

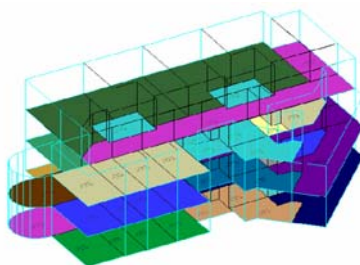
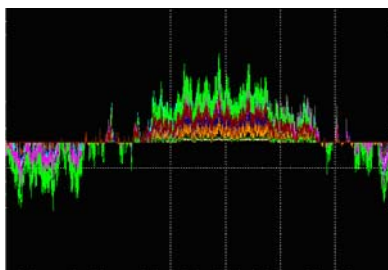


**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη εφαρμογής συστήματος ηλιακού κλιματισμού  
στο Νοσοκομείο Σητείας**

**Ελένη Αλούμπη**



**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Θ. Τσούτσος, Επ. Καθηγητής (επιβλέπων)**  
**Β. Γκέκας, Καθηγητής**  
**Γ. Σταυρακάκης, Καθηγητής**

**Χανιά, Ιούλιος 2008**



*Στη λατρευτή μου γιαγιά Αглаΐα Ευθυμίου  
και στους αγαπημένους μου θείους  
Ευθύμιο και Κωνσταντίνο Ευθυμίου*

## Ευχαριστίες

*Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης των προπτυχιακών μου σπουδών στο Πολυτεχνείο Κρήτης για την απόκτηση του πτυχίου Μηχανικού Περιβάλλοντος.*

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή, Επίκ. Καθηγητή Θεοχάρη Τσούτσο, για τη στήριξή του σε επιστημονικό και φιλικό επίπεδο, σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.*

*Ευχαριστώ τους κ. Ευάγγελο Λογκάκη, Ιωάννη Σγουράκη και Αντώνιο Κλαφάτη από την Τεχνική Υπηρεσία του Νοσοκομείου Σητείας για τη βοήθειά τους στη συλλογή δεδομένων που αφορούν το κτίριο. Επίσης, ευχαριστώ τον Πολιτικό Μηχανικό κ. Εμμανουήλ Παυλίδη για τη συλλογή των σχεδίων κατόψεων του υπό μελέτη κτιρίου.*

*Ευχαριστώ το Γεώργιο Ζηδιανάκη για την πολύτιμη βοήθειά του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας και για την καθοδήγηση για την εκμάθηση των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν.*

*Ευχαριστώ τους Καθηγητές της τριμελούς επιτροπής, κ. Βασίλειο Γκέκα και κ. Γεώργιο Σταυρακάκη.*

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου και την αδερφή μου για την προσεκτική διόρθωση του κειμένου.*

*Κυρίως, ευχαριστώ τους γονείς μου για τη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια για την απόκτηση του πτυχίου μου, τους συγγενείς και φίλους για την ηθική υποστήριξή τους.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται ιδιαίτερη ανησυχία παγκοσμίως για την κατάσταση του περιβάλλοντος. Η κατανάλωση ενέργειας ολοένα και αυξάνεται με αποτέλεσμα την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου που τελικά συντελεί στη μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Ο κλιματισμός των κτιρίων ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο φαινόμενο αυτό, καθώς απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα βλαβερά ψυκτικά αέρια από τα συμβατικά συστήματα ψύξης. Από την άλλη μεριά όμως είναι απαραίτητος για τις ανάγκες διαβίωσης.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, γίνεται λόγος για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με σκοπό τον κλιματισμό των κτιρίων. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η εφαρμογή συστήματος ηλιακού κλιματισμού σε ένα από τα 8 κτίρια του συγκροτήματος του Νοσοκομείου Σητείας.

Αρχικά, συλλέχθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία για τη μοντελοποίηση και παραμετροποίηση του κτιρίου και εισάχθηκαν στο λογισμικό Prebid. Στη συνέχεια, εκτελέστηκαν τα λογισμικά SimCad, TRNSYS και SACE για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και τη μελέτη σκοπιμότητας. Από τα αποτελέσματα εξετάστηκαν τέσσερα εναλλακτικά σενάρια και μετά από συγκριτική μελέτη επιλέχθηκε εκείνο που βελτιστοποιεί τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Τέλος, παρουσιάζονται τα στοιχεία του προτεινόμενου σεναρίου, η τελική διαστασιολόγηση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού στο κτίριο καθώς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται μια εισαγωγή στο πρόβλημα κλιματισμού που υπάρχει στο Νοσοκομείο Σητείας καθώς και μια σύντομη περιγραφή του κτιρίου και του ήδη υπάρχοντος συστήματος κλιματισμού. Ακόμη, παρατίθενται οι λόγοι επιλογής ενός από τα 8 κτίρια του Νοσοκομείου, για την εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται στοιχεία που περιγράφουν τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα τυπικό σύστημα ηλιακού κλιματισμού, καθώς επίσης και τις διαθέσιμες τεχνολογίες που υπάρχουν.

Στο κεφάλαιο 3 αναπτύσσεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή της μελέτης ηλιακού κλιματισμού.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η εφαρμογή της μελέτης ηλιακού κλιματισμού στο υπό μελέτη κτίριο. Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται η προσομοίωση του κτιρίου με τα λογισμικά Prebid, SimCad, TRNSYS και SACE. Στη συνέχεια, από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, εξετάζονται τέσσερα σενάρια. Διεξάγεται συγκριτική μελέτη, επιλέγεται το προτεινόμενο σενάριο και πραγματοποιείται η τελική διαστασιολόγηση του συστήματος.

Τέλος, στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από τη μελέτη ηλιακού κλιματισμού στο συγκεκριμένο κτίριο καθώς και κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## **Abstract**

Over the last years, there has been a great concern about the condition of the environment worldwide. Energy consumption is increasing dramatically and as a result there is a worsening of the greenhouse effect that finally contributes to the increase of the average temperature of the planet. The air conditioning of buildings contributes to this phenomenon, as great amounts of CO<sub>2</sub> are emitted into the atmosphere by conventional air conditioning systems. On the other hand, air conditioning is necessary for comfort reasons of living.

To cope with these problems, this project presents the application of solar air conditioning to one of the 8 buildings of the Hospital of Sitia in Crete.

Firstly, the information (e.g construction materials of the building, internal gains) needed for the simulation of the building were collected and used as inputs for the Prebid program. Secondly, the programs SimCad, TRNSYS and SACE were run for the energy simulation of the building. The results of the programs were used to study four alternative scenarios. A financial study of the expenses and a study in which environmental benefits are evaluated, were made in order to choose the scenario which optimizes both of them. Finally, the results and data regarding the selected scenario are presented, as well as the conclusions of the application of solar air conditioning in the particular building.

In chapter 1, an introduction to the problem of air conditioning systems that already exist in the hospital is presented. A brief description of the building and a description of the already existing air conditioning system are made. Furthermore, the reasons why the particular building was chosen among the 8 of the hospital, in order to apply the solar air conditioning system, are mentioned.

In chapter 2, there is a description of the function of air conditioning systems and the available technologies that are used for this application.

In chapter 3, a development of the methodology that was followed in order to conduct the application of solar air conditioning in the building is given.

In chapter 4, the application of solar air conditioning in the particular building is presented. Analytically, the simulation of the building made by the programs Prebid, SimCad, TRNSYS and SACE is conducted. Then, four alternative scenarios are presented and after a financial and environmental study, the scenario which optimizes both of them, is chosen.

Finally, in chapter 5, there are the conclusions that come from this project and some suggestions for further research in the future.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ</b>	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Το υπό μελέτη κτίριο	2
1.3 Περιγραφή υπάρχοντος συστήματος κλιματισμού	2
1.4 Λόγοι εφαρμογής ηλιακού κλιματισμού στο υπό μελέτη κτίριο B	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ</b>	<b>6</b>
2.1 Εισαγωγή	6
2.2 Σύστημα κλειστού κύκλου	7
2.2.1 Ψύκτης απορρόφησης (absorption)	8
2.2.1.1 Σύστημα βρωμιούχου λιθίου-νερού	9
2.2.1.2 Σύστημα αμμωνίας-νερού	10
2.2.2 Ψύκτης προσρόφησης (adsorption)	10
2.3 Σύστημα ανοικτού κύκλου	11
2.4 Ηλιακοί συλλέκτες	12
2.5 Σύστημα εξοπλισμού ηλιακού κλιματισμού	13
2.6 Παραδείγματα εφαρμογών	14
2.7 Πλεονεκτήματα των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού	18
2.8 Επιπτώσεις από τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>19</b>
3.1 Εισαγωγή	19
3.2 Συλλογή των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής	19
3.3 Μελέτη κτιρίου	20
3.3.1 Συλλογή δεδομένων	20
3.3.2 Σχεδιασμός του προφίλ του κτιρίου	20
3.3.3 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης στο λογισμικό Prebid	20
3.3.3.1 Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τους τοίχους	21
3.3.3.2 Απαιτήσεις εξαερισμού	21
3.3.3.3 Διείσδυση αέρα	22
3.3.3.4 Εσωτερικές πηγές θερμότητας	23
3.3.3.5 Ωρες λειτουργίας	24
3.3.3.6 Τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας	24
3.4 Προσομοίωση θερμικής και ψυκτικής συμπεριφοράς του κτιρίου στο λογισμικό TRNSYS	25
3.5 Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση	26
3.6 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης	26
3.7 Επιλογή συστήματος ηλιακού κλιματισμού	27
3.7.1 Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη	27
3.7.2 Γωνία κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού	27
3.7.3 Επιλογή τύπου ψύκτη	27
3.7.4 Θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος	27
3.7.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών	27
3.8 Μελέτη σκοπιμότητας (SACE)	28
3.9 Διεξαγωγή διαφόρων σεναρίων	28
3.10 Διαστασιολόγηση του συστήματος	29
3.11 Αποτελέσματα σεναρίων και συγκριτική μελέτη	29
3.12 Τελική επιλογή σεναρίου	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ</b>	<b>31</b>

4.1 Το υπό μελέτη κτίριο .....	31
4.1.1 Υλικά κατασκευής του κτιρίου.....	32
4.2 Σχεδιασμός του προφίλ του κτιρίου (SimCad).....	33
4.3 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης.....	36
4.3.1 Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τους τοίχους.....	36
4.3.2 Απαιτήσεις εξαερισμού.....	36
4.3.3 Διείσδυση αέρα.....	37
4.3.4 Εσωτερικές πηγές θερμότητας .....	37
4.3.5 Ώρες λειτουργίας.....	38
4.3.6 Τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας .....	38
4.4 Προσομοίωση θερμικής και ψυκτικής συμπεριφοράς του κτιρίου.....	39
4.5 Υπολογισμός απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση .....	40
4.6 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης.....	43
4.7 Επιλογή συστήματος ηλιακού κλιματισμού .....	46
4.8 Επιλογή εξοπλισμού και παραμέτρων λειτουργίας.....	46
4.8.1 Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη .....	46
4.8.2 Γωνία κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού ..	47
4.8.3 Επιλογή τύπου ψύκτη .....	47
4.8.4 Θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος.....	48
4.8.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών .....	48
4.9 Μελέτη σκοπιμότητας (SACE) .....	48
4.10 Διεξαγωγή διαφόρων σεναρίων .....	55
4.11 Αποτελέσματα σεναρίων και διαστασιολόγηση του συστήματος.....	57
4.12 Συγκριτική μελέτη σεναρίων .....	60
4.13 Σχολιασμός αποτελεσμάτων συγκριτικής μελέτης σεναρίων .....	63
4.14 Τελική επιλογή σεναρίου .....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ</b>	
<b>ΕΡΕΥΝΑ .....</b>	<b>65</b>
5.1 Συμπεράσματα από τη μελέτη εφαρμογής ηλιακού κλιματισμού στο κτίριο B.....	65
5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	68
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>70</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – TRNSYS .bui input file.....</b>	<b>72</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Μοντέλο του TRNSYS.....</b>	<b>98</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - TRNSYS report file .....</b>	<b>122</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - TRNSYS output file .....</b>	<b>146</b>



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1: Απεικόνιση του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου και του φορτίου ψύξης που παρέχεται από το σύστημα κατά την τελευταία εβδομάδα του Ιουλίου.....	14
Διάγραμμα 2.2: Μηνιαία απόδοση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού όπως υπολογίστηκε από το TRNSYS κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Μάιος-Οκτώβρης).....	17
Διάγραμμα 4.1: Ισχύς ολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης συναρτήσει του χρόνου.....	36
Διάγραμμα 4.2: Μέσες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου συναρτήσει του χρόνου.....	36
Διάγραμμα 4.3: Απαιτούμενη ενέργεια για κάθε θερμική ζώνη συναρτήσει του χρόνου.....	37
Διάγραμμα 4.4: Θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης συναρτήσει του χρόνου.....	37
Διάγραμμα 4.5: Μέγιστες τιμές φορτίων ψύξης συναρτήσει του χρόνου.....	39
Διάγραμμα 4.6: Μέγιστες τιμές φορτίων θέρμανσης συναρτήσει του χρόνου.....	40
Διάγραμμα 4.7: Θερμοκρασία συναρτήσει της απόδοσης των συλλεκτών και του ψύκτη.....	43
Διάγραμμα 4.8: Διάγραμμα ποσοστού ψύξης από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών.....	47
Διάγραμμα 4.9: Διάγραμμα ποσοστού θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών.....	48
Διάγραμμα 4.10: Διάγραμμα ποσοστού συνολικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών.....	49
Διάγραμμα 4.11: Διάγραμμα απαιτούμενης ενέργειας ανά 12m <sup>2</sup> κλιματιζόμενου χώρου συναρτήσει της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας ανά m <sup>2</sup> συλλέκτη.....	50
Διάγραμμα 4.12: Ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας.....	51

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού.....	6
Σχήμα 2.2: Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη απορρόφησης.....	8
Σχήμα 2.3: Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη προσρόφησης.....	11
Σχήμα 4.1: Απεικόνιση του κτιρίου B με το SimCad.....	29
Σχήμα 4.2: Μοντέλο του προγράμματος TRNSYS.....	35

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.2: Στοιχεία συστήματος κλιματισμού του Νοσοκομείου Σητείας.....	3
Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμοκίνητων ψυκτικών συστημάτων (ΚΑΠΕ, 2004).....	7
Πίνακας 2.2: Τεχνικές πληροφορίες ηλιακών συλλεκτών (ΚΑΠΕ, 2004).....	12
Πίνακας 3.1: Απορρόφηση ακτινοβολίας σε σχέση με το χρώμα των τοίχων.....	17
Πίνακας 3.2: Απαιτήσεις αερισμού κτιρίων (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86).....	18
Πίνακας 3.3: Αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα που παράγεται ανάλογα με την ανθρώπινη δραστηριότητα ( TRNSYS manual).....	19
Πίνακας 3.4: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86).....	20
Πίνακας 3.5: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86).....	21
Πίνακας 4.1: Υλικά κατασκευής του κτιρίου.....	28
Πίνακας 4.2: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του ισογείου.....	30
Πίνακας 4.3: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του 1ου ορόφου.....	30
Πίνακας 4.4: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του 2ου ορόφου.....	31
Πίνακας 4.5: Μέσες τιμές αερισμού σε κάθε θερμική ζώνη.....	32
Πίνακας 4.6: Μέσες τιμές παραμέτρων του ισογείου.....	33
Πίνακας 4.7: Μέσες τιμές παραμέτρων του 1ου ορόφου.....	34
Πίνακας 4.8: Μέσες τιμές παραμέτρων του 2ου ορόφου.....	34
Πίνακας 4.9: Μηνιαίες και ετήσιες ενέργειες.....	38
Πίνακας 4.10: Ισχύς του ψύκτη.....	39
Πίνακας 4.11: Ισχύς του λέβητα.....	40
Πίνακας 4.12: Χαρακτηριστικά των τεσσάρων διαφορετικών ηλιακών συλλεκτών ..	41
Πίνακας 4.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυκτών απορρόφησης.....	42
Πίνακας 4.14: Αποτελέσματα του προγράμματος SACE.....	45
Πίνακας 4.15: Πίνακας σεναρίων.....	51
Πίνακας 4.16: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 1ο σενάριο.....	52
Πίνακας 4.17: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 2ο σενάριο.....	53
Πίνακας 4.18: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 3ο σενάριο.....	54
Πίνακας 4.19: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 4ο σενάριο.....	54
Πίνακας 4.20: Οικονομικά στοιχεία.....	55
Πίνακας 4.21: Δεδομένα εξοπλισμού συστήματος ηλιακού κλιματισμού.....	55
Πίνακας 4.22: Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας.....	56
Πίνακας 4.23: Ανάλυση επενδυτικού κόστους.....	56
Πίνακας 4.24: Ανάλυση ετήσιου λειτουργικού κόστους.....	57
Πίνακας 4.25: Χρόνος αποπληρωμής.....	57
Πίνακας 4.26: Ανάλυση περιβαλλοντικών οφελών.....	58
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το προτεινόμενο σενάριο.....	60
Πίνακας 5.2: οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη προτεινόμενου σεναρίου.....	61

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

## 1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια ιδιαίτερη ανησυχία παγκοσμίως για την κατάσταση του περιβάλλοντος. Η κατανάλωση ενέργειας ολοένα και αυξάνεται με αποτέλεσμα την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τελικά τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και του περιβάλλοντος. Η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι γεγονός και αυτό οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όσο και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ο κλιματισμός των κτιρίων ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη ρύπανση του περιβάλλοντος, αφού απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα βλαβερά ψυκτικά αέρια από τα συμβατικά συστήματα ψύξης. Από την άλλη μεριά, είναι απαραίτητος για τις ανάγκες διαβίωσης εφόσον η μέση θερμοκρασία του πλανήτη αυξάνεται (Holmes and Hacker, 2007).

Συνεπώς, είναι αναγκαίο να βρεθεί μια μέση λύση στο πρόβλημα αυτό. Σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση του προβλήματος παίζει η εκμετάλλευση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική, υδροηλεκτρική κτλ.). Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, θα γίνει λόγος για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με σκοπό τον κλιματισμό των κτιρίων.

Ο ηλιακός κλιματισμός δεν εφαρμόζεται ευρέως επειδή είναι μια σχετικά καινούρια τεχνολογία, αλλά κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού επενδυτικού κόστους. Ωστόσο, έχει αρχίσει να διεισδύει στην αγορά και αναμένεται να κερδίσει έδαφος τα επόμενα χρόνια. Τα περισσότερα συστήματα ηλιακού κλιματισμού έχουν εγκατασταθεί στη Γερμανία, την Ισπανία και την Ελλάδα. Παρόλο που έχουν σχετικά μεγάλο χρόνο αποπληρωμής, είναι συστήματα φιλικά προς το περιβάλλον και έχουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος από τα συμβατικά. Τα καλύτερα εγκατεστημένα συστήματα έχουν μια περίοδο αποπληρωμής που κυμαίνεται από 6 έως πάνω από 20 χρόνια, σύμφωνα με πρόσφατες τιμές ενέργειας (El Asmar, 2008).

Στην Ελλάδα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται σημαντικά εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης των κλιματιστικών μονάδων. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας και συμβάλλει στην αύξηση των εκπομπών του CO<sub>2</sub>. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για εφαρμογές ηλιακού κλιματισμού συμβαδίζει σε σημαντικό βαθμό με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Tsoutsos et al, 2003).

## 1.2 Το υπό μελέτη κτίριο

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην πόλη της Σητείας (νομός Λασιθίου, Κρήτη) στην περιοχή Ξεροκαμάρες. Ανήκει στις κτιριακές εγκαταστάσεις του Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου – Κέντρου Υγείας Σητείας. Το Νοσοκομείο κατασκευάστηκε το 1994 και αποτελείται από 8 κτίρια τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους. Το υπό μελέτη κτίριο είναι το κτίριο Β (εικόνα 1.2) και έχει συνολική επιφάνεια 1.250 m<sup>2</sup>. Στεγάζει τη μαιευτική κλινική στο ισόγειο, την καρδιολογική και παθολογική στον πρώτο όροφο και την παιδιατρική κλινική στο δεύτερο όροφο.



Εικόνα 1.2: Νοσοκομείο Σητείας

Οι ανάγκες του κτιρίου Β σε κλιματισμό είναι αυξημένες λόγω της συνεχούς λειτουργίας του Νοσοκομείου και της μεγάλης επισκεψιμότητας, αφού το κτίριο στεγάζει τους θαλάμους των ασθενών. Επιπλέον, οι υψηλές θερμοκρασίες κατά την καλοκαιρινή περίοδο συμβάλλουν σ' αυτή την κατάσταση.

## 1.3 Περιγραφή υπάρχοντος συστήματος κλιματισμού

Το ήδη υπάρχον εγκατεστημένο σύστημα κλιματισμού του Νοσοκομείου περιλαμβάνει 2 κεντρικές μονάδες ψύξης (CARRIER) συνολικής ισχύος 250 kW και 50 αυτόνομα κλιματιστικά (fan coil) συνολικής ηλεκτρικής ισχύος 190 kW. Σε περίπτωση διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος, επέρχεται κάλυψη των φορτίων μέσω ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ισχύος 500 KVA, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς του Νοσοκομείου είναι 1400 KVA.

Τα ηλεκτρικά φορτία έχουν χωριστεί σε τρεις ομάδες ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας τους από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος σε περίπτωση βλάβης της ΔΕΗ. Συγκεκριμένα είναι:

- τα φορτία που καλύπτονται άμεσα με αυτόματη μεταγωγή
- τα φορτία που καλύπτονται εφόσον υπάρχει επάρκεια ισχύος με χειροκίνητη μεταγωγή
- τα φορτία που δεν καλύπτονται

Στα φορτία που καλύπτονται με χειροκίνητη μεταγωγή, εκτός των άλλων, περιλαμβάνεται και ο ένας από τους δύο ψύκτες κλιματισμού.

Το πρόβλημα εμφανίζεται τους καλοκαιρινούς μήνες όπου υπάρχει αυξημένη ζήτηση ισχύος λόγω της λειτουργίας του ψύκτη κλιματισμού, οπότε είναι αδύνατο να τροφοδοτηθούν τα φορτία που καλύπτονται με χειροκίνητη μεταγωγή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μη λειτουργεί ο δεύτερος ψύκτης κλιματισμού και κατά συνέπεια να μην υπάρχει πλήρης λειτουργία των υπάρχοντων εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Με δεδομένο το γεγονός ότι οι διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι συχνές και με μεγάλη χρονική διάρκεια, το πρόβλημα που δημιουργείται στην ομαλή λειτουργία του Νοσοκομείου είναι έντονο.

Στον πίνακα 1.2 παρατίθενται κάποια στοιχεία του υπάρχοντος συμβατικού συστήματος κλιματισμού των χώρων του Νοσοκομείου Σητείας:

**Πίνακας 1.2: Στοιχεία συστήματος κλιματισμού του Νοσοκομείου Σητείας**

	<b>Κεντρικός κλιματισμός</b>	<b>Αυτόνομος κλιματισμός</b>
<b>Αριθμός μονάδων</b>	2	50
<b>Συνολική ισχύς (kW)</b>	250	190
<b>Ώρες λειτουργίας την ημέρα (μέσος όρος)</b>	6	10

#### **1.4 Λόγοι εφαρμογής ηλιακού κλιματισμού στο υπό μελέτη κτίριο Β**

Όπως τονίστηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, το πρόβλημα κλιματισμού στο Νοσοκομείο Σητείας είναι έντονο. Η κατάσταση αυτή επικρατεί λόγω πολλών παραγόντων. Συγκεντρωτικά:

- Ο ήδη υπάρχον κλιματισμός δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του Νοσοκομείου (και ακόμη περισσότερο του κτιρίου Β όπου βρίσκονται οι ασθενείς) κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ συχνές, με αποτέλεσμα το εφεδρικό σύστημα να μην μπορεί να τροφοδοτήσει και τους δύο ψύκτες και το σύστημα κλιματισμού να μη λειτουργεί σε όλα τα κτίρια του Νοσοκομείου.

- Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αυξάνουν τη ζήτηση για την κάλυψη των αναγκών για κλιματισμό των χώρων.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, είναι αναγκαίο να δοθεί μια λύση στο πρόβλημα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού θα μπορούσε να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα πρόταση για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Ωστόσο, με τη μελέτη σκοπιμότητας (κεφάλαιο 4) θα αποδειχθεί κατά πόσο η εφαρμογή αυτή είναι συμφέρουσα.

Επιλέγεται να μελετηθεί η εφαρμογή ηλιακού κλιματισμού στο κτίριο Β και όχι σε όλο το κτιριακό συγκρότημα του Νοσοκομείου, λόγω της μεγάλης έκτασής του και της πολυπλοκότητας των κτιρίων. Μια μελέτη που να αφορά ολόκληρες τις κτιριακές εγκαταστάσεις του Νοσοκομείου Σητείας, ξεφεύγει από τα όρια εκπόνησης μιας διπλωματικής εργασίας.

Οι λόγοι εφαρμογής του ηλιακού κλιματισμού στο συγκεκριμένο κτίριο αφορούν τόσο τη θέση του όσο και κάποιες ανάγκες του κτιρίου. Αναλυτικότερα:

- Το κτίριο Β στεγάζει κλινικές στις οποίες υπάρχει μεγάλη επισκεψιμότητα (εικόνα 1.3) καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου είναι απαραίτητος ο κλιματισμός των χώρων και οι θάλαμοι των ασθενών είναι γεμάτοι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι ανάγκες του κτιρίου Β σε κλιματισμό να είναι πολύ μεγαλύτερες από τα υπόλοιπα κτίρια του συγκροτήματος.
- Το κλίμα της περιοχής ευνοεί την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών, αφού υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.
- Οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης σε κλιματισμό, πράγμα απαραίτητο για την υγεία των ασθενών και την ομαλή λειτουργία των κλινικών.
- Η καλοκαιρινή περίοδος είναι αυτή στην οποία υπάρχει η μεγαλύτερη ανάγκη για κλιματισμό αλλά ταυτόχρονα και αυτή που μεγιστοποιούνται και τα φορτία ηλιακής ενέργειας, πράγμα που οδηγεί στην καλύτερη απόδοση του συστήματος κλιματισμού.
- Το κτίριο βρίσκεται σε νησί, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει γενικότερα έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας και ο ηλιακός κλιματισμός θα βοηθούσε να ανατραπεί αυτή η κατάσταση.
- Με την εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού, επιτυγχάνεται και η διάδοση της τεχνολογίας σε μια περιοχή που έχει ανάγκη αλλά και δυνατότητες για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.
- Στην περιοχή υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον από τοπικούς φορείς για εγκαταστάσεις τέτοιων συστημάτων.



Εικόνα 1.3: Περιοχή ευθύνης του Νοσοκομείου Σητείας  
[www.ghsifia.gr](http://www.ghsifia.gr)

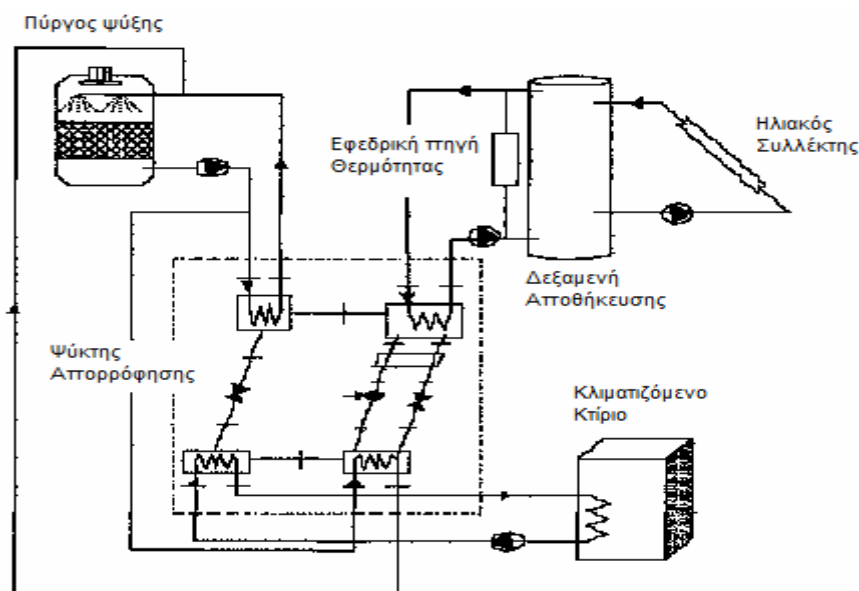
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

### 2.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η διάδοση της τεχνολογίας των ηλιακών συστημάτων για κλιματισμό των χώρων είναι ταχύτατη και τα συστήματα αυτά διεισδύουν όλο και περισσότερο στην αγορά. Αυτό συμβαίνει λόγω της ανάγκης για την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς είναι συστήματα πιο φιλικά σ' αυτό απ' ό,τι τα συμβατικά. Επιπλέον, η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην εξέλιξή τους και ταυτόχρονα υπάρχει αρκετή εμπειρία από την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων (Balaras et al, 2005).

Ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού περιλαμβάνει ηλιακούς συλλέκτες, θερμοκίνητους ψύκτες (απορρόφησης ή προσρόφησης), πύργο ψύξης, δεξαμενές αποθήκευσης και μια εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητας).

Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και θερμαίνει το νερό το οποίο οδηγείται στη δεξαμενή αποθήκευσης. Στη συνέχεια, κυκλοφορεί προς τον ψύκτη όπου ψύχεται και μέσω δικτύου καταλήγει στους χώρους για τον κλιματισμό τους. Σε περίπτωση που η συλλεγμένη ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί για την κάλυψη του απαιτούμενου φορτίου, ο ψύκτης οδηγείται από την εφεδρική πηγή θερμότητας (Vidal et al, 2006). Στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται μία τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού.







Σχήμα 2.1: Τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού

Το βασικότερο μέρος ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι ο θερμοκίνητος ψύκτης. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά των ψυκτών (απορρόφησης ή προσρόφησης) όπως ο συντελεστής απόδοσης και η θερμοκρασία



αναγέννησης, ανάλογα με την τεχνολογία κλιματισμού που επιλέγεται (συστήματα κλειστού ή ανοικτού κύκλου).

**Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμοκίνητων ψυκτικών συστημάτων (ΚΑΠΕ, 2004)**

Μέθοδος	Κλειστού Κύκλου		Ανοικτού Κύκλου	
Ψυκτικός κύκλος	Κλειστός ψυκτικός κύκλος		Ψυκτικό μέσο (νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα	
Αρχή	Ψυχρό νερό υπό εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	νερό - silica gel	νερό -βρωμιούχο λίθιο αμμωνία - νερό	νερό - silica gel νερό - χλωριούχο ασβέστιο	νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτης προσρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική ικανότητα (kW)	50 - 430 kW	15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (ανά μονάδα)	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	60 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95 °C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

Για την περιγραφή της απόδοσης των θερμοκίνητων ψυκτών χρησιμοποιείται ο συντελεστής απόδοσης COP (Coefficient of Performance) ο οποίος ορίζεται ως η παραγόμενη θερμότητα που απορρίπτεται από το κύκλωμα ψυχρού νερού προς τη θερμότητα αναγέννησης.

$$COP_{\text{thermal}} = Q_{\text{cold}} / Q_{\text{heat}}$$

Ο συντελεστής απόδοσης COP διαφέρει στην περίπτωση ενός συμβατικού, ηλεκτροκίνητου ψύκτη συμπίεσης, που ορίζεται ως:

$$COP_{\text{conv}} = Q_{\text{cold}} / E_{\text{electric}}$$

Όπου  $E_{\text{electric}}$  είναι η ηλεκτρική κατανάλωση του ψύκτη.

## 2.2 Σύστημα κλειστού κύκλου

Το σύστημα κλειστού κύκλου περιλαμβάνει θερμοκίνητους ψύκτες που παρέχουν ψυχρό νερό. Το νερό είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για

να παρέχει πλήρως κλιματισμένο αέρα (ψυχρό, ξηρό) είτε διανέμεται μέσω ενός δικτύου ψυχρού νερού σε καθορισμένους χώρους για να ενεργοποιήσει τις τοπικές εγκατεστημένες μονάδες των δωματίων (π.χ. fan coils). Στην αγορά σήμερα υπάρχουν διαθέσιμοι οι ψύκτες απορρόφησης (πιο κοινοί) και οι ψύκτες προσρόφησης (μερικές εκατοντάδες συστήματα παγκοσμίως, αλλά συνεχώς αυξανόμενου ενδιαφέροντος για τον ηλιακό κλιματισμό) (El Asmar, 2008).

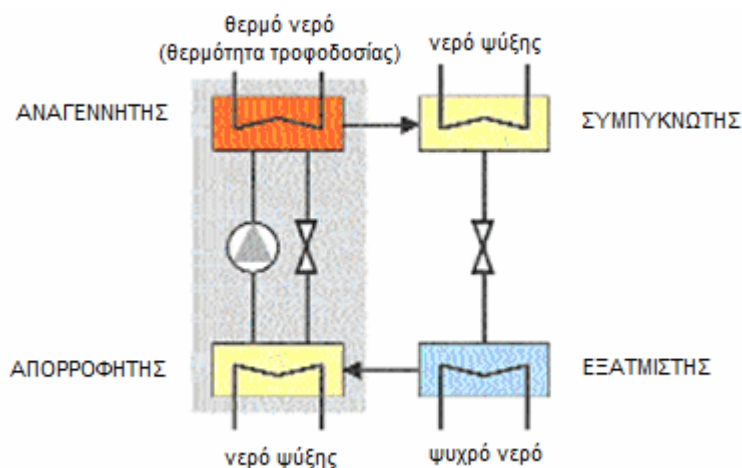
### 2.2.1 Ψύκτης απορρόφησης (absorption)

Οι ψύκτες απορρόφησης είναι οι πιο διαδεδομένοι ψύκτες παγκοσμίως. Η θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται με τη χρήση υγρού διαλύματος ψυκτικού μέσου/ροφητικού υλικού και πηγή θερμότητας, αντικαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός μηχανικού συμπιεστή.

