0,81 | 0,7 | 1,32 | 0 |
| I_d [W/m ²] | 0 | 30,1 | 161 | 246 | 275 | 291 | 250 | 240 | 169 | 140 | 77,9 | 54,3 | 46 | 10,4 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,145 | 0,1 | 0,34 | 0,56 | 0,75 | 0,9 | 0,98 | 1,01 | 0,98 | 0,88 | 0,73 | 0,53 | 0,3 | 0,06 | -0,2 |
| cos Θ_Z | 0,001 | 0,2 | 0,4 | 0,57 | 0,72 | 0,82 | 0,88 | 0,88 | 0,84 | 0,74 | 0,6 | 0,43 | 0,2 | 0,03 | -0,2 |
| R_b | -78,04 | 0,47 | 0,85 | 0,98 | 1,04 | 1,09 | 1,12 | 1,14 | 1,17 | 1,19 | 1,21 | 1,24 | 1,3 | 1,83 | 1,11 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0 | 0,88 | 14,2 | 141 | 286 | 388 | 550 | 575 | 657 | 598 | 588 | 410 | 187 | 48,6 | 0 |
| I_T [W/m ²] | 0 | 30 | 170 | 379 | 569 | 708 | 861 | 894 | 933 | 848 | 788 | 561 | 287 | 99 | 0 |

| | | | | 15 ΜΑΙΟΥ | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 |
| I_{glob} | 0 | 93 | 211 | 367 | 485 | 689 | 712 | 732 | 557 | 474 | 489 | 378 | 226 | 73 | 0 |
| B | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 | 132,2 |
| E | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 3,99 |
| AHX [h] | 5,496 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,5 | 16,5 | 17 | 18,5 | 19,5 |
| δ [°] | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20 | 20,1 | 20,1 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -97,56 | -82,6 | -67,6 | -53 | -37,6 | -23 | -7,6 | 7,43 | 22,4 | 37,4 | 52,4 | 67,4 | 82 | 97,4 | 112 |
| I_{ext} [w/m ²] | 153 | 408 | 654 | 874 | 1054 | 1182 | 1248 | 1248 | 1183 | 1056 | 876 | 656 | 410 | 155 | -91 |
| K_T | 0 | 0,23 | 0,32 | 0,42 | 0,46 | 0,58 | 0,57 | 0,59 | 0,47 | 0,45 | 0,56 | 0,58 | 0,6 | 0,47 | -0,1 |
| I_d [w/m ²] | 0 | 87,7 | 194 | 288 | 345 | 334 | 361 | 350 | 385 | 346 | 259 | 188 | 123 | 50,4 | 10,3 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,056 | 0,18 | 0,41 | 0,62 | 0,8 | 0,93 | 1,01 | 1,03 | 0,99 | 0,9 | 0,75 | 0,56 | 0,3 | 0,11 | -0,1 |
| cos ΘZ | 0,115 | 0,31 | 0,49 | 0,66 | 0,8 | 0,89 | 0,94 | 0,94 | 0,89 | 0,8 | 0,66 | 0,5 | 0,3 | 0,12 | -0,1 |
| R_b | -0,48 | 0,57 | 0,82 | 0,93 | 0,99 | 1,04 | 1,07 | 1,09 | 1,11 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,1 | 0,91 | 1,78 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 0 | 5,28 | 17 | 79,1 | 140 | 355 | 351 | 382 | 172 | 128 | 230 | 190 | 103 | 22,6 | -0,3 |
| I_T [w/m ²] | 0 | 89,3 | 205 | 357 | 479 | 698 | 731 | 763 | 570 | 484 | 515 | 399 | 24 | 70,2 | 9,62 |

| | | | | 15 ΙΟΥΝΙΟΥ | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 | 166 |
| I_{glob} | 32 | 132 | 316 | 491 | 660 | 815 | 926 | 975 | 941 | 798 | 687 | 519 | 334 | 151 | 28 |
| B | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 | 162,7 |
| E | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| AHX [h] | 5,43 | 6,43 | 7,43 | 8,43 | 9,43 | 10,4 | 11,4 | 12,4 | 13,4 | 14,4 | 15,4 | 16,4 | 17 | 18,4 | 19,4 |
| δ [°] | 23,45 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23 | 23,5 | 23,5 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -98,54 | -83,5 | -68,5 | -54 | -38,5 | -24 | -8,5 | 6,45 | 21,5 | 36,5 | 51,5 | 66,5 | 81 | 96,5 | 111 |
| I_{ext} [w/m ²] | 182,6 | 429 | 668 | 884 | 1061 | 1188 | 1256 | 1261 | 1201 | 1082 | 911 | 700 | 463 | 217 | -23 |
| K_T | 0,175 | 0,31 | 0,47 | 0,56 | 0,62 | 0,69 | 0,74 | 0,77 | 0,78 | 0,74 | 0,75 | 0,74 | 0,7 | 0,7 | -1,2 |
| I_d [w/m ²] | 30,6 | 122 | 217 | 263 | 272 | 240 | 186 | 173 | 167 | 160 | 122 | 99,8 | 77 | 41,4 | 36,5 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,043 | 0,18 | 0,41 | 0,62 | 0,79 | 0,93 | 1,01 | 1,04 | 1 | 0,91 | 0,77 | 0,58 | 0,4 | 0,15 | -0,1 |
| cos ΘZ | 0,139 | 0,33 | 0,51 | 0,67 | 0,81 | 0,91 | 0,96 | 0,96 | 0,92 | 0,83 | 0,7 | 0,53 | 0,4 | 0,17 | 0 |
| R_b | -0,315 | 0,56 | 0,8 | 0,91 | 0,98 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,09 | 1,1 | 1,1 | 1,09 | 1,1 | 0,88 | 4,65 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 1,396 | 10,1 | 99 | 229 | 388 | 575 | 740 | 802 | 774 | 638 | 565 | 419 | 257 | 110 | -8,7 |
| I_T [w/m ²] | 29,66 | 126 | 293 | 467 | 648 | 825 | 963 | 1034 | 1010 | 860 | 744 | 556 | 346 | 137 | -4,3 |

16 ΙΟΥΛΙΟΥ

| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N [ημέρες] | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 | 193,3 |
| E | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 | -5,79 |
| AHX [h] | 5,333 | 6,33 | 7,33 | 8,33 | 9,33 | 10,3 | 11,3 | 12,3 | 13,3 | 14,3 | 15,3 | 16,3 | 17 | 18,3 | 19,3 |
| δ [°] | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20 | 20,1 | 20,1 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -100 | -85 | -70 | -55 | -40 | -25 | -10 | 4,99 | 20 | 35 | 50 | 65 | 80 | 95 | 110 |
| I_{ext} [W/m ²] | 110,8 | 363 | 609 | 833 | 1018 | 1154 | 1230 | 1241 | 1186 | 1070 | 900 | 687 | 447 | 195 | -52 |
| K_T | 0,099 | 0,25 | 0,41 | 0,47 | 0,56 | 0,6 | 0,71 | 0,72 | 0,66 | 0,64 | 0,68 | 0,66 | 0,7 | 0,69 | -0,8 |
| I_d [W/m ²] | 10,73 | 83,6 | 200 | 271 | 303 | 313 | 224 | 213 | 267 | 256 | 187 | 155 | 81 | 38,9 | 49,1 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | 0,093 | 0,14 | 0,37 | 0,58 | 0,77 | 0,91 | 1 | 1,03 | 1 | 0,92 | 0,78 | 0,59 | 0,4 | 0,15 | -0,1 |
| cos Θ_Z | 0,084 | 0,28 | 0,46 | 0,64 | 0,78 | 0,88 | 0,94 | 0,95 | 0,91 | 0,82 | 0,69 | 0,52 | 0,3 | 0,15 | 0 |
| R_b | -1,103 | 0,5 | 0,79 | 0,92 | 0,99 | 1,04 | 1,07 | 1,09 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,13 | 1,1 | 0,98 | 2,18 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0,272 | 5,44 | 50,6 | 119 | 263 | 381 | 644 | 675 | 518 | 433 | 425 | 299 | 235 | 95,1 | -8,1 |
| I_T [W/m ²] | 10,25 | 84,9 | 237 | 376 | 559 | 703 | 908 | 946 | 837 | 738 | 664 | 489 | 339 | 131 | 30,6 |

16 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ

| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N [ημέρες] | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 | 224 |
| E | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 | -4,6 |
| AHX [h] | 5,353 | 6,35 | 7,35 | 8,35 | 9,35 | 10,4 | 11,4 | 12,4 | 13,4 | 14,4 | 15,4 | 16,4 | 17 | 18,4 | 19,4 |
| δ [°] | 11,01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -99,71 | -84,7 | -69,7 | -55 | -39,7 | -25 | -9,7 | 5,29 | 20,3 | 35,3 | 50,3 | 65,3 | 80 | 95,3 | 110 |
| I_{ext} [W/m ²] | -15,59 | 250 | 509 | 745 | 940 | 1082 | 1160 | 1170 | 1112 | 988 | 807 | 582 | 328 | 62,3 | -197 |
| K_T | 0 | 0,19 | 0,35 | 0,47 | 0,57 | 0,65 | 0,7 | 0,74 | 0,75 | 0,69 | 0,69 | 0,64 | 0,7 | 1,03 | 0 |
| I_d [W/m ²] | 0 | 45,7 | 163 | 243 | 274 | 255 | 220 | 172 | 149 | 192 | 160 | 141 | 72 | 11,3 | 2,01 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,162 | 0,08 | 0,32 | 0,55 | 0,74 | 0,89 | 0,98 | 1,01 | 0,98 | 0,89 | 0,74 | 0,54 | 0,3 | 0,08 | -0,2 |
| cos Θ_Z | -0,011 | 0,19 | 0,39 | 0,56 | 0,71 | 0,82 | 0,88 | 0,89 | 0,84 | 0,75 | 0,61 | 0,44 | 0,2 | 0,05 | 0,15 |
| R_b | 13,74 | 0,42 | 0,83 | 0,97 | 1,04 | 1,08 | 1,12 | 1,14 | 1,16 | 1,19 | 1,21 | 1,24 | 1,3 | 1,65 | 1,1 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0 | 2,29 | 16 | 105 | 258 | 446 | 591 | 692 | 690 | 493 | 397 | 232 | 147 | 52,7 | 0 |
| I_T [W/m ²] | 0 | 45,9 | 174 | 341 | 538 | 734 | 876 | 960 | 950 | 773 | 637 | 426 | 260 | 98 | 1,97 |

| 15 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ώρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 | 253,5 |
| E | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| AHX [h] | 5,507 | 6,51 | 7,51 | 8,51 | 9,51 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,5 | 16,5 | 18 | 18,5 | 19,5 |
| δ [°] | -0,818 | -0,82 | -0,82 | -0,8 | -0,82 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,82 | -0,8 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -97,39 | -82,4 | -67,4 | -52 | -37,4 | -22 | -7,4 | 7,61 | 22,6 | 37,6 | 52,6 | 67,6 | 83 | 97,6 | 113 |
| I_{ext} [W/m ²] | -147,3 | 128 | 393 | 631 | 825 | 962 | 1032 | 1032 | 960 | 822 | 628 | 389 | 124 | -151 | -417 |
| K_T | 0 | 0,16 | 0,27 | 0,45 | 0,55 | 0,66 | 0,69 | 0,67 | 0,71 | 0,77 | 0,74 | 0,82 | 0,9 | -0,19 | 0 |
| I_d [W/m ²] | 0 | 19,2 | 99,7 | 207 | 246 | 215 | 204 | 221 | 169 | 112 | 92,4 | 56,3 | 21 | 3,38 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,213 | 0,03 | 0,28 | 0,5 | 0,69 | 0,84 | 0,92 | 0,94 | 0,9 | 0,8 | 0,64 | 0,44 | 0,2 | -0,04 | -0,3 |
| cos ΘZ | -0,109 | 0,1 | 0,29 | 0,47 | 0,62 | 0,72 | 0,77 | 0,77 | 0,72 | 0,61 | 0,47 | 0,29 | 0,1 | -0,11 | -0,3 |
| R_b | 1,945 | 0,35 | 0,95 | 1,07 | 1,13 | 1,17 | 1,2 | 1,23 | 1,26 | 1,3 | 1,36 | 1,5 | 2,2 | 0,4 | 0,93 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0 | 0,78 | 7,26 | 77,1 | 210 | 423 | 509 | 474 | 515 | 520 | 371 | 262 | 95 | -1,38 | 0 |
| I_T [W/m ²] | 0 | 19,2 | 105 | 286 | 479 | 705 | 810 | 799 | 815 | 786 | 596 | 448 | 229 | 29,3 | 0 |

| 16 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ώρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 | 284,1 |
| E | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 | 14,58 |
| AHX [h] | 5,672 | 6,67 | 7,67 | 8,67 | 9,67 | 10,7 | 11,7 | 12,7 | 13,7 | 14,7 | 15,7 | 16,7 | 18 | 18,7 | 19,7 |
| δ [°] | -12,77 | -12,8 | -12,8 | -13 | -12,8 | -13 | -13 | -13 | -13 | -13 | -13 | -13 | -13 | -12,8 | -13 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -94,91 | -79,9 | -64,9 | -50 | -34,9 | -20 | -4,9 | 10,1 | 25,1 | 40,1 | 55,1 | 70,1 | 85 | 100 | 115 |
| I_{ext} [W/m ²] | -276,3 | -3,74 | 256 | 486 | 670 | 796 | 855 | 842 | 760 | 613 | 411 | 169 | -97 | -370 | -630 |
| K_T | 0 | 0 | 0,29 | 0,48 | 0,55 | 0,59 | 0,59 | 0,62 | 0,61 | 0,61 | 0,57 | 0,63 | -0,2 | 0 | 0 |
| I_d [W/m ²] | 0 | 0 | 68,7 | 157 | 201 | 220 | 240 | 217 | 202 | 164 | 118 | 42,9 | 21 | 0 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,254 | -0,01 | 0,22 | 0,44 | 0,62 | 0,75 | 0,82 | 0,83 | 0,78 | 0,67 | 0,51 | 0,3 | 0,1 | -0,17 | -0,4 |
| cos ΘZ | -0,202 | -0 | 0,19 | 0,36 | 0,49 | 0,58 | 0,63 | 0,62 | 0,56 | 0,45 | 0,3 | 0,12 | -0,1 | -0,27 | -0,5 |
| R_b | 1,257 | 4,6 | 1,19 | 1,23 | 1,26 | 1,28 | 1,31 | 1,35 | 1,4 | 1,49 | 1,68 | 2,44 | -1 | 0,62 | 0,88 |
| $I_{glob} - I_d$ [W/m ²] | 0 | 0 | 5,32 | 76,9 | 167 | 252 | 261 | 306 | 261 | 208 | 118 | 63,1 | -1 | 0 | 0 |
| I_T [W/m ²] | 0 | 0 | 73,9 | 249 | 408 | 540 | 579 | 627 | 565 | 472 | 314 | 196 | 22 | 0 | 0 |

| | | | | 15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 | 313,6 |
| E | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 | 15,06 |
| AHX [h] | 5,68 | 6,68 | 7,68 | 8,68 | 9,68 | 10,7 | 11,7 | 12,7 | 13,7 | 14,7 | 15,7 | 16,7 | 18 | 18,7 | 19,7 |
| δ [°] | -20,89 | -20,9 | -20,9 | -21 | -20,9 | -21 | -21 | -21 | -21 | -21 | -21 | -21 | -21 | -20,9 | -21 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -94,79 | -79,8 | -64,8 | -50 | -34,8 | -20 | -4,8 | 10,2 | 25,2 | 40,2 | 55,2 | 70,2 | 85 | 100 | 115 |
| I_{ext} [w/m ²] | -390,6 | -126 | 127 | 350 | 528 | 650 | 706 | 694 | 613 | 470 | 274 | 38,3 | -221 | -486 | -738 |
| K_T | 0 | 0 | 0,08 | 0,19 | 0,28 | 0,23 | 0,38 | 0,44 | 0,41 | 0,49 | 0,4 | 0,99 | 0 | 0 | 0 |
| I_d [w/m ²] | 0 | 0 | 9,8 | 64,7 | 137 | 140 | 231 | 228 | 202 | 151 | 90 | 6,73 | 1 | 0 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,302 | -0,07 | 0,16 | 0,36 | 0,53 | 0,66 | 0,73 | 0,74 | 0,69 | 0,58 | 0,42 | 0,23 | 0 | -0,22 | -0,5 |
| cos ΘZ | -0,282 | -0,09 | 0,09 | 0,25 | 0,38 | 0,47 | 0,51 | 0,5 | 0,44 | 0,34 | 0,2 | 0,03 | -0,2 | -0,35 | -0,5 |
| R_b | 1,069 | 0,77 | 1,71 | 1,43 | 1,4 | 1,4 | 1,43 | 1,47 | 1,55 | 1,71 | 2,15 | 8,28 | 0 | 0,64 | 0,84 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 0 | 0 | 0,2 | 3,29 | 10,2 | 8,5 | 40,3 | 74,7 | 47,3 | 80,2 | 20 | 31,3 | 0 | 0 | 0 |
| I_T [w/m ²] | 0 | 0 | 9,98 | 68,4 | 149 | 150 | 284 | 335 | 272 | 286 | 131 | 266 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | 15 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ | | | | | | | | | | | |
| Ωρες | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N [ημέρες] | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 | 349 |
| I_{glob} | 0 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| B | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 | 343,3 |
| E | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 | 4,82 |
| AHX [h] | 5,51 | 6,51 | 7,51 | 8,51 | 9,51 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,5 | 16,5 | 18 | 18,5 | 19,5 |
| δ [°] | -23,42 | -23,4 | -23,4 | -23 | -23,4 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23 | -23,4 | -23 |
| Φ [°] | 38,25 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38,3 | 38 | 38,3 | 38,3 |
| ω [°] | -97,35 | -82,4 | -67,4 | -52 | -37,4 | -22 | -7,4 | 7,65 | 22,6 | 37,6 | 52,6 | 67,6 | 83 | 97,6 | 113 |
| I_{ext} [w/m ²] | -472,2 | -210 | 43,9 | 271 | 456 | 587 | 654 | 654 | 585 | 453 | 267 | 39,1 | -215 | -477 | -731 |
| K_T | 0 | 0 | 0 | 0,06 | 0,22 | 0,26 | 0,37 | 0,4 | 0,36 | 0,37 | 0,36 | 0,72 | 0 | 0 | 0 |
| I_d [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 16,7 | 95,4 | 142 | 213 | 215 | 189 | 147 | 85,7 | 6,71 | 0 | 0 | 0 |
| B [°] | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 15 | 14,7 | 14,7 |
| Γ [°] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Cos θ | -0,354 | -0,13 | 0,1 | 0,3 | 0,48 | 0,61 | 0,69 | 0,71 | 0,67 | 0,57 | 0,43 | 0,24 | 0 | -0,2 | -0,4 |
| cos ΘZ | -0,338 | -0,15 | 0,03 | 0,19 | 0,33 | 0,42 | 0,47 | 0,47 | 0,42 | 0,32 | 0,19 | 0,03 | -0,2 | -0,34 | -0,5 |
| R_b | 1,046 | 0,85 | 3,1 | 1,57 | 1,47 | 1,45 | 1,47 | 1,51 | 1,6 | 1,77 | 2,23 | 8,59 | -0,2 | 0,59 | 0,81 |
| $I_{glob} - I_d$ [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 0,27 | 5,57 | 9,8 | 32,4 | 49,2 | 24,1 | 20,2 | 9,31 | 21,3 | 0 | 0 | 0 |
| I_T [w/m ²] | 0 | 0 | 0 | 16,9 | 102 | 154 | 257 | 286 | 224 | 180 | 105 | 189 | 0 | 0 | 0 |

5.3 ΒΗΜΑ 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ [η]

Στο 3ο Βήμα της πτυχιακής μας εργασίας θα υπολογίσουμε την ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 7). που δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = F_R \times A_C \times [I_T(\tau\alpha) - U_L(T_I - T_a)] \quad (5.21)$$

Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε κάποια βασικά στοιχεία για την αριθμητική προσέγγιση της εξομοίωσης. Αυτό το πακέτο εξομοίωσης υπολογίζει τις ποσότητες:

U_t : Συντελεστής θερμικών απωλειών [$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$]

T_p : Θερμοκρασία επιφάνειας.

T_g : Θερμοκρασία γυάλινου καλύμματος.

$T_{f,o}$: Θερμοκρασία εξόδου νερού.

Q_u : Αλλαγή θερμικού κέρδους για μεταβολή στο ε_p ή $\frac{a}{\varepsilon_p}$

η : Στιγμιαία απόδοση συλλέκτη.

