



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

*<<ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΕΝΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ ΜΕ  
ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ ΚΡΗΤΗΣ>>*

SUBJECT:

*<<INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF A SOLAR COOKER IN  
CHANIA-CRETE, GREECE>>*

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ:

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ-ΜΠΑΡΕΤΟ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΜΑΚΑΝΤΑΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

**ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2006**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν η ανάπτυξη και η δοκιμή ενός ηλιακού μαγειρείου τύπου κουτιού, για χρήση του στα Χανιά της Κρήτης με γεωγραφικό μήκος  $35^{\circ} 31' 54''$  και γεωγραφικό πλάτος  $24^{\circ} 9' 6''$ . Το πρωτότυπο ΗΜ 1 υποβλήθηκε σε ένα αριθμό έντεκα πειραμάτων αλλά τα δέκα από αυτά κατεγράφησαν. Αυτές οι πειραματικές δοκιμές έλαβαν χώρα τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούλιο του 2006 εκ των οποίων οι πέντε περιελάμβαν μαγειρικό φορτίο.

Καθότι το σχήμα του κουτιού είναι τραπέζιο οι εσωτερικές διαστάσεις του ηλιακού μαγειρείου είναι  $36 \times 55$  εκ. με το μπροστινό ύψος να είναι 18 εκ. και το πίσω 52 εκ. Ο όγκος του είναι 69.300 κυβικά εκατοστά. Η οροφή έχει καλύφθει με διπλό τζάμι για την μείωση των απωλειών θερμότητας. Στις δυο πλάγιες μεριές του ΗΜ 1 έχουν τοποθετηθεί δυο ανακλαστικά κάτοπτρα, ορθογώνιου σχήματος, για την ενισχύση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο μαγειρικό θερμοθάλαμο.

Ένα γυάλινο ποτήρι ζέσεως με νερό βρισκόταν στο εσωτερικό του κουτιού σε όλα τα πειράματα, μέτρωντας τη θερμοκρασία του νερού ανα μισή ώρα. Επίσης ξέραμε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε δυο σημεία, και τη θερμοκρασία της κάτω εσωτερικής μεταλλικής πλάκας εκτελώντας στη συνέχεια τα αντίστοιχα διαγράμματα. Οι μαγειρικές δοκιμές περιελάμβαναν πέντε είδη φαγητών όπως φτερούγες κοτόπουλου, λουκάνικα, ψάρι, μπιφτέκια και χοιρινές μπιριζόλες.

Το νερό δεν έφτασε στο σημείο βρασμού αλλά ανέβηκε στους  $90^{\circ} \text{C}$  στις 11 Μαΐου 2006 μεταξύ 12:00 μ.μ. και 13:00 μ.μ. Όλα τα φορτία μαγειρεύτηκαν επιτυχώς. Η μέγιστη θερμοκρασία της μεταλλικής πλάκας ανήλθε στους 113 βαθμούς Κελσίου στις 22/05/06.

## **ABSTRACT**

This study aimed at developing and testing a solar box cooker, to be used in Crete (Chania) of Greece with geographical width  $35^{\circ} 31' 54''$  and geographical length  $24^{\circ} 9' 6''$ , the prototype SC1. A series of tests were carried out in a total amount of eleven days but the ten of them were recorded. These tests occurred on April, May and July of the year 2006.

The shape of the box is a trapezium. So the inner dimensions of the solar cooker are 36 x 55 cm with the front height 18 cm and the back 52 cm. The volume of the box is  $69300 \text{ cm}^3$ . The roof has been covered with a double glass to decrease the heat loss. On both sides reflectors have been installed to increase the intense of the solar energy which enters into the chamber.

The performance and efficiency of SC1 have been investigated by measuring the water temperature in a glass of ardour inside the box and the temperature of the metallic bottom surface. Solar radiation has been also recorded and graphs were made. Experiments were performed using the cooker with or without load. Cooking trials were conducted using five different meals such as chicken wings, sausages, fish, meatballs and pork steaks. The water inside the SC1 wasn't able to reach the boiling point ( $100^{\circ} \text{C}$ ) but it came up to  $90^{\circ} \text{C}$  on May 11, 2006 between 12:00 and 13:00.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΣΚΟΠΟΣ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	11
1.1 Βιβλιογραφική αναφορά.....	11
1.2 Ηλιακό μαγειρείο με υλικό αποθήκευσης θερμότητας.....	11
1.3 Δοκιμή και απόδοση του 1 <sup>ου</sup> ηλιακού μαγειρείου.....	12
1.4 Συμπεράσματα.....	14
1.5 Ηλιακό μαγειρείο σουδανικής προέλευσης.....	14
1.6 Δοκιμή και απόδοση του 2 <sup>ου</sup> ηλιακού μαγειρείου.....	16
1.7 Συμπεράσματα.....	17
1.8 Ηλιακό μαγειρείο με δυο εκδοχές στη χωρ/τητα.....	18
1.9 Δοκιμή και Απόδοση του 3 <sup>ου</sup> μαγειρείου.....	19
1.10 Συμπεράσματα.....	21
1.11 Ιστορική αναφορά στο ΤΕΙ Κρήτης.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	22
2.1 Περιγραφή ηλιακού μαγειρείου.....	22
2.2 Περιγραφή πειραμάτων.....	23
2.3 Μετρητικές διατάξεις.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	22

3.1 Πειραματικά αποτελέσματα στις 11.04.2006.....	26
3.2 Πειραματικά αποτελέσματα στις 11.05.2006.....	28
3.3 Πειραματικά αποτελέσματα στις 17.05.2006.....	30
3.4 Πειραματικά αποτελέσματα στις 22.05.2006.....	33
3.5 Πειραματικά αποτελέσματα στις 06.07.2006.....	35
3.6 Πειραματικά αποτελέσματα στις 10.07.2006.....	37
3.7 Πειραματικά αποτελέσματα στις 12.07.2006.....	39
3.8 Πειραματικά αποτελέσματα στις 14.07.2006.....	42
3.9 Πειραματικά αποτελέσματα στις 19.07.2006.....	44
3.10 Πειραματικά αποτελέσματα στις 20.07.2006.....	46
3.11 Μαγειρική δοκιμή μη καταγεγραμμένη.....	49
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>50</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>51</b>

## **ΣΚΟΠΟΣ**

Καθώς φτάνουμε στο τέλος της εποχής του πετρελαίου αλλά και στο τέλος της χρήσης των συμβατικών καυσίμων είναι πλέον επιτακτική ανάγκη να αξιοποιήσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του πλανήτη μας (αιολική ή/και ηλιακή ενέργεια, κτλ). Η θερμική ενέργεια την οποία ακτινοβολεί αδιάκοπα ο Ήλιος, αποτελεί την πιο ακίνδυνη, χρήσιμη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Έτσι ένα κομμάτι της εκμετάλλευσης αυτής της θερμικής ενέργειας είναι η χρήση της για μαγείρεμα.

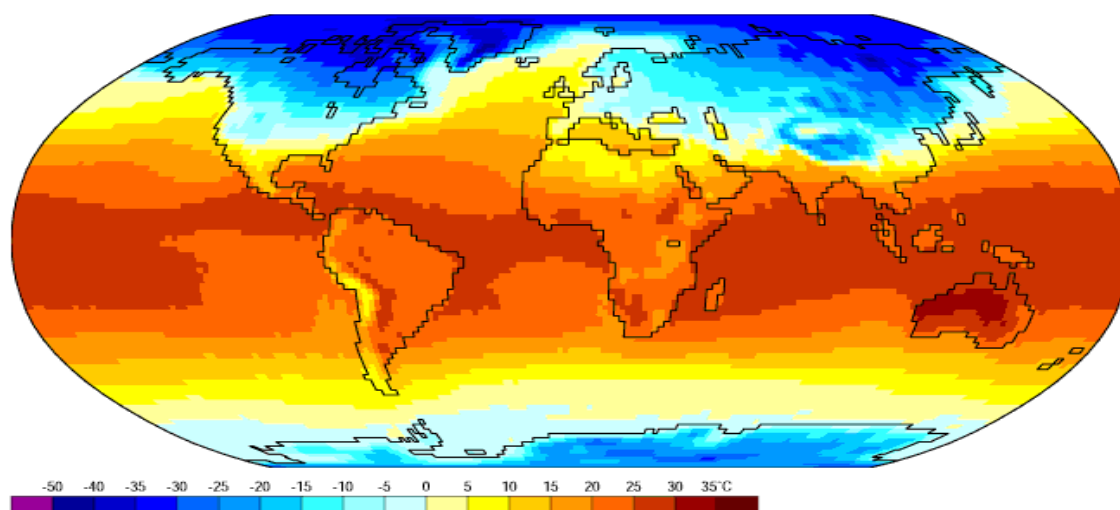
Σκοπός αυτής της πειραματικής πτυχιακής είναι, αφενός η εξασφάλιση γνώσεων επί του θέματος, αφετέρου η δυνατότητα επίτευξης και καταγραφής των απαραίτητων μετρήσεων για τη περάτωση της διαδικασίας του μαγειρέματος με θερμική ενέργεια. Απώτερος σκοπός είναι η ύπαρξη καταγεγραμμένων πληροφοριών (τιμές, πειραμάτα, διαγράμματα) για την συγκεκριμένη κατασκευή στην περιοχή των Χανίων της Κρήτης. Επίσης, στοχεύουμε στην διεύρυνση των γνώσεων των ενδιαφερομένων ανά τον κόσμο για τα ηλιακά μαγειρεία. Τέλος, μέρος αυτού του σκοπού είναι η πρακτική τελειοποίηση των μαγειρείων αλλά και η ελαχιστοποίηση του κόστους αυτών καθώς είναι αρκετά χρήσιμα και σε μερικές περιπτώσεις αναγκαία στις αναπτυσσόμενες χώρες.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ολόκληρη σχεδόν η ενέργεια, την οποία άμεσα ή έμμεσα χρησιμοποιεί ο άνθρωπος προέρχεται από τον Ήλιο. Οι άνθρακες και το πετρέλαιο δημιουργήθηκαν από τη δράση της ηλιακής ακτινοβολίας με φωτοσυνθετικές διεργασίες που διαρκούν εκατομμύρια χρόνια. Έπίσης η ακτινοβολία του Ήλιου είναι απαραίτητη για να πραγματοποιηθούν οι βιολογικές οξειδώσεις των τροφών που δίνουν την απαραίτητη ενέργεια στον οργανισμό των ανθρώπων και των ζώων. Η ενέργεια που ακτινοβολεί ο Ήλιος είναι τεράστια και προέρχεται από μια πυρηνική αντίδραση κατά την οποία το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο σύμφωνα με τον κύκλο πρωτονίου-πρωτονίου ή το κύκλο του άνθρακα του Bethe.

Υπολογίζεται ότι κάθε δευτερόλεπτο μεταστοιχειώνονται  $700 \times 10^6$  τόνοι υδρογόνου: οι  $695,3 \times 10^6$  γίνονται ήλιο ενώ οι  $4,7 \times 10^6$  ακτινοβολούνται στο διάστημα ως ενέργεια. Η ποσότητα του υδρογόνου στον Ήλιο είναι τόση ώστε η ακτινοβολία θα συντηρηθεί για πολλά δισεκατομμύρια χρόνια. Από όλη όμως αυτή την ενέργεια η Γη δέχεται κάθε δευτερόλεπτο  $1,8 \times 10^{17}$  Joule. Η ενέργεια αυτή είναι αρκετή για να λιώσει σε ένα χρόνο στρώμα από πάγο ύψους 37 μέτρων σ'ολόκληρη την επιφάνεια της γης και αποτελεί το 43% της ολικής ενέργειας που φτάνει στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα. Το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται ή ανακλάται από τα αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα σωματίδια. Από διάφορες μετρήσεις βρέθηκε ότι ένα τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειας της γης δέχεται περίπου μια θερμίδα σε κάθε λεπτό. Υπολογίζεται ότι ολόκληρη η γη δέχεται, σε 10 μέρες, ενέργεια ισοδύναμη μ'αυτή που μπορούν να δώσουν όλα τα αποθέματα άνθρακα και πετρελαίου. Από τη συνολική ενέργεια που φτάνει κάθε χρόνο στη γη (575 δις. δισεκατομμυρίων θερμίδες), το  $\frac{1}{4}$  φτάνει στις ηπείρους και είναι εκμεταλλεύσιμο. Η ηλιακή ενέργεια δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στη γη αλλά εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση, την τοπογραφία, τις μετεωρολογικές συνθήκες και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Jan

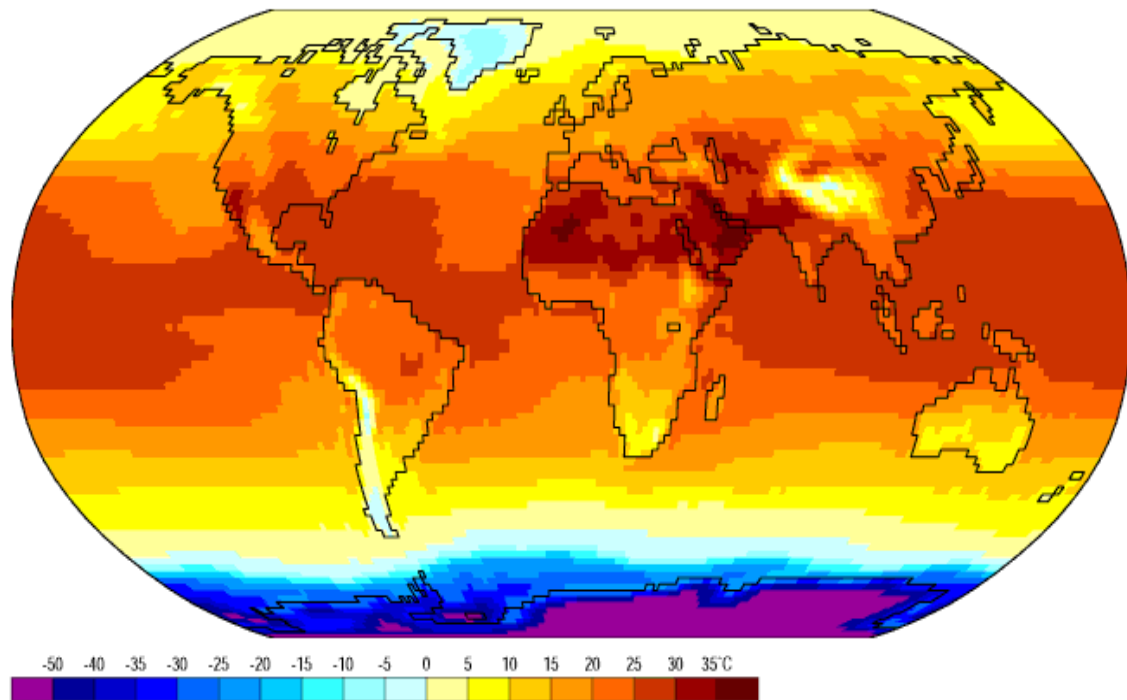


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

Εικόνα 1. Ηλιακή κατανομή στο πλανήτη το μήνα Ιανουάριο



Jul



Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

Εικόνα 2. Ηλιακή κατανομή στο πλανήτη το μήνα Ιούλιο

Προσπάθειες των ανθρώπων από τα αρχαία χρόνια, περισσότερο πειραματικές, γιατί δεν υπήρχε η σημερινή τεράστια ενεργειακή ανάγκη, άνοιξαν το δρόμο στους ερευνητές να μελετήσουν την απεριόριστη ηλιακή ενέργεια και της εφαρμογές της. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και ο Αρχιμήδης, ο Ήρωνας, ο Ανθέμιος και πολλοί άλλοι στη συνέχεια.

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας και βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς επιστημονικούς τομείς, όπως για παράδειγμα στην αστροναυτική (τεχνητοί δορυφόροι, διαστημόπλοια κτλ). Επίσης έχει κατασκευαστεί μια μεγάλη ποικιλία από συσκευές καθημερινής χρήσης οι οποίες λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια (συσκευές μαγειρέματος, ανεμιστήρες, ηλιακά ραδιόφωνα) μέχρι ολοκληρωμένα συστήματα ηλεκτρονικής διάταξης που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια τα λεγόμενα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Στο Μον Λουί των γαλλικών Πυρηναίων ένα τεράστιο κάτοπτρο που αποτελείται από 3.500 μικρούς καθρέφτες, συγκεντρώνει το ηλιακό φως και το στέλνει σε μια περιορισμένη περιοχή, αναπτύσσοντας θερμοκρασία 3.000<sup>0</sup> C, χρήσιμη για επιστημονικά πειράματα. [7]



**Εικόνα 3. Τεράστιο κάτοπτρο που αποτελείται από 3.500 μικρούς καθρέφτες, στο Μον Λουί των Γαλλικών Πυρηναίων, συγκεντρώνει το ηλιακό φως και το στέλνει σε μια περιορισμένη περιοχή, αναπτύσσοντας θερμοκρασία  $3.000^{\circ}\text{C}$**

Στο Κολοράντο έχουν αναπτυχθεί ασύρματα δίκτυα με ηλιακές κυψέλες, που τροφοδοτούν με ρεύμα ολόκληρα οικοδομικά τετράγωνα, ακόμη και σε περιόδους συννεφιάς. Οι σταθμοί αναμετάδοσης μπορούν να μεταδώσουν ασύρματο σήμα σε απόσταση 40 χλμ., θέτοντας αυτομάτως σε λειτουργία συσκευές και ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο Ήλιος λοιπόν είναι μια τεράστια γεννήτρια, που παράγει ενέργεια και μαζί με την αιολική ενέργεια και σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ίσως δώσουν τη λύση στο παγκοσμιο ενεργειακό πρόβλημα.

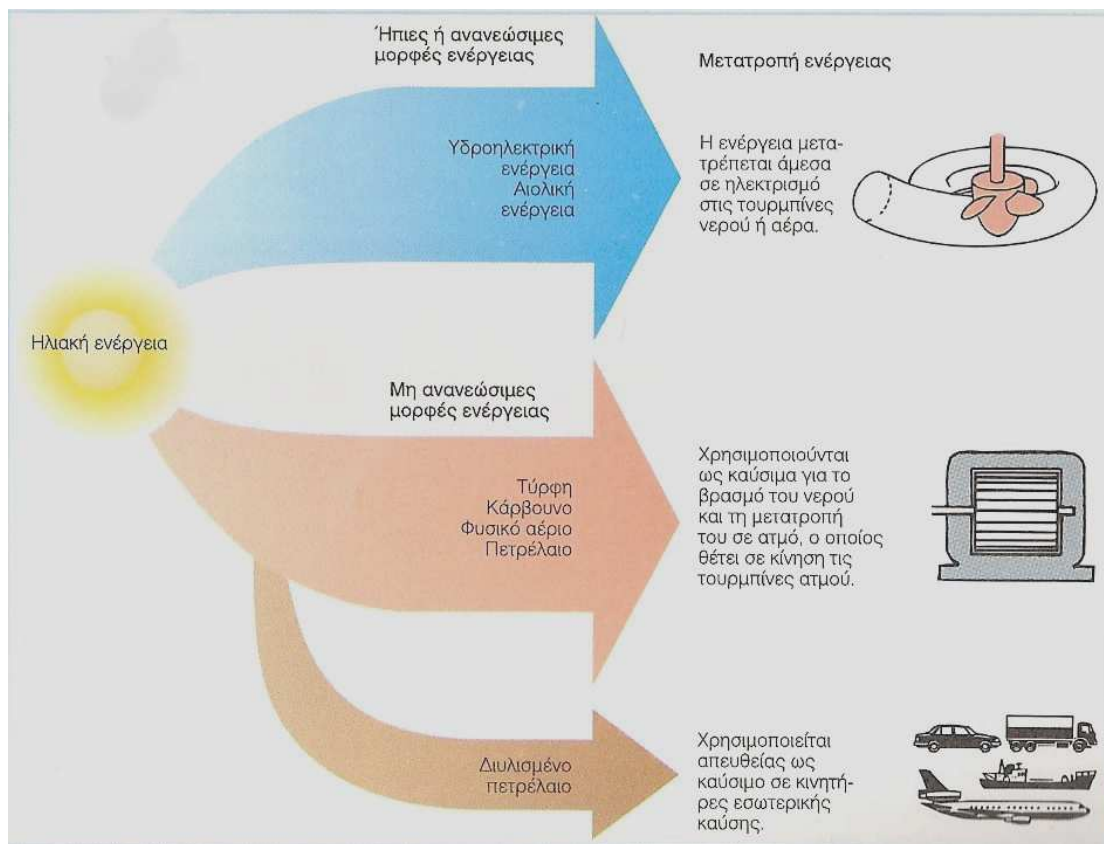


**Εικόνα 4. Φωτοβολταϊκό στοιχείο**

Αναλογιζόμενοι όλα τα παραπάνω είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς ότι το μαγείρεμα μέσω του ήλιου είναι κάτι εφικτό.