Για ψυχρό νερό άνω των  $0^{\circ}\text{C}$ , τυπικά χρησιμοποιείται ένα υγρό διάλυμα  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ , με το νερό ως ψυκτικό μέσο και το  $\text{LiBr}$  ως απορροφητικό υλικό. Για εφαρμογές όπου το νερό είναι σε θερμοκρασία κάτω από  $0^{\circ}\text{C}$ , χρησιμοποιείται διάλυμα  $\text{H}_2\text{O/NH}_3$ , με το νερό να αποτελεί το απορροφητικό υλικό και την αμμωνία το ψυκτικό μέσο (Balghouthi et al, 2008).

Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν εσωτερική αντλία για το διάλυμα, καταναλώνοντας όμως μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Στη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης με διάλυμα  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ , η κρυστάλλωση του διαλύματος πρέπει να αποφευχθεί με εσωτερικό έλεγχο της θερμοκρασίας απόρριψης θερμότητας στη μηχανή. Η κύρια αιτία του φαινομένου της κρυστάλλωσης είναι η διαρροή αέρα στον ψύκτη, η οποία οδηγεί στην αύξηση της πίεσης στον εξατμιστή, άρα και την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμότητα στον αναγεννητή και να δημιουργούνται υψηλές συγκεντρώσεις που οδηγούν στην κρυστάλλωση του  $\text{LiBr}$  (Balghouthi et al, 2008).

Τα κύρια σημεία ενός ψύκτη απορρόφησης είναι εξατμιστής, ο απορροφητής, ο αναγεννητής και ο συμπυκνωτής (σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη απορρόφησης

Η ψύξη βασίζεται στην εξάτμιση του ψυκτικού μέσου (νερό) στον εξατμιστή σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο απορροφάται στον απορροφητή, αραιώνοντας το διάλυμα  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$  (για να καταστεί η διαδικασία απορρόφησης αποδοτική, απαιτείται ψύξη σε αυτό το στάδιο της διεργασίας). Το διάλυμα αντλείται συνεχώς στον αναγεννητή (γεννήτρια ατμού), όπου επιτυγχάνεται η αναγέννηση του διαλύματος χρησιμοποιώντας θερμότητα (θερμότητα αναγέννησης/τροφοδοσίας) (π.χ. ζεστό νερό από ηλιακά). Το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια, συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και κυκλοφορεί με τη βοήθεια μιας στραγγαλιστικής/εκτονωτικής βαλβίδας πάλι στον εξατμιστή (Τσούτσος Θ., Κορμά Ε., Κράγιωργας Μ., Δρόσου Β., Αηδόνης Α., 2004).

Η ονομαστική ψυκτική ικανότητα των ψυκτών απορρόφησης είναι της τάξης αρκετών εκατοντάδων kW. Τροφοδοτούνται κυρίως μέσω κεντρικής θέρμανσης, απορριπτόμενης θερμότητας ή θερμότητας από συμπαραγωγή. Η απαιτούμενη θερμοκρασία της θερμικής πηγής είναι συνήθως πάνω από  $80^\circ\text{C}$  για τις μηχανές μονής βαθμίδας ενώ ο συντελεστής απόδοσης COP (Coefficient of Performance) είναι της τάξης του 0,6 έως 0,8. Μηχανές διπλής βαθμίδας με δύο στάδια συμπίεσης, απαιτούν θερμοκρασία άνω των  $140^\circ\text{C}$ , αλλά ο COP μπορεί να επιτύχει τιμές μέχρι και 1,2 (Balghouthi et al, 2008).

Υπάρχουν επίσης διαθέσιμοι κάποιοι ψύκτες απορρόφησης ψυκτικής ισχύος κάτω των 50 kW. Τέτοιες μικρές μονάδες χρησιμοποιούνται συχνά στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού με ψύκτες απορρόφησης. Ένας πρόσφατα αναπτυγμένος τύπος ψυκτών, μικρής ισχύος, επιτρέπει λειτουργία μερικού φορτίου με μειωμένη ψυκτική ισχύ σε θερμοκρασίες αναγέννησης  $65^\circ\text{C}$  και με COP περίπου 0,7. Αυτό δείχνει πως υπάρχει περαιτέρω δυνατότητα για βελτίωση της απόδοσης των ψυκτών απορρόφησης (Τσούτσος Θ., Κορμά Ε., Κράγιωργας Μ., Δρόσου Β., Αηδόνης Α., 2004).

### 2.2.1.1 Σύστημα βρωμιούχου λιθίου-νερού

Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται υγρό διάλυμα  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ , όπου το νερό είναι το ψυκτικό μέσο και το LiBr το απορροφητικό υλικό.

Μια ποσότητα θερμότητας που παρέχεται από τη γεννήτρια μεταφέρεται στο νερό που είναι στον εξατμιστή σε μια σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Η θερμότητα αυτή προκαλεί βρασμό στο ψυκτικό μέσο-νερό το οποίο αρχίζει να θερμαίνεται και να εξατμίζεται. Το παραμένον νερό ψύχεται και χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό του χώρου.

Το εξατμισμένο νερό περνά στον απορροφητή και απορροφάται από το LiBr. Ο ψυκτικός ατμός συλλέγει τη θερμότητα από τον εξατμιστή και τη μεταφέρει στο απορροφητικό υλικό με αποτέλεσμα ο ατμός να μετατρέπεται πάλι σε υγρό κατά την πρόοδο της διαδικασίας. Εφόσον τώρα και τα δύο συστατικά  $\text{H}_2\text{O/LiBr}$  είναι στην υγρή φάση, οδηγούνται στον αναγεννητή. Εκεί, το υγρό διάλυμα θερμαίνεται μέχρι το νερό να αρχίσει να εξατμίζεται και να διαχωριστεί από το LiBr. Στη συνέχεια, το LiBr κατευθύνεται στο συμπυκνωτή. Οι ατμοί του νερού περνούν και αυτοί στο συμπυκνωτή και μετατρέπονται πάλι σε υγρό μεταφέροντας μια ποσότητα

θερμότητας σε μεσαία θερμοκρασία. Στη συνέχεια, το νερό ρέει μέσω μιας βαλβίδας εκτόνωσης στον εξατμιστή, όπου ένα μέρος του εξατμίζεται και περνά στον απορροφητή για να επαναληφθεί ο κύκλος (Balghouthi et al, 2008).

#### **2.2.1.2 Σύστημα αμμωνίας-νερού**

Η διαδικασία του κύκλου λειτουργίας αυτών των συστημάτων είναι η ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω στα συστήματα που χρησιμοποιούν ως υγρό διάλυμα το LiBr-H<sub>2</sub>O. Η μόνη διαφορά στη λειτουργία είναι ότι σ' αυτή την περίπτωση το νερό αποτελεί το ροφητικό υλικό και η αμμωνία το ψυκτικό μέσο (Balghouthi et al, 2005).

Ένα πλεονέκτημα της αμμωνίας ως ψυκτικό μέσο είναι ότι η επιτρεπόμενη θερμοκρασία ψύξης είναι πολύ χαμηλότερη (η θερμοκρασία ψύξης της NH<sub>3</sub> είναι -77 °C). Ωστόσο, η τοξικότητα της αμμωνίας είναι ο παράγοντας που έχει περιορίσει τη χρήση της (Balghouthi et al, 2008).

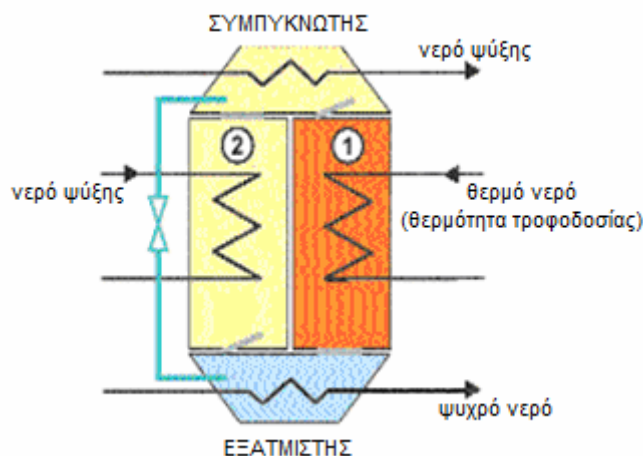
#### **2.2.2 Ψύκτης προσρόφησης (adsorption)**

Στην περίπτωση των ψυκτών προσρόφησης, αντί υγρού διαλύματος, χρησιμοποιούνται στερεά πορώδη ροφητικά υλικά. Τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα χρησιμοποιούν νερό ως ψυκτικό μέσο και silica gel ως προσροφητικό υλικό. Οι ψύκτες αποτελούνται από δύο χώρους προσροφητικού υλικού (που αναφέρονται ως 1 και 2 στο σχήμα 2.3), έναν εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή. Ενώ το προσροφητικό υλικό στο πρώτο διαμέρισμα αναγεννάται χρησιμοποιώντας ζεστό νερό από εξωτερική πηγή θερμότητας, π.χ. τον ηλιακό συλλέκτη, το προσροφητικό υλικό στο διαμέρισμα 2 προσροφά τους υδρατμούς που εισάγονται από τον εξατμιστή. Αυτός ο χώρος πρέπει να ψυχθεί προκειμένου να επιτραπεί συνεχής προσρόφηση. Το νερό στον εξατμιστή περνά στην αέρια φάση, θερμαινόμενο από το εξωτερικό κύκλωμα νερού. Στην πραγματικότητα, εδώ παράγεται η χρήσιμη ψυκτική ισχύς. Εάν η ψυκτική ικανότητα μειωθεί σε μια ορισμένη τιμή λόγω της πλήρωσης του ροφητικού υλικού στον προσροφητή, οι θάλαμοι αντιστρέφουν τη λειτουργία τους (Zhai and Wang, 2008).

Μέχρι σήμερα, μόνο κάποιοι Ασιάτες κατασκευαστές παράγουν ψύκτες προσρόφησης. Υπό τυπικές συνθήκες λειτουργίας με θερμοκρασία αναγέννησης περίπου 80°C, τα συστήματα επιτυγχάνουν COP περίπου 0,6 αλλά είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ακόμη και σε θερμοκρασίες αναγέννησης της τάξης των 60°C. Η ψυκτική τους ικανότητα κυμαίνεται από 50-500 kW.

Η απλότητα κατασκευής των ψυκτών προσρόφησης και η αναμενόμενη μηχανική αντοχή τους είναι σημαντικά πλεονεκτήματα. Δεν υπάρχει περιορισμός στη θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, καθώς δεν υφίσταται κανένας κίνδυνος κρυστάλλωσης. Δεν υπάρχει εσωτερική αντλία διαλύματος και ως εκ τούτου η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται είναι ελάχιστη.

Μειονεκτήματα αυτού του τύπου των ψυκτών είναι ο συγκριτικά μεγάλος όγκος και το βάρος τους. Επιπλέον, λόγω του μικρού αριθμού παραγόμενων μονάδων, η τιμή των ψυκτών προσρόφησης παραμένει υψηλή. Υπάρχει μεγάλη δυνατότητα, στις επόμενες γενεές των ψυκτών προσρόφησης, για βελτίωση των εναλλακτών θερμότητας στα διαμερίσματα προσροφητών και κατά συνέπεια αναμένεται αξιοσημείωτη μείωση του όγκου και του βάρους τους (Τσούτσος Θ., Κορμά Ε., Κράγιωργας Μ., Δρόσου Β., Αηδόνης Α., 2004).



Σχήμα 2.3: Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη προσρόφησης

### 2.3 Σύστημα ανοικτού κύκλου

Τα συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου (desiccant) επιτρέπουν πλήρη κλιματισμό παρέχοντας ψυχρό και ξηρό αέρα σύμφωνα με τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης. Το ψυκτικό μέσο είναι πάντα νερό, δεδομένου ότι είναι σε άμεση επαφή με τον αέρα. Τα πιο κοινά συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου, χρησιμοποιούν έναν περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης με στερεό πορώδες ροφητικό υλικό (όπως silica gel χλωριούχο λίθιο), για το λόγο ότι το στερεό υλικό δεν μπορεί να ανακυκλοφορήσει μέσω αντλίας (El Asmar, 2008).

Ο όρος "ανοικτός" χρησιμοποιείται για να δείξει ότι το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα αφού παράσχει την ψύξη και εισάγεται νέα ποσότητα ψυκτικού μέσου μέσω ενός ανοιχτού βρόγχου.

Σ' αυτού του είδους τα συστήματα, ο αέρας επεξεργάζεται σε ένα αφυγραντή και περνά από διάφορα επιπλέον στάδια πριν φτάσει στον κλιματιζόμενο χώρο. Το ροφητικό υλικό αναγεννάται με τροφοδοσία αέρα ο οποίος έχει θερμανθεί στην απαιτούμενη θερμοκρασία από την ηλιακή ενέργεια. Τα περισσότερα συστήματα ανοικτού κύκλου που είναι διαθέσιμα στην αγορά, χρησιμοποιούν στερεό ροφητικό υλικό όπως το silica gel. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν υγρό ροφητικό υλικό είναι λιγότερο διαδεδομένα αλλά επίσης διαθέσιμα στην αγορά. Έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως την ικανότητα να αντλούν και να φιλτράρουν το desiccant, να





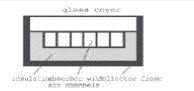
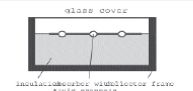
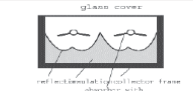

ψύχονται κατά τη διάρκεια της απορρόφησης και να θερμαίνονται κατά την αντίστροφη διαδικασία (Balaras et al, 2005).

## 2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Οι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες που διατίθενται στην αγορά παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 2.2. Τα συστήματα υψηλών θερμοκρασιών όπως οι παραβολικοί συλλέκτες με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου δε λαμβάνονται υπόψη. Στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, η διαφορά στη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών σε σχέση με τα ηλιακά συστήματα ζεστού νερού χρήσης είναι το υψηλό επίπεδο θερμοκρασίας, στο οποίο πρέπει να παρασχεθεί η χρήσιμη θερμότητα. Για τους θερμοκίνητους ψύκτες, η θερμοκρασία αναγέννησης είναι συνήθως άνω των 80°C, με ελάχιστη τιμή 60°C. Για τα συστήματα ψύξης desiccant, η θερμοκρασία αναγέννησης είναι από 55°C ως και 90°C.

Λόγω των υψηλών παροχών στο κύκλωμα θέρμανσης, η ιδανική στρωμάτωση στη δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού είναι δύσκολο να επιτευχθεί και έτσι η θερμοκρασία επιστροφής στον ηλιακό συλλέκτη είναι σχετικά υψηλή. Αυτό προκαλεί μερικούς περιορισμούς στην επιλογή του τύπου συλλεκτών. Συνεπώς, οι τυποποιημένοι επίπεδοι συλλέκτες και οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μέγιστο όφελος στα συστήματα desiccant. Στις διατάξεις που χρησιμοποιούν ψύκτη προσρόφησης ή απορρόφησης μονής βαθμίδας, η χρήση επίπεδων συλλεκτών επιλεκτικής επιφάνειας περιορίζεται σε περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Για τις άλλες περιοχές και για ψύκτες που απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες αναγέννησης, χρησιμοποιούνται συλλέκτες υψηλής απόδοσης, π.χ. συλλέκτες σωλήνων κενού. Από τα σταθερά συστήματα συλλεκτών, οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να επιτευχθούν με συλλέκτες σωλήνων κενού, χρησιμοποιώντας οπτική συγκέντρωση. Αυτή αποτελεί ενδιαφέρουσα επιλογή για τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που χρησιμοποιούν υψηλής απόδοσης ψύκτες απορρόφησης (διπλής βαθμίδας).

Πίνακας 2.2: Τεχνικές πληροφορίες ηλιακών συλλεκτών (ΚΑΠΕ, 2004)

Τύπος συλλεκτών	Ηλιακός συλλέκτης αέρα	Επίπεδος συλλέκτης	Σταθερός παραβολικός σύνθετος συλλέκτης	Συλλέκτης Σωλήνων Κενού
Σύντμηση	(Solar Air Collector) SAC	(Flat-Plate Collector) FPC	(Stationary Parabolic Compound Collector) CPC	Evacuated Tube Collector ETC: 1. Evacuated Tube with Heat Pipe EHP (με σωλήνα θερμότητας) 2. Evacuated Tube with Direct Flow EDF (απ'ευθείας ροής) 3. Sydney-type Evacuated Tube with Concentrator Reflector SYC (τύπος Sydney με συγκεντρωτικό ανακλαστήρα)
				
				
Αρχή λειτουργίας	Άμεση θέρμανση του αέρα	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη) Συγκέντρωση ακτινοβολίας χωρίς παρακολούθηση	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη)	Γυάλινος σωλήνας κενού για μείωση των θερμικών απωλειών
Κύρια εφαρμογή	Προθέρμανση του αέρα προσαγωγής	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης
Κύρια εφαρμογή στον ηλιακό κλιματισμό	Ανοικτά συστήματα ψύξης, π.χ. συστήματα ψύξης DEC	Συστήματα ψύξης DEC θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας θερμοκίνητοι ψύκτες διπλής βαθμίδας (SYC)

## 2.5 Σύστημα εξοπλισμού ηλιακού κλιματισμού

Μια τυπική διάταξη συστήματος ηλιακού κλιματισμού περιλαμβάνει επιπλέον τον παρακάτω εξοπλισμό:

### ➤ Δεξαμενή αποθήκευσης

Η δεξαμενή είναι απαραίτητη για την αποθήκευση του θερμαινόμενου νερού από την ηλιακή ενέργεια. Ουσιαστικά, αποθηκεύεται η θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες όταν αυτή περισσεύει και παρέχεται θερμότητα στον ψύκτη όταν η συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί.

### ➤ Εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητας)

Η εφεδρική πηγή θερμότητας είναι ένας καυστήρας πετρελαίου ή αερίου που χρησιμοποιείται για να καλύψει την απαιτούμενη θερμότητα για κλιματισμό το καλοκαίρι και την επιπλέον θερμότητα που απαιτείται για θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί.

## ➤ Πύργος ψύξης

Ο πύργος ψύξης χρησιμοποιείται για να μεταφέρει την απορριπτόμενη θερμότητα από τον θερμοκίνητο ψύκτη στο περιβάλλον.

## 2.6 Παραδείγματα εφαρμογών

Τα τελευταία χρόνια, αρκετά είναι τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που έχουν εγκατασταθεί ανά τον κόσμο. Οι χώρες που πρωτοστατούν στην εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων είναι η Γερμανία, η Ισπανία και η Ελλάδα (El Asmar, 2008). Στη συνέχεια, παρατίθενται κάποια παραδείγματα εφαρμογών εγκατάστασης συστημάτων ηλιακού κλιματισμού:

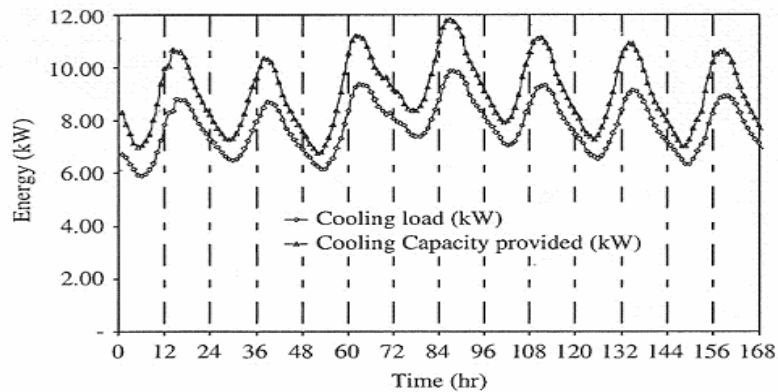
### ❖ Εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού σε κατοικία στην Τυνησία (Balghouthi et al, 2008)

Η μελέτη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε σε κατοικία συνολικής επιφάνειας 150 m<sup>2</sup>. Για την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό TRNSYS και τα μετεωρολογικά δεδομένα της πρωτεύουσας της Τυνησίας, Τύνιδα. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού που επιλέχθηκαν μετά τη διεξαγωγή της μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Ψύκτης απορρόφησης ισχύος 11 kW
- Σύστημα LiBr-H<sub>2</sub>O
- Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών 30 m<sup>2</sup>
- Βέλτιστη γωνία κλίσης συλλεκτών 35°
- Όγκος δεξαμενής αποθήκευσης 0,8 m<sup>3</sup>

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι η εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος είναι κατάλληλη κάτω από τις συνθήκες που επικρατούν στην Τυνησία. Παρόλο το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, η εφαρμογή αυτών των συστημάτων βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας από πετρέλαιο, επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά την περίοδο του καλοκαιριού καθώς επίσης μειώνεται η χρήση των CFCs. Στο διάγραμμα 2.1 απεικονίζονται τα ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας του Ιουλίου, όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη ζήτηση σε κλιματισμό:





**Διάγραμμα 2.1: Απεικόνιση του ψυκτικού φορτίου του κτιρίου και του φορτίου ψύξης που παρέχεται από το σύστημα κατά την τελευταία εβδομάδα του Ιουλίου**

❖ Εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στο πανεπιστήμιο Naresuan στην Ταϊλάνδη (Pongtornkulpanich et al, 2008)

Η μελέτη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε σε κτίριο (Εικόνα 2.1) που βρίσκεται στο School of Renewable Energy Technology (SERT) του Naresuan University στην Ταϊλάνδη. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι τα ακόλουθα:

- Ψύκτης απορρόφησης Yazaki WFC ισχύος 35 kW.
- Σύστημα LiBr-H<sub>2</sub>O.
- Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών 72 m<sup>2</sup>.
- 30 ηλιακοί συλλέκτες σωλήνων κενού.
- Όγκος δεξαμενής αποθήκευσης 0,4 m<sup>3</sup>.



**Εικόνα 2.1: Το υπό μελέτη κτίριο του SERT**

Η εγκατάσταση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε το έτος 2005 και από την έκτοτε πλήρη λειτουργία του εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα (χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του έτους 2006):

- Το μέσο ετήσιο ποσοστό κάλυψης του αναγκαίου ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια ανέρχεται στο 81%.
- Το υπόλοιπο 19% καλύπτεται από εφεδρική πηγή θερμότητας.
- Το μεγαλύτερο κόστος της επένδυσης προέκυψε από την αγορά των ηλιακών συλλεκτών και του ψύκτη απορρόφησης.
- Το συνολικό επενδυτικό κόστος ανέρχεται σε 114.900 \$.
- Το ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος ανέρχεται σε 1.710 \$.

❖ Εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στο Fraunhofer Institute στη Γερμανία (Ali et al, 2008)

Η μελέτη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε στο κτίριο (Εικόνα 2.2) του Fraunhofer Institute που βρίσκεται στο Oberhausen της Γερμανίας. Το κτίριο περιλαμβάνει εργαστήρια, αίθουσες συνεδριάσεων και γραφεία και η συνολική επιφάνεια για κλιματισμό είναι 270 m<sup>2</sup>. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι τα ακόλουθα:

- Ψύκτης απορρόφησης ισχύος 35,17 kW.
- Σύστημα LiBr-H<sub>2</sub>O.
- Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών 180 m<sup>2</sup>.
- 432 ηλιακοί συλλέκτες σωλήνων κενού.
- Όγκος δεξαμενής αποθήκευσης 6,8 m<sup>3</sup>.
- Πύργος ψύξης ισχύος 134 kW.



Εικόνα 2.2: Το υπό μελέτη κτίριο του Fraunhofer Institute

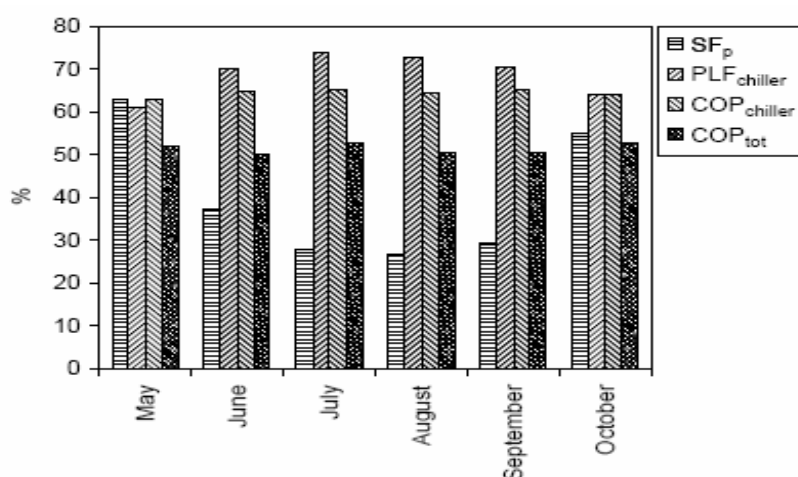
Η εγκατάσταση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε το έτος 2002. Από τη λειτουργία του για διάστημα 5 χρόνων (2002-2007), εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το ποσοστό ψύξης από ηλιακή ενέργεια μπορεί να φτάσει μέχρι και 70% σε κάποιους μήνες.
- Με την εφαρμογή αυτή, παρέχεται το 25% της ολικής απαίτησης σε ψύξη κατά τη διάρκεια λειτουργίας των 5 χρόνων.
- Οι συλλέκτες παρέχουν και ενέργεια για θέρμανση που ανέρχεται συνολικά σε 8125 kWh κατά την περίοδο των 5 χρόνων.

❖ Εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού σε δημόσιο κτίριο στην Ισπανία (Casals, 2006)

Η μελέτη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού πραγματοποιήθηκε σε δημόσιο κτίριο στην Ισπανία. Για την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό TRNSYS (Διάγραμμα 2.2). Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι τα ακόλουθα:

- Ψύκτης απορρόφησης ισχύος 105 kW.
- Σύστημα LiBr-H<sub>2</sub>O.
- Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών 240 m<sup>2</sup>.
- Ηλιακοί συλλέκτες σωλήνων κενού.



**Διάγραμμα 2.2:** Μηνιαία απόδοση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού όπως υπολογίστηκε από το TRNSYS κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Μάιος-Οκτώβρης)

## **2.7 Πλεονεκτήματα των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού**

Η εγκατάσταση των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού έχει αρκετά πλεονεκτήματα που αφορούν τόσο τα περιβαλλοντικά οφέλη όσο και κοινωνικοοικονομικά. Αναλυτικά:

- Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) και πρόληψη των εκπομπών τοξικών αερίων (SO<sub>2</sub>, σωματίδια).
- Βελτίωση της ποιότητας των πηγών νερού.
- Μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας.
- Εξοικονόμηση απαιτούμενης επιφάνειας γης, εφόσον είναι εφικτή η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών στην οροφή των κτιρίων.
- Μικρό λειτουργικό κόστος.
- Παροχή ευκαιριών για εύρεση δουλειάς (Tsoutsos et al, 2005).

## **2.8 Επιπτώσεις από τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού**

Παρά τα σημαντικά κυρίως περιβαλλοντικά οφέλη που παρέχει η εγκατάσταση συστημάτων ηλιακού κλιματισμού, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα. Αναλυτικά:

- Πρόκληση φωτιάς και εκρήξεων από διαρροή ψυκτικών αερίων μέσω, οδηγώντας σε κίνδυνο την υγεία και ασφάλεια των ανθρώπων.
- Διείσδυση νερού στην οροφή του κτιρίου.
- Μεγάλο αρχικό κόστος.
- Μεγάλη κατανάλωση νερού (Tsoutsos et al, 2005).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη μελέτη ηλιακού κλιματισμού στο συγκεκριμένο κτίριο, είναι η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στα πλαίσια μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής του Γ. Ζηδιανάκη («Ανάπτυξη μεθοδολογίας για μελέτη συστημάτων ηλιακού κλιματισμού. Εφαρμογή στο υπό κατασκευή δημαρχείο του δήμου “Ν. Καζαντζάκης” στο Ν. Ηρακλείου», 2007). Περιλαμβάνει τη συλλογή απαραίτητων στοιχείων για τις καιρικές συνθήκες της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο, στοιχεία που αφορούν την απεικόνιση του κτιρίου καθώς και τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την εισαγωγή αυτών των στοιχείων στα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωσή του. Με βάση αυτά, κρίνεται αν είναι κατάλληλη η εφαρμογή και εγκατάσταση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού και σε περίπτωση που αυτό είναι εφικτό, ακολουθεί η διαστασιολόγηση του συστήματος καθώς και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών οφελών.

Τα στάδια από τα οποία αποτελείται η μεθοδολογία είναι τα παρακάτω:

- 1<sup>ο</sup> στάδιο: συλλογή των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής
- 2<sup>ο</sup> στάδιο: μελέτη του κτιρίου
- 3<sup>ο</sup> στάδιο: επιλογή τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού
- 4<sup>ο</sup> στάδιο: μελέτη σκοπιμότητας
- 5<sup>ο</sup> στάδιο: διεξαγωγή διαφόρων σεναρίων
- 6<sup>ο</sup> στάδιο: αποτελέσματα σεναρίων και διαστασιολόγηση του συστήματος
- 7<sup>ο</sup> στάδιο: συγκριτική μελέτη σεναρίων
- 8<sup>ο</sup> στάδιο: τελική επιλογή σεναρίου

### **3.2 Συλλογή των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής**

Τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής της Σητείας παραχωρήθηκαν από την Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) μετά από συμφωνία με το εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τη ροή ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, τη σχετική υγρασία καθώς και τη διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου. Μετά από επεξεργασία των παραμέτρων αυτών, δημιουργήθηκε το αρχείο του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους (ΤΜΥ) το οποίο περιέχει τις ελάχιστες, μέσες και μέγιστες τιμές τους σε ωριαία βάση. Το αρχείο αυτό χρησιμοποιείται ως αρχείο εισαγωγής στα προγράμματα υπολογισμού των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου.

### **3.3 Μελέτη κτιρίου**

#### **3.3.1 Συλλογή δεδομένων**

Σαν πρώτη ενέργεια για τη μελέτη του κτιρίου, είναι απαραίτητη η συλλογή κάποιων δεδομένων που αφορούν τα χαρακτηριστικά του. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Τα υλικά κατασκευής τοιχοποιίας, πατωμάτων, οροφών, παραθύρων καθώς και τα υλικά των μονώσεων.
- Ο τύπος των ανοιγμάτων (παράθυρα), η επιφάνεια και ο προσανατολισμός τους στο κτίριο.
- Η χρήση του κτιρίου καθώς και των χώρων του ξεχωριστά.
- Στοιχεία αερισμού και ψύξης των χώρων.
- Στοιχεία θέρμανσης των χώρων από εσωτερικές πηγές θερμότητας όπως φωτισμός, ανθρώπινη δραστηριότητα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και άλλες συσκευές που απελευθερώνουν θερμότητα.

#### **3.3.2 Σχεδιασμός του προφίλ του κτιρίου**

Το προφίλ του κτιρίου κατασκευάζεται με το σχεδιαστικό πρόγραμμα SimCad. Με τη βοήθεια των σχεδίων των κατόψεων του κτιρίου, σχεδιάζονται οι τοίχοι, τα δωμάτια, οι θερμικές ζώνες και τελικά καθορίζεται το σχήμα και η μορφή του κτιρίου. Μ' αυτό τον τρόπο διατηρείται η γεωμετρία και ο προσανατολισμός του.

Η θερμική ζώνη περιλαμβάνει μια ομάδα χώρων (δωματίων) του κτιρίου που έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Η επιλογή των ζωνών γίνεται με βάση τις παραπάνω απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζονται από τη χρήση των χώρων και τον προσανατολισμό τους.

Σε ένα σχεδιασμό ενός κτιρίου με το συγκεκριμένο πρόγραμμα, είναι δυνατόν το κτίριο είτε να χωριστεί σε πολλές θερμικές ζώνες (multi zone building), είτε να θεωρηθεί ότι όλο το κτίριο αποτελεί μια θερμική ζώνη (single zone building). Στην παρούσα μελέτη, επιλέγεται ο πρώτος τρόπος σχεδιασμού γιατί επιτυγχάνεται μια πιο ρεαλιστική προσομοίωση του κτιρίου και καθίσταται ευκολότερος ο σχεδιασμός του συστήματος ψύξης.

#### **3.3.3 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης στο λογισμικό Prebid**

Σ' αυτό το στάδιο καθορίζονται τα στοιχεία των παραμέτρων προσομοίωσης του κτιρίου. Είναι απαραίτητο να γίνει ο σωστός προσδιορισμός τους γιατί με βάση αυτά θα υπολογιστούν τα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Κατά συνέπεια, θα εξαρτηθεί και η μελέτη ηλιακού κλιματισμού καθώς και η τελική διαστασιολόγηση όλου του συστήματος.

Το λογισμικό Prebid επιτρέπει την εισαγωγή όλων των παραμέτρων που προσδιορίζουν ένα κτίριο και είναι απαραίτητες για την προσομοίωσή του.

### 3.3.3.1 Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τους τοίχους

Η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από το χρώμα των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου. Στον πίνακα 3.1 φαίνονται οι τιμές των συντελεστών απορρόφησης ανάλογα με το χρώμα των τοίχων.