Ο συντελεστής θερμικών απωλειών U_t (Επαναληπτική αριθμητική προσέγγιση από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ παράρτημα IV) υπολογίζεται από την σχέση:

$$U_t = \left(\frac{1}{h_{p-g} + h_{rp-g}} + \frac{1}{h_w + h_{rg-a}} \right)^{-1} \quad (5.22)$$

Στο σημείο αυτό υπολογίζουμε ξεχωριστά τα h_{rp-g} , h_{rg-a} , h_{p-g} και h_w .

Για να υπολογίσουμε τις παραπάνω ποσότητες θα πρέπει να υποθέσουμε μια θερμοκρασία T_g (θερμοκρασία γυάλινου καλύμματος) και με τις παρακάτω σχέσεις να υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμικών απωλειών U_t .

Οι σχέσεις είναι οι εξής:

$$h_{rp-g} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_g^2)(T_p + T_g)}{\varepsilon_p^{-1} + \varepsilon_p^{-1} - 1} \quad (5.23)$$

$$h_{rg-\alpha} = \varepsilon_g \sigma(T_g^2 + T_s^2)(T_g + T_s) \quad (5.24)$$

όπου $T_s = 0.0552(T_a)^{1.5}$ η Θερμοκρασία του ουρανού

$$h_{p-g} = Nu = \frac{hD}{K} = 1 + 1.446 \left(1 - \frac{1708}{Ra'}\right) \text{ για } 1708 < Ra' < 5900 \quad (5.25\alpha)$$

$$Nu = 0.229(Ra')^{0.252} \text{ για } 9.23 \cdot 10^4 > Ra' > 5900 \quad (5.25\beta)$$

$$Nu = 0.157(Ra')^{0.285} \text{ για } 9.23 \cdot 10^4 < Ra' < 10^6 \quad (5.25\gamma)$$

$$Ra = \frac{g \cdot \beta' \cdot \Delta T \cdot L^3 \cdot Pr}{\nu^2} \quad (5.26)$$

Όπου $\Delta T = T_p - T_g$

$$\text{και } \beta' = \frac{1}{(T_p + T_g)/2} \quad (5.26\alpha)$$

$$Hw = 10 \quad (5.27)$$

Από τις σχέσεις (5.23),(5.24),(5.25α,β,γ),(5.27) υπολογίζουμε τον συντελεστή θερμικών απωλειών U_t .

Έπειτα έχοντας υπολογίσει τον συντελεστή θερμικών απωλειών U_t υπολογίζουμε την **NEA** θερμοκρασία του γυάλινου καλύμματος T_g από την σχέση:

$$T_g = T_p - \frac{U_t(T_p - T_a)}{h_{p-g} + h_{rp-g}} \quad (5.28)$$

Όπου T_p υποθετική θερμοκρασία.

Χρησιμοποιούμε την **NEA** θερμοκρασία γυάλινου καλύμματος T_g στην είσοδο μας και η επαναληπτική διαδικασία τελειώνει όταν η αρχική υποθετική θερμοκρασία T_g έχει πολύ μικρή διαφορά με την **NEA** θερμοκρασία T_g .

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τον παράγοντα απόδοσης, F' του συντελεστή που ορίζεται ως ο λόγος της θερμικής αντίστασης της επιφάνειας συλλέκτη με το περιβάλλον, προς την θερμική αντίσταση ρευστού-περιβάλλοντος και δίνεται από την σχέση:

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{l \left[\frac{1}{U_L(D+2Wn_f)} + \frac{1}{h_{c,i}\pi D} \right]} \quad (5.29)$$

Πριν υπολογίσουμε τον παράγοντα απόδοσης F' θα υπολογίσουμε τον συντελεστή απόδοσης πτερυγίου n_f από την σχέση:

$$n_f = \frac{\frac{\tanh m(l-D)}{2}}{\frac{m(l-D)}{2}} \quad (5.30)$$

Και:

$$m = \left(\frac{U_c}{Kt}\right)^{1/2}$$

(5.31)

Έπειτα υπολογίζουμε τον συντελεστή θερμικής απολαβής (F_R) (Από Duffie & Beckman solar energy thermal processes) που δίνεται από την σχέση:

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p / A_c}{U_c} \left[1 - \exp - \left(\frac{U_c F'}{\dot{m} C_p / A_c} \right) \right]$$

(5.32)

Τέλος, έχοντας υπολογίσει τον συντελεστή θερμικής απολαβής (F_R) και τον συντελεστή ολικής διαπερατότητας και τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου στον ηλιακό συλλέκτη και χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό της ωριαίας ακτινοβολίας I_T από τον πίνακα για συγκεκριμένο μήνα ημέρα και ώρα ερχόμαστε να υπολογίσουμε την ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύ που ορίζεται από την σχέση:

$$Q_u = F_R \times A_c \times [I_T(\tau\alpha) - U_L(T_I - T_a)]$$

(5.33)

Όπου $A_c =$ εμβαδόν επιφάνειας και είναι ίσο με $1m^2$.

Η παρακάτω εξίσωση μπορεί να παρουσιαστεί σαν "στιγμιαία" απόδοση του συλλέκτη όπως:

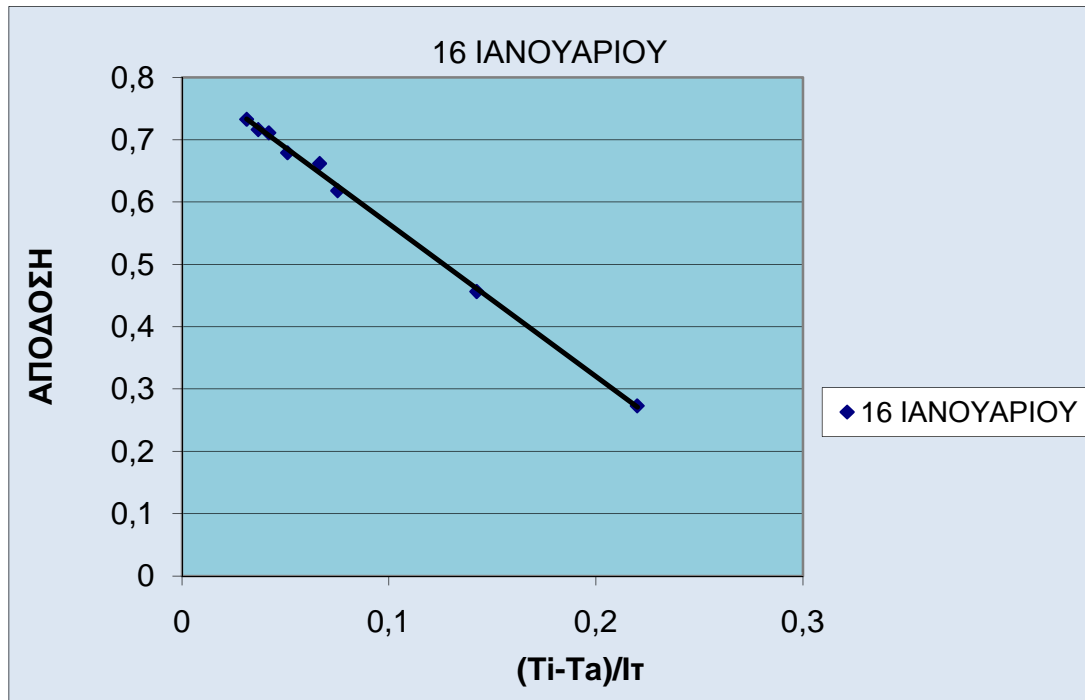
$$n = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T} = F_R \cdot (\tau\alpha) - F_R \cdot U_L \left(\frac{T_m - T_a}{I} \right)$$

(5.34)

Παρακάτω δίδονται τα αποτελέσματα της απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη κλίσης $14,7^\circ$ και επιφάνειας $1m^2$ για την μεσαία ημέρα κάθε μήνα του έτους.

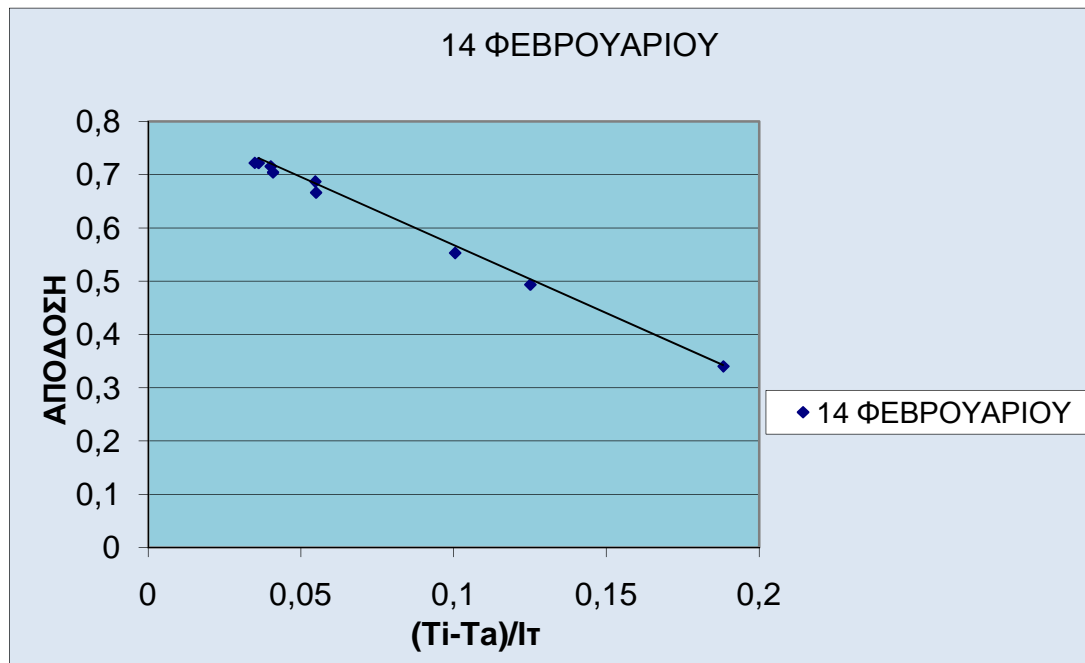
16 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 0 | 24,85 | 180 | 331 | 565 | 658 | 623 | 512 | 306 | 208 | 10,4 | 0 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,435 | 0,48 | 0,5 | 0,47 | 0,48 | 0,5 | 0,53 | 0,55 | 0,55 | 0,56 | 0,55 | 0,5428 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,809 | 1,91 | 1,9 | 1,9 | 1,91 | 1,94 | 1,97 | 2 | 2,01 | 2,02 | 2,01 | 1,992 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,903 | 1,86 | 1,8 | 1,74 | 1,91 | 2,13 | 2,29 | 2,41 | 2,44 | 2,48 | 2,43 | 2,3846 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,952 | 1,96 | 1,9 | 1,86 | 2 | 2,15 | 2,28 | 2,37 | 2,4 | 2,43 | 2,39 | 2,353 |
| T_g [K] | 284 | 284 | 284 | 283,8 | 285 | 285 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 289 | 290 | 289 | 288,8 |
| F' | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,988 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9843 |
| F_R | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,973 | 0,97 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,9664 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 25 | 28,7 | 35,3 | 42,8 | 49,5 | 54,5 | 56,8 | 57,7 | 56,1 | 54,398 |
| Q_u [w] | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 40,48 | 119 | 236 | 414 | 471 | 423 | 317 | 140 | 56,8 | -101 | -104 | -98,68 |
| n_c | - | - | - | - | 0,66 | 0,7 | 0,73 | 0,72 | 0,68 | 0,62 | 0,46 | 0,27 | - | - | - |



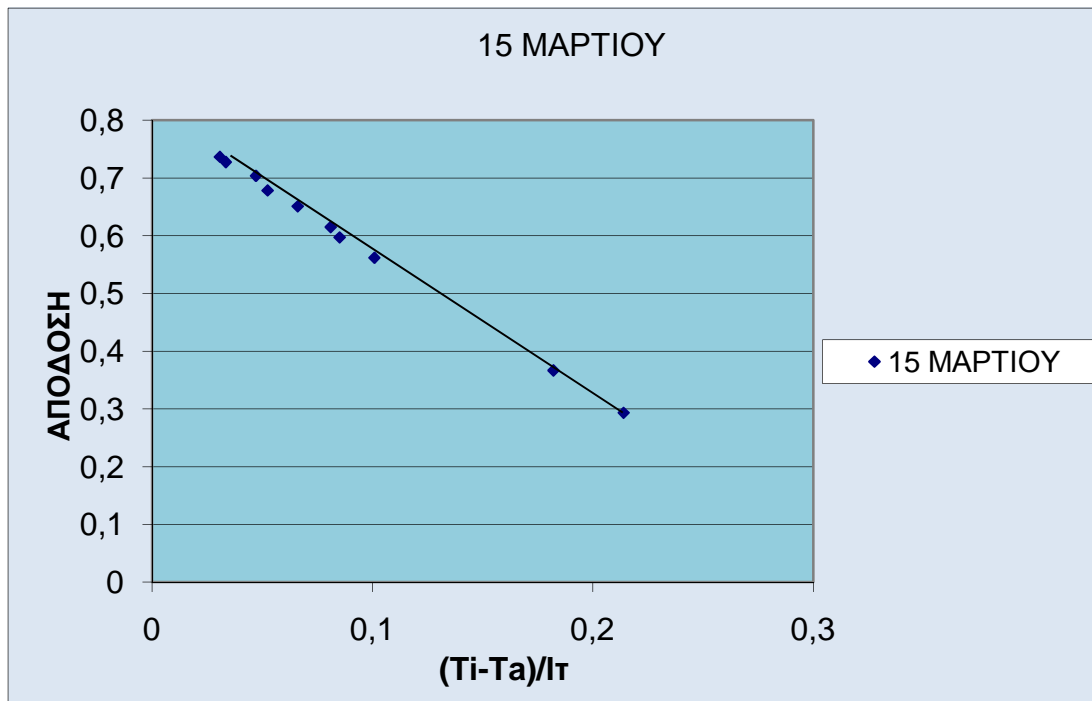
14 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 2,95 | 75,54 | 201 | 329 | 468 | 640 | 726 | 688 | 449 | 261 | 404 | 0 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,447 | 0,48 | 0,5 | 0,48 | 0,48 | 0,5 | 0,52 | 0,55 | 0,57 | 0,56 | 0,59 | 0,5723 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 1,87 | 1,87 | 1,87 | 1,874 | 1,93 | 1,9 | 1,92 | 1,93 | 1,95 | 1,98 | 2,02 | 2,04 | 2,03 | 2,07 | 2,0506 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,79 | 1,8 | 1,78 | 1,85 | 2,02 | 2,21 | 2,39 | 2,47 | 2,42 | 2,54 | 2,4925 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,431 | 1,91 | 1,9 | 1,9 | 1,95 | 2,08 | 2,22 | 2,36 | 2,43 | 2,39 | 2,49 | 2,4434 |
| T_g [K] | 285 | 285 | 285 | 284,9 | 286 | 286 | 286 | 286 | 287 | 288 | 290 | 291 | 290 | 292 | 291,13 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9834 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,995 | 0,97 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,9648 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 25 | 28,9 | 34,3 | 41,7 | 49,8 | 57,1 | 61,1 | 62,5 | 65,7 | 63,621 |
| Q_u [W] | 5,14 | 5,14 | 7,52 | 66,02 | 138 | 235 | 338 | 462 | 511 | 458 | 248 | 88,7 | 199 | -129 | -121,7 |
| n_c | - | - | - | 0,874 | 0,69 | 0,7 | 0,72 | 0,72 | 0,7 | 0,67 | 0,55 | 0,34 | 0,49 | - | - |



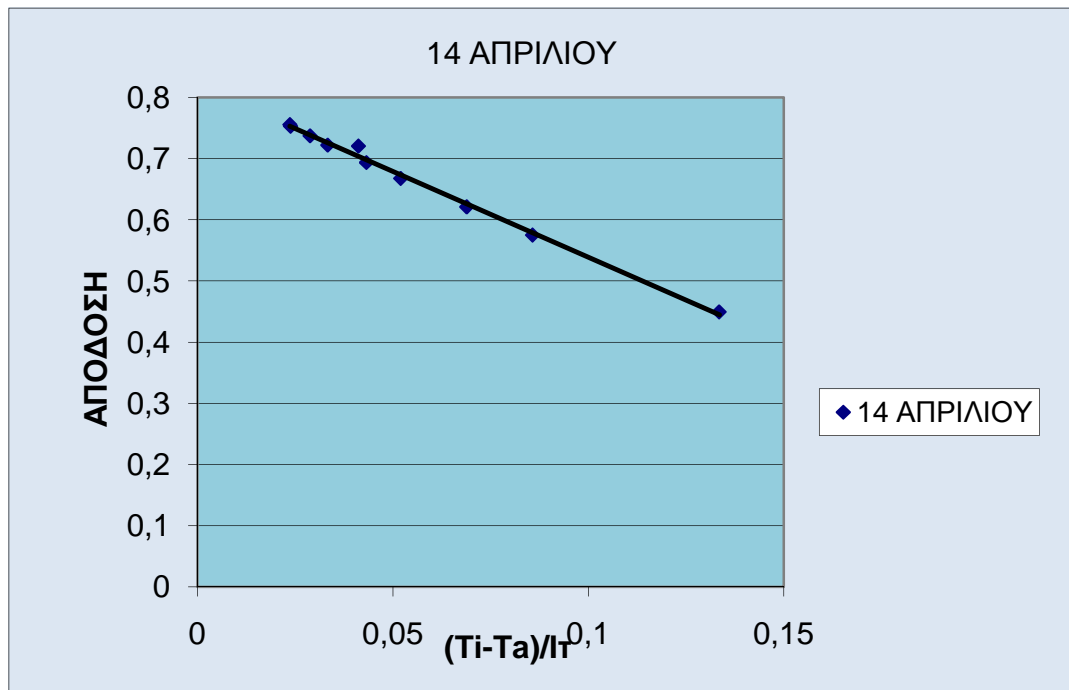
15 ΜΑΡΤΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 56,8 | 212,1 | 403 | 510 | 348 | 329 | 569 | 357 | 461 | 239 | 210 | 36,2 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,482 | 0,48 | 0,5 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,53 | 0,53 | 0,55 | 0,56 | 0,56 | 0,5569 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 1,89 | 1,89 | 1,89 | 1,945 | 1,94 | 1,9 | 1,98 | 1,99 | 1,98 | 2,02 | 2,01 | 2,04 | 2,05 | 2,06 | 2,0477 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 1,724 | 1,63 | 1,8 | 2,05 | 2,13 | 2,06 | 2,27 | 2,26 | 2,39 | 2,39 | 2,43 | 2,397 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 1,862 | 1,79 | 1,9 | 2,11 | 2,17 | 2,12 | 2,27 | 2,27 | 2,36 | 2,37 | 2,4 | 2,3722 |
| T_g [K] | 286 | 286 | 286 | 286,9 | 287 | 287 | 288 | 289 | 288 | 290 | 290 | 291 | 291 | 291 | 290,97 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,989 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9841 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,975 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,9661 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 0 | 23 | 25,4 | 30 | 36 | 39,6 | 42,9 | 49 | 52,2 | 56,6 | 58 | 59 | 57,725 |
| Q_u [w] | 5,57 | 5,57 | 51,4 | 149,3 | 296 | 371 | 227 | 202 | 386 | 201 | 275 | 87,8 | 61,7 | -78,1 | -102,5 |
| n_c | - | - | - | 0,71 | 0,74 | 0,7 | 0,65 | 0,62 | 0,68 | 0,56 | 0,60 | 0,37 | 0,29 | - | - |