Το ηλιακό μαγειρείο τύπου κουτιού είναι ο παλαιότερος και χρονολογείται πριν από 2 αιώνες. Άλλες γνωστές κατασκευές είναι οι άμεσου ή συγκεντρωτικού τύπου, ανεπτυγμένου ή χωριστού συλλέκτη τύπου μαγειρικού θαλάμου. Λίγες προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν για γνωστοποίηση και δημοσιοποίηση των ηλιακών μαγειρείων. Η πιο εκτεταμένη προσπάθεια έχει γίνει ίσως με την βοήθεια επιστημόνων που σχετίζονται με τα ηλιακά, και ανθρωπολόγων όταν πήγαν να εισάγουν 200 ηλιακά μαγειρεία στο Μεξικό στις πολιτείες Sohara, Coahucla και Oaxaca. Το μαγειρείο που διαλέχθηκε για αυτήν την προσπάθεια αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin.

Η Ινδία επίσης έχει μεγάλη ιστορία στην ανάπτυξη των ηλιακών μαγειρείων. Ο Adams<sup>[1]</sup>, ένας αξιωματικός στρατού έφτιαξε το πρώτο ηλιακό μαγειρείο της Ινδίας το 1878 όπου και μαγείρεψε φαγητό στη Βομβάη. Από τότε, πολλές προσπάθειες έγιναν για να αναπτυχθεί ένα κατάλληλο ηλιακό μαγειρείο. Το ηλιακό μαγειρείο τύπου με ανακλαστήρες αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και κατασκευάστηκε σε μια μεγάλη κλίμακα στην Ινδία. Προσπάθειες έγιναν επίσης στη δεκαετία του '60 και τη δεκαετία του '70 για να αναπτυχθούν τέτοιου τύπου μαγειρεία. Ένα ηλιακό μαγειρείο τύπου ανακλαστήρων δεν έγινε δημοφιλές λόγω των έμφυτων ατέλειών του, παραδείγματος χάρη χρειαζόταν προσανατολισμό προς τον ήλιο κάθε 10 λεπτά, το μαγείρεμα μπόρούσε να γίνει μόνο στο μέσο της ημέρας και μόνο



Εικόνα 5. Ανανεώσιμες και μη μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο

στο άμεσο φως του ήλιου, η απόδοσή του επηρεαζόταν άμεσα από τη σκόνη και τον αέρα, υπήρχε κίνδυνος καψίματος του μάγειρα εφόσον ήταν απαραίτητο να στέκεται πολύ κοντά στο μαγειρείο κατά το μαγείρεμα και το σχέδιο ήταν περίπλοκο. Αυτές οι ατέλειες αφαιρέθηκαν στου ζεστού τύπου ηλιακό μαγειρείο. Διαφορετικοί τύποι ηλιακών μαγερείων έχουν εξεταστεί, και ο ηλιακός φούρνος βρέθηκε καλύτερος. Αν και η απόδοση του ηλιακού φούρνου είναι πολύ καλή, επίσης απαιτεί προσανατολισμό προς τον ήλιο κάθε 30 λεπτά, και είναι πάρα πολύ ογκώδης και ακριβός. Έπομένως, το ζεστού τύπου ηλιακό μαγειρείο με έναν ενιαίο ανακλαστήρα προωθήθηκε από το Υπουργείο μη συμβατικών πηγών ενέργειας, από την κυβέρνηση της Ινδίας και άλλες κρατικές υπηρεσίες στην Ινδία ενώ απο το 1981-82 497.000 ηλιακά μαγειρεία πουλήθηκαν μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2000. Κατά τη διάρκεια του έτους 2000, μόνο 17.000 ηλιακές κουζίνες πωλήθηκαν, ενώ 23.000, 19.000 και 18.000 ηλιακά μαγειρεία πωλήθηκαν κατά τη διάρκεια των ετών 1997, 1998 και 1999, αντίστοιχα.

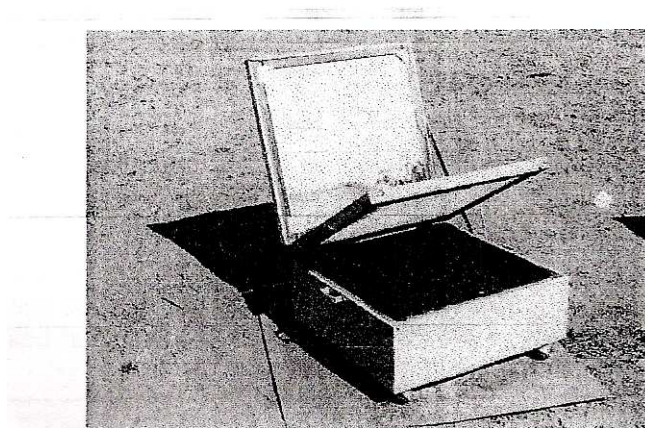
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1.1 Βιβλιογραφική αναφορά

Η αναφορά στους διάφορους τύπους ηλιακών μαγειρείων, που έχουν αναπτυχθεί και παραχθεί σε ευρεία κλίμακα ανά τον κόσμο, είναι απαραίτητη για την κατανόηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των σημερινών ηλιακών μαγειρείων. Παρακάτω, παρουσιάζονται μόνο **τρεις** τύποι ηλιακών μαγειρείων.

### 1.2 Ηλιακό μαγειρείο με υλικό αποθήκευσης θερμότητας

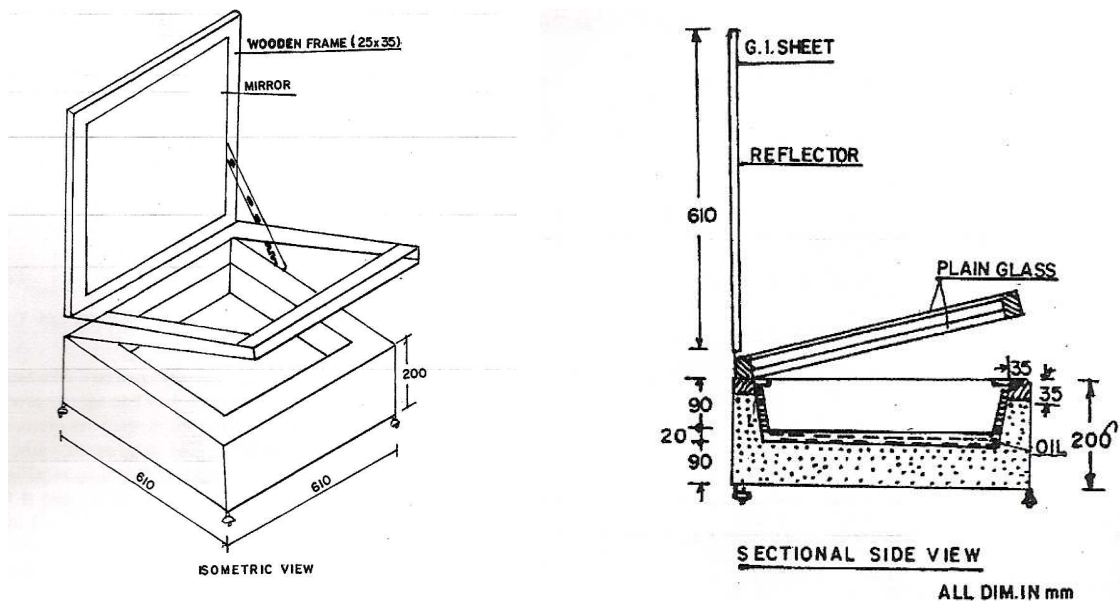
Η πρώτη συσκευή που μας έρχεται απο τον Ινδό επιστήμονα N.M. Nahar είναι ένα πολύ καλά μελετημένο και σχεδιασμένο ηλιακό μαγειρείο. Η συσκευή συνίσταται από ένα κουτί διπλά εντοιχισμένο. Το εξωτερικό μέρος του κουτιού αποτελείται από γαλβανισμένο φύλλο χάλυβα τύπου 22 SWG. Το εσωτερικό του περιέχει επίσης ένας διπλά εντοιχισμένο δίσκο φτιαγμένο από φύλλο αλουμινίου τύπου 22 SWG. Οι διαστάσεις του εξωτερικού κιβωτίου είναι 610 x 610 x 200 mm και του εσωτερικού είναι 450 x 450 mm στο πάνω μέρος και 415 x 415 mm στο κατώ μέρος με ύψος 80mm.



Εικόνα 1.1 Ηλιακό μαγειρείο με υλικό αποθήκευσης θερμότητας εγκατεστημένο σε υπαίθριο χώρο

Ο χώρος μεταξύ των εσωτερικών δίσκων περιέχει 5 κιλά χρησιμοποιημένου λαδιού μηχανής και είναι τελείως σφραγισμένος. Ο χώρος μεταξύ του εξωτερικού δίσκου και του εξωτερικού σκελετού είναι μονωμένος με ένα είδος υαλοβάμβακα και χωρισμένος από ένα ξύλινο πλαίσιο. Ο εσωτερικός δίσκος είναι χρωματισμένος μαύρος. Ένα ανοιγόμενο ξύλινο πλαίσιο με δύο διαφανή τζάμια πάχους 4mm, έχει τοποθετηθεί πάνω από τον εσωτερικό δίσκο. Μια γόμωση παρεμβάλλεται ανάμεσα στο δίσκο και το ξύλινο πλαίσιο για να του προσφέρει στεγανότητα από ενδεχόμενη διαρροή.

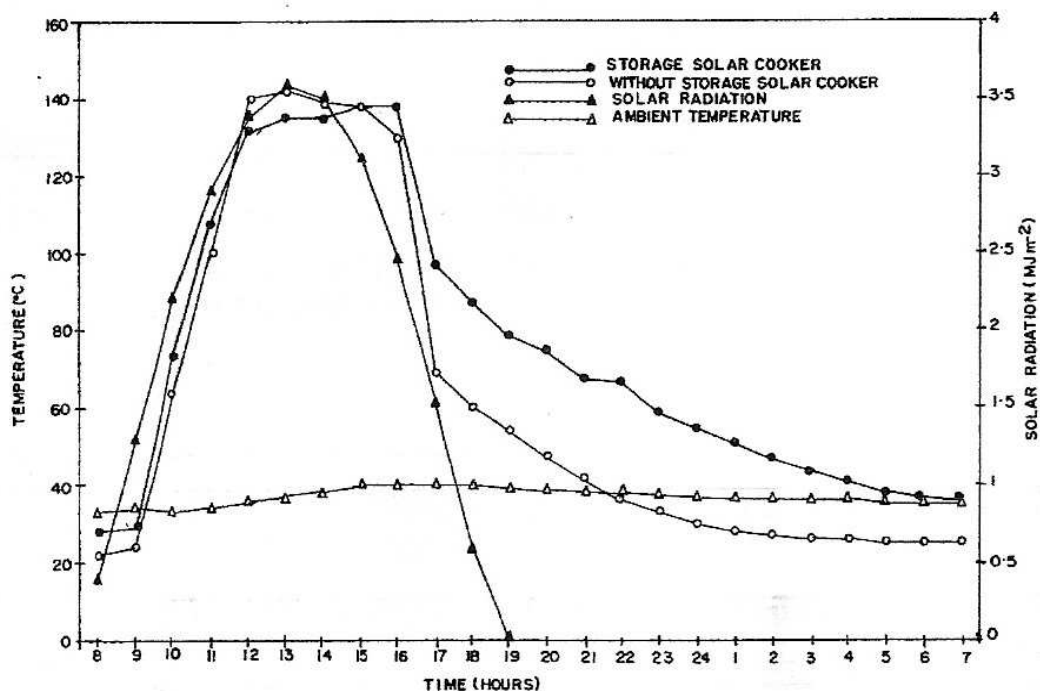
Ένας χοντρός καθρέφτης - ανακλαστήρας 4 χιλιοστών είναι τοποθετημένος πάνω από το κουτί. Ο ανακλαστήρας λειτουργεί και ως καπάκι όλου του κουτιού. Η κλίση του ανακλαστήρα μπορεί να ποικίλει από 0° (κλειστό καπάκι) σε 120° από το οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με την εποχή. Τέσσερα μαγειρικά σκεύη διαμέτρου 200mm χωρούν μέσα στο μαγειρείο για το μαγείρεμα τέσσερων γευμάτων ταυτόχρονα. Οι γενικές διαστάσεις του μαγειρείου είναι 610 x 610 x 275 mm. Η σχηματική απεικόνιση του μαγειρείου με υλικό αποθήκευσης δίνεται στο σχέδιο 1.1.



Σχέδιο 1.1 Σχηματική απεικόνιση του ηλιακού μαγειρείου με υλικό αποθήκευσης θερμότητας (mm)

### 1.3 Δοκιμή και απόδοση του 1<sup>ου</sup> ηλιακού μαγειρείου

Παρακάτω προβάλλεται διαγραμματικά το εύρος των θερμοκρασιών που επιτεύχθηκαν με το συγκεκριμένο τύπο κουτιού (γράφημα 1.1). Ειδικότερα, έχει γίνει σύγκριση με ένα ηλιακό μαγειρείο χωρίς υλικό αποθήκευσης θερμότητας. Ευκόλως, διαπιστώνετε η αποτελεσματικότητα του μαγειρείου με υλικό αποθήκευσης, να εκτελεί μαγείρεμα ακόμα και αργά το βράδυ.



Γράφημα 1.1. Θερμοκρασίες αδράνειας εσωτερικά των μαγειρικών θαλάμων των ηλιακών μαγειρείων με και χωρίς αποθήκευση

Η γραμμή με τις γεμισμένες τελείες είναι οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του ηλιακού μαγειρείου *με υλικό* αποθήκευσης. Η γραμμή με τις άδειες τελείες είναι οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του ηλιακού μαγειρείου *χωρίς υλικό* αποθήκευσης.

Η γραμμή με τα γεμισμένα τριγωνάκια είναι οι μετρήσεις της *έντασης* της ηλιακής ακτινοβολίας όπου βλέπουμε ότι μηδενίζεται στις 19:00 μ.μ. Η γραμμή με άδεια τριγωνάκια είναι οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Είναι φανερό ότι η κατακόρυφη πτώση της θερμοκρασίας του ηλιακού μαγειρείου χωρίς υλικό αποθήκευσης είναι μεγαλύτερη από τη πτώση του μαγειρείου με υλικό αποθήκευσης μετά τις 17:00 μ.μ.. Στην πρώτη περίπτωση πέφτει από 125 °C - 130 °C στους 65 °C - 70 °C ενώ στη δεύτερη πέφτει από 135 °C - 140 °C στους 95 °C - 100 °C. Επίσης, η θερμοκρασία διατηρείται σε καλύτερα μαγειρικά επίπεδα μετά τις 17:00 μ.μ. με υλικό αποθήκευσης απ' ότι χωρίς υλικό.

Η εξίσωση (1) υπολογίζει την απόδοση του ηλιακού μαγειρείου με υλικό αποθήκευσης θερμότητας :

$$\eta = \frac{(m_1 C_W + m_2 C_p) (t_2 - t_1)}{cA \int_0^{\theta} H d\theta} \quad (1)$$

όπου :

A το εμβαδόν περιοχής απορρόφησης ( $m^2$ ), c ο λόγος συγκέντρωσης,  $C_p$  η ειδική Θερμότητα των μαγειρικών σκεύων ( $J kg^{-1} ^\circ C^{-1}$ ),  $C_W$  η ειδική θερμότητα του νερού ( $J kg^{-1} ^\circ C^{-1}$ ),  $H$  η ηλιακή ακτινοβολία ( $J m^{-2} h^{-1}$ ),  $m_1$  η μάζα του νερού στα μαγειρικά σκεύη (kg),  $m_2$  η μάζα των σκευών (kg),  $t_1$  η αρχική θερμοκρασία του νερού στα σκεύη ( $^\circ C$ ),  $t_2$  η τελική θερμοκρασία του νερού στα σκεύη ( $^\circ C$ ),  $\theta$  χρονική διάρκεια πειράματος (h),  $\eta$  η απόδοση του ηλιακού μαγειρείου.

#### 1.4 Συμπεράσματα

Η απόδοση του ηλιακού μαγειρείου βρέθηκε 27,5%. Οι θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν στα δυο μαγειρεία, με και χωρίς υλικό αποθήκευσης θερμότητας, ήταν περίπου ίδιες μέχρι τις 17:00 μ.μ.. Από τις 17:00 - 24:00μ.μ. υπάρχει μια διαφορά  $23 ^\circ C$  υπερ του κουτιού με το υλικό αποθήκευσης να αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα του μαγειρέματος την ώρα που ο ήλιος έχει μειωμένη ένταση ή έχει δύσει. Ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι το ηλιακό μαγειρείο με υλικό αποθήκευσης θα είναι ένα όφελος στη διάδοση των ηλιακών μαγειρείων στην Ινδία. Η χρήση αυτού του πρωτότυπου ηλιακού μαγειρείου θα βοηθήσει στην διατήρηση των συμβατικών καυσίμων, όπως το καυσόξυλο, τη ζωική κοπριά, τα γεωργικά απόβλητα στις αγροτικές περιοχές, LPG, την κηροζίνη, την ηλεκτρική ενέργεια και τον άνθρακα στις αστικές περιοχές.

#### 1.5 Ηλιακό μαγειρείο τύπου κουτιού σουδανικής προέλευσης

Το δεύτερο σχέδιο είναι Σουδανικής καταγωγής όπως και ο κατασκευαστής του, B.S. Mohamed Ali και είναι συγκεντρωτικού τύπου με συνδυασμό εσωτερικών και εξωτερικών ανακλαστήρων. Σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Κέντρο Ενεργειακών Σπουδών του Ινδικού Ινστιτούτου Τεχνολογίας στο Δελχί.