**Πίνακας 3.1: Απορρόφηση ακτινοβολίας σε σχέση με το χρώμα των τοίχων**

Χρώμα	Εύρος	Μέση τιμή
Μαύρο	0,85 – 0,98	0,92
Μπλε	0,86 – 0,92	0,89
Σκούρο καφέ	0,79 – 0,85	0,82
Κόκκινο	0,65 – 0,80	0,73
Κίτρινο	0,50 – 0,70	0,6
Ασπρο	0,30 – 0,50	0,4

### 3.3.3.2 Απαιτήσεις εξαερισμού

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του αέρα που πρέπει να παρέχει το σύστημα αερισμού μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια. Η απαιτούμενη ποσότητα αέρα ανά άτομο είναι ένα κριτήριο που δίνει ικανοποιητικές τιμές και είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για μεγάλους χώρους συγκεντρώσεων. Η απαιτούμενη ποσότητα αέρα ανά ώρα για τον αερισμό ενός χώρου προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της επιλεγμένης τιμής του πίνακα 3.2 επί τον αριθμό των ατόμων που υπάρχουν στον χώρο. Ο υπολογισμός της ωριαίας εναλλαγής του αέρα του χώρου με εξωτερικό αέρα προκύπτει με διαίρεση της παραπάνω τιμής με τον όγκο του χώρου.

**Πίνακας 3.2: Απαιτήσεις αερισμού κτιρίων (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86)**

Χ Ω Ρ Ο Σ	ΕΚΤΙΜΟΥΜΕΝΑ ΑΤΟΜΑ ΑΝΑ 100 Μ2 ΕΠΙΦΑ- ΝΕΙΑ ΔΑΠΕΔΟΥ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ (Μ3/Η)	
		ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟΣ
<u>Μονοκατοικίες</u>			
Καθιστικά, Υπνοδωμάτια	5	8.5	12-17
Κουζίνες, Μπάνια	-	34	50-85
<u>Πολυκατοικίες</u>			
Καθιστικά, Υπνοδωμάτια	7	8.5	12-17
Κουζίνες, Μπάνια	-	34	50-85
<u>Εκπαιδευτικά Κτίρια</u>			
Αίθουσες	55	17	17-26
Εργαστήρια	32	17	17-26
Αμφιθέατρα	110	17	26-34
Βιβλιοθήκες	22	12	17-21
Γραφεία	10	12	17-26
Γυμναστήρια	75	34	42-51
Εστιατόρια	110	17	26-34
Βοηθητικοί Χώροι	3	8.5	12-17
<u>Νοσοκομεία</u>			
Αίθουσες αναμονής	55	34	42-51
Δωμάτια ασθενών	22	17	26-34
Χειρουργεία	-	34	-
Αίθουσες εξετάσεων	10	50	70-85
Αναρρωτήρια	-	25	-
<u>Γραφεία</u>			
Γενικά	10	25.5	25.5-42.5
Αίθουσες συνδιαλέξεων	65	42.5	51-68
Σχεδιαστήρια	22	12	17-25.5
Αίθουσες αναμονής	32	12	25.5-34
Αίθουσες Η/Υ	22	8.5	12-17
<u>Ξενοδοχεία</u>			
Υπνοδωμάτια	5	12	17-25.5
LIVING ROOMS	22	17	25.5-34
Μπάνια	-	34	51-85

### 3.3.3.3 Διείσδυση αέρα

Η διείσδυση του αέρα στο κτίριο επιτυγχάνεται μέσω των χαραμιάδων από τις πόρτες, τα παράθυρα καθώς και από τα ανοιχτά κουφώματα. Προσδιορίζεται από το πρόγραμμα TRNSYS συναρτήσει της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου (αρχείο TMY) και συγκεκριμένων συντελεστών που αφορούν την ποιότητα της κατασκευής των κουφωμάτων. Οι τιμές των συντελεστών που επιλέχθηκαν για το κτίριο Β, προσδιορίζουν κουφώματα μέτριας προς καλής κατασκευαστικής ποιότητας.



### 3.3.3.4 Εσωτερικές πηγές θερμότητας

Για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων του κτιρίου είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι εσωτερικές πηγές θερμότητας. Είναι πηγές οι οποίες βρίσκονται στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου και ελευθερώνουν θερμότητα σ' αυτό, είτε αυτή είναι αισθητή είτε είναι λανθάνουσα. Στο συγκεκριμένο κτίριο θα ληφθούν υπόψη οι κύριες εσωτερικές πηγές θερμότητας δηλαδή ο φωτισμός, η ανθρώπινη δραστηριότητα, οι υπολογιστές και κάποια μηχανήματα (μόνιτορ, υπέρηχος).

#### ➤ Φωτισμός

Είναι γνωστό ότι οι πηγές φωτισμού εκπέμπουν ένα μέρος φωτός και ένα μέρος θερμότητας. Κατά συνέπεια, συμβάλουν στο συνολικό εσωτερικό ποσό θερμότητας του κτιρίου.

#### ➤ Ανθρώπινη δραστηριότητα

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζεται το αισθητό και λανθάνον θερμικό φορτίο που παράγεται από τους ανθρώπους ανάλογα με την δραστηριότητα τους.

**Πίνακας 3.3: Αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα που παράγεται ανάλογα με την ανθρώπινη δραστηριότητα (TRNSYS manual)**

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
		Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
Seated at rest	Theatre, Movie	100	350	60	210	40	140
Seated, very light writing	Office, Hotels, Apts	120	420	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant	170	580	75	255	95	325
Seated, light work, typing	Office, Hotels, Apts	150	510	75	255	75	255
Standing, light work or working slowly	Retail Store, Bank	185	640	90	315	95	325
light bench work	Factory	230	780	100	345	130	435
walking 1,3 m/s (3 mph) light machine work	Factory	305	1040	100	345	205	695
Bowling	Bowling Alley	280	960	100	345	180	615
moderate dancing	Dance Hall	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, lifting Heavy machine work	Factory	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	Gymnasium	525	1800	185	635	340	1165

#### ➤ Υπολογιστές

Γίνεται εκτίμηση του αριθμού και του τύπου των υπολογιστών που υπάρχουν σε κάθε χώρο του κτιρίου.

### 3.3.3.5 Ώρες λειτουργίας

Οι ώρες λειτουργίας του κτιρίου όπως είναι φανερό, επηρεάζουν τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική στον υπολογισμό των φορτίων για θέρμανση και κλιματισμό, γιατί αυτά υπολογίζονται ανάλογα με τις ώρες που υπάρχει δραστηριότητα στο κτίριο. Επίσης, καθορίζουν και την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

### 3.3.3.6 Τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας

Ο καθορισμός της θερμοκρασίας σχεδιασμού είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων ενός χώρου. Στους πίνακες 3.4 και 3.5 παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές της θερμοκρασίας σε διάφορους χώρους για την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού αντίστοιχα.

Όσον αφορά την υγρασία, το χειμώνα πρέπει να είναι περιορισμένη για να αποφεύγεται η συμπύκνωση στις κρύες επιφάνειες. Αύξηση της σχετικής υγρασίας πάνω από 50% το χειμώνα μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην αναπνοή του ατόμου (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86). Στους πίνακες 3.4 και 3.5 παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές της υγρασίας σε διάφορους χώρους για την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.4: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86)**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %
Κατοικίες	22	30 - 50
Κτίρια γραφείων	21-23	30 - 35
Βιβλιοθήκες-Μουσεία	20-22	40 - 50
Νοσοκομεία	24	30
Εστιατόρια και Κέντρα διασκέδασης	21-23	30 - 40

**Πίνακας 3.5: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86)**

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %
Κατοικίες	25-26	40-50
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50
Βιβλιοθήκες-Μουσεία	22	40-55
Εστιατόρια και κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50
Νοσοκομεία		
Αίθουσες	24	45-50
Χειρουργεία	20-24	50-60
Αναρρωτήρια	24	50-60

### 3.4 Προσομοίωση θερμικής και ψυκτικής συμπεριφοράς του κτιρίου στο λογισμικό TRNSYS

Το λογισμικό TRNSYS (Transient Energy System Simulation Program) είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Αποτελείται από υπορουτίνες οι οποίες συνδέουν τα διάφορα μέρη και συνθέτουν το τελικό μοντέλο (Neymark et al, 2002). Με το πρόγραμμα αυτό υπάρχει η δυνατότητα της υπερσύνδεσης των διάφορων μερών από τα οποία απαρτίζεται το σύστημα σε οποιοδήποτε επιθυμητό συνδυασμό καθώς και της επίλυσης διαφορικών εξισώσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διευκολύνεται η διαδικασία λήψης των τελικών αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα. Μ' αυτό τον τρόπο, όλο το πρόβλημα της ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου, ανάγεται στο πρόβλημα καθορισμού των διαφορετικών μερών που συνθέτουν το συγκεκριμένο σύστημα και τη διατύπωση της γενικής μαθηματικής περιγραφής καθενός από αυτά (Balghouthi et al, 2007).

Για την προσομοίωση του κτιρίου στο πρόγραμμα TRNSYS είναι απαραίτητη η εισαγωγή κάποιων αρχείων (όπως TMY για μετεωρολογικά δεδομένα), τα οποία καθορίζουν διάφορες παραμέτρους του κτιρίου, καθώς και η εκτέλεση του προγράμματος Prebid. Στη συνέχεια, κατασκευάζεται το μοντέλο του TRNSYS και εκτελείται το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα του προγράμματος δίνουν δεδομένα που αφορούν τα ολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου (σε ωριαία βάση για διάστημα ενός χρόνου), τις τιμές υγρασίας, θερμοκρασίας καθώς και την απαιτούμενη ενέργεια για κλιματισμό και θέρμανση κάθε θερμικής ζώνης. Επιπλέον, εξάγονται κάποια δεδομένα που αφορούν το κτίριο και είναι απαραίτητα για την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα SACE για τη διεξαγωγή της μελέτης σκοπιμότητας του ηλιακού κλιματισμού.

### 3.5 Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

Η απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη και θέρμανση υπολογίζεται από τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του προγράμματος TRNSYS, όταν σ' αυτό έχουν εισαχθεί οι μέσες τιμές των μετεωρολογικών δεδομένων.

### 3.6 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης

Για τον υπολογισμό της ισχύος του συστήματος ψύξης (ισχύς ψύκτη) και θέρμανσης (ισχύς λέβητα), είναι απαραίτητο να γίνει εκτέλεση του προγράμματος TRNSYS με εισαγωγή διαφορετικών τιμών στο αρχείο TMY, ώστε να εξεταστούν οι δυσμενέστερες συνθήκες σχεδιασμού. Έτσι, για τον υπολογισμό της ισχύος του ψύκτη, είναι απαραίτητο να υπάρχουν οι μέγιστες τιμές φορτίων (καλοκαιρινή περίοδος) και επομένως το αρχείο TMY που εισάγεται στο TRNSYS περιέχει τις μέσες μέγιστες τιμές. Παρομοίως, για τον υπολογισμό της ισχύος του λέβητα, είναι απαραίτητο να υπάρχουν οι ελάχιστες τιμές φορτίων (χειμερινή περίοδος) και επομένως το αρχείο TMY που εισάγεται στο TRNSYS περιέχει τις μέσες ελάχιστες τιμές.

Μετά την εκτέλεση του TRNSYS για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις, εξάγονται αποτελέσματα σύμφωνα με τα οποία γίνεται ο υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης (ισχύς ψύκτη) και του συστήματος θέρμανσης (ισχύς λέβητα).

Ο υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης (ισχύς ψύκτη) και του συστήματος θέρμανσης (ισχύς λέβητα) πραγματοποιείται ορίζοντας τις συνθήκες σχεδιασμού θέρους και χειμώνα.

Ως θερινή περίοδος ορίζεται το διάστημα από 1<sup>η</sup> Ιουνίου έως 30 Σεπτεμβρίου και το σύνολο των ωρών της είναι 2928. Οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους (α%) είναι οι θερμοκρασίες εκείνες, μεγαλύτερες τιμές των οποίων, παρατηρούνται σε αριθμό ωρών μικρότερων ή ίσων του α% του συνόλου της θερινής περιόδου.

Ως χειμερινή περίοδος ορίζεται το διάστημα από 1<sup>η</sup> Δεκεμβρίου έως 30 Μάρτη και το σύνολο των ωρών της είναι 2904. Οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα (α%) είναι οι θερμοκρασίες εκείνες, μικρότερες τιμές των οποίων, παρατηρούνται σε αριθμό ωρών μικρότερων ή ίσων του α% του συνόλου της χειμερινής περιόδου.

Για ημέρες με δυσμενείς εξωτερικές θερμοκρασίες επιτρέπονται αποκλίσεις των εσωτερικών συνθηκών (T.O.T.E.E. 2425/86).

### **3.7 Επιλογή συστήματος ηλιακού κλιματισμού**

Για να διεξαχθεί η μελέτη σκοπιμότητας του ηλιακού κλιματισμού (SACE), είναι απαραίτητο πρώτα να καθοριστούν κάποιες λειτουργικές παράμετροι και να επιλεγεί ένα κομμάτι του εξοπλισμού του συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

#### **3.7.1 Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη**

Ο τύπος του ηλιακού συλλέκτη επιλέγεται με βάση το σύστημα ηλιακού κλιματισμού, όπως το είδος του ψυκτικού κύκλου και τον τύπο του ψύκτη. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο για την επιλογή του παίζει και η θερμοκρασία λειτουργίας.

#### **3.7.2 Γωνία κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού**

Η γωνία κλίσης των ηλιακών συλλεκτών είναι μια σημαντική παράμετρος για την απόδοση του όλου συστήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε τέτοια κλίση και με τέτοιο προσανατολισμό ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη θερινή περίοδο κυρίως (εφόσον στην προκειμένη περίπτωση μελετάται ηλιακός κλιματισμός), όπου τα φορτία είναι μέγιστα. Ο προσανατολισμός των συλλεκτών είναι νότιος.

#### **3.7.3 Επιλογή τύπου ψύκτη**

Ο τύπος του ψύκτη απορρόφησης επιτυγχάνεται με βάση τη διαθεσιμότητά του στην αγορά (ανάλογα με τα απαιτούμενα ψυκτικά φορτία που πρέπει να καλυφθούν), το κόστος, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την απόδοσή του.

#### **3.7.4 Θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος**

Η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος είναι εκείνη που βελτιστοποιεί τη λειτουργία τόσο του ψύκτη όσο και των ηλιακών συλλεκτών. Προκύπτει από το συνδυασμό των καμπυλών απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών και του ψύκτη.

#### **3.7.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών**

Ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται ανάλογα με το χώρο εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση θα γίνει στην οροφή του κτιρίου, είναι αναγκαίο να ληφθεί υπόψη η διαθέσιμη έκταση της οροφής και η απαιτούμενη επιφάνεια των συλλεκτών. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση θα γίνει σε χώρο πλησίον του κτιρίου, είναι αναγκαίο να επαρκεί για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας των συλλεκτών. Ωστόσο, και στις δύο περιπτώσεις, θα πρέπει να υπολογιστεί η ακριβής επιφάνεια των συλλεκτών σε σχέση με το διαθέσιμο χώρο και να γίνει η κατάλληλη τοποθέτησή τους έτσι ώστε να μην υπάρχει σκίαση μεταξύ τους.

### 3.8 Μελέτη σκοπιμότητας (SACE)

Από την εκτέλεση του προγράμματος TRNSYS όταν σ' αυτό έχει εισαχθεί το αρχείο TMY με τις μέσες τιμές, λαμβάνουμε κάποια αποτελέσματα απαραίτητα για την κατασκευή ενός αρχείου, το οποίο αποτελεί αρχείο εισαγωγής στο πρόγραμμα SACE. Με την εισαγωγή αυτού του αρχείου καθώς και με τον καθορισμό κάποιων παραμέτρων, εκτελείται το πρόγραμμα. Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα, εξετάζεται αν είναι εφικτή η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού στο συγκεκριμένο κτίριο. Λαμβάνονται επίσης υπόψη και τα φορτία ψύξης και θέρμανσης από την προσομοίωση του κτιρίου, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού εγκατάστασης καθώς και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος.

### 3.9 Διεξαγωγή διαφόρων σεναρίων

Το σύστημα και η διαστασιολόγηση του ηλιακού κλιματισμού καθορίζονται από πολλούς παράγοντες. Σ' αυτούς, συγκαταλέγονται τα απαιτούμενα φορτία ψύξης του κτιρίου, η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών, το ποσοστό των φορτίων ψύξης που θα καλύπτεται από τους συλλέκτες, το ποσοστό των φορτίων ψύξης που θα καλύπτεται από πετρέλαιο ή ηλεκτρική ενέργεια, το κόστος της εγκατάστασης, το λειτουργικό κόστος καθώς και τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση τους.

Γι' αυτούς τους λόγους, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή κάποιων σεναρίων με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού SACE. Επιλέχθηκε να διεξαχθούν τα παρακάτω σενάρια:

#### ***Σενάριο 1***

Το πρώτο βασικό σενάριο προκύπτει από διάγραμμα που λαμβάνεται από το πρόγραμμα SACE και καλύπτει ένα μικρό ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια. Το σενάριο αυτό ισχύει στο σημείο τομής των καμπυλών του ποσοστού κάλυψης ψυκτικού φορτίου και της καθαρής απόδοσης των συλλεκτών συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας.

#### ***Σενάριο 2***

Στο δεύτερο βασικό σενάριο επιλέγεται η μέγιστη δυνατή κάλυψη του ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια. Το σενάριο αυτό προκύπτει από διάγραμμα που λαμβάνεται από το πρόγραμμα SACE και από διάγραμμα που αναπαριστά το ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας.

#### ***Σενάριο 3 και Σενάριο 4***

Από αυτά τα δύο σενάρια προκύπτουν άλλα δύο, στα οποία υπάρχουν διαφορετικά ποσοστά κάλυψης της απαιτούμενης ενέργειας για κλιματισμό και θέρμανση από διάφορες πηγές ενέργειας. Το φυσικό αέριο αποκλείεται, επειδή στην Κρήτη δεν υπάρχει δίκτυο διανομής του.

### 3.10 Διαστασιολόγηση του συστήματος

Η διαστασιολόγηση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- **Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών**

Επιλέγεται με βάση τα αποτελέσματα των διαφόρων σεναρίων.

- **Ισχύς του ψύκτη απορρόφησης**

Επιλέγεται με βάση τα αποτελέσματα των διαφόρων σεναρίων.

- **Ισχύς του λέβητα**

Υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία που λαμβάνονται από το πρόγραμμα TRNSYS για κάθε σενάριο ξεχωριστά.

- **Όγκος δεξαμενής αποθήκευσης νερού**

Ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης νερού καθορίζεται με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμα SACE για κάθε σενάριο ξεχωριστά.

- **Τύπος και ισχύς του πύργου ψύξης**

Επιλέγεται με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για κάθε σενάριο.

### 3.11 Αποτελέσματα σεναρίων και συγκριτική μελέτη

Μετά τη διαστασιολόγηση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για τα διάφορα σενάρια που επιλέχθηκαν να εξεταστούν, είναι απαραίτητη η συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων των σεναρίων.

Αναλυτικότερα, γίνεται σύγκριση των σεναρίων με βάση το αρχικό κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας, το χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης και την εξοικονόμηση ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Επιπλέον, γίνεται σύγκριση των σεναρίων με βάση τα περιβαλλοντικά οφέλη της εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού, όπως είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οι οποίες αποτελούν και το κύριο πλεονέκτημα της εφαρμογής του ηλιακού κλιματισμού σε σχέση με τον κλιματισμό που παρέχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας.

### **3.12 Τελική επιλογή σεναρίου**

Μετά τη διεξαγωγή και συγκριτική μελέτη των διαφόρων σεναρίων, επιλέγεται το βέλτιστο σενάριο που ικανοποιεί τόσο τις ανάγκες σε ψύξη του κτιρίου, όσο και το κόστος και τα περιβαλλοντικά οφέλη που συνεπάγονται από τη χρήση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού.



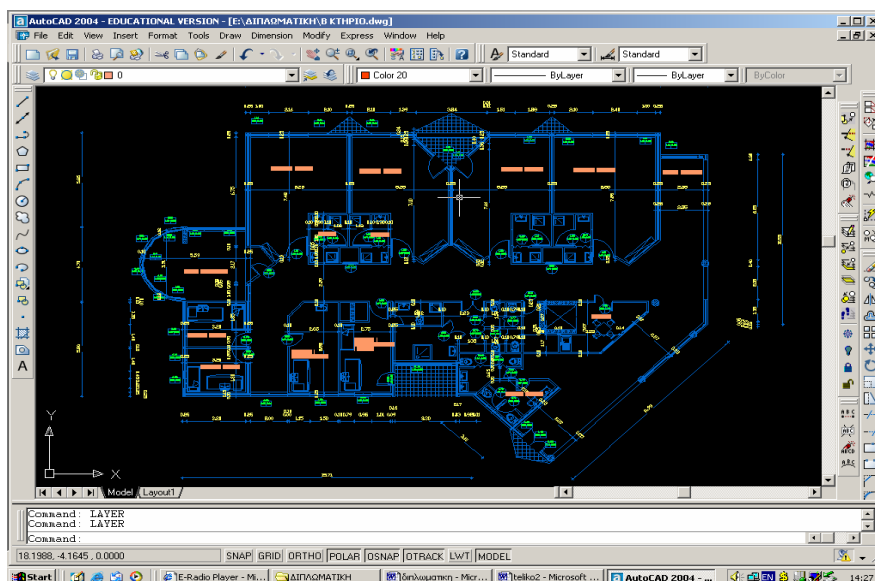
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

### 4.1 Το υπό μελέτη κτίριο

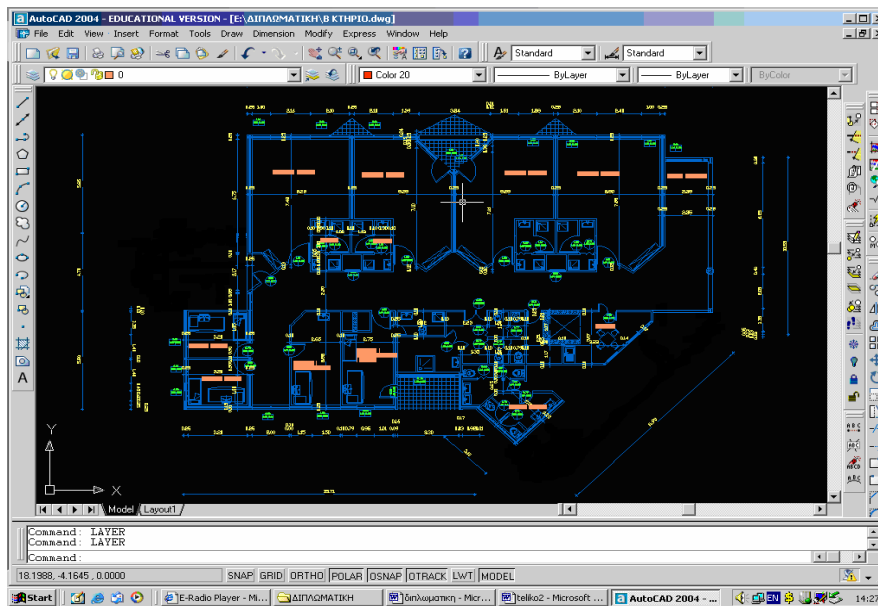
Το υπό μελέτη κτίριο ανήκει στις κτιριακές εγκαταστάσεις του Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου – Κέντρου Υγείας στην πόλη της Σητείας του νομού Λασιθίου και βρίσκεται στη συνοικία Ξεροκαμάρες. Το Νοσοκομείο κατασκευάστηκε το 1994 και αποτελείται από 8 κτίρια τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους. Το υπό μελέτη κτίριο είναι το κτίριο Β όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1 όπου απεικονίζεται ολόκληρο το συγκρότημα. Το κτίριο Β έχει συνολική επιφάνεια 1.250 m<sup>2</sup> και στεγάζει τη μαιευτική κλινική στο ισόγειο, την καρδιολογική και παθολογική στον πρώτο όροφο και την παιδιατρική κλινική στο δεύτερο όροφο. Η κάτοψη του ισογείου και του 1<sup>ου</sup> ορόφου καθώς και η κάτοψη του 2<sup>ου</sup> ορόφου του κτιρίου Β φαίνονται στις εικόνες 4.2 και 4.3 αντίστοιχα.



Εικόνα 4.1: Νοσοκομείο Σητείας



Εικόνα 4.2: Κάτοψη ισογείου και 1<sup>ου</sup> ορόφου κτιρίου Β



Εικόνα 4.3: Κάτοψη 2<sup>ου</sup> ορόφου κτιρίου Β

#### 4.1.1 Υλικά κατασκευής του κτιρίου

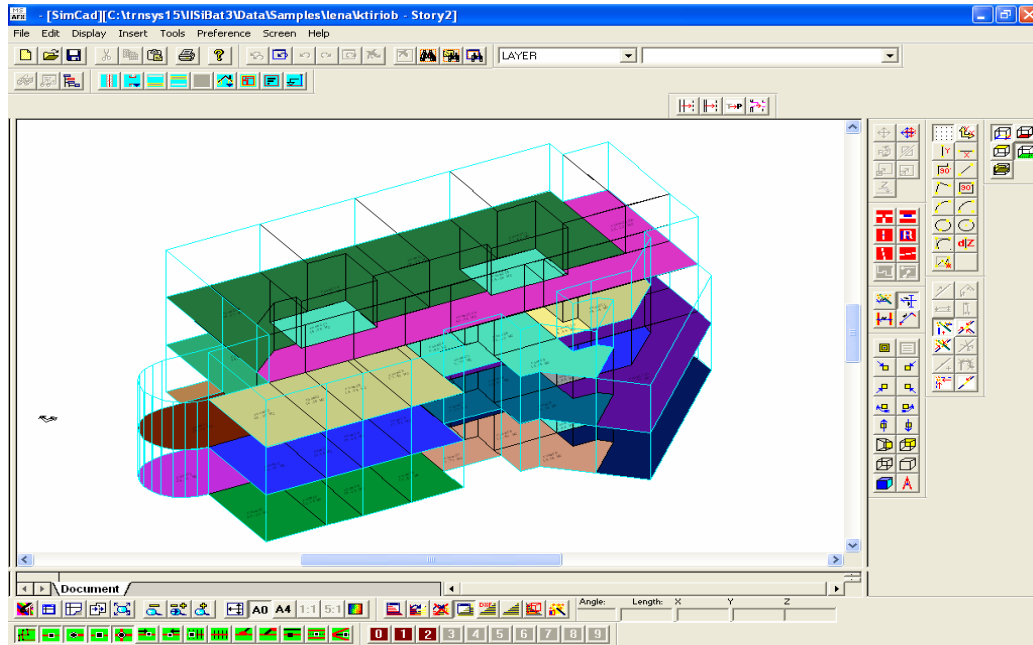
Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα υλικά κατασκευής του κτιρίου τα οποία είναι απαραίτητα για την προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου και εισάγονται στο πρόγραμμα Prebid.

Πίνακας 4.1:Υλικά κατασκευής του κτιρίου

Είδος	Υλικά Κατασκευής	Συνολικό πάχος (cm)
Πάτωμα ισογείου	Μπετόν 20 cm, πολυαιθυλένιο 0,10 cm	21
Πάτωμα 1 <sup>ου</sup> ορόφου	Μπετόν 20 cm, πολυαιθυλένιο 0,10 cm	21
Πάτωμα 2 <sup>ου</sup> ορόφου	Μπετόν 20 cm, πολυαιθυλένιο 0,10 cm	21
Οροφή	Πίσσα, ασφαλτόπανο, αφρομπετόν 0,50 cm, ασφαλτος, σκύρα	60
Εξωτερικοί τοίχοι	Τούβλο 10 cm, roof mator (τύπου μπλε φελιζόλ), τούβλο 10cm, σοβάς	30
Εσωτερικοί τοίχοι	Τούβλο 10 cm,σοβάς	11

## 4.2 Σχεδιασμός του προφίλ του κτιρίου (SimCad)

Το προφίλ του κτιρίου που κατασκευάστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας με το σχεδιαστικό πρόγραμμα SimCad, παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Απεικόνιση του κτιρίου Β με το SimCad

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το κτίριο χωρίστηκε σε θερμικές ζώνες για την καλύτερη προσομοίωσή του. Στους παρακάτω πίνακες 4.2, 4.3 και 4.4 παρουσιάζονται οι θερμικές ζώνες κάθε ορόφου καθώς και πληροφορίες για τον όγκο και την επιφάνεια που καταλαμβάνουν, τα ανοίγματα καθώς και για τους χώρους της κάθε ζώνης.

Πίνακας 4.2: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του ισόγειου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Επιφάνεια(m <sup>2</sup> )	Ανοίγματα		Δωμάτια που περιέχει	
				Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Τύπος	simcad	Χώρος
zone1	Ισόγειο	236,57	68,03	1,33	παράθυρο	room06 room07 room08 room09 room014 room017	WC
zone2		505,36	144,39	5,83	παράθυρο	room013 room015 room016 room018	Θάλαμοι ασθενών
zone3		280,91	12,26	5,77	παράθυρο	room02 room03 room04 room05 room011	Γραφεία γιατρών, νοσηλευτριών
zone4		417,19	119,2	4,69	παράθυρο	room012a room012b room012c	Διάδρομος
zone5		16,29	4,66	—	—	room010	Αποθηκευτικός χώρος
zone6		86,85	24,72	9,62	παράθυρο	room01	Χώρος βρεφών

Πίνακας 4.3: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του 1<sup>ου</sup> ορόφου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ανοίγματα		Δωμάτια που περιέχει	
				Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Τύπος	simcad	Χώρος
zone7	1ος	236,57	68,03	1,33	παράθυρο	room16 room17 room18 room19 room114 room117	WC
zone8		505,36	144,39	5,83	παράθυρο	room113 room115 room116 room118	Θάλαμοι ασθενών
zone9		280,91	12,26	5,77	παράθυρο	room12 room13 room14 room15 room111	Γραφεία γιατρών, νοσηλευτριών
zone10		417,19	119,2	4,79	παράθυρο	room112a room112b room112c	Διάδρομος
zone11		16,29	4,66	—	—	room110	Αποθηκευτικός χώρος
zone12		86,5	24,72	9,62	παράθυρο	room11	Αίθουσα καρδιολογικού υπέρηχου

Πίνακας 4.4: Δεδομένα των θερμικών ζωνών του 2<sup>ου</sup> ορόφου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ανοίγματα		Δωμάτια που περιέχει	
				Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Τύπος	simcad	Χώρος
zone13	2ος	236,57	68,03	1,33	παράθυρο	room26 room27 room28 room29 room214 room217	WC
zone14		505,36	144,39	5,83	παράθυρο	room213 room215 room216 room218	Θάλαμοι ασθενών
zone15		280,91	12,26	9,51	παράθυρο	room22 room23 room24 room25 room211	Γραφεία γιατρών, νοσηλευτριών
zone16		278,12	79,47	1,41	παράθυρο	room212a room212b room212c	Διάδρομος
zone17		16,29	4,66	—	—	room210	Αποθηκευτικός χώρος

### 4.3 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης

#### 4.3.1 Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τους τοίχους

Το χρώμα των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου είναι καφέ και με βάση τον πίνακα 3.1, ο συντελεστής απορρόφησης ακτινοβολίας είναι 0,82.

#### 4.3.2 Απαιτήσεις εξαερισμού

Οι απαιτήσεις εξαερισμού καθορίστηκαν με βάση τις τιμές του πίνακα 3.2 που παρατίθεται στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεντρωτικά, οι τιμές του αερισμού ανά άτομο επιλέχθηκαν ως οι μέσες τιμές του προτεινόμενου εύρους και δίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.5.

**Πίνακας 4.5: Μέσες τιμές αερισμού σε κάθε θερμική ζώνη**

Ισόγειο		1 <sup>ος</sup> Όροφος		2 <sup>ος</sup> Όροφος	
Θερμική ζώνη	Αερισμός ανά άτομο	Θερμική ζώνη	Αερισμός ανά άτομο	Θερμική ζώνη	Αερισμός ανά άτομο
zone1	47	zone7	47	zone13	47
zone2	30	zone8	30	zone14	30
zone3	47	zone9	47	zone15	47
zone4	47	zone10	47	zone16	47
zone5	47	zone11	47	zone17	47
zone6	77	zone12	77		

### 4.3.3 Διείσδυση αέρα

Η διείσδυση αέρα υπολογίστηκε από το πρόγραμμα TRNSYS με βάση τον προσανατολισμό του κτιρίου, τα ανοίγματα και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (κυρίως την κατεύθυνση και ένταση του ανέμου).

### 4.3.4 Εσωτερικές πηγές θερμότητας

#### ➤ Φωτισμός

Ο φωτισμός του κτιρίου περιλαμβάνει λαμπτήρες φθορισμού 32 W και πυρακτώσεως 75 W. Ο αριθμός και ο τύπος των λαμπτήρων σε κάθε θερμική ζώνη φαίνεται στους πίνακες 4.6, 4.7 και 4.8 με τις μέσες τιμές των παραμέτρων κάθε ορόφου.

#### ➤ Ανθρώπινη δραστηριότητα

Από το πρόγραμμα Prebid επιλέχθηκε η πρώτη και η δεύτερη κατηγορία ανάλογα με το χώρο από τον πίνακα 3.3. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται σε ανθρώπους σε κατάσταση ξεκούρασης (ασθενείς) και σε ελαφριά καθιστική εργασία (εργασία γραφείου) αντίστοιχα.

#### ➤ Υπολογιστές

Οι υπολογιστές που υπάρχουν στους χώρους του κτιρίου είναι ισχύος 230 W με έγχρωμη οθόνη.

#### ➤ Άλλες συσκευές

Στον πρώτο όροφο του κτιρίου βρίσκονται ένα μόνιτορ ισχύος 2,5 kW και ένας υπέρηχος ισχύος 1,5 kW.

