

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**  
**ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΠΑΓΟ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**  
**ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ 1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ Κ.Α.Π.Ε.**

*Η μελέτη έγινε στα πλαίσια του προγράμματος CLIMASOL*

**Εκπόνηση μελέτης: Μιχάλης Καράγιωργας ([mkara@cres.gr](mailto:mkara@cres.gr))**

*Βασιλική Δρόσου ( [drosou@cres.gr](mailto:drosou@cres.gr) )*

*Τμήμα Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων – ΚΑΠΕ ( [www.cres.gr](http://www.cres.gr) ).*

### ***Εισαγωγή***

---

Η παρούσα προ-μελέτη αποτελεί παραδοτέο του προγράμματος **CLIMASOL** (ALTENER 4.1030/Z/02-121), και εκπονήθηκε εξ' ολοκλήρου από το Τμήμα Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του **Κ.Α.Π.Ε.**

Σκοπός της είναι η σύντομη – αλλά εμπειριστατωμένη- εξέταση της επένδυσης εγκατάστασης Ηλιακού Κλιματισμού στο κτίριο 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ στο Πικέρμι Αττικής.

Επειδή αναζητήθηκε και η μείωση των λειτουργικών δαπανών του σημερινού συμβατικού συστήματος κλιματισμού, αλλά και η επίδειξη τεχνολογιών DSM με στόχο τη μετατόπιση των αιχμών των ηλεκτρικών φορτίων που οφείλονται στον κλιματισμό των χώρων, έγινε σύζευξη του ηλιακού κλιματισμού με σύστημα παγολεκάνης και χαμηλής ισχύος συμβατικό ηλεκτροκίνητο ψύκτη back up.

Ένα υποθετικό σενάριο τριζωνικού τιμολογίου ΔΕΗ με ποινή 0,100 €/kWh για τις 4 μεσημεριανές ώρες, αντί του σημερινού ισχύοντος επίπεδου τιμολογίου 0,055 €/kWh, έγινε σκόπιμα δεκτό για την εξέταση των δυνατοτήτων της τεχνικής εφικτότητας και της οικονομικής αποτελεσματικότητας μιας τέτοιας λύσης.

Το προτεινόμενο σύστημα θα καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης (τον χειμώνα) και δροσισμού (το καλοκαίρι) του κτιρίου 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ.

Η παρούσα προ-μελέτη αποτελεί το πρώτο από τα στάδια μελετών μιας εγκατάστασης (θα ακολουθήσουν τα στάδια οριστικής μελέτης και της μελέτης εφαρμογής) και αντικείμενό της είναι να παρέχει τα απαραίτητα τεχνικοοικονομικά στοιχεία για την λήψη απόφασης υλοποίησης της επένδυσης.

Η μελέτη αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- ✚ Περιγραφή του εργαστηρίου, των διεργασιών σε αυτό και αποτελέσματα υπολογισμού των φορτίων κλιματισμού
- ✚ Περιγραφή της προτεινόμενης τεχνολογίας **Ηλιακού Συστήματος Κλιματισμού στο κτίριο 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ.**
- ✚ Τεχνικό σχέδιο εγκατάστασης (**MC 107**)
- ✚ Οικονομική αξιολόγηση.
- ✚ Αποτελέσματα τεχνικοοικονομικής αξιολόγησης.
  
- ✚ **Παράρτημα 1**, που περιλαμβάνει βασική ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος παγο-αποθήκευσης,
  
- ✚ **Παράρτημα 2**, που περιλαμβάνει βοηθητικό υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή της προ-μελέτης, και συγκεκριμένα:
  - Λεπτομερή αποτελέσματα υπολογισμού φορτίων
  - Ερωτηματολόγιο πληροφοριών (Questionnaire on SOLAR COOLING OF BUILDINGS)
  - Τεχνική περιγραφή του έργου ηλιακού κλιματισμού στο ξενοδοχείο Koutroulis - Rethimno Village – Κρήτη.
  
- ✚ **Παράρτημα 3**, που περιλαμβάνει ενδεικτικά prospectus προϊόντων.

## 1. Περιγραφή του εργαστηρίου, των διεργασιών σε αυτό και αποτελέσματα υπολογισμού των φορτίων κλιματισμού.

### 1.1. The building

The Passive Solar Energy Laboratory of CRES is a newly built building (year of built: 2001). Heavy weight of building structure is considered, while a 15degrees east orientation is applied for the south wall.



Fig. 1. South view of the Passive Solar Energy Laboratory of CRES

It contains a 310-m<sup>2</sup> ground floor area, which is reserved for the various tests, as well as 30 m<sup>2</sup> of offices, at the 1st floor. The time schedule for the occupancy of the above areas is 8-hour programme during 5 weekdays and closing period during August.