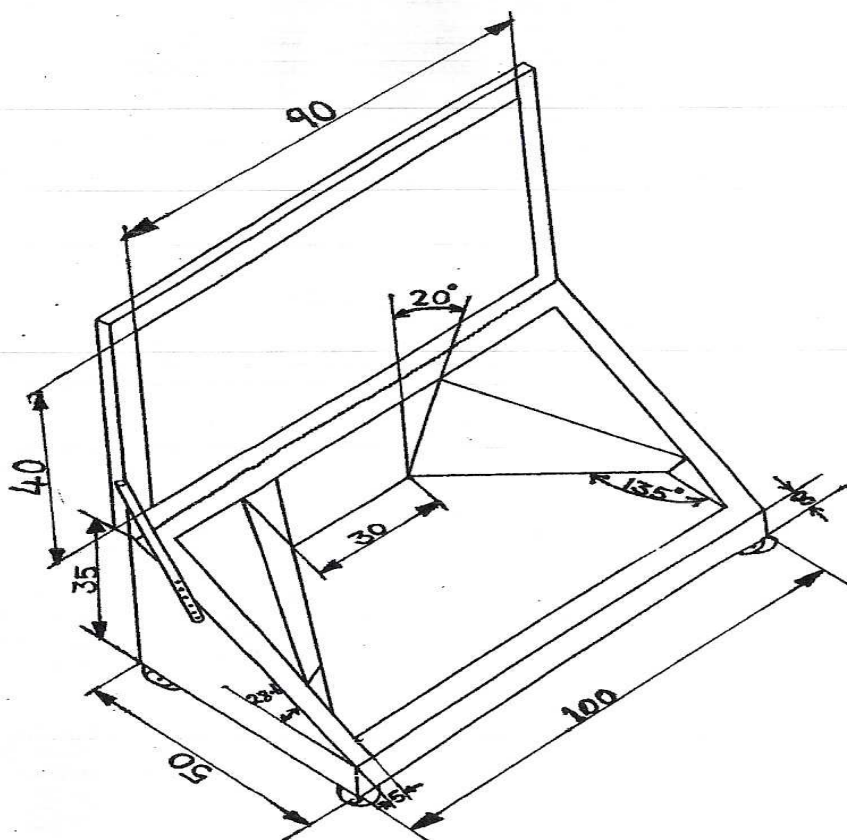
Ο συνδυασμός των ανακλαστήρων αποβλέπει στην βελτίωση της απόδοσης του μαγειρείου. Οι εσωτερικοί ανακλαστήρες είναι δυο κομμάτια καθρέφτες τοποθετημένα υπο γωνία  $45^\circ$  στις πλευρές του μαγειρείου. Το μαγειρείο ενισχύθηκε και με εξωτερικούς ανακλαστήρες φτιαγμένοι από καθρέφτη ορθογώνιου σχήματος ( $90 \times 40cm$ ), κρεμασμένοι με μεντεσέδες στη πίσω κάθετη μεριά του ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί από ένα μηχανισμό ράβδου. Οι ανακλαστήρες είναι τόσο καλά σχεδιασμένοι που η άριστη θέση τους επιτυγχάνεται όταν οι ανακλώμενες ακτίνες καλύπτουν το μπροστινό μέρος της πλάκας αλουμινίου ενώ το εναπομείνον πίσω μισό καλύπτεται από τις ακτίνες των εσωτερικών ανακλαστήρων. Οι εσωτερικοί ανακλαστήρες ρυθμίστηκαν σε γωνία  $70^\circ$  προς το οριζόντιο με δοκιμές ιχνηλάτησης του ηλίου επιτρέποντας έτσι στις ανακλώμενες ακτίνες να καλύπτουν το μαγειρικό



σκεύος που βρίσκεται στο κέντρο της πλάκας λαμβάνοντας υπόψη μερικές παρεκκλίσεις λόγω αλλαγής ώρας και εποχής.

Το σχέδιο του μαγειρείου φαίνεται στο σχέδιο 1.2. Αποτελείται από ένα εξωτερικό κουτί (100 x 50cm) κατασκευασμένο από ξύλινα κομμάτια 4 x 2,4 cm καλυμμένα εξωτερικά από φύλλα ξύλλου. Η μόνωση του κουτιού παρέχεται από ένα κενό 5 εκατοστών όπου παρεμβάλλεται συμπαγές γυαλί.

Η μαύρου χρώματος πλάκα αλουμινίου είναι τοποθετημένη στην πάνω επιφάνεια του κάτω μέρους του μαγειρείου πάνω από ένα γυάλινο επίπεδο πάχους 5 εκ. Το σχήμα της πλήρους πλάκας είναι τραπεζοειδής με το μπροστινό μέρος να είναι ορθογώνιο έχοντας τελικό εμβαδό  $0,267\text{m}^2$ . Η πόρτα του μαγειρείου μήκους 30 x 25 cm έχει τη δυνατότητα ανοίγματος και βρίσκεται στο κέντρο του πίσω μέρους. Στην εσωτερική επιφάνεια υπάρχει ένα κομμάτι γυαλί ώστε η πόρτα να χειρίζεται ξεχωριστά χρησιμοποιώντας ένα χερούλι φτιαγμένο από αλουμίνιο εξωτερικά στο κέντρο της πόρτας.



Σχεδιο 1.2 Ισομετρικό σχέδιο του σουδανικού ηλιακού μαγειρείου (cm)

Το μαγειρείο από πάνω είναι καλυμμένο με διπλό τζάμι από συνηθισμένο γυαλί παραθύρου με 1 εκ. χώρο πλαισίου και ξύλινα κομμάτια ορθογώνια 8 x 2,4 cm και μονίμως μανταλωμένα στο μαγειρείο. Το πάνω κάλυμμα έχει κλίση  $28,6^\circ$  που ανταποκρίνεται στο πλάτος του Νέου Δέλχι.

Για να γίνει αυτή η κλίση, το ύψος του πίσω μέρους έγινε 35 εκ. και 8 εκ. για το μπροστά. Τέσσερις ρόδες καρουλιού τοποθετήθηκαν για τον προσανατολισμό του προς τον ήλιο.

## 1.6 Δοκιμή και απόδοση του 2<sup>ου</sup> ηλιακού μαγειρείου

Τρεις σειρές πειραμάτων εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια του Απριλίου και του Μαΐου το 1998.

**Σειρά 1 :** Χωρίς τους εσωτερικούς και εξωτερικούς ανακλαστήρες καλυμμένοι από μαύρα χαρτιά (εσωτερική σκίαση). Η πρώτη σειρά χωρίστηκε σε τρεις ημέρες. Η πρώτη ημέρα διεξάγει χωρίς φορτίο, τη δεύτερη τοποθετήθηκαν 2kg νερού που την τρίτη ημέρα αυξήθηκαν σε 3kg. Το κάθε κιλό νερού βρισκόταν σε διαφορετικό σκεύος χρώματος μαύρου. Η ιχνηλάτηση γινόταν κάθε 15 λεπτά κατά τη διάρκεια του πειράματος, με αφαίρεση των σκιών των δυο κάθετων πλευρών. Οι παρακάτω παράγοντες λαμβάνονταν κάθε 5 λεπτά.

- θερμοκρασία πλάκας εσωτερικής επιφανείας χρησιμοποιώντας θερμοζεύγη
- θερμοκρασία περιβάλλοντος
- ολική ηλιακή ακτινοβολία
- θερμοκρασία νερού

**Σειρά 2 :** Τα μαύρα χαρτιά αφαιρέθηκαν και χωρίς την χρήση εσωτερικών ανακλαστήρων επαναλήφθηκε η Σειρά 1 για άλλες τρεις ημέρες.

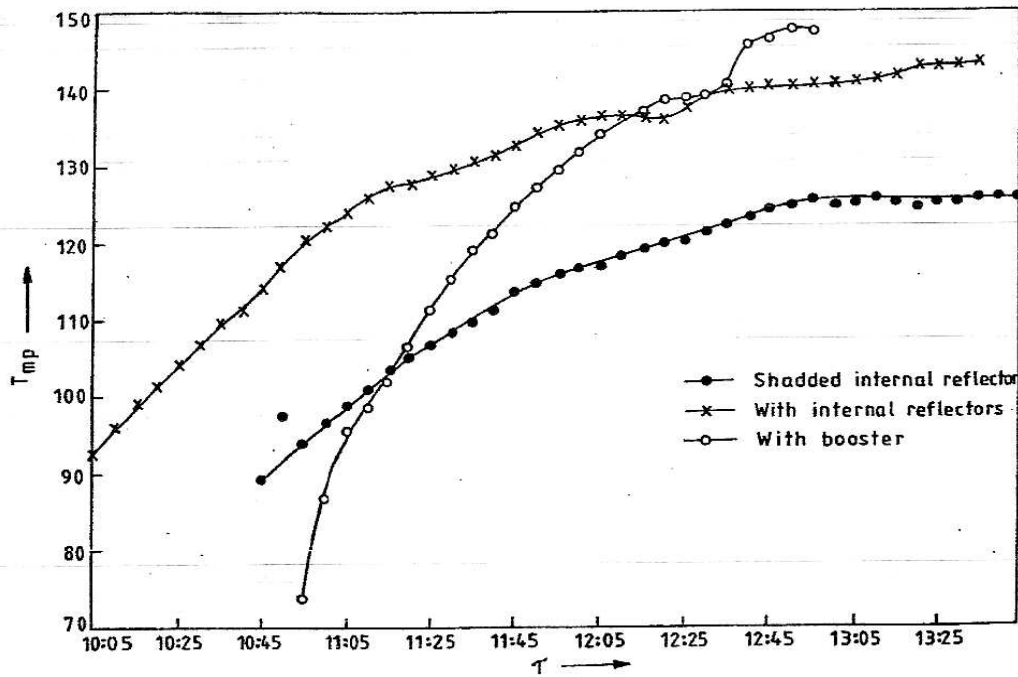
**Σειρά 3 :** Επανατοποθετήθηκαν οι εσωτερικοί ανακλαστήρες και τα ίδια πειράματα διεξήχθησαν.

Η εξίσωση (2) που δίνει την απόδοση του μαγειρείου είναι :

$$\eta_0 = \frac{U_L (T_{ps} - T_{as})}{H} \quad (2)$$

Όπου :

$\eta_0$  η οπτική απόδοση,  $H$  η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ( $W m^{-2}$ ),  $U_L$  είναι ο παράγοντας συνολικών απωλειών θερμότητας ( $W m^{-2} ^\circ C$ ),  $T_{ps}$  η θερμοκρασία της πλάκας στο σημείο αδράνειας ( $^\circ C$ ) και  $T_{as}$  η θερμοκρασία περιβάλλοντος στο σημείο αδράνειας ( $^\circ C$ ).



Γράφημα 1.2 Θερμοκρασία – Χρόνος ( $^{\circ}\text{C}\text{-min}$ )

Η γραμμή με τις άδειες τελείες αντιπροσωπεύει μετρήσεις με τους εξωτερικούς ανακλαστήρες τοποθετημένους. Η γραμμή με τις γεμισμένες τελείες αντιπροσωπεύει μετρήσεις με τους εσωτερικούς ανακλαστήρες σκιασμένους.

Η γραμμή με τα x αντιπροσωπεύει μετρήσεις με τους εσωτερικούς ανακλαστήρες τοποθετημένους.

Υπάρχει κάποια μικρή διαφορά στην μέγιστη θερμοκρασία μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών ανακλαστήρων ενώ είναι φανερή η μειωμένη απόδοση με σκιασμένους τους εσωτερικούς ανακλαστήρες χωρίς όμως να μην επιτυγχάνεται μια αξιόλογη θερμοκρασία μαγειρέματος.

Κάτω από κανονικές συνθήκες των  $1000 \text{ W/m}^2$ , την ηλιακή ακτινοβολία και  $25^{\circ}\text{C}$  θερμοκρασία περιβάλλοντος η μέγιστη μέση θερμοκρασίας της πλάκας και για τις τρεις σειρές πειραμάτων έχει ως εξής :

**Σειρά 1 :**  $T_{mp(max)} = 132^{\circ}\text{C}$

**Σειρά 2 :**  $T_{mp(max)} = 140,3^{\circ}\text{C}$

**Σειρά 3 :**  $T_{mp(max)} = 150,5^{\circ}\text{C}$

## 1.7 Συμπεράσματα

Η μελέτη δεν στόχευε σε ένα ανταγωνιστικό σχέδιο απέναντι στους διαθέσιμους παραδοσιακούς φούρνους (κόστος σχεδίου 70\$ και 1\$=200 σουδανικά δηνάρια).

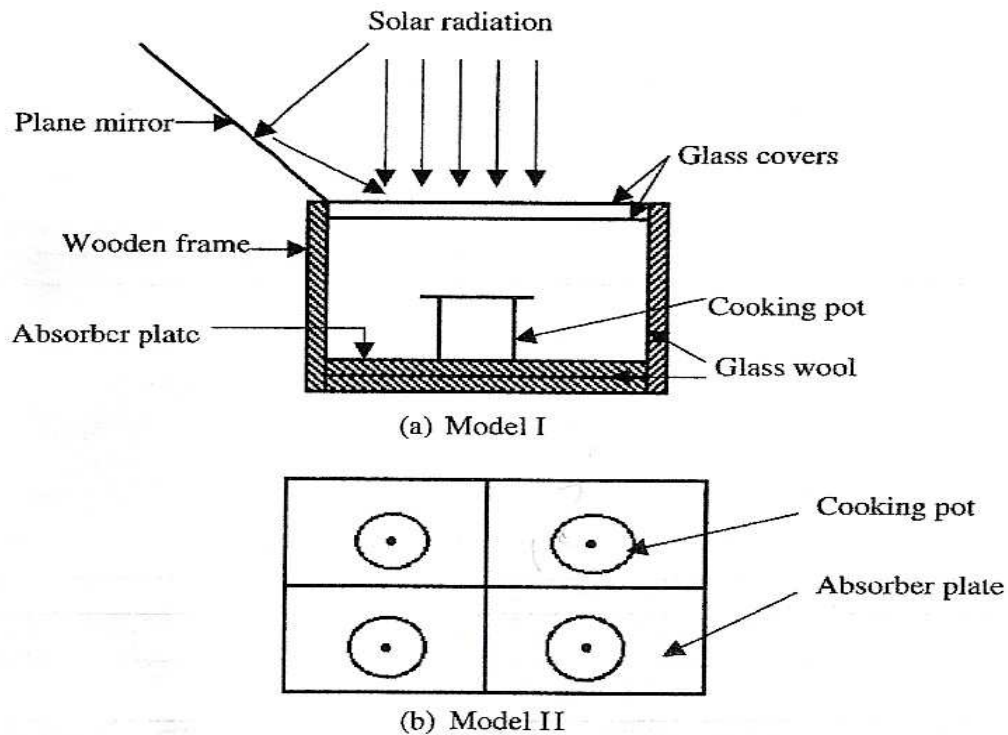
Οι ανακλαστήρες μπορούν να αντικατασταθούν με φύλλα αλουμινίου με στόχο τη μείωση της κόστους και του βάρους, μολονότι η θερμική απόδοση θα επηρεαστεί λόγω της χαμηλότερης τιμής της αντανακλαστικότητας του αλουμινίου. Επίσης, τα φύλλα αλουμινίου είναι πιο ευαίσθητα σε καιρικές συνθήκες όπως βροχή και έκθεση στον Ήλιο.

Η χρήση εσωτερικών και εξωτερικών ανακλαστήρων μαζί με την δυνατότητα κλίσης του πάνω καλύμματος αύξησαν σημαντικά την θερμική απόδοση. Αυτό αποδεικνύεται από τη ποσότητα της απορρόφησης θερμότητας και την επίτευξη υψηλής θερμοκρασίας της πλάκας.

## 1.8 Ηλιακό μαγειρείο τύπου κουτιού με δυο εκδοχές στη χωρητικότητα

Ο τρίτος μας τύπος μαγειρείου είναι από την Αίγυπτο, άλλη μια χώρα με εκτεταμένη ηλιακή έκθεση που βρίσκεται κοντά στην ζώνη του Ισημερινού και ευνοείται με υψηλές θερμοκρασίες. Οι επιστήμονες A.A. El-Sebaï και A. Ibrahim σχεδίασαν δυο ίδια μοντέλα με διαφορετικές χωρητικότητες και με πολύ καλές επιδόσεις.

Η κατασκευασμένη ηλιακή κουζίνα παρουσιάζεται σχηματικά στο σχέδιο 1.3. Αποτελείται κυρίως από ένα ξύλινο κιβώτιο με ένα άνοιγμα. Οι εσωτερικές του διαστάσεις είναι 0,65m x 0,85m x 0,30m. Μια επίπεδη πλάκα χαλκού πάχους 0,002 m και διαστάσεων 0,49 x 0,56 m χρησιμοποιείται ως απορροφητική επιφάνεια για την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Η ανώτερη επιφάνεια της απορροφητικής πλάκας είναι χρώματος μεταλλικό μαύρο επομένως είναι σε θέση να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Ένα μαγειρικό δοχείο φτιαγμένο από χαλκό με διάμετρο 0,13m και βάθος 0,14m είναι ενωμένο στενά με την απορροφητική πλάκα στο κέντρο της για να επιτευχθεί η επιθυμητή επαφή μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας αυξάνεται δια της επαφής. Το ανώτερο άνοιγμα του ηλιακού μαγειρείου καλύπτεται με διπλό τζάμι που τα χωρίζουν μόλις 0,02m. Το πάχος κάθε φύλλου γυαλιού είναι 0,003m. Οι διπλές καλύψεις γυαλιού ελαχιστοποιούν το ποσοστό απώλειας θερμότητας από το άνω μέρος του μαγειρείου. Ένας επίπεδος καθρέφτης διαστάσεων 0,60m x 0,54m που αρθρώνεται στην κορυφή του κουτιού, αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο μαγειρείο. Η γωνία κλίσης του καθρέφτη μπορεί να ρυθμιστεί καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας για να μεγιστοποιήσει τη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλάται μέσα στο μαγειρείο.



Σχέδιο 1.3 Σχηματικό διάγραμμα του ηλιακού μαγειρείου τύπου κουτιού  
 (a) Απορροφητική πλάκα με ένα σκεύος (Model I)  
 (b) Απορροφητική πλάκα με τέσσερα σκεύη (Model II)

Το κενό μεταξύ του πατώματος του κιβωτίου και της απορροφητικής πλάκας (0,10m πάχος), καθώς επίσης και οι πλευρές του, είναι γεμισμένες με υαλοβάμβακα ως μονωτικό υλικό με σκοπό να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας από το πίσω μέρος και από τις πλευρές του ηλιακού μαγειρείου.

Η παραπάνω περιγραφή αναφέρεται στο μοντέλο I. Για να βελτιωθεί η απόδοση του μαγειρείου, μια παρόμοια μονάδα κατασκευάστηκε και ονομάστηκε μοντέλο II. Το μοντέλο II διαφέρει από το μοντέλο I μόνο κατά τέσσερα δοχεία με ίδιες διαστάσεις.

### 1.9 Δοκιμή και απόδοση του 3<sup>ου</sup> μαγειρείου

Τα πειράματα έλαβαν μέρος τον Ιούλιο του 2002 χρησιμοποιώντας το ηλιακό μαγειρείο με ή χωρίς φορτίο, καθώς υπολογίστηκαν η εκμεταλλεύσιμη απόδοση, η ειδική θερμότητα και ο χαρακτηριστικός χρόνος βρασμού.