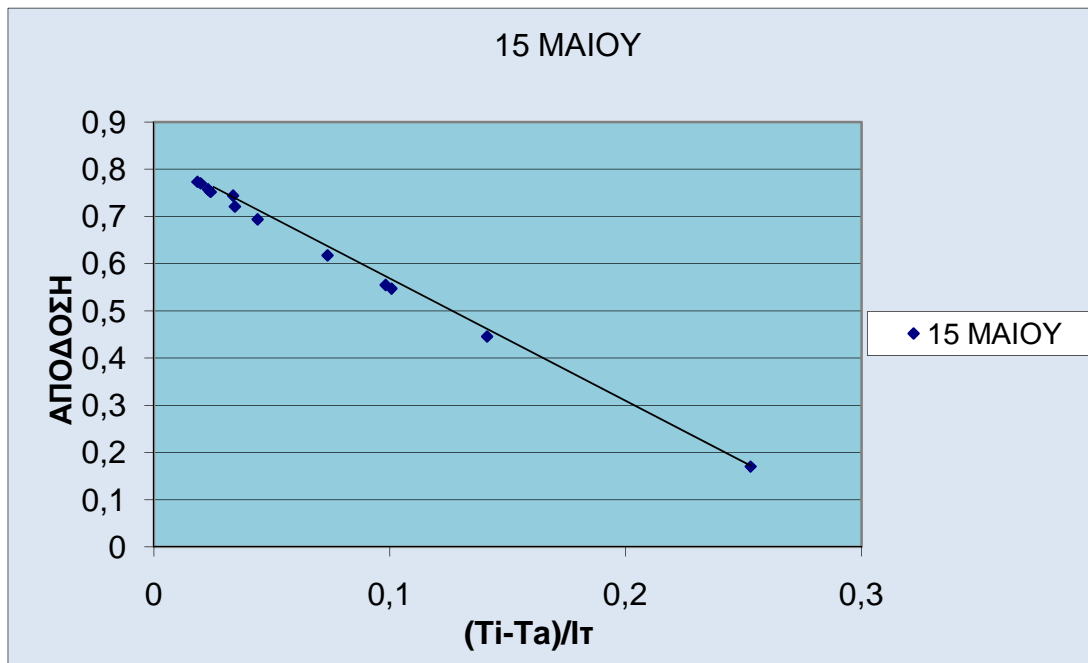
14 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 30 | 170 | 379,5 | 569 | 708 | 861 | 894 | 933 | 848 | 779 | 554 | 287 | 99 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,47 | 0,47 | 0,49 | 0,484 | 0,49 | 0,5 | 0,51 | 0,53 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 | 0,66 | 0,6184 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 1,98 | 1,98 | 2,01 | 2,005 | 2,01 | 2 | 2,04 | 2,07 | 2,1 | 2,14 | 2,17 | 2,21 | 2,24 | 2,25 | 2,1883 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 1,55 | 1,361 | 1,45 | 1,7 | 1,9 | 2,14 | 2,29 | 2,44 | 2,53 | 2,62 | 2,68 | 2,69 | 2,5698 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,45 | 0,45 | 1,75 | 1,599 | 1,66 | 1,9 | 2,01 | 2,19 | 2,3 | 2,42 | 2,49 | 2,57 | 2,62 | 2,63 | 2,5271 |
| T_g [K] | 289 | 289 | 290 | 289,3 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 296 | 297 | 298 | 299 | 296,36 |
| F' | 1 | 1 | 0,99 | 0,991 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9826 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,979 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,9634 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 23 | 24,95 | 29,5 | 36 | 44,7 | 54,6 | 64,5 | 74,4 | 82,8 | 89,9 | 93,9 | 94,3 | 57 |
| Q_u [w] | 7,21 | 31,4 | 123 | 286,8 | 428 | 522 | 622 | 620 | 623 | 527 | 448 | 249 | 27,1 | -121 | -99,82 |
| n_c | - | - | 0,72 | 0,756 | 0,75 | 0,7 | 0,72 | 0,69 | 0,67 | 0,62 | 0,57 | 0,45 | - | - | - |



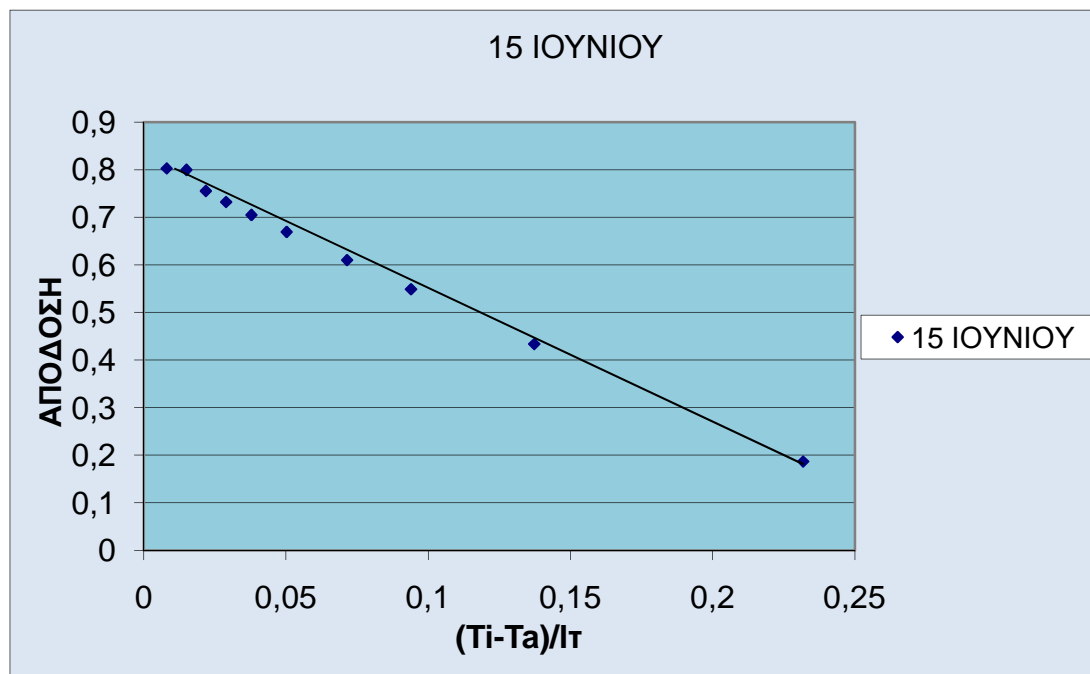
15 ΜΑΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 89,3 | 205 | 357,1 | 479 | 698 | 731 | 763 | 570 | 484 | 515 | 399 | 234 | 70,2 | 9,617 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,45 | 0,5 | 0,5 | 0,498 | 0,5 | 0,5 | 0,53 | 0,55 | 0,58 | 0,6 | 0,6 | 0,62 | 0,63 | 0,63 | 0,6257 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 1,99 | 2,11 | 2,1 | 2,102 | 2,11 | 2,1 | 2,14 | 2,17 | 2,21 | 2,23 | 2,24 | 2,26 | 2,28 | 2,29 | 2,276 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 1,23 | 1 | 0,934 | 1,31 | 1,5 | 1,86 | 2,07 | 2,29 | 2,38 | 2,4 | 2,47 | 2,51 | 2,53 | 2,5056 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,43 | 1,51 | 1,33 | 1,28 | 1,58 | 1,7 | 1,99 | 2,15 | 2,33 | 2,39 | 2,41 | 2,46 | 2,5 | 2,52 | 2,4949 |
| T_g [K] | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 294 | 295 | 297 | 298 | 298 | 299 | 300 | 300 | 299,49 |
| F' | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,993 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9829 |
| F_R | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,983 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,9639 |
| T_i [°C] | 0 | 23 | 24,1 | 26,57 | 31 | 37 | 45,1 | 53,5 | 62 | 67,6 | 71,8 | 76,3 | 79,2 | 79,8 | 78,363 |
| Q_u [w] | 8,57 | 66,4 | 158 | 276,2 | 363 | 525 | 528 | 529 | 352 | 269 | 282 | 178 | 39,8 | -90,3 | -132,9 |
| n_c | - | 0,74 | 0,77 | 0,773 | 0,76 | 0,8 | 0,72 | 0,69 | 0,62 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,17 | - | - |



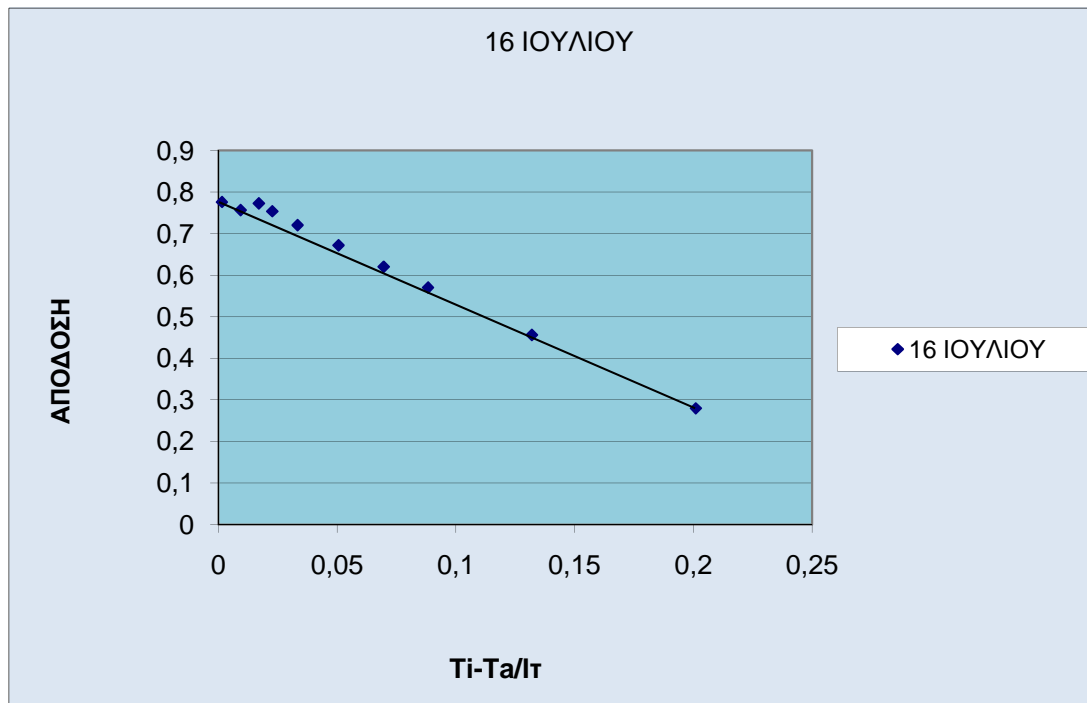
15 ΙΟΥΝΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 29,7 | 126 | 293 | 466,9 | 648 | 825 | 963 | 1034 | 1010 | 860 | 744 | 556 | 346 | 137 | -4,26 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,447 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,67 | 0,7 | 0,71 | 0,72 | 0,7129 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,07 | 2,07 | 2,07 | 2,067 | 2,07 | 2,2 | 2,27 | 2,31 | 2,35 | 2,4 | 2,44 | 2,47 | 2,5 | 2,51 | 2,4986 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 1,82 | 2,08 | 2,29 | 2,46 | 2,55 | 2,62 | 2,66 | 2,68 | 2,6631 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,431 | 0,43 | 1,7 | 1,98 | 2,19 | 2,35 | 2,48 | 2,56 | 2,62 | 2,66 | 2,67 | 2,658 |
| T_g [K] | 297 | 297 | 297 | 297,5 | 297 | 298 | 299 | 300 | 302 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 307,29 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 1 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9812 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,995 | 0,99 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,9611 |
| T_i [°C] | 23 | 23,4 | 25 | 28,77 | 34,7 | 43 | 52,9 | 64,1 | 75,8 | 86,5 | 94,9 | 101 | 105 | 106 | 104,62 |
| Q_u [w] | 24,8 | 102 | 236 | 374,6 | 518 | 623 | 705 | 728 | 675 | 525 | 408 | 241 | 64,5 | -102 | -206,7 |
| n_c | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,802 | 0,8 | 0,8 | 0,73 | 0,7 | 0,67 | 0,61 | 0,55 | 0,43 | 0,19 | - | - |



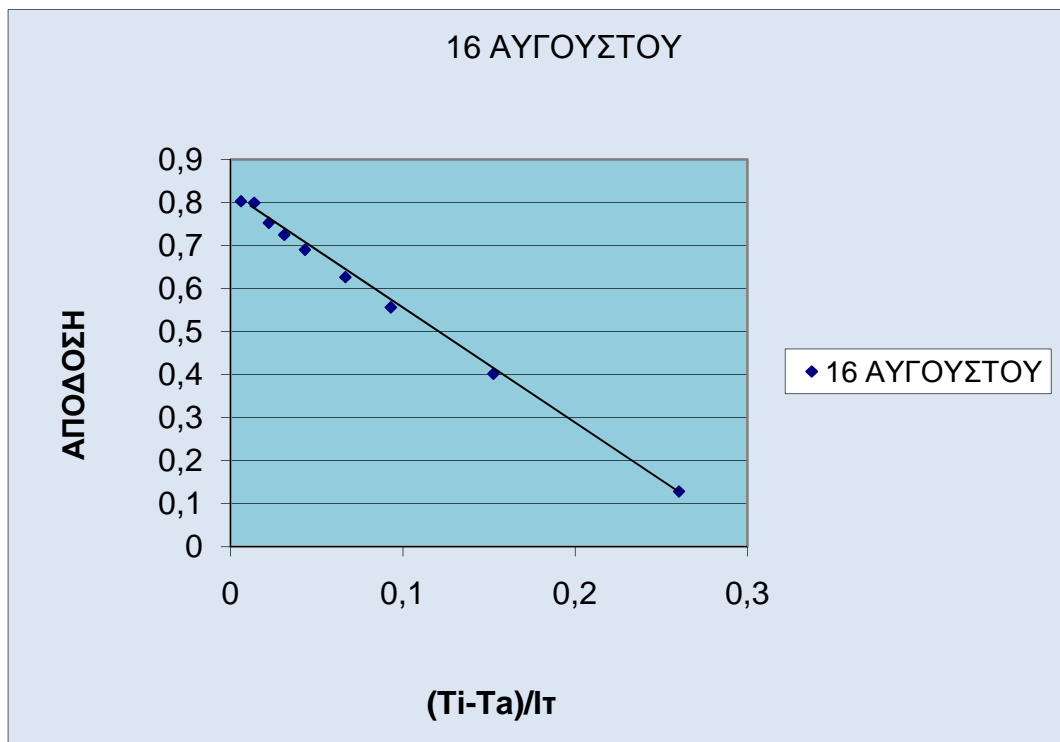
16 ΙΟΥΛΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 10,3 | 84,9 | 237 | 376 | 559 | 703 | 908 | 946 | 837 | 738 | 664 | 490 | 339 | 131 | 30,587 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,484 | 0,48 | 0,5 | 0,54 | 0,57 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,69 | 0,7 | 0,6952 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,04 | 2,04 | 2,04 | 2,044 | 2,04 | 2,3 | 2,31 | 2,34 | 2,39 | 2,43 | 2,46 | 2,49 | 2,51 | 2,53 | 2,5161 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,829 | 2,83 | 1 | 1,45 | 1,91 | 2,2 | 2,36 | 2,44 | 2,53 | 2,57 | 2,6 | 2,5782 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,599 | 2,6 | 1,4 | 1,71 | 2,07 | 2,29 | 2,41 | 2,48 | 2,55 | 2,59 | 2,61 | 2,5948 |
| T_g [K] | 301 | 301 | 301 | 300,6 | 301 | 300 | 300 | 302 | 303 | 305 | 306 | 307 | 308 | 308 | 307,78 |
| F' | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,982 | 0,98 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9818 |
| F_R | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,962 | 0,96 | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,9622 |
| T_i [°C] | 23 | 23,3 | 24,5 | 27,54 | 32,2 | 39 | 47,6 | 58,5 | 69,3 | 78,3 | 85,6 | 91,6 | 95,1 | 96,7 | 95,5 |
| Q_u [w] | 18 | 75,4 | 191 | 291,7 | 422 | 543 | 684 | 681 | 562 | 457 | 378 | 223 | 94,8 | -72,7 | -147,2 |
| n_c | - | 0,89 | 0,81 | 0,776 | 0,76 | 0,8 | 0,75 | 0,72 | 0,67 | 0,62 | 0,57 | 0,46 | 0,28 | - | - |



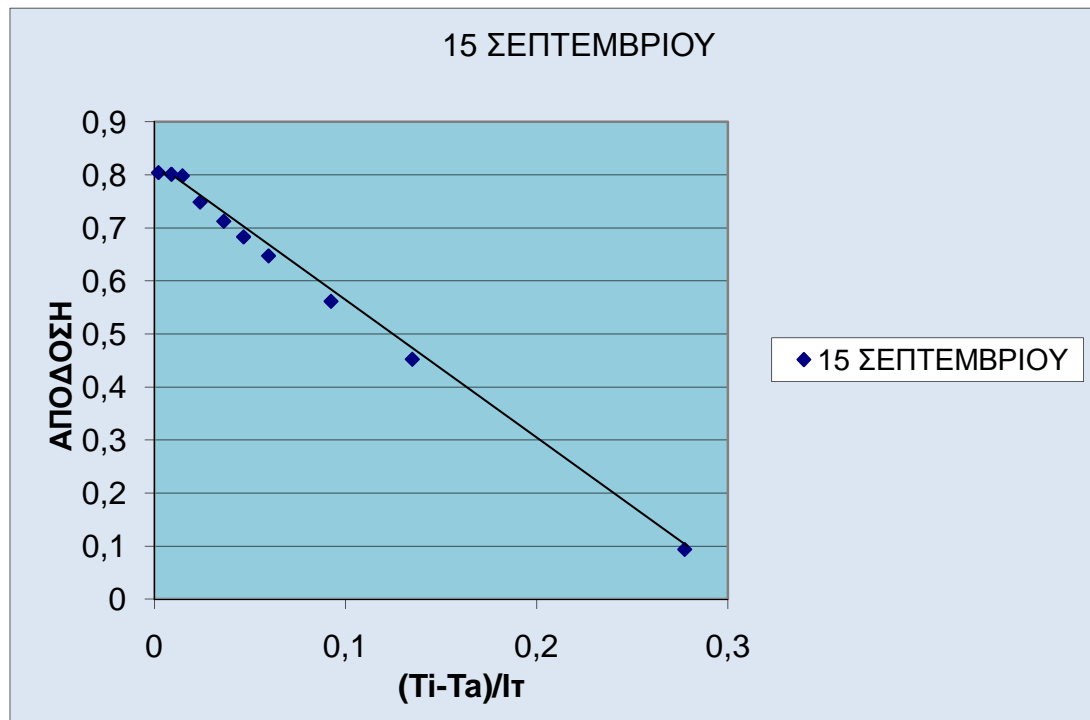
16 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 45,9 | 174 | 340,8 | 538 | 734 | 876 | 960 | 950 | 773 | 637 | 426 | 260 | 98 | 1,97 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,496 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,57 | 0,6 | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,7 | 0,7 | 0,6931 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,21 | 2,21 | 2,21 | 2,211 | 2,21 | 2,2 | 2,31 | 2,34 | 2,38 | 2,43 | 2,47 | 2,5 | 2,52 | 2,52 | 2,5133 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 1,89 | 2,16 | 2,37 | 2,47 | 2,55 | 2,59 | 2,6 | 2,5722 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,477 | 0,48 | 0,5 | 1,76 | 2,05 | 2,25 | 2,42 | 2,51 | 2,57 | 2,6 | 2,61 | 2,5896 |
| T_g [K] | 300 | 300 | 300 | 299,7 | 300 | 300 | 300 | 302 | 303 | 305 | 306 | 307 | 308 | 308 | 307,68 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 1 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9819 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,994 | 0,99 | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,9623 |
| T_i [°C] | 23 | 23 | 23,6 | 25,9 | 30,3 | 37 | 46,5 | 57 | 68,1 | 78,5 | 86,3 | 91,9 | 94,6 | 95,2 | 93,646 |
| Q_u [W] | 1,9 | 38,9 | 141 | 275 | 431 | 587 | 659 | 695 | 656 | 484 | 354 | 171 | 33,3 | -94,8 | -164,5 |
| n_c | - | 0,85 | 0,81 | 0,807 | 0,8 | 0,8 | 0,75 | 0,72 | 0,69 | 0,63 | 0,56 | 0,4 | 0,13 | - | - |



