



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
“ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ” / “DEMOKRITOS”  
NATIONAL CENTER FOR SCIENTIFIC RESEARCH

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ & ΑΛΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
LABORATORY OF TESTING SOLAR & OTHER ENERGY SYSTEMS

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ  
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ  
ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΛΥΜΜΑ  
ΠΡΟΤΥΠΑ EN 12975-2 / ISO 9806-1

TEST REPORT  
DETERMINATION OF THERMAL PERFORMANCE  
OF GLAZED LIQUID HEATING SOLAR COLLECTORS  
STANDARDS EN 12975-2 / ISO 9806-1

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ / REFERENCE  
**1181 DE1**

*Το Εργαστήριο ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 και είναι διαπιστευμένο από το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης (Αριθ. Πιστοπ. Διαπίστευσης 311(00)002).*

*The Laboratory satisfies the requirements of standard ELOT EN ISO/IEC 17025 and it has accreditation from the National Accreditation Authority of Greece (Accreditation Cert. No. 311(00)002).*



Δοκιμές  
Αρ. Πιστ. 002

153-10 Αγ. Παρασκευή, Αττική  
Τηλ.: (210) 6503815  
Fax: (210) 6544592

GR- 153 10 Ag. Paraskevi, Greece  
Tel.: +30-210-6503815  
Fax: +30-210-6544592

E-mail: [sollab@ipta.demokritos.gr](mailto:sollab@ipta.demokritos.gr)

Web site: <http://www.solar.demokritos.gr>

## ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

### ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΛΥΜΜΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ EN 12975-2\* / ISO 9806-1\*\*

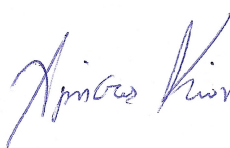
## TEST REPORT

### DETERMINATION OF THERMAL PERFORMANCE OF GLAZED LIQUID HEATING SOLAR COLLECTORS ACCORDING TO STANDARDS EN 12975-2\* / ISO 9806-1\*\*

- \* EN 12975-2: "Thermal solar systems and components - Solar Collectors - Part 2: Test methods".
- \*\* ISO 9806-1: "Test methods for solar collectors - Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop".

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ & ΑΛΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ" / NCSR "DEMOKRITOS"  
LABORATORY OF TESTING SOLAR & OTHER ENERGY SYSTEMS

**N.C.S.R "DEMOKRITOS"**  
**SOLAR ENERGY LABORATORY**  
Head: **Dr Vassilis Belessiotis**  
Tel: +210 6503815 - Fax: +210 6544592  
153 10 Ag. Paraskevi - Attiki - Greece



Χ. Κώνστας / Ch. Konstas  
Υπεύθυνος Δοκιμών / Responsible for Testing

Δρ. Β. Μπελεσιώτης / Dr. V. Belessiotis  
Προϊστάμενος / Laboratory Head

Ημερομηνία / Date: 23/04/2009

#### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- 1) Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τους συλλέκτες στους οποίους πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και οι οποίοι προσκομίστηκαν από τον πελάτη.
- 2) Η παρούσα έκθεση δεν πρέπει να αναπαραχθεί παρά μόνο στο σύνολό της χωρίς την γραπτή έγκριση του Εργαστηρίου.
- 3) Ο μετρητικός εξοπλισμός καλύπτει τις ανάγκες ακρίβειας των προτύπων. Δεν δίδονται αβεβαιότητες στα αποτελέσματα.

#### NOTES:

- 1) The results are related only with the collectors on which tests were performed and which were delivered by the customer.
- 2) This report can be reproduced without the written permission of the Laboratory only in full.
- 3) Measurement equipment conforms with the accuracy/precision requirements of the standards. Uncertainty of results is not provided.

## ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ / TEST REPORT

Πελάτης/Customer: Zhuhai Tianke Energy-Saving Equipment Manufacture Co. Ltd. Yongli Industrial Zone, Lianzhou Town, Doumen District, Zhuhai City, Guangdong, China	
Tel.:	0086-756-5564350
Fax:	0086-756-5564352
Ημερομηνία παραλαβής συλλέκτη (καλή κατάσταση) / Receipt date of collector (in good condition): 02/10/2008	

### A.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / SOLAR COLLECTOR DESCRIPTION

#### A.1.1 Βασικά Στοιχεία / Basic data

- Όνομα Κατασκευαστή: . Zhuhai Tianke Energy-saving equipment manufactory Co.ltd  
*Name of Manufacturer:*.....
- Χαρακτηριστικά Συλλέκτη:..... TES SC 15  
*Collector model :*
- Κωδικός συλλέκτη(ων) δοκιμής:..... 1181  
*Collector (s) code :*

#### A.1.2. Συλλέκτης / Collector

- Τύπος: / Type :
  - Επίπεδος / Flat plate
  - Σωλήνων κενού / Evacuated tube
  - Άλλος / Other:.....
- Εμβαδόν ολικής επιφάνειας / Gross area: ..... 1.5 m<sup>2</sup>
- Εμβαδόν επιφάνειας παραθύρου / Aperture area:..... 1.28 m<sup>2</sup>
- Αριθμός καλυμμάτων\* / Number of covers\*:..... 1
- Υλικά καλυμμάτων\*: ..... Γυαλί αφαλείας  
*Cover materials\*:*..... Tempered glass
- Πάχος καλυμμάτων\*:..... 4 mm  
*Cover thickness\*:*

(\*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη  
*Specifications supplied by customer*

(\*\*) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη  
*No data were provided by the customer*

- Αριθμός σωλήνων ή καναλιών\* / *Number of tubes or channels\**: ..... 9
- Διάμετρος σωλήνων (εσωτερική) ή διαστάσεις καναλιών\*: ..... 9 mm  
*Tube diameter (inside) or channel dimensions\**:
- Απόσταση σωλήνων ή καναλιών\* / *Tube or channel pitch\**: ..... 10 cm

#### A.1.3 Μέσο Μεταφοράς Θερμότητας\* / *Heat Transfer Medium\**

- Τύπος: / *Type* :                      Νερό / Water                       Λάδι / Oil                       Άλλο / Other
- Ιδιότητες (πρόσθετα κ.τ.λ.): ..... -\*\*  
*Specifications (additives etc.)* : ..... -\*\*

#### A.1.4 Απορροφητής / *Absorber*

- Υλικό\*: ..... σωλήνες χαλκού –πτερύγια χαλκού πάχους 0.15 mm  
*Material\**: ..... *copper tubes – copper fins 0.15 mm thickness*
- Τρόπος επεξεργασίας της επιφάνειας\*: ..... επικάλυψη μαύρου χρωμίου  
*Surface treatment\**: ..... *black chrome coating*
- Τύπος κατασκευής\*: ..... Υψίσυχη συγκόλληση  
*Construction type\**: ..... *Ultrasonic welding*
- Βάρος υγρού\* / *Fluid content\**: ..... 1.5 kg
- Εμβαδόν\* / *Area\**: ..... 1.24 m<sup>2</sup>