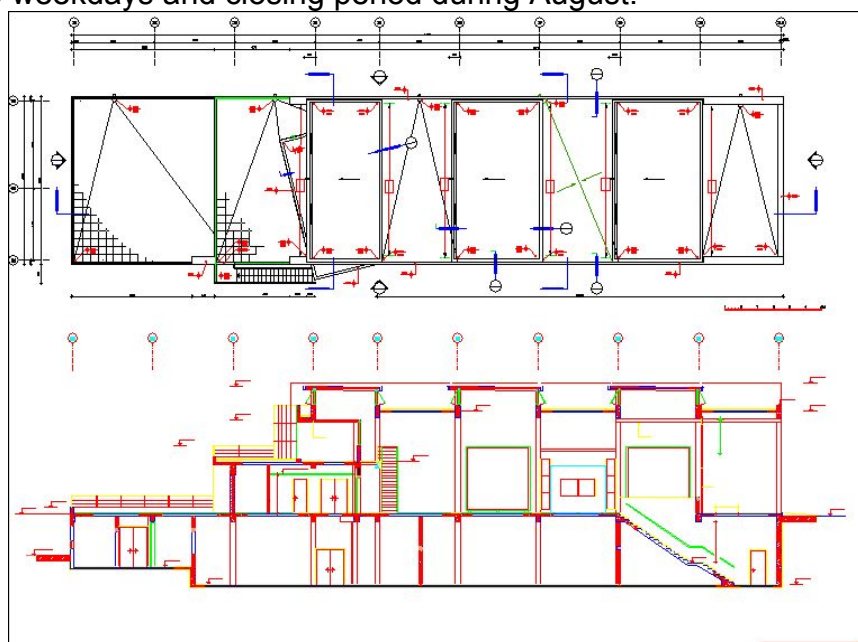


Fig.2. the top view of the flat roof(drawing 1b) and the cut view (drawing 2b).

The roof is flat and multi leveled (see fig 2.) while the available area for the possible installation of solar thermal collectors is limited to the upper levels of the flat roof. This area available is estimated equal to 120 m<sup>2</sup>

The ground floor area (310-m<sup>2</sup>), is reserved for the various tests such as:

- The air duct calibration stand (for cup anemometers), first photo
- The artificial sky tests, second photo
- The twin chambers for testing the building materials, third photo
- The λm-meter,
- Various



Fig.3. views from the processes in the building

The processes related to the above tests are sources of important cooling loads. The time schedule of the said tests is, unfortunately, not fixed and often of intermittent character.

The spaces are heated and air conditioned by means of one unit of air to water heat pump, sized 119 kW (cool) and 98 kW (heat).

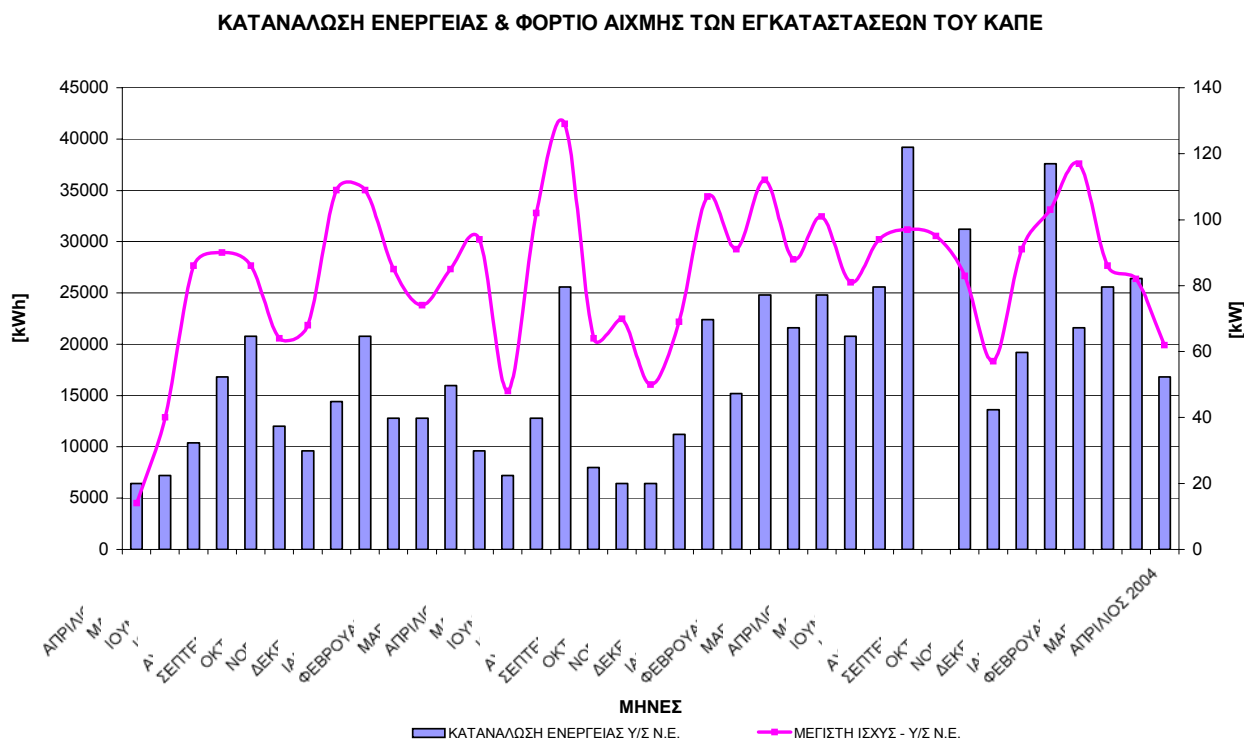
Four air handling units (4 x 3000 m<sup>3</sup>/h) and 8 FCU (Fan Coil Units, each of 12000 BTU/h) constitute the distribution network.