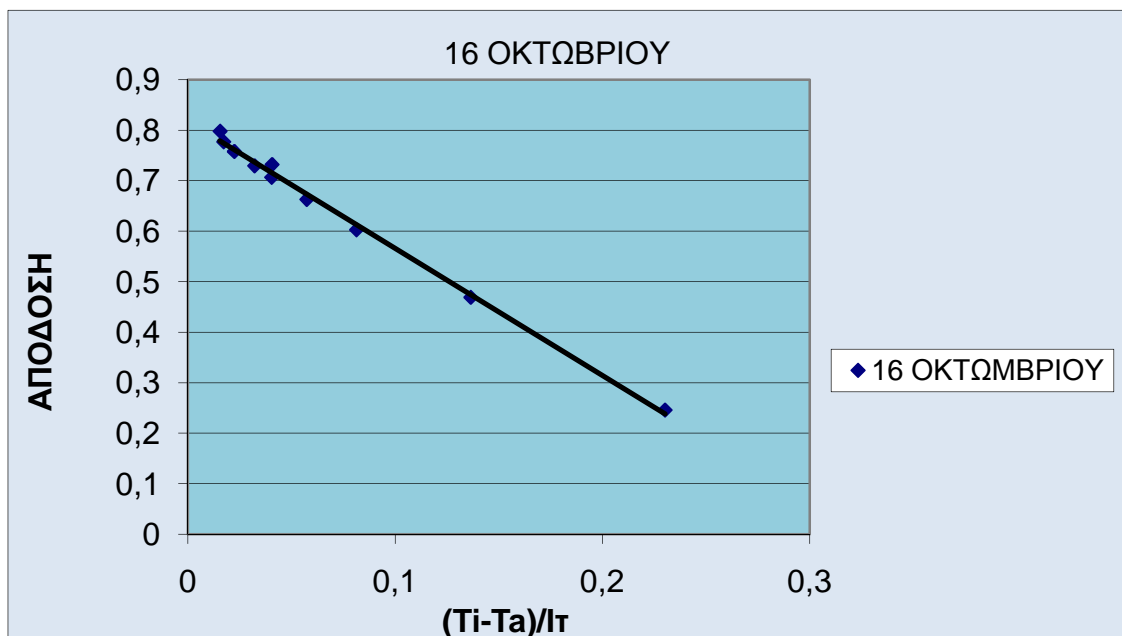
15 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 19,2 | 105 | 286 | 479 | 705 | 810 | 799 | 815 | 786 | 596 | 448 | 229 | 29,3 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| $A [m^2]$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,496 | 0,5 | 0,5 | 0,53 | 0,56 | 0,58 | 0,6 | 0,63 | 0,65 | 0,67 | 0,68 | 0,6624 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,16 | 2,16 | 2,16 | 2,163 | 2,16 | 2,2 | 2,23 | 2,26 | 2,29 | 2,33 | 2,37 | 2,4 | 2,42 | 2,43 | 2,4077 |
| $\beta [^\circ]$ | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| $L [m]$ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| $D [m]$ | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,56 | 1,96 | 2,15 | 2,3 | 2,44 | 2,51 | 2,57 | 2,59 | 2,5409 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,477 | 0,48 | 0,5 | 1,79 | 2,09 | 2,23 | 2,35 | 2,46 | 2,52 | 2,57 | 2,58 | 2,546 |
| $T_g [K]$ | 297 | 297 | 297 | 296,8 | 297 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 303 | 304 | 305 | 305 | 304,1 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 1 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9824 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,994 | 0,99 | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,963 |
| $T_i [^\circ C]$ | 23 | 23 | 23,3 | 24,61 | 28,3 | 34 | 43,4 | 53 | 62,1 | 71 | 79,1 | 84,4 | 87,6 | 88 | 85,806 |
| $Q_u [w]$ | 0,47 | 15,9 | 84,9 | 230,1 | 384 | 563 | 606 | 569 | 557 | 509 | 335 | 202 | 21,5 | -136 | -151,5 |
| n_c | - | 0,83 | 0,81 | 0,804 | 0,8 | 0,8 | 0,75 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,56 | 0,45 | 0,09 | - | - |



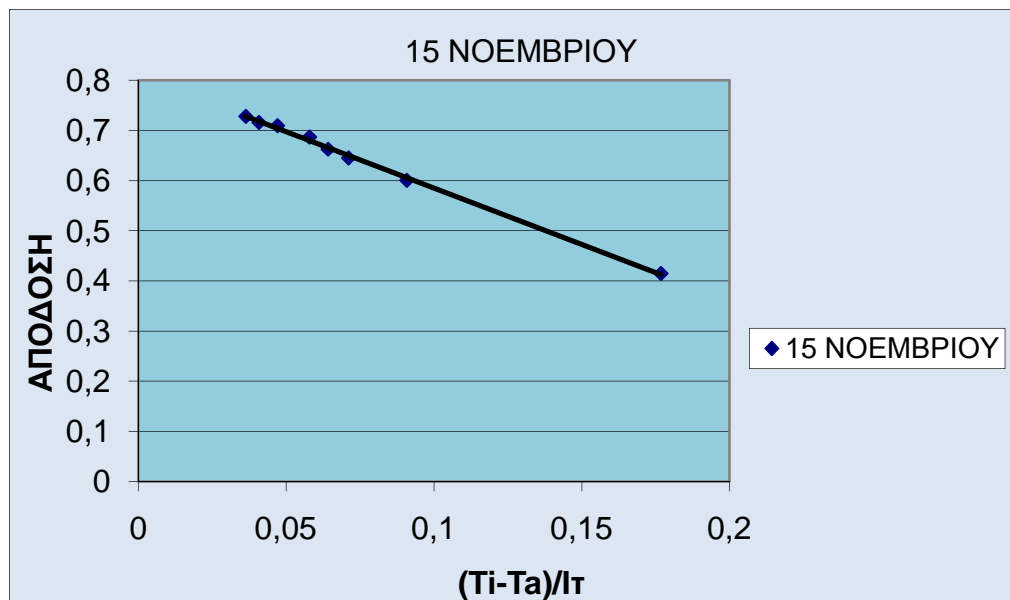
16 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 73,9 | 249,2 | 408 | 540 | 579 | 627 | 565 | 472 | 314 | 196 | 21,7 | 0 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,496 | 0,5 | 0,5 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 | 0,6 | 0,61 | 0,6 | 0,5881 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,1 | 2,1 | 2,11 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,13 | 2,15 | 2,18 | 2,2 | 2,23 | 2,24 | 2,25 | 2,24 | 2,2239 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 1,27 | 0 | 0,84 | 1,3 | 1,72 | 1,93 | 2,13 | 2,26 | 2,36 | 2,4 | 2,44 | 2,39 | 2,3446 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,48 | 0,48 | 1,54 | 0,477 | 1,2 | 1,6 | 1,89 | 2,05 | 2,2 | 2,3 | 2,38 | 2,41 | 2,44 | 2,41 | 2,3653 |
| T_g [K] | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 298 | 299 | 298 | 297,53 |
| F' | 1 | 1 | 0,99 | 0,998 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,9842 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,994 | 0,98 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,97 | 0,9662 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 23 | 23,86 | 27 | 32 | 38,6 | 45,3 | 52,4 | 58,3 | 62,9 | 65,2 | 66 | 64,5 | 62,896 |
| Q_u [w] | 9,48 | 9,48 | 54,1 | 198,9 | 317 | 409 | 422 | 443 | 375 | 284 | 147 | 48,3 | -91 | -103 | -98,03 |
| n_c | - | - | 0,73 | 0,798 | 0,78 | 0,8 | 0,73 | 0,71 | 0,66 | 0,6 | 0,47 | 0,25 | - | - | - |



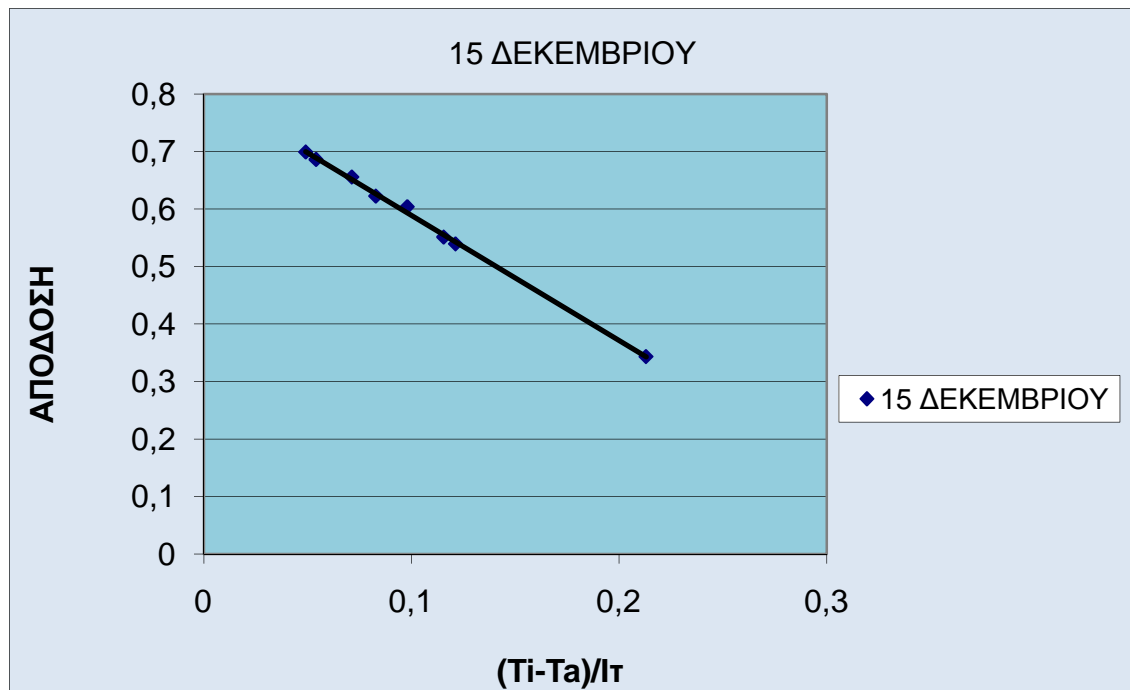
15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 9,98 | 68,37 | 149 | 150 | 284 | 335 | 272 | 286 | 131 | 266 | 0,98 | 0 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,496 | 0,49 | 0,5 | 0,49 | 0,5 | 0,51 | 0,51 | 0,53 | 0,52 | 0,54 | 0,53 | 0,5289 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2,04 | 2,04 | 2,04 | 2,04 | 2,01 | 2 | 2,01 | 2,02 | 2,04 | 2,04 | 2,06 | 2,05 | 2,08 | 2,07 | 2,0651 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,58 | 1,7 | 1,58 | 1,7 | 1,9 | 1,96 | 2,11 | 2,03 | 2,2 | 2,15 | 2,1098 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,476 | 1,77 | 1,8 | 1,77 | 1,86 | 2,01 | 2,05 | 2,16 | 2,11 | 2,23 | 2,2 | 2,1652 |
| T_g [K] | 289 | 289 | 289 | 289,2 | 290 | 290 | 290 | 290 | 291 | 291 | 292 | 291 | 292 | 292 | 291,57 |
| F | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,9862 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,994 | 0,98 | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,9696 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 25 | 26,3 | 29,6 | 33,4 | 36,3 | 39,2 | 40,1 | 42,7 | 41,7 | 40,872 |
| Q_u [w] | 7,58 | 7,58 | 15,6 | 62,64 | 106 | 103 | 207 | 239 | 180 | 184 | 54,5 | 159 | -57 | -54,9 | -52,21 |
| n_c | - | - | - | - | 0,71 | 0,7 | 0,73 | 0,72 | 0,66 | 0,64 | 0,41 | 0,6 | - | - | - |



15 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

| ΩΡΕΣ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| $I_T \left[\frac{W}{m^2} \right]$ | 0 | 0 | 0 | 16,88 | 102 | 154 | 257 | 286 | 224 | 180 | 105 | 189 | 0 | 0 | 0 |
| ε_p | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ε_g | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| A [m ²] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| h_{rp-g} | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,496 | 0,49 | 0,5 | 0,48 | 0,49 | 0,5 | 0,5 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,5079 |
| $h_{rg-\alpha}$ | 2 | 2 | 2 | 1,996 | 1,95 | 2 | 1,95 | 1,95 | 1,97 | 1,98 | 1,98 | 1,98 | 1,99 | 1,99 | 1,9806 |
| β [°] | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,79 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,795 |
| L [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| D [m] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| H_{p-g} | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,82 | 1,8 | 1,75 | 1,83 | 1,97 | 2,04 | 2,1 | 2,04 | 2,16 | 2,11 | 2,0683 |
| H_w | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| U_t | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,476 | 1,93 | 1,9 | 1,88 | 1,94 | 2,04 | 2,1 | 2,14 | 2,1 | 2,19 | 2,15 | 2,1203 |
| T_g [K] | 286 | 286 | 286 | 286,3 | 287 | 287 | 287 | 287 | 288 | 288 | 288 | 288 | 289 | 289 | 288,29 |
| F' | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,9866 |
| F_R | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,994 | 0,97 | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,9703 |
| T_i [°C] | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 24 | 25,6 | 28,5 | 31,6 | 33,8 | 35,4 | 36 | 37,6 | 36,8 | 35,961 |
| Q_u [W] | 6,16 | 6,16 | 6,16 | 19,75 | 61,6 | 101 | 179 | 196 | 140 | 99,3 | 36,1 | 102 | -52 | -49,6 | -47,24 |
| n_c | - | - | - | - | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,69 | 0,62 | 0,55 | 0,34 | 0,54 | - | - | - |



6. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

6.1 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Για να υπολογίσουμε την διαστασιολόγηση των ηλιακών συλλεκτών υπάρχουν δύο μέθοδοι.

Η μία είναι με την μέθοδο f_{chart} με τα $X_{\alpha}, \Psi_{\alpha}$.

Και η άλλη είναι αυτή που θα ασχοληθούμε εμείς και προκύπτει βάση της επιφάνειας που έχουμε υπολογίσει την απόδοση του συλλέκτη στο κεφάλαιο 5.3 και ενός θεωρητικού φορτίου Q_I .

Όπως είπαμε και παραπάνω από την ενότητα 3 του 5^{ου} κεφαλαίου έχουμε υπολογίσει το φορτίο Q_U για όλο τον χρόνο. Εμείς για την διαστασιολόγηση αυτή θα πάρουμε το άθροισμα της ωφέλιμης θερμικής ισχύς Q_U για την μέση ημέρα του μήνα (όπου στο παράδειγμα μας είναι ο Ιανουάριος) και για τις τιμές όπου το σύστημα μας έχει απόδοση. Έτσι υπολογίζουμε το Q_U επί 1h και υπολογίζουμε το φορτίο μας σε [kwh]. Έπειτα θα υπολογίσουμε με πόσους συλλέκτες (N) της επιφάνειας $A_c=1m^2$ το φορτίο Q_U θα καλύπτει το θεωρητικό φορτίο Q_I . Θα πρέπει δηλαδή:

$$N \cdot Q_U \geq Q_I \quad (6.1)$$

Στην πράξη έχουμε:

Το θεωρητικό φορτίο Q_I (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ κεφάλαιο 7) το οποίο υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_I = L_{sh} + L_{h,w} \quad (6.2)$$

L_{sh} είναι το φορτίο θέρμανσης χώρων και ισούται με:

$$L_{sh} = 24 \left(\frac{h}{day} \right) \cdot (UA)_b \cdot D (\text{°C} \times day) \quad (6.3)$$

(Wh)

Όπου έχουμε:

$(UA)_b$ είναι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου επί την επιφάνεια του περιβάλλοντος κτιρίου βλέπε σχήμα (6.1), και D είναι οι βαθμοημέρες βάση των 20°C (R.W. Bliss, solar energy 3(4),55-64) και υπολογίζονται από την σχέση:

$$D = \{N \cdot \Delta T_b + (0.744 + 0.00387D_a - 0.5 \cdot 10^{-6}D_a) \cdot N \cdot \exp - [(\Delta T_b + 11.11)/9.02]^2\} \quad (6.4)$$

$L_{h,w}$ είναι το φορτίο παραγωγής ζεστού νερού και ισούται με:

$$L_{h,w} = L_w + L_p \quad (6.5)$$

Από όπου το L_w είναι το θερμικό φορτίο που απαιτείται για να θερμανθεί το νερό από την θερμοκρασία T_m του δικτύου, στην επιθυμητή θερμοκρασία T_w , συνήθως στους 50-60 °C και υπολογίζεται από σχέση:

$$L_w = N \cdot \bar{V}_w \cdot \rho \cdot C_p (T_w - T_m) \quad (6.6)$$

Όπου έχουμε:

C_p : ειδική θερμότητα του νερού (=4190j/kg · °C)

ρ : η πυκνότητα του νερού ($\approx 1 \text{ Kg/l}_t$)

T_w : η θερμοκρασία Θερμού νερού που επιθυμούμε να έχουμε στην δεξαμενή.

T_m : η θερμοκρασία του ψυχρού νερού που παίρνουμε από το δίκτυο.

N : είναι ο αριθμός των ημερών του μήνα.

\bar{V}_w : η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά άτομο σε l_t

L_p είναι το θερμικό φορτίο που οφείλεται στις απώλειες μέσα στο δίκτυο διανομής του θερμού νερού το οποίο πρέπει να κυκλοφορεί συνεχώς στο κλειστό κύκλωμα, ώστε να έχουμε ζεστό νερό αμέσως με το άνοιγμα της βρύσης και υπολογίζεται από την σχέση:

$$L_p = N \cdot t \cdot \bar{U} \cdot I \quad (6.7)$$

Όπου έχουμε:

N : Ημέρες του μήνα.

t : Η ημερήσια λειτουργία του δικτύου των επιστροφών.

L : Μήκος του δικτύου σωληνώσεων, επιστροφών.

\bar{U} : Μέσος συντελεστής απωλειών των σωλήνων, σε [w/m].

Έτσι βάση των παραπάνω υπολογίζουμε το συνολικό θεωρητικό φορτίο Q_I .

Υπολογισμός του φορτίου Q_U .

Όπως αναφέραμε και προηγουμένος από τα αποτελέσματα μας στο κεφαλαίο 5, βρίσκουμε το άθροισμα των Q_U για την μέση ημέρα του μήνα Ιανουαρίου.

Έτσι ο αριθμός των συλλεκτών που χρειαζόμαστε για να καλύψουμε τις ανάγκες των χώρων μας είναι:

$$N = \frac{Q_I}{Q_U} \quad (6.8)$$

Άρα θα χρειαστούμε N συλλέκτες επιφάνειας $1m^2$

| Μέση θερμοκρασία ανα μήνα | Θερμοκρασία του νερού στο συλλέκτη | Εμβαδόν επιφάνειας συλλέκτη | Συντελεστής θερμικής απολαβής | Ωριαία ακτινοβολία | Συντελεστής θερμικών απωλειών | Ωφέλιμο θερμικό κέρδος | Ωριαία απόδοση |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| T_a [°C] | T_i | A_c [m ²] | F_R | I_T [$\frac{W}{m^2}$] | U_t [$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$] | Q_u [W] | n_c |
| 11 | 0 | 1 | 0,973 | 0 | 1,95 | 20,89 | 0 |
| 11 | 0 | 1 | 0,973 | 0 | 1,95 | 20,89 | 0 |
| 11 | 0 | 1 | 0,973 | 0 | 1,95 | 20,89 | 0 |
| 11 | 0 | 1 | 0,973 | 24,85 | 1,95 | 40,47 | 0 |
| 11 | 23 | 1 | 0,973 | 180,42 | 1,95 | 119,36 | 0,66 |
| 11 | 24,9 | 1 | 0,973 | 331,45 | 1,90 | 235,67 | 0,71 |
| 11 | 28,6 | 1 | 0,974 | 564,91 | 1,86 | 413,88 | 0,73 |
| 11 | 35,2 | 1 | 0,972 | 658,15 | 1,99 | 471,33 | 0,71 |
| 11 | 42,7 | 1 | 0,969 | 622,72 | 2,15 | 422,77 | 0,67 |
| 11 | 49,4 | 1 | 0,967 | 512,03 | 2,27 | 316,54 | 0,61 |
| 11 | 54,5 | 1 | 0,966 | 305,78 | 2,37 | 139,51 | 0,45 |
| 11 | 56,7 | 1 | 0,965 | 208,06 | 2,39 | 56,81 | 0,27 |
| 11 | 57,6 | 1 | 0,965 | 10,38 | 2,42 | -101,26 | 0 |
| 11 | 56,0 | 1 | 0,965 | 0 | 2,39 | -104,08 | 0 |
| 11 | 54,3 | 1 | 0,966 | 0 | 2,35 | -98,68 | 0 |

| | |
|------------------------------------|--|
| Βαθμομέρες με βάση τους 18°C | Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας |
| D | $(U_A)_b \left[\frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \right]$ |
| 281 | 70 |

| | |
|---|--------|
| L_{sh} Μηνιαίο φορτίο θέρμανσης χώρου [K_{wh}] | 472,08 |
| T_W [°C] Θερμ.νερού στη δεξαμενή | 60 |
| T_m [°C] Θερμ.νερού δικτύου | 10 |
| $C_p \left[\frac{J}{kg \cdot \text{C}} \right]$ Ειδική θερμότητα του νερού | 4190 |
| $\rho \left[\frac{kg}{l_t} \right]$ Πυκνότητα του νερού | 1 |
| ΑΤΟΜΑ | 5 |
| l_t ανά άτομο | 80 |
| $\bar{V}_W [l_t]$ Κατανάλωση θερμού νερού | 400 |
| $L_W = [K_{wh}]$ Φορτίο παραγωγής ζεστού νερού | 721,61 |
| t λειτουργία δικτύου επιστρ[h] | 14 |
| T (νερού ζεστού) [°C] | 60 |
| T (μέση θερμ χώρου) [°C] | 20 |
| $\lambda \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ Συντελ.θερμ.απωλειών | 0,42 |
| U $\left[\frac{W}{m} \right]$ | 16,8 |
| L Μήκος σωληνώσεως [m] | 25 |
| $L_p [K_{wh}]$ Απώλ.στο δίκτυο διανομής του νερού | 182,28 |
| Q ολικό ημερήσιο ($L_{sh} + L_W + L_p$) [K_{wh}] | 29,15 |
| Q_U Ημερήσιο ολικό φορτίο [K_{wh}] | 2,17 |
| Αριθμός ηλιακ.συλλεκ.επιφαν. $1m^2$ | 21 |

Σχήμα (6.1) Οικία μελέτης.