#### A.1.5 Θερμική Μόνωση και Πλαίσιο / *Thermal Insulation and Casing*

- Πάχος θερμικής μόνωσης\*: ..... 50 mm (πλάτη), 20 mm (πλευρικά)  
*Thermal insulation thickness\**: ..... *50 mm (back), 20 mm (side)*
- Υλικό μόνωσης, πλάτη\*: ..... Υαλοβάμβακας  
*Insulation material, back\** : ..... *Glasswool*
- Υλικό μόνωσης, πλευρικά\*: ..... Ελαστομερές πλαστικό  
*Insulation material, sides\**: ..... *Rubber-plastic adiabatic insulation sheet*
- Υλικό πλαισίου, πλευρικά\*: ..... Κράμα Αλουμινίου 1mm  
*Casing material, sides\** : ..... *Aluminium alloy 1mm*

(\*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη  
*Specifications supplied by customer*

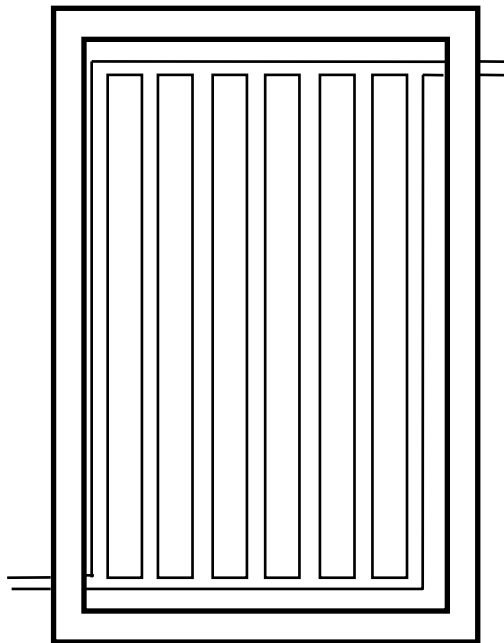
(\*\*) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη  
*No data were provided by the customer*

- Υλικό πλαισίου, πλάτη\*: ..... Λαμαρίνα γαλβανιζέ 0.3mm  
*Casing material, back\**: ..... *Galvanized sheet 0.3mm*
- Ολικό βάρος συλλέκτη χωρίς υγρό / *Total mass of collector without fluid\**: ..... 24 kg
- Ολικές διαστάσεις / *Gross dimensions*: ..... (1500 x 1000 x 99) mm
- Διαστάσεις παραθύρου / *Aperture dimensions*: ..... (1408 x 907) mm
- Στεγανοποιητικά υλικά\*: ..... Σιλικόνη και EPDM  
*Sealing material\**: ..... *Silicon paste and EPDM*

#### A.1.6 Περιορισμοί\* / *Liminations\**

- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας / *Maximum temperature of operation*: ..... 140 °C
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας / *Maximum operating pressure*: ..... 7 bar

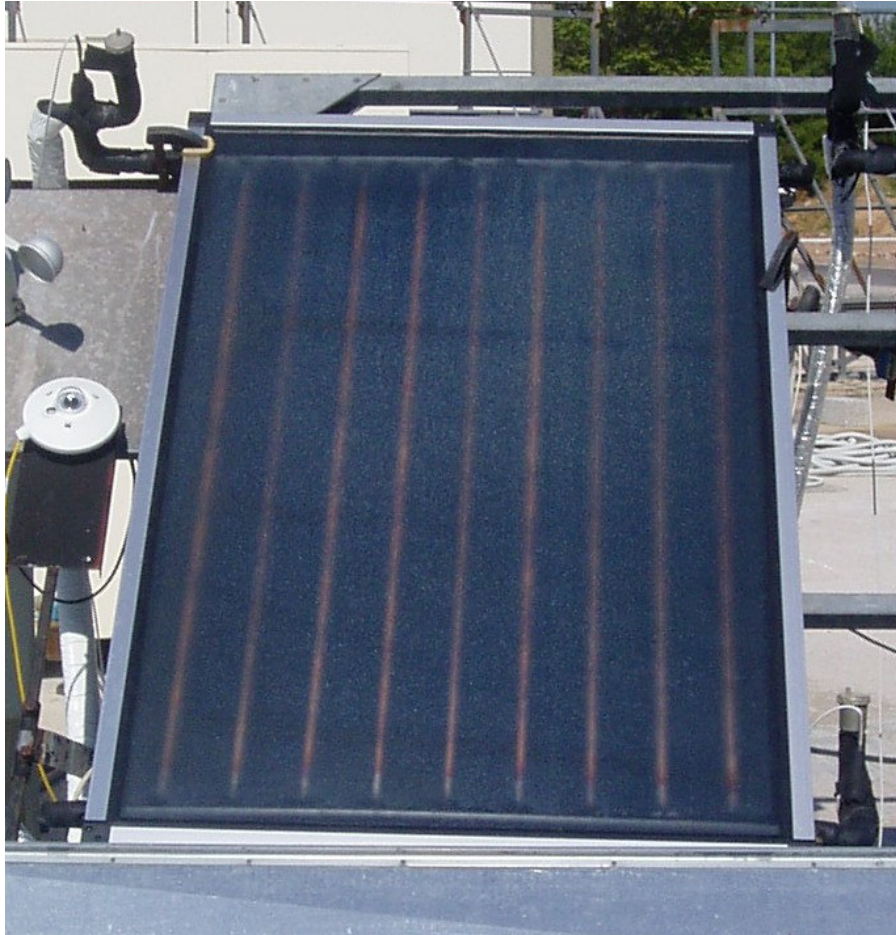
#### A.1.7 Σχηματική Παράσταση του Συλλέκτη\*\* / *Schematic Diagram of the Collector\*\**



(\*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη  
*Specifications supplied by customer*

(\*\*) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη  
*No data were provided by the customer*

**A.1.8 Φωτογραφία Συλλέκτη / *Photo of the Collector***



(\*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη  
*Specifications supplied by customer*

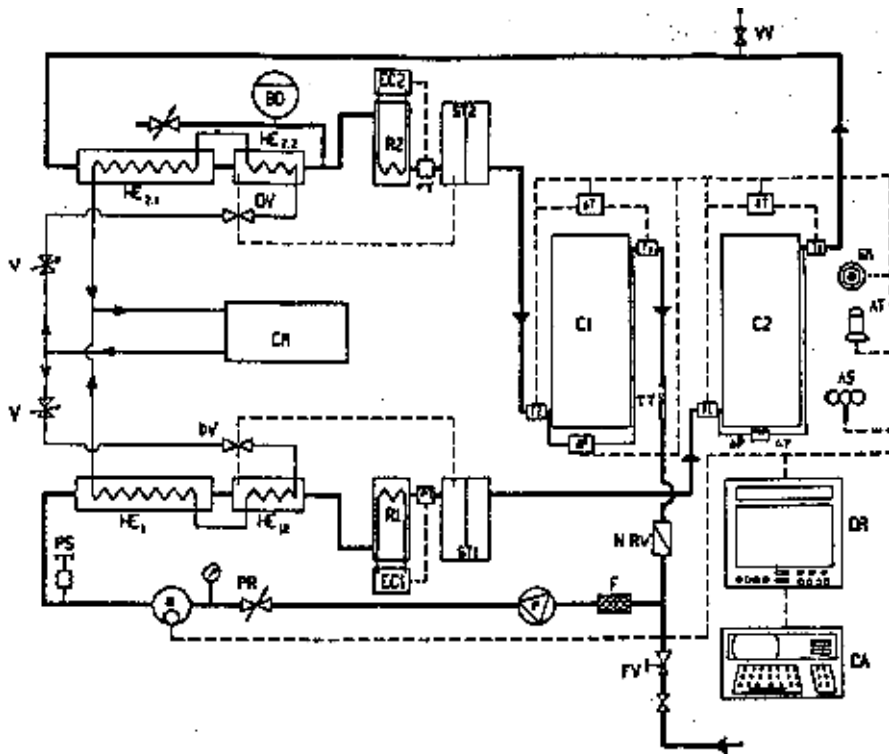
(\*\*) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη  
*No data were provided by the customer*