#### 4.3.5 Ώρες λειτουργίας

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις του Νοσοκομείου λειτουργούν 24 ώρες την ημέρα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

#### 4.3.6 Τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας

Οι τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας για την περίοδο του καλοκαιριού καθώς και του χειμώνα επιλέχθηκαν με βάση τους πίνακες 3.4 και 3.5 και οι τιμές τους σε κάθε θερμική ζώνη παρατίθενται στους πίνακες 4.6, 4.7 και 4.8.

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι μέσες τιμές των παραμέτρων των θερμικών ζωνών κάθε ορόφου, οι οποίες είναι απαραίτητες για την προσομοίωση του κτιρίου.

Πίνακας 4.6: Μέσες τιμές παραμέτρων του ισογείου

Θερμική ζώνη	Θέρμανση		Κλιματισμός		Infiltration	Ventilation m³/h	Εσωτερικές πηγές ενέργειας				
	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %			άτομα	Computers	light		devices kW
									Φθορισμού	Πυρακτώσεως	
zone1	21	30	24	40	input	47	4	-	12	13	-
zone2	20	30	24	40	input	30	19	-	14	-	-
zone3	20	30	24	47	input	47	5	2	14	1	-
zone4	16	30	24	50	input	47	4	1	28	-	-
zone5	15	30	24	47	input	47	1	-	-	1	-
zone6	18	30	24	50	input	77	2	-	4	-	-

Πίνακας 4.7: Μέσες τιμές παραμέτρων του 1<sup>ου</sup> ορόφου

Θερμική ζώνη	Θέρμανση		Κλιματισμός		Infiltration	Ventilation m³/h	Εσωτερικές πηγές ενέργειας				
	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %			άτομα	Computers	light		devices kW
									Φθορισμού	Πυρακτώσεως	
zone7	21	30	24	40	input	47	5	-	12	13	-
zone8	20	30	24	40	input	30	19	-	14	-	2,5
zone9	20	30	24	47	input	47	5	2	14	1	-
zone10	16	30	24	50	input	47	5	1	21	-	-
zone11	15	30	24	47	input	47	1	-	-	1	-
zone12	18	30	24	50	input	77	2	-	4	-	1,5

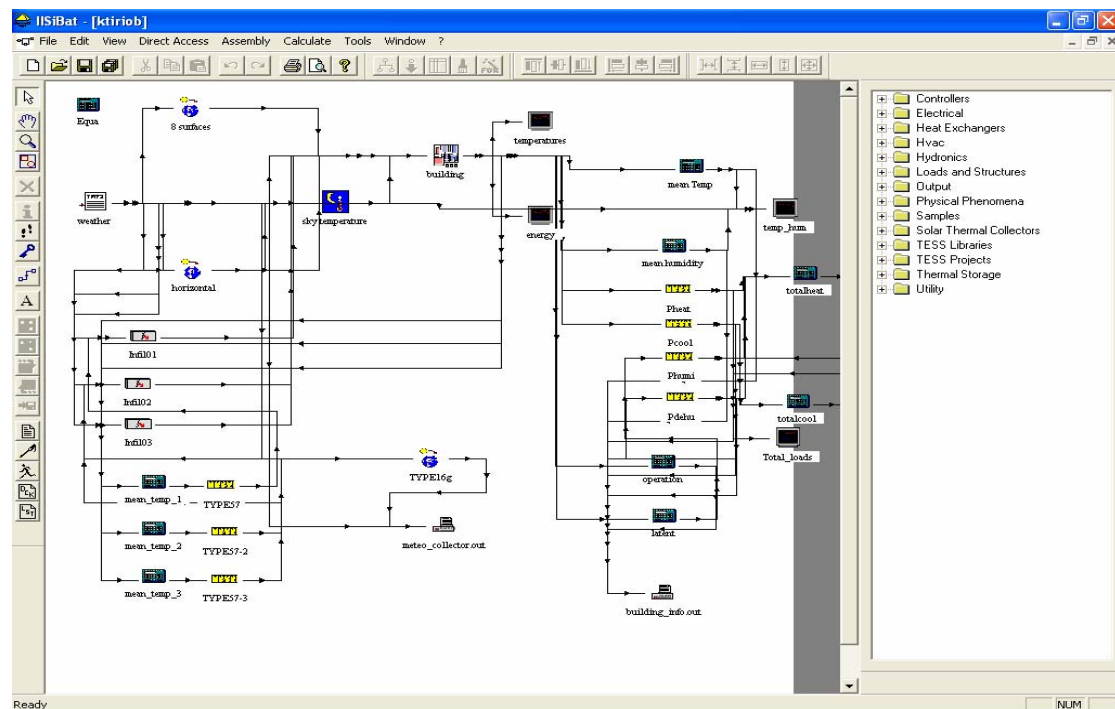


Πίνακας 4.8: Μέσες τιμές παραμέτρων του 2<sup>ου</sup> ορόφου

Θερμική ζώνη	Θέρμανση		Κλιματισμός		Infiltration	Ventilation m <sup>3</sup> /h	Εσωτερικές πηγές ενέργειας				
	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %	θερμοκρασία °C	σχ.υγρασία %			άτομα	Computers	light	Φθορισμού	Πυρακτώσεως
zone13	21	30	24	40	input	47	4	-	15	13	-
zone14	20	30	24	40	input	30	16	-	14	4	-
zone15	20	30	24	47	input	47	7	1	14	1	-
zone16	16	30	24	50	input	47	4	1	17	-	-
zone17	15	30	24	47	input	47	1	-	-	1	-

#### 4.4 Προσομοίωση θερμικής και ψυκτικής συμπεριφοράς του κτιρίου

Η προσομοίωση της θερμικής και ψυκτικής συμπεριφοράς του κτιρίου υπολογίζεται με το πρόγραμμα TRNSYS. Το μοντέλο που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας στο πρόγραμμα αυτό, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 4.2.



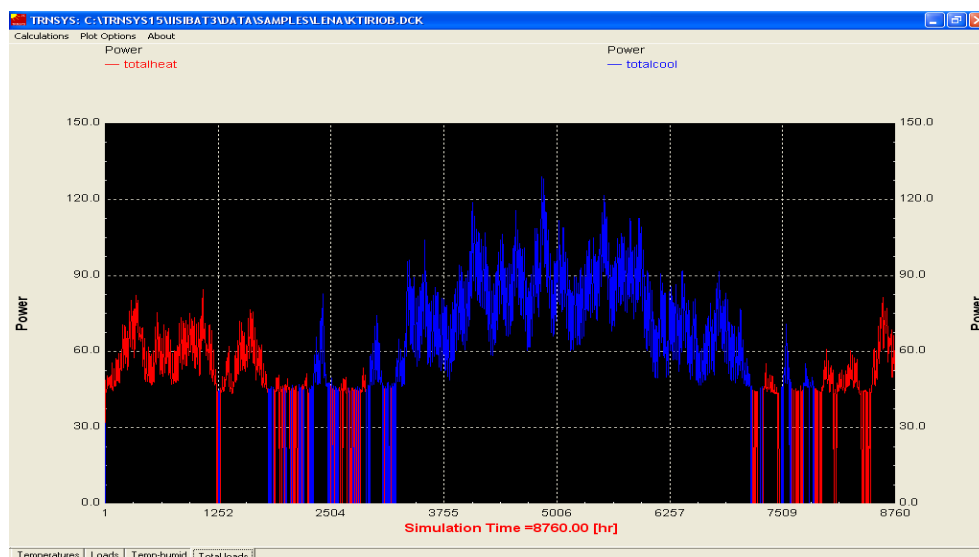
Σχήμα 4.2: Μοντέλο του προγράμματος TRNSYS

#### 4.5 Υπολογισμός απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

Η απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη και θέρμανση υπολογίζεται με βάση τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από το πρόγραμμα TRNSYS.

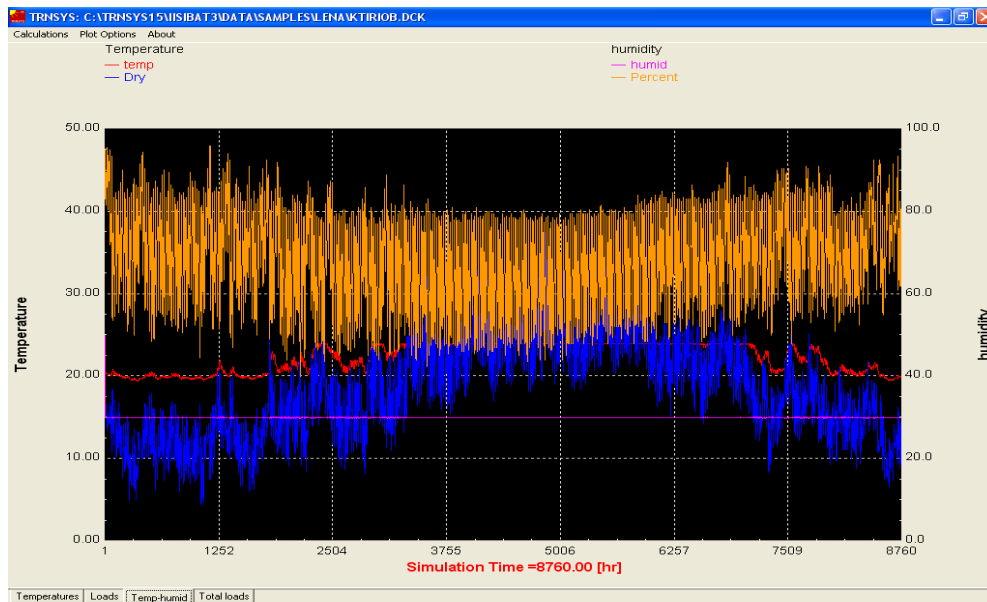
Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών θα γίνει σε χώρο πλησίον του κτιρίου. Επομένως, ο υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση υπολογίζεται χωρίς την εγκατάσταση των συλλεκτών στην οροφή του κτιρίου (η διαφορά είναι ότι σε αντίθετη περίπτωση θα λαμβανόταν υπόψη η σκίαση της οροφής από τους συλλέκτες).

Στο διάγραμμα 4.1, απεικονίζονται τα ολικά φορτία ψύξης (με μπλε χρώμα) και τα ολικά φορτία θέρμανσης (με κόκκινο χρώμα). Στον άξονα y παριστάνεται η ισχύς και στον άξονα x ο χρόνος (ωριαίες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος). Παρατηρείται ότι υπάρχει ένα μέγιστο φορτίο ψύξης, ισχύος περίπου 130 kW κατά την περίοδο του Ιουλίου. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού στη συγκεκριμένη περίοδο υπάρχει αυξημένη ηλιοφάνεια και θερμοκρασία περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα οι ανάγκες για κλιματισμό να είναι μεγαλύτερες.



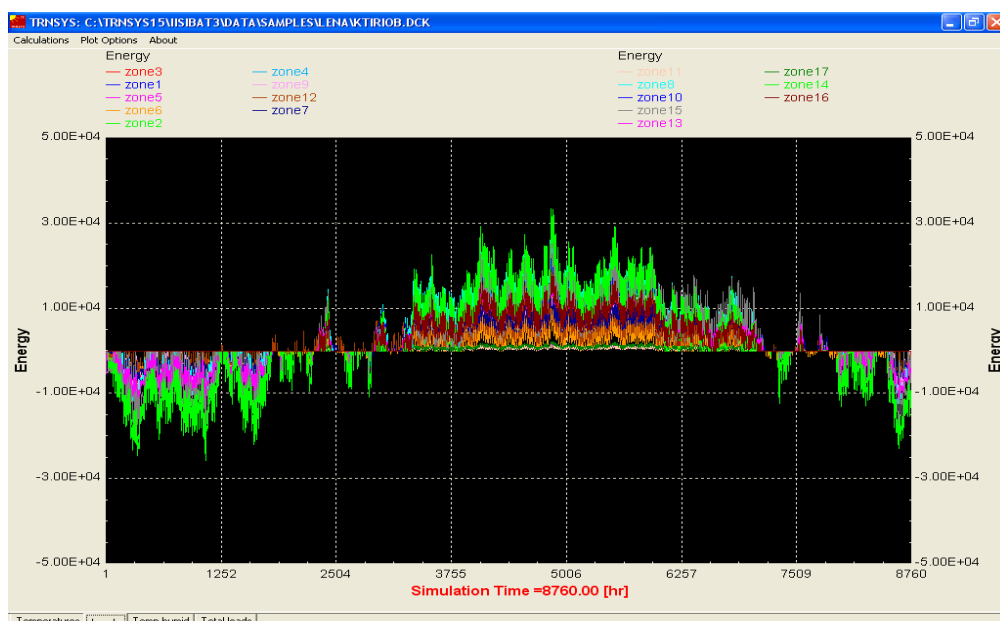
**Διάγραμμα 4.1: Ισχύς ολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης συναρτήσει του χρόνου**

Στο διάγραμμα 4.2, απεικονίζονται οι μέσες τιμές θερμοκρασίας εσωτερικού (με κόκκινο χρώμα) και εξωτερικού (με μπλε χρώμα) χώρου καθώς και οι μέσες τιμές υγρασίας εσωτερικού (με ροζ χρώμα) και εξωτερικού (με κίτρινο χρώμα) χώρου. Στον αριστερό άξονα y παριστάνεται η θερμοκρασία, στο δεξιό άξονα y παριστάνεται η υγρασία και στον άξονα x ο χρόνος (ωριαίες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος).



**Διάγραμμα 4.2: Μέσες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου συναρτήσει του χρόνου**

Στο διάγραμμα 4.3, απεικονίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου συναρτήσει του χρόνου (ωριαίες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος). Παρατηρείται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για κλιματισμό είναι μεγαλύτερες απ' ότι για θέρμανση του κτιρίου. Επιπλέον, διακρίνεται ότι οι ζώνες που περιλαμβάνουν τους θαλάμους των ασθενών (πράσινο χρώμα) είναι αυτές που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση.



**Διάγραμμα 4.3: Απαιτούμενη ενέργεια για κάθε θερμική ζώνη συναρτήσει του χρόνου**

Στο διάγραμμα 4.4, απεικονίζεται η θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης συναρτήσει του χρόνου (ωριαίες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος). Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεγάλη διακύμανση στις τιμές της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κτίριο κλιματίζεται επί 24ώρου βάσεως καθώς υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.



**Διάγραμμα 4.4:** Θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης συναρτήσει του χρόνου

Στον πίνακα 4.9 παρουσιάζονται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων σε ψύξη και θέρμανση, καθώς και οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές της διείσδυσης αέρα, του αερισμού, της ηλιακής ακτινοβολίας και των εσωτερικών πηγών θερμότητας, όπως αυτά υπολογίζονται από το πρόγραμμα TRNSYS.

Πίνακας 4.9: Μηνιαίες και ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας

MONTH	HEATING [kWh]	COOLING [kWh]	INFILTR. [kWh]	VENTILAT. [kWh]	SOLAR_RAD. [kWh]	INT_GAINS [kWh]
JAN	11.140	0	-702,7	-7.915	3.080	14.290
FEB	9.305	0,8	-663,2	-7.196	3.167	12.920
MAR	5.701	16,1	-648,5	-7.020	3.768	14.300
APR	526,7	1.508	-485,1	-5.617	3.784	13.840
MAY	65	9.924	-253,3	-3.206	4.086	14.300
JUN	0	22.090	145	-141,9	3.900	13.840
JUL	0	31.120	192,7	1.982	4.089	14.300
AUG	0	30.040	152,6	1.735	4.124	14.300
SEP	0	19.610	-39	-677,9	3.992	13.840
OCT	8,9	8.932	-236,1	-3.349	3.846	14.300
NOV	837,1	670,6	-40,7	-5.248	3.250	13.840
DEC	6.622	0	-55,34	-6.641	3.092	14.300
<b>SUM</b>	<b>34.205</b>	<b>123.911</b>	-3.641	-43.290	44.180	168.400

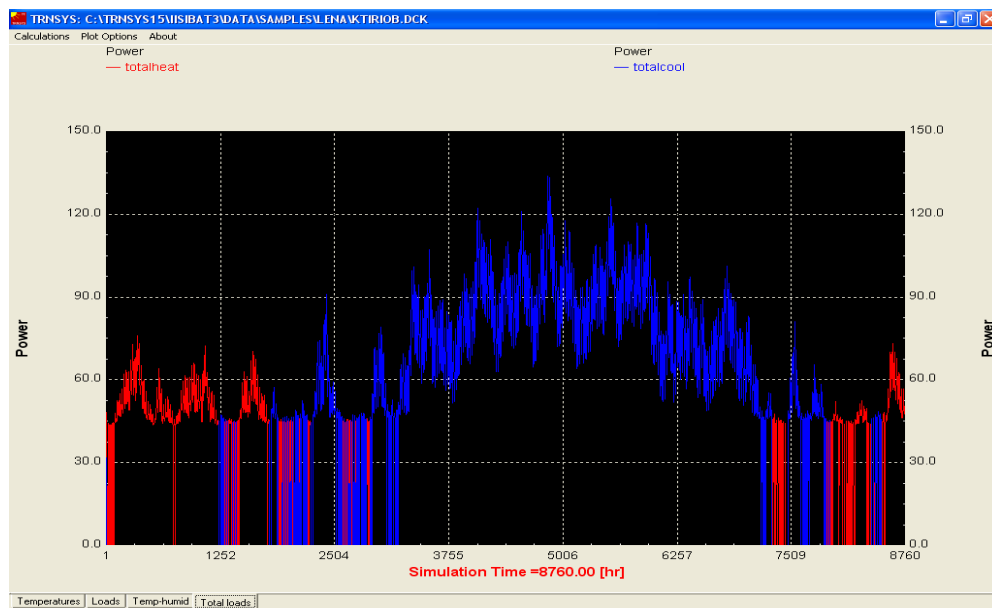
Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, η απαιτούμενη ετήσια ενέργεια για θέρμανση ανέρχεται σε 34.205 kWh και η απαιτούμενη ετήσια ενέργεια για ψύξη είναι 123.911 kWh.

#### 4.6 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης

- **Ισχύς συστήματος ψύξης**

Η συνθήκη σχεδιασμού θέρους που επιλέχθηκε είναι 1%. Αυτό σημαίνει ότι η ισχύς του συστήματος ψύξης θα είναι η αμέσως επόμενη τιμή των 30 μεγαλύτερων τιμών ωριαίων φορτίων ψύξης, που υπολογίστηκαν μέσω προσομοίωσης με το πρόγραμμα TRNSYS. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, στην προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το αρχείο TMY που περιέχει τις μέγιστες τιμές φορτίων (καλοκαιρινή περίοδος).

Στο διάγραμμα 4.5 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων ψύξης που προέκυψαν από την προσομοίωση με τις δυσμενέστερες για την θερινή περίοδο συνθήκες.



**Διάγραμμα 4.5: Μέγιστες τιμές φορτίων ψύξης συναρτήσει του χρόνου**

Στον πίνακα 4.10 παρουσιάζονται οι 30 μεγαλύτερες τιμές ωριαίων φορτίων ψύξης και σημειώνεται η ισχύς του συστήματος κλιματισμού (ισχύς ψύκτη):

**Πίνακας 4.10: Ισχύς του ψύκτη**

30 μεγαλύτερες τιμές					
1	133,98	11	129,51	21	123,84
2	133,34	12	128,44	22	123,69
3	133,16	13	127,62	23	123,50
4	133,01	14	127,30	24	123,15
5	131,98	15	126,38	25	122,91
6	131,79	16	126,31	26	122,48
7	130,86	17	125,83	27	121,99
8	130,74	18	125,64	28	121,65
9	129,91	19	124,73	29	121,12
10	129,84	20	124,22	30	121,10
<b>Ισχύς ψύκτη</b>				<b>31</b>	<b>120,95</b>

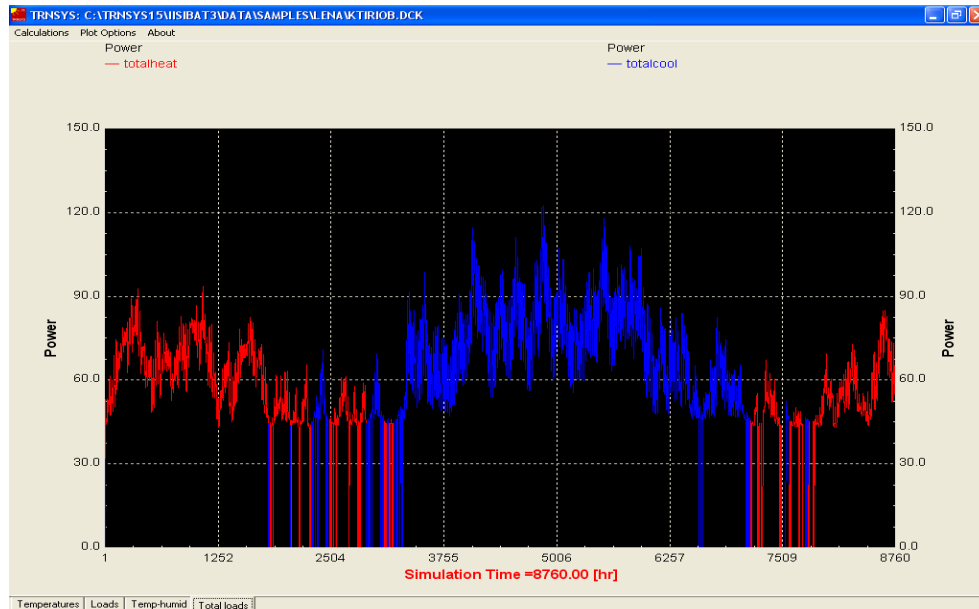
Από τον παραπάνω πίνακα υπολογίστηκε ότι η ισχύς του ψύκτη είναι 121 kW.

- Ισχύς συστήματος θέρμανσης**

Η συνθήκη σχεδιασμού χειμώνα που επιλέχθηκε είναι 1%. Αυτό σημαίνει ότι η ισχύς του συστήματος θέρμανσης θα είναι η αμέσως επόμενη τιμή των 30 μεγαλύτερων τιμών ωριαίων φορτίων θέρμανσης, που υπολογίστηκαν μέσω προσομοίωσης με το πρόγραμμα TRNSYS. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, στην προσομοίωση

χρησιμοποιήθηκε το αρχείο TMY που περιέχει τις ελάχιστες τιμές φορτίων (χειμερινή περίοδος).

Στο διάγραμμα 4.6 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων θέρμανσης που προέκυψαν από την προσομοίωση με τις δυσμενέστερες για τη χειμερινή περίοδο συνθήκες.



**Διάγραμμα 4.6: Μέγιστες τιμές φορτίων θέρμανσης συναρτήσει του χρόνου**

Στον πίνακα 4.11 παρουσιάζονται οι 30 μεγαλύτερες τιμές ωριαίων φορτίων θέρμανσης και σημειώνεται η ισχύς του συστήματος θέρμανσης (ισχύς λέβητα):

**Πίνακας 4.11: Ισχύς του λέβητα**

30 μεγαλύτερες τιμές					
1	93,76	11	90,35	21	88,38
2	92,94	12	90,12	22	88,34
3	92,89	13	89,83	23	88,23
4	92,86	14	89,56	24	87,93
5	91,97	15	89,32	25	87,88
6	91,74	16	89,18	26	87,81
7	91,08	17	89,18	27	87,42
8	90,92	18	88,89	28	87,14
9	90,88	19	88,84	29	87,05
10	90,66	20	88,57	30	86,84
Ισχύς λέβητα				31	<b>86,78</b>

Από τον παραπάνω πίνακα υπολογίστηκε ότι η ισχύς του λέβητα είναι 87 kW.

#### 4.7 Επιλογή συστήματος ηλιακού κλιματισμού

Επιλέγεται κλειστό σύστημα με ψύκτη απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου – νερού (LiBr-H<sub>2</sub>O) για τους εξής λόγους:

- Στο κτίριο δεν υπάρχουν αεραγωγοί, οπότε δεν μπορεί να εφαρμοστεί το ανοικτό σύστημα.
- Ο ψύκτης απορρόφησης με LiBr-H<sub>2</sub>O παρουσιάζει μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης απ' ό,τι ο ψύκτης απορρόφησης με H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> (Tsoutsos et al, 2003).
- Το LiBr-H<sub>2</sub>O έχει χαμηλότερο κόστος και καλύτερη απόδοση απ' ό,τι το H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub>, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να είναι πιο διαδεδομένο στην εφαρμογή ηλιακού κλιματισμού με ψύκτες απορρόφησης (Balghouthi et al, 2007).

#### 4.8 Επιλογή εξοπλισμού και παραμέτρων λειτουργίας

##### 4.8.1 Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη

Για την επιλογή του τύπου ηλιακού συλλέκτη, εξετάστηκαν 4 διαφορετικοί συλλέκτες όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και το κόστος τους, οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.12: Χαρακτηριστικά των τεσσάρων διαφορετικών ηλιακών συλλεκτών

Συλλέκτης	Τύπος	Fr(τα)	FrU <sub>L</sub>	Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	€/m <sup>2</sup>	€/kW <sub>θ=90°C</sub>
A	FPC	0,78	8,7	2,340x1,060x0,095	168	1285 (7 m <sup>2</sup> )
B	FPCselective	0,72	4,86	2,340x1,060x0,095	228	903 (3,47 m <sup>2</sup> )
Γ	FPCselective	0,833	4,25	2,190x1,279x0,089	180	466 (2,6 m <sup>2</sup> )
Δ	VTC	0,58	1,8	1,610x1,600x0,110	402	1117 (2,78 m <sup>2</sup> )

Από τους παραπάνω τύπους συλλεκτών επιλέχθηκε ο συλλέκτης Γ (επίπεδος επιλεκτικός συλλέκτης) λόγω του χαμηλότερου κόστους ανά kW θερμικής ισχύος σε θερμοκρασία 90° C. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία θεωρήθηκε για τη διαδικασία σύγκρισης  $G = 800 \text{ W/m}^2$ , η θερμοκρασία εισόδου  $T_{\text{εισ}} = 80^\circ \text{C}$  και η θερμοκρασία περιβάλλοντος 26° C.



#### 4.8.2 Γωνία κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού

Από προηγούμενες μελέτες έχει υπολογιστεί ότι για την πόλη του Ηρακλείου η βέλτιστη γωνία κλίσης των συλλεκτών είναι 10-15 μοίρες. Σύμφωνα μ' αυτό και με δεδομένο ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες στην Κρήτη δεν έχουν μεγάλες διακυμάνσεις, επιλέγεται η ίδια τιμή για την πόλη της Σητείας.

Ο προσανατολισμός των συλλεκτών είναι νότιος.

#### 4.8.3 Επιλογή τύπου ψύκτη

Για την ανάγκη των υπολογισμών ήταν απαραίτητα κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά του ψύκτη απορρόφησης. Επιλέχθηκε η σειρά ψυκτών WFC της εταιρείας Yazaki. Τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν ισχύ 35, 70 και 105 kW. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα 4.13:

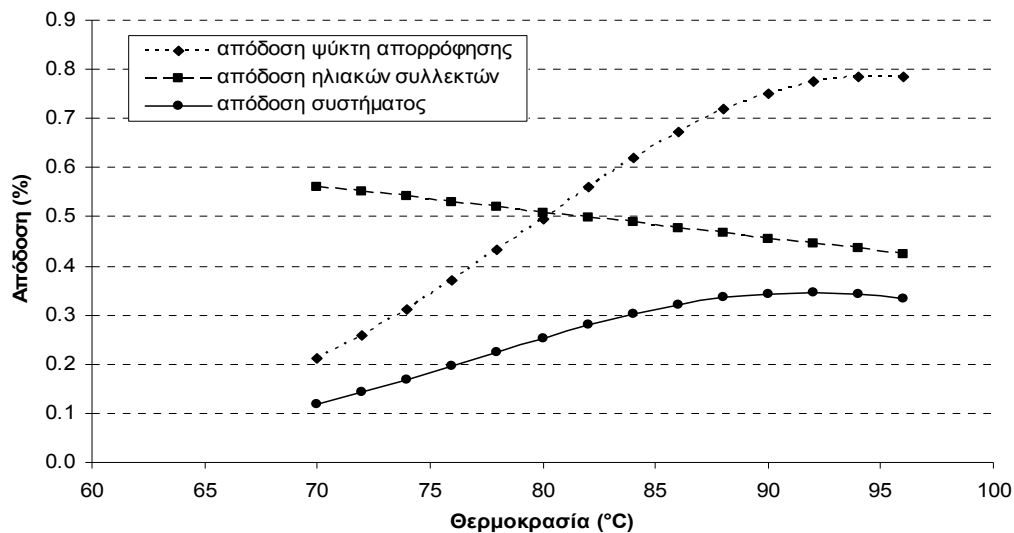
**Πίνακας 4.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυκτών απορρόφησης**

Model	WFC	SC10	SH10	SC20	SH20	SC30	SH30
Cooling	Capacity (Btu/hr x 1000)	120.0		240.0		360.0	
	Chilled Water Temp. (°F)	44.6 Outlet, 54.5 Inlet					
Heating	Capacity (Btu/hr x 1000)	—	166.3	—	332.6	—	498.9
	Hot Water Temp. (°F)	131.0 Outlet, 117.3 Inlet					
Chilled/Hot Water	Rated Water Flow (gpm)	24.2		48.4		72.6	
	Evap. Press Drop (psi)	8.1		9.6		10.1	
	Water Retention Volume (gal)	4.5		12.4		19.3	
Cooling Water	Heat Rejection (Btu/hr x 1000)	291.4		582.8		874.2	
	Inlet Temperature (°F)	87.8 (Standard)					
	*Rated Water Flow (gpm)	80.8		161.7		242.5	
	Cond./Abs. Press. Drop (psi)	12.3		6.6		6.7	
	Water Retention Volume (gal)	17.4		33.0		51.3	
Heat Medium	Input (Btu/hr x 1000)	171.4		342.8		514.2	
	Inlet Temperature (°F)	190.4 (Standard)					
		Temperature Range 158 (min.) - 203 (max.)					
	Rated Water Flow (gpm)	38.0		76.1		114.1	
	Generator Press. Drop (psi)	13.1		6.7		8.8	
	Water Retention Volume (gal)	5.5		14.3		22.2	
Electrical	Power Supply	208V, 60Hz, 3 ph					
	Consumption (W)	210		260		310	
Capacity Control		On - Off					
Noise Level	Sound Pressure dB(A)	49		49		46	
Piping	Chilled/Hot Water (in)	1-1/2 NPT		2 NPT		2 NPT	
	Cooling Water (in)	2 NPT		2 NPT		2-1/2 NPT	
	Heat Medium (in)	1-1/2 NPT		2 NPT		2-1/2 NPT	
Weight	Dry (lb)	1,100		2,050		3,200	
	Operating (lb)	1,329		2,548		3,975	

\* Minimum cooling water flow

#### 4.8.4 Θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος

Η θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος είναι αυτή που βελτιστοποιεί την απόδοση του ψύκτη και των συλλεκτών. Από το ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται ότι η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται στους 90°C.



Διάγραμμα 4.7: Θερμοκρασία συναρτήσεως της απόδοσης των συλλεκτών και του ψύκτη

#### 4.8.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών θα γίνει σε χώρο πλησίον του κτιρίου για τους εξής λόγους:

- Το τελευταίο στρώμα της οροφής του κτιρίου είναι καλυμμένο με σκύρα (πέτρα), με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η διαμόρφωση του χώρου της οροφής για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών.
- Στις κτιριακές εγκαταστάσεις του Νοσοκομείου υπάρχει ήδη χώρος με εγκατεστημένα ηλιακά (για θέρμανση νερού) και επιλέγεται να γίνει εκεί και η εγκατάσταση των νέων ηλιακών συλλεκτών.

#### 4.9 Μελέτη σκοπιμότητας (SACE)

Μετά την επιλογή μέρους του συστήματος ηλιακού κλιματισμού, των παραμέτρων λειτουργίας καθώς και τη χρήση των αποτελεσμάτων από το TRNSYS που είναι αναγκαία (αρχείο εισαγωγής στο SACE) για το SACE, εκτελείται το πρόγραμμα.

Στον πίνακα 4.14 παρατίθενται τα αποτελέσματα από τη μελέτη σκοπιμότητας ηλιακού κλιματισμού. Με βάση αυτά και τη συγκριτική μελέτη των σεναρίων, θα αξιολογηθεί κατά πόσο είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση της μονάδας ηλιακού κλιματισμού.