Οι διαδικασίες που ακολουθήσαν για την εκτίμηση της απόδοσης των ηλιακών μαγειρείων επικεντρώθηκαν στο καθορισμό ενός από τους παρακάτω παράγοντες : (i) ο χρόνος μαγειρέματος διαφορετικών βρώσιμων προϊόντων (ii) ο χρόνος από την αισθητή θέρμανση μιας γνωστής ποσότητας νερού μέχρι το σημείο βρασμού ή (iii) της θερμοκρασίας της πλάκας στο σημείο αδράνειας καταγεγραμμένη σε ένα πείραμα χωρίς φορτίο. Η δεύτερη και η τρίτη μέθοδος αποτελούν καλύτερη προσέγγιση.

Η πρώτη μέθοδος περιλαμβάνει αβεβαιότητες λόγω της ποικιλίας των συστατικών και της κρίσης του παρατηρητή όσον αφορά το πότε ακριβώς το φαγητό είναι πλήρως μαγειρεμένο. Το  $t_s$  (min  $m^2/kg$ ) αντιπροσωπεύει τον απαιτούμενο χρόνο για το βράσιμο 1 kg νερού χρησιμοποιώντας ένα ηλιακό μαγειρείο με άνοιγμα  $1m^2$ . Το  $t_c$  (min  $m^2/kg$ ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν παράμετρος σύγκρισης ανάμεσα σε διάφορους τύπους ηλιακών μαγειρείων κάτω από διαφορετικά επίπεδα έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Παρακάτω δίνονται οι εξισώσεις τους :

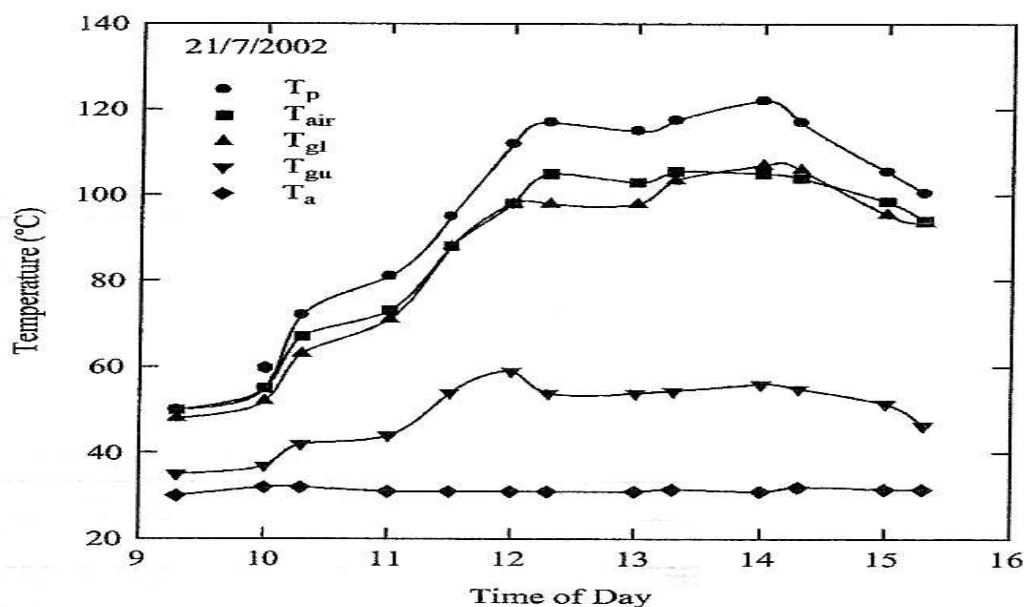
$$t_s = \Delta t A_c / M_f \quad (3)$$

$$t_c = t_s I_{av} / I_{av(i)} \quad (4)$$

$$\eta_u = M_f C_f \Delta T_f / I_{av} A_c \Delta t \quad (5)$$

όπου,  $M_f$ ,  $C_f$  είναι η μάζα του νερού (kg) και η ειδική θερμότητα (J/kg K) των μαγειρικών υγρών αντιστοίχως,  $\Delta t$  είναι ο χρόνος που απαιτείται μέχρι να φτάσουν την μέγιστη θερμοκρασία τα μαγειρικά υγρά,  $I_{av}$  είναι η μέση ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ( $W/m^2$ ) κατά το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ . Το  $I_{av(i)}$  αναφέρεται σε μια μέση ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ίση με  $900 W/m^2$ .  $\Delta T_f$  είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της μέγιστης θερμοκρασίας των μαγειρικών υγρών και της θερμοκρασίας του αέρα περιβάλλοντος. Τέλος, το  $A_c$  είναι η ανοιχτή περιοχή του μαγειρείου ( $m^2$ ).

Τα πειράματα ξεκινούσαν στις 10:00 π.μ. και συνεχίζονταν μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη θερμοκρασία των υγρών. Χρησιμοποιώντας το μέγιστο φορτίο σε κάθε μοντέλο (I, II) κάθε 10 λεπτά καταγράφονταν οι θερμοκρασίες του νερού στα μαγειρικά σκεύη



Γράφημα 1.3 Θερμοκρασία – Χρόνος [θερμοκρασίες του μαγειρείου(model I) χωρίς φορτίο]

Όπου :  $T_p$  θερμοκρασία απορροφητικής πλάκας,  $T_{air}$  θερμοκρασία του εγκλειώμενου αέρα,  $T_{gl}$  θερμοκρασία κάτω μέρους γυάλινου καλύμματος,  $T_{gu}$  θερμοκρασία άνω μέρους γυάλινου καλύμματος,  $T_a$  θερμοκρασία περιβαλλόντος.

Όλοι οι παράμετροι έφτασαν στη μέγιστη τιμή τους στις 14:00 μ.μ. Για την βελτίωση της απόδοσης του μαγειρείου το μοντέλο II δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας διάφορες ποσότητες νερού που τελικά διανεμήθηκαν σε 4 πανομοιότυπα σκεύη αντί του ενός όπως στο μοντέλο I.

Η απόδοση του μαγειρείου βρέθηκε να αυξάνεται από 9,7% σε 26,7% όταν η μάζα του νερού αυξήθηκε από 1 σε 4 κιλά. Έτσι ένα μέγιστο φορτίο θα δώσει και την καλύτερη αποτελεσματικότητα και την υψηλότερη απόδοση για το μοντέλο II.

### **1.10 Συμπεράσματα**

Στα ηλιακά μαγειρεία τύπου κουτιού είναι φρονιμότερο να χρησιμοποιούμε περισσότερα από ένα σκεύη ώστε να εκμεταλλευτούμε όσο περισσότερο την περιοχή της πλάκας απορρόφησης. Η καλύτερη απόδοση του μαγειρείου επιτεύχθηκε με το μεγαλύτερο μαγειρικό φορτίο. Το μοντέλο II έβρασε 1 κιλό νερού σε 15 λεπτά με απόδοση ημέρας 26,7%.

### **1.11 Ιστορική αναφορά στο ΤΕΙ Κρήτης**

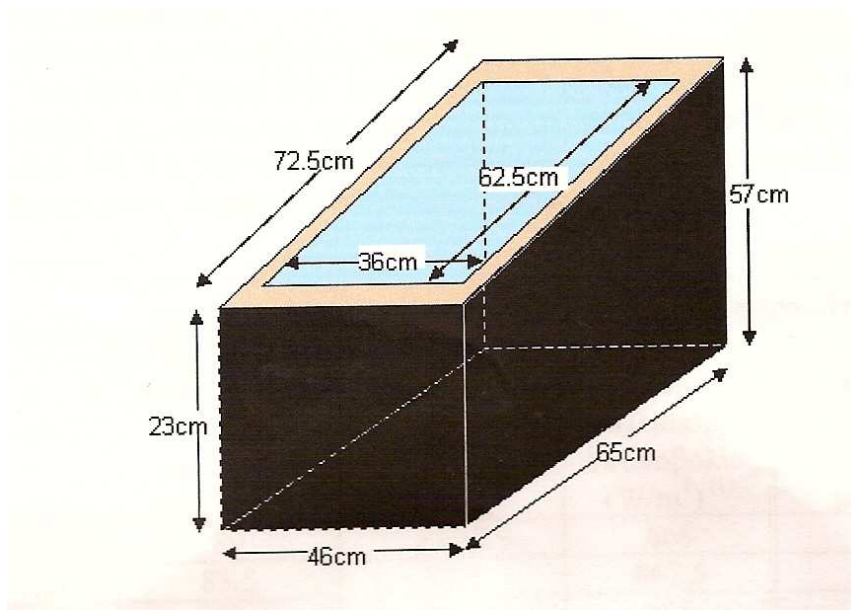
Προηγούμενες μελέτες έχουν γίνει στο ΤΕΙ Κρήτης στο τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος με το ίδιο ηλιακό μαγειρείο τύπου κουτιού, όμως με κάποιες κατασκευαστικές διαφορές. Αυτά τα πειράματα έλαβαν χώρα το μήνα Ιούλιο του 2005 όπου επετεύχθησαν θερμοκρασίες σε ένα γυάλινο δοχείο με νερό μέχρι 90 °C.

Οι μετρήσεις που λήφθηκαν είναι (i) η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, (ii) η θερμοκρασία περιβάλλοντος (iii) η θερμοκρασία νερού σε ένα γυάλινο σκεύος τοποθετημένο μέσα στο μαγειρείο. Το μοναδικό μαγειρικό πείραμα που δοκιμάστηκε ήταν το ψήσιμο μιας μερίδας κοτόπουλου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1 Περιγραφή ηλιακού μαγειρείου

Το ηλιακό μαγειρείο (HM 1) που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες του πειράματος παρουσιάζεται στο σχέδιο 1. Τα εσωτερικά τοιχώματα του μαγειρείου είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο ωστόσο μόνο το πάτωμα είναι βαμμένο με μαύρη μπογιά ώστε να απορροφά περισσότερη θερμότητα. Τα τοιχώματα αυτά είναι μονωμένα με υαλοβάμβακα πάχους 5 cm σε κάθε πλευρά. Οι εσωτερικές διαστάσεις του μαγειρείου είναι 36x55 cm με ύψος στο μπροστινό τμήμα 18cm και στο πίσω 52cm. Το εμβαδό της γυάλινης επιφάνειας είναι  $36 \times 62,5 = 2250 \text{ cm}^2$ . Για την επίτευξη μεγαλύτερων θερμοκρασιών και την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας στο εσωτερικό του μαγειρείου, το πάνω μέρος του καλύφθηκε από ένα δεύτερο τζάμι πάχους 3mm. Το τζάμι τοποθετήθηκε με κλίση  $28^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Τα εξωτερικά τοιχώματα του μαγειρείου κατασκευάστηκαν από ξύλο το οποίο βάφτηκε μαύρο έτσι ώστε να απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερη θερμότητα. Η χωρητικότητα του HM 1 είναι αρκετή για την τοποθέτηση δυο κυλινδρικών σκευών ή ενός ταψιού κανονικού μεγέθους. Ο όγκος του είναι  $69.300 \text{ cm}^3$ .



Σχέδιο 2.1 Σχεδιάγραμμα του HM 1

Το HM 1 εξοπλίστηκε με εξωτερικά ανακλαστικά κάτοπτρα κατασκευασμένα από αλουμίνιο που τοποθετήθηκαν στις δυο πλευρές του όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Το πρώτο φύλλο γυαλιού έχει μια ειδική γόμωση στην άκρη για ευκολία στο άνοιγμα.





Εικόνα 2.1 Ηλιακό μαγειρείο τύπου κουτιού με ανακλαστικά κάτοπτρα(ΗΜ 1)

## 2.2 Περιγραφή πειραμάτων

Διεξήχθησαν συνολικά 10 πειράματα (10 ημέρες) τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούλιο του 2006, χωρισμένα σε ένα, τρία και έξι αντιστοίχως. Μόνο τέσσερα από αυτά περιελάμβαναν μαγειρικό φορτίο. Η ομάδα ξεκίνησε τα πειράματα στις 10:00 με 10:30 π.μ. και η καταγραφή των παραμέτρων γινόταν μέχρι τις 15:00 με 15:30 μ.μ.

Οι καιρικές συνθήκες ήταν σε γενικές γραμμές αρκετά καλές με περιόδους αραιών νεφώσεων. Τα πειράματα έλαβαν χώρα σε ανοιχτό χώρο του ΤΕΙ Κρήτης χωρίς να υπάρχει παρεμπόδιση από σκιές κτιρίων, δέντρων κλπ. Ο προσανατολισμός του ΗΜ 1 γίνονταν, με τη βοήθεια μιας πυξίδας, προς το νότο και μέχρι το τέλος της ημέρας δεν μετακινείτο. Τα παραβολικά κάτοπτρα είχαν την ίδια κλίση μεταξύ τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Οι επικρατέστερες γωνίες ήταν τρεις : 30, 45 και 60 μοιρών .

Σε όλα τα πειράματα μέσα στο μαγειρικό θάλαμο ήταν τοποθετημένο ένα ποτήρι ζέσεως με νερό όπου κάθε μισή ώρα καταγράφονταν η θερμοκρασία του με τη βοήθεια ενός εργαστηριακού θερμόμετρου υδραργύρου. Η μέγιστη που επετεύχθει ήταν 90 βαθμοί Κελσίου. Ενώ η μέγιστη θερμοκρασία της μεταλλικής πλάκας του κάτω εσωτερικού μέρους ήταν περίπου 130 °C.

## 2.3 Μετρητικές διατάξεις

Για την κατανόηση της λειτουργίας του ΗΜ 1 και των χαρακτηριστικών ήταν απαραίτητη η καταγραφή των εξής μετρήσεων κάθε μισή ώρα : (i) ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο (ii) ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο (iii) θερμοκρασία περιβάλλοντος (iv) θερμοκρασία νερού και (v) θερμοκρασία κάτω εσωτερικής μεταλλικής πλάκας.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μετρήθηκε με την βοήθεια ενός ψηφιακού πυρανόμετρου μοντέλου MAVOLUX gossen (εικ. 2.2) με μέγιστη κλίμακα  $2000 \text{ W/m}^2$ . Το άσπρο κυκλικό σημείο δεξιά στην εικόνα 2 είναι ο αισθητήρας. Αυτός μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο και να μετρηθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως κεκλιμένο επίπεδο ( $28^\circ$ ) χρησιμοποιήθηκε το εξωτερικό τζάμι του μαγειρείου ώστε να υπάρχει και μια εικόνα για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που καταφτάνει στο ηλιακό μαγειρείο. Οι πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας δίνονται από την εξίσωση  $y = 0,7953x + 4,8162$  (1) όπου  $x$  η ένδειξη του πυρανόμετρου και  $y$  η πραγματική τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας σε  $\text{W/m}^2$ . Τα αποτελέσματα της εξίσωσης χρησιμοποιήθηκαν για τις γραφικές παραστάσεις και όχι οι ενδείξεις του πυρανόμετρου.



Εικόνα 2.2 Ψηφιακό πυρανόμετρο με αισθητήρα

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μετρήθηκε με ένα θερμομέτρο να βρίσκεται υπο σκιά. Όπως προαναφέρθηκε ένα ποτήρι ζέσεως ήταν σε όλα τα πειράματα και καθ'όλη τη διάρκεια μέσα στο ηλιακό μαγειρείο ακουμπώντας στην γυμνή μεταλλική πλάκα. Κάθε μισή ώρα βυθίζοντας στο νερό ένα

εργαστηριακό θερμόμετρο υδραργύρου, με μέγιστη τιμή 110 °C, γνωρίζαμε αυτομάτως τι θερμοκρασία έχει.

Τέλος, με ένα ειδικό θερμόμετρο υπερύθρων (εικόνα 2.3) ξέραμε την θερμοκρασία της εσωτερικής μεταλλικής πλάκας σε κάθε σημείο της. Η λειτουργία του θερμομέτρου είναι αρκετά απλή. Το σχήμα του είναι παρόμοιο



Εικόνα 2.3 Θερμόμετρο υπερύθρων

με ένα πιστόλι, έτσι στοχεύουμε το αντικείμενο που θέλουμε να μετρήσουμε. Πατώντας την υποτειθέμενη σκανδάλη παίρνουμε την ένδειξη σε μια μικρή οθόνη που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος.

Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας Α :

<b>Πίνακας Α</b>			
<b>Πραγματοποιηθέντα πειράματα</b>			
<b>Πείραμα</b>	<b>Ημερομηνία</b>	<b>Ώρες</b>	<b>Μαγειρικό φορτίο</b>
1	11/04/2006	10:30-15:00μ.μ.	-
2	11/05/2006	10:30-15:30μ.μ.	-
3	17/05/2006	10:00-15:30μ.μ.	-
4	22/05/2006	10:00-14:00μ.μ.	6 Λουκάνικα
5	06/07/2006	10:00-14:30μ.μ.	-
6	10/07/2006	10:00-15:00μ.μ.	-
7	12/7/2006	10:00-15:30μ.μ.	6 Μπιφτέκια
8	14/07/2006	10:00-14:30μ.μ.	-
9	19/07/2006	10:30-15:00μ.μ.	Μπριζόλα (χοιρινή)
10	20/07/2006	10:30-15:00μ.μ.	Ψάρι (τσιπούρα)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 3.1 Πειραματικά αποτελέσματα στις 11.04.2006

Η πρώτη πειραματική ημέρα διεξάγει χωρίς μαγειρικό φορτίο καθώς ήταν η πρώτη επαφή της ομάδας μας με το ΗΜ 1. Συνεπώς, θέλαμε να παρατηρήσουμε τις εφικτές θερμοκρασίες που μπορούν να αναπτυχθούν στο ΗΜ 1 κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μετρήσεις των μεταβλητών μας.