## A.2 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ / INSTANTANEOUS EFFICIENCY

### A.2.1 Μέθοδος / Method

Συνθήκες μόνιμης κατάστασης στο ύπαιθρο / Outdoor steady-state conditions

### A.2.2 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (1<sup>η</sup> εγκατάσταση) Schematic Diagram of the Test Loop (1<sup>st</sup> Installation)

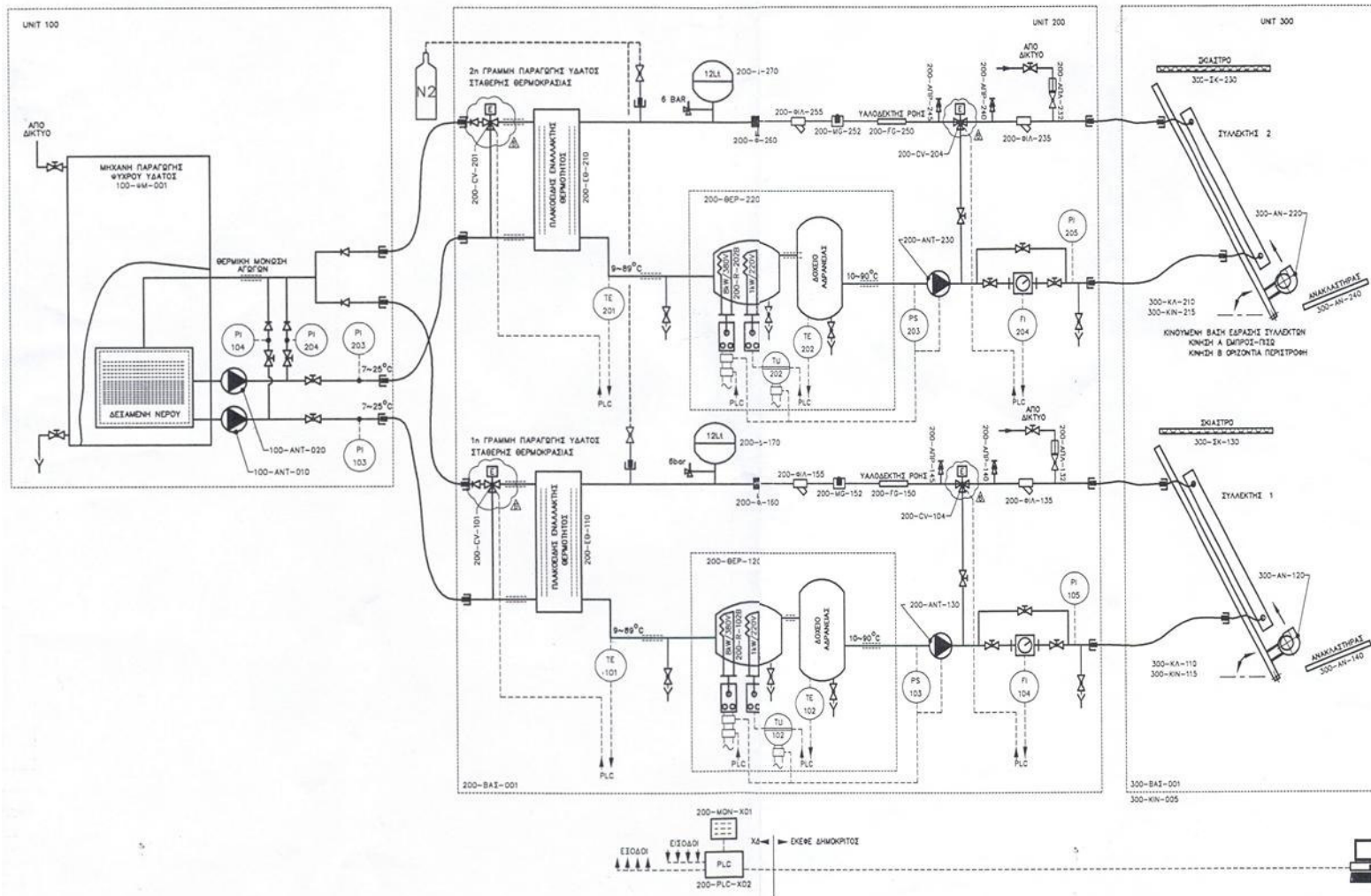


C	Επίπεδος συλλέκτης
HE	Εναλλάκτης θερμότητας
CM	Ψυκτική μονάδα
DV	Διαφορική βάνα
EC	Ηλεκτρικός σταθεροποιητής θερμοκρασίας νερού
PT	Θερμόμετρο Pt100
DP	Διαφορικό πιεσόμετρο
DT	Μετρητής διαφοράς θερμοκρασίας
Ti	Θερμόμετρο Pt100 (είσοδος συλλέκτη)
Te	Θερμόμετρο Pt100 (έξοδος συλλέκτη)
m	Ροόμετρο
F	Φίλτρο
P	Κυκλοφορητής
PR	Ρυθμιστής πίεσης
SV	Βαλβίδα ασφάλειας
BD	Δοχείο διαστολής
ST	Δοχείο σταθερής θερμοκρασίας
R	Θερμική αντίσταση
V	Βάνα ρύθμισης παροχής νερού ψύξης
SM	Πυρανόμετρο
AT	Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος
AS	Μετρητής ταχύτητας ανέμου
DR	Σύστημα συλλογής δεδομένων
GA	Ηλ. Υπολογιστής

Flat-plate solar collector
Heat exchanger
Cooling machine
Differential valve
Electrical stabilizer of water temperature
Pt100 temperature sensor
Differential pressure meter
Temperature difference meter
Pt100 temperature sensor (collector inlet)
Pt100 temperature sensor (collector outlet)
Flow meter
Filter
Circulating pump
Pressure controller
Safety valve
Expansion vessel
Steady temperature vessel
Thermal resistance
Valve for the control of cooling water flow
Pyranometer
Ambient air temperature sensor
Anemometer
Data acquisition system - recorder
Computer



**A.2.3 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (2<sup>η</sup> εγκατάσταση) / Schematic Diagram of the Test Loop (2<sup>nd</sup> Installation)**





**A.2.4 Αποτελέσματα δοκιμών, μετρήσεις και προκύπτοντα αποτελέσματα / Test results, measurements and derived data**

Γεωγραφικό πλάτος / *Latitude* :.....37° 58'                      Γεωγραφικό μήκος / *Longitude*: .....23° 43'  
 Κλίση συλλέκτη / *Collector tilt*:..... 43 μοίρες / *deg*.                      Προσανατολισμός συλλέκτη:..... παρακολουθεί τον ήλιο  
*Collector azimuth*.....*sun tracking*  
 Τοπική ώρα στο Ηλιακό μεσημέρι:..... 12:20                      1<sup>η</sup> Εγκατάσταση / *1<sup>st</sup> installation* .....  
*Local time at the solar*:.....                      2<sup>η</sup> Εγκατάσταση / *2<sup>nd</sup> installation*.....