6.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Αρχικά υπολογίζουμε την συνολική ισχύ αιχμής που θέλουμε να καλύψουμε.

$$P_m = \frac{Q \cdot d \cdot n}{PSH} \quad (\text{Από Σ.Ν. Καπλάνη, Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων Η.Μ.Ε ΙΙΙ κεφάλαιο 4}) \quad (6.9)$$

Όπου Q είναι το ημερήσιο φορτίο που καταναλώνουμε στην οικία, υπολογίζεται βάση της ονομαστικής ισχύς της κάθε συσκευής επί τις ώρες λειτουργίας της.

d , είναι οι μέρες αυτοδυναμίας που θα θέλουμε να έχει το σύστημα μας.

n , είναι ο διορθωτικός συντελεστής (>1) που λαμβάνει υπόψη τις απώλειες που παρουσιάζει το σύστημα μας.

Στο παράδειγμα μας έχουμε κάνει διαστασιολόγηση με βάση απώλειες 5% από τις καλωδιώσεις και 15% απώλειες του αντιστροφέα τάσης ($n=1,20$).

Το PSH είναι η τιμή του $H_T [\frac{Kwh}{m^2}]$ για την μέση ημέρα του Ιανουαρίου και μετριέται σε ώρες. Στην συνέχεια επιχειρούμε την διόρθωση στην ισχύ που αποδίδουν τα PV-πλαίσια, επειδή θα λειτουργούν υπό υψηλότερη θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία λειτουργίας, T_c (Από Σ.Ν. Καπλάνη, Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων Η.Μ.Ε ΙΙΙ κεφάλαιο 3) των PV-πλαίσια θα προσδιορισθεί ως εξής:

$$\frac{T_c - T_\alpha}{NOCT - 20^\circ C} = \frac{I_T}{0.8kW/m^2} \quad (6.10)$$

Η θερμοκρασία T_α θα ληφθεί ως η μέση θερμοκρασία της ημέρας που για κάθε μέρα δίνεται από παράρτημα ΙΙ πίνακας 3

Για την θερμοκρασία T_c υπολογίζουμε τα μεγέθη i_{sc} , V_{oc} , FF και τελικά την ισχύ P_m που αποδίδουν τα PV-πλαίσια υπό τις νέες συνθήκες.

Θα εξετάσουμε το PV-πλαίσιο SR 180 της εταιρίας Siemens από www.solarenergy.gr με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

Αριθμός PV-κυψελίδων εν σειρά : 36

Ισχύς αιχμής (watts) : 180

| | |
|------------------------------|---------|
| Ελάχ.Ισχύς (Pmin) (Watts) | : 175.8 |
| Τάση ανοικτού κυκλώμ.(volts) | : 30 |
| Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A) | : 8.03 |
| Τάση υπό φορτίο (volts) | : 24.2 |
| Ρεύμα υπό φορτίο (volts) | : 7.45 |

$i_{sc}=8.03$ (A).Θα υποθέσουμε ότι δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία.

$V_{oc}=30$ (volts) η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} επηρεάζεται από την θερμοκρασία και η νέα της τιμή υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_{oc} = V_{oc}(S.T.C.) + \frac{dV_{oc}}{dT} \times (T_c - 25^\circ\text{C}) \quad (6.11)$$

Στην συνέχεια, υπολογίζουμε και τον συντελεστή πλήρωσης,FF ενός PV-πλαισίου (Από Σ.Ν. Καπλάνη, Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων Η.Μ.Ε ΙΙΙ κεφάλαιο 3) που δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$FF = \frac{i_m \times V_m}{i_{sc} \times V_{oc}} \quad (6.12)$$

Υποθέτουμε ότι ο συντελεστής πλήρωσης FF δεν επηρεάζεται ουσιαστικά από την T_a (θερμοκρασία περιβάλλοντος)

Η P_m για συνθήκες $I_T = 10^3 \left(\frac{W}{m^2}\right)$ και T_c , είναι η θερμοκρασία λειτουργίας των PV πλαισίων (Από Σ.Ν. Καπλάνη, Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων Η.Μ.Ε ΙΙΙ κεφάλαιο 4) η ισχύς αιχμής P_m δίνεται από την σχέση:

$$P_{m,pv} = i_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF \quad (6.13)$$

Ο αριθμός των PV πλαισίων του τύπου που επελέγησαν, μετά και την διόρθωση της αποδιδόμενης από αυτά ισχύος λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας από την NOCT προσδιορίζεται ως εξής:

$$N_{pv} = \frac{P_m}{P_{m,pv}} \quad (6.14)$$

| Μέση ημερήσια κατανάλωση οικίας. | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|----------|-----------|----------------------|------------------------------|
| | ΦΟΡΤΙΑ ΟΙΚΙΑΣ | Ποσότητα | Φορτίο[w] | Ωρες λειτουργίας [h] | Μέση ημερήσια κατανάλωση[Wh] |
| 1 | ΛΑΜΠΕΣ | 4 | 60 | 4 | 960 |
| 2 | TV 24" | 1 | 100 | 4 | 400 |
| 3 | VIDEOS | 1 | 30 | 1 | 30 |
| 4 | ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΡΑΣ | 1 | 70 | 1 | 70 |
| 5 | Η/Υ | 1 | 180 | 2 | 360 |
| 6 | ΨΥΓΕΙΟ | 1 | 150 | 4 | 600 |
| 7 | ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ | 1 | 500 | 1 | 500 |
| 8 | ΗΛΕΚ.ΣΚΟΥΠΑ | 1 | 800 | 1 | 800 |
| 9 | ΚΟΥΖΙΝΑ | 1 | 1500 | 0,5 | 750 |
| 10 | ΗΛΕΚΤΡ.ΣΙΔΕΡΟ | 1 | 1100 | 0,3 | 330 |
| 11 | ΣΥΝΟΛΟ ΦΟΡΤΙΩΝ (Wh) | | | | 4800 |

| | |
|---|---------|
| H_T Μηνιαία ακτιν.ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ [$\frac{Mj}{m^2}$] | 289,891 |
| PSH | 2,597 |
| d Χρόνος αυτοδυναμίας(day) | 1 |
| n Απώλειες καλωδιώσεων,συσσωρευτή | 1,25 |
| QL Ημερήσιο φορτίο (W) | 4800 |
| P_m [Wp] | 2309,83 |
| ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ- PV | |
| i_{sc} [A] Ρεύμα βραχυκύκλωσης | 8,03 |
| V_{oc} [V] Τάση ανοικτού κυκλώματος | 30 |
| $P_{m,pv}$ [W] Ισχύς αιχμής | 180 |
| NOCT [°C] | 46 |
| T_a [°C] Θερμοκρασία περιβάλλοντος | 12 |
| I_T [$\frac{W}{m^2}$] Ωριαία ακτινοβολία | 800 |
| I_T [$\frac{KW}{m^2}$] ωριαία ακτινοβολία | 0,8 |
| T_c [°C] Θερμοκρ.λειτουργίας | 38 |
| i_{sc} [A] Δεν επηρεάζ,απο τη θερμοκρ. | 8,03 |
| Dv/Dt | -0,0023 |
| Αριθμός PV-κυψελίδων εν σειρά | 36 |
| T_c-25 [°C] | 13 |
| V_{oc} [V] επηρεασμένη από τη θερμοκρ | 28,92 |
| FF (Συντελεστής πλήρωσης) | 0,74 |
| P_m Διορθωμένη λόγω θερμοκρασίας [Wp] | 173,54 |
| N_{pv} Αριθμός PV-πλαισίων | 13,30 |

Ο αριθμός των pv-πλαισίων που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ο αμέσως επόμενος ακέραιος αριθμός από τον δεκαδικό που υπολογίσαμε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πρώτα στάδια της πτυχιακής μας εργασίας υπολογίσαμε τη μηνιαία και ωριαία ηλιακή ακτινοβολία. Μπορούμε να παρατηρήσουμε στους υπολογισμούς μας πως αλλάζοντας συνεχώς τις τιμές, τους χειμερινούς μήνες οι τιμές των αποτελεσμάτων είναι αποδοτικότερες, όταν έχουμε επιλέξει κλίση στον συλλέκτη μέχρι τις 60° . Αντίστοιχα για τους θερινούς μήνες, οι τιμές είναι αποδοτικότερες όταν η κλίση του συλλέκτη είναι το οριζόντιο επίπεδο.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της εφαρμογής, διαπιστώνουμε ότι:

α) Μεταβλητή γωνία κλίσης επιφάνειας για κάθε μήνα (γωνία κλίσης: βέλτιστη του μηνός) δίνει καλύτερα ετήσια αποτελέσματα.

β) Για σταθερή γωνία κλίσης της επιφάνειας, για να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση, πρέπει να γίνει επιλογή της κατάλληλης γωνίας σύμφωνα με τη χρονική περίοδο λειτουργίας.

Έτσι, δοκιμάζοντας στους υπολογισμούς μας διάφορες γωνίες, μπορούμε να βρούμε την κατάλληλη γωνία για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε πως στους θερινούς μήνες του έτους η απόδοση του συλλέκτη είναι καλύτερη. Ακόμα, φέρνοντας την ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο των θερμικών και οπτικών απωλειών. Στο σημείο δηλαδή όπου η ευθεία τέμνει τον άξονα της απόδοσης, μας δίνει το $FR_{τα}$ ενώ η κλίση της ευθείας μας δίνει το FR_{UL} . Για τον υπολογισμό της απόδοσης του συλλέκτη χρησιμοποιήσαμε μια άλλη προσεγγιστική μέθοδο, και όχι τη μέθοδο f_{chart} . Η μέθοδος αυτή είναι μια επαναληπτική αριθμητική προσέγγιση για τον προσδιορισμό της απόδοσης ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. Ο αλγόριθμος αυτός βασίζεται σε δύο υποθετικές τιμές για την θερμοκρασία της απορροφητικής επιφάνειας του συλλέκτη T_p και της θερμοκρασίας της γυάλινης επιφάνειας T_g . Υπολογίζοντας τις τιμές με μια επαναληπτική διαδικασία, καθορίζουμε μια καλύτερη τιμή της T_g για την υποθετική τιμή της T_p . Με την τιμή της T_g ως αποτέλεσμα της παραπάνω επαναληπτικής διαδικασίας και με την αρχική υποθετική τιμή της T_p , το πρόγραμμα επανακαθορίζει την U_t . Αυτό συνεχίζεται μέχρις ότου οι τελικές τιμές των T_p , T_g να είναι περίπου ίσες με τις υποθετικές.

Στο επόμενο βήμα κάνουμε διαστασιολόγηση ενός ηλιακού συλλέκτη για την κάλυψη των αναγκών μιας οικίας, για θέρμανση ζεστού νερού, παίρνοντας μια

επιφάνεια συλλέκτη του $1m^2$. Αφού υπολογίσουμε το φορτίο που μας δίνει αυτή η αεπιφάνεια, υπολογίζουμε επίσης πόσους τέτοιους συλλέκτες χρειαζόμαστε για να καλύψουμε το συνολικό φορτίο της οικίας. Τα αποτελέσματά μας θα ήταν πιο ικανοποιητικά αν λαμβάναμε μεταβλητή κλίσης συλλέκτη ανάλογη με την εποχή λειτουργίας, ώστε να έχουμε και καλύτερη τιμή της ωριαίας ακτινοβολίας.

Τέλος, υπολογίσαμε τον αριθμό των PV-πλασιών που χρειάζονται για την άμεση κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων της οικίας, χρησιμοποιώντας πάνελ τεχνολογίας πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρείας Mitsubishi, ισχύος 180 Watt. Εάν θέλαμε να έχουμε αυτοδυναμία περισσότερων ημερών στο σύστημά μας, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε συσσωρευτές, ώστε να αποθηκεύουμε ενέργεια και να την χρησιμοποιήσουμε τις στιγμές που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

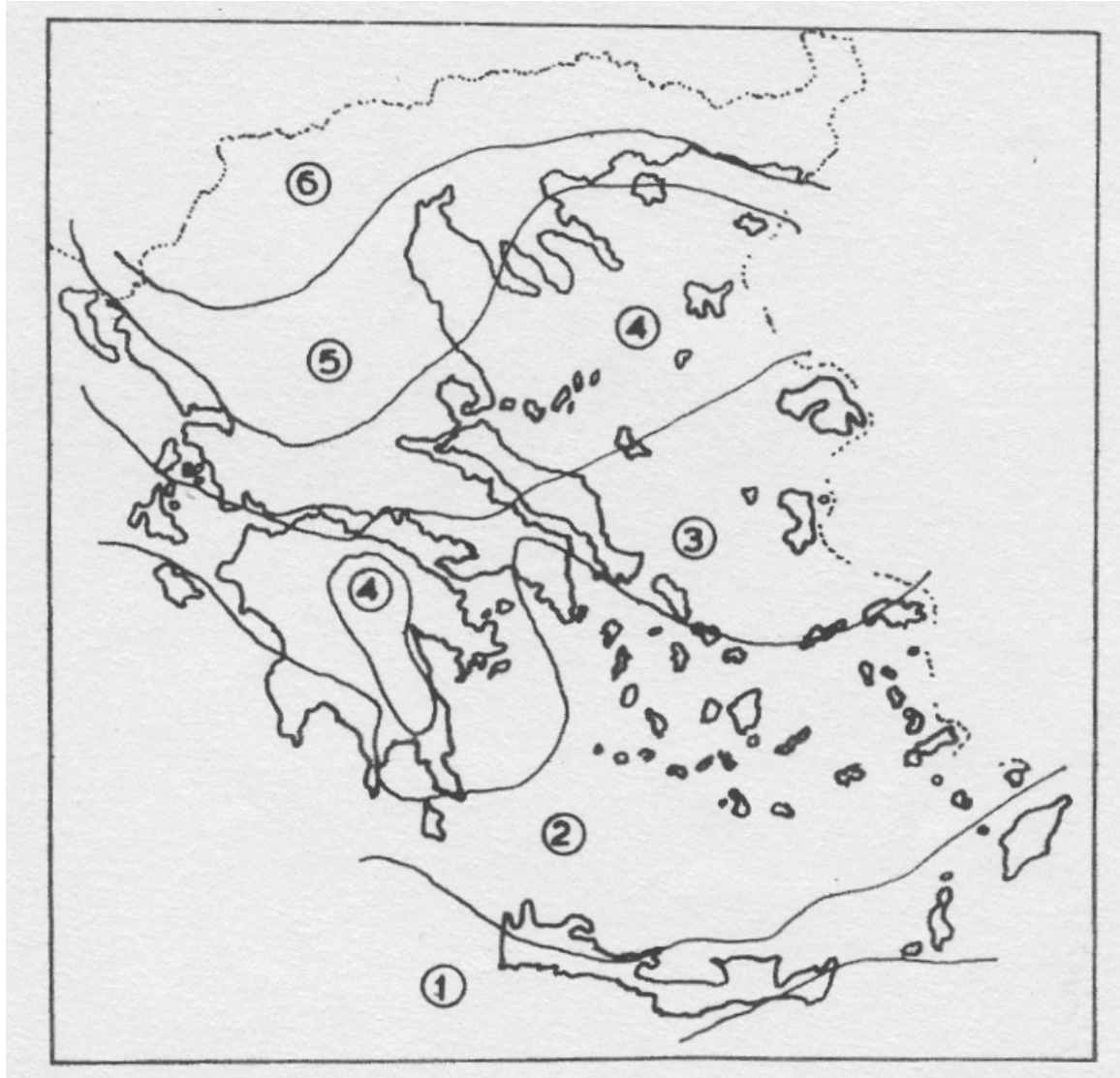
Γεωγραφικά μήκη και πλάτη των κυριοτέρων αστικών κέντρων. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙΙ παράρτημα Ι)

Γεωγραφικά πλάτη (φ) και μήκη (L_{loc}) κυριοτέρων αστικών κέντρων της Ελλάδας

| | φ° | L_{loc} | φ° | L_{loc} |
|----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| Άγιος Νικόλαος | 35.9 | 25.43 | Κόρινθος | 22.57 |
| Αγρίνιο | 38.38 | 21.24 | Λαμία | 22.26 |
| Αθήνα | 37.59 | 23.43 | Λάρισα | 22.25 |
| Αλεξανδρούπολη | 40.52 | 25.53 | Λειβαδιά | 22.53 |
| Άργος | 37.38 | 22.44 | Λευκάδα | 20.42 |
| Αργασόλι | 38.11 | 20.29 | Μυτιλήνη | 26.33 |
| Άρτα | 39.9 | 20.59 | Ναύπλιον | 22.48 |
| Βέροια | 40.32 | 22.13 | Ξάνθη | 24.54 |
| Βόλος | 39.22 | 22.56 | Ορεστιάδα | 26.32 |
| Δράμα | 41.9 | 24.1 | Πάτρα | 21.44 |
| Ζάκυνθος | 37.47 | 20.54 | Πειραιάς | 23.39 |
| Ηράκλειο | 35.20 | 25.8 | Πρέβεζα | 20.45 |
| Θεσσαλονίκη | 40.38 | 22.58 | Πύργος | 21.26 |
| Ιωάννινα | 39.40 | 20.51 | Ρέθυμνο | 24.29 |
| Καβάλα | 40.57 | 24.25 | Ρόδος | 28.13 |
| Καλαμάτα | 37.3 | 22.7 | Σέρρες | 23.33 |
| Καρδίτσα | 39.22 | 21.55 | Σπάρτη | 22.26 |
| Καστοριά | 40.32 | 21.16 | Τρίκαλα | 21.46 |
| Κατερίνη | 40.17 | 22.31 | Τρίπολη | 22.22 |
| Κέρκυρα | 39.37 | 19.55 | Φλώρινα | 21.25 |
| Κιλκίς | 41.0 | 22.53 | Χαλκίδα | 23.36 |
| Κοζάνη | 40.19 | 21.48 | Χανιά | 24.1 |
| Κομοτηνή | 41.7 | 25.25 | Χίος | 26.8 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Χωρισμός της χώρας σε κλιματολογικές ζώνες. Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ παράρτημα ΙΙ).



ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ παράρτημα ΙΙ).

| | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ηράκλειο | Αθήνα | Αργοστόλι | Άρτα | Θεσ/νίκη | Ιωάννινα |
| Ιεράπετρα | Καλαμάτα | Κόρινθος | Κέρκυρα | Καβάλα | Κομοτηνή |
| Ρόδος | Νάξος | Μυτιλήνη | Λαμία | Κατερίνη | Κόνιτσα |
| Σητεία | Σάμος | Πάτρα | Λήμνος | Λάρισα | Σέρρες |
| Χανιά | Σύρος | Χίος | | | |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ: ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ (MJ/m^2). (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε ΙΙ παράρτημα ΙΙ).

| ΖΩΝΗ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Μ.Ο | ΣΥΝΟΛΟ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1 | 230 | 277 | 439 | 558 | 706 | 770 | 817 | 760 | 598 | 421 | 284 | 220 | 507 | 6080 |
| 2 | 230 | 274 | 418 | 493 | 691 | 752 | 781 | 713 | 536 | 382 | 270 | 198 | 478 | 5738 |
| 3 | 220 | 259 | 400 | 493 | 684 | 745 | 781 | 713 | 526 | 367 | 241 | 187 | 468 | 5616 |
| 4 | 194 | 234 | 371 | 493 | 644 | 724 | 781 | 695 | 504 | 349 | 220 | 173 | 449 | 5384 |
| 5 | 169 | 223 | 360 | 493 | 644 | 680 | 727 | 670 | 486 | 328 | 220 | 162 | 430 | 5162 |
| 6 | 169 | 216 | 349 | 468 | 612 | 666 | 706 | 641 | 464 | 313 | 202 | 162 | 414 | 4968 |

ΠΙΝΑΚΑΣ III: ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ (°C). (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε II παράρτημα II).

| ΖΩΝΗ | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | <u>Μ.Ο</u> |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| 1 | 13 | 13 | 15 | 17 | 21 | 26 | 28 | 28 | 25 | 22 | 18 | 15 | 20 |
| 2 | 11 | 12 | 13 | 16 | 20 | 25 | 27 | 27 | 24 | 20 | 16 | 13 | 19 |
| 3 | 11 | 12 | 13 | 16 | 20 | 25 | 27 | 27 | 24 | 20 | 16 | 13 | 19 |
| 4 | 8 | 9 | 11 | 16 | 20 | 25 | 27 | 27 | 23 | 18 | 14 | 9 | 17 |
| 5 | 5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 24 | 27 | 27 | 23 | 17 | 12 | 7 | 16 |
| 6 | 4 | 6 | 9 | 15 | 20 | 24 | 27 | 24 | 22 | 16 | 11 | 6 | 15 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

Η ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο, H_T , για ένα μήνα ή για μια εβδομάδα ή μια ημέρα υπολογίζεται από την αντίστοιχη τιμή στο οριζόντιο, βλ. Πίνακας II, Παράρτημα II, και από τον συντελεστή \bar{R} σύμφωνα με την σχέση 5.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV: ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ \bar{R} ΓΙΑ ΤΙΣ ΖΩΝΕΣ 1-6. (Από Σ.Ν. Καπλάνη, ηλιακή μηχανική Η.Μ.Ε II παράρτημα II).

| ΖΩΝΗ 1 | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1.00 | 1.18 | 1.33 | 1.46 | 1.55 | 1.60 | 1.61 | 1.59 | 1.52 | 1.42 |
| Φ | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.30 | 1.34 | 1.35 | 1.34 | 1.29 | 1.21 | 1.10 |
| M | 1.00 | 1.07 | 1.13 | 1.16 | 1.16 | 1.14 | 1.09 | 1.01 | 0.92 | 0.80 |
| A | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.02 | 0.99 | 0.93 | 0.85 | 0.76 | 0.65 | 0.53 |
| M | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.87 | 0.79 | 0.70 | 0.60 | 0.49 | 0.38 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 0.89 | 0.82 | 0.73 | 0.64 | 0.53 | 0.42 | 0.32 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.90 | 0.84 | 0.75 | 0.66 | 0.55 | 0.44 | 0.33 |
| A | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 0.99 | 0.94 | 0.87 | 0.78 | 0.68 | 0.57 | 0.45 |
| Σ | 1.00 | 1.06 | 1.11 | 1.13 | 1.12 | 1.08 | 1.02 | 0.93 | 0.82 | 0.70 |
| O | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.30 | 1.34 | 1.34 | 1.32 | 1.26 | 1.17 | 1.06 |
| N | 1.00 | 1.18 | 1.34 | 1.47 | 1.56 | 1.62 | 1.63 | 1.60 | 1.53 | 1.42 |
| Δ | 1.00 | 1.20 | 1.38 | 1.53 | 1.64 | 1.71 | 1.74 | 1.72 | 1.66 | 1.56 |

| ΖΩΝΗ 2 | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1.00 | 1.19 | 1.36 | 1.49 | 1.59 | 1.65 | 1.67 | 1.65 | 1.59 | 1.49 |
| Φ | 1.00 | 1.13 | 1.24 | 1.32 | 1.36 | 1.38 | 1.37 | 1.32 | 1.24 | 1.13 |
| M | 1.00 | 1.07 | 1.13 | 1.16 | 1.17 | 1.14 | 1.10 | 1.02 | 0.93 | 0.81 |
| A | 1.00 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 0.99 | 0.93 | 0.86 | 0.77 | 0.66 | 0.55 |
| M | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.88 | 0.80 | 0.71 | 0.61 | 0.51 | 0.40 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 0.89 | 0.82 | 0.74 | 0.65 | 0.54 | 0.44 | 0.33 |
| I | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.91 | 0.85 | 0.77 | 0.67 | 0.57 | 0.46 | 0.35 |
| A | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 0.99 | 0.95 | 0.88 | 0.80 | 0.70 | 0.58 | 0.46 |
| Σ | 1.00 | 1.06 | 1.11 | 1.12 | 1.11 | 1.08 | 1.02 | 0.93 | 0.83 | 0.71 |
| O | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.29 | 1.33 | 1.34 | 1.32 | 1.26 | 1.18 | 1.06 |
| N | 1.00 | 1.19 | 1.35 | 1.49 | 1.58 | 1.64 | 1.66 | 1.63 | 1.56 | 1.46 |
| Δ | 1.00 | 1.20 | 1.38 | 1.53 | 1.64 | 1.71 | 1.74 | 1.72 | 1.66 | 1.56 |

| ΖΩΝΗ 3 | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1.00 | 1.20 | 1.37 | 1.51 | 1.62 | 1.69 | 1.71 | 1.69 | 1.63 | 1.53 |
| Φ | 1.00 | 1.13 | 1.24 | 1.32 | 1.37 | 1.39 | 1.38 | 1.33 | 1.25 | 1.15 |
| M | 1.00 | 1.08 | 1.13 | 1.17 | 1.17 | 1.15 | 1.11 | 1.03 | 0.94 | 0.83 |
| A | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 0.99 | 0.94 | 0.87 | 0.78 | 0.68 | 0.56 |
| M | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 0.88 | 0.81 | 0.72 | 0.62 | 0.52 | 0.41 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.90 | 0.83 | 0.75 | 0.66 | 0.55 | 0.45 | 0.34 |
| I | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.85 | 0.77 | 0.68 | 0.58 | 0.47 | 0.36 |
| A | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 0.81 | 0.71 | 0.60 | 0.48 |
| Σ | 1.00 | 1.07 | 1.11 | 1.13 | 1.12 | 1.09 | 1.03 | 0.95 | 0.85 | 0.72 |
| O | 1.00 | 1.12 | 1.23 | 1.30 | 1.35 | 1.36 | 1.33 | 1.28 | 1.20 | 1.08 |
| N | 1.00 | 1.19 | 1.35 | 1.48 | 1.58 | 1.63 | 1.65 | 1.62 | 1.56 | 1.45 |
| Δ | 1.00 | 1.21 | 1.39 | 1.55 | 1.66 | 1.74 | 1.77 | 1.76 | 1.70 | 1.60 |

| ΖΩΝΗ 4 | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1.00 | 1.18 | 1.33 | 1.46 | 1.55 | 1.61 | 1.62 | 1.60 | 1.54 | 1.44 |
| Φ | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.29 | 1.34 | 1.35 | 1.33 | 1.28 | 1.21 | 1.11 |
| M | 1.00 | 1.07 | 1.13 | 1.15 | 1.16 | 1.14 | 1.09 | 1.02 | 0.93 | 0.82 |
| A | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 0.99 | 0.94 | 0.87 | 0.78 | 0.68 | 0.56 |
| M | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 0.88 | 0.81 | 0.73 | 0.63 | 0.52 | 0.41 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.90 | 0.83 | 0.75 | 0.66 | 0.56 | 0.45 | 0.35 |
| I | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.85 | 0.77 | 0.68 | 0.58 | 0.47 | 0.36 |
| A | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 0.81 | 0.71 | 0.60 | 0.48 |
| Σ | 1.00 | 1.06 | 1.11 | 1.13 | 1.12 | 1.09 | 1.03 | 0.94 | 0.84 | 0.72 |
| O | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.29 | 1.33 | 1.34 | 1.32 | 1.26 | 1.18 | 1.07 |
| N | 1.00 | 1.17 | 1.32 | 1.44 | 1.53 | 1.58 | 1.59 | 1.57 | 1.50 | 1.40 |
| Δ | 1.00 | 1.19 | 1.37 | 1.51 | 1.61 | 1.68 | 1.71 | 1.69 | 1.64 | 1.54 |

| ΖΩΝΗ 5 | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1.00 | 1.17 | 1.32 | 1.44 | 1.52 | 1.57 | 1.59 | 1.56 | 1.50 | 1.41 |
| Φ | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.30 | 1.35 | 1.36 | 1.35 | 1.30 | 1.22 | 1.12 |
| M | 1.00 | 1.07 | 1.13 | 1.16 | 1.17 | 1.15 | 1.10 | 1.03 | 0.94 | 0.83 |
| A | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.00 | 0.95 | 0.88 | 0.79 | 0.69 | 0.57 |
| M | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 0.89 | 0.82 | 0.73 | 0.64 | 0.53 | 0.42 |
| I | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.91 | 0.84 | 0.76 | 0.67 | 0.57 | 0.47 | 0.37 |
| I | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.92 | 0.86 | 0.78 | 0.69 | 0.59 | 0.49 | 0.38 |
| A | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.82 | 0.72 | 0.61 | 0.49 |
| Σ | 1.00 | 1.07 | 1.11 | 1.13 | 1.13 | 1.09 | 1.04 | 0.96 | 0.86 | 0.74 |
| O | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.29 | 1.34 | 1.35 | 1.33 | 1.27 | 1.19 | 1.08 |
| N | 1.00 | 1.19 | 1.35 | 1.48 | 1.58 | 1.63 | 1.65 | 1.63 | 1.57 | 1.46 |
| Δ | 1.00 | 1.20 | 1.37 | 1.52 | 1.63 | 1.70 | 1.73 | 1.72 | 1.66 | 1.57 |

| ΖΩΝΗ 6 | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ΚΛΙΣΗ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| I | 1,00 | 1,18 | 1,34 | 1,48 | 1,57 | 1,64 | 1,66 | 1,64 | 1,58 | 1,49 |
| Φ | 1,00 | 1,13 | 1,23 | 1,31 | 1,36 | 1,38 | 1,37 | 1,32 | 1,25 | 1,15 |
| M | 1,00 | 1,08 | 1,13 | 1,17 | 1,18 | 1,16 | 1,11 | 1,04 | 0,96 | 0,85 |
| A | 1,00 | 1,03 | 1,04 | 1,04 | 1,01 | 0,96 | 0,89 | 0,80 | 0,70 | 0,59 |
| M | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,90 | 0,83 | 0,74 | 0,65 | 0,55 | 0,44 |
| I | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,91 | 0,85 | 0,77 | 0,68 | 0,58 | 0,48 | 0,38 |
| I | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,93 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,50 | 0,39 |
| A | 1,00 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 0,97 | 0,91 | 0,83 | 0,73 | 0,62 | 0,51 |
| Σ | 1,00 | 1,07 | 1,11 | 1,14 | 1,13 | 1,10 | 1,05 | 0,97 | 0,87 | 0,75 |
| O | 1,00 | 1,12 | 1,23 | 1,30 | 1,35 | 1,36 | 1,34 | 1,29 | 1,21 | 1,10 |
| N | 1,00 | 1,19 | 1,35 | 1,48 | 1,58 | 1,64 | 1,66 | 1,64 | 1,58 | 1,48 |
| Δ | 1,00 | 1,22 | 1,41 | 1,57 | 1,70 | 1,78 | 1,82 | 1,81 | 1,76 | 1,67 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται η μέση τιμή της ακτινοβολίας για τα έτη 1995-2000, δεδομένα από την ΕΜΥ που επεξεργάστηκαν για την Πάτρα από

πτυχιακή εργασία 'Μοντέλο αναλυτικού υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορες επιφάνειες με διάφορο προσανατολισμό και κλίση'.