The motivation for CRES direction in order to put solar cooling technology in this building, is that:

- Electricity bills are expensive enough: for the year 2003 is 30555 €.
- the existing substation will be in some years exhausted due to the expansion of the building programme.

The graph 1 below describes the consumption variation during the years ( the electricity consumption of the whole CRES facilities reaches 120 kW -at peak values- while the size of the station is limited to 350 kVA)

We also notice an increase of the yearly-based mean value of the electricity demand.



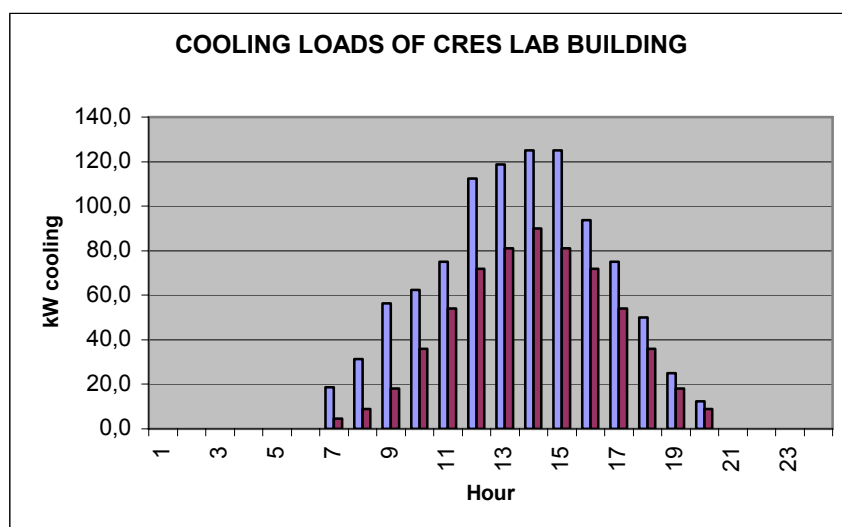
Graph 1. Electricity consumption of the whole CRES facilities

## 1.2. Building cooling loads

In order to make combined design of solar assisted cooling and ice storage systems, we have run the load calculation, hour by hour, using code "4M". The detailed data are given in Annex 2.

We also made the estimation of the loads, hour by hour, for days with no direct sun (i.e. by introducing the shading factor=100%)

For both cases, the results are shown in the next graph 2.



Graph 2: The cooling loads of lab building, with direct and no direct sun

According this graph:

- the peak load is equal 125 kW.
- the peak load with no direct sun is equal 90 kW
- the cooling operation hours are 10 h.
- the cooling energy needed for both cases is 980kWh and 635 kWh respectively.
- The direct sunshine creates a daily load of 345 kWh
- Ratio  $f = (90 \cdot 10) / 635 = 1,4$ .

We may observe that for both climatic conditions, ice storage combined with a small chiller under around the clock operation, are typical cases for the installation of a cost effective ice storage system (since ratio  $f > 1,2$ )

### 1.3. System configuration

We suggest a solar cooling machine to cover the difference of the two curves, at peak conditions, solar chiller priority, so that its COP<sub>th</sub> rises due the higher return temperature.

Then, for the days with no sunshine, we suggest a couple of a conventional chiller and of an ice bank, partial storage, ice storage priority.

The sizes of the above equipment, following the requirements of the graph 2, are:

- Solar thermal chiller :125-90 kW= 35 kW
- Chiller with 14h night operation, partial storage: 32 kW
- Ice storage volume 310 kWh

The design layout of the proposed configuration is shown in the next drawing. (MC 107)

## **2. Περιγραφή της προτεινόμενης τεχνολογίας Ηλιακού Συστήματος Κλιματισμού στο κτίριο 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ.**

---

Για την παραγωγή κρύου νερού / αέρα τροφοδοσίας του δικτύου νερού / αέρα για τον κλιματισμό του κτιρίου 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ, με την μέθοδο του ηλιακού κλιματισμού, υπάρχουν τέσσερις τεχνολογίες, η επιλογή των οποίων είναι αντικείμενο οριστικής μελέτης.