**Πίνακας A.1 / Table A.1**  
**Αποτελέσματα Δοκιμών - Δεδομένα Μερήσεων / Test Results - Measured Data**

Ημ/νία / Date	LT	G	G <sub>d</sub> / G	t <sub>a</sub>	u	t <sub>in</sub>	(t <sub>e</sub> -t <sub>in</sub> )	$\hat{m}$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m <sup>2</sup>	%	°C	m/s	°C	K	kg/s
07/Oct/2008	14:04-14:14	993	10	23.3	2	19.3	7.11	0.0302
07/Oct/2008	14:17-14:27	991	11	23.2	2	19.3	7.04	0.0302
07/Oct/2008	13:52-14:02	996	10	23.0	2	19.3	7.05	0.0301
07/Oct/2008	13:33-13:43	995	9	22.6	2	19.2	7.06	0.0301
07/Oct/2008	12:30-12:40	1020	7	21.9	2	36.7	6.40	0.0299
08/Oct/2008	11:35-11:45	991	6	22.2	2	36.6	6.32	0.0297
07/Oct/2008	12:16-12:26	1010	7	21.8	2	36.6	6.35	0.0299
08/Oct/2008	11:14-11:24	983	6	21.9	2	36.6	6.24	0.0298

**Πίνακας Α.1 / Table A.1**  
**Αποτελέσματα Δοκιμών - Δεδομένα Μερήσεων / Test Results - Measured Data (συνέχεια / continued)**

Ημ/νία / Date	LT	G	G <sub>d</sub> / G	t <sub>a</sub>	u	t <sub>in</sub>	(t <sub>e</sub> -t <sub>in</sub> )	$\hat{m}$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m <sup>2</sup>	%	°C	m/s	°C	K	kg/s
08/Oct/2008	13:14-13:24	1017	7	23.2	2	57.2	5.41	0.0294
08/Oct/2008	12:56-13:05	1020	7	23.0	2	57.2	5.33	0.0294
07/Oct/2008	10:56-11:06	959	6	20.7	2	57.0	4.87	0.0296
07/Oct/2008	11:13-11:23	967	6	20.6	2	57.9	4.77	0.0294
08/Oct/2008	14:29-14:39	1026	12	24.0	2	78.1	4.22	0.0293
08/Oct/2008	14:42-14:52	1018	14	24.1	2	78.3	4.12	0.0290
08/Oct/2008	14:54-15:04	1017	16	23.9	2	78.4	4.14	0.0289
08/Oct/2008	15:09-15:19	996	17	24.0	2	78.3	4.01	0.0290

**Πίνακας A.2 / Table A.2**  
**Αποτελέσματα Δοκιμών - Υπολογιζόμενα Μεγέθη / Test Results - Derived Data**

Ημ/νία / Date	LT	$t_m$	$c_f$	$\hat{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\hat{Q}/(A_G G)$	$\hat{Q}/(A_C G)$	$\hat{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m <sup>2</sup> K/W	m <sup>2</sup> K/W	-	-	-
07/Oct/2008	14:04-14:14	22.9	4180	898	0.000	-0.004	0.60	0.71	0.73
07/Oct/2008	14:17-14:27	22.8	4180	889	0.000	-0.004	0.60	0.70	0.73
07/Oct/2008	13:52-14:02	22.8	4181	889	0.000	-0.004	0.59	0.70	0.72
07/Oct/2008	13:33-13:43	22.7	4181	890	0.000	-0.003	0.60	0.70	0.72
07/Oct/2008	12:30-12:40	39.9	4179	800	0.018	0.014	0.52	0.61	0.63
08/Oct/2008	11:35-11:45	39.7	4179	785	0.018	0.015	0.53	0.62	0.64
07/Oct/2008	12:16-12:26	39.8	4179	794	0.018	0.015	0.52	0.61	0.64
08/Oct/2008	11:14-11:24	39.7	4179	776	0.018	0.015	0.53	0.62	0.64

**Πίνακας A.2 / Table A.2**  
**Αποτελέσματα Δοκιμών - Υπολογιζόμενα Μεγέθη / Test Results - Derived Data (συνέχεια / continued)**

Ημ/νία / Date	LT	$t_m$	$c_f$	$\hat{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\hat{Q}/(A_G G)$	$\hat{Q}/(A_C G)$	$\hat{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m <sup>2</sup> K/W	m <sup>2</sup> K/W	-	-	-
08/Oct/2008	13:14-13:24	59.9	4185	666	0.036	0.033	0.44	0.51	0.53
08/Oct/2008	12:56-13:05	59.8	4185	656	0.036	0.034	0.43	0.50	0.52
07/Oct/2008	10:56-11:06	59.5	4185	603	0.040	0.038	0.42	0.49	0.51
07/Oct/2008	11:13-11:23	60.3	4185	588	0.041	0.039	0.41	0.48	0.49
08/Oct/2008	14:29-14:39	80.2	4197	518	0.055	0.053	0.34	0.39	0.41
08/Oct/2008	14:42-14:52	80.4	4197	501	0.055	0.053	0.33	0.38	0.40
08/Oct/2008	14:54-15:04	80.5	4197	503	0.056	0.054	0.33	0.39	0.40
08/Oct/2008	15:09-15:19	80.3	4197	488	0.057	0.055	0.33	0.38	0.40

**A.2.5 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην ολική επιφάνεια και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on gross area and mean temperature of heat transfer fluid.**

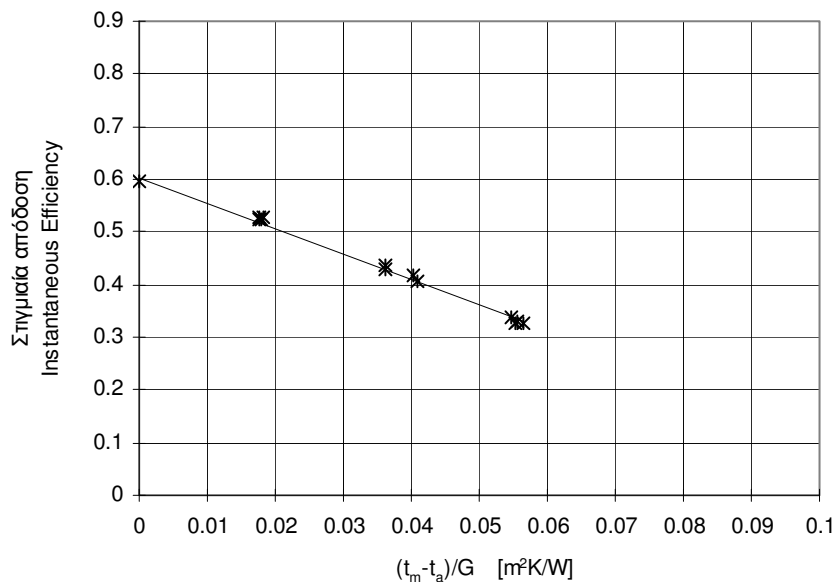
**A.2.5.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\bar{\eta}_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.5 m<sup>2</sup>  
*Gross area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση γραμμική: 
$$\bar{\eta}_G = \bar{\eta}_{0G} - \bar{U}_G \frac{t_m - t_a}{G}$$

*Linear fit to data:*

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.60$$

$$\bar{U}_G = \dots\dots\dots 4.82 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