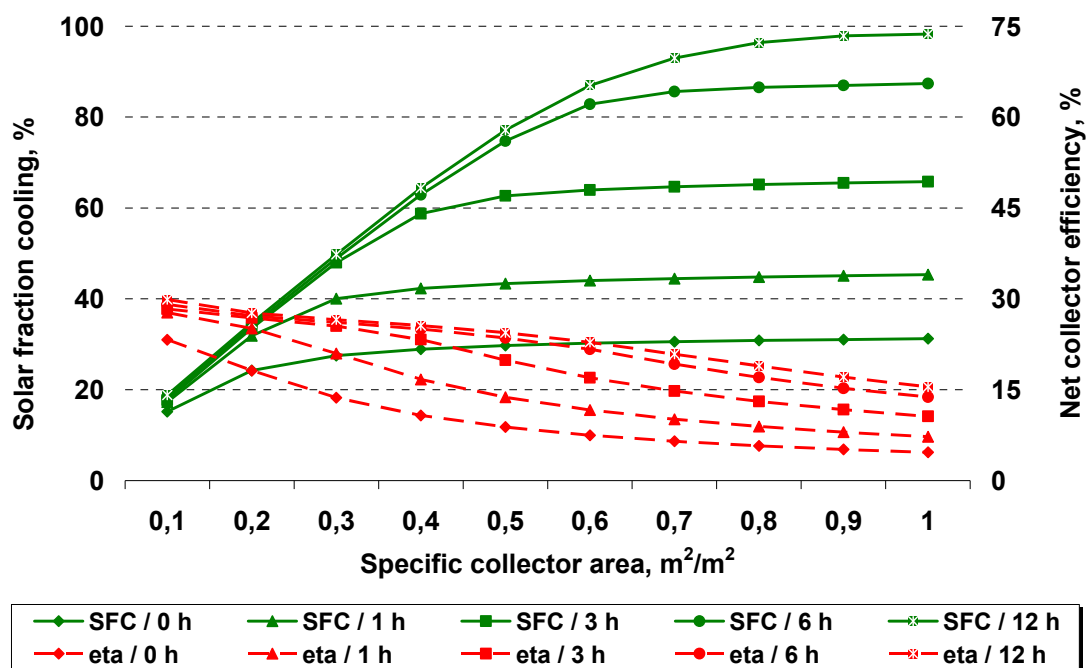
Επιλέχθηκε η επιφάνεια του κτιρίου να είναι ίση με  $1.000 \text{ m}^2$ . Η επιλογή αυτή έγινε ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στην ειδική επιφάνεια των συλλεκτών (specific collector area), στον άξονα x των διαγραμμάτων από τα αποτελέσματα του προγράμματος. Η επιλογή αυτή δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα του προγράμματος. Αυτό σημαίνει ότι η τιμή 1 στον άξονα x των διαγραμμάτων αντιστοιχεί σε  $1.000 \text{ m}^2$  ηλιακών συλλεκτών. Συνεπώς, οι τιμές στον άξονα x κυμαίνονται από  $100 \text{ m}^2$  ως  $1.000 \text{ m}^2$  με βήμα 100. Η ειδική επιφάνεια των συλλεκτών ορίζεται ως η επιφάνεια των συλλεκτών σε  $\text{m}^2$  ανά  $\text{m}^2$  κλιματιζόμενου χώρου.

Πίνακας 4.14: Αποτελέσματα του προγράμματος SACE

Specific collector area	System storage size	Heat for Cooling	Heat for Heating	Radiation on collector	Gross collector output	Backup Cooling	Backup Heating	Solar Fraction Cooling	Solar Fraction Heating	Solar Fraction Total	Gross collector efficiency	Net collector efficiency
m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	hours	kWh/m <sup>2</sup> room	kWh/m <sup>2</sup> room	kWh/m <sup>2</sup> coll.	kWh/m <sup>2</sup> coll.	kWh/m <sup>2</sup> room	kWh/m <sup>2</sup> room	%	%	%	%	%
0,1	0	269,9	36	1929,92	579,99	228,94	32,07	15,18	10,92	14,67	30,05	23,26
0,2	0	269,9	36	1929,92	579,99	204,46	31,4	24,25	12,78	22,90	30,05	18,15
0,3	0	269,9	36	1929,92	579,99	195,69	31,15	27,50	13,47	25,85	30,05	13,66
0,4	0	269,9	36	1929,92	579,99	191,81	31,01	28,93	13,86	27,16	30,05	10,76
0,5	0	269,9	36	1929,92	579,99	189,67	30,93	29,73	14,08	27,88	30,05	8,84
0,6	0	269,9	36	1929,92	579,99	188,33	30,88	30,22	14,22	28,34	30,05	7,49
0,7	0	269,9	36	1929,92	579,99	187,43	30,84	30,56	14,33	28,65	30,05	6,49
0,8	0	269,9	36	1929,92	579,99	186,68	30,82	30,83	14,39	28,90	30,05	5,73
0,9	0	269,9	36	1929,92	579,99	186,09	30,79	31,05	14,47	29,10	30,05	5,13
1	0	269,9	36	1929,92	579,99	185,54	30,77	31,26	14,53	29,29	30,05	4,64
0,1	1	269,9	36	1929,92	579,99	223,21	29,2	17,30	18,89	17,49	30,05	27,72
0,2	1	269,9	36	1929,92	579,99	183,86	25,1	31,88	30,28	31,69	30,05	25,12
0,3	1	269,9	36	1929,92	579,99	161,8	22,74	40,05	36,83	39,67	30,05	20,96
0,4	1	269,9	36	1929,92	579,99	155,71	21,33	42,31	40,75	42,12	30,05	16,69
0,5	1	269,9	36	1929,92	579,99	152,8	20,38	43,39	43,39	43,39	30,05	13,75
0,6	1	269,9	36	1929,92	579,99	151,11	19,79	44,01	45,03	44,13	30,05	11,66
0,7	1	269,9	36	1929,92	579,99	149,91	19,41	44,46	46,08	44,65	30,05	10,11
0,8	1	269,9	36	1929,92	579,99	148,94	19,19	44,82	46,69	45,04	30,05	8,92
0,9	1	269,9	36	1929,92	579,99	148,2	19,05	45,09	47,08	45,33	30,05	7,98
1	1	269,9	36	1929,92	579,99	147,51	18,96	45,35	47,33	45,58	30,05	7,22
0,1	3	269,9	36	1929,92	579,99	222,13	29,11	17,70	19,14	17,87	30,05	28,32
0,2	3	269,9	36	1929,92	579,99	179,38	22,93	33,54	36,31	33,86	30,05	26,84
0,3	3	269,9	36	1929,92	579,99	140,39	17,85	47,98	50,42	48,27	30,05	25,50
0,4	3	269,9	36	1929,92	579,99	111,29	14,97	58,77	58,42	58,73	30,05	23,27
0,5	3	269,9	36	1929,92	579,99	100,73	13,39	62,68	62,81	62,69	30,05	19,87

0,6	3	269,9	36	1929,92	579,99	97,32	12,05	63,94	66,53	64,25	30,05	16,97
0,7	3	269,9	36	1929,92	579,99	95,36	10,97	64,67	69,53	65,24	30,05	14,77
0,8	3	269,9	36	1929,92	579,99	94,01	10,17	65,17	71,75	65,94	30,05	13,07
0,9	3	269,9	36	1929,92	579,99	93,05	9,58	65,52	73,39	66,45	30,05	11,70
1	3	269,9	36	1929,92	579,99	92,28	9,07	65,81	74,81	66,87	30,05	10,60
0,1	6	269,9	36	1929,92	579,99	220,68	29,11	18,24	19,14	18,34	30,05	29,07
0,2	6	269,9	36	1929,92	579,99	177,99	22,83	34,05	36,58	34,35	30,05	27,22
0,3	6	269,9	36	1929,92	579,99	137,92	16,92	48,90	53,00	49,38	30,05	26,09
0,4	6	269,9	36	1929,92	579,99	100,08	12,58	62,92	65,06	63,17	30,05	25,03
0,5	6	269,9	36	1929,92	579,99	68,2	10,52	74,73	70,78	74,27	30,05	23,54
0,6	6	269,9	36	1929,92	579,99	46,31	8,6	82,84	76,11	82,05	30,05	21,68
0,7	6	269,9	36	1929,92	579,99	38,8	7,6	85,62	78,89	84,83	30,05	19,21
0,8	6	269,9	36	1929,92	579,99	36,37	6,81	86,52	81,08	85,88	30,05	17,02
0,9	6	269,9	36	1929,92	579,99	35,13	6,23	86,98	82,69	86,48	30,05	15,23
1	6	269,9	36	1929,92	579,99	34,1	5,87	87,37	83,69	86,93	30,05	13,78
0,1	12	269,9	36	1929,92	579,99	219,1	29,11	18,82	19,14	18,86	30,05	29,89
0,2	12	269,9	36	1929,92	579,99	176,32	22,83	34,67	36,58	34,90	30,05	27,66
0,3	12	269,9	36	1929,92	579,99	135,56	16,66	49,77	53,72	50,24	30,05	26,54
0,4	12	269,9	36	1929,92	579,99	96,11	12,3	64,39	65,83	64,56	30,05	25,58
0,5	12	269,9	36	1929,92	579,99	61,7	8,53	77,14	76,31	77,04	30,05	24,42
0,6	12	269,9	36	1929,92	579,99	35,14	6,33	86,98	82,42	86,44	30,05	22,84
0,7	12	269,9	36	1929,92	579,99	18,93	5,16	92,99	85,67	92,12	30,05	20,86
0,8	12	269,9	36	1929,92	579,99	9,69	4	96,41	88,89	95,52	30,05	18,93
0,9	12	269,9	36	1929,92	579,99	5,73	3,32	97,88	90,78	97,04	30,05	17,09
1	12	269,9	36	1929,92	579,99	4,7	2,94	98,26	91,83	97,50	30,05	15,45

Στο διάγραμμα 4.8 απεικονίζεται το ποσοστό ψύξης από ηλιακή ενέργεια και το ποσοστό απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών και του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης. Παρατηρώντας το διάγραμμα, φαίνεται ότι το ποσοστό ψύξης από ηλιακή ενέργεια αυξάνεται όσο αυξάνεται η ειδική επιφάνεια συλλέκτη και το μέγεθος της δεξαμενής. Το ποσοστό ψύξης από ηλιακή ενέργεια φτάνει σχεδόν το 100%, πράγμα που δείχνει ότι η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού είναι συμφέρουσα στην προκειμένη περίπτωση. Επίσης, η απόδοση των συλλεκτών δε φαίνεται να επηρεάζεται αρκετά από το μέγεθος της δεξαμενής. Ωστόσο, παρατηρείται μια πολύ μικρή αύξηση όσο αυξάνεται και το μέγεθος της δεξαμενής. Επιπλέον, η απόδοση των συλλεκτών αρχίζει και μειώνεται όταν η ειδική επιφάνεια των συλλεκτών είναι πάνω από 500 m<sup>2</sup> περίπου και σχεδόν φτάνει στο μηδέν.

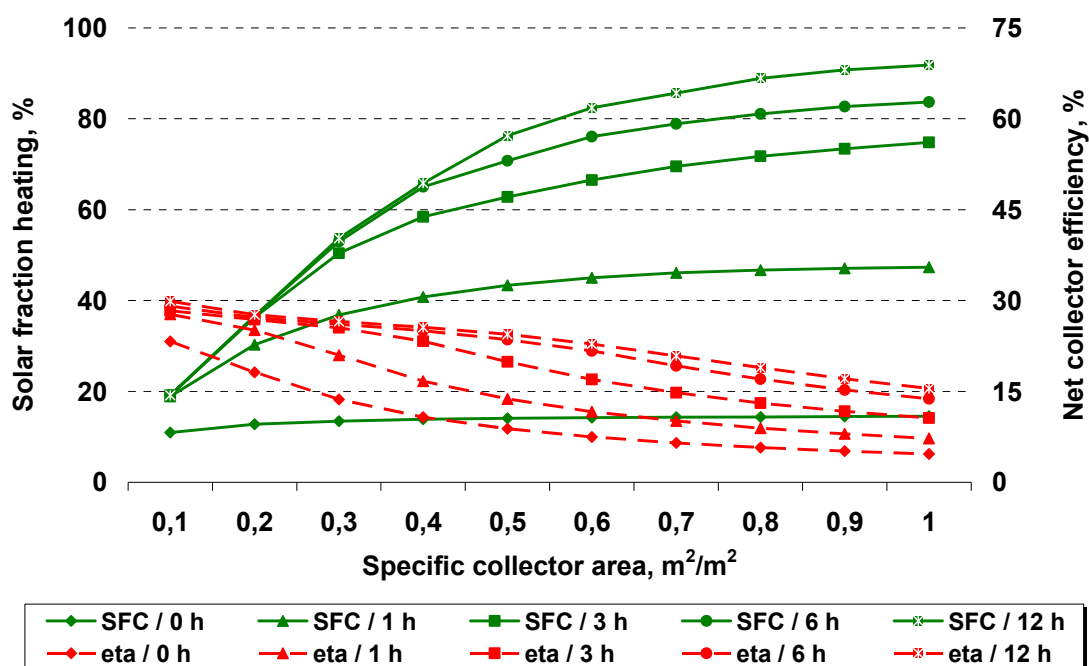


Διάγραμμα 4.8: Διάγραμμα ποσοστού ψύξης από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών

Στο διάγραμμα 4.9 απεικονίζεται το ποσοστό θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια και το ποσοστό απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών και του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης. Παρατηρώντας το διάγραμμα, φαίνεται ότι το ποσοστό θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια αυξάνεται όσο αυξάνεται η ειδική επιφάνεια συλλέκτη και το μέγεθος της δεξαμενής. Επίσης, η απόδοση των συλλεκτών δε φαίνεται να επηρεάζεται αρκετά από το μέγεθος της δεξαμενής. Ωστόσο, παρατηρείται μια πολύ μικρή αύξηση όσο αυξάνεται και το μέγεθος της δεξαμενής. Επιπλέον, η απόδοση των συλλεκτών αρχίζει και μειώνεται και σχεδόν φτάνει στο μηδέν όταν η ειδική επιφάνεια των συλλεκτών είναι πάνω από 500 m<sup>2</sup> περίπου.

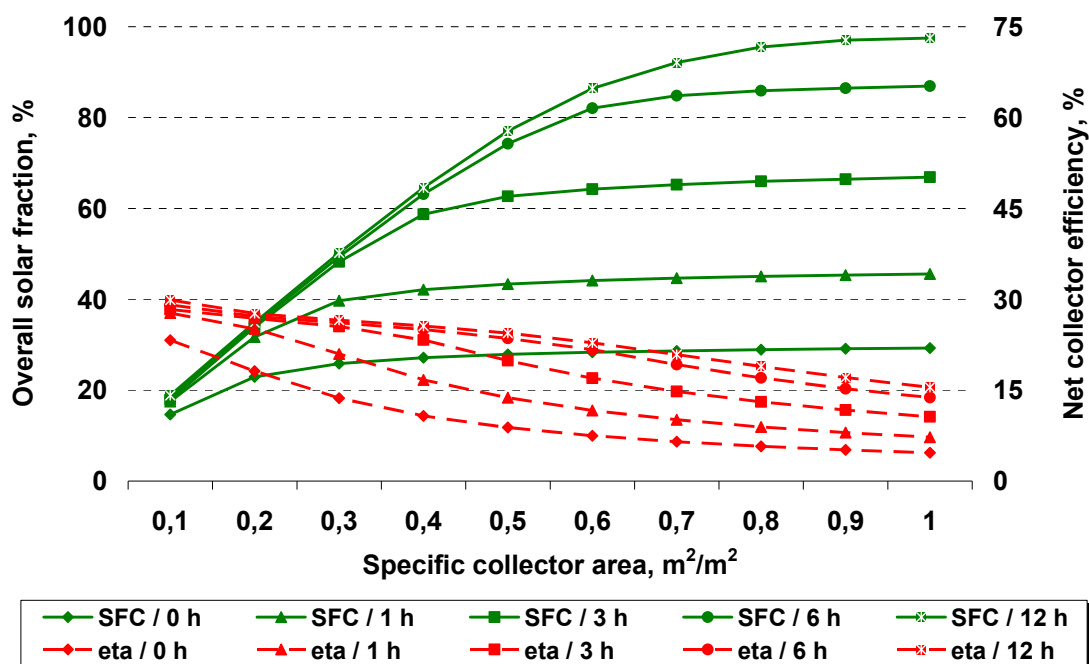
Το ποσοστό θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια φτάνει σχεδόν το 90%, πράγμα αναμενόμενο, αφού κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου δεν υπάρχει τόση ηλιοφάνεια όση κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Επιπλέον, το ποσοστό αυτό δείχνει

ότι η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών είναι συμφέρουσα κατά ένα μεγάλο ποσοστό και για την περίπτωση θέρμανσης κατά την περίοδο του χειμώνα.



Διάγραμμα 4.9: Διάγραμμα ποσοστού θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών

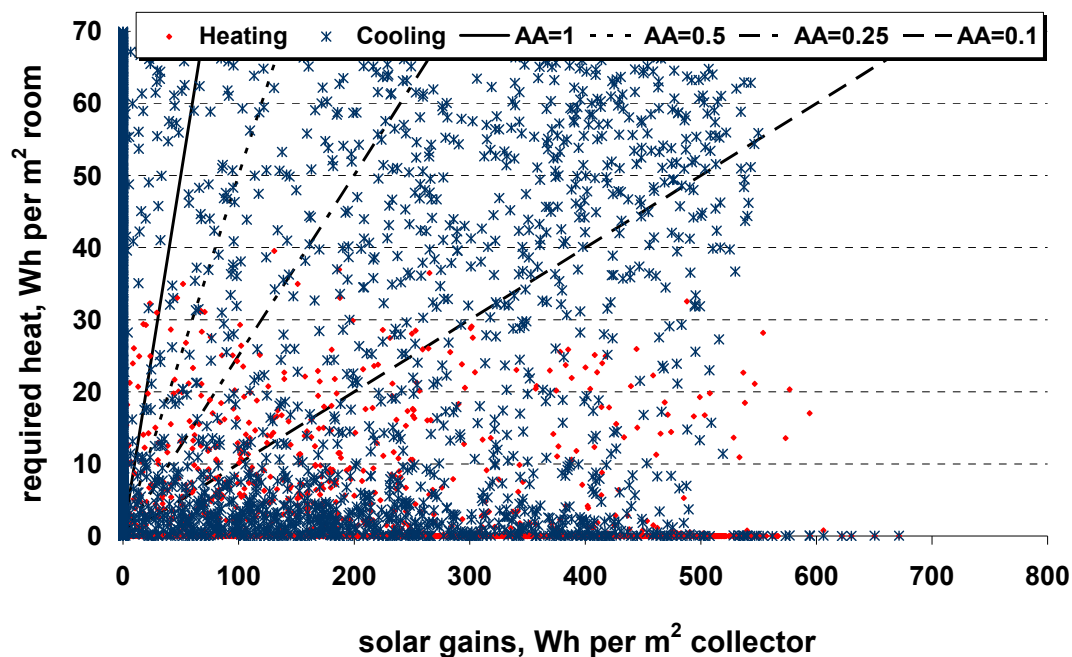
Στο διάγραμμα 4.10 απεικονίζεται το ποσοστό του συνολικού φορτίου ψύξης και θέρμανσης από ηλιακή ενέργεια και το ποσοστό απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών και του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης. Παρατηρώντας το διάγραμμα, φαίνεται ότι όταν η ειδική επιφάνεια των συλλεκτών είναι 500 m<sup>2</sup> και επιλεγεί ένα μεγάλο μέγεθος δεξαμενής αποθήκευσης, επιτυγχάνεται ένα καλό ποσοστό κάλυψης των φορτίων καθώς επίσης και το ποσοστό απόδοσης του συλλέκτη είναι αρκετά ικανοποιητικό.



Διάγραμμα 4.10: Διάγραμμα ποσοστού συνολικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και ποσοστού απόδοσης συλλέκτη συναρτήσει της ειδικής επιφάνειας των συλλεκτών

Στο διάγραμμα 4.11 απεικονίζεται η απαιτούμενη ενέργεια ανά 12 m<sup>2</sup> κλιματιζόμενου χώρου (σε ωριαία βάση) συναρτήσει της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας (σε ωριαία βάση) ανά m<sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη. Κάθε ευθεία γραμμή του διαγράμματος αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη τιμή ειδικής επιφάνειας του συλλέκτη AA (m<sup>2</sup> συλλέκτη ανά m<sup>2</sup> κλιματιζόμενου χώρου). Κάθε σημείο που βρίσκεται κάτω από την ευθεία αντιπροσωπεύει μια κατάσταση στην οποία τα συλλεγόμενα φορτία ηλιακής ενέργειας υπερβαίνουν την πραγματική απαιτούμενη κάλυψη των φορτίων για ψύξη και θέρμανση. Το αντίθετο συμβαίνει όταν τα σημεία βρίσκονται πάνω από την ευθεία.





Διάγραμμα 4.11: Διάγραμμα απαιτούμενης ενέργειας ανά 12 m<sup>2</sup> κλιματιζόμενου χώρου συναρτήσει της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας ανά m<sup>2</sup> συλλέκτη

#### 4.10 Διεξαγωγή διαφόρων σεναρίων

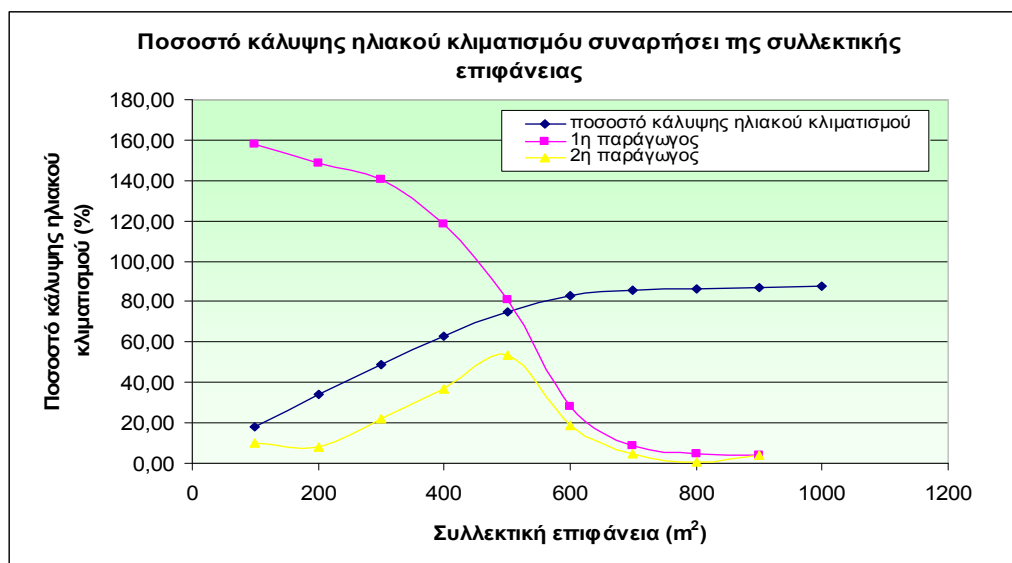
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3, θα μελετηθούν 4 εναλλακτικά σενάρια όπου θα αλλάζουν κάθε φορά τα ποσοστά κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου από ηλιακή ενέργεια.

Το πρώτο σενάριο προκύπτει με βάση τα διαγράμματα που προήλθαν από το SACE. Συγκεκριμένα, από το διάγραμμα 4.8, επιλέγεται η τιμή της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών που αντιστοιχεί στην τομή των καμπύλων του ποσοστού ηλιακής κάλυψης και της καθαρής απόδοσης των συλλεκτών και είναι ίση με 200 m<sup>2</sup>. Με βάση αυτή την τιμή και επιλέγοντας ένα χρόνο παραμονής της δεξαμενής αποθήκευσης ίσο με 6h από τον πίνακα 4.14, λαμβάνονται και τα ποσοστά ψύξης ηλιακού κλιματισμού.

Το σενάριο αυτό λειτουργεί με βάση ένα μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια, σε αντίθεση με το δεύτερο σενάριο όπου υπάρχει το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης του ψυκτικού φορτίου από την ηλιακή ενέργεια.

Το δεύτερο σενάριο λειτουργεί με βάση το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης του ψυκτικού φορτίου από την ηλιακή ενέργεια. Για την εύρεση της συλλεκτικής επιφάνειας ώστε να επιτυγχάνεται αυτό, είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί το διάγραμμα 4.12. Σ' αυτό το διάγραμμα φαίνεται το ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας και κατασκευάστηκε με βάση τα δεδομένα του πίνακα 4.14 που αντιστοιχούν στο χρόνο παραμονής ίσο με 6h της δεξαμενής αποθήκευσης. Από την καμπύλη της 2<sup>ης</sup> παραγωγού, φαίνεται ότι το ακρότατο (μέγιστο) αντιστοιχεί στη

ζητούμενη επιφάνεια συλλεκτών, ίση με 500 m<sup>2</sup>. Με βάση αυτή την τιμή και για χρόνο παραμονής ίσο με 6h της δεξαμενής αποθήκευσης από τον πίνακα 4.14, λαμβάνονται και τα ποσοστά ψύξης ηλιακού κλιματισμού.



Διάγραμμα 4.12: Ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας

Στον ακόλουθο πίνακα 4.15 παρουσιάζονται συνοπτικά τα τέσσερα σενάρια καθώς και τα ποσοστά κάλυψης από τις διάφορες πηγές ενέργειας.

Πίνακας 4.15: Πίνακας σεναρίων

	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Συνολική συλλεκτική επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	0	200	200	500	500
Ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη (%)	0	34,05	34,05	74,73	74,73
Ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (%)	100	0	65,95	0	25,27
Ποσοστό ενέργειας ορυκτού καυσίμου για ψύξη (%)	0	65,95	0	25,27	0
Ποσοστό ηλιακής ενέργειας για θέρμανση (%)	0	36,58	36,58	70,78	70,78
Ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση (%)	0	0	0	0	0
Ποσοστό ενέργειας ορυκτού καυσίμου για θέρμανση (%)	100	63,42	63,42	29,22	29,22

#### 4.11 Αποτελέσματα σεναρίων και διαστασιολόγηση του συστήματος

Αφού έχει γίνει η επιλογή των χαρακτηριστικών των τεσσάρων σεναρίων, επόμενο βήμα είναι η διαστασιολόγηση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για κάθε σενάριο.

##### Σενάριο 1

Το πρώτο σενάριο λειτουργεί με βάση ένα μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια. Η συλλεκτική επιφάνεια υπολογίστηκε σε 200 m<sup>2</sup>. Με βάση τα διαγράμματα 4.8, 4.9 και 4.10, το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 46%, για θέρμανση σε 43% και η συνολική κάλυψη φορτίων από ηλιακή ενέργεια ανέρχεται σε 48%. Εφόσον στο σενάριο αυτό έχει επιλεγεί το σύστημα να λειτουργεί με την καθαρή απόδοση του ψύκτη απορρόφησης, δεν είναι αναγκαία η χρήση ενός ψύκτη συμπίεσης. Σε περίπτωση που δεν καλύπτεται το φορτίο από την ηλιακή ενέργεια, ο ψύκτης απορρόφησης οδηγείται από το λέβητα. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το πρώτο σενάριο φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4.16:

Πίνακας 4.16: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 1<sup>ο</sup> σενάριο

Εξοπλισμός	Τύπος	Διαστάσεις
Ψύκτης	Συμπίεσης	-
	Απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O	121 kW
Συλλέκτης	Επιλεκτικός	200 m <sup>2</sup> συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	5 m <sup>3</sup>
Πύργος ψύξης	Ανοικτού τύπου	280 kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	175 kW (επιπλέον ισχύς: 88 kW)

##### Σενάριο 2

Το δεύτερο σενάριο λειτουργεί με βάση ένα μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια όπως και το πρώτο. Η συλλεκτική επιφάνεια υπολογίστηκε σε 200 m<sup>2</sup>. Με βάση τα διαγράμματα 4.8, 4.9 και 4.10, το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 46%, για θέρμανση σε 43% και η συνολική κάλυψη φορτίων από ηλιακή ενέργεια ανέρχεται σε 48%. Στο σενάριο αυτό χρησιμοποιείται ο ψύκτης απορρόφησης για την κάλυψη του ψυκτικού φορτίου. Σε περίπτωση που το φορτίο δεν καλύπτεται από τον ψύκτη απορρόφησης, χρησιμοποιείται και ψύκτης συμπίεσης. Τα χαρακτηριστικά του

συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το δεύτερο σενάριο φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4.17:

**Πίνακας 4.17: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 2<sup>ο</sup> σενάριο**

<b>Εξοπλισμός</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Διαστάσεις</b>
<b>Ψύκτης</b>	Συμπίεσης	50 kW
	Απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O	70 kW
<b>Συλλέκτης</b>	Επιλεκτικός	200m <sup>2</sup> καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
<b>Δεξαμενή αποθήκευσης</b>	Ζεστού νερού	5 m <sup>3</sup>
<b>Πύργος ψύξης</b>	Ανοικτού τύπου	170 kW
<b>Εφεδρική πηγή</b>	Λέβητας πετρελαίου	87 kW

### **Σενάριο 3**

Το τρίτο σενάριο λειτουργεί με βάση το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια. Η συλλεκτική επιφάνεια υπολογίστηκε σε 500 m<sup>2</sup>. Με βάση τα διαγράμματα 4.8, 4.9 και 4.10, το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 80%, για θέρμανση σε 72% και η συνολική κάλυψη φορτίων από ηλιακή ενέργεια ανέρχεται σε 78%. Εφόσον στο σενάριο αυτό έχει επιλεγεί το σύστημα να λειτουργεί με το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου, θα χρησιμοποιείται μόνο ο ψύκτης απορρόφησης και δεν είναι αναγκαίος ο ψύκτης συμπίεσης. Σε περίπτωση που δεν καλύπτεται το φορτίο, ο ψύκτης απορρόφησης θα οδηγείται από το λέβητα. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το τρίτο σενάριο φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4.18:

**Πίνακας 4.18: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 3<sup>ο</sup> σενάριο**

Εξοπλισμός	Τύπος	Διαστάσεις
Ψύκτης	Συμπίεσης	-
	Απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O	121 kW
Συλλέκτης	Επιλεκτικός	500 m <sup>2</sup> καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	15 m <sup>3</sup>
Πύργος ψύξης	Ανοικτού τύπου	280 kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	175 kW (επιπλέον ισχύς: 88 kW)

#### **Σενάριο 4**

Το τέταρτο σενάριο λειτουργεί με βάση το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια όπως και το τρίτο. Η συλλεκτική επιφάνεια υπολογίστηκε σε 500 m<sup>2</sup>. Με βάση τα διαγράμματα 4.8, 4.9 και 4.10, το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 80%, για θέρμανση σε 72% και η συνολική κάλυψη φορτίων από ηλιακή ενέργεια ανέρχεται σε 78%. Στο σενάριο αυτό χρησιμοποιείται ο ψύκτης απορρόφησης για την κάλυψη του ψυκτικού φορτίου. Σε περίπτωση που το φορτίο δεν καλύπτεται από τον ψύκτη απορρόφησης, χρησιμοποιείται και ψύκτης συμπίεσης. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το τέταρτο σενάριο φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4.19:

**Πίνακας 4.19: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το 4<sup>ο</sup> σενάριο**

Εξοπλισμός	Τύπος	Διαστάσεις
Ψύκτης	Συμπίεσης	50 kW
	Απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O	70 kW
Συλλέκτης	Επιλεκτικός	500 m <sup>2</sup> καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	15 m <sup>3</sup>
Πύργος ψύξης	Ανοικτού τύπου	170 kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	87 kW

#### 4.12 Συγκριτική μελέτη σεναρίων

Για τη διεξαγωγή της συγκριτικής μελέτης των τεσσάρων σεναρίων τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με το συμβατικό σύστημα κλιματισμού, είναι απαραίτητες οι οικονομικές πληροφορίες του παρακάτω πίνακα 4.20:

**Πίνακας 4.20: Οικονομικά στοιχεία**

Εξοπλισμός	Κόστος	Πηγή
Ψύκτης απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O (COP = 0,7)	400 €/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Ψύκτης συμπίεσης (COP = 2,5)	310 €/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Επιλεκτικός συλλέκτης	180 €/m <sup>2</sup>	Έρευνα αγοράς
Λέβητας πετρελαίου (η = 85%)	50 €/kW	Έρευνα αγοράς
Πύργος ψύξεως	50 €/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Δεξαμενή αποθήκευσης	600 €/m <sup>3</sup>	Βιβλιογραφία (2004)
Κόστος ενέργειας	Κόστος	Πηγή
Ηλεκτρική	0,25 €/kW	Δήμος Σητείας
Πετρέλαιο	1200 €/ton	Μέση τιμή 2008

Στους ακόλουθους πίνακες περιγράφεται η συγκριτική μελέτη των σεναρίων που αφορά στην αξιολόγηση του κόστους, της ενέργειας και των περιβαλλοντικών οφελών:

#### ❖ Δεδομένα εξοπλισμού συστήματος ηλιακού κλιματισμού

**Πίνακας 4.21: Δεδομένα εξοπλισμού συστήματος ηλιακού κλιματισμού**

Χαρακτηριστικά εξοπλισμού	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Τύπος ηλιακού συλλέκτη	-	επιλεκτικός	επιλεκτικός	επιλεκτικός	επιλεκτικός
Συλλεκτική επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	-	200	200	500	500
Δεξαμενή αποθήκευσης (m <sup>3</sup> )	-	5	15	5	15
Ισχύς της συμβατικής εφεδρικής πηγής (kW)	87	175	87	175	87
Ισχύς ψύκτη συμπίεσης (kW)	100	-	50	-	50
Ισχύς ψύκτη απορρόφησης (kW)	-	121	70	121	70
Ισχύς πύργου ψύξης (kW)	Air cooled	280	170	280	170

❖ Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας

Πίνακας 4.22: Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας

Ετήσιες απαιτήσεις Ενέργειας	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Ολική ετήσια ηλεκτρ. κατανάλ. συστήματος κλιματισμού (kWh)	49.564	1.700	33.687	2.200	14.025
Ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ψύκτη συμπίεσης (kWh)	49.564	-	32.687	-	12.525
Ετήσια αναγκαία θερμότητα για ψύξη (kWh)	-	177.016	60.274	177.016	132.284
Ετήσια αναγκαία θερμότητα για θέρμανση (kWh)	34.205	34.205	34.205	34.205	34.205
<b>Συνολική ετήσια αναγκαία θερμότητα (kWh)</b>	34.205	211.221	94.479	211.221	166.489
Ετήσια αναγκαία θερμότητα από πετρέλαιο (kWh)	34.205	138.435	21.693	54.727	9.995
Ετήσια ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας από πετρέλαιο (kWh)	40.241	162.865	25.521	64.385	11.759
Ετήσια ακτινοβολία στο συλλέκτη (kWh)	-	385.800	385.800	964.500	964.500
Ετήσια θερμότητα παραγωγής συλλέκτη (kWh)	-	127.584	127.584	318.960	318.960
Συνολική ετήσια παραγωγή ψύξης (kWh)	123.911	123.911	123.911	123.911	123.911
Ετήσια παραγωγή ψύξης από ηλεκτρική συμπίεση (kWh)	123.911	-	81.719	-	31.312

❖ Ανάλυση επενδυτικού κόστους

Πίνακας 4.23: Ανάλυση επενδυτικού κόστους

Επενδυτικό κόστος (€)	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Ψύκτης απορρόφησης	-	48.400	28.000	48.400	28.000
Ψύκτης συμπίεσης	31.000	-	15.500	-	15.500
Ηλιακοί συλλέκτες	-	36.000	36.000	90.000	90.000
Δεξαμενές αποθήκευσης	-	3.000	9.000	3.000	9.000
Λέβητας πετρελαίου	4.350	8.750	4.350	8.750	4.350
Πύργος ψύξης	-	14.000	8.500	14.000	8.500
<b>Ολικό κόστος εξοπλισμού</b>	35.350	110.150	101.350	164.150	155.350
Κόστος εγκατάστασης	4.242	13.218	12.162	19.698	18.642
Τελικό επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση	39.592	123.368	113.512	183.848	173.992
Ποσοστό επιδότησης (%)	-	40	40	40	40
Τελικό επενδυτικό κόστος με επιδότηση	-	74.020,8	68.107,2	110.308,8	104.395,2

❖ **Ανάλυση ετήσιου λειτουργικού κόστους**

**Πίνακας 4.24: Ανάλυση ετήσιου λειτουργικού κόστους**

Ετήσιο λειτουργικό κόστος (€)	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Κόστος συντήρησης	1500	1.234	1.135	1.838	1.740
Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	12.391	425	8.422	550	3.506
Ετήσιο κόστος πετρελαίου	4.200	16.995	2.663	6.718	1.227
<b>Ολικό ετήσιο κόστος</b>	18.091	18.654	12.220	9.106	6.473
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων	-	-563	5.871	8.985	11.618

❖ **Χρόνος αποπληρωμής**

**Πίνακας 4.25: Χρόνος αποπληρωμής**

Χρόνος αποπληρωμής (yr)	Συμβατικό	Σενάριο 1*	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Χρόνος αποπληρωμής χωρίς επιδότηση	-	<0	12.6	16.0	11.5
Χρόνος αποπληρωμής με επιδότηση	-	<0	4.8	7.9	5.6

\* Στο Σενάριο 1 ο χρόνος αποπληρωμής είναι αρνητικός λόγω της μη ετήσιας εξοικονόμησης χρημάτων όπως φαίνεται στον πίνακα 4.24.