Πίνακας 3.1.α					
Τρίτη 11/04/2006					
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περιβάλλοντος	T °C μ.π.
10:30	734	373	27	23	
11:00	1274	1214	40	23	
11:30	1360	1202	63	24	
12:00	1801	1322	73	24	
12:30	1650	1100	74	24	91
13:00	1825	1200	77	25	
13:30	1335	1085	74	26,7	100
14:00	1455	1150	74	28	104
14:30	987	1024	71	28,5	
15:00	772	1002	67	28,6	84

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>ο</sup>  
12:30 , 13:30 : νέφωση 14:30:σκιά κατόπτρου

Όπου :

W/m<sup>2</sup> κ.ε. = η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε watt/ μ<sup>2</sup> σε κεκλιμένο επίπεδο

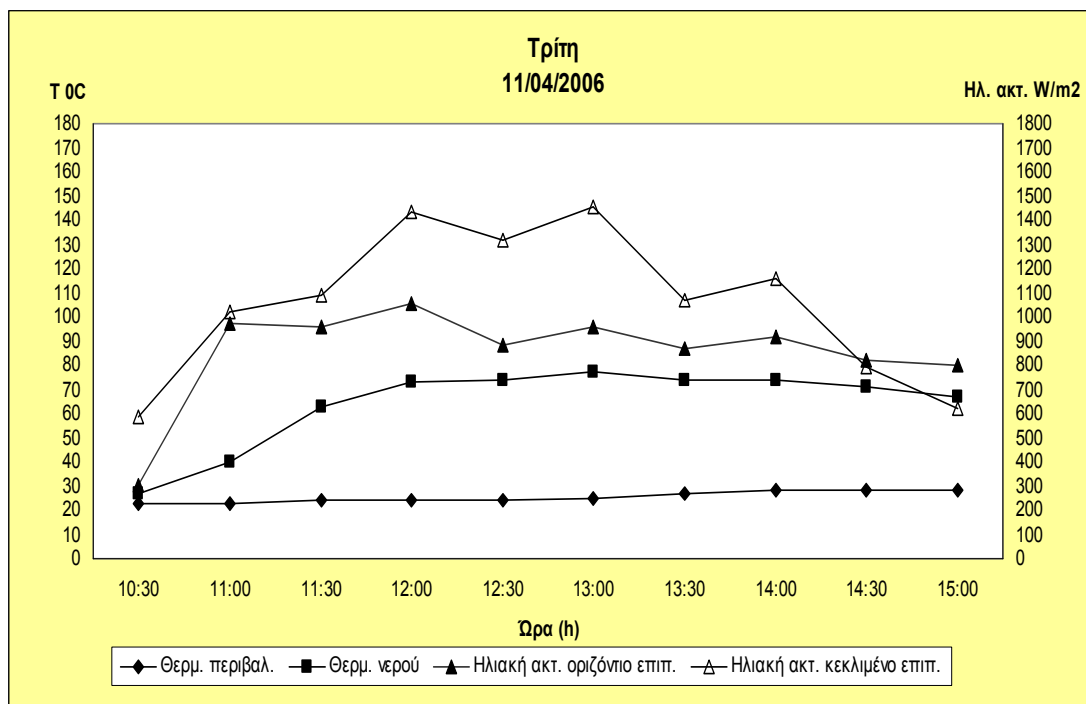
W/m<sup>2</sup> ο.ε = η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας watt/ μ<sup>2</sup> σε οριζόντιο επίπεδο

T °C = θερμοκρασία

T °C μ.π. = θερμοκρασία μεταλλικής πλάκας

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 3.1.α στις 12:30 μ.μ. και στις 13:30 μ.μ. στη στήλη του κεκλιμένου επιπέδου έχουμε μείωση της έντασης λόγω νεφώσεων. Επιπλέον, μια ώρα μετά, λόγω της μετακίνησης και της θέσης του ηλίου δημιουργείται σκίαση στο μαγειρείο με αποτέλεσμα την απότομη πτώση της ακτινοβολίας που φτάνει στην γυάλινη επιφάνεια. Στις 13:00 μ.μ. καταγράφεται και η μέγιστη θερμοκρασία του νερού στους 77 βαθμούς Κελσίου αλλά και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στα 1825 W/m<sup>2</sup> ενώ της μεταλλικής πλάκας ήταν 104 °C στις 14:00 μ.μ.

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.1.α και των εντάσεων του πίνακα 3.1.β :

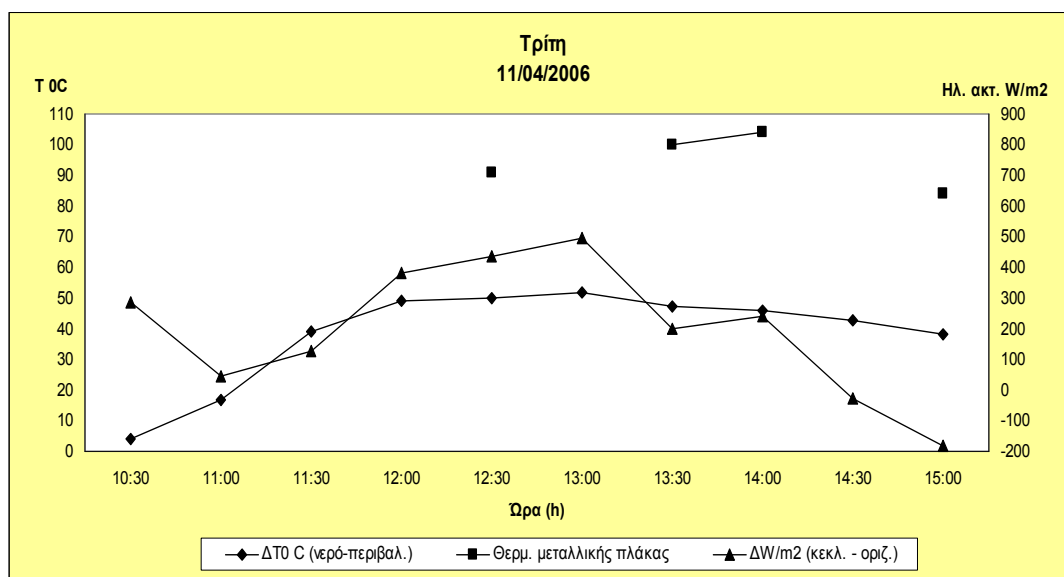


Διαγραμμα 3.1.α. Απεικόνιση Θερμοκρασίας – Ώρας / Ένταση Ηλ. ακτινοβολίας – Ώρας

Εν συνεχεία, σύμφωνα με την βοήθεια της εξίσωσης  $y = 0,7953x + 4,8162$  υπολογίστηκαν οι δυο πρώτες στήλες (βλ. Πίνακα 3.1.β) για την πραγματοποίηση του διαγράμματος 3.1.α. Η τρίτη και η τέταρτη στήλη είναι η *διαφορά* της ηλιακής έντασης του κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο και η *διαφορά* της θερμοκρασίας του νερού από του περιβάλλοντος αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1.β Τρίτη 11/04/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T$ (°C) (νερό- περιβάλλον)
588,5664	301,4631	287,1033	4
1018,0284	970,3104	47,718	17
1086,4242	960,7668	125,6574	39
1437,155	1056,2028	380,9522	49
1317,0612	879,6462	437,415	50
1456,2387	959,1762	497,0625	52
1066,5417	867,7167	198,825	47,3
1161,9777	919,4112	242,5665	46
789,7773	819,2034	-29,4261	42,5
618,7878	801,7068	-182,919	38,4

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.1.β :



Διάγραμμα 3.1.β Διαγραμματική αναπαράσταση Διαφορών θερμοκρασιών και έντασης ηλ. ακτινοβολίας

### 3.2 Πειραματικά αποτελέσματα στις 11.05.2006

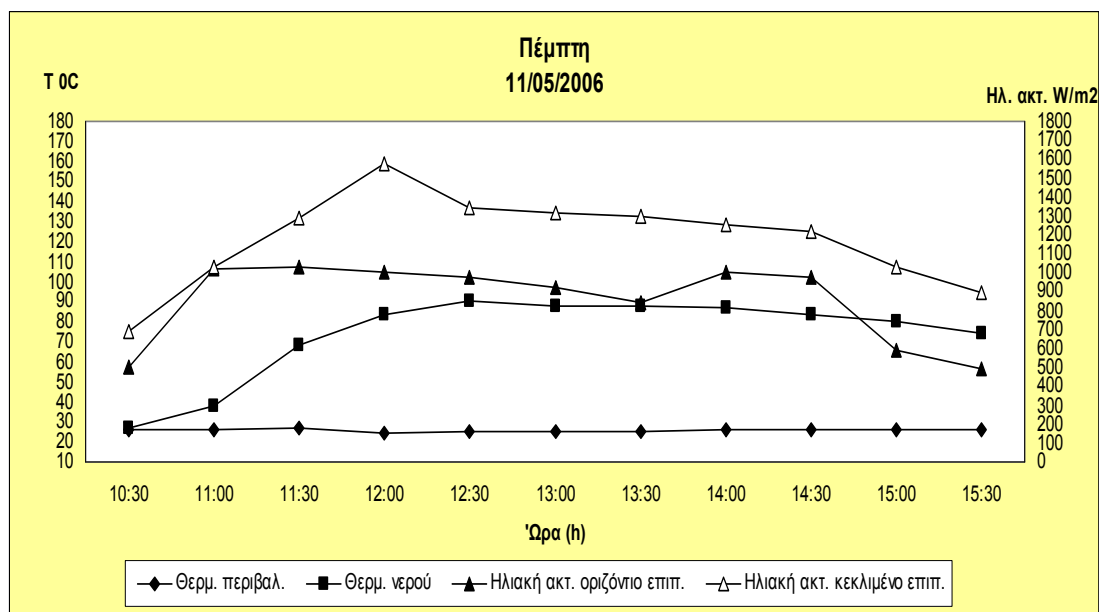
Η δεύτερη πειραματική μέρα διεξήχθη τον επομένο μήνα χωρίς μαγειρικό φορτίο. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της 11 Μαΐου 2006.

<b>Πίνακας 3.2.α</b>				
<b>Πέμπτη 11/05/2006</b>				
<b>Ωρα</b>	<b>W/m<sup>2</sup> κ.ε.</b>	<b>W/m<sup>2</sup> ο.ε.</b>	<b>T °C νερού</b>	<b>T °C περι/ντος</b>
10:30	862	622	27	26
11:00	1291	1277	38	26
11:30	1617	1300	68	27
12:00	1980	1250	84	24
12:30	1686	1216	90	25
13:00	1650	1150	88	25
13:30	1627	1050	88	25
14:00	1570	1255	87	26
14:30	1522	1222	84	26
15:00	1290	740	80	26
15:30	1120	618	74	26

**Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>0</sup>**

Όσον αφορά την θερμοκρασία και την ηλιακή ένταση στο κεκλιμένο επίπεδο ήταν η καλύτερη μέρα σε επιδόση για το ΗΜ 1. Βλέπουμε ότι από τις 12:00 μ.μ. μέχρι τις 14:30 μ.μ. διατηρείται η θερμοκρασία του νερού άνω των 80 βαθμών Κελσίου καθώς στις 12:30 μ.μ. αγγίζει τους 90<sup>0</sup> C. Ενώ η μέγιστη κατεγγραμμένη ένταση ηλιακής ακτιβολίας άγγιξε τα 1980 W/m<sup>2</sup> πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο τζάμι του μαγειρείου.

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.2.α και των εντάσεων του πίνακα 3.2.β :

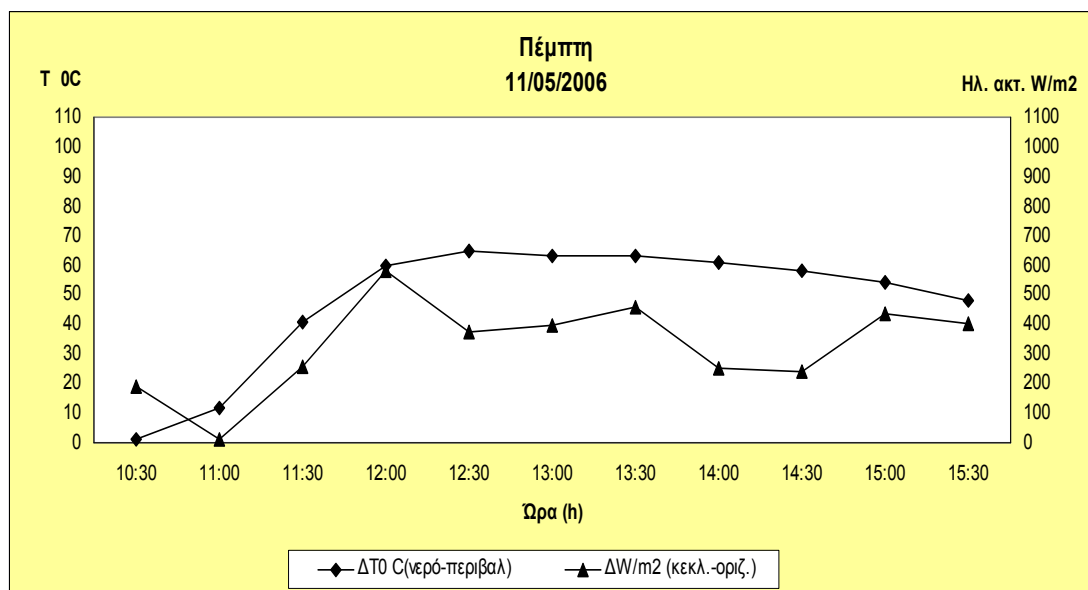


Διάγραμμα 3.2.α. Ημέρα δεύτερη

Έπειτα, παρατηρώντας τον πίνακα 3.2.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από την εξίσωση (1), τη διαφορά κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μέσα στο ΗΜ 1 από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.2.β			
Πεμπτη 11/05/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επίπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επίπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T$ (°C) (νερό-περιβάλλον)
690,3648	499,4928	190,672	1
1031,5485	1020,4143	11,1342	12
1290,8163	1033,89	256,9263	41
1579,5102	998,9412	580,569	60
1345,692	971,901	373,79	65
1317,0612	919,4112	397,65	63
1298,7693	839,8812	458,8881	63
1253,4372	1002,9177	250,5195	61
1215,2628	976,6728	238,59	58
1030,7532	593,3382	437,415	54
895,5522	496,3116	399,2406	48

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.2.β :



Διάγραμμα 3.2.β Ημέρα δεύτερη

### 3.3 Πειραματικά αποτελέσματα στις 17.05.2006

Την τρίτη πειραματική ημέρα συνεχίστηκαν οι μετρήσεις ξανά χωρίς μαγειρικό φορτίο αλλάζοντας την γωνία κλίσης των κατόπτρων σε 60°. Αξιοσημείωτο είναι ότι με μεγαλύτερη κλίση των ανακλαστήρων επιτεύχθηκαν νωρίτερα οι υψηλές θερμοκρασίες.

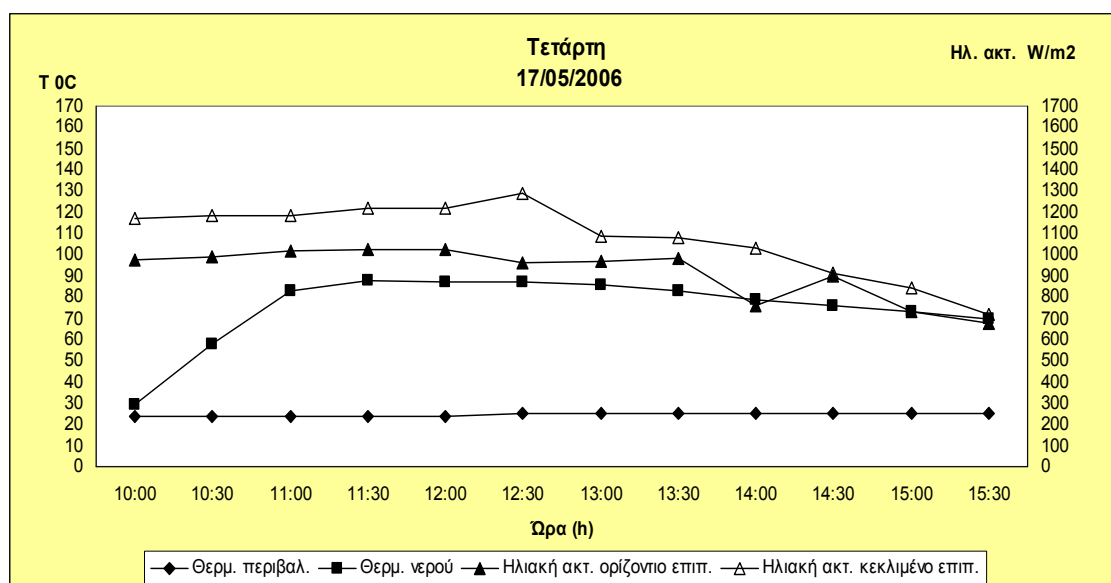


Πίνακας 3.3.α				
Τετάρτη 17/05/2006				
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περ/ντος
10:00	1464	1224	29	24
10:30	1485	1239	58	24
11:00	1485	1275	83	24
11:30	1527	1280	88	24
12:00	1530	1285	87	24
12:30	1615	1205	87	25
13:00	1360	1216	86	25
13:30	1348	1226	83	25
14:00	1292	945	79	25
14:30	1144	1120	76	25
15:00	1050	918	73	25
15:30	900	842	70	25

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 60<sup>0</sup>  
14:00 : αραιή νέφωση

Παρατηρούμε θερμοκρασίες νερού ανώ των 80 βαθμών Κελσίου από τις 11:30 μ.μ. μέχρι τις 13:30 μ.μ. Επίσης, έγινε άλλη μια μέτρηση σχετικά με την ποσότητα του νερού στο ποτήρι ζέσεως στην αρχή και στο τέλος της ημέρας. Αρχικά, τοποθετήθηκαν 200 ml νερού και στο τέλος της ημέρας μετρήθηκαν 100 ml. Δηλαδή, είχαμε 50 % εξάτμιση του νερού με θερμοκρασίες όπως αυτές δίνονται από τον πίνακα 3.3.α. Την μέγιστη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας την μετρήσαμε στις 12:30 μ.μ. και έφτασε τα 1615 W/m<sup>2</sup>.

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.3.α και των εντάσεων του πίνακα 3.3.β :

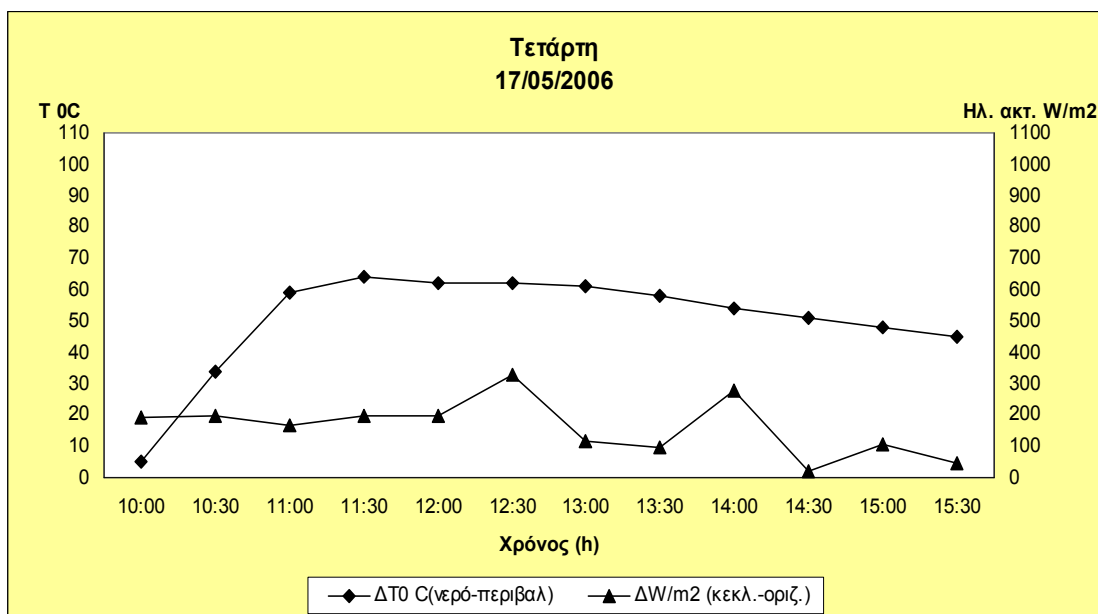


Διάγραμμα 3.3.α. Ημέρα τρίτη

Στον πίνακα 3.3.β βλέπουμε τη διαφορά του κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά της θερμοκρασίας του νερού από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.3.β			
Τετάρτη 17/05/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
1169,1354	978,2634	190,872	5
1185,8367	990,1929	195,6438	34
1185,8367	1018,8237	167,013	59
1219,2393	1022,8002	196,4391	64
1221,6252	1026,7767	194,8485	62
1289,2257	963,1527	326,073	62
1086,4242	971,901	114,5232	61
1076,8806	979,854	97,0266	58
1032,3438	756,3747	275,9691	54
914,6394	895,5522	19,0872	51
839,8812	734,9016	104,9796	48
720,5862	674,4588	46,1274	45

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.3.β :



Διάγραμμα 3.3.β Ημέρα τρίτη

### 3.4 Πειραματικά αποτελέσματα στις 22.05.2006

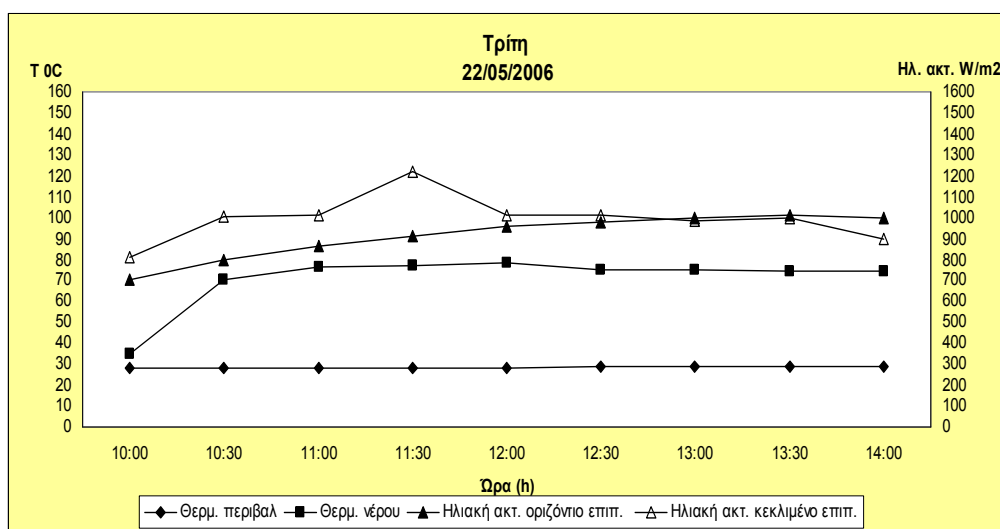
Στις 22 Μαΐου έγινε η πρώτη μαγειρική δοκιμή με φορτίο 5 τεμάχια λουκάνικων καθαρού βάρους 250 γραμμαρίων. Αυτά τοποθετήθηκαν σε ένα φύλλο αλουμινόχαρτου και εισήχθησαν στις 11:30 π.μ. στο ηλιακό μαγειρείο πάνω στη μεταλλική πλάκα. Έπειτα από δυο ώρες και ένα τέταρτο στις 13:45 μ.μ. ήταν ψημένα και έτοιμα για βρώση. Οι θερμοκρασίες που διατηρούσε το ΗΜ 1 κατά το μαγείρεμα παρουσιάζονται στο πίνακα 3.4.α.