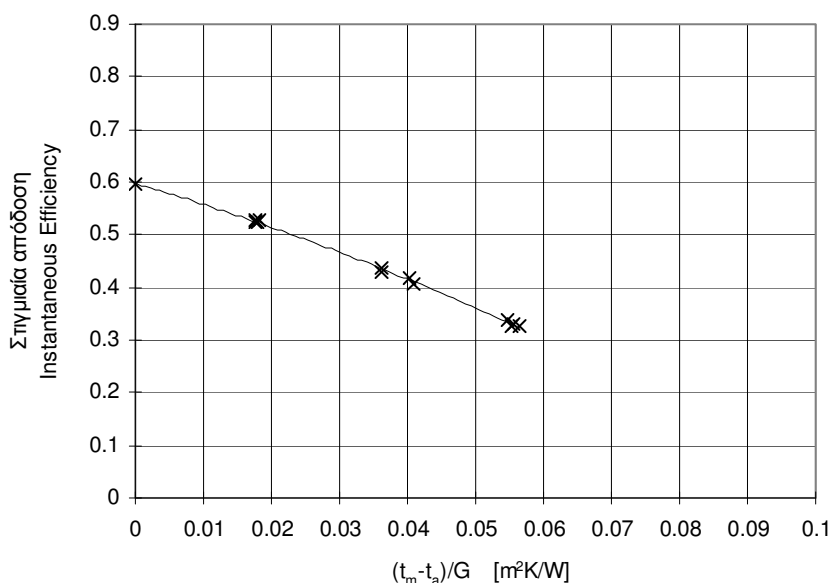
**A.2.5.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\bar{\eta}_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.5 m<sup>2</sup>  
*Gross area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση δευτέρου βαθμού:  $\bar{\eta}_G = \bar{\eta}_{0G} - \bar{\alpha}_{1G} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2G} G \left( \frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$

*Second order fit to data :*

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.60$$

$$\bar{\alpha}_{1G} = \dots\dots\dots 3.85 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2G} = \dots\dots\dots 0.017 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
*The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.*

**A.2.6 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια παραθύρου και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on aperture area and mean temperature of heat transfer fluid.**

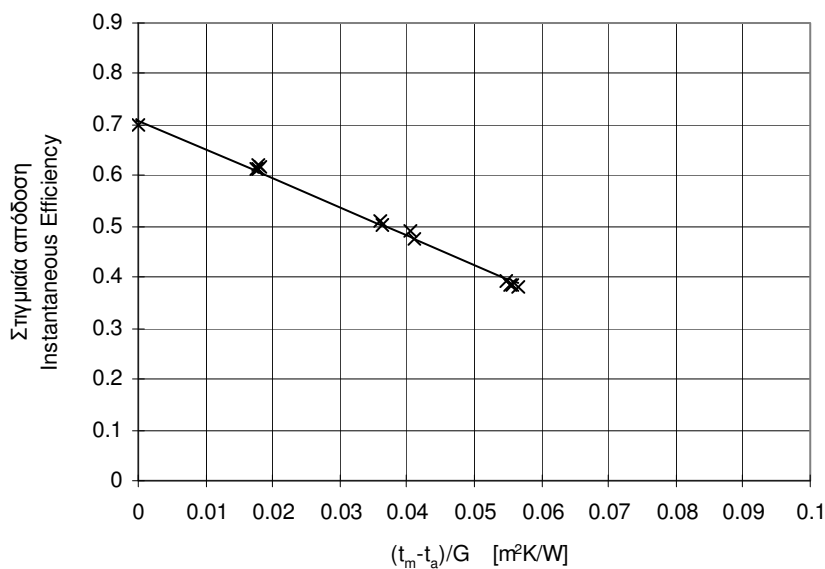
**A.2.6.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\bar{\eta}_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.28 m<sup>2</sup>  
*Aperture area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση γραμμική: 
$$\bar{\eta}_c = \bar{\eta}_{0c} - \bar{U}_c \frac{t_m - t_a}{G}$$

*Linear fit to data:*

$$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.71$$

$$\bar{U}_c = \dots\dots\dots 5.66 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$



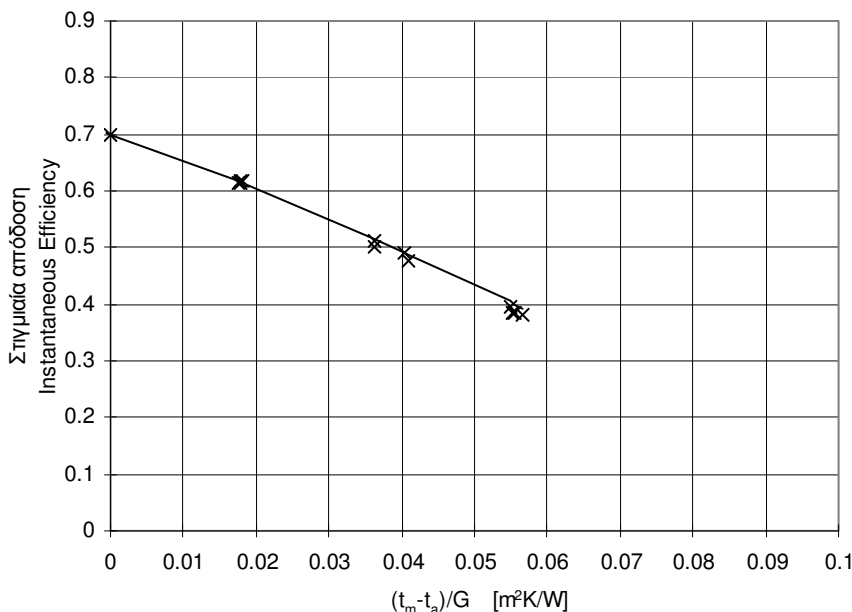
**A.2.6.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\bar{\eta}_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.28 m<sup>2</sup>  
*Aperture area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση δευτέρου βαθμού :  $\bar{\eta}_c = \bar{\eta}_{0c} - \bar{\alpha}_{1c} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2c} G \left( \frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$

*Second order fit to data :*

$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.70$

$\bar{\alpha}_{1c} = \dots\dots\dots 4.53 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\bar{\alpha}_{2c} = \dots\dots\dots 0.020 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

$\sigma(\bar{\eta}_{0c}) = \dots\dots\dots 0.00$

$\sigma(\bar{\alpha}_{1c}) = \dots\dots\dots 0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\sigma(\bar{\alpha}_{2c}) = \dots\dots\dots 0.003 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
*The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.*

**A.2.7 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια απορροφητή και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and mean temperature of heat transfer fluid.**