Οι εν λόγω τέσσερις τεχνολογίες είναι:

1. θερμικοί ψύκτες νερού προσρόφησης σε πορώδες (adsorption chiller)
2. θερμικοί ψύκτες νερού απορρόφησης σε διάλυμα (absorption chiller)
3. θερμικοί ψύκτες αέρα ανοιχτού κύκλου
4. θερμοχημικοί ψύκτες νερού

Τα κριτήρια επιλογής τεχνολογίας, που είναι αντικείμενο οριστικής μελέτης, μπορεί να είναι:

- η ύπαρξη ανάλογων έργων εν λειτουργία
- το κόστος συστήματος
- το είδος εφαρμογής
- η συνεργασία και η συμβατότητα της προτεινόμενης τεχνολογίας με ήδη εγκατεστημένο εξοπλισμό.
- η χρήση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών ή η χρήση συλλεκτών κενού
- το μέγεθος της οριστικής εγκατάστασης

Για την παρούσα περίπτωση, η εξέταση της εφαρμογής γίνεται επιλέγοντας την τεχνολογία (1) θερμικός ψύκτης νερού προσρόφησης σε πορώδες (adsorption chiller), ή (2) θερμικός ψύκτης νερού απορρόφησης σε διάλυμα (absorption chiller) (επισυνάπτονται prospectus), μιας και αυτές σήμερα συναντούνται να λειτουργούν σε κτίρια της ελληνικής επικράτειας<sup>1</sup>.

Για την εκπόνηση της προ-μελέτης αυτής, χρησιμοποιήθηκαν :

- Οι βασικές αρχές λειτουργίας της παγο-αποθήκευσης του Παραρτήματος 1.
- Τα στοιχεία και οι απαιτήσεις λειτουργίας και εγκατάστασης που αποκτήθηκαν από την διαγνωστική του κτιρίου 1 και από τις συναντήσεις με το αρμόδιο τεχνικό προσωπικό της Τεχνικής Υπηρεσίας του ΚΑΠΕ
- Ερωτηματολόγιο πληροφοριών του κτιρίου (Questionnaire on SOLAR COOLING OF BUILDINGS), του Παραρτήματος 2.
- Τεχνικά στοιχεία και προδιαγραφές προϊόντων, του Παραρτήματος 3.
- Πρόγραμμα επεξεργασίας για ηλιακό κλιματισμό **SACE / IEA 21**

Το συγκεκριμένο σύστημα ηλιακού κλιματισμού μελετήθηκε με βασικά κριτήρια:

---

<sup>1</sup> Βλ. υλικό διάδοσης (brochure) του προγράμματος HOTRES του ΚΑΠΕ.



- + την συμβατότητά του με την ήδη υπάρχουσα μελέτη μονάδας κλιματισμού αέρα, που υλοποιήθηκε για τις ανάγκες θέρμανσης – ψύξης του κτιρίου.
- + τον περιορισμό σε διαθέσιμη χρήσιμη επιφάνεια για την τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών (φαίνεται ότι ο διαθέσιμος χώρος είναι μόνο 100m<sup>2</sup>). Οι συλλέκτες θα πρέπει να τοποθετηθούν με κλίση περίπου 35 μοίρες και με κατεύθυνση προς το Νότο (κατά το δυνατόν χωρίς σκίαση).  
Προς αυτήν την κατεύθυνση θα βοηθήσει η επισυναπτόμενη κάτοψη δώματος.

Τα χαρακτηριστικά των υποσυστημάτων του συστήματος ηλιακού κλιματισμού και παγολεκάνης είναι (βλ. και σχέδιο MC107):

Είδος	Μέγεθος
Ηλιακός ψύκτης απορ(προσ)ρόφησης	10RT (βλ. «Questionnaire on Solar Cooling of buildings» Παράρτημα 1)
Μονάδα κλιματισμού αέρα	26500m <sup>3</sup> /h (από υπάρχουσα μελέτη)
Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού (back up 1 ώρας για τον ηλιακό ψύκτη)	1250lt
Ψυκτικός πύργος	20RT
Παγολεκάνη	90 RTh = 315kWh
Πεδίο ηλιακών συλλεκτών (για τον ηλιακό κλιματισμό)	80 - 120 m <sup>2</sup> (κενού – επίπεδοι αντιστοίχως)
Συμβατικός ψύκτης	9 RT

Κατά την εκπόνηση της προ-μελέτης εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις επιλογής τεχνολογίας ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή του ζεστού νερού τροφοδοσίας του ηλιακού ψύκτη απορ(προσ)ρόφησης.

- + Επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες υψηλής απόδοσης, με χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης:  

$$\eta = 0.78 - 3.8 * (T_m - T_a)/G - 0.03 * (T_m - T_a)^2/G$$
- + Συλλέκτες σωλήνων κενού, με χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης:  

$$\eta = 0.82 - 3.52 * (T_m - T_a)/G - 0.025 * (T_m - T_a)^2/G$$

Τα ενεργειακά χαρακτηριστικά (βαθμοί απόδοσης) του υπόλοιπου εξοπλισμού είναι:

Ηλεκτρικός ψύκτης σε κλιματισμό	2,8
Ηλεκτρικός ψύκτης σε παγοαποθήκευση	1,9
Ηλεκτρικός ψύκτης σε heat pump	3,1
Ηλιακός ψύκτης (80 οC)	0,6



Το τεχνικό σχέδιο **MC 107** δείχνει το βασικό σχεδιασμό στον οποίο στηρίχθηκε η οικονομική αξιολόγηση του ηλιακού συστήματος κλιματισμού συνδυασμένο με παγολεκάνη, στο κτίριο 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ. Οι βασικές λειτουργίες του σχεδιασμού αυτού είναι:

## 2.1. Λειτουργία θέρους (σχετικό τεχνικό σχέδιο MC 107)

Έχουν δηλωθεί ωράρια κλιματισμού : 8:00 έως 18:00 καθημερινώς.

### 1. Κλιματισμός χώρων-λειτουργία ημέρας

Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού το ζεστό νερό (περί τους 80 οC) του πεδίου των ηλιακών συλλεκτών οδηγείται στον ηλιακό ψύκτη απορ(προσ)ρόφησης, ύστερα από κατάλληλη διευθέτηση της αντίστοιχης τρίοδης βάννας Ο/Ι.

Το ζεστό νερό επιστροφής φορτίου από την κλιματιστική μονάδα αέρος (περί τους 14 οC) εισέρχεται κατά προτεραιότητα στον ηλιακό ψύκτη όπου και, προψυχόμενο, υποχωρεί κατά 2,6 οC.

Στη συνέχεια, οδηγείται για ψύξη στην παγολεκάνη υποχωρώντας κατά 1,7 οC.

Ο συμβατικός ψύκτης back up προσφέρει την οριστική και υπολειπόμενη πτώση θερμοκρασίας 1,7 οC (ώστε να συμπληρώσουμε τη συνολική πτώση θερμοκρασίας νερού των 6οC)

Οι θερμοκρασίες στα άκρα του κυκλώματος νερού είναι 8/14οC.

Η αναλογική τρίοδη της παγολεκάνης ρυθμίζει το ρυθμό αποφόρτισής της ώστε να παρέχει 9,7 οC στην έξοδό της.

Η θερμοκρασία προσαγωγής νερού των 8οC οδηγείται στην Κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) για την ψύξη του αέρα που θα οδηγηθεί στους αεραγωγούς του κτιρίου του εργαστηρίου για τον δροσισμό του χώρου (η αναλογική τρίοδη του ψυκτικού στοιχείου ρυθμίζει το φορτίο).

Η δίοδη on/off παράκαμψης των ΚΚΜ/ηλιακού ψύκτη είναι κλειστή για ημερήσια λειτουργία.

Ο πύργος ψύξης νερού (περί τους 30 οC) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αφυπερθέρμανση του πεδίου ηλιακών συλλεκτών τις ώρες στις οποίες δεν ζητείται κλιματισμός χώρων.

### 2. Κλιματισμός χώρων-λειτουργία νύχτας

Η δίοδη on/off παράκαμψης των ΚΚΜ/ηλιακού ψύκτη τοποθετείται σε θέση ανοιχτή για νυχτερινή λειτουργία.

Ο συμβατικός ψύκτης back up προσφέρει την δυνατότητα αποθήκευσης πάγου λειτουργώντας με set point –8οC.

Έτσι, το τοπικό loop νερού back up chiller/παγολεκάνη αποθηκεύει πάγο για τα προκαθορισμένα ωράρια νυκτός, κατά τη διάρκεια των οποίων δεν απαιτείται κλιματισμός κτιρίου.

Η αναλογική τρίοδη της παγολεκάνης έχει τοποθετηθεί στη θέση ανοικτή (προς την παγολεκάνη)

## 2.2. Λειτουργία χειμώνα (σχετικό τεχνικό σχέδιο MC 107)

Έχουν δηλωθεί ωράρια κλιματισμού : 8:00 έως 18:00 καθημερινώς.