Πίνακας 3.4.α					
Τρίτη 22/05/2006					
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	Τ °C νερού	Τ °C περ/ντος	Τ °C μ.π.
10:00	1015	875	35	28	
10:30	1253	998	70	28	110
11:00	1268	1077	76	28	
11:30	1530	1142	77	28	
12:00	1262	1196	78	28	
12:30	1268	1223	75	29	101
13:00	1235	1245	75	29	
13:30	1250	1265	74	29	
14:00	1119	1245	74	29	113

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 30<sup>0</sup>

Παρατηρούμε ότι μετά την εισαγωγή του φορτίου στις 12:30 μ.μ. η θερμοκρασία της μεταλλικής πλάκας μειώνεται. Αυτό συμβαίνει λόγω της απορρόφησης και μετάδοσης της θερμότητας δια της επαφής στο αλουμινόχαρτο. Η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας του νερού είναι 78<sup>0</sup> C ενώ της ηλιακής έντασης 1530 W/m<sup>2</sup>.

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.4.α και των εντάσεων του πίνακα 3.4.β :

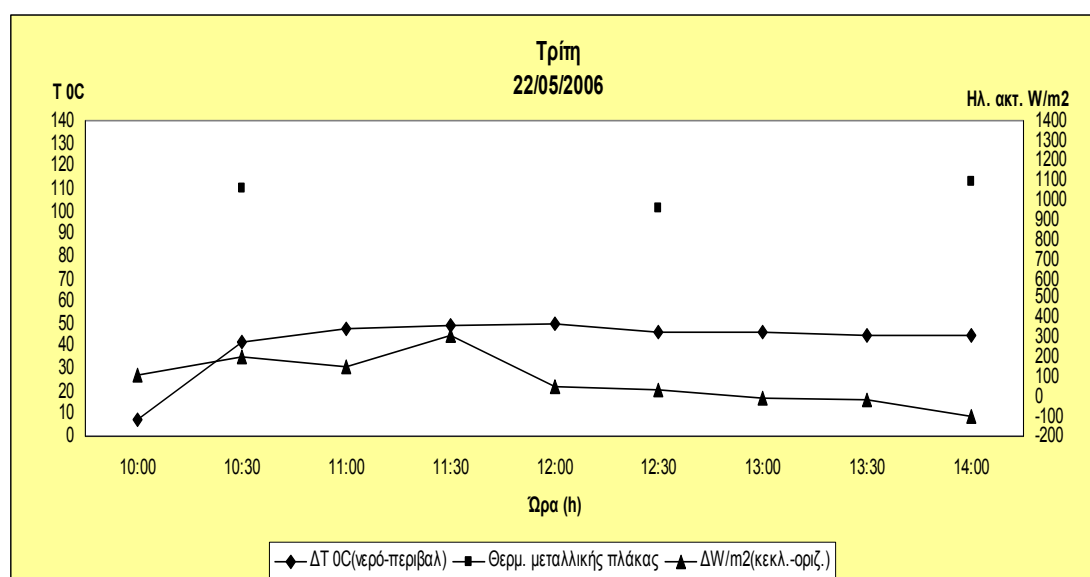


Διάγραμμα 3.4.α Ημέρα τέταρτη με φορτίο

Στο πίνακα 3.4.β, όπως και σε άλλους, παρατηρούμε μια αρνητική διαφορά μεταξύ κεκλιμένου και οριζόντιου επιπέδου στις τελευταίες μετρήσεις όπου αποτυπώνεται και στο διάγραμμα 3.4.β. Αυτό σημαίνει ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν μεγαλύτερη στο οριζόντιο επίπεδο απ' ότι στο κεκλιμένο δηλαδή στην εξωτερική επιφάνεια του ηλιακού μαγειριού. Αυτό μπορεί να συμβαίνει για διάφορους λόγους, ένας από αυτούς είναι η τοποθέτηση του ΗΜ 1 στο χώρο σε συνάρτηση με την κίνηση του Ηλίου από την ανατολή προς τη δύση. Γι' αυτό και παρατηρείται μετά το μεσημέρι οπότε και ο Ήλιος έχει μεταβεί αριστερά από το κέντρο του ουράνιου θόλου.

Πίνακας 3.4.β			
Τρίτη 22/05/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επίπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επίπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
812,0457	700,7037	111,342	7
1001,3271	798,5256	202,8015	42
1013,2566	861,3543	151,9023	48
1221,6252	913,0488	308,5764	49
1008,4848	955,995	52,4898	50
1013,2566	977,4681	35,7885	46
987,0117	994,9647	-7,953	46
998,9412	1010,8707	-11,9295	45
894,7564	994,9647	-100,2078	45

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.4.β :



Διάγραμμα 3.4.β Ημέρα τέταρτη με φορτίο

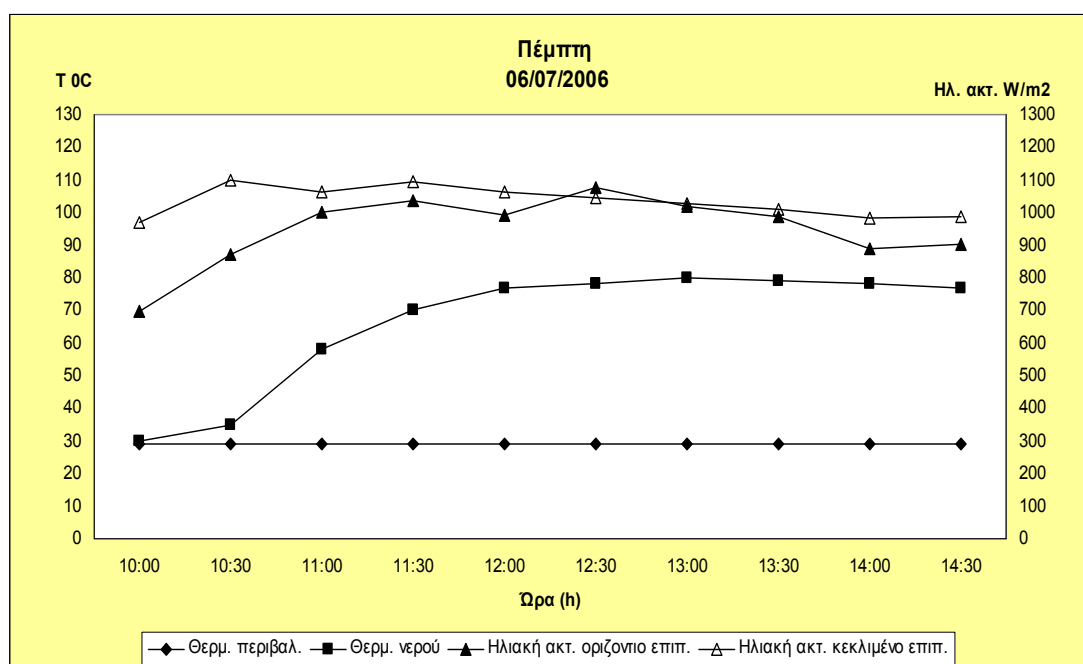
### 3.5 Πειραματικά αποτελέσματα στις 06.07.2006

Το πέμπτο πείραμα έγινε σε συνθήκες ηλιοφάνειας με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος να παραμένει σταθερή και τη θερμοκρασία του νερού να μην ξεπερνάει τους 80<sup>0</sup>. Η μέγιστη τιμή της μεταλλικής πλάκας στις 13:00μ.μ. είναι 104<sup>0</sup> C. Δεν διεξήχθη μαγειρική δοκιμή εκείνη την ημέρα.

Πίνακας 3.5.α					
Πέμπτη 06/07/2006					
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περ/ντος	T °C μ.π.
10:00	1211	869	30	29	
10:30	1374	1091	35	29	
11:00	1330	1251	58	29	95
11:30	1372	1298	70	29	
12:00	1333	1242	77	29	100
12:30	1311	1347	78	29	
13:00	1284	1272	80	29	104
13:30	1262	1235	79	29	
14:00	1230	1113	78	29	100
14:30	1235	1131	77	29	

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 30<sup>0</sup>  
11:00 : νέφωση

Η μέγιστη τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στις 11:30 π.μ. έφτασε τα 1372 W/m<sup>2</sup>. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 5α και των εντάσεων του πίνακα 3.5.β :

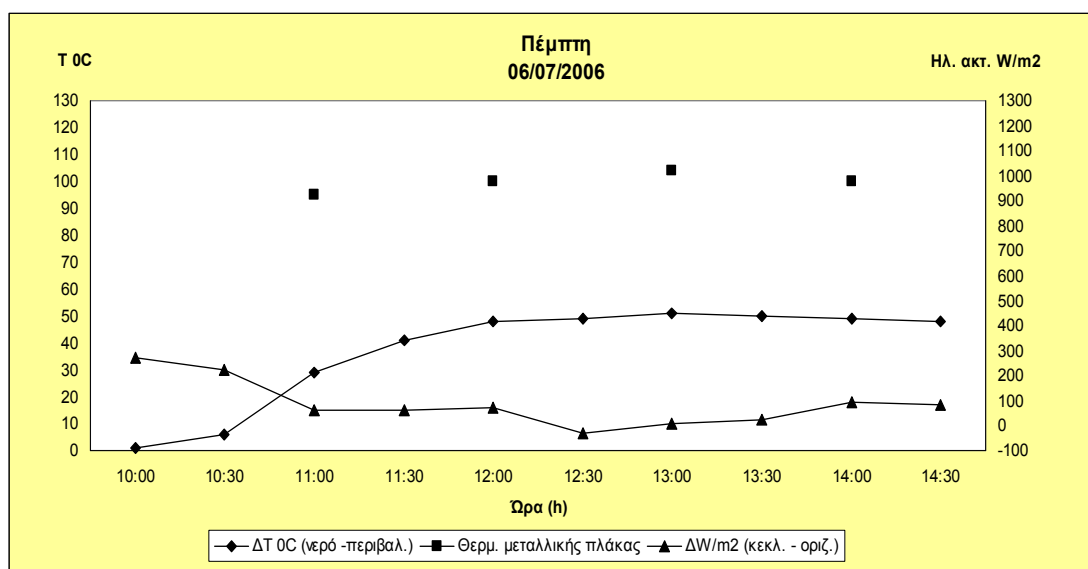


Διάγραμμα 3.5.α. Ημέρα πέμπτη

Παρατηρώντας τον πίνακα 3.5.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από την (1), τη διαφορά κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μέσα στο ΗΜ 1 από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.5.β			
Πέμπτη 06/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T(^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
967,9245	695,9319	271,9926	1
1097,5584	872,4885	225,0699	6
1062,5652	999,7365	62,8287	29
1095,9678	1037,1156	58,8522	41
1064,9511	992,5788	72,3723	48
1047,4545	1076,0853	-28,6308	49
1025,9814	1016,4378	9,5436	51
1008,4848	987,0117	21,4731	50
983,0552	889,9851	93,0501	49
987,0117	904,3005	82,7112	48

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.5.β :



Διάγραμμα 3.5.β Ημέρα πέμπτη

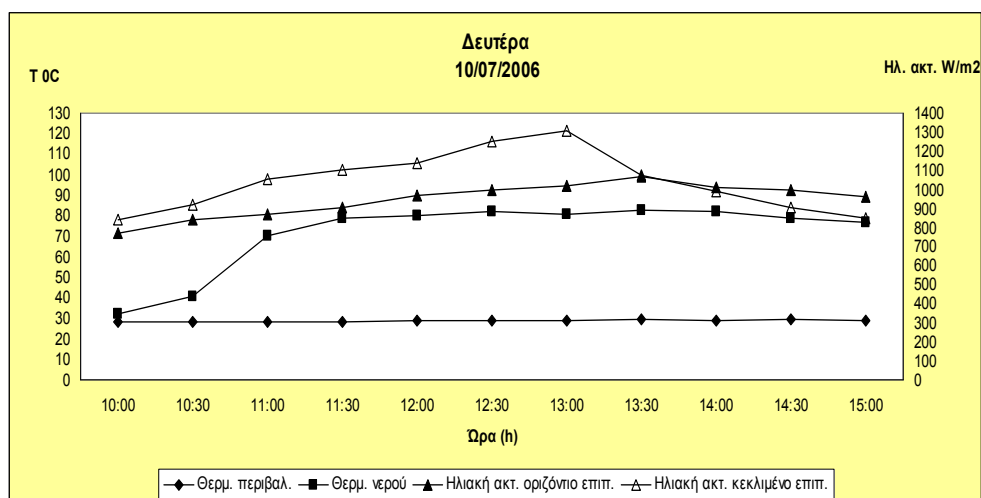
### 3.6 Πειραματικά αποτελέσματα στις 10.07.2006

Την έκτη πειραματική ημέρα αν και στο οριζόντιο επίπεδο είχαμε μέσες τιμές εντάσεως ηλιακής ακτινοβολίας με τη βοήθεια των κατόπτρων κατάφεραν να ανυψωθούν όπως φαίνεται στο πίνακα 6α. Η μέγιστη τιμή της εντάσεως της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν  $1637 \text{ W/m}^2$  στις 13:00 μ.μ. Χωρίς μαγειρικό φορτίο και αυτή τη μέρα.

Πίνακας 3.6.α					
Δευτέρα 10/07/2006					
Ωρα	$\text{W/m}^2$ κ.ε.	$\text{W/m}^2$ ο.ε.	$T$ °C νερού	$T$ °C περ/ντος	$T$ °C μ.π.
10:00	1048	966	32	28	
10:30	1154	1054	41	28,5	
11:00	1322	1089	70	28,5	103
11:30	1378	1135	79	28,5	
12:00	1426	1210	80	29	112
12:30	1570	1249	82	29	
13:00	1637	1278	81	29	112
13:30	1349	1340	83	29,5	
14:00	1240	1269	82	29	112
14:30	1130	1249	79	29,5	
15:00	1060	1200	77	29	95

Γωνία κλίσης κατόπτρων:  $45^\circ$   
13:30 : αραιή νέφωση

Η μέγιστη θερμοκρασία του νερού ήταν  $83^\circ\text{C}$  ενώ της μεταλλικής πλάκας  $112^\circ\text{C}$ . Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε ότι τις μέγιστες θερμοκρασίες της μεταλλικής πλάκας τις μετρούσαμε στο πίσω μέρος της, όπου και ήταν τοποθετημένο το ποτήρι ζέσεως, για τη πλήρη εκμετάλλευση αυτής τη θερμότητας. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 6α και των εντάσεων του πίνακα 3.6.β :

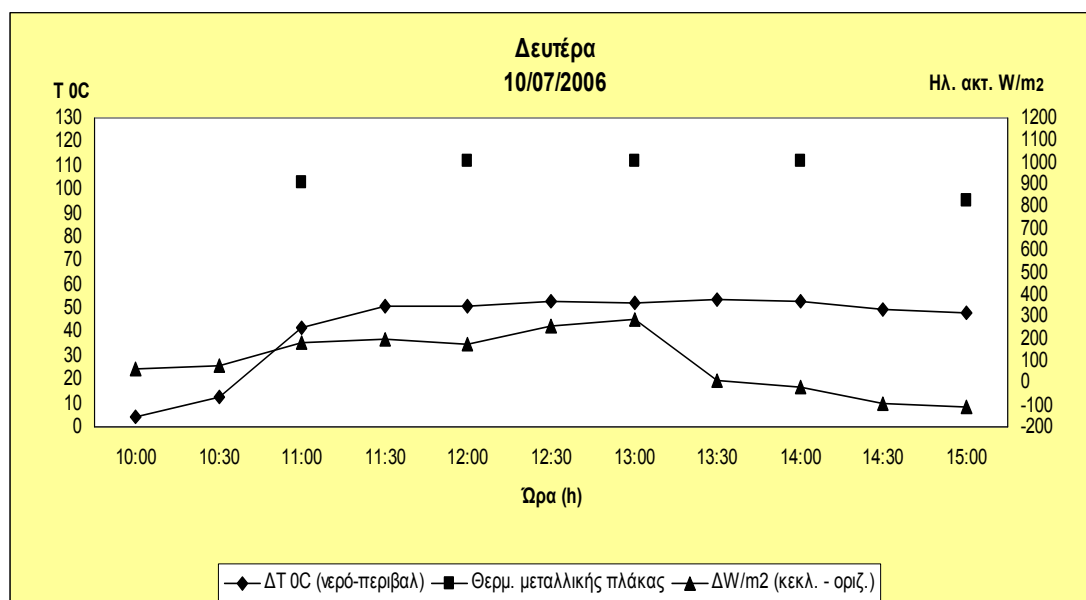


Διάγραμμα 3.6.α Ημέρα έκτη

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.6.α στις 13:00 μ.μ. έχουμε απότομη πτώση στην ηλιακή ένταση στο κεκλιμένο επίπεδο λόγω θέσης Ηλίου και ηλιακού κουτιού όπως έχουμε προαναφέρει. Στον πίνακα 3.6.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από την (1), τη διαφορά κεκλιμένου απο το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μεσα στο ΗΜ 1 απο το περιβάλλον.