## ❖ Ανάλυση περιβαλλοντικών οφελών

Πίνακας 4.26: Ανάλυση περιβαλλοντικών οφελών

Περιβαλλοντικά οφέλη	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Εξοικονομούμενη ηλεκτρ. ενέργεια (kWh)	-	47.864	15.877	47.364	35.539
Μείωση CO <sub>2</sub> από εξοικονομούμενη ηλεκτρ. ενέργεια (kg)	-	50.855	16.869	50.324	37.760
Εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια πετρελαίου (kWh)	-	-122.624	14.720	-24.144	28.482
Μείωση CO <sub>2</sub> από εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια (kg)	-	-33.476	-4.018	-6.591	7.775
Ολική εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια (kWh)	-	-7.713	49.912	90.267	113.581
Ολική μείωση CO <sub>2</sub> (kg)	-	17.379	12.851	43.733	45.535
Ψυκτικό ζεύγος στο ηλιακό σύστημα (ροφητής/ ψυκτικό)	-	LiBr-H <sub>2</sub> O	LiBr-H <sub>2</sub> O	LiBr-H <sub>2</sub> O	LiBr-H <sub>2</sub> O
Ψυκτικό μέσο του συμβατικού συστήματος κλιματισμού	Φρέον	-	Φρέον	-	Φρέον

### 4.13 Σχολιασμός αποτελεσμάτων συγκριτικής μελέτης σεναρίων

Στους παραπάνω πίνακες περιγράφεται η συγκριτική ανάλυση ενέργειας, κόστους και περιβαλλοντικών οφελών των τεσσάρων σεναρίων τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με το συμβατικό σύστημα κλιματισμού. Αναλυτικότερα:

#### • Σενάριο 1

Το πρώτο σενάριο λειτουργεί με βάση ένα μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια (48%) και η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών είναι σχετικά μικρή (200 m<sup>2</sup>). Η χρήση ψύκτη συμπίεσης δεν είναι αναγκαία και σε περίπτωση που δεν καλύπτεται το φορτίο, ο ψύκτης απορρόφησης οδηγείται από το λέβητα. Από την παραπάνω συγκριτική μελέτη φαίνεται ότι το σενάριο αυτό παρόλο που παρουσιάζει τη χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δεν αποδεικνύεται συμφέρον, εφόσον παρέχει χαμηλά περιβαλλοντικά οφέλη, μεγάλη κατανάλωση πετρελαίου και καθόλου ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων.

- **Σενάριο 2**

Στο δεύτερο σενάριο χρησιμοποιείται ένα μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια (48%) από σχετικά μικρή συλλεκτική επιφάνεια (200 m<sup>2</sup>) όπως και στο πρώτο, με τη διαφορά ότι το επιπλέον φορτίο καλύπτεται από ψύκτη συμπίεσης. Το σενάριο αυτό παρουσιάζει το χαμηλότερο επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση (113.512 €) και ένα μεσαίο χρόνο αποπληρωμής (12,6 χρόνια). Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι τα μικρότερα από τα άλλα σενάρια λόγω της μικρότερης ολικής εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας.

- **Σενάριο 3**

Στο τρίτο σενάριο υπάρχει συνδυασμός μέγιστης κάλυψης από ηλιακή ενέργεια (78%) με μεγάλη επιφάνεια συλλεκτών (500 m<sup>2</sup>). Ο ψύκτης απορρόφησης οδηγείται από λέβητα για την κάλυψη του επιπλέον φορτίου και δεν χρησιμοποιείται ψύκτης συμπίεσης. Το σενάριο αυτό παρουσιάζει το μεγαλύτερο επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση (183.848 €) και τον μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής (16 χρόνια). Ωστόσο, έχει σχετικά μεγάλα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της μεγάλης εξοικονομούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλα αυτά όμως, το μεγάλο επενδυτικό κόστος αποτελεί ένα αρκετά σημαντικό εμπόδιο για την εφαρμογή του.

- **Σενάριο 4**

Στο τέταρτο σενάριο υπάρχει συνδυασμός μέγιστης κάλυψης από ηλιακή ενέργεια (78%) με μεγάλη επιφάνεια συλλεκτών (500 m<sup>2</sup>), όπως και στο τρίτο. Η διαφορά είναι ότι χρησιμοποιείται και ψύκτης συμπίεσης για την επιπλέον κάλυψη του ψυκτικού φορτίου. Το σενάριο αυτό παρουσιάζει τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη, το μικρότερο χρόνο αποπληρωμής (11,5) καθώς και τη μεγαλύτερη ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (11.618 €). Ωστόσο, έχει ένα σχετικά μεσαίο επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση (173.992 €). Αποδεικνύεται ένα αρκετά συμφέρον σενάριο σε σχέση με τα υπόλοιπα.

#### **4.14 Τελική επιλογή σεναρίου**

Από τη συγκριτική μελέτη των σεναρίων, προκύπτει ότι το τέταρτο σενάριο είναι αυτό που αποδεικνύεται το πιο συμφέρον σε σχέση με τα υπόλοιπα. Παρέχει ένα υψηλό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια ίσο με 78% σε συνδυασμό με μεγάλη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (500 m<sup>2</sup>). Το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 80% και για θέρμανση σε 72%. Το επενδυτικό κόστος ανέρχεται σε 173.992 € με χρόνο αποπληρωμής 11,5 χρόνια χωρίς επιδότηση. Σε περίπτωση που υπάρχει επιδότηση (40%), το επενδυτικό κόστος μειώνεται στα 104.395,2 € και ο χρόνος αποπληρωμής σε 5,6 χρόνια. Ένα ακόμη βασικό πλεονέκτημα είναι ότι το συγκεκριμένο σενάριο παρουσιάζει και τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

### 5.1 Συμπεράσματα από τη μελέτη εφαρμογής ηλιακού κλιματισμού στο κτίριο B

#### ➤ Προτεινόμενο σύστημα ηλιακού κλιματισμού

Μετά τη διεξαγωγή της μελέτης των διαφόρων σεναρίων για την εφαρμογή ηλιακού κλιματισμού στο κτίριο B του Νοσοκομείου Σητείας, αποδεικνύεται πιο συμφέρουσα η εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.

Το σενάριο αυτό επιλέχθηκε γιατί βελτιστοποιεί πολλές από τις παραμέτρους αξιολόγησης της εφαρμογής του, όπως τα περιβαλλοντικά οφέλη, το επενδυτικό κόστος και το χρόνο αποπληρωμής του έργου. Παρέχει ένα υψηλό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια ίσο με 78% σε συνδυασμό με μεγάλη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών. Το ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη ανέρχεται σε 80% και για θέρμανση σε 72%. Τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού του συστήματος ηλιακού κλιματισμού φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού για το προτεινόμενο σενάριο

Εξοπλισμός	Τύπος	Διαστάσεις
Ψύκτης	Συμπίεσης	50 kW
	Απορρόφησης LiBr – H <sub>2</sub> O	70 kW
Συλλέκτης	Επιλεκτικός	500 m <sup>2</sup> καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	15 m <sup>3</sup>
Πύργος ψύξης	Ανοικτού τύπου	170 kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	87 kW

Το προτεινόμενο σενάριο λειτουργεί με βάση το μέγιστο δυνατό ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και η επιφάνεια των επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών ανέρχεται σε 500 m<sup>2</sup>. Ο αριθμός των συλλεκτών που είναι απαραίτητοι για την κάλυψη των 500 m<sup>2</sup> είναι 179. Χρησιμοποιείται κλειστό σύστημα με ψύκτη απορρόφησης (LiBr – H<sub>2</sub>O) ισχύος 70 kW για την κάλυψη του ψυκτικού φορτίου. Σε περίπτωση που το φορτίο δεν καλύπτεται από τον ψύκτη απορρόφησης, χρησιμοποιείται και ψύκτης συμπίεσης ισχύος 50 kW. Ως εφεδρική πηγή θερμότητας χρησιμοποιείται λέβητας πετρελαίου ισχύος 87 kW.

Επίσης, το προτεινόμενο σενάριο παρουσιάζει τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη, το μικρότερο χρόνο αποπληρωμής (11,5 χρόνια) καθώς και τη μεγαλύτερη ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων. Ωστόσο, έχει ένα σχετικά μεσαίο επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση (173.992 €). Με επιδότηση 40%, το επενδυτικό κόστος μειώνεται στα 104.395,2 € και ο χρόνος αποπληρωμής σε 5,6 χρόνια.

Τα χαρακτηριστικά που προέκυψαν από τη συγκριτική μελέτη για το προτεινόμενο σενάριο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα 5.2:

**Πίνακας 5.2: Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη προτεινόμενου σεναρίου**

<b>Οικονομικά οφέλη</b>	
Ολικό κόστος εξοπλισμού (€)	155.350
Κόστος συντήρησης (€)	1.740
Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (€)	3.506
Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	1.227
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	11.618
Τελικό επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση (€)	173.992
Τελικό επενδυτικό κόστος με επιδότηση (€)	104.395,2
<b>Περιβαλλοντικά οφέλη</b>	
Εξοικονομούμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	35.539
Εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια πετρελαίου (kWh)	28.482
Ολική εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια (kWh)	113.581
Μείωση CO <sub>2</sub> από εξοικονομούμενη ηλεκτρική ενέργεια (kg)	37.760
Μείωση CO <sub>2</sub> από εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια (kg)	7.775
Ολική μείωση CO <sub>2</sub> (kg)	45.535

Παρατηρείται ότι το κόστος επένδυσης είναι σχετικά υψηλό. Ωστόσο, αυτό αντισταθμίζεται αν ληφθούν υπόψη τα μεγάλα περιβαλλοντικά οφέλη, ο μικρός χρόνος αποπληρωμής του έργου και η μεγάλη ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων.

### ➤ Εφαρμογή συστημάτων ηλιακού κλιματισμού

Η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού έχει αρχίσει να διεισδύει στην αγορά αλλά δεν είναι ακόμη ευρέως εφαρμόσιμη, κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού επενδυτικού κόστους. Έτσι, τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού δεν είναι αρκετά ανταγωνιστικά σε σχέση με τα συμβατικά. Το κόστος αυτό θα μπορούσε να μειωθεί αν γινόταν μαζική παραγωγή των συστημάτων.

Από τη διεξαγωγή της παραπάνω μελέτης συμπεραίνεται ότι η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα. Το κύριο όφελος είναι ότι αποτελεί μια τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον και συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> και κατά συνέπεια στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα εξοικονόμησης αρκετών χρημάτων από τη λειτουργία αυτών των συστημάτων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι παρέχεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και πετρελαίου, του οποίου τα

αποθέματα αρχίζουν να εξαντλούνται. Επίσης, λαμβάνοντας αυτό υπόψη καθώς και ότι η τιμή του πετρελαίου είναι ήδη πολύ υψηλή, δεν αποκλείεται η εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού να αρχίσει να κερδίζει έδαφος τα επόμενα χρόνια. Μ' αυτό τον τρόπο θα υπάρξει και ευρεία διάδοση της τεχνολογίας. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να υπάρξει μεγαλύτερη εξειδίκευση και εμπειρία των ειδικών που ασχολούνται με την εφαρμογή συστημάτων ηλιακού κλιματισμού.

### ➤ Προσομοίωση και μελέτη κτιρίου μέσω λογισμικών

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας για την προσομοίωση και μελέτη του κτιρίου Β του Νοσοκομείου Σητείας, χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά SimCad, Prebid, TRNSYS και SACE. Όσον αφορά τη χρήση τους για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης, συμπεραίνονται τα εξής:

- SimCad

Το λογισμικό αυτό είναι ένα εύχρηστο και σχετικά απλό στη χρήση του εργαλείο για την προσομοίωση του κτιρίου σε τρισδιάστατη μορφή. Είναι απαραίτητο για τη μετέπειτα προσομοίωση του κτιρίου στο TRNSYS.

- Prebid

Το λογισμικό αυτό παρέχει πολλές δυνατότητες εισαγωγής όλων των παραμέτρων του κτιρίου, καθώς διαθέτει μια μεγάλη βιβλιοθήκη για την περιγραφή των υλικών κατασκευής των τοίχων, πατωμάτων, οροφών και παραθύρων των κτιρίων. Επιπλέον, παρέχει πολλές επιλογές προσδιορισμού των παραμέτρων που αφορούν τον αερισμό, τη θέρμανση και ψύξη των χώρων. Είναι ένα πλήρες εργαλείο εισαγωγής όλων των παραμέτρων που προσδιορίζουν ένα κτίριο και είναι απαραίτητες για μελέτες ηλιακού κλιματισμού.

- TRNSYS

Το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα δύσκολο πρόγραμμα το οποίο απαιτεί πολύ χρόνο για την εκμάθησή του και τη χρήση του. Παρόλα αυτά, έχει πολλές δυνατότητες και παρέχει εναλλακτικές επιλογές για την ενεργειακή προσομοίωση ενός κτιρίου όχι μόνο για μελέτη ηλιακού κλιματισμού αλλά και για εγκατάσταση πολλών συστημάτων (πχ. φωτοβολταϊκά συστήματα).

- SACE

Το λογισμικό αυτό είναι ένα απλό στη χρήση του εργαλείο το οποίο δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη μελέτη εφαρμογής ηλιακού κλιματισμού.

## 5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Πέρα από τη μελέτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα μπορούσαν να γίνουν οι παρακάτω προτάσεις για περεταίρω έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης:

- ✓ Μια ανάλυση ευαισθησίας θα μπορούσε να δείξει κατά πόσο επηρεάζονται οι διάφορες παράμετροι που εισάχθηκαν στην προσομοίωση του κτιρίου και κατά πόσο αυτές επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης.
- ✓ Θα μπορούσε να γίνει μελέτη του κτιρίου με κάποιες πρόσθετες αλλαγές που να αφορούν την καλύτερη παθητική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Έτσι, σε συνδυασμό με την εφαρμογή του ηλιακού κλιματισμού θα οδηγούσαν στη λειτουργία ενός βιοκλιματικού κτιρίου. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να αφορούν στην αλλαγή του χρώματος των εξωτερικών τοίχων (για μικρότερη απορρόφηση ακτινοβολίας) όπως και στην αντικατάσταση των παραθύρων με διπλά τζάμια.
- ✓ Θα μπορούσε να γίνει προσπάθεια για τη δημιουργία ενός εύχρηστου λογισμικού στο οποίο να μπορεί να γίνει εξ ολοκλήρου η μελέτη ηλιακού κλιματισμού σ' αυτό και όχι να απαιτείται η χρήση περισσότερων λογισμικών αλλά και χρόνου για την εκμάθησή τους.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

TRNSYS	Transient Energy System Simulation Program
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
COP	Coefficient of Performance
SERT	School of Renewable Energy Technology
ΕΜΥ	Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΤΜΥ	Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος
TOTEE	Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
SFC	Specific Collector Area

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ali A. H. H., Noeres P., Pollerberg C., “Performance assessment of an integrated free cooling and solar powered single-effect lithium bromide-water absorption chiller”, Solar Energy, (2008).

Balaras C. A, Grossman G, Henning H. M., Carlos A. Infante Ferreira, Erich Podesser, Lei Wang and Edo Wiemken, “Solar air conditioning in Europe-an overview”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, 299-314, (2007).

Balghouthi M., Chahbani M. H., Guizani A., “Solar Powered air conditioning as a solution to reduce environmental pollution in Tunisia”, Desalination 185, 105-110, (2005).

Balghouthi M., Chahbani M. H, Guizani A., “Feasibility of solar absorption in Tunisia”, Building and Environment 43, 1459-1470, (2008).

Henning H. M., “Solar assisted air conditioning of buildings – an overview”, Applied Thermal Engineering 27, 1734-1749, (2007).

Holmes M. J., Hacker J. N., “Climate change, thermal confort and energy: Meeting the design challenges of the 21<sup>st</sup> century”, Energy and Buildings 39, 802-814, (2007).

Neymark J., Judkoff R., Knabe G., Le H. T., Dürig M., Glass A., Zweifel G., “Applying the building energy simulation test (BESTEST) diagnostic method to verification of space conditioning equipment models used in whole-building energy simulation programs” , Energy and Buildings 34, 917-931, (2002).

Pongtornkulpanich A., S. Thepa, M. Amornkitbamrung, C. Butcher, “Experience with fully operational solar-driven 10-ton LiBr/H<sub>2</sub>O single-effect absorption cooling system in Thailand”, Renewable Energy 33, 943-949, (2008).



Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2425/86, “Εγκαταστάσεις σε κτίρια: στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων”, Αθήνα, (2005).

El Asmar T., “REACt: self – sufficient renewable energy air-conditioning system for Mediterranean countries”, Desalination 220, 600-611, (2008).

Tsoutsos T., Anagnostou J., Pritchard C., Karagiorgas M., Agoris D., “Solar cooling technologies in Greece. An economic viability analysis”, Applied Thermal Engineering 23, 1427–1439, (2003).

Τσούτσος Θ., Κορμά Ε., Καράγιωργας Μ., Δρόσου Β., Αηδόνης Α., Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), “Οδηγός ηλιακού κλιματισμού”, (2004).

Tsoutsos T., Frantzeskaki N., Gekas V., “Environmental impacts from the solar energy technologies”, Energy Policy 33, 289-296 (2005).

Vidal H., Colle S., Pereira S. G., “Modelling and hourly simulation of a solar ejector cooling system”, Applied Thermal Engineering 26, 663-672, (2006).

Casals X. G., “Solar absorption cooling in Spain: Perspectives and outcomes from the simulation of recent installations”, Renewable Energy 31, 1371-1389, (2006).

Zhai X. Q., Wang R. Z., “Experimental investigation and theoretical analysis of the solar adsorption cooling system in a green building”, Applied Thermal Engineering, (2008).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – TRNSYS .bui input file

Στο παράρτημα Α παρουσιάζεται το αρχείο που δημιουργήθηκε από τα προγράμματα SimCAD και Prebid και περιλαμβάνει τις παραμέτρους προσομοίωσης και τα χαρακτηριστικά της κάθε θερμικής ζώνης. Το αρχείο αυτό χρησιμοποιήθηκε ως αρχείο εισαγωγής για το TRNSYS.

```

*****
*****
*   PreBid    5.0.8
*****
*****
*****
*****
*   BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
*   FOR BUILDING:   C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\ktiriob.inf
*   GET BY WORKING WITH PreBid 5.0 for Windows
*****
*****
*****
*
*
-----
-----
*   C o m m e n t s
*
-----
-----
*
*
-----
-----
*   P r o j e c t
*
-----
-----
*+++ PROJECT
*+++ TITLE=BUI FOR TRNSYS 15.0
*+++ DESCRIPTION=GENERATED BY SIMCAD
*+++ CREATED=IISIBAT@CSTB.FR
*+++ ADDRESS=CSTB
*+++ CITY=F-06904 SOPHIA ANTIPOLIS
*+++ SWITCH=UNDEFINED
*
-----
-----
*   P r o p e r t i e s
*
-----
-----
PROPERTIES
  DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 :
  RTEMP=293.15
*
*+++++
*+++++
*+++++
TYPES

```

```

*+++++
*+++++
*+++++
*
*-----
*-----
*-----
*   L a y e r s
*-----
*-----
*-----
LAYER PLSTRGPS20
  CONDUCTIVITY= 2.6172 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=    1602
LAYER FACEBRK100
  CONDUCTIVITY= 4.7988 : CAPACITY=    0.92 : DENSITY=    2002
LAYER INSUL100
  CONDUCTIVITY= 0.1548 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=      91
LAYER CLYTILE200
  CONDUCTIVITY= 2.0556 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=   1121
LAYER WTYPE70
  CONDUCTIVITY= 4.7988 : CAPACITY=    0.92 : DENSITY=    2002
LAYER WTYPE80
  CONDUCTIVITY= 2.6172 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=    1602
LAYER COMBRIC100
  CONDUCTIVITY= 2.6172 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=    1922
LAYER STUCCO25
  CONDUCTIVITY= 2.4912 : CAPACITY=    0.84 : DENSITY=    1858
LAYER LIGHWEIC12
  CONDUCTIVITY=    1.4 : CAPACITY=      1 : DENSITY=     800
LAYER RUBBER207
  CONDUCTIVITY=    0.72 : CAPACITY=      6 : DENSITY=    1100
LAYER COMCON11
  CONDUCTIVITY=    7.56 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    2400
LAYER BITUROO192
  CONDUCTIVITY=    0.61 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    1200
LAYER BITUMEN191
  CONDUCTIVITY=    0.61 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    1100
LAYER SANGRAV196
  CONDUCTIVITY=    2.52 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    1800
LAYER UNDRFLOOR8
  CONDUCTIVITY=    1.69 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    1400
*-----
*-----
*   I n p u t s
*-----
*-----
*-----
INPUTS INFILT01 INFILT02 INFILT03
*-----
*-----
*   S c h e d u l e s
*-----
*-----
*-----
*-----
*   W a l l s

```

```

*-----
-----
WALL WTYPE3
  LAYERS   = LIGHWEIC12 RUBBER207
  THICKNESS= 0.2      0.01
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE4
  LAYERS   = RUBBER207 LIGHWEIC12 UNDRFLOOR8
  THICKNESS= 0.01      0.2      0.001
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE1
  LAYERS   = WTYPE70
  THICKNESS= 0.3
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE2
  LAYERS   = WTYPE80
  THICKNESS= 0.1
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE5
  LAYERS   = COMCON11 BITUMEN191 SANGRAV196 BITUROO192
  THICKNESS= 0.006      0.1      0.1      0.01
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE70
  LAYERS   = PLSTRGPS20 INSUL100 CLYTILE200 FACEBRK100
  THICKNESS= 0.02      0.1      0.2      0.1
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE80
  LAYERS   = PLSTRGPS20 COMBRIC100 STUCCO25
  THICKNESS= 0.02      0.1      0.025
  ABS-FRONT= 0.6      : ABS-BACK= 0.6
  HFRONT   = 11 : HBACK= 60
*-----
-----
*   W i n d o w s
*-----
-----
WINDOW SINGLE
  WINID=1001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 :
  WWID=0.77 : WHEIG=1.08 : FFRAME=0.15 : UFRAME=8.17 : ABSFRAME=0.6 :
  RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.1 : ;
  CCISHADE=0.5
*-----
-----
*   D e f a u l t   G a i n s
*-----
-----
GAIN PERS_ISO02
  CONVECTIVE=156 : RADIATIVE=78 : HUMIDITY=0.081
GAIN COMPUTER04
  CONVECTIVE=690 : RADIATIVE=138 : HUMIDITY=0

```

```

GAIN LIGHT01_01
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=1444.68 : HUMIDITY=0
GAIN PERS_ISO01
  CONVECTIVE=144 : RADIATIVE=72 : HUMIDITY=0.059
GAIN LIGHT05_02
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=4623.16 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT04_03
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=285.19 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_04
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=444.96 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_05
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=2599.02 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT02_06
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=4291.2 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_07
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=1444.68 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_08
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=444.96 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT05_09
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=4623.16 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT04_10
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=285.19 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_11
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=2599.02 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_12
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=2145.6 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_13
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=1444.68 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT05_14
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=4623.16 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT04_15
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=285.19 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_16
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=2599.02 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT01_17
  CONVECTIVE=0 : RADIATIVE=2145.6 : HUMIDITY=0
*-----
*-----
*   O t h e r   G a i n s
*-----
*-----
GAIN GAIN001
  CONVECTIVE=2700 : RADIATIVE=0 : HUMIDITY=0
GAIN GAIN002
  CONVECTIVE=1620 : RADIATIVE=0 : HUMIDITY=0
*-----
*-----
*   C o m f o r t
*-----
*-----
*-----
*-----
*   I n f i l t r a t i o n
*-----
*-----

```

```

INFILTRATION INFIL3
  AIRCHANGE=INPUT 0.3*INFILT01
INFILTRATION INFIL1
  AIRCHANGE=INPUT 0.15*INFILT01
INFILTRATION INFIL5
  AIRCHANGE=INPUT 0.05*INFILT01
INFILTRATION INFIL6
  AIRCHANGE=INPUT 0.2*INFILT01
INFILTRATION INFIL2
  AIRCHANGE=INPUT 0.2*INFILT01
INFILTRATION INFIL4
  AIRCHANGE=INPUT 0.1*INFILT01
INFILTRATION INFIL9
  AIRCHANGE=INPUT 0.3*INFILT02
INFILTRATION INFIL12
  AIRCHANGE=INPUT 0.15*INFILT02
INFILTRATION INFIL7
  AIRCHANGE=INPUT 0.05*INFILT02
INFILTRATION INFIL11
  AIRCHANGE=INPUT 0.2*INFILT02
INFILTRATION INFIL8
  AIRCHANGE=INPUT 0.2*INFILT02
INFILTRATION INFIL10
  AIRCHANGE=INPUT 0.1*INFILT02
INFILTRATION INFIL15
  AIRCHANGE=INPUT 0.4*INFILT03
INFILTRATION INFIL13
  AIRCHANGE=INPUT 0.15*INFILT03
INFILTRATION INFIL17
  AIRCHANGE=INPUT 0.05*INFILT03
INFILTRATION INFIL14
  AIRCHANGE=INPUT 0.3*INFILT03
INFILTRATION INFIL16
  AIRCHANGE=INPUT 0.1*INFILT03

```

```

*-----
*-----
*-----

```

# \* V e n t i l a t i o n

```

*-----
*-----
*-----

```

```

VENTILATION VENT001
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.84
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT002
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.79
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT004
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=2.9
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT006
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.89
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT007
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=1.13
  HUMIDITY=OUTSIDE

```

```

VENTILATION VENT008
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.45
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT009
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=1.78
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT010
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.99
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT011
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=2.9
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT012
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.56
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT013
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=1.17
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT014
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.95
  HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION VENT015
  TEMPERATURE=OUTSIDE
  AIRCHANGE=0.67
  HUMIDITY=OUTSIDE

```

```

*-----
-----
-----

```

```

*   C o o l i n g

```

```

*-----
-----
-----

```

```

COOLING C_ZONE3
  ON=24
  POWER=999999999
  HUMIDITY=47
COOLING C_ZONE1
  ON=24
  POWER=999999999
  HUMIDITY=47
COOLING C_ZONE5
  ON=24
  POWER=999999999
  HUMIDITY=47
COOLING C_ZONE6
  ON=24
  POWER=999999999
  HUMIDITY=47
COOLING C_ZONE2
  ON=24
  POWER=999999999
  HUMIDITY=57
COOLING C_ZONE4
  ON=24

```

POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE9  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE12  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE7  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE11  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE8  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=57  
 COOLING C\_ZONE10  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE15  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE13  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE17  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47  
 COOLING C\_ZONE14  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=57  
 COOLING C\_ZONE16  
 ON=24  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=47

\*-----  
 -----  
 -----  
 \*   H e a t i n g  
 \*-----  
 -----  
 -----

HEATING H\_ZONE3  
 ON=20  
 POWER=999999999  
 HUMIDITY=30  
 RRAD=0  
 HEATING H\_ZONE1  
 ON=21  
 POWER=999999999



HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE5  
ON=15  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE6  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE2  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE4  
ON=16  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE9  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE12  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE7  
ON=21  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE11  
ON=15  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE8  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE10  
ON=16  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE15  
ON=20  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30  
RRAD=0  
HEATING H\_ZONE13  
ON=21  
POWER=999999999  
HUMIDITY=30

```

RRAD=0
HEATING H_ZONE17
ON=15
POWER=999999999
HUMIDITY=30
RRAD=0
HEATING H_ZONE14
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=30
RRAD=0
HEATING H_ZONE16
ON=15
POWER=999999999
HUMIDITY=30
RRAD=0
*
*-----
*-----
*-----
*   Z o n e s
*-----
*-----
*-----
ZONES ZONE3 ZONE1 ZONE5 ZONE6 ZONE2 ZONE4 ZONE9 ZONE12 ZONE7 ZONE11
ZONE8 ZONE10 ZONE15 ZONE13 ZONE17 ZONE14 ZONE16
*-----
*-----
*   O r i e n t a t i o n s
*-----
*-----
*-----
ORIENTATIONS NORTH SOUTH EAST WEST NORTHWEST NORTHEAST SOUTHWEST
SOUTHEAST HORIZONT DOWNUNDER
*
*+++++
*+++++
*+++++
BUILDING
*+++++
*+++++
*+++++
*
*-----
*-----
*-----
*   Z o n e ZONE3 / A i r n o d e ZONE3
*-----
*-----
*-----
ZONE ZONE3
AIRNODE ZONE3
WALL =WTYPE3 : SURF= 1 : AREA= 80.26 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL =WTYPE4 : SURF= 2 : AREA= 80.26 : ADJACENT=ZONE9 : FRONT
WALL =WTYPE70 : SURF= 3 : AREA= 35.41 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE : SURF=176 : AREA= 4.49 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1 : SURF= 4 : AREA= 40.6 : INTERNAL

```

```

WALL  =WTYPE1      : SURF=  5 : AREA=      12.25 : ADJACENT=ZONE6 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=  6 : AREA=      19.02 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE       : SURF=175 : AREA=      1.28 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE80     : SURF=  7 : AREA=      81.2 : INTERNAL
WALL  =WTYPE2      : SURF=  8 : AREA=     71.074 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=  9 : AREA=      6.811 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 10 : AREA=     13.489 : ADJACENT=ZONE1 : FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 11 : AREA=     14.35 : ADJACENT=ZONE5 : FRONT
REGIME
GAIN      = PERS_ISO02 : SCALE= 5
GAIN      = COMPUTER04 : SCALE= 2
GAIN      = LIGHT01_01 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL3
VENTILATION = VENT001
COOLING    = C_ZONE3
HEATING    = H_ZONE3
CAPACITANCE = 3370.92 : VOLUME= 280.91 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE1  /  A i r n o d e  ZONE1
*-----
*-----
ZONE ZONE1
AIRNODE ZONE1
WALL  =WTYPE3      : SURF= 12 : AREA=     67.591 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE4      : SURF= 13 : AREA=     67.591 : ADJACENT=ZONE7 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 14 : AREA=      15.4 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 15 : AREA=     75.354 : INTERNAL
WALL  =WTYPE1      : SURF= 16 : AREA=     13.489 : ADJACENT=ZONE3 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF= 17 : AREA=     75.268 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 18 : AREA=      8.92 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE       : SURF=177 : AREA=      1.33 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 19 : AREA=     11.902 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 20 : AREA=      6.688 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 21 : AREA=     11.2 : ADJACENT=ZONE5 : FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 22 : AREA=     68.752 : ADJACENT=ZONE2 : FRONT
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 4
GAIN      = LIGHT05_02 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL1
VENTILATION = VENT002
COOLING    = C_ZONE1
HEATING    = H_ZONE1
CAPACITANCE = 2838.84 : VOLUME= 236.57 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE5  /  A i r n o d e  ZONE5