### ➤ Θέρμανση χώρων

Κατά την διάρκεια του χειμώνα το ζεστό νερό του πεδίου των ηλιακών συλλεκτών (περί τους 60 οC) οδηγείται, ύστερα από κατάλληλη διευθέτηση της αντίστοιχης τρίοδης βάννας Ο/Ι, κατ' ευθείαν στην κλιματιστική μονάδα για την προθέρμανση του αέρα χώρου (μια νέα αναλογική τρίοδη του στοιχείου προθέρμανσης ρυθμίζει το φορτίο).

Ο ηλιακός ψύκτης νερού, ο πύργος ψύξης και η παγολεκάνη είναι ανενεργοί.

Σε περίπτωση ανεπάρκειας των ηλιακών συλλεκτών, έχει προβλεφθεί για να συμπληρώνει ενέργεια στην οριστική θέρμανση του αέρα, ο συμβατικός ψύκτης back up που προσφέρει αυτήν την δυνατότητα αφού είναι αντλία θερμότητας (η αναλογική τρίοδη του θερμαντικού/ψυκτικού στοιχείου ρυθμίζει το φορτίο).

## 3. Οικονομική αξιολόγηση Ηλιακού Συστήματος Κλιματισμού στο κτίριο 1 των εργαστηρίων του ΚΑΠΕ συνδυαζόμενο με παγολεκάνες

---

Για την εν λόγω αξιολόγηση έγιναν οι παρακάτω υποθέσεις:

### 3.1. Κοστολόγια καυσίμων και άλλων ενεργειακών πηγών

Τιμή €/kWhel, τιμολ. Β1	0,055	€/kWh
Τιμή €/kWhel, Υψηλή χρέωση, ΤΡΙΖΩΝΙΚΟ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	0,100	€/kWh

Η θέρμανση χώρων γίνεται με heat pump (ισχύει το ίδιο τιμολόγιο).

Εισάγεται το σενάριο του τριζωνικού τιμολογίου, στο οποίο υπάρχει ποινή 0,100 €/kWh τις 4 μεσημεριανές ώρες, εκατέρωθεν της μεσημβρίας.

Την ηλεκτρική ενέργεια τιμολογίου Β1 το σύστημα τη χρειάζεται για την παραγωγή, μέσω συμβατικού συστήματος κλιματισμού, της απαιτούμενης ψύξης, στην περίπτωση που δεν εγκατασταθεί ηλιακό σύστημα κλιματισμού στο κτίριο εργαστηρίων του ΚΑΠΕ, καθώς επίσης και, στην περίπτωση που εγκατασταθεί αυτό, για την κάλυψη του (ηλεκτροκίνητου) συμβατικού back up για άμεση ψύξη και για αποθήκευση πάγου.

**Δεν χρησιμοποιείται στο σύστημα πετρέλαιο κίνησης ούτε πετρέλαιο θέρμανσης**

### 3.2. Είδος και κοστολόγιο εξοπλισμού:

Σε αυτό το πεδίο, δύο λύσεις εξετάστηκαν:

**ΛΥΣΗ 1:** Ηλιακός ψύκτης νερού με επιλεκτικούς επίπεδους συλλέκτες 120 m<sup>2</sup> και τα υπόλοιπα παρελκόμενα που προδιαγράφονται στον Πίνακα 1

**ΛΥΣΗ 2:** Ηλιακός ψύκτης νερού με συλλέκτες κενού συλλεκτική επιφάνεια 80 m<sup>2</sup> και τα υπόλοιπα παρελκόμενα που προδιαγράφονται στον Πίνακα 1.

Τα κοστολόγια προέρχονται από την Ελληνική αγορά και είναι ελεύθερα ΦΠΑ, περιέχουν δε εργολαβικό όφελος.

Δεν περιέχουν συμβόλαια συντήρησης.

Πιο αναλυτικά:

Ηλιακός ψύκτης (COP=0,6)	10	RT	0,6	26000,0
Συλ. επίπεδοι	120	m <sup>2</sup>		21176,5
Συλ. κενού	80	m <sup>2</sup>		
Δεξαμενή νερού	1250	lit		2500,0
Παγολεκάνη	90	RTh	1,9	4500,0
Ψύκτης-Αντλία Θερμότητας	9	RT	2,8	3150,0
ΚΚΜ-κεντρικές κλιματιστικές μονάδες	26500	m <sup>3</sup> /h		12000,0
Εγκατάσταση	35	RT		10000,0

### 3.3. Ενεργειακά χαρακτηριστικά εξοπλισμού

Πρόκειται για τους βαθμούς απόδοσης των μηχανών:

Ηλεκτρικός ψύκτης σε κλιματισμό	2,8
Ηλεκτρικός ψύκτης σε παγοαποθήκευση	1,9
Ηλεκτρικός ψύκτης σε heat pump	3,1
Ηλιακός ψύκτης (80 οC)	0,6

### 3.4. Βαθμός διείσδυσης ηλιακού συστήματος στην κάλυψη φορτίων κτιρίου (**Solar Fraction**)

Για το χαρακτηρισμό και υπολογισμό της κάλυψης αυτής, έγιναν ο βασικός σχεδιασμός και οι υπολογισμοί που αναφέρονται στην τεχνική περιγραφή της προμελέτης.