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 0 | 16 | 98 | 182 | 224 | 274 | 288 | 245 | 136 | 49 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 24 | 95 | 180 | 274 | 241 | 238 | 163 | 89 | 39 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 8 | 78 | 196 | 285 | 293 | 287 | 262 | 149 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 24 | 117 | 206 | 315 | 333 | 312 | 229 | 164 | 57 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 9 | 94 | 255 | 331 | 403 | 418 | 336 | 194 | 53 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 22 | 148 | 231 | 318 | 340 | 348 | 297 | 157 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 14 | 159 | 286 | 364 | 423 | 403 | 323 | 181 | 66 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 20 | 124 | 240 | 355 | 373 | 319 | 262 | 182 | 60 | 4 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 20 | 141 | 279 | 336 | 348 | 291 | 249 | 174 | 59 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 13 | 156 | 273 | 355 | 442 | 391 | 340 | 217 | 73 | 7 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 17 | 147 | 271 | 348 | 370 | 349 | 316 | 195 | 79 | 7 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 2 | 16 | 115 | 245 | 323 | 376 | 350 | 257 | 150 | 58 | 11 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 19 | 115 | 234 | 227 | 272 | 315 | 251 | 146 | 67 | 7 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 18 | 96 | 166 | 307 | 369 | 327 | 256 | 166 | 68 | 6 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 24 | 114 | 246 | 247 | 303 | 338 | 304 | 226 | 87 | 10 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 25 | 175 | 298 | 454 | 502 | 461 | 365 | 214 | 94 | 10 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 32 | 176 | 315 | 425 | 493 | 433 | 379 | 256 | 88 | 9 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 18 | 169 | 310 | 398 | 422 | 439 | 349 | 233 | 87 | 17 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 4 | 53 | 177 | 280 | 351 | 379 | 390 | 336 | 225 | 95 | 22 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 21 | 154 | 224 | 334 | 389 | 421 | 317 | 198 | 86 | 13 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 20 | 105 | 260 | 355 | 356 | 250 | 173 | 145 | 86 | 11 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 17 | 101 | 198 | 249 | 336 | 339 | 305 | 257 | 116 | 19 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 24 | 137 | 270 | 339 | 380 | 357 | 330 | 238 | 107 | 25 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 17 | 145 | 200 | 284 | 341 | 324 | 255 | 226 | 119 | 25 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 41 | 156 | 313 | 409 | 447 | 402 | 363 | 233 | 111 | 24 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 37 | 143 | 290 | 379 | 404 | 366 | 246 | 195 | 86 | 20 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 49 | 153 | 329 | 472 | 530 | 512 | 420 | 246 | 132 | 30 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 43 | 167 | 296 | 422 | 480 | 405 | 362 | 254 | 132 | 32 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 34 | 125 | 260 | 331 | 438 | 472 | 399 | 251 | 120 | 26 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 2 | 31 | 175 | 323 | 381 | 457 | 414 | 372 | 264 | 122 | 23 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 25 | 115 | 247 | 269 | 317 | 389 | 339 | 270 | 142 | 31 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 0 | 28 | 174 | 262 | 346 | 385 | 387 | 311 | 255 | 118 | 12 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 2 | 40 | 125 | 262 | 369 | 402 | 349 | 299 | 220 | 122 | 24 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 55 | 188 | 320 | 472 | 553 | 459 | 380 | 310 | 147 | 56 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 44 | 166 | 329 | 361 | 415 | 357 | 280 | 210 | 78 | 28 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 3 | 50 | 210 | 368 | 469 | 539 | 474 | 300 | 216 | 119 | 63 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 50 | 201 | 287 | 437 | 471 | 407 | 317 | 217 | 103 | 40 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 3 | 66 | 221 | 328 | 476 | 575 | 609 | 506 | 391 | 175 | 62 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 88 | 227 | 343 | 456 | 497 | 440 | 374 | 217 | 130 | 43 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 4 | 66 | 199 | 332 | 471 | 473 | 439 | 421 | 301 | 156 | 50 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 53 | 173 | 298 | 378 | 370 | 371 | 346 | 244 | 154 | 57 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 11 | 92 | 223 | 364 | 455 | 527 | 443 | 376 | 295 | 160 | 62 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 6 | 72 | 211 | 387 | 471 | 600 | 513 | 373 | 316 | 145 | 57 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 75 | 165 | 320 | 356 | 412 | 481 | 336 | 229 | 109 | 44 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 3 | 76 | 200 | 316 | 428 | 543 | 577 | 517 | 338 | 180 | 79 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 7 | 73 | 179 | 221 | 389 | 407 | 511 | 346 | 164 | 60 | 24 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 4 | 88 | 218 | 406 | 532 | 485 | 465 | 373 | 248 | 136 | 28 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 7 | 77 | 188 | 281 | 417 | 590 | 425 | 353 | 273 | 161 | 43 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 2 | 25 | 74 | 182 | 207 | 264 | 249 | 206 | 186 | 138 | 44 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 9 | 94 | 177 | 314 | 441 | 477 | 482 | 457 | 289 | 166 | 73 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 7 | 117 | 280 | 406 | 509 | 574 | 591 | 441 | 370 | 257 | 100 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 10 | 84 | 179 | 298 | 385 | 381 | 453 | 419 | 306 | 172 | 101 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 6 | 101 | 212 | 312 | 428 | 448 | 474 | 457 | 369 | 245 | 134 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 14 | 87 | 205 | 299 | 403 | 421 | 356 | 384 | 291 | 139 | 59 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 12 | 101 | 233 | 409 | 450 | 518 | 506 | 423 | 274 | 157 | 64 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 12 | 80 | 218 | 362 | 488 | 507 | 485 | 324 | 254 | 150 | 56 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 16 | 62 | 189 | 300 | 437 | 523 | 465 | 466 | 380 | 261 | 79 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 20 | 138 | 287 | 435 | 540 | 558 | 599 | 534 | 437 | 257 | 125 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 27 | 90 | 177 | 383 | 468 | 519 | 512 | 478 | 439 | 220 | 66 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 2 | 80 | 215 | 306 | 370 | 394 | 389 | 388 | 377 | 366 | 249 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 28 | 146 | 296 | 578 | 681 | 708 | 701 | 609 | 454 | 252 | 73 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 48 | 148 | 306 | 414 | 586 | 621 | 492 | 483 | 362 | 118 | 38 | 0 | 0 |
| 3 | 10 | 49 | 191 | 321 | 447 | 555 | 651 | 600 | 507 | 397 | 240 | 64 | 1 | 0 |
| 4 | 4 | 58 | 159 | 263 | 278 | 454 | 560 | 521 | 415 | 319 | 195 | 65 | 5 | 0 |
| 5 | 0 | 34 | 98 | 218 | 388 | 463 | 514 | 479 | 361 | 283 | 179 | 65 | 6 | 0 |
| 6 | 0 | 42 | 172 | 351 | 495 | 597 | 783 | 781 | 644 | 471 | 345 | 116 | 13 | 0 |
| 7 | 0 | 38 | 143 | 275 | 467 | 596 | 665 | 679 | 631 | 432 | 249 | 96 | 9 | 0 |
| 8 | 0 | 59 | 150 | 278 | 499 | 598 | 614 | 737 | 697 | 546 | 281 | 119 | 10 | 0 |
| 9 | 0 | 51 | 175 | 404 | 564 | 679 | 733 | 710 | 555 | 457 | 266 | 93 | 11 | 0 |
| 10 | 0 | 43 | 133 | 291 | 426 | 611 | 663 | 608 | 436 | 340 | 242 | 81 | 17 | 0 |
| 11 | 0 | 36 | 182 | 350 | 551 | 550 | 575 | 570 | 544 | 390 | 240 | 105 | 13 | 0 |
| 12 | 0 | 35 | 109 | 200 | 363 | 447 | 507 | 489 | 412 | 329 | 195 | 67 | 7 | 0 |
| 13 | 0 | 36 | 157 | 351 | 499 | 581 | 603 | 567 | 524 | 405 | 259 | 100 | 14 | 0 |
| 14 | 0 | 35 | 148 | 300 | 350 | 476 | 456 | 457 | 397 | 341 | 209 | 92 | 11 | 0 |
| 15 | 0 | 29 | 107 | 206 | 339 | 298 | 351 | 407 | 553 | 339 | 186 | 83 | 15 | 0 |
| 16 | 0 | 20 | 68 | 177 | 211 | 373 | 390 | 395 | 419 | 327 | 207 | 51 | 4 | 0 |
| 17 | 0 | 38 | 157 | 263 | 363 | 393 | 448 | 524 | 377 | 367 | 221 | 104 | 26 | 0 |
| 18 | 2 | 50 | 182 | 385 | 535 | 600 | 607 | 608 | 520 | 424 | 223 | 70 | 24 | 0 |
| 19 | 0 | 69 | 197 | 371 | 493 | 602 | 572 | 562 | 542 | 362 | 239 | 101 | 11 | 0 |
| 20 | 0 | 69 | 228 | 363 | 380 | 440 | 470 | 478 | 394 | 266 | 236 | 114 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 45 | 132 | 275 | 440 | 509 | 540 | 569 | 461 | 278 | 231 | 79 | 2 | 0 |
| 22 | 1 | 70 | 188 | 382 | 570 | 680 | 645 | 836 | 644 | 498 | 332 | 116 | 24 | 0 |
| 23 | 4 | 77 | 250 | 418 | 615 | 680 | 717 | 691 | 511 | 382 | 241 | 107 | 17 | 0 |
| 24 | 1 | 78 | 263 | 448 | 546 | 700 | 838 | 729 | 700 | 607 | 326 | 131 | 23 | 0 |
| 25 | 2 | 81 | 246 | 417 | 563 | 552 | 653 | 638 | 492 | 391 | 246 | 105 | 32 | 0 |
| 26 | 8 | 62 | 202 | 316 | 429 | 522 | 586 | 598 | 539 | 330 | 228 | 98 | 28 | 0 |
| 27 | 15 | 94 | 267 | 383 | 412 | 454 | 465 | 447 | 403 | 297 | 225 | 136 | 25 | 0 |
| 28 | 10 | 94 | 244 | 379 | 473 | 604 | 660 | 723 | 486 | 325 | 227 | 119 | 28 | 0 |
| 29 | 4 | 59 | 212 | 342 | 425 | 553 | 598 | 608 | 521 | 322 | 214 | 82 | 29 | 0 |
| 30 | 18 | 77 | 213 | 373 | 495 | 609 | 644 | 623 | 513 | 337 | 292 | 133 | 21 | 0 |
| 31 | 7 | 73 | 222 | 413 | 441 | 545 | 586 | 572 | 523 | 366 | 231 | 98 | 14 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | | 27 | 113 | 288 | 402 | 548 | 649 | 809 | 830 | 730 | 591 | 413 | 168 | 46 | 0 |
| 2 | | 32 | 132 | 286 | 423 | 622 | 710 | 865 | 825 | 716 | 580 | 370 | 106 | 24 | 0 |
| 3 | | 24 | 97 | 278 | 389 | 510 | 475 | 645 | 637 | 574 | 398 | 234 | 130 | 29 | 0 |
| 4 | | 19 | 121 | 320 | 478 | 565 | 608 | 700 | 698 | 641 | 412 | 250 | 149 | 31 | 0 |
| 5 | | 15 | 75 | 199 | 341 | 438 | 530 | 692 | 728 | 570 | 456 | 418 | 176 | 48 | 0 |
| 6 | | 18 | 114 | 306 | 506 | 700 | 759 | 752 | 772 | 609 | 497 | 285 | 137 | 33 | 0 |
| 7 | | 7 | 61 | 296 | 427 | 585 | 668 | 650 | 572 | 397 | 331 | 224 | 117 | 31 | 0 |
| 8 | | 8 | 74 | 241 | 415 | 583 | 809 | 892 | 848 | 694 | 549 | 361 | 169 | 38 | 0 |
| 9 | | 29 | 126 | 341 | 486 | 479 | 502 | 555 | 548 | 453 | 372 | 259 | 134 | 29 | 0 |
| 10 | | 18 | 91 | 177 | 302 | 447 | 516 | 623 | 607 | 387 | 352 | 288 | 130 | 24 | 0 |
| 11 | | 16 | 80 | 204 | 409 | 563 | 619 | 654 | 606 | 592 | 430 | 349 | 136 | 28 | 0 |
| 12 | | 31 | 159 | 298 | 503 | 656 | 749 | 750 | 636 | 551 | 429 | 211 | 134 | 50 | 0 |
| 13 | | 34 | 147 | 338 | 500 | 610 | 713 | 750 | 729 | 661 | 577 | 479 | 196 | 82 | 0 |
| 14 | | 31 | 175 | 387 | 561 | 679 | 800 | 815 | 826 | 738 | 666 | 464 | 233 | 59 | 0 |
| 15 | | 30 | 132 | 290 | 471 | 677 | 762 | 918 | 868 | 770 | 638 | 409 | 227 | 69 | 0 |
| 16 | | 38 | 163 | 351 | 509 | 617 | 760 | 808 | 563 | 490 | 422 | 229 | 108 | 45 | 0 |
| 17 | | 24 | 111 | 260 | 421 | 584 | 558 | 725 | 654 | 525 | 467 | 303 | 155 | 42 | 0 |
| 18 | | 48 | 199 | 396 | 553 | 724 | 771 | 852 | 696 | 634 | 545 | 327 | 77 | 19 | 0 |
| 19 | | 44 | 113 | 198 | 389 | 645 | 534 | 633 | 508 | 421 | 371 | 158 | 104 | 69 | 0 |
| 20 | | 42 | 173 | 345 | 500 | 762 | 692 | 721 | 672 | 623 | 473 | 333 | 189 | 63 | 0 |
| 21 | | 55 | 189 | 404 | 599 | 694 | 834 | 785 | 769 | 606 | 460 | 308 | 146 | 47 | 0 |
| 22 | | 47 | 186 | 355 | 480 | 645 | 788 | 808 | 760 | 721 | 496 | 372 | 214 | 53 | 0 |
| 23 | | 45 | 160 | 309 | 486 | 711 | 816 | 927 | 933 | 735 | 566 | 378 | 204 | 77 | 0 |
| 24 | | 34 | 138 | 276 | 397 | 547 | 621 | 741 | 684 | 605 | 417 | 202 | 92 | 35 | 0 |
| 25 | | 28 | 133 | 222 | 341 | 570 | 774 | 709 | 678 | 614 | 511 | 321 | 231 | 60 | 1 |
| 26 | | 45 | 166 | 330 | 604 | 762 | 913 | 740 | 697 | 681 | 444 | 478 | 237 | 41 | 0 |
| 27 | | 53 | 180 | 337 | 503 | 695 | 771 | 900 | 830 | 601 | 506 | 268 | 221 | 55 | 0 |
| 28 | | 57 | 193 | 356 | 476 | 621 | 637 | 665 | 543 | 643 | 429 | 241 | 174 | 43 | 1 |
| 29 | | 32 | 106 | 217 | 281 | 404 | 405 | 408 | 441 | 379 | 314 | 285 | 142 | 61 | 0 |
| 30 | | 43 | 165 | 311 | 455 | 578 | 658 | 744 | 670 | 641 | 439 | 335 | 194 | 56 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 49 | 162 | 284 | 433 | 553 | 600 | 635 | 673 | 585 | 354 | 306 | 166 | 65 | 1 |
| 2 | 57 | 229 | 360 | 572 | 736 | 892 | 973 | 859 | 697 | 581 | 413 | 224 | 56 | 1 |
| 3 | 67 | 215 | 406 | 590 | 739 | 799 | 619 | 691 | 616 | 481 | 346 | 174 | 63 | 3 |
| 4 | 63 | 209 | 389 | 475 | 719 | 729 | 812 | 597 | 631 | 501 | 306 | 205 | 57 | 2 |
| 5 | 77 | 240 | 466 | 567 | 745 | 903 | 839 | 733 | 662 | 486 | 351 | 243 | 56 | 0 |
| 6 | 51 | 171 | 322 | 520 | 688 | 800 | 765 | 811 | 601 | 438 | 261 | 175 | 52 | 0 |
| 7 | 77 | 247 | 461 | 661 | 817 | 927 | 979 | 911 | 770 | 654 | 455 | 234 | 69 | 0 |
| 8 | 89 | 267 | 462 | 649 | 813 | 921 | 843 | 771 | 674 | 536 | 406 | 238 | 77 | 5 |
| 9 | 65 | 243 | 404 | 509 | 628 | 767 | 780 | 779 | 649 | 530 | 421 | 257 | 81 | 6 |
| 10 | 77 | 255 | 477 | 664 | 807 | 843 | 790 | 735 | 701 | 518 | 412 | 228 | 92 | 15 |
| 11 | 61 | 155 | 304 | 496 | 658 | 755 | 793 | 797 | 699 | 535 | 464 | 244 | 88 | 12 |
| 12 | 67 | 216 | 406 | 583 | 727 | 925 | 885 | 846 | 757 | 544 | 413 | 229 | 80 | 15 |
| 13 | 74 | 225 | 456 | 484 | 626 | 725 | 685 | 561 | 508 | 454 | 449 | 224 | 84 | 11 |
| 14 | 76 | 245 | 401 | 545 | 581 | 766 | 862 | 760 | 820 | 588 | 310 | 236 | 108 | 15 |
| 15 | 93 | 211 | 367 | 485 | 689 | 712 | 732 | 557 | 474 | 489 | 378 | 226 | 73 | 10 |
| 16 | 72 | 191 | 366 | 533 | 708 | 758 | 706 | 680 | 660 | 519 | 289 | 246 | 101 | 17 |
| 17 | 105 | 269 | 443 | 612 | 706 | 831 | 969 | 928 | 818 | 680 | 511 | 324 | 117 | 8 |
| 18 | 94 | 266 | 448 | 622 | 758 | 862 | 868 | 829 | 734 | 613 | 488 | 278 | 86 | 17 |
| 19 | 97 | 211 | 359 | 517 | 664 | 857 | 976 | 872 | 698 | 573 | 431 | 256 | 99 | 19 |
| 20 | 98 | 267 | 421 | 608 | 754 | 871 | 863 | 760 | 716 | 479 | 354 | 199 | 68 | 11 |
| 21 | 102 | 268 | 424 | 557 | 742 | 867 | 861 | 913 | 729 | 600 | 452 | 270 | 95 | 15 |
| 22 | 94 | 291 | 445 | 637 | 763 | 853 | 912 | 833 | 679 | 549 | 487 | 320 | 117 | 17 |
| 23 | 111 | 265 | 408 | 561 | 667 | 836 | 865 | 863 | 761 | 707 | 533 | 296 | 110 | 20 |
| 24 | 122 | 299 | 498 | 691 | 858 | 965 | 1003 | 948 | 724 | 569 | 435 | 265 | 114 | 18 |
| 25 | 85 | 265 | 428 | 615 | 687 | 769 | 912 | 930 | 807 | 595 | 459 | 292 | 123 | 20 |
| 26 | 115 | 269 | 419 | 554 | 729 | 822 | 942 | 961 | 789 | 633 | 487 | 320 | 138 | 24 |
| 27 | 100 | 280 | 502 | 668 | 837 | 850 | 967 | 873 | 754 | 596 | 439 | 267 | 108 | 20 |
| 28 | 101 | 277 | 409 | 577 | 774 | 963 | 942 | 815 | 691 | 573 | 453 | 270 | 110 | 14 |
| 29 | 87 | 256 | 418 | 541 | 697 | 743 | 756 | 635 | 630 | 477 | 302 | 197 | 86 | 12 |
| 30 | 104 | 261 | 413 | 572 | 746 | 858 | 945 | 836 | 760 | 638 | 458 | 286 | 110 | 17 |
| 31 | 111 | 296 | 460 | 674 | 838 | 960 | 994 | 939 | 727 | 513 | 435 | 275 | 134 | 30 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΙΟΥΝΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 21 | 109 | 290 | 494 | 667 | 831 | 940 | 952 | 845 | 829 | 673 | 480 | 247 | 94 | 25 |
| 2 | 0 | 23 | 109 | 267 | 459 | 573 | 733 | 851 | 945 | 934 | 849 | 650 | 532 | 284 | 122 | 26 |
| 3 | 0 | 24 | 92 | 266 | 419 | 576 | 702 | 794 | 976 | 950 | 806 | 637 | 479 | 313 | 134 | 27 |
| 4 | 0 | 24 | 120 | 297 | 488 | 676 | 815 | 927 | 945 | 931 | 821 | 655 | 456 | 292 | 129 | 23 |
| 5 | 0 | 28 | 123 | 264 | 399 | 591 | 768 | 843 | 904 | 873 | 787 | 686 | 442 | 256 | 99 | 19 |
| 6 | 0 | 29 | 110 | 260 | 408 | 537 | 717 | 823 | 841 | 825 | 768 | 603 | 492 | 293 | 116 | 23 |
| 7 | 0 | 24 | 122 | 276 | 434 | 635 | 850 | 929 | 954 | 925 | 827 | 646 | 423 | 278 | 116 | 22 |
| 8 | 0 | 21 | 116 | 287 | 484 | 650 | 818 | 891 | 905 | 875 | 683 | 550 | 417 | 348 | 142 | 31 |
| 9 | 0 | 25 | 120 | 257 | 464 | 595 | 729 | 879 | 920 | 889 | 810 | 661 | 480 | 229 | 137 | 42 |
| 10 | 0 | 25 | 112 | 246 | 432 | 633 | 836 | 915 | 915 | 831 | 612 | 437 | 368 | 246 | 81 | 29 |
| 11 | 0 | 26 | 126 | 299 | 489 | 662 | 813 | 927 | 969 | 934 | 815 | 590 | 411 | 240 | 125 | 26 |
| 12 | 0 | 23 | 109 | 261 | 459 | 673 | 797 | 933 | 930 | 820 | 779 | 619 | 503 | 336 | 126 | 25 |
| 13 | 0 | 22 | 110 | 271 | 470 | 645 | 806 | 862 | 893 | 853 | 706 | 608 | 539 | 338 | 160 | 32 |
| 14 | 0 | 28 | 129 | 291 | 479 | 659 | 804 | 931 | 960 | 851 | 838 | 686 | 527 | 348 | 154 | 28 |
| 15 | 0 | 32 | 132 | 316 | 491 | 660 | 815 | 926 | 975 | 941 | 798 | 687 | 519 | 334 | 151 | 28 |
| 16 | 0 | 19 | 123 | 291 | 472 | 644 | 759 | 814 | 813 | 789 | 742 | 619 | 456 | 301 | 133 | 28 |
| 17 | 0 | 27 | 131 | 294 | 476 | 634 | 769 | 910 | 870 | 890 | 819 | 676 | 509 | 316 | 140 | 32 |
| 18 | 0 | 28 | 118 | 289 | 468 | 699 | 835 | 940 | 970 | 933 | 855 | 709 | 543 | 360 | 159 | 30 |
| 19 | 0 | 26 | 132 | 316 | 499 | 679 | 821 | 940 | 980 | 919 | 817 | 681 | 522 | 317 | 143 | 27 |
| 20 | 0 | 26 | 124 | 268 | 463 | 628 | 742 | 924 | 964 | 941 | 838 | 618 | 473 | 321 | 121 | 26 |
| 21 | 0 | 23 | 127 | 296 | 472 | 650 | 753 | 779 | 810 | 839 | 811 | 664 | 517 | 337 | 140 | 31 |
| 22 | 0 | 25 | 121 | 293 | 471 | 667 | 798 | 954 | 1000 | 963 | 865 | 706 | 545 | 363 | 163 | 33 |
| 23 | 0 | 30 | 121 | 291 | 492 | 665 | 800 | 924 | 877 | 894 | 842 | 666 | 531 | 347 | 160 | 36 |
| 24 | 0 | 29 | 125 | 300 | 493 | 673 | 815 | 935 | 985 | 954 | 849 | 681 | 539 | 357 | 161 | 34 |
| 25 | 0 | 22 | 112 | 284 | 480 | 671 | 817 | 932 | 953 | 934 | 737 | 568 | 470 | 335 | 159 | 34 |
| 26 | 0 | 22 | 119 | 291 | 478 | 653 | 809 | 928 | 976 | 927 | 821 | 676 | 516 | 351 | 161 | 32 |
| 27 | 0 | 24 | 122 | 287 | 479 | 658 | 812 | 918 | 972 | 953 | 858 | 706 | 541 | 362 | 174 | 39 |
| 28 | 0 | 30 | 118 | 277 | 478 | 651 | 808 | 923 | 973 | 946 | 843 | 680 | 527 | 336 | 150 | 29 |
| 29 | 0 | 25 | 102 | 279 | 464 | 640 | 793 | 911 | 963 | 930 | 835 | 689 | 523 | 308 | 158 | 32 |
| 30 | 0 | 22 | 108 | 275 | 453 | 626 | 783 | 897 | 952 | 922 | 824 | 663 | 502 | 325 | 159 | 33 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΙΟΥΛΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 23 | 106 | 273 | 462 | 640 | 800 | 909 | 845 | 852 | 708 | 586 | 447 | 352 | 162 | 30 |
| 2 | 0 | 22 | 108 | 271 | 452 | 626 | 782 | 907 | 936 | 877 | 813 | 590 | 447 | 301 | 144 | 40 |
| 3 | 0 | 17 | 107 | 275 | 455 | 634 | 781 | 895 | 951 | 927 | 813 | 631 | 474 | 363 | 162 | 34 |
| 4 | 0 | 16 | 108 | 273 | 451 | 626 | 776 | 886 | 936 | 913 | 820 | 666 | 510 | 312 | 136 | 38 |
| 5 | 0 | 23 | 107 | 273 | 452 | 631 | 777 | 891 | 945 | 918 | 816 | 673 | 517 | 327 | 145 | 36 |
| 6 | 0 | 16 | 106 | 263 | 397 | 594 | 782 | 894 | 876 | 787 | 714 | 640 | 508 | 343 | 155 | 32 |
| 7 | 0 | 19 | 105 | 275 | 461 | 629 | 789 | 906 | 961 | 933 | 842 | 696 | 535 | 355 | 169 | 39 |
| 8 | 0 | 17 | 95 | 250 | 427 | 605 | 769 | 870 | 947 | 887 | 710 | 587 | 412 | 298 | 156 | 39 |
| 9 | 0 | 20 | 104 | 270 | 425 | 594 | 779 | 845 | 910 | 905 | 849 | 701 | 540 | 345 | 162 | 42 |
| 10 | 0 | 20 | 105 | 251 | 451 | 665 | 827 | 944 | 998 | 970 | 875 | 693 | 562 | 358 | 175 | 48 |
| 11 | 0 | 23 | 105 | 270 | 457 | 636 | 789 | 904 | 966 | 944 | 848 | 683 | 523 | 350 | 160 | 40 |
| 12 | 0 | 16 | 100 | 269 | 441 | 631 | 782 | 892 | 951 | 927 | 833 | 694 | 531 | 353 | 159 | 39 |
| 13 | 0 | 15 | 82 | 210 | 433 | 622 | 744 | 887 | 897 | 796 | 712 | 678 | 512 | 345 | 149 | 39 |
| 14 | 0 | 20 | 100 | 264 | 444 | 623 | 776 | 891 | 948 | 921 | 826 | 677 | 517 | 329 | 144 | 36 |
| 15 | 0 | 17 | 93 | 259 | 455 | 636 | 791 | 910 | 968 | 937 | 802 | 695 | 502 | 336 | 154 | 40 |
| 16 | 0 | 11 | 89 | 251 | 390 | 566 | 694 | 868 | 888 | 785 | 689 | 612 | 454 | 316 | 134 | 41 |
| 17 | 0 | 14 | 97 | 233 | 424 | 639 | 794 | 911 | 972 | 937 | 785 | 658 | 509 | 325 | 147 | 37 |
| 18 | 0 | 10 | 91 | 252 | 437 | 579 | 750 | 886 | 906 | 896 | 791 | 670 | 466 | 305 | 139 | 31 |
| 19 | 0 | 9 | 83 | 255 | 445 | 621 | 758 | 870 | 946 | 892 | 736 | 511 | 412 | 280 | 120 | 34 |
| 20 | 0 | 14 | 84 | 242 | 429 | 575 | 786 | 897 | 895 | 868 | 827 | 659 | 520 | 347 | 149 | 41 |
| 21 | 0 | 7 | 77 | 248 | 440 | 618 | 781 | 895 | 937 | 873 | 781 | 674 | 511 | 321 | 138 | 42 |
| 22 | 0 | 10 | 86 | 254 | 423 | 615 | 786 | 899 | 865 | 844 | 749 | 651 | 506 | 332 | 129 | 41 |
| 23 | 0 | 8 | 81 | 252 | 450 | 629 | 775 | 895 | 942 | 906 | 808 | 657 | 490 | 312 | 137 | 41 |
| 24 | 0 | 9 | 83 | 254 | 441 | 611 | 768 | 868 | 907 | 890 | 796 | 611 | 479 | 304 | 126 | 37 |
| 25 | 0 | 7 | 70 | 222 | 391 | 585 | 706 | 790 | 796 | 820 | 724 | 574 | 438 | 305 | 123 | 29 |
| 26 | 0 | 12 | 71 | 246 | 426 | 595 | 756 | 865 | 902 | 860 | 753 | 626 | 476 | 306 | 126 | 36 |
| 27 | 0 | 7 | 69 | 239 | 402 | 585 | 747 | 862 | 914 | 889 | 798 | 603 | 428 | 273 | 124 | 31 |
| 28 | 0 | 4 | 71 | 231 | 407 | 584 | 734 | 845 | 901 | 874 | 773 | 590 | 430 | 285 | 115 | 31 |
| 29 | 0 | 6 | 60 | 226 | 409 | 592 | 734 | 832 | 847 | 825 | 774 | 617 | 487 | 283 | 104 | 27 |
| 30 | 0 | 9 | 68 | 221 | 379 | 575 | 686 | 811 | 890 | 862 | 762 | 654 | 463 | 268 | 105 | 12 |
| 31 | 0 | 6 | 66 | 223 | 402 | 580 | 711 | 853 | 865 | 795 | 781 | 595 | 415 | 307 | 122 | 21 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | | 4 | 56 | 191 | 357 | 542 | 690 | 782 | 914 | 835 | 777 | 623 | 473 | 261 | 102 | 20 |
| 2 | | 8 | 67 | 236 | 419 | 601 | 751 | 862 | 865 | 896 | 777 | 635 | 486 | 298 | 121 | 21 |
| 3 | | 4 | 68 | 228 | 418 | 603 | 758 | 871 | 933 | 889 | 773 | 636 | 430 | 261 | 98 | 14 |
| 4 | | 5 | 67 | 227 | 412 | 595 | 748 | 863 | 918 | 870 | 789 | 641 | 478 | 294 | 106 | 16 |
| 5 | | | 67 | 222 | 403 | 588 | 740 | 849 | 890 | 877 | 781 | 639 | 471 | 287 | 103 | 16 |
| 6 | | | 64 | 225 | 409 | 595 | 740 | 852 | 906 | 878 | 786 | 635 | 470 | 293 | 105 | 15 |
| 7 | | 4 | 66 | 218 | 408 | 581 | 739 | 846 | 899 | 877 | 784 | 635 | 468 | 286 | 102 | 14 |
| 8 | | | 60 | 211 | 391 | 566 | 716 | 833 | 884 | 806 | 750 | 597 | 465 | 287 | 103 | 12 |
| 9 | | | 56 | 196 | 369 | 547 | 675 | 798 | 841 | 821 | 763 | 568 | 425 | 243 | 92 | 17 |
| 10 | | | 52 | 200 | 380 | 540 | 700 | 824 | 878 | 854 | 762 | 623 | 459 | 259 | 75 | 7 |
| 11 | | | 50 | 201 | 374 | 545 | 704 | 794 | 807 | 762 | 751 | 623 | 402 | 232 | 65 | 6 |
| 12 | | 16 | 57 | 208 | 391 | 566 | 721 | 822 | 892 | 854 | 760 | 623 | 432 | 230 | 91 | 10 |
| 13 | | | 54 | 206 | 393 | 574 | 725 | 834 | 883 | 854 | 754 | 603 | 443 | 248 | 67 | 7 |
| 14 | | | 57 | 206 | 382 | 531 | 709 | 829 | 872 | 799 | 674 | 535 | 349 | 218 | 73 | 3 |
| 15 | | | 45 | 173 | 326 | 477 | 617 | 793 | 720 | 725 | 649 | 531 | 361 | 191 | 82 | 14 |
| 16 | | | 48 | 179 | 348 | 532 | 701 | 811 | 864 | 839 | 685 | 557 | 373 | 219 | 64 | 2 |
| 17 | | | 47 | 193 | 384 | 553 | 701 | 800 | 835 | 832 | 727 | 569 | 407 | 235 | 74 | 7 |
| 18 | | | 48 | 193 | 366 | 545 | 694 | 802 | 851 | 776 | 651 | 558 | 381 | 228 | 69 | 2 |
| 19 | | | 46 | 193 | 374 | 554 | 705 | 813 | 848 | 824 | 740 | 592 | 418 | 217 | 59 | 0 |
| 20 | | | 52 | 198 | 362 | 561 | 692 | 748 | 745 | 706 | 676 | 561 | 436 | 253 | 68 | 0 |
| 21 | | 17 | 50 | 198 | 390 | 568 | 722 | 827 | 871 | 832 | 740 | 602 | 435 | 237 | 64 | 0 |
| 22 | | | 50 | 201 | 393 | 566 | 705 | 780 | 834 | 776 | 665 | 577 | 406 | 230 | 62 | 0 |
| 23 | | | 49 | 185 | 315 | 439 | 623 | 692 | 728 | 789 | 725 | 545 | 370 | 182 | 53 | 0 |
| 24 | | | 46 | 186 | 364 | 521 | 665 | 808 | 857 | 797 | 714 | 579 | 402 | 191 | 45 | 0 |
| 25 | | | 40 | 153 | 313 | 514 | 683 | 810 | 830 | 786 | 675 | 521 | 375 | 208 | 52 | 0 |
| 26 | | | 39 | 163 | 348 | 514 | 647 | 769 | 814 | 762 | 659 | 478 | 330 | 172 | 53 | 0 |
| 27 | | | 44 | 166 | 349 | 511 | 659 | 771 | 823 | 793 | 695 | 562 | 389 | 176 | 49 | 0 |
| 28 | | | 38 | 164 | 353 | 500 | 656 | 751 | 822 | 758 | 678 | 490 | 341 | 165 | 38 | 0 |
| 29 | | | 34 | 149 | 372 | 485 | 619 | 717 | 779 | 775 | 659 | 479 | 360 | 167 | 42 | 0 |
| 30 | | | 37 | 177 | 364 | 542 | 710 | 811 | 859 | 811 | 696 | 526 | 350 | 198 | 46 | 0 |
| 31 | | | 41 | 137 | 295 | 437 | 547 | 667 | 768 | 738 | 638 | 490 | 372 | 135 | 40 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | | | 41 | 167 | 333 | 511 | 678 | 690 | 823 | 731 | 719 | 580 | 337 | 152 | 51 | 0 |
| 2 | | | 32 | 167 | 362 | 548 | 675 | 764 | 780 | 734 | 658 | 569 | 374 | 157 | 48 | 0 |
| 3 | | | 35 | 161 | 339 | 478 | 626 | 787 | 753 | 711 | 636 | 521 | 367 | 176 | 34 | 0 |
| 4 | | | 37 | 170 | 337 | 521 | 627 | 781 | 768 | 740 | 650 | 518 | 321 | 159 | 51 | 0 |
| 5 | | | 42 | 155 | 305 | 468 | 610 | 748 | 726 | 662 | 538 | 452 | 293 | 149 | 44 | 0 |
| 6 | | | 34 | 152 | 337 | 501 | 631 | 664 | 753 | 649 | 554 | 436 | 313 | 131 | 42 | 0 |
| 7 | | | 37 | 168 | 319 | 510 | 653 | 804 | 849 | 794 | 710 | 561 | 372 | 180 | 41 | 0 |
| 8 | | | 31 | 152 | 338 | 505 | 644 | 719 | 744 | 752 | 568 | 420 | 237 | 103 | 26 | 0 |
| 9 | | | 25 | 118 | 283 | 410 | 555 | 644 | 568 | 521 | 528 | 394 | 289 | 140 | 37 | 0 |
| 10 | | | 28 | 129 | 262 | 403 | 630 | 746 | 810 | 799 | 679 | 539 | 350 | 154 | 40 | 0 |
| 11 | | | 26 | 130 | 308 | 484 | 655 | 762 | 750 | 611 | 509 | 400 | 283 | 119 | 34 | 0 |
| 12 | | | 32 | 130 | 256 | 416 | 560 | 698 | 810 | 672 | 639 | 401 | 224 | 88 | 19 | 0 |
| 13 | | | 15 | 101 | 264 | 413 | 526 | 602 | 586 | 562 | 546 | 436 | 270 | 116 | 31 | 0 |
| 14 | | | 28 | 133 | 268 | 343 | 588 | 635 | 714 | 719 | 639 | 479 | 285 | 118 | 24 | 0 |
| 15 | | | 20 | 107 | 284 | 456 | 638 | 713 | 695 | 684 | 632 | 463 | 318 | 116 | 29 | 0 |
| 16 | | | 27 | 137 | 326 | 481 | 647 | 733 | 737 | 659 | 544 | 386 | 212 | 80 | 14 | 0 |
| 17 | | | 18 | 116 | 281 | 435 | 623 | 690 | 639 | 666 | 562 | 434 | 247 | 81 | 8 | 0 |
| 18 | | | 29 | 128 | 302 | 441 | 598 | 682 | 717 | 639 | 541 | 391 | 233 | 75 | 12 | 0 |
| 19 | | | 14 | 76 | 248 | 491 | 643 | 682 | 655 | 619 | 478 | 395 | 223 | 85 | 8 | 0 |
| 20 | | | 13 | 109 | 264 | 412 | 570 | 680 | 681 | 657 | 566 | 458 | 278 | 109 | 14 | 0 |
| 21 | | | 18 | 101 | 270 | 434 | 549 | 628 | 697 | 687 | 474 | 302 | 260 | 94 | 12 | 0 |
| 22 | | | 13 | 114 | 266 | 428 | 621 | 719 | 662 | 669 | 573 | 383 | 277 | 102 | 9 | 0 |
| 23 | | | 8 | 104 | 266 | 397 | 524 | 618 | 575 | 586 | 478 | 386 | 225 | 71 | 6 | 0 |
| 24 | | | 6 | 92 | 244 | 427 | 522 | 701 | 646 | 685 | 546 | 404 | 281 | 89 | 4 | 0 |
| 25 | | | 7 | 75 | 197 | 330 | 481 | 481 | 533 | 459 | 411 | 288 | 145 | 58 | 1 | 0 |
| 26 | | | 12 | 91 | 246 | 373 | 520 | 615 | 559 | 497 | 438 | 314 | 176 | 51 | 0 | 0 |
| 27 | | | 4 | 76 | 230 | 422 | 598 | 606 | 620 | 678 | 548 | 463 | 243 | 78 | 6 | 0 |
| 28 | | | 3 | 94 | 248 | 399 | 531 | 570 | 622 | 596 | 465 | 356 | 192 | 60 | 1 | 0 |
| 29 | | | 3 | 78 | 198 | 330 | 494 | 547 | 529 | 482 | 474 | 409 | 226 | 63 | 3 | 0 |
| 30 | | | 4 | 83 | 249 | 447 | 624 | 669 | 685 | 591 | 548 | 358 | 200 | 63 | 1 | 0 |
| 31 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | | | 1 | 74 | 223 | 392 | 472 | 545 | 598 | 633 | 518 | 368 | 203 | 63 | 3 | 0 |
| 2 | | | 1 | 93 | 274 | 451 | 590 | 702 | 736 | 685 | 520 | 398 | 201 | 63 | 0 | 0 |
| 3 | | | 6 | 94 | 265 | 451 | 556 | 606 | 584 | 582 | 494 | 331 | 183 | 45 | 0 | 0 |
| 4 | | | 0 | 93 | 235 | 361 | 592 | 711 | 725 | 557 | 490 | 379 | 225 | 67 | 0 | 0 |
| 5 | | | 3 | 74 | 233 | 425 | 593 | 687 | 716 | 663 | 469 | 382 | 233 | 67 | 0 | 0 |
| 6 | | | 0 | 91 | 257 | 424 | 573 | 657 | 707 | 615 | 503 | 360 | 199 | 51 | 0 | 0 |
| 7 | | | 0 | 66 | 242 | 394 | 549 | 668 | 595 | 632 | 449 | 305 | 161 | 50 | 0 | 0 |
| 8 | | | 0 | 85 | 261 | 410 | 577 | 672 | 717 | 636 | 551 | 380 | 203 | 49 | 0 | 0 |
| 9 | | | 0 | 65 | 250 | 431 | 566 | 670 | 692 | 638 | 523 | 377 | 189 | 45 | 0 | 0 |
| 10 | | | 0 | 87 | 265 | 434 | 582 | 663 | 683 | 632 | 518 | 365 | 183 | 43 | 0 | 0 |
| 11 | | | 7 | 90 | 233 | 429 | 564 | 567 | 641 | 543 | 367 | 343 | 131 | 30 | 0 | 0 |
| 12 | | | 0 | 64 | 196 | 328 | 431 | 551 | 529 | 456 | 359 | 202 | 99 | 19 | 0 | 0 |
| 13 | | | 4 | 81 | 188 | 374 | 486 | 675 | 660 | 635 | 516 | 322 | 175 | 35 | 0 | 0 |
| 14 | | | 0 | 58 | 159 | 300 | 462 | 494 | 514 | 567 | 481 | 297 | 161 | 37 | 0 | 0 |
| 15 | | | 0 | 86 | 216 | 423 | 565 | 666 | 688 | 632 | 513 | 351 | 163 | 35 | 0 | 0 |
| 16 | | | 0 | 74 | 234 | 368 | 472 | 501 | 523 | 463 | 372 | 236 | 106 | 20 | 0 | 0 |
| 17 | | | 0 | 73 | 244 | 412 | 555 | 619 | 544 | 610 | 483 | 305 | 144 | 33 | 0 | 0 |
| 18 | | | 0 | 57 | 180 | 324 | 410 | 481 | 477 | 474 | 340 | 193 | 84 | 17 | 0 | 0 |
| 19 | | | 0 | 46 | 163 | 325 | 442 | 510 | 547 | 491 | 406 | 299 | 143 | 31 | 0 | 0 |
| 20 | | | 0 | 68 | 215 | 403 | 536 | 638 | 649 | 592 | 476 | 319 | 138 | 17 | 0 | 0 |
| 21 | | | 0 | 68 | 192 | 354 | 499 | 602 | 602 | 577 | 467 | 313 | 122 | 12 | 0 | 0 |
| 22 | | | 0 | 31 | 124 | 229 | 312 | 405 | 390 | 360 | 295 | 183 | 69 | 5 | 0 | 0 |
| 23 | | | 0 | 43 | 220 | 366 | 529 | 552 | 594 | 533 | 428 | 283 | 113 | 23 | 0 | 0 |
| 24 | | | 0 | 25 | 127 | 285 | 434 | 534 | 541 | 451 | 334 | 183 | 93 | 22 | 0 | 0 |
| 25 | | | 0 | 24 | 119 | 220 | 405 | 473 | 489 | 475 | 392 | 242 | 100 | 21 | 0 | 0 |
| 26 | | | 0 | 40 | 164 | 338 | 500 | 574 | 551 | 510 | 379 | 272 | 105 | 14 | 0 | 0 |
| 27 | | | 0 | 40 | 121 | 288 | 399 | 423 | 375 | 539 | 409 | 290 | 114 | 21 | 0 | 0 |
| 28 | | | 0 | 36 | 166 | 324 | 424 | 464 | 585 | 543 | 424 | 295 | 124 | 10 | 0 | 0 |
| 29 | | | 0 | 43 | 174 | 381 | 430 | 503 | 498 | 448 | 356 | 239 | 90 | 13 | 0 | 0 |
| 30 | | | 0 | 36 | 161 | 296 | 432 | 556 | 496 | 451 | 362 | 224 | 96 | 14 | 0 | 0 |
| 31 | | | 0 | 26 | 144 | 243 | 366 | 472 | 511 | 436 | 411 | 216 | 101 | 14 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 26 | 142 | 285 | 399 | 511 | 536 | 460 | 378 | 274 | 88 | 8 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 32 | 146 | 252 | 381 | 507 | 523 | 563 | 415 | 237 | 96 | 15 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 16 | 141 | 263 | 353 | 421 | 402 | 357 | 349 | 204 | 79 | 2 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 7 | 127 | 256 | 346 | 411 | 448 | 415 | 342 | 206 | 77 | 8 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 10 | 129 | 260 | 363 | 414 | 469 | 454 | 365 | 223 | 66 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 16 | 106 | 252 | 295 | 364 | 381 | 385 | 305 | 197 | 68 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 8 | 100 | 230 | 409 | 496 | 491 | 435 | 350 | 202 | 63 | 5 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 20 | 87 | 143 | 326 | 371 | 344 | 390 | 325 | 194 | 70 | 5 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 7 | 106 | 249 | 368 | 425 | 474 | 414 | 339 | 229 | 69 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 9 | 114 | 298 | 424 | 537 | 540 | 511 | 393 | 232 | 82 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 15 | 79 | 164 | 289 | 344 | 424 | 437 | 327 | 180 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 16 | 93 | 189 | 265 | 381 | 447 | 348 | 275 | 144 | 47 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 12 | 56 | 174 | 323 | 394 | 380 | 293 | 195 | 125 | 41 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 6 | 63 | 145 | 223 | 319 | 308 | 269 | 212 | 165 | 64 | 4 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 10 | 68 | 147 | 149 | 271 | 303 | 249 | 231 | 110 | 38 | 1 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 11 | 89 | 193 | 235 | 308 | 287 | 287 | 302 | 130 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 8 | 49 | 148 | 211 | 257 | 187 | 188 | 122 | 55 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 9 | 64 | 140 | 239 | 300 | 313 | 280 | 216 | 94 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 11 | 57 | 168 | 235 | 236 | 358 | 278 | 236 | 104 | 24 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 1 | 20,3 | 65,8 | 172 | 258 | 249 | 230 | 216 | 111 | 21,5 | 5 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 2 | 42 | 130 | 174 | 181 | 215 | 213 | 177 | 122 | 41 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 2 | 41 | 131 | 169 | 230 | 220 | 226 | 137 | 85 | 25 | 4 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 5 | 45 | 177 | 266 | 337 | 331 | 283 | 193 | 108 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 1 | 42 | 101 | 163 | 254 | 362 | 344 | 227 | 162 | 46 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 2 | 29 | 110 | 177 | 227 | 295 | 204 | 136 | 82 | 39 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 2 | 35 | 134 | 208 | 257 | 269 | 259 | 188 | 73 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 3 | 56 | 179 | 212 | 226 | 286 | 228 | 159 | 99 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 3 | 56 | 163 | 240 | 362 | 309 | 242 | 243 | 132 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 51 | 131 | 210 | 277 | 282 | 252 | 215 | 125 | 52 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 43 | 143 | 167 | 230 | 142 | 102 | 74 | 46 | 12 | 3 | 0 | 0 |

| ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 1995-2000 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0 | 0 | 37 | 154 | 225 | 213 | 277 | 219 | 112 | 53 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 34 | 135 | 168 | 225 | 241 | 184 | 144 | 87 | 29 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 36 | 150 | 248 | 307 | 258 | 265 | 209 | 138 | 52 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 29 | 136 | 182 | 240 | 261 | 261 | 193 | 107 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 42 | 150 | 277 | 301 | 355 | 268 | 254 | 66 | 39 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 35 | 133 | 190 | 199 | 222 | 215 | 170 | 89 | 29 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 50 | 171 | 219 | 365 | 483 | 353 | 322 | 165 | 42 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 29 | 161 | 272 | 360 | 395 | 364 | 321 | 196 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 35 | 145 | 244 | 331 | 455 | 402 | 310 | 186 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 42 | 82 | 229 | 291 | 322 | 325 | 236 | 127 | 54 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 5 | 59 | 116 | 167 | 189 | 183 | 137 | 138 | 43 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 30 | 146 | 241 | 294 | 314 | 254 | 211 | 134 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 22 | 112 | 180 | 261 | 245 | 207 | 176 | 95 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 16 | 54 | 71 | 130 | 160 | 281 | 247 | 97 | 43 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 17 | 101 | 152 | 245 | 264 | 213 | 167 | 95 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 20 | 175 | 327 | 419 | 386 | 333 | 286 | 176 | 51 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 23 | 137 | 282 | 326 | 368 | 326 | 295 | 173 | 39 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 9 | 109 | 235 | 265 | 296 | 201 | 85 | 59 | 33 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 24 | 93 | 186 | 298 | 365 | 302 | 209 | 140 | 43 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 13 | 83 | 219 | 277 | 309 | 260 | 254 | 143 | 56 | 2 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 15 | 78 | 174 | 240 | 269 | 259 | 224 | 134 | 29 | 1 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 11 | 101 | 156 | 172 | 144 | 232 | 166 | 82 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 22 | 49 | 87 | 136 | 199 | 156 | 102 | 45 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 6 | 97 | 176 | 218 | 253 | 212 | 117 | 44 | 29 | 1 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 25 | 107 | 201 | 248 | 302 | 222 | 185 | 104 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 1 | 18 | 80 | 160 | 204 | 215 | 135 | 116 | 57 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 18 | 70 | 185 | 188 | 213 | 196 | 169 | 91 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 10 | 124 | 232 | 286 | 320 | 286 | 218 | 127 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 6 | 51 | 99 | 152 | 169 | 141 | 107 | 68 | 21 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 23 | 80 | 112 | 191 | 254 | 194 | 154 | 90 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 14 | 74 | 218 | 311 | 292 | 272 | 247 | 123 | 45 | 0 | 0 | 0 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Πίνακας χαρακτηριστικών ημερών του έτους.

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| 16 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ | 16 ΙΟΥΛΙΟΥ |
| 14 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ | 16 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ |
| 15 ΜΑΡΤΙΟΥ | 15 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ |
| 14 ΑΠΡΙΛΙΟΥ | 16 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ |
| 15 ΜΑΪΟΥ | 15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ |
| 15 ΙΟΥΝΙΟΥ | 15 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Σ.Ν.ΚΑΠΛΑΝΗ "Η.Μ.Ε. // ηλιακή μηχανική.*
2. *Σ.Ν.ΚΑΠΛΑΝΗ Η.Μ.Ε III Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων.*
3. *DUFIE-BECKMANN "SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES", WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION JOHN WILEY AND SONS.*
4. (R.W. Bliss Jr. The derivations of several 'plate- efficiency factors' useful in the design of flat-plate solar heat collector, Solar Energy 3(4),55-64).

Πηγές από το internet:

1. www.hellasres.gr
2. www.texnikos.gr
3. www.tee-milou.kyk.sch.gr
4. www.13tee-thess.thess.sch.gr
5. www.greekastronomy.gr
6. www.ape.chania.teicrete.gr
7. www.physics4u.gr