```

```

*-----
-----
ZONE ZONE5
AIRNODE ZONE5
WALL =WTYPE3      : SURF= 23 : AREA=      4.655 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL =WTYPE4      : SURF= 24 : AREA=      4.655 : ADJACENT=ZONE11 :
FRONT
WALL =WTYPE2      : SURF= 25 : AREA=     10.774 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL =WTYPE2      : SURF= 26 : AREA=      14.35 : ADJACENT=ZONE3 : BACK
WALL =WTYPE2      : SURF= 27 : AREA=      11.2 : ADJACENT=ZONE1 : BACK
REGIME
GAIN          = PERS_ISO01 : SCALE= 1
GAIN          = LIGHT04_03 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL5
VENTILATION  = VENT004
COOLING      = C_ZONE5
HEATING      = H_ZONE5
CAPACITANCE  = 195.48 : VOLUME= 16.29 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
-----
*   Z o n e  ZONE6   /   A i r n o d e  ZONE6
*-----
-----
ZONE ZONE6
AIRNODE ZONE6
WALL =WTYPE3      : SURF= 28 : AREA=     24.813 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL =WTYPE4      : SURF= 29 : AREA=      0.097 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL =WTYPE4      : SURF= 30 : AREA=     24.715 : ADJACENT=ZONE12 :
FRONT
WALL =WTYPE1      : SURF= 31 : AREA=      3.48 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=179 : AREA=      0.85 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF= 32 : AREA=     12.25 : ADJACENT=ZONE3 : BACK
WALL =WTYPE1      : SURF= 33 : AREA=      4.258 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL =WTYPE1      : SURF= 34 : AREA=     11.842 : ADJACENT=ZONE2 : FRONT
WALL =WTYPE1      : SURF= 35 : AREA=     12.79 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=180 : AREA=      3.79 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF= 36 : AREA=     5.395 : EXTERNAL :
ORI=NORTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=182 : AREA=      1.1 : EXTERNAL :
ORI=NORTHWEST : FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF= 37 : AREA=      1.55 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=178 : AREA=      2.78 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF= 38 : AREA=     5.395 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=181 : AREA=      1.1 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
REGIME
GAIN          = PERS_ISO01 : SCALE= 2

```

```

GAIN          = LIGHT01_04 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL6
VENTILATION   = VENT006
COOLING       = C_ZONE6
HEATING       = H_ZONE6
CAPACITANCE   = 1042.2 : VOLUME= 86.85 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE2 / A i r n o d e  ZONE2
*-----
*-----
ZONE ZONE2
AIRNODE ZONE2
WALL =WTYPE3 : SURF= 39 : AREA= 144.389 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL =WTYPE4 : SURF= 40 : AREA= 144.389 : ADJACENT=ZONE8 : FRONT
WALL =WTYPE2 : SURF= 41 : AREA= 48.896 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL =WTYPE2 : SURF= 42 : AREA= 68.752 : ADJACENT=ZONE1 : BACK
WALL =WTYPE1 : SURF= 43 : AREA= 119.776 : INTERNAL
WALL =WTYPE1 : SURF= 44 : AREA= 71.87 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE : SURF=183 : AREA= 5.83 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1 : SURF= 45 : AREA= 19.95 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1 : SURF= 46 : AREA= 11.842 : ADJACENT=ZONE6 : BACK
WALL =WTYPE1 : SURF= 47 : AREA= 21.696 : ADJACENT=ZONE4 : FRONT
WALL =WTYPE1 : SURF= 48 : AREA= 4.614 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
REGIME
GAIN          = PERS_ISO01 : SCALE= 19
GAIN          = LIGHT01_05 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL2
VENTILATION   = VENT007
COOLING       = C_ZONE2
HEATING       = H_ZONE2
CAPACITANCE   = 6064.32 : VOLUME= 505.36 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE4 / A i r n o d e  ZONE4
*-----
*-----
ZONE ZONE4
AIRNODE ZONE4
WALL =WTYPE3 : SURF= 49 : AREA= 119.198 : EXTERNAL :
ORI=DOWNUNDER : FSKY=0.5
WALL =WTYPE4 : SURF= 50 : AREA= 119.198 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL =WTYPE1 : SURF= 51 : AREA= 36.336 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1 : SURF= 52 : AREA= 7.69 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE : SURF=184 : AREA= 1.41 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1 : SURF= 53 : AREA= 21.696 : ADJACENT=ZONE2 : BACK

```

```

WALL  =WTYPE1      : SURF= 54 : AREA=      38.198 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=185 : AREA=       3.38 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 55 : AREA=      71.074 : ADJACENT=ZONE3 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF= 56 : AREA=      10.774 : ADJACENT=ZONE5 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF= 57 : AREA=      75.268 : ADJACENT=ZONE1 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF= 58 : AREA=      11.902 : ADJACENT=ZONE1 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF= 59 : AREA=       9.884 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 60 : AREA=      48.896 : ADJACENT=ZONE2 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF= 61 : AREA=       4.258 : ADJACENT=ZONE6 : BACK
  REGIME
    GAIN          = PERS_ISO01 : SCALE= 4
    GAIN          = COMPUTER04 : SCALE= 1
    GAIN          = LIGHT02_06 : SCALE= 1
    INFILTRATION= INFIL4
    VENTILATION  = VENT008
    COOLING      = C_ZONE4
    HEATING      = H_ZONE4
    CAPACITANCE = 5006.28 : VOLUME= 417.19 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50      : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE9   /   A i r n o d e  ZONE9
*-----
*-----
ZONE ZONE9
AIRNODE ZONE9
WALL  =WTYPE4      : SURF= 62 : AREA=      80.26 : ADJACENT=ZONE3 : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF= 63 : AREA=      80.26 : ADJACENT=ZONE15 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 64 : AREA=      35.41 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=186 : AREA=       4.49 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 65 : AREA=       40.6 : INTERNAL
WALL  =WTYPE1      : SURF= 66 : AREA=      12.25 : ADJACENT=ZONE12 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 67 : AREA=      19.02 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=187 : AREA=       1.28 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 68 : AREA=      81.2 : INTERNAL
WALL  =WTYPE2      : SURF= 69 : AREA=      71.074 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 70 : AREA=       6.811 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 71 : AREA=      13.489 : ADJACENT=ZONE7 : FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 72 : AREA=      14.35 : ADJACENT=ZONE11 :
FRONT
  REGIME
    GAIN          = PERS_ISO02 : SCALE= 5
    GAIN          = COMPUTER04 : SCALE= 1
    GAIN          = LIGHT01_07 : SCALE= 1
    INFILTRATION= INFIL9
    VENTILATION  = VENT001
    COOLING      = C_ZONE9
    HEATING      = H_ZONE9

```

```

CAPACITANCE = 3370.92 : VOLUME= 280.91 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE12 / A i r n o d e  ZONE12
*-----
*-----
ZONE ZONE12
AIRNODE ZONE12
WALL  =WTYPE4      : SURF= 73 : AREA=      24.715 : ADJACENT=ZONE6 : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF= 74 : AREA=      24.715 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL  =WTYPE1      : SURF= 75 : AREA=      12.25 : ADJACENT=ZONE9 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF= 76 : AREA=       4.258 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 77 : AREA=     11.842 : ADJACENT=ZONE8 : FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 78 : AREA=     12.766 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=190 : AREA=       3.79 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 79 : AREA=     5.359 : EXTERNAL :
ORI=NORTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=192 : AREA=       1.1 : EXTERNAL :
ORI=NORTHWEST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 80 : AREA=     1.526 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=188 : AREA=       2.78 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 81 : AREA=     5.359 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=191 : AREA=       1.1 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 82 : AREA=     3.456 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=189 : AREA=       0.85 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 2
GAIN      = LIGHT01_08 : SCALE= 1
GAIN      = GAIN002    : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL12
VENTILATION = VENT009
COOLING    = C_ZONE12
HEATING    = H_ZONE12
CAPACITANCE = 1038      : VOLUME= 86.5      : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50          : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE7 / A i r n o d e  ZONE7
*-----
*-----
ZONE ZONE7
AIRNODE ZONE7
WALL  =WTYPE4      : SURF= 83 : AREA=     67.591 : ADJACENT=ZONE1 : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF= 84 : AREA=     67.591 : ADJACENT=ZONE13 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 85 : AREA=     75.354 : INTERNAL

```

```

WALL  =WTYPE2      : SURF= 86 : AREA=      75.268 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 87 : AREA=      13.489 : ADJACENT=ZONE9  : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF= 88 : AREA=       15.4 : EXTERNAL  : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 89 : AREA=       11.2 : ADJACENT=ZONE11 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 90 : AREA=       8.92 : EXTERNAL  :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=193 : AREA=       1.33 : EXTERNAL  :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF= 91 : AREA=      11.902 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF= 92 : AREA=       6.688 : EXTERNAL  : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF= 93 : AREA=      68.752 : ADJACENT=ZONE8  : FRONT
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 5
GAIN      = LIGHT05_09 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL7
VENTILATION = VENT010
COOLING    = C_ZONE7
HEATING     = H_ZONE7
CAPACITANCE = 2838.84 : VOLUME= 236.57 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50        : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE11 /   A i r n o d e  ZONE11
*-----
*-----
ZONE ZONE11
AIRNODE ZONE11
WALL  =WTYPE4      : SURF= 94 : AREA=       4.655 : ADJACENT=ZONE5  : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF= 95 : AREA=       4.655 : ADJACENT=ZONE17 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 96 : AREA=      10.774 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF= 97 : AREA=      14.35 : ADJACENT=ZONE9  : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF= 98 : AREA=       11.2 : ADJACENT=ZONE7  : BACK
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 1
GAIN      = LIGHT04_10 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL11
VENTILATION = VENT011
COOLING    = C_ZONE11
HEATING     = H_ZONE11
CAPACITANCE = 195.48 : VOLUME= 16.29 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50        : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE8 /   A i r n o d e  ZONE8
*-----
*-----
ZONE ZONE8
AIRNODE ZONE8
WALL  =WTYPE4      : SURF= 99 : AREA=      144.389 : ADJACENT=ZONE2  : BACK

```



```

WALL  =WTYPE4      : SURF=100 : AREA=    144.389 : ADJACENT=ZONE14 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF=101 : AREA=     48.896 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF=102 : AREA=     68.752 : ADJACENT=ZONE7  : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=103 : AREA=    119.776 : INTERNAL
WALL  =WTYPE1      : SURF=104 : AREA=     71.87  : EXTERNAL  : ORI=NORTH  :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=194 : AREA=      5.83 : EXTERNAL  : ORI=NORTH  :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=105 : AREA=     19.95 : EXTERNAL  : ORI=WEST   :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=106 : AREA=     11.842 : ADJACENT=ZONE12 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=107 : AREA=     21.696 : ADJACENT=ZONE10 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=108 : AREA=      4.614 : EXTERNAL  : ORI=EAST   :
FSKY=0.5
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 19
GAIN      = LIGHT01_11 : SCALE= 1
GAIN      = GAIN001    : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL8
VENTILATION = VENT007
COOLING    = C_ZONE8
HEATING    = H_ZONE8
CAPACITANCE = 6064.32 : VOLUME= 505.36 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50        : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE10 / A i r n o d e  ZONE10
*-----
*-----
ZONE ZONE10
AIRNODE ZONE10
WALL  =WTYPE4      : SURF=109 : AREA=    119.198 : ADJACENT=ZONE4  : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF=110 : AREA=     79.464 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=111 : AREA=     36.336 : EXTERNAL  : ORI=EAST   :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=112 : AREA=      7.69  : EXTERNAL  : ORI=NORTH  :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=195 : AREA=      1.41 : EXTERNAL  : ORI=NORTH  :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=113 : AREA=     21.696 : ADJACENT=ZONE8  : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=114 : AREA=     75.268 : ADJACENT=ZONE7  : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=115 : AREA=     10.774 : ADJACENT=ZONE11 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=116 : AREA=     71.074 : ADJACENT=ZONE9  : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=117 : AREA=     48.896 : ADJACENT=ZONE8  : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=118 : AREA=      4.258 : ADJACENT=ZONE12 : BACK
WALL  =WTYPE4      : SURF=119 : AREA=     39.734 : EXTERNAL  :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL  =WTYPE1      : SURF=120 : AREA=     38.198 : EXTERNAL  :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=196 : AREA=      3.38 : EXTERNAL  :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=121 : AREA=     11.902 : ADJACENT=ZONE7  : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=122 : AREA=      9.884 : EXTERNAL  :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
REGIME

```

```

GAIN          = PERS_ISO01 : SCALE= 5
GAIN          = COMPUTER04 : SCALE= 1
GAIN          = LIGHT01_12 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL10
VENTILATION  = VENT012
COOLING      = C_ZONE10
HEATING      = H_ZONE10
CAPACITANCE  = 5006.28 : VOLUME= 417.19 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50      : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE15 / A i r n o d e  ZONE15
*-----
*-----
ZONE ZONE15
AIRNODE ZONE15
WALL  =WTYPE4      : SURF=123 : AREA=      80.26 : ADJACENT=ZONE9 : BACK
WALL  =WTYPE5      : SURF=124 : AREA=      80.26 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL  =WTYPE1      : SURF=125 : AREA=      39.72 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=198 : AREA=       8.23 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=126 : AREA=       40.6 : INTERNAL
WALL  =WTYPE1      : SURF=127 : AREA=      12.25 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=128 : AREA=      19.02 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=197 : AREA=       1.28 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF=129 : AREA=       81.2 : INTERNAL
WALL  =WTYPE2      : SURF=130 : AREA=      47.95 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=131 : AREA=       9.261 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=132 : AREA=      13.489 : ADJACENT=ZONE13 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=133 : AREA=      12.624 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF=134 : AREA=      14.35 : ADJACENT=ZONE17 :
FRONT
REGIME
GAIN          = PERS_ISO02 : SCALE= 7
GAIN          = COMPUTER04 : SCALE= 1
GAIN          = LIGHT01_13 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL15
VENTILATION  = VENT013
COOLING      = C_ZONE15
HEATING      = H_ZONE15
CAPACITANCE  = 3370.92 : VOLUME= 280.91 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50      : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE13 / A i r n o d e  ZONE13
*-----
*-----
ZONE ZONE13

```

```

AIRNODE ZONE13
WALL =WTYPE4      : SURF=135 : AREA=      67.591 : ADJACENT=ZONE7 : BACK
WALL =WTYPE5      : SURF=136 : AREA=      67.591 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL =WTYPE2      : SURF=137 : AREA=      75.354 : INTERNAL
WALL =WTYPE2      : SURF=138 : AREA=      61.836 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL =WTYPE1      : SURF=139 : AREA=      13.489 : ADJACENT=ZONE15 : BACK
WALL =WTYPE1      : SURF=140 : AREA=       15.4 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE2      : SURF=141 : AREA=       11.2 : ADJACENT=ZONE17 :
FRONT
WALL =WTYPE1      : SURF=142 : AREA=       8.92 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=199 : AREA=       1.33 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHWEST : FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF=143 : AREA=     11.902 : EXTERNAL :
ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF=144 : AREA=       2.97 : EXTERNAL :
ORI=NORTHEAST : FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF=145 : AREA=       4.862 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF=146 : AREA=       5.6 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE1      : SURF=147 : AREA=       6.688 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE2      : SURF=148 : AREA=     68.752 : ADJACENT=ZONE14 :
FRONT
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 4
GAIN      = LIGHT05_14 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL13
VENTILATION = VENT002
COOLING    = C_ZONE13
HEATING    = H_ZONE13
CAPACITANCE = 2838.84 : VOLUME= 236.57 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE17 / A i r n o d e  ZONE17
*-----
*-----
*-----
ZONE ZONE17
AIRNODE ZONE17
WALL =WTYPE4      : SURF=149 : AREA=       4.655 : ADJACENT=ZONE11 : BACK
WALL =WTYPE5      : SURF=150 : AREA=       4.655 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL =WTYPE1      : SURF=151 : AREA=       6.962 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL =WTYPE2      : SURF=152 : AREA=      14.35 : ADJACENT=ZONE15 : BACK
WALL =WTYPE2      : SURF=153 : AREA=       3.812 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL =WTYPE2      : SURF=154 : AREA=       11.2 : ADJACENT=ZONE13 : BACK
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 1
GAIN      = LIGHT04_15 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL17
VENTILATION = VENT004
COOLING    = C_ZONE17

```

```

HEATING      = H_ZONE17
CAPACITANCE = 195.48 : VOLUME= 16.29 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE14 / A i r n o d e  ZONE14
*-----
*-----
ZONE ZONE14
AIRNODE ZONE14
WALL  =WTYPE4      : SURF=155 : AREA=   144.389 : ADJACENT=ZONE8 : BACK
WALL  =WTYPE5      : SURF=156 : AREA=   144.389 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL  =WTYPE2      : SURF=157 : AREA=    48.896 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL  =WTYPE2      : SURF=158 : AREA=    68.752 : ADJACENT=ZONE13 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=159 : AREA=   119.776 : INTERNAL
WALL  =WTYPE1      : SURF=160 : AREA=    71.87 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=200 : AREA=     5.83 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=161 : AREA=    31.792 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=162 : AREA=    21.696 : ADJACENT=ZONE16 :
FRONT
WALL  =WTYPE1      : SURF=163 : AREA=     4.614 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 16
GAIN      = LIGHT01_16 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL14
VENTILATION = VENT014
COOLING    = C_ZONE14
HEATING    = H_ZONE14
CAPACITANCE = 6064.32 : VOLUME= 505.36 : TINITIAL= 20 :
PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
*-----
*   Z o n e  ZONE16 / A i r n o d e  ZONE16
*-----
*-----
ZONE ZONE16
AIRNODE ZONE16
WALL  =WTYPE4      : SURF=164 : AREA=    79.464 : ADJACENT=ZONE10 : BACK
WALL  =WTYPE5      : SURF=165 : AREA=    79.464 : EXTERNAL :
ORI=HORIZONT : FSKY=1
WALL  =WTYPE1      : SURF=166 : AREA=    31.436 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=167 : AREA=     7.69 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=SINGLE      : SURF=201 : AREA=     1.41 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE1      : SURF=168 : AREA=    21.696 : ADJACENT=ZONE14 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=169 : AREA=    61.836 : ADJACENT=ZONE13 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=170 : AREA=     3.812 : ADJACENT=ZONE17 : BACK
WALL  =WTYPE2      : SURF=171 : AREA=    47.95 : ADJACENT=ZONE15 : BACK

```

```

WALL  =WTYPE1      : SURF=172 : AREA=      10.85 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE2      : SURF=173 : AREA=     48.896 : ADJACENT=ZONE14 : BACK
WALL  =WTYPE1      : SURF=174 : AREA=      4.258 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
REGIME
GAIN      = PERS_ISO01 : SCALE= 4
GAIN      = COMPUTER04 : SCALE= 1
GAIN      = LIGHT01_17 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL16
VENTILATION = VENT015
COOLING    = C_ZONE16
HEATING    = H_ZONE16
CAPACITANCE = 3337.44 : VOLUME= 278.12 : TINITIAL= 20      :
PHINITIAL= 50      : WCAPR= 1
*-----
*-----
*-----
*   O u t p u t s
*-----
*-----
*-----
OUTPUTS
TRANSFER : TIMEBASE=1.000
DEFAULT
AIRNODES = ZONE3 ZONE1 ZONE5 ZONE6 ZONE2 ZONE4 ZONE9 ZONE12 ZONE7
ZONE11 ZONE8 ZONE10 ZONE15 ZONE13 ZONE17 ZONE14 ZONE16
NTYPES = 32 : SQHEAT sum of sensible heating demand for group of
zones (positive values)
        = 33 : SQCOOL sum of sensible cooling demand for group of
zones (positive values)
        = 40 : SQLATD sum of latent energy demand for group of zones
        = 9 : RELHUM relativ humidity of zone air
*-----
*-----
*-----
*   E n d
*-----
*-----
*-----
END

```

\*\*\*\*\* WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS \*\*\*\*\*

```

----- WALL TYPE WTYPE3 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U=      6.37975 kJ/h m2K; k-Wert=
1.36187 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
      K          A          B          C          D
      0          7.2356572E+01    1.4081110E-03    3.7762790E+01
1.0000000E+00
      1          -1.2692193E+02    2.1086018E-01   -6.1605544E+01   -
1.0455962E+00

```

2	6.5720389E+01	7.3814657E-01	2.9408163E+01	
2.6260695E-01				
3	-1.0233550E+01	3.1729018E-01	-4.4584481E+00	-
1.5383329E-02				
4	3.6812252E-01	1.9416830E-02	1.8158346E-01	
1.4463756E-04				
5	-2.3563437E-03	1.3207857E-04	-1.2908046E-03	-
9.8619221E-08				
6	1.3501613E-06	5.9825769E-08	7.0329932E-07	
SUM	1.2872540E+00	1.2872540E+00	1.2872540E+00	
2.0177196E-01				

----- WALL TYPE WTYPE4 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 6.35575 kJ/h m2K; k-Wert=  
1.35793 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	3.8491830E+01	1.3196029E-03	7.2356572E+01	
1.0000000E+00				
1	-6.3309525E+01	2.0385010E-01	-1.2732621E+02	-
1.0511836E+00				
2	3.0635060E+01	7.2574046E-01	6.6287775E+01	
2.6648984E-01				
3	-4.7467423E+00	3.1764097E-01	-1.0428848E+01	-
1.5860403E-02				
4	1.9946436E-01	1.9911517E-02	3.8182520E-01	
1.5346146E-04				
5	-1.4846317E-03	1.4034828E-04	-2.5106121E-03	-
1.1021154E-07				
6	8.6720537E-07	6.7108907E-08	1.5122019E-06	
SUM	1.2686031E+00	1.2686031E+00	1.2686031E+00	
1.9959915E-01				

----- WALL TYPE WTYPE1 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 15.99600 kJ/h m2K; k-Wert=  
2.53129 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	1.0608338E+02	1.8828463E-03	1.0608338E+02	
1.0000000E+00				
1	-1.8498328E+02	3.5041232E-01	-1.8498328E+02	-
1.1579673E+00				
2	9.7194716E+01	1.3918535E+00	9.7194716E+01	
3.3426410E-01				
3	-1.6546659E+01	6.8015256E-01	-1.6546659E+01	-
2.1914339E-02				
4	7.2986430E-01	4.8123162E-02	7.2986430E-01	
2.0728878E-04				
5	-5.2064870E-03	3.9120157E-04	-5.2064870E-03	-
1.5693892E-07				
6	3.1985849E-06	2.3543539E-07	3.1985849E-06	
SUM	2.4728159E+00	2.4728159E+00	2.4728159E+00	
1.5458964E-01				

----- WALL TYPE WTYPE2 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 26.17200 kJ/h m2K; k-Wert=  
3.25149 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	6.7025113E+01	7.7405763E+00	6.7025113E+01	
1.0000000E+00				
1	-4.7298886E+01	1.3882571E+01	-4.7298886E+01	-
1.4713879E-01				
2	2.5973644E+00	6.9957893E-01	2.5973644E+00	
6.7892777E-05				
3	-7.3119092E-04	1.3411889E-04	-7.3119092E-04	
SUM	2.2322861E+01	2.2322861E+01	2.2322861E+01	
8.5292910E-01				

----- WALL TYPE WTYPE5 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 4.52890 kJ/h m2K; k-Wert=  
1.03638 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	4.2612760E+01	1.8158199E-06	4.2935188E+01	
1.0000000E+00				
1	-8.9477230E+01	4.7915851E-03	-1.0356270E+02	-
1.6951667E+00				
2	6.2920544E+01	6.7175785E-02	8.8018506E+01	
9.0083791E-01				
3	-1.7666439E+01	1.1248223E-01	-3.1479954E+01	-
1.6599396E-01				
4	1.9026369E+00	3.6098225E-02	4.5306585E+00	
9.6385626E-03				
5	-6.9981119E-02	2.3132674E-03	-2.2090506E-01	-
1.0140081E-04				
6	5.9882769E-04	2.5278981E-05	2.0989166E-03	
1.8468923E-07				
7	-9.2079711E-07	3.5925159E-08	-3.6099881E-06	
SUM	2.2288822E-01	2.2288822E-01	2.2288822E-01	
4.9214624E-02				

----- WALL TYPE WTYPE70 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 1.29572 kJ/h m2K; k-Wert=  
0.33917 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	1.0592153E+02	2.0196751E-09	3.0273775E+01	
1.0000000E+00				
1	-2.6499974E+02	1.0283351E-04	-8.5793918E+01	-
1.8938703E+00				

2	2.3470052E+02	4.1125132E-03	8.9544198E+01	
1.1868158E+00				
3	-8.9965257E+01	1.5467723E-02	-4.2229182E+01	-
2.9487993E-01				
4	1.5481180E+01	1.1542293E-02	9.0127385E+00	
2.8518719E-02				
5	-1.1313179E+00	2.0534176E-03	-7.9663463E-01	-
8.3837640E-04				
6	2.6561356E-02	8.5809980E-05	2.2504326E-02	
4.4623129E-06				
7	-1.1043228E-04	7.4875080E-07	-1.1748716E-04	
8	9.9312475E-08	1.1834147E-09	1.1634594E-07	
SUM	3.3365343E-02	3.3365343E-02	3.3365343E-02	
2.5750381E-02				

----- WALL TYPE WTYPE80 -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 17.89362 kJ/h m2K; k-Wert=  
2.69404 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS				
K	A	B	C	D
0	7.1119055E+01	6.5251033E-01	6.9404967E+01	
1.0000000E+00				
1	-7.7996523E+01	5.7507395E+00	-7.5477273E+01	-
5.1979488E-01				
2	1.6287443E+01	2.5334724E+00	1.5453842E+01	
2.2853142E-02				
3	-4.0909976E-01	6.4393394E-02	-3.8064094E-01	-
2.1358104E-05				
4	2.7397859E-04	3.3947336E-05	2.5511270E-04	
SUM	9.0011495E+00	9.0011495E+00	9.0011495E+00	
5.0303691E-01				

\*\*\*\*\* REQUIRED INPUTS \*\*\*\*\*

*InpNR	Label	UNIT	INPUT DESCRIPTION
*	1 TAMB	°C	AMBIENT TEMPERATURE
*	2 ARELHUM	%	RELATIVE AMBIENT HUMIDITY
*	3 TSKY	°C	FIKTIVE SKY TEMPERATURE
*	4 ITNORTH	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
*	5 ITSOUTH	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
*	6 ITEAST	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST
*	7 ITWEST	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST
*	8 ITNORTHWES	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST
*	9 ITNORTHEAS	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
*	10 ITSOUTHWES	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST
*	11 ITSOUTHEAS	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
*	12 ITHORIZONT	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT
*	13 ITDOWNUNDE	kJ/hm2	INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION DOWNUNDER
*	14 IBNORTH	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
*	15 IBSOUTH	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
*	16 IBEAST	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST
*	17 IBWEST	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST



* 18	IBNORTHWES	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST
* 19	IBNORTHEAS	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
* 20	IBSOUTHWES	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST
* 21	IBSOUTHEAS	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
* 22	IBHORIZONT	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT
* 23	IBDOWNUNDE	kJ/hm2	INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION DOWNUNDER
* 24	AINORTH	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH
* 25	AISOUTH	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH
* 26	AIEAST	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST
* 27	AIWEST	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST
* 28	AINORTHWES	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST
* 29	AINORTHEAS	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST
* 30	AISOUTHWES	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST
* 31	AISOUTHEAS	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST
* 32	AIHORIZONT	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT
* 33	AIDOWNUNDE	°	ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION DOWNUNDER
* 34	INFILT01	any	INPUT
* 35	INFILT02	any	INPUT
* 36	INFILT03	any	INPUT

\*\*\*\*\* DESIRED OUTPUTS \*\*\*\*\*

*OutNr	Label	Unit	ZNr Zone	Surface	OUTPUT DESCRIPTION
* 1	TAIR	1 °C	1 ZONE3		air temperature of zone
* 2	TAIR	2 °C	2 ZONE1		air temperature of zone
* 3	TAIR	3 °C	3 ZONE5		air temperature of zone
* 4	TAIR	4 °C	4 ZONE6		air temperature of zone
* 5	TAIR	5 °C	5 ZONE2		air temperature of zone
* 6	TAIR	6 °C	6 ZONE4		air temperature of zone
* 7	TAIR	7 °C	7 ZONE9		air temperature of zone
* 8	TAIR	8 °C	8 ZONE12		air temperature of zone
* 9	TAIR	9 °C	9 ZONE7		air temperature of zone
* 10	TAIR	10 °C	10 ZONE11		air temperature of zone
* 11	TAIR	11 °C	11 ZONE8		air temperature of zone
* 12	TAIR	12 °C	12 ZONE10		air temperature of zone
* 13	TAIR	13 °C	13 ZONE15		air temperature of zone
* 14	TAIR	14 °C	14 ZONE13		air temperature of zone
* 15	TAIR	15 °C	15 ZONE17		air temperature of zone
* 16	TAIR	16 °C	16 ZONE14		air temperature of zone
* 17	TAIR	17 °C	17 ZONE16		air temperature of zone
* 18	QSENS	1 kJ/h	1 ZONE3		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 19	QSENS	2 kJ/h	2 ZONE1		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 20	QSENS	3 kJ/h	3 ZONE5		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 21	QSENS	4 kJ/h	4 ZONE6		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 22	QSENS	5 kJ/h	5 ZONE2		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)

* 23	QSENS	6	kJ/h	6	ZONE4	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 24	QSENS	7	kJ/h	7	ZONE9	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 25	QSENS	8	kJ/h	8	ZONE12	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 26	QSENS	9	kJ/h	9	ZONE7	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 27	QSENS	10	kJ/h	10	ZONE11	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 28	QSENS	11	kJ/h	11	ZONE8	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 29	QSENS	12	kJ/h	12	ZONE10	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 30	QSENS	13	kJ/h	13	ZONE15	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 31	QSENS	14	kJ/h	14	ZONE13	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 32	QSENS	15	kJ/h	15	ZONE17	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 33	QSENS	16	kJ/h	16	ZONE14	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 34	QSENS	17	kJ/h	17	ZONE16	sens. energy demand of
zone, heating(-), cooling(+)						
* 35	SQHEAT		kJ/h			sum of heating demand of
* 36	SQCOOL		kJ/h			sum of cooling demand of
,ZONE1,ZONE5,ZONE6,ZONE2,ZONE4,ZONE9,ZONE12,ZONE7,ZONE11,ZONE8,ZONE10,Z						
ONE15,ZONE13,ZONE17,ZONE14,ZO						
* 37	SQLATD		kJ/h			sum of latent energy
demand						
of,ZONE1,ZONE5,ZONE6,ZONE2,ZONE4,ZONE9,ZONE12,ZONE7,ZONE11,ZONE8,ZONE10						
,ZONE15,ZONE13,ZONE17,ZONE14,ZO						
* 38	RELHUM	1	%	1	ZONE3	relativ humidity of zone
air						
* 39	RELHUM	2	%	2	ZONE1	relativ humidity of zone
air						
* 40	RELHUM	3	%	3	ZONE5	relativ humidity of zone
air						
* 41	RELHUM	4	%	4	ZONE6	relativ humidity of zone
air						
* 42	RELHUM	5	%	5	ZONE2	relativ humidity of zone
air						
* 43	RELHUM	6	%	6	ZONE4	relativ humidity of zone
air						
* 44	RELHUM	7	%	7	ZONE9	relativ humidity of zone
air						
* 45	RELHUM	8	%	8	ZONE12	relativ humidity of zone
air						
* 46	RELHUM	9	%	9	ZONE7	relativ humidity of zone
air						
* 47	RELHUM	10	%	10	ZONE11	relativ humidity of zone
air						
* 48	RELHUM	11	%	11	ZONE8	relativ humidity of zone
air						
* 49	RELHUM	12	%	12	ZONE10	relativ humidity of zone
air						
* 50	RELHUM	13	%	13	ZONE15	relativ humidity of zone
air						
* 51	RELHUM	14	%	14	ZONE13	relativ humidity of zone
air						

* 52	RELHUM15	%	15 ZONE17	relativ humidity of zone
air				
* 53	RELHUM16	%	16 ZONE14	relativ humidity of zone
air				
* 54	RELHUM17	%	17 ZONE16	relativ humidity of zone
air				

\*\*\* THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES \*\*\*

WALL WTYPE3	k-Wert=	1.362 W/m2K
WALL WTYPE4	k-Wert=	1.358 W/m2K
WALL WTYPE1	k-Wert=	2.531 W/m2K
WALL WTYPE2	k-Wert=	3.251 W/m2K
WALL WTYPE5	k-Wert=	1.036 W/m2K
WALL WTYPE70	k-Wert=	0.339 W/m2K
WALL WTYPE80	k-Wert=	2.694 W/m2K

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Μοντέλο του TRNSYS

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται τα στοιχεία του μοντέλου που κατασκευάστηκε με το λογισμικό TRNSYS.

```
1          TRNSYS - A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM
          FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
          VERSION 15 Feb. 2000

        ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\ktiriob.LST
6

*****
*****
*** Control cards

*****
*****
* START, STOP and STEP

CONSTANTS 3
  START= 1.0
  STOP=8760
  STEP= 1.0
* User defined CONSTANTS

CONSTANTS 1
  TURN= 0

CONSTANTS 8
  NORTH= 180 + TURN
  NORTHEAST= -135 + TURN
  NORTHWEST= 135 + TURN
  SOUTH= TURN
  SOUTHWEST= 45 + TURN
  SOUTHEAST= -45 + TURN
  EAST= -90 + TURN
  WEST= 90 + TURN
*SIMULATION Start time End time Time step

SIMULATION 1.000E+00 8.760E+03 1.000E+00
* Integration Convergence

TOLERANCES 1.000E-03 1.000E-03
* Max iterations Max warnings
Trace limit

LIMITS 50 50 51
* TRNSYS numerical integration solver
method

DFQ 1
* TRNSYS output file width, number of
characters
```

```

WIDTH      80
*
                                NOLIST statement

LIST
*
                                MAP statement

MAP
*
                                Solver statement

SOLVER      0

*****
*****
*** Units

*****
*****
* EQUATIONS "Equa"
*

EQUATIONS      2
    DAY = INT(START/24.001)+1
    NPLOTS = INT((STOP-START)/168.001)+1
*$UNIT_NAME Equa
*$LAYER Main
*$POSITION 58 46
*-----

-----
* Model "weather" (Type 89)
*

UNIT      2      TYPE      89      weather
*$UNIT_NAME weather
*$MODEL .\Utility\Weather and Other Data Readers\Standard Weather File
Types\Tmy2\Skip N Lines before starting\TYPE89d.tmf
*$POSITION 64 200
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
    PARAMETERS      2
* 1 Mode
* 2 Logical unit
    -2.000E+00      1.300E+01
*** External files

ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\SITIA\TMY\MEAN\SITIA.
13
*|? Which file contains the TMY2 weather information? |1000
*-----

-----
* Model "8 surfaces" (Type 16)
*

UNIT      3      TYPE      16      8 surfaces
*$UNIT_NAME 8 surfaces
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 195 50
*$LAYER Main