Η προμελέτη για την παγο-αποθήκευση έγινε με το υπολογιστικό πακέτο **BONICE /CRES**

Η προμελέτη για το τμήμα του ηλιακού κλιματισμού έγινε με το υπολογιστικό πακέτο **SACE/IEA 21**.

**Ο βασικός σχεδιασμός** στον οποίο στηρίχθηκε η οικονομική αξιολόγηση του ηλιακού συστήματος κλιματισμού στο κτίριο 1 εργαστηρίων του ΚΑΠΕ είναι αυτός του **σχεδίου με κωδικό αναφοράς MC 107**).

Οι υπολογισμοί λαμβάνουν επίσης υπόψη και τις παρακάτω παραμέτρους:

1. Ποσότητα back-up cooling για την περίπτωση **«ΛΥΣΗ 1»** καθώς και στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 2»** (120 ή 80 m<sup>2</sup>)
2. Ποσότητα back-up heating για την περίπτωση **«ΛΥΣΗ 1»** καθώς και στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 2»** (120 ή 80 m<sup>2</sup>)
3. Solar fraction για θέρμανση, στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 1»** καθώς και στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 2»** (120 ή 80 m<sup>2</sup>)
4. Solar fraction για ψύξη, στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 1»** καθώς και στην περίπτωση **«ΛΥΣΗ 2»** (120 ή 80 m<sup>2</sup>)

### **Συμπεράσματα**

Στους πίνακες περιέχονται τα αποτελέσματα σε μορφή:

- Χρόνου αποπληρωμής
- Ετησίων τρεχόντων εξόδων για τις λύσεις **CHI, «ΛΥΣΗ 1»120 , «ΛΥΣΗ 2» 80**
- Ποσότητα ενέργειας για τη θέρμανσης του κτιρίου 1 ΚΑΠΕ
- Ποσότητα ενέργειας για την ψύξη του κτιρίου 1 ΚΑΠΕ

**ΕΙΣΗΓΗΣΗ :** Για να μειωθεί ακόμη περισσότερο ο χρόνος αποπληρωμής στη προτεινόμενη **ΛΥΣΗ 2/80 m<sup>2</sup>**, προτείνουμε την αναζήτηση επιδότησης.

**ΠΙΝ.1. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ  
ΚΤΙΡΙΟΥ 1 ΚΑΠΕ**

**ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**

**ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ Β1 ΕΠΙΠΕΔΑ (0,055 €/kWh)**

			Κόστος (€)		
			COP	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2 (80)
Ηλιακός ψύκτης (COP=0,6)	10	RT	0,6	26000,0	26000,0
Συλ. επίπεδοι	120	m2		21176,5	
Συλ. κενού	80	m2			29647,1
Δεξαμενή	1250	lit		2500,0	2500,0
Παγολεκάνη	90	RTh	1,9	4500,0	4500,0
Ψύκτης-Αντλία Θερμότητας	9	RT	2,8	3150,0	3150,0
ΚΚΜ-κεντρικές κλιματιστικές μονάδες	26500	m3/h		12000,0	12000,0
Εγκατάσταση	35	RT		10000,0	10000,0
<b>TOTAL</b>				<b>79326,5</b>	<b>87797,1</b>
Ωρες ψηλής χρέωσης					
Τιμή €/kWhel, τιμολ. Β1	0,055	€/kWh		0,055	0,055
Ποσότητα back-up cooling		kWh/y	2,8	79141,2	74553,3
Ποσότητα back-up heating		kWh/y	3,1	4002,7	3581,4
<b>Τρέχοντα έξοδα, ετησίως</b>		€/y		831,6	824,1
<b>Χρόνος αποπληρωμής</b>	<b>y</b>			<b>12,4</b>	<b>17,1</b>

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2 (80)
SF cool	0,31	0,35
SF heat	0,81	0,83

**ΛΥΣΗ 1:** Ηλιακός ψύκτης νερού με επιλ. επίπεδους συλλέκτες(150 m2) και παρελκόμενα  
**ΛΥΣΗ 2 (80):** Ηλιακός ψύκτης νερού με συλλέκτες κενού και παρελκόμενα