Πίνακας 3.6.β			
Δευτέρα 10/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπτ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπτ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
838,2906	773,076	65,2146	4
922,5924	843,0624	79,53	12,5
1056,2028	870,8979	185,3049	41,5
1100,7396	907,4817	193,2579	50,5
1138,914	967,1292	171,7848	51
1253,4372	998,1459	255,2913	53
1306,7223	1021,2096	285,5127	52
1077,6759	1070,5182	7,1577	53,5
990,9882	1014,0519	-23,0637	53
903,5052	998,1459	-94,6407	49,5
847,8342	959,1762	-111,342	48

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.6.β :



Διάγραμμα 3.6.β Ημέρα έκτη



### 3.7 Πειραματικά αποτελέσματα στις 12.07.2006

Στο έβδομο πείραμα έγινε η δεύτερη μαγειρική δοκιμή. Μαγειρεύτηκαν 6 τεμάχια κιμά μοσχαρίσιου κρέατος (Εικ. 3.1), τα οποία τοποθετήθηκαν στις 10:45 π.μ.



Εικόνα 3.1. Εξι μπιφτέκια τοποθετημένα στο μαγειρικό θάλαμο πριν τη διεξαγωγή του πειράματος

Η διάρκεια για την ολοκλήρωση του ψησίματος ανήλθε στις 2 ώρες και 25' (Εικ. 3.2).



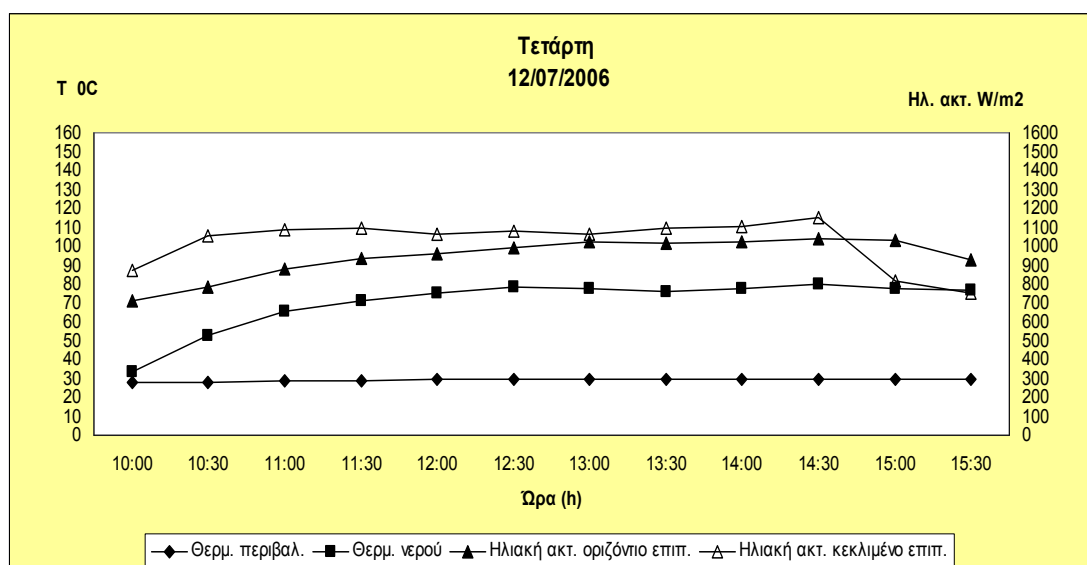
Εικόνα 3.2 Το μαγειρικό φορτίο μετά την ολοκλήρωση του πειράματος.

Αμέσως μετά στον πίνακα 3.7.α παρουσιάζονται οι μετρήσεις των σταθερών παραμέτρων μας που γίνονται για κάθε ημέρα πειράματος. Στις 14:00 μ.μ. παρατηρούμε μια αύξηση στην ηλιακή ένταση και ταυτόχρονα στην θερμοκρασία του νερού.

Πίνακας 3.7.α				
Τετάρτη 12/07/2006				
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περι/ντος
10:00	1090	890	34	28
10:30	1324	984	53	28
11:00	1366	1098	66	29
11:30	1377	1170	71	29
12:00	1329	1205	75	29,5
12:30	1356	1240	78,5	30
13:00	1335	1285	78	30
13:30	1380	1275	76	30
14:00	1444	1283	78	30
14:30	1404	1298	80	30
15:00	1017	1287	78	30
15:30	944	1157	77	29,5

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>0</sup>

Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας νερού και ηλιακής έντασης είναι 80<sup>0</sup> C στις 14:30 μ.μ. και 1444 W/m<sup>2</sup> στις 14:00 μ.μ. αντιστοίχως. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.7.α και των εντάσεων του πίνακα 3.7.β :

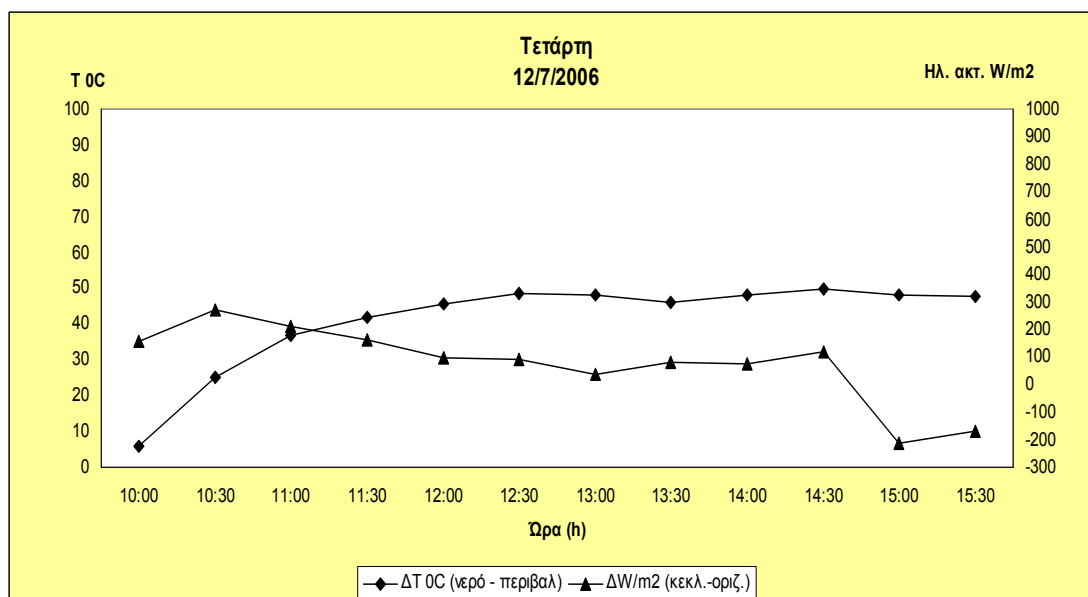


Διάγραμμα 3.7.α Ημέρα έβδομη με φορτίο

Στον πίνακα 3.7.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από (1), τη διαφορά κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μέσα στο ΗΜ 1 από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.7.β			
Τετάρτη 12/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
871,6932	712,6332	159,06	6
1057,7934	787,3914	270,402	25
1091,196	878,0556	213,1404	37
1099,9443	935,3172	164,6271	42
1061,7699	963,1527	98,6172	45,5
1083,243	990,9882	92,2548	48,5
1066,5417	1026,7767	39,765	48
1097,514	1018,8237	78,6903	46
1102,3302	1025,1861	77,1441	48
1153,2294	1037,1156	116,1138	50
813,6363	1028,3673	-214,731	48
755,5794	924,9783	-169,3989	47,5

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.7.β :



Διάγραμμα 3.7.β Ημέρα έβδομη με φορτίο

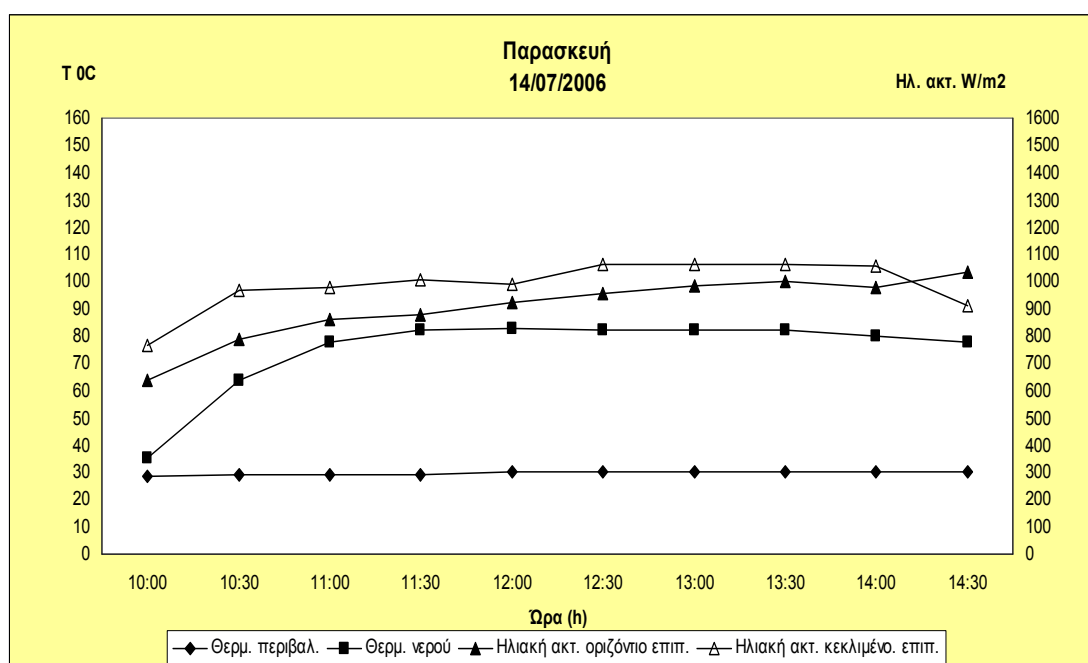
### 3.8 Πειραματικά αποτελέσματα στις 14.07.2006

Η όγδοη πειραματική μέρα διεξήχθη χωρίς φορτίο και παρόλο που δεν είχαμε υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας διατηρήθηκε η θερμοκρασία του νερού πάνω από 80 °C για δυο και μισή ώρες. Αυτό φαίνεται και στο πίνακα 3.8.α που ακολουθεί.

Πίνακας 3.8.α					
Παρασκευή 14/07/2006					
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περ/ντος	T °C μ.π.
10:00	960	795	35	28,5	
10:30	1213	988	64	29	
11:00	1224	1078	78	29	98
11:30	1262	1095	82	29	
12:00	1240	1152	83	30	102
12:30	1332	1199	82	30	
13:00	1332	1235	82	30	103
13:30	1332	1250	82	30	
14:00	1320	1225	80	30	100
14:30	1138	1295	78	30	

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>0</sup>

Η μέγιστη θερμοκρασία νερού ήταν 83 °C ενώ της ηλιακής έντασης ήταν 1332 W/m<sup>2</sup> όπου διατηρήθηκε σταθερή για μια ώρα. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.8.α και των εντάσεων του πίνακα 3.8.β :

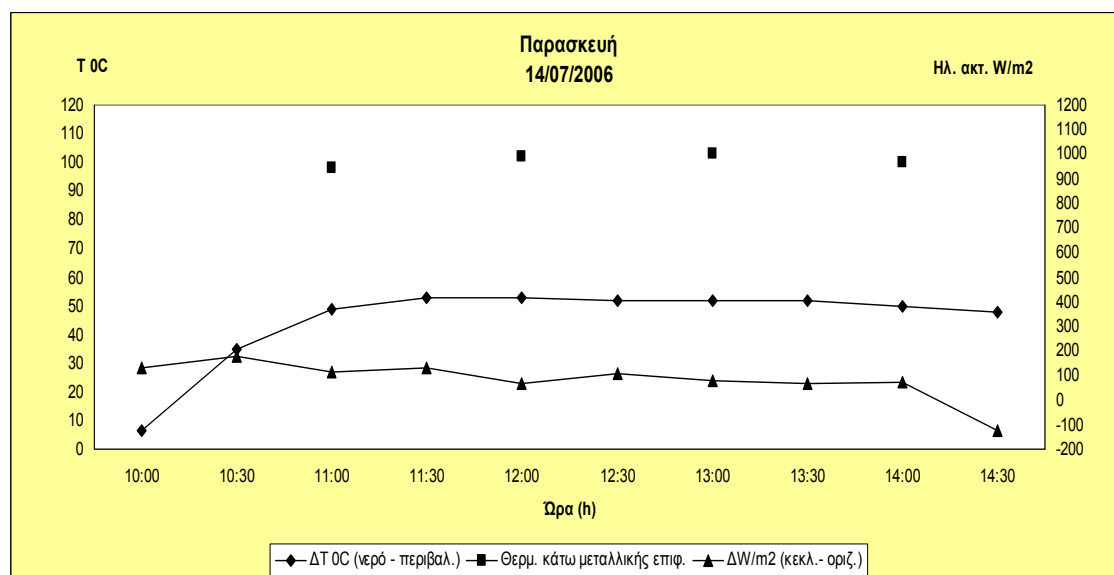


Διάγραμμα 3.8.α Ημέρα όγδοη

Στον πίνακα 3.8.β βλέπουμε τις μετρήσεις της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας τροποποιημένες από την (1), τη διαφορά του κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά της θερμοκρασίας του νερού από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.8.β			
Παρασκευή 14/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T(^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
768,3042	637,0797	131,2245	6,5
969,5151	790,5726	178,9425	35
978,2634	862,1496	116,1138	49
1008,4848	875,6697	132,8151	53
990,9882	921,0018	69,9864	53
1064,1558	958,3809	105,4749	52
1064,1558	987,0117	77,1441	52
1064,1558	998,9412	65,2146	52
1054,6122	979,0587	75,5535	50
909,8676	1034,7297	-124,8621	48

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.8.β :



Διάγραμμα 3.8.β Ημέρα όγδοη

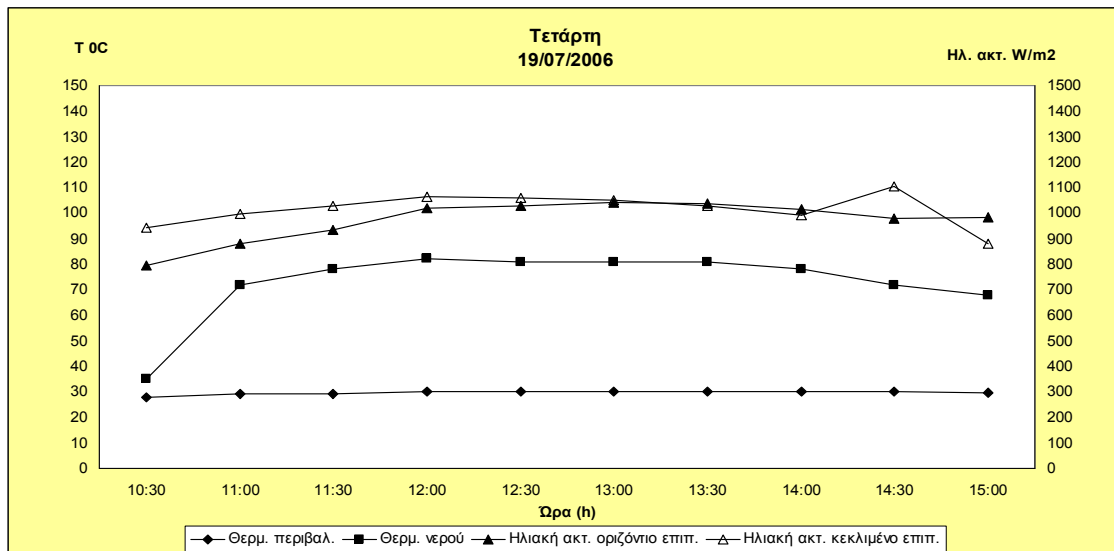
### 3.9 Πειραματικά αποτελέσματα στις 19.07.2006

Την ένατη πειραματική μέρα έγινε η τρίτη μαγειρική δοκιμή. Το μαγειρικό φορτίο ήταν μια χοιρινή μπριζόλα βάρους 220 γραμμαρίων. Το πείραμα ξεκίνησε ως συνήθως στις 10:30 π.μ. και αφού θερμάνθηκε αρκετά το εσωτερικό του ΗΜ 1, μετά από μια ώρα εισήχθη το φορτίο. Όπως και τα προηγούμενα φαγητά τοποθετήθηκε σε ένα φύλλο αλουμινόχαρτου και βάλθηκε πάνω στη μεταλλική πλάκα. Το ψήσιμο διήρκησε 3 ώρες μέχρι τις 14:30 μ.μ.