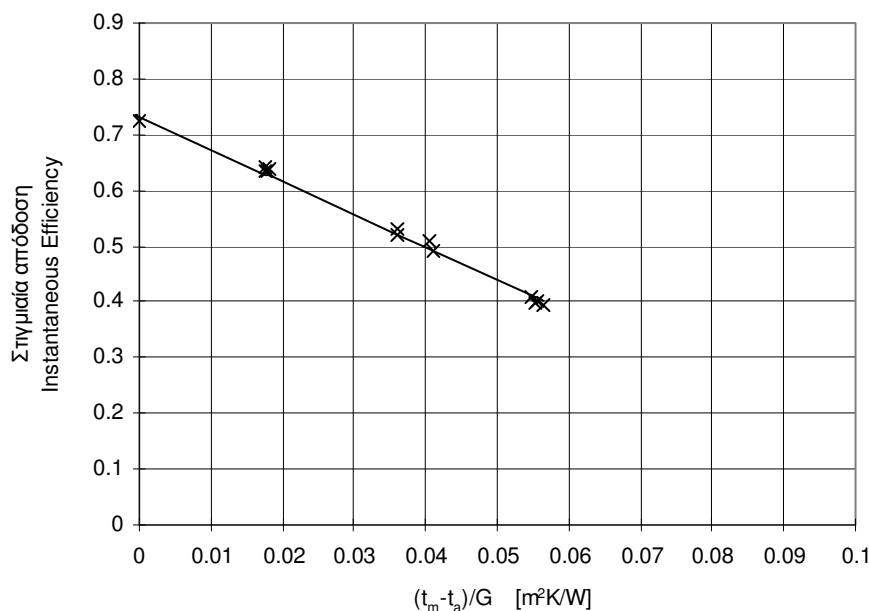
**A.2.7.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\bar{\eta}_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.24 m<sup>2</sup>  
*Absorber area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση γραμμική: 
$$\bar{\eta}_A = \bar{\eta}_{0A} - \bar{U}_A \frac{t_m - t_a}{G}$$

*Linear fit to data:*

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.73$$

$$\bar{U}_A = \dots\dots\dots 5.84 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

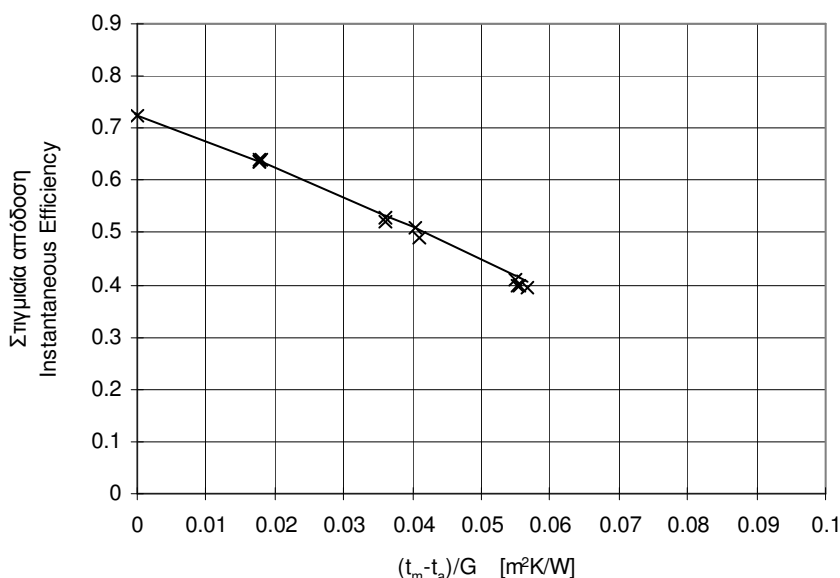
**A.2.7.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :

$$\bar{\eta}_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.24 m<sup>2</sup>  
 Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού :  $\bar{\eta}_A = \bar{\eta}_{0A} - \bar{\alpha}_{1A} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2A} G \left( \frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.72$$

$$\bar{\alpha}_{1A} = \dots\dots\dots 4.67 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2A} = \dots\dots\dots 0.021 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

$$\sigma(\bar{\eta}_{0A}) = \dots\dots\dots 0.002$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{1A}) = \dots\dots\dots 0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{2A}) = \dots\dots\dots 0.003 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Σημείωση / Note:

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.

**A.2.8 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην ολική επιφάνεια και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on gross area and inlet temperature of heat transfer fluid.**

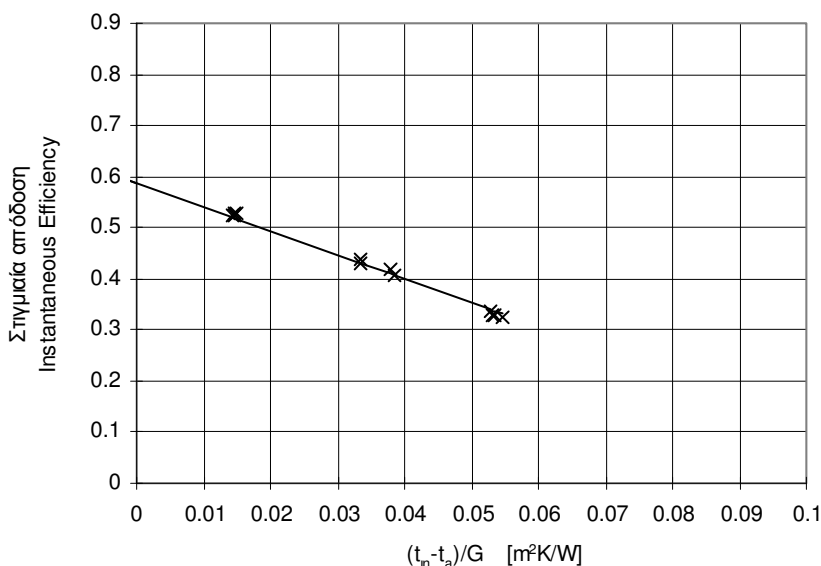
**A.2.8.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.5 m<sup>2</sup>  
*Gross area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση γραμμική :  $\eta_G = \eta_{0G} - U_G \frac{t_{in} - t_a}{G}$

*Linear fit to data:*

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.59$

$U_G = \dots\dots\dots 4.69 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

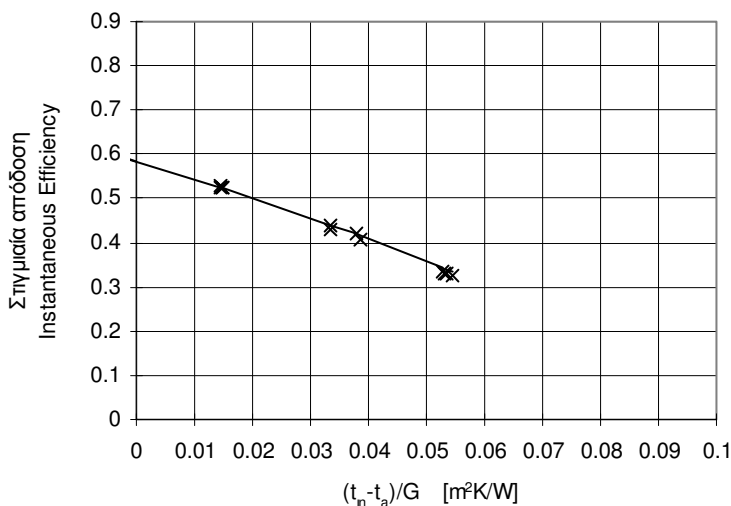
**A.2.8.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\eta_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.5 m<sup>2</sup>  
*Gross area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση δευτέρου βαθμού :  $\eta_G = \eta_{0G} - \alpha_{1G} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2G} G \left( \frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

*Second order fit to data :*

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.58$

$\alpha_{1G} = \dots\dots\dots 3.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2G} = \dots\dots\dots 0.016 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.