**ΠΙΝ 2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ  
ΚΤΙΡΙΟΥ 1 ΚΑΠΕ**

**ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**

**ΤΡΙΖΩΝΙΚΑ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ (18 h = 0,055 €/kWh, 4h = 0,10 €/kWh)**

			COP	Κόστος (€)	
				ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2 (80)
Ηλιακός ψύκτης (COP=0,6)	10	RT	0,6	26000,0	26000,0
Συλ. επίπεδοι	120	m2		21176,5	
Συλ. κενού	80	m2			29647,1
Δεξαμενή	1250	lit		2500,0	2500,0
Παγολεκάνη	90	RTh	1,9	4500,0	4500,0
Ψύκτης-Αντλία Θερμότητας	9	RT	2,8	3150,0	3150,0
ΚΚΜ-κεντρικές κλιματιστικές μονάδες	26500	m3/h		12000,0	12000,0
Εγκατάσταση	35	RT		10000,0	10000,0
<b>TOTAL</b>				<b>79326,5</b>	<b>87797,1</b>
Ωρες υψηλής χρέωσης	<b>4</b>				
Τιμή €/kWhel, τιμολ. B1	0,100	€/kWh		0,055	0,055
Ποσότητα back-up cooling		kWh/y	2,8	79141,2	74553,3
Ποσότητα back-up heating		kWh/y	3,1	4002,7	3581,4
Τρέχοντα έξοδα, ετησίως		€/y		912,8	824,1
<b>Χρόνος αποπληρωμής</b>	<b>y</b>			<b>8,1</b>	<b>10,8</b>

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2 (80)
SF cool	0,31	0,35
SF heat	0,81	0,83

**ΛΥΣΗ 1:** Ηλιακός ψύκτης νερού με επιλ. επίπεδους συλλέκτες(150 m2) και παρελκόμενα  
**ΛΥΣΗ 2 (80):** Ηλιακός ψύκτης νερού με συλλέκτες κενού και παρελκόμενα

**ΠΙΝ. 3. ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΚΤΙΡΙΟΥ 1 ΚΑΠΕ**

**ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ CHILLER ON PEAK**

			<b>COP</b>	<b>Κόστος</b>
<b>CHI-Ηλεκτρικός ψύκτης (COP=2,8/3,1)</b>	35	RT	2,8	35000,0
	35	RT	3,1	
ΚΚΜ-κεντρικές κλιματιστικές μονάδες	26500	m3/h		12000,0
Εγκατάσταση	35	RT		10000,0
<b>TOTAL</b>				<b>57000,0</b>
Τιμή €/kWhel, τιμολ. Β1		€/kWh		0,055
Ποσότητα cooling		kWh/y	2,8	114697,5
Ποσότητα heating		kWh/y	3,1	21066,9
<b>Τρέχοντα έξοδα, ετησίως</b>		€/y		2626,8

**ΕΕΠΙΣΥΝΑΠΤΕΤΑΙ ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: MC 107**



#### 4. Αποτελέσματα τεχνικοοικονομικής αξιολόγησης

Στους Πίνακες 1,2 και 3 που ακολουθούν περιέχονται τα αποτελέσματα σε μορφή:

- Χρόνου αποπληρωμής (βάση σύγκρισης είναι το συμβατικό σύστημα κλιματισμού, βλ. Πίνακα 3)
- Ετησίων τρεχόντων εξόδων για τις λύσεις «ΛΥΣΗ 1/ 150», «ΛΥΣΗ 2 /80», και **CHI** (chiller)
- Ποσότητα ενέργειας για τη θέρμανση του κτιρίου
- Ποσότητα ενέργειας για την ψύξη του κτιρίου

Η αξιολόγηση γίνεται στη βάση δύο σεναρίων:

1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ισχύουν τα τιμολόγια Β1 της ΔΕΗ
2. ΣΕΝΑΡΙΟ 2: τριζωνικό τιμολόγιο της ΔΕΗ με ποινή 0,100 €/kWh και τετράωρη διάρκεια ποινής

#### **ΕΙΣΗΓΗΣΗ :**

Επιλέγεται η ΛΥΣΗ 2/80 m<sup>2</sup>, λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου (100m<sup>2</sup>) για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών

Ταυτόχρονα, ο χρόνος απόσβεσης δεν διαφέρει πολύ από αυτόν της οικονομικότερης λύσης.

Για να μειωθεί ακόμη περισσότερο ο χρόνος αποπληρωμής στη προτεινόμενη προτείνουμε την αναζήτηση επιδότησης.

## **Παράρτημα 1**

Βασική ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος  
παγο-αποθήκευσης (περίπτωση ξενοδοχείων)

## **Παράρτημα 2**

Βοηθητικό υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της προ-μελέτης:

- Λεπτομερή αποτελέσματα υπολογισμού φορτίων
- Ερωτηματολόγιο πληροφοριών (Questionnaire on SOLAR COOLING OF BUILDINGS)
- Τεχνική περιγραφή του έργου ηλιακού κλιματισμού στο ξενοδοχείο Koutroulis - Rethimno Village – Κρήτη

## **Παράρτημα 3**

### **Ενδεικτικά prospectus προϊόντων**