<b>Πίνακας 3.9.α</b>				
<b>Τετάρτη 19/07/2006</b>				
<b>Ωρα</b>	<b>W/m<sup>2</sup> κ.ε.</b>	<b>W/m<sup>2</sup> ο.ε.</b>	<b>T °C νερού</b>	<b>T °C περ/ντος</b>
10:30	1181	993	35	28
11:00	1249	1100	72	29
11:30	1289	1166	78	29
12:00	1330	1275	82	30
12:30	1325	1285	81	30
13:00	1314	1305	81	30
13:30	1285	1300	81	30
14:00	1242	1272	78	30
14:30	1384	1224	72	30
15:00	1100	1230	68	29,5

**Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>0</sup>**

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.9.α η μέγιστη θερμοκρασία νερού ήταν 82°C στις 12:00 μ.μ. ενώ η μέγιστη τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας ανήλθε στα 1384 W/m<sup>2</sup> στις 14:30 μ.μ. Στο σημείο αυτό πρέπει να παρατήρησουμε για τις 19/07/2006 ότι η επικράτηση συνεχόμενου ανέμου μετρίας εντάσεως επηρεάζει τις θερμικές απώλειες αρνητικά συνεπώς και την εσωτερική θερμοκρασία του μαγειρείου. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 3.9.α και των εντάσεων του πίνακα 3.9.β :

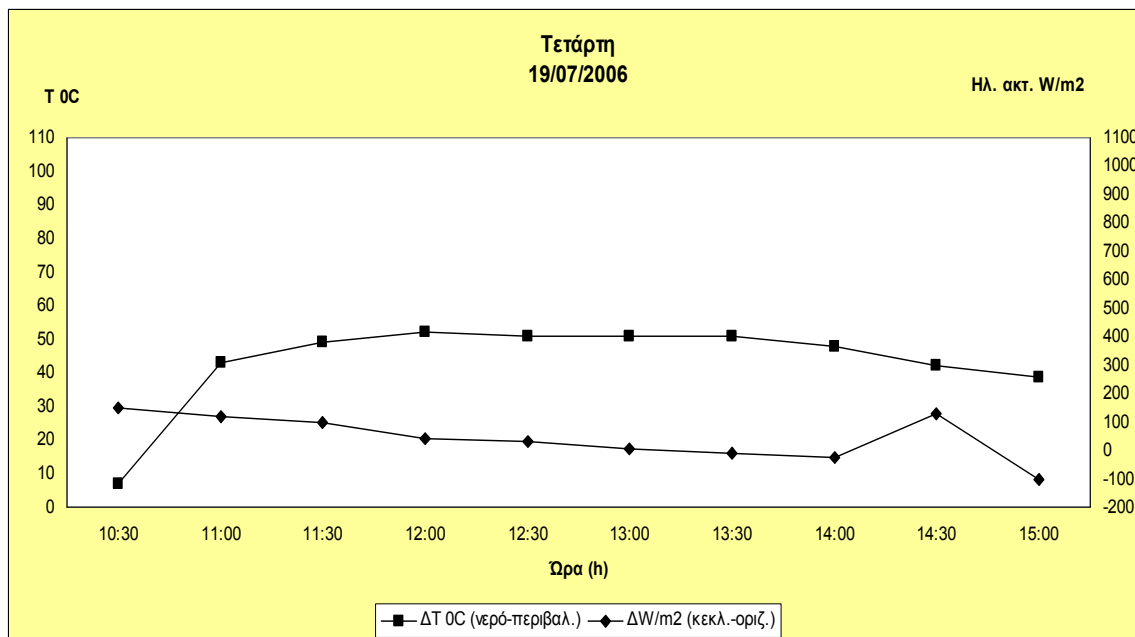


Διάγραμμα 3.9.α Ημέρα ένατη με φορτίο

Στον πίνακα 3.9.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από την (1), τη διαφορά κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μέσα στο ΗΜ 1 από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.9.β			
Τετάρτη 19/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
944,0655	794,5491	149,5164	7
998,1459	879,6462	118,4997	43
1029,9579	932,136	97,8219	49
1062,5662	1018,8237	43,7415	52
1058,5887	1026,7767	31,812	51
1049,8404	1042,6827	7,1577	51
1026,7767	1038,7062	-11,9295	51
992,5788	1016,4378	-23,859	48
1105,5114	978,2634	127,248	42
879,6462	983,0352	-103,389	38,5

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.9.β :



Διαγραμμα 3.9.β Ημέρα ένατη με φορτίο

### 3.10 Πειραματικά αποτελέσματα στις 20.07.2006

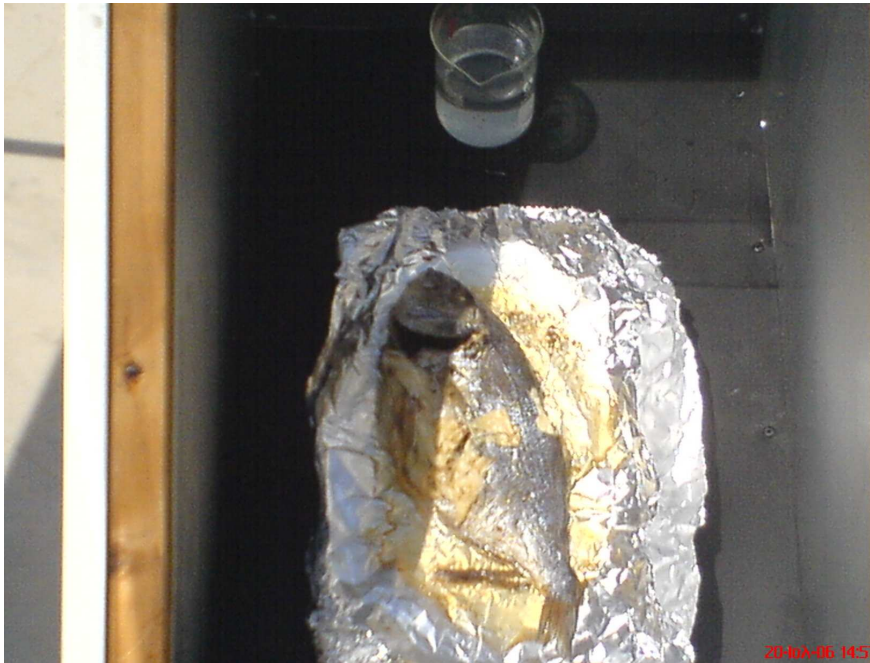
Στις 20 Ιουλίου του 2006 ολοκληρώνονται οι πειραματικές διαδικασίες με την τελευταία και δέκατη μαγειρική δοκιμή. Αν και είναι μέσα καλοκαιριού βρεθήκαμε αντιμέτωποι στην αρχή του πειράματος με πυκνές νεφώσεις που είχαν καλύψει όλο τον ορατό ουρανό της περιοχής των Χανίων. Όμως, καθώς περνούσε η ώρα οι ηλιακές ακτίνες γίνονταν όλο και πιο θερμές μέχρι που διαλύθηκαν τα σύννεφα. Το φορτίο που μαγειρεύτηκε ήταν μια τσιπούρα βάρους 350 γραμμαρίων.

Πίνακας 3.10.α				
Πέμπτη 20/07/2006				
Ωρα	W/m <sup>2</sup> κ.ε.	W/m <sup>2</sup> ο.ε.	T °C νερού	T °C περ/ντος
10:30	300	287	35	28,5
11:00	1366	1199	49	28,5
11:30	1362	1162	70	29
12:00	1405	1201	76	29
12:30	1399	1250	82	29,5
13:00	1385	1260	81	29,5
13:30	1380	1264	79	30
14:00	1282	1315	78	30
14:30	1116	1224	78	30
15:00	1013	1196	70	30

Γωνία κλίσης κατόπτρων: 45<sup>0</sup>  
 10:30 : πυκνή νέφωση

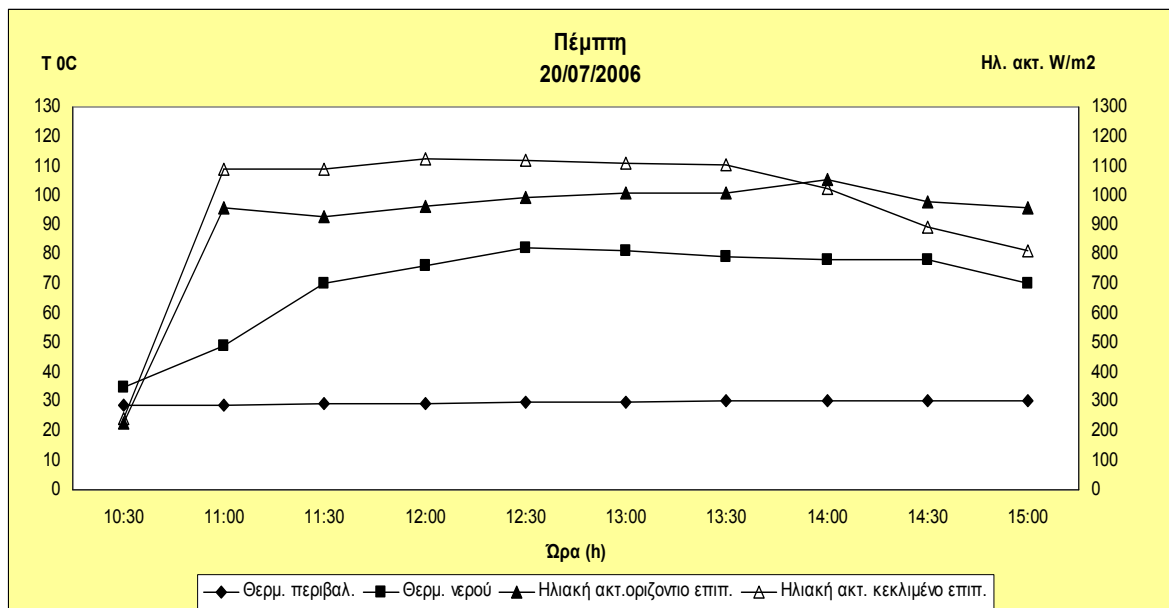


Μετά από μια ώρα θέρμανσης του μαγειρικού θαλάμου εισήχθη το ψάρι στις 11:30 μ.μ. Η μέγιστη θερμοκρασία του νερού ήταν 82°C στις 12:30 μ.μ. ενώ η μέγιστη τιμή της ηλιακής έντασης ήταν 1405 W/m<sup>2</sup> στις 12:00 μ.μ. Μετά από 2 ώρες το ψάρι ήταν πλήρως ψημένο όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Μαγειρικό φορτίο δυο ώρες μετά την εισαγωγή του

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιών του πίνακα 10α και των εντάσεων του πίνακα 3.10.β :

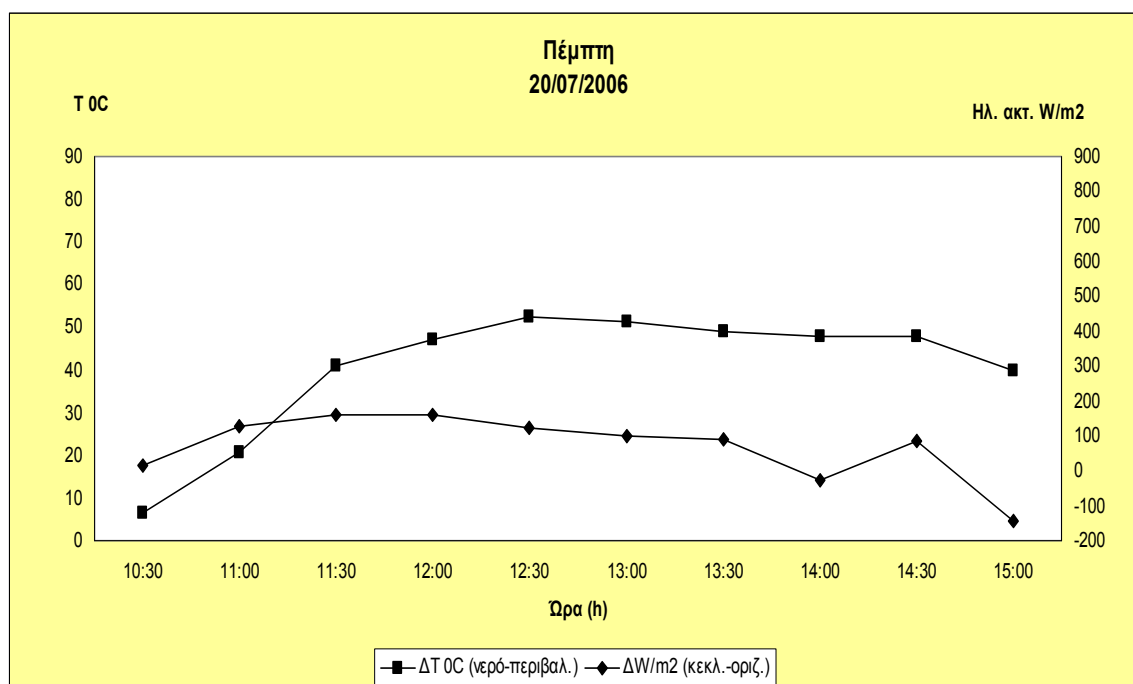


Διάγραμμα 3.10.α Ημέρα δέκατη με φορτίο

Στον πίνακα 3.10.β βλέπουμε τις πραγματικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας από (1), τη διαφορά κεκλιμένου από το οριζόντιο επίπεδο καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μέσα στο ΗΜ 1 από το περιβάλλον.

Πίνακας 3.10.β			
Πέμπτη 20/07/2006			
Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση κεκλιμένο επιπ.	Ηλιακή ακτινοβολία απο εξίσωση οριζόντιο επιπ.	$\Delta W/m^2$ (κεκλ.-οριζ.)	$\Delta T (^{\circ}C)$ (νερό-περιβάλλον)
243,4062	228,2511	15,1551	6,5
1086,3798	958,3809	127,9989	20,5
1088,0148	928,9548	159,06	41
1122,2127	959,9715	162,2412	47
1117,4409	994,125	123,3159	52,5
1106,3067	1006,8942	99,4125	51,5
1102,3302	1010,0754	92,2548	49
1024,3908	1050,6357	-26,2449	48
892,371	978,2634	85,8924	48
810,4551	955,995	-145,5399	40

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση των διαφορών του πίνακα 3.10.β :



Διάγραμμα 3.10.β Ημέρα δέκατη με φορτίο

Τέλος, στον πίνακα 3.11 και 3.12 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα κάποια σημαντικά στοιχεία για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των συνθηκών που επικράτησαν σε κάθε πείραμα.

<b>Πίνακας 3.11</b>			
<b>Ημέρα</b>	<b>Μέσος Όρος ενδείξεως πυρανομέτρου κεκλίμενο W/m<sup>2</sup></b>	<b>Μέσος Όρος ενδείξεως πυρανομέτρου οριζόντιο W/m<sup>2</sup></b>	<b>Μέσος Όρος θερμ/σας νερού °C</b>
11/04/2006	1319,3	1067,2	64
11/05/2006	1474,09	1063,63	73,45
17/05/2006	1350	1147,916	74,91
22/05/2006	1244,44	1140,66	70,44
06/07/2006	1294,2	1184,9	66,2
10/07/2006	1301,27	1185,36	71,45
12/7/2006	1280,5	1181	70,375
14/072006	1235,3	1131,2	74,6
19/07/2006	1269,9	1215	72,8
20/07/2006	1200,8	1135,8	69,8

<b>Πίνακας 3.12</b>		
<b>Ημέρα</b>	<b>Μέγιστη τιμή θερμ/σας νερού °C</b>	<b>Μέγιστη τιμή θερμ/σας μεταλ. πλάκας °C</b>
11/04/2006	77	104
11/05/2006	90	-
17/05/2006	88	-
22/05/2006	78	113
06/07/2006	80	104
10/07/2006	83	112
12/7/2006	80	-
14/072006	83	103
19/07/2006	82	-
20/07/2006	82	-

### 3.11 Μαγειρική δοκιμή μη καταγεγραμμένη

Κατά τη διάρκεια των πειραματικών δοκιμών και πριν τον Ιούνιο μαγειρεύτηκαν 6 φτερούγες από κοτόπουλο οι οποίες τοποθετήθηκαν σε φύλλο αλουμινόχαρτου όπως, και τα υπόλοιπα φορτία. Λόγω τεχνικών σφαλμάτων και λανθασμένων μετρήσεων της ομάδας μας, καταγράφηκαν μεν αλλά δεν παρατίθενται. Παρόλα αυτά θεωρήθηκε σωστό να αναφερθεί.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1) Ο βαθμός απόδοσης των ηλιακών μαγειρείων κυμαίνεται μεταξύ 20 - 30%

2) Όλα τα ηλιακά μαγειρεία που αναφέρονται στην αρχή έχουν καλύτερη απόδοση από το ΗΜ 1 και αναπτύσσουν θερμοκρασίες τουλάχιστον διπλάσιες. Αυτό συμβαίνει είτε λόγω διαφοράς υλικού, είτε λόγω ύπαρξης υλικού αποθηκεύσης θερμότητας, είτε γιατί υπάρχει αρίστο συστήμα μείωσης των απωλειών θερμότητας. Παρόλα αυτά στο ΗΜ 1 οι θερμοκρασίες μαγειρέματος επιτυγχάνονται περίπου μια με μιάμιση ώρα από την έναρξη της λειτουργίας του.

3) Σχετικά με τα ανακλαστικά κάτοπτρα αποφανθήκαμε ότι έφοσον μένουν ακίνητα, η αποδοτικότερη γωνία κλίσης τους είναι  $45^{\circ}$  και  $60^{\circ}$ . Σε άλλη περίπτωση κατασκευάζεται σύστημα αυτόματης ιχνηλάτησης της πορείας του Ήλιου ή τα κάτοπτρα ελέγχονται χειροκίνητα.

4) Γενικότερα, η βέλτιστη τοποθεσία για ένα ηλιακό μαγειρείο πρέπει να είναι ένας χώρος απαλλαγμένος από φυσικά και τεχνητά εμπόδια τα οποία προκαλούν σκιάσεις στο ηλιακό κουτί. Μια τέτοια ιδανική τοποθεσία είναι η ανοιχτή ύπαιθρος. Έαν αυτή δεν είναι εφικτή προτιμάται ένα ψηλό σημείο για την εγκατάσταση του κουτιού. Παρόλα ταύτα οι εσωτερικές σκιάσεις από τις τοιχώσεις του ίδιου του κουτιού είναι εν μέρει αναπόφευκτές. Καθοριστικό ρόλο σ' αυτό παίζουν οι διαστάσεις του κάθε ηλιακού μαγειρείου.

Η θέση των ανακλαστικών κατόπτρων είναι εξίσου σημαντική στην δημιουργία σκίασης. Στην περίπτωση μας τα κάτοπτρα είναι εξωτερικά, αυτό δυσκολεύει τους ορθούς υπολογισμούς για την ελαχιστοποίηση της σκίασης όπως είναι ο υπολογισμός της απόστασης του κατόπτρου από το κουτί καθώς και την γωνία. Είναι πρακτικά καλύτερα το κάτοπτρο να είναι μέρος του κουτιού και με δυνατότητα διαβάθμισης της γωνίας κλίσης του.

5) Ένα μειονέκτημα των ηλιακών μαγειρείων είναι η αδυναμία τους να διατηρούν θερμοκρασίες μαγειρέματος κατά το διάστημα που η ηλιακή ένταση αρχίζει να μειώνεται (17:00 μ.μ. – 18:00 μ.μ. τη θερινή περίοδο) αισθητά έως και την επικράτηση της νύχτας. Ένας τρόπος να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία υψηλή πέραν της καλής μόνωσης είναι η ύπαρξη υλικού αποθήκευσης θερμότητας (βλ. σελ. 11). Με την προϋπόθεση ότι έχει γίνει η ανάλογη θέρμανση του θάλαμου και κατόπιν του υλικού, δηλαδή να φτάσει την αναγκαία θερμοκρασία μαγειρέματος και να τη διατηρήσει όσο χρειάζεται για το πλήρες μαγείρεμα του εκάστοτε φορτιού.

6) Επίσης όσον αναφορά τη χρήση του μαγειρείου το χειμώνα, εξαρτάται από δυο σημαντικές παραμέτρους : την θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ύπαρξη νεφώσεων. Είναι εύλογο ότι η χρήση του μειώνεται τους μήνες του χειμώνα αλλά κάλλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί την άνοιξη.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΞΕΝΗ**

N.M Nahar, “Performance and testing of a hot box storage solar cooker”  
Energy Conversion and Management 44, (2003)

B.S Mohamet Ali, “Design and testing of Sudanese solar box cooker”  
Renewable Energy 21, (2002)

A.A. El – Sebaili, A. Ibrahim, “ Experimental testing of a box – type solar  
cooker using the standard procedure of cooking power “  
Renewable Energy 30, (2005)

SHYAM S. NANDWANI and JOSEF STEINHART, H. M. HENNING, M.  
ROMMEL and V. WITTEWER “Experimental study of multipurpose solar hot  
box at Freiburg, Germany”  
Renewable Energy, Vol. 12, No.1, p.p 1-20, 1997

Herliyani Suharta, A.M Sayigh, K. Abdullah, K. Mathew “ The comparison of  
three types of Indonesian solar box cookers “  
Renewable Energy 22, (2001)

## **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ**

J. Vourdoubas, K. Antonakis, D. Katsikas, G. Keramidas  
“INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF A SOLAR BOX COOKER IN  
CHANIA – CRETE ”  
Laboratory of Renewable Energy Technologies

Μάλλιαρης, Νέα Εγκυκλοπαίδεια Τόμος 9, σελ. 444 – 446

Μάλλιαρης, Νέα Εγκυκλοπαίδεια Τόμος 26, σελ. 454 - 455