**A.2.9 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια παραθύρου και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on aperture area and inlet temperature of heat transfer fluid.**

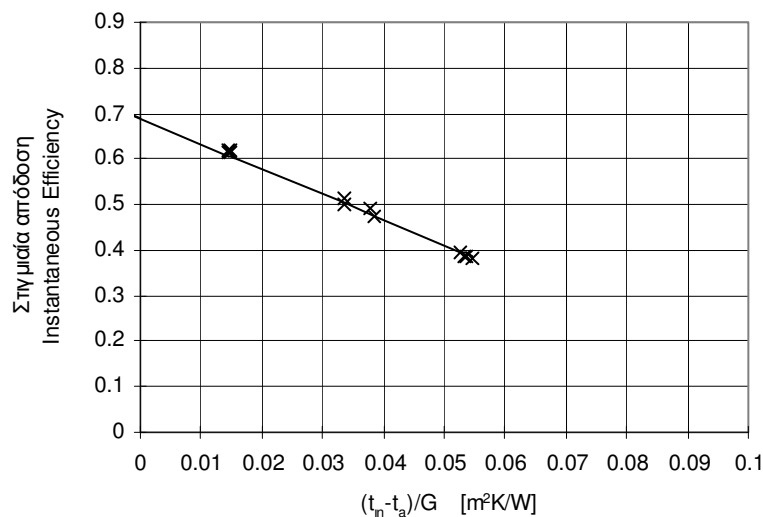
**A.2.9.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by

$$\eta_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.28 m<sup>2</sup>  
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03kg/s  
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική: 
$$\eta_c = \eta_{0c} - U_c \frac{t_{in} - t_a}{G}$$

Linear fit to data :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.69$

$U_c = \dots\dots\dots 5.51 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

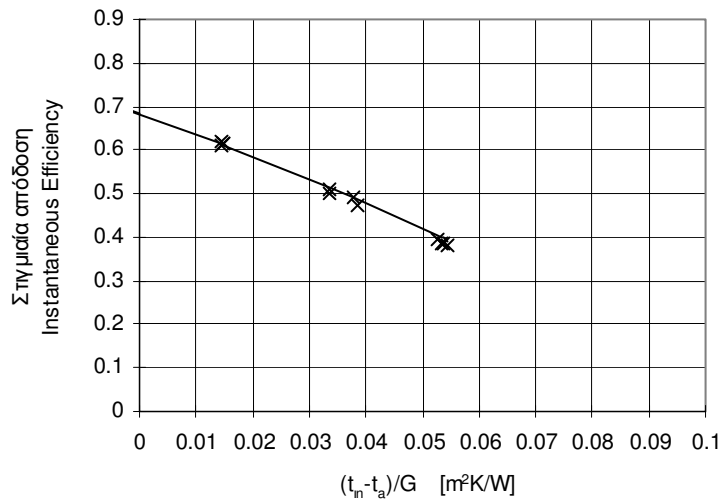
**A.2.9.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :

$$\eta_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.28 m<sup>2</sup>  
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03 kg/s  
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού :  $\eta_c = \eta_{0c} - \alpha_{1c} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2c} G \left( \frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.69$

$\alpha_{1c} = \dots\dots\dots 4.57 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2c} = \dots\dots\dots 0.019 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / Note:

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.



**A.2.10 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια απορροφητή και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.  
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and inlet temperature of heat transfer fluid.**

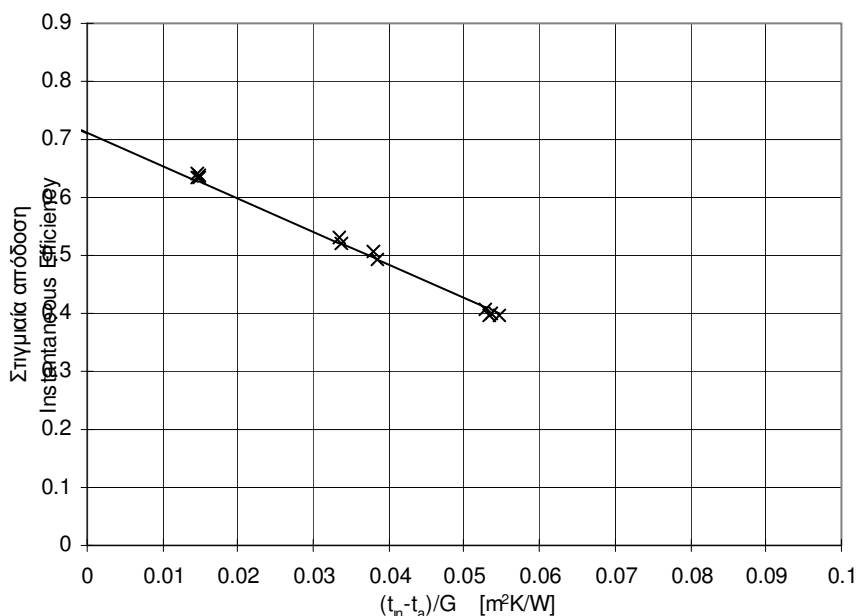
**A.2.10.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :*

$$\eta_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.24 m<sup>2</sup>  
*Absorber area used for curve*

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: .....0.03 kg/s  
*Fluid flowrate used for the tests*



Εξίσωση γραμμική :  $\eta_A = \eta_{0A} - U_A \frac{t_{in} - t_a}{G}$

*Linear fit to data :*

$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.71$

$U_A = \dots\dots\dots 5.68 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

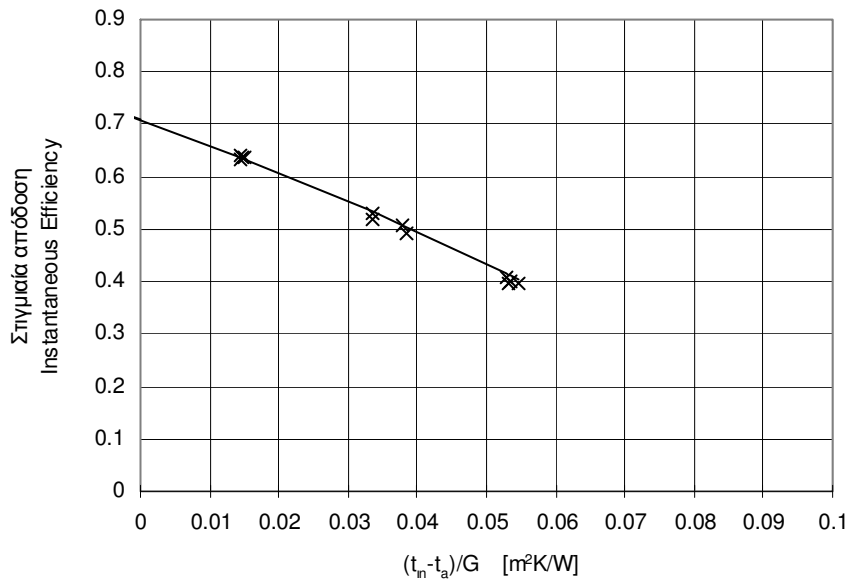
**A.2.10.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data**

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency  $\eta$  is defined by :

$$\eta_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: ..... 1.24 m<sup>2</sup>  
 Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ..... 0.03 kg/s  
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού :  $\eta_A = \eta_{0A} - \alpha_{1A} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2A} G \left( \frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.71$

$\alpha_{1A} = \dots\dots\dots 4.72 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2A} = \dots\dots\dots 0.019 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / Note:

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m<sup>2</sup>  
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m<sup>2</sup>.

### A.3 ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / COLLECTOR OUTPUT

Η ισχύς εξόδου ανα συλλέκτη ορίζεται από την σχέση/ *The collector output Q is defined by:*

$$\dot{Q} = A_c G \bar{\eta}_c = A_c G (\bar{\eta}_{0c} - \bar{\alpha}_{1c} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2c} G (\frac{t_m - t_a}{G})^2)$$

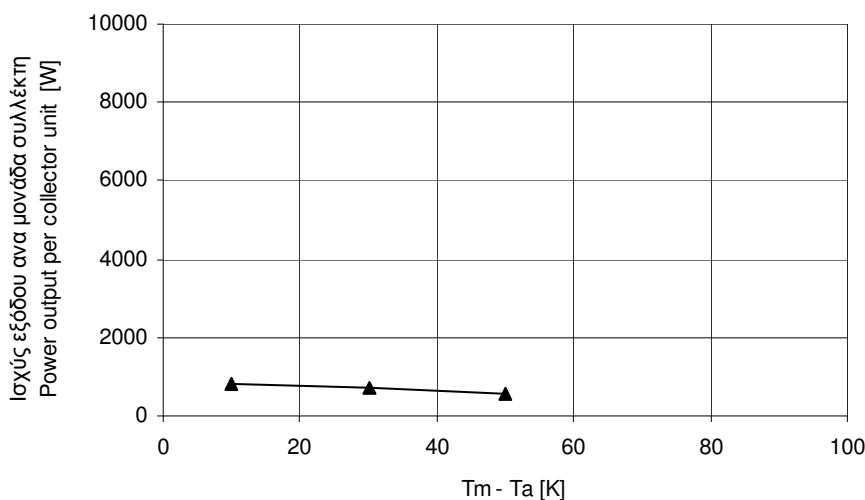
Μέγιστη ισχύς εξόδου / *The peak collector output Q :*

$$W_{peak} = A_c G \bar{\eta}_{0c} = 897 \text{ W}$$

**Πίνακας A.3 / Table A.3**  
**Ισχύς εξόδου ανά μονάδα συλλέκτη / Power Output per collector unit**

		ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ / RADIATION		
Tm-Ta		400	700	1000
[K]		[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]
10		298	567	836
30		162	431	700
50		5	274	543

Ισχύς εξόδου ανα συλλέκτη (για G=1000 W/m<sup>2</sup>) /  
 Power output per collector unit (for G=1000W/m<sup>2</sup>)



## A.8 ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ / SYMBOLS AND UNITS

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
$\alpha_1$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την $T_i^*$ <i>Algebraic constant, reference to <math>T_i^*</math></i>	W/(m <sup>2</sup> K)
$\bar{\alpha}_1$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την $T_m^*$ <i>Algebraic constant, reference to <math>T_m^*</math></i>	W/(m <sup>2</sup> K)
$\alpha_2$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την $T_i^*$ <i>Algebraic constant, reference to <math>T_i^*</math></i>	W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
$\bar{\alpha}_2$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την $T_m^*$ <i>Algebraic constant, reference to <math>T_m^*</math></i>	W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
$A_A$	Εμβαδόν απορροφητή του συλλέκτη <i>Absorber area of collector</i>	m <sup>2</sup>
$A_C$	Εμβαδόν παραθύρου του συλλέκτη <i>Aperture area of collector</i>	m <sup>2</sup>
$A_G$	Ολικό εμβαδόν του συλλέκτη <i>Gross area of collector</i>	m <sup>2</sup>
$c_f$	Ειδική θερμότητα του υγρού μέσου μεταφ. θερμότητας <i>Specific heat capacity of heat transfer fluid</i>	J/(kg K)
$C$	Ενεργός θερμοχωρητικότητα του συλλέκτη <i>Effective thermal capacity of collector</i>	J/K
$G$	Ένταση ολικής ηλιακής ακτινοβολίας <i>Global solar irradiance</i>	W/ m <sup>2</sup>
$G_d$	Ένταση διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας <i>Diffuse solar irradiance</i>	W/ m <sup>2</sup>
$K_\theta$	Συντελεστής γωνίας πρόσπτωσης <i>Incidence angle modifier</i>	---
$LT$	Τοπική ώρα <i>Local time</i>	---
$\dot{m}$	Παροχή μάζας του υγρού μεταφοράς θερμότητας <i>Mass flow rate of heat transfer fluid</i>	kg/s
$\hat{Q}$	Ωφέλιμη ισχύς αποδιδόμενη από το συλλέκτη <i>Useful power extracted from collector</i>	W

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
t	Χρόνος <i>Time</i>	s
t <sub>a</sub>	Θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα <i>Ambient or surrounding air temperature</i>	°C
t <sub>e</sub>	Θερμοκρασία εξόδου από συλλέκτη <i>Collector outlet (exit) temperature</i>	°C
t <sub>in</sub>	Θερμοκρασία εισόδου στο συλλέκτη <i>Collector inlet temperature</i>	°C
t <sub>m</sub>	Μέση θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς θερμότητας <i>Mean temperature of heat transfer fluid</i>	°C
T	Απόλυτη θερμοκρασία <i>Absolute temperature</i>	°C
T* <sub>i</sub>	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, $T^*_i=(t_{in}-t_a)/G$ <i>Reduced temperature difference</i>	m <sup>2</sup> K/W
T* <sub>m</sub>	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, $T^*_m=(t_m-t_a)/G$ <i>Reduced temperature difference</i>	m <sup>2</sup> K/W
U	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T* <sub>i</sub> <i>Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T*<sub>i</sub></i>	W/(m <sup>2</sup> K)
$\bar{U}$	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T* <sub>m</sub> <i>Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T*<sub>m</sub></i>	W/(m <sup>2</sup> K)
u	Ταχύτητα περιβάλλοντος αέρα <i>Surrounding air speed</i>	m/s
V <sub>f</sub>	Χωρητικότητα του συλλέκτη <i>Fluid capacity of collector</i>	m <sup>3</sup>
Δp	Πτώση πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του ρευστού <i>Pressure difference between fluid inlet and outlet</i>	Pa
Δt	Χρονικό διάστημα <i>Time interval</i>	s

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
$\Delta T$	Θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξόδου και εισόδου, $\Delta T = t_e - t_{in}$ <i>Temperature difference between fluid outlet and inlet</i>	K
$\eta$	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την $T^*_i$ <i>Collector thermal efficiency, with reference to <math>T^*_i</math></i>	---
$\bar{\eta}$	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την $T^*_m$ <i>Collector thermal efficiency, with reference to <math>T^*_m</math></i>	---
$\eta_0$	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_i = 0$ ) <i>Eta zero (<math>\eta</math> at <math>T^*_i = 0</math>), reference to <math>T^*_i</math></i>	---
$\bar{\eta}_0$	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_m = 0$ ) <i>Eta zero (<math>\bar{\eta}</math> at <math>T^*_m = 0</math>), reference to <math>T^*_m</math></i>	---
$\rho$	Πυκνότητα του ρευστού μεταφοράς θερμότητας <i>Density of heat transfer fluid</i>	kg/m <sup>3</sup>
$\tau_c$	Σταθερά χρόνου του συλλέκτη <i>Collector time constant</i>	s
$Q_{peak}$	Μέγιστη ισχύς εξόδου <i>Collector peak output</i>	W

### Δείκτες / Subscripts

A	Αναφορά στην επιφάνεια του απορροφητή <i>Reference to absorber area</i>
C	Αναφορά στην επιφάνεια του παραθύρου <i>Reference to aperture area</i>
G	Αναφορά στην ολική επιφάνεια του συλλέκτη <i>Reference to gross collector area</i>