```

```

*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
    4.000E+00    1.000E+00    3.000E+00    1.000E+00    3.520E+01
    4.871E+03    0.000E+00    2.000E+00    -1.000E+00
INPUTS 21
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface-1
* [unconnected] Azimuth of surface-1
* [unconnected] Slope of surface-2
* [unconnected] Azimuth of surface-2
* [unconnected] Slope of surface-3
* [unconnected] Azimuth of surface-3
* [unconnected] Slope of surface-4
* [unconnected] Azimuth of surface-4
* [unconnected] Slope of surface-5
* [unconnected] Azimuth of surface-5
* [unconnected] Slope of surface-6
* [unconnected] Azimuth of surface-6
* [unconnected] Slope of surface-7
* [unconnected] Azimuth of surface-7
* [unconnected] Slope of surface-8
* [unconnected] Azimuth of surface-8
    2,4          2,3          2,99          2,100
CONST
CONST          CONST          CONST          CONST
CONST          CONST          CONST          CONST
CONST          CONST          CONST          CONST
CONST          CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00    1.000E+00    2.000E-01
    9.000E+01    1.800E+02    9.000E+01    -9.000E+01    9.000E+01
    0.000E+00    9.000E+01    9.000E+01    9.000E+01    -1.350E+02
    9.000E+01    -4.500E+01    9.000E+01    4.500E+01    9.000E+01
    1.350E+02
*-----
-----
* Model "horizontal" (Type 16)
*
UNIT 4 TYPE 16 horizontal
*$UNIT_NAME horizontal

```

```

*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 197 306
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
    4.000E+00    1.000E+00    3.000E+00    1.000E+00    3.520E+01
    4.871E+03    0.000E+00    2.000E+00    -1.000E+00
INPUTS 7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface
* [unconnected] Azimuth of surface
    2,04          2,03          2,99          2,100
CONST
    CONST          CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00    1.000E+00    2.000E-01
    0.000E+00    0.000E+00
* -----
-----
* Model "sky temperature" (Type 69)
*

UNIT 5 TYPE 69 sky temperature
*$UNIT_NAME sky temperature
*$MODEL .\Physical Phenomena\Sky Temperature\calculate cloudiness
factor\TYPE69b.tmf
*$POSITION 387 200
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 2
* 1 mode for cloudiness factor
* 2 height over sea level
    0.000E+00    0.000E+00
INPUTS 5

```

```

* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Dew point temperature ->Dew point temperature at ambient
conditions
* horizontal:Beam radiation on horizontal ->Beam radiation on the
horizontal
* horizontal:Horizontal diffuse radiation ->Diffuse radiation on the
horizontal
* [unconnected] not used with this mode
      2,05          2,09          4,05          4,06
CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00    2.000E+01    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00
*-----
-----
* Model "building" (Type 56)
*

UNIT    6      TYPE    56      building
*$UNIT_NAME building
*$MODEL    .\Loads and Structures\Multi-Zone
Building\type56w_outfiles.tmf
*$POSITION 534 125
*$LAYER Main
*$#

PARAMETERS    8
* 1 Logical unit for description file
* 2 Logical unit for transfer function file
* 3 Logical unit for window library
* 4 Star network calculation switch
* 5 Weighting factor for operative temperature
* 6 Logical unit for monthly summary
* 7 Logical unit for hourly temperatures
* 8 Logical unit for heating/cooling demand
      2.600E+01    2.700E+01    2.800E+01    0.000E+00    5.000E-01
      2.200E+01    2.900E+01    3.000E+01
INPUTS    36
* weather:Dry bulb temperature ->    1- TAMB (AMBIENT TEMPERATURE)
* weather:Humidity ratio ->    2- ARELHUM (RELATIVE AMBIENT HUMIDITY)
* sky temperature:Fictive sky temperature ->    3- TSKY (FIKTIVE SKY
TEMPERATURE)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 1 ->    4- ITNORTH (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 3 ->    5- ITSOUTH (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 2 ->    6- ITEAST (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 4 ->    7- ITWEST (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 8 ->    8- ITNORTHWES
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 5 ->    9- ITNORTHEAS
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 7 ->    10- ITSOUTHWES
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 6 ->    11- ITSOUTHEAS
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Total radiation on surface 1 ->    12- ITHORIZONT
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected]    13- ITDOWNUNDE (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)

```



```

* 8 surfaces:Beam radiation on surface 1 -> 14- IBNORTH (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 3 -> 15- IBSOUTH (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 2 -> 16- IBEAST (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 4 -> 17- IBWEST (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 8 -> 18- IBNORTHWES
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 5 -> 19- IBNORTHEAS
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 7 -> 20- IBSOUTHWES
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 6 -> 21- IBSOUTHEAS
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Beam radiation on surface 1 -> 22- IBHORIZONT
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected] 23- IBDOWNUNDE (INCIDENT BEAM RADIATION FOR
ORIENTATION DOWNUNDER)
* 8 surfaces:Incidence angle for surface 1 -> 24- AINORTH (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 3 -> 25- AISOUTH (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 2 -> 26- AIEAST (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 4 -> 27- AIWEST (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 8 -> 28- AINORTHWES (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 5 -> 29- AINORTHEAS (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 7 -> 30- AISOUTHWES (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 6 -> 31- AISOUTHEAS (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Incidence angle for surface 1 -> 32- AIHORIZONT (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected] 33- AIDOWNUNDE (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)
* Infil01:Infiltration (ACH) -> 34- INFILT01 (INPUT)
* Infil02:Infiltration (ACH) -> 35- INFILT02 (INPUT)
* Infil03:Infiltration (ACH) -> 36- INFILT03 (INPUT)
      2,05      2,06      5,01      3,07      3,17
      3,12      3,22      3,42      3,27      3,37
      3,32      4,07      CONST      3,08      3,18
      3,13      3,23      3,43      3,28      3,38
      3,33      4,08      CONST      3,10      3,20
      3,15      3,25      3,45      3,30      3,40
      3,35      4,10      CONST      22,01
23,01
      24,01
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00

```



```

* building:      1- (air temperature of zone)  TAIR   1 ->Left axis
variable-1
* building:      2- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Left axis
variable-2
* building:      3- (air temperature of zone)  TAIR   3 ->Left axis
variable-3
* building:      4- (air temperature of zone)  TAIR   4 ->Left axis
variable-4
* building:      5- (air temperature of zone)  TAIR   5 ->Left axis
variable-5
* building:      6- (air temperature of zone)  TAIR   6 ->Left axis
variable-6
* building:      7- (air temperature of zone)  TAIR   7 ->Left axis
variable-7
* building:      8- (air temperature of zone)  TAIR   8 ->Left axis
variable-8
* building:      9- (air temperature of zone)  TAIR   9 ->Left axis
variable-9
* building:     10- (air temperature of zone)  TAIR  10 ->Right axis
variable-1
* building:     11- (air temperature of zone)  TAIR  11 ->Right axis
variable-2
* building:     12- (air temperature of zone)  TAIR  12 ->Right axis
variable-3
* building:     13- (air temperature of zone)  TAIR  13 ->Right axis
variable-4
* building:     14- (air temperature of zone)  TAIR  14 ->Right axis
variable-5
* building:     15- (air temperature of zone)  TAIR  15 ->Right axis
variable-6
* building:     16- (air temperature of zone)  TAIR  16 ->Right axis
variable-7
* building:     17- (air temperature of zone)  TAIR  17 ->Right axis
variable-8
      6,01          6,02          6,03          6,04          6,05
      6,06          6,07          6,08          6,09          6,10
      6,11          6,12          6,13          6,14          6,15
      6,16          6,17
*** INITIAL INPUT VALUES
      zone3          zone    1          zone5
zo      ne6          zone2
      zone4          zone    9          zone12
zo      ne7          zone11
      zone8          zone   10          zone15
zo      ne13         zone17
      zone14         zone   16
      LABELS  5
      C          C
      Temperature
      Temperature
      Temperatures

*-----
-----
* Model "energy" (Type 65)
*

UNIT      8      TYPE  65      energy
*$UNIT_NAME energy
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 662 221

```

```

*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      9.000E+00      8.000E+00     -5.000E+04      5.000E+04     -5.000E+04
      5.000E+04      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00     -1.000E+00
INPUTS 17
* building: 18- (sens. energy demand of z...) QSENS 1 ->Left axis
variable-1
* building: 19- (sens. energy demand of z...) QSENS 2 ->Left axis
variable-2
* building: 20- (sens. energy demand of z...) QSENS 3 ->Left axis
variable-3
* building: 21- (sens. energy demand of z...) QSENS 4 ->Left axis
variable-4
* building: 22- (sens. energy demand of z...) QSENS 5 ->Left axis
variable-5
* building: 23- (sens. energy demand of z...) QSENS 6 ->Left axis
variable-6
* building: 24- (sens. energy demand of z...) QSENS 7 ->Left axis
variable-7
* building: 25- (sens. energy demand of z...) QSENS 8 ->Left axis
variable-8
* building: 26- (sens. energy demand of z...) QSENS 9 ->Left axis
variable-9
* building: 27- (sens. energy demand of z...) QSENS 10 ->Right axis
variable-1
* building: 28- (sens. energy demand of z...) QSENS 11 ->Right axis
variable-2
* building: 29- (sens. energy demand of z...) QSENS 12 ->Right axis
variable-3
* building: 30- (sens. energy demand of z...) QSENS 13 ->Right axis
variable-4
* building: 31- (sens. energy demand of z...) QSENS 14 ->Right axis
variable-5
* building: 32- (sens. energy demand of z...) QSENS 15 ->Right axis
variable-6
* building: 33- (sens. energy demand of z...) QSENS 16 ->Right axis
variable-7
* building: 34- (sens. energy demand of z...) QSENS 17 ->Right axis
variable-8
      6,18          6,19          6,20          6,21          6,22
      6,23          6,24          6,25          6,26          6,27

```

	6,28	6,29	6,30	6,31	6,32
	6,33	6,34			
***	INITIAL INPUT VALUES				
	zone3	zone	1	zone5	
zo	ne6	zone2			
	zone4	zone	9	zone12	
zo	ne7	zone11			
	zone8	zone	10	zone15	
zo	ne13	zone17			
	zone14	zone	16		
	LABELS	5			
	kJ/hr	kJ/hr			
	Energy				
	Energy				
	Loads				
*-----					
* Model "Pheat" (Type 57)					
*-----					
	UNIT	9	TYPE	57	Pheat
	*\$UNIT_NAME Pheat				
	*\$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf				
	*\$POSITION 848 338				
	*\$LAYER Main				
	*\$#				
	*\$#				
	PARAMETERS 3				
	* 1 Table Nb. for input				
	* 2 ID number from table for input				
	* 3 ID number from table for output				
	1.200E+01	1.000E+00	3.000E+00		
	INPUTS 1				
	* building: 35- (sum of heating demand of) SQHEAT ->Input				
	6,35				
	*** INITIAL INPUT VALUES				
	0.000E+00				
*-----					
*-----					
* Model "Pcool" (Type 57)					
*-----					
	UNIT	10	TYPE	57	Pcool
	*\$UNIT_NAME Pcool				
	*\$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf				
	*\$POSITION 849 392				
	*\$LAYER Main				
	*\$#				
	*\$#				
	PARAMETERS 3				
	* 1 Table Nb. for input				
	* 2 ID number from table for input				
	* 3 ID number from table for output				
	1.200E+01	1.000E+00	3.000E+00		
	INPUTS 1				
	* building: 36- (sum of cooling demand of...) SQCOOL ->Input				
	6,36				
	*** INITIAL INPUT VALUES				
	0.000E+00				

```

* -----
* EQUATIONS "mean Temp"
*
EQUATIONS 1
temp =
([6,1]+[6,2]+[6,3]+[6,4]+[6,5]+[6,6]+[6,7]+[6,8]+[6,9]+[6,10]+[6,11]+[6
,12]+[6,13]+[6,14]+[6,15]+[6,16]+[6,17])/17
*$UNIT_NAME mean Temp
*$LAYER Main
*$POSITION 862 144
* -----

* EQUATIONS "mean humidity"
*
EQUATIONS 1
humid =
([6,38]+[6,39]+[6,40]+[6,41]+[6,42]+[6,43]+[6,44]+[6,45]+[6,46]+[6,47]+
[6,48]+[6,49]+[6,50]+[6,51]+[6,52]+[6,53]+[6,54])/17
*$UNIT_NAME mean humidity
*$LAYER Main
*$POSITION 839 270
* -----

* EQUATIONS "totalheat"
*
EQUATIONS 1
totalheat = [9,1]+([31,1]+[32,1])*gt([9,1],0)
*$UNIT_NAME totalheat
*$LAYER Main
*$POSITION 1015 313
* -----

* EQUATIONS "totalcool"
*
EQUATIONS 1
totalcool = [10,1]+([31,1]+[32,1])*gt([10,1],0)
*$UNIT_NAME totalcool
*$LAYER Main
*$POSITION 1005 516
* -----

* EQUATIONS "operation"
*
EQUATIONS 2
operation = gt((gt([6,35],0)+gt([6,36],0)),0)
vdot = 0*[6,35]
*$UNIT_NAME operation
*$LAYER Main
*$POSITION 825 612
* -----

* EQUATIONS "latent"
*
EQUATIONS 2

```

```

        Phumi = -[6,37]*lt([6,37],0)
        Pdehu = [6,37]*gt([6,37],0)
*$UNIT_NAME latent
*$LAYER Main
*$POSITION 827 697
*-----
* Model "temp_hum" (Type 65)
*
UNIT 17      TYPE 65      temp_hum
*$UNIT_NAME temp_hum
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 988 210
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      2.000E+00      2.000E+00      0.000E+00      5.000E+01      0.000E+00
      1.000E+02      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00      -1.000E+00
INPUTS 4
* mean Temp:temp ->Left axis variable-1
* weather:Dry bulb temperature ->Left axis variable-2
* mean humidity:humid ->Right axis variable-1
* weather:Percent relative humidity ->Right axis variable-2
      TEMP          2,05          HUMID          2,10
*** INITIAL INPUT VALUES
      temp          Dry          humid
Pe      rcent
      LABELS 5
      C          %
      Temperature
      humidity
      Temp-humid
*-----
* Model "Total_loads" (Type 65)
*
UNIT 18      TYPE 65      Total_loads
*$UNIT_NAME Total_loads
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf

```

```

*$POSITION 992 573
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      1.000E+00      1.000E+00      0.000E+00      1.500E+02      0.000E+00
      1.500E+02      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00      -1.000E+00
INPUTS 2
* totalheat:totalheat ->Left axis variable
* totalcool:totalcool ->Right axis variable
      TOTALHEAT      TOTALCOOL
*** INITIAL INPUT VALUES
      totalheat      tota      lcool
LABELS 5
      kW      kW
      Power
      Power
      Total loads

*-----
-----
* Model "building_info.out" (Type 25)
*

UNIT 19      TYPE 25      building_info.out
*$UNIT_NAME building_info.out
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to
File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 825 818
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
* 2 Start time
* 3 Stop time

```



```

* 4 Logical unit
* 5 Print TRNSYS units
* 6 Output format "normal" or "SPREADSHEET"
    1.000E+00    0.000E+00    8.760E+03    1.800E+01    2.000E+00
    0.000E+00
    INPUTS      7
* operation:operation ->Input to be printed-1
* mean Temp:temp ->Input to be printed-2
* mean humidity:humid ->Input to be printed-3
* Pheat:Output ->Input to be printed-4
* Pcool:Output ->Input to be printed-5
* Phumi:Output ->Input to be printed-6
* Pdehu:Output ->Input to be printed-7
    OPERATION      TEMP      HUMID      9,01
10,01
    31,01      32,01
*** INITIAL INPUT VALUES
    operation      temp      humid      Output
Output
    Output      Output
*** External files

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\building_info.out
18
*|? Which file should contain the printed results? |1000
*-----
-----
* Model "meteo_collector.out" (Type 25)
*

    UNIT 20      TYPE 25      meteo_collector.out
*$UNIT_NAME meteo_collector.out
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to
File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 533 712
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
    PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
* 2 Start time
* 3 Stop time
* 4 Logical unit
* 5 Print TRNSYS units
* 6 Output format "normal" or "SPREADSHEET"
    1.000E+00    0.000E+00    8.760E+03    1.700E+01    2.000E+00
    0.000E+00
    INPUTS      6
* weather:Dry bulb temperature ->Input to be printed-1
* weather:Percent relative humidity ->Input to be printed-2
* TYPE16g:Total horizontal radiation ->Input to be printed-3
* TYPE16g:Horizontal diffuse radiation ->Input to be printed-4
* TYPE16g:Total radiation on surface 1 ->Input to be printed-5
* TYPE16g:Incidence angle for surface 1 ->Input to be printed-6

```

```

21,07      2,05      2,10      21,04      21,06
      21,10
*** INITIAL INPUT VALUES
      Dry      Percent      Total      Horizontal
Total
      Incidence
*** External files

      ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\meteo_collector.out
17
*|? Which file should contain the printed results? |1000
*-----
-----
* Model "TYPE16g" (Type 16)
*

      UNIT 21      TYPE 16      TYPE16g
*$UNIT_NAME TYPE16g
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 515 605
*$LAYER Weather / Data Files
*$#
*$#
*$#
      PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
      4.000E+00      1.000E+00      3.000E+00      1.000E+00      3.520E+01
      4.871E+03      0.000E+00      2.000E+00      -1.000E+00
      INPUTS 7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface
* [unconnected] Azimuth of surface
      2,04      2,03      2,99      2,100
CONST
      CONST      CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      1.000E+00      2.000E-01
      0.000E+00      0.000E+00
*-----
-----
* Model "Infil01" (Type 571)
*

      UNIT 22      TYPE 571      Infil01
*$UNIT_NAME Infil01
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf

```

```

*$POSITION 131 412
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air
* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient
* 6 K3 Coefficient
      1.500E+03      1.012E+00      1.007E+00      1.000E-01      1.700E-02
      4.900E-02
INPUTS 3
* TYPE57:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
      26,01          2,05          2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
      2.000E+01      1.000E+01      5.000E+00
* -----
-----
* Model "Infil02" (Type 571)
*

UNIT 23      TYPE 571      Infil02
*$UNIT_NAME Infil02
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 124 487
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air

```

```

* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient
* 6 K3 Coefficient
      1.500E+03      1.012E+00      1.007E+00      1.000E-01      1.700E-02
      4.900E-02
      INPUTS      3
* TYPE57-2:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
      29,01          2,05          2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
      2.000E+01      1.000E+01      5.000E+00
*-----
-----
* Model "Infil03" (Type 571)
*

UNIT 24      TYPE 571      Infil03
*$UNIT_NAME Infil03
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 125 551
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air
* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient
* 6 K3 Coefficient
      1.300E+03      1.012E+00      1.007E+00      1.000E-01      1.700E-02
      4.900E-02
      INPUTS      3
* TYPE57-3:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
      30,01          2,05          2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
      2.000E+01      1.000E+01      5.000E+00
*-----
-----
* EQUATIONS "mean_temp_1"
*

EQUATIONS 1
      tempstory1 = ([6,3]+[6,1]+[6,5]+[6,6]+[6,2]+[6,4])/6

```

```

*$UNIT_NAME mean_temp_1
*$LAYER Main
*$POSITION 144 644
*-----
* Model "TYPE57" (Type 57)
*
UNIT 26      TYPE 57      TYPE57
*$UNIT_NAME TYPE57
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 235 648
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
1.000E+00 1.000E+00 1.000E+00
INPUTS 1
* mean_temp_1:tempstory1 ->Input
TEMPSTORY1
*** INITIAL INPUT VALUES
0.000E+00
*-----
* EQUATIONS "mean_temp_2"
*
EQUATIONS 1
tempstory2 = ([6,9]+[6,12]+[6,7]+[6,11]+[6,8]+[6,10])/6
*$UNIT_NAME mean_temp_2
*$LAYER Main
*$POSITION 144 718
*-----
* EQUATIONS "mean_temp_3"
*
EQUATIONS 1
tempstory3 = ([6,15]+[6,13]+[6,17]+[6,14]+[6,16])/5
*$UNIT_NAME mean_temp_3
*$LAYER Main
*$POSITION 144 793
*-----
* Model "TYPE57-2" (Type 57)
*
UNIT 29      TYPE 57      TYPE57-2
*$UNIT_NAME TYPE57-2
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 240 722
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output

```

```

1.000E+00    1.000E+00    1.000E+00
INPUTS      1
* mean_temp_2:tempstory2 ->Input
  TEMPSTORY2
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
-----
* Model "TYPE57-3" (Type 57)
*

UNIT 30      TYPE 57      TYPE57-3
*$UNIT_NAME TYPE57-3
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 240 797
*$LAYER Main
*$#
*$#
  PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
    1.000E+00    1.000E+00    1.000E+00
INPUTS      1
* mean_temp_3:tempstory3 ->Input
  TEMPSTORY3
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
-----
* Model "Phumi" (Type 57)
*

UNIT 31      TYPE 57      Phumi
*$UNIT_NAME Phumi
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 850 445
*$LAYER Main
*$#
*$#
  PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
    1.200E+01    1.000E+00    3.000E+00
INPUTS      1
* latent:Phumi ->Input
  PHUMI
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
-----
* Model "Pdehu" (Type 57)
*

UNIT 32      TYPE 57      Pdehu
*$UNIT_NAME Pdehu
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 850 509
*$LAYER Main
*$#

```

```

*$#
      PARAMETERS      3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
      1.000E+00      1.000E+00      2.000E+00
      INPUTS      1
* latent:Pdehu ->Input
      PDEHU
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00
*-----
-----

```

END

```

      TRANSIENT SIMULATION      STARTING AT TIME =      1.000E+00
                                STOPPING AT TIME =      8.760E+03
                                TIMESTEP =      1
      DIFFERENTIAL EQUATION ERROR TOLERANCE =      1.000E-03
      ALGEBRAIC CONVERGENCE TOLERANCE =      1.000E-03
1 TRNSYS COMPONENT OUTPUT MAP

```

UNIT	2	TYPE	89	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	4			3 16 1
OUTPUT	3			3 16 2
OUTPUT	99			3 16 3
OUTPUT	100			3 16 4
OUTPUT	4			4 16 1
OUTPUT	3			4 16 2
OUTPUT	99			4 16 3
OUTPUT	100			4 16 4
OUTPUT	5			5 69 1
OUTPUT	9			5 69 2
OUTPUT	5			6 56 1
OUTPUT	6			6 56 2
OUTPUT	5			17 65 2
OUTPUT	10			17 65 4
OUTPUT	4			21 16 1
OUTPUT	3			21 16 2
OUTPUT	99			21 16 3
OUTPUT	100			21 16 4
OUTPUT	5			22571 2
OUTPUT	7			22571 3
OUTPUT	5			23571 2
OUTPUT	7			23571 3
OUTPUT	5			24571 2
OUTPUT	7			24571 3
OUTPUT	5			20 25 1
OUTPUT	10			20 25 2

UNIT	3	TYPE	16	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	7			6 56 4
OUTPUT	17			6 56 5
OUTPUT	12			6 56 6
OUTPUT	22			6 56 7
OUTPUT	42			6 56 8
OUTPUT	27			6 56 9
OUTPUT	37			6 56 10
OUTPUT	32			6 56 11

OUTPUT	8	6 56 14
OUTPUT	18	6 56 15
OUTPUT	13	6 56 16
OUTPUT	23	6 56 17
OUTPUT	43	6 56 18
OUTPUT	28	6 56 19
OUTPUT	38	6 56 20
OUTPUT	33	6 56 21
OUTPUT	10	6 56 24
OUTPUT	20	6 56 25
OUTPUT	15	6 56 26
OUTPUT	25	6 56 27
OUTPUT	45	6 56 28
OUTPUT	30	6 56 29
OUTPUT	40	6 56 30
OUTPUT	35	6 56 31

UNIT	4 TYPE 16	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	5	5 69 3
OUTPUT	6	5 69 4
OUTPUT	7	6 56 12
OUTPUT	8	6 56 22
OUTPUT	10	6 56 32

UNIT	5 TYPE 69	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	1	6 56 3

UNIT	6 TYPE 56	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	1	7 65 1
OUTPUT	2	7 65 2
OUTPUT	3	7 65 3
OUTPUT	4	7 65 4
OUTPUT	5	7 65 5
OUTPUT	6	7 65 6
OUTPUT	7	7 65 7
OUTPUT	8	7 65 8
OUTPUT	9	7 65 9
OUTPUT	10	7 65 10
OUTPUT	11	7 65 11
OUTPUT	12	7 65 12
OUTPUT	13	7 65 13
OUTPUT	14	7 65 14
OUTPUT	15	7 65 15
OUTPUT	16	7 65 16
OUTPUT	17	7 65 17
OUTPUT	18	8 65 1
OUTPUT	19	8 65 2
OUTPUT	20	8 65 3
OUTPUT	21	8 65 4
OUTPUT	22	8 65 5
OUTPUT	23	8 65 6
OUTPUT	24	8 65 7
OUTPUT	25	8 65 8
OUTPUT	26	8 65 9
OUTPUT	27	8 65 10
OUTPUT	28	8 65 11
OUTPUT	29	8 65 12
OUTPUT	30	8 65 13
OUTPUT	31	8 65 14
OUTPUT	32	8 65 15
OUTPUT	33	8 65 16



OUTPUT 34	8 65 17
OUTPUT 35	9 57 1
OUTPUT 36	10 57 1
UNIT 7 TYPE 65 UNIT/TYPE/INPUT	
UNIT 8 TYPE 65 UNIT/TYPE/INPUT	
UNIT 9 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	19 25 4
UNIT 10 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	19 25 5
UNIT 17 TYPE 65 UNIT/TYPE/INPUT	
UNIT 18 TYPE 65 UNIT/TYPE/INPUT	
UNIT 21 TYPE 16	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 4	20 25 3
OUTPUT 6	20 25 4
OUTPUT 7	20 25 5
OUTPUT 10	20 25 6
UNIT 22 TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	6 56 34
UNIT 23 TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	6 56 35
UNIT 24 TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	6 56 36
UNIT 26 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	22571 1
UNIT 29 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	23571 1
UNIT 30 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	24571 1
UNIT 31 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	19 25 6
UNIT 32 TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1	19 25 7
EQUATIONS	UNIT/TYPE/INPUT
TEMP	17 65 1
	19 25 2
HUMID	17 65 3
	19 25 3
TOTALHEAT	18 65 1
TOTALCOOL	18 65 2
OPERATION	19 25 1
PHUMI	31 57 1
PDEHU	32 57 1
TEMPSTORY1	26 57 1
TEMPSTORY2	29 57 1
TEMPSTORY3	30 57 1

# DIFFERENTIAL EQUATIONS SOLVED BY MODIFIED EULER

\*\*\*\*\* NOTE \*\*\*\*\*

UNIT 2 TYPE 89 DATA READER (TMY2 WEATHER FILE)

LOCATION: SITIA GR

TIME ZONE: 22 HOURS W

LATITUDE: 35.20 DEG LONGITUDE: 335.90 DEG W

ELEVATION: 116 M

HOURS OF TMY2 DATA ARE IN LOCAL STANDARD TIME, NOT SOLAR TIME.

BE SURE TO PERFORM RADIATION PROCESSING APPROPRIATELY.

SHIFT IN SOLAR TIME HOUR ANGLE (L\_STANDARD - L\_LOCAL): -5.90 DEG

20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 3, TYPE 16 ENDING AT  
21  
20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 4, TYPE 16 ENDING AT  
41  
5 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 5, TYPE 69 ENDING AT  
46  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 9, TYPE 57 ENDING AT  
126  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 10, TYPE 57 ENDING AT  
206  
20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 21, TYPE 16 ENDING AT  
226  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 26, TYPE 57 ENDING AT  
306  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 29, TYPE 57 ENDING AT  
386  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 30, TYPE 57 ENDING AT  
466  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 31, TYPE 57 ENDING AT  
546  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 32, TYPE 57 ENDING AT  
626

	HR : MIN : SEC
Start-Time:	21 : 1 : 55.79
End-Time:	21 : 2 : 27.10
Total Execution Time:	0 : 0 : 31.31

UNIT	2 WAS CALLED	8761 TIMES
	3	8761
	4	8761
	5	8761
	6	19528
	7	8762
	8	8762
	9	11415
	10	10570
	17	8762
	18	8762
	19	8760
	20	8760
	21	8761
	22	11965
	23	12114

24	11878
26	8761
29	8761
30	8761
31	16648
32	8761

```

*-----*
*   UNIT                      # ITERATIVE CALLS                      *
*   2  -----                8761                                    *
*   3  -----                8761                                    *
*   4  -----                8761                                    *
*   5  -----                8761                                    *
*   6  -----                19528                                   *
*   9  -----                11415                                   *
*  10  -----                10570                                   *
*  21  -----                8761                                    *
*  22  -----                11965                                   *
*  23  -----                12114                                   *
*  24  -----                11878                                   *
*  26  -----                8761                                    *
*  29  -----                8761                                    *
*  30  -----                8761                                    *
*  31  -----                16648                                   *
*  32  -----                8761                                    *
*
* Total Iterative Component Calls =      225535
**-----

```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - TRNSYS report file

Στο παράρτημα Γ παρατίθεται το αρχείο αναφοράς που δημιουργεί το TRNSYS για τη συγκεκριμένη προσομοίωση.

```
1          TRNSYS - A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM
          FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
          VERSION 15 Feb. 2000

        ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\ktiriob.LST
6

*****
*****
*** Control cards

*****
*****
* START, STOP and STEP

CONSTANTS 3
  START= 1.0
  STOP=8760
  STEP= 1.0
* User defined CONSTANTS

CONSTANTS 1
  TURN= 0

CONSTANTS 8
  NORTH= 180 + TURN
  NORTHEAST= -135 + TURN
  NORTHWEST= 135 + TURN
  SOUTH= TURN
  SOUTHWEST= 45 + TURN
  SOUTHEAST= -45 + TURN
  EAST= -90 + TURN
  WEST= 90 + TURN
*SIMULATION Start time End time Time step

SIMULATION 1.000E+00 8.760E+03 1.000E+00
* Integration Convergence

TOLERANCES 1.000E-03 1.000E-03
* Max iterations Max warnings
Trace limit

LIMITS 50 50 51
* TRNSYS numerical integration solver
method

DFQ 1
* TRNSYS output file width, number of
characters

WIDTH 80
```

```

*                                NOLIST statement

LIST
*                                MAP statement

MAP
*                                Solver statement

SOLVER  0

*****
*****
*** Units

*****
*****
* EQUATIONS "Equa"
*

EQUATIONS  2
    DAY = INT(START/24.001)+1
    NPLOTS = INT((STOP-START)/168.001)+1
*$UNIT_NAME Equa
*$LAYER Main
*$POSITION 58 46
*-----

-----
* Model "weather" (Type 89)
*

UNIT  2      TYPE  89      weather
*$UNIT_NAME weather
*$MODEL .\Utility\Weather and Other Data Readers\Standard Weather File
Types\Tmy2\Skip N Lines before starting\TYPE89d.tmf
*$POSITION 64 200
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
    PARAMETERS  2
* 1 Mode
* 2 Logical unit
    -2.000E+00    1.300E+01
*** External files

ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\SITIA\TMY\MEAN\SITIA.
13
*|? Which file contains the TMY2 weather information? |1000
*-----

-----
* Model "8 surfaces" (Type 16)
*

UNIT  3      TYPE  16      8 surfaces
*$UNIT_NAME 8 surfaces
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 195 50
*$LAYER Main
*$#

```

```

*$#
*$#
      PARAMETERS      9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
      4.000E+00      1.000E+00      3.000E+00      1.000E+00      3.520E+01
      4.871E+03      0.000E+00      2.000E+00      -1.000E+00
      INPUTS      21
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface-1
* [unconnected] Azimuth of surface-1
* [unconnected] Slope of surface-2
* [unconnected] Azimuth of surface-2
* [unconnected] Slope of surface-3
* [unconnected] Azimuth of surface-3
* [unconnected] Slope of surface-4
* [unconnected] Azimuth of surface-4
* [unconnected] Slope of surface-5
* [unconnected] Azimuth of surface-5
* [unconnected] Slope of surface-6
* [unconnected] Azimuth of surface-6
* [unconnected] Slope of surface-7
* [unconnected] Azimuth of surface-7
* [unconnected] Slope of surface-8
* [unconnected] Azimuth of surface-8
      2,4      2,3      2,99      2,100
CONST
CONST      CONST      CONST      CONST      CONST
CONST      CONST      CONST      CONST      CONST
CONST      CONST      CONST      CONST      CONST
CONST      CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      1.000E+00      2.000E-01
      9.000E+01      1.800E+02      9.000E+01      -9.000E+01      9.000E+01
      0.000E+00      9.000E+01      9.000E+01      9.000E+01      -1.350E+02
      9.000E+01      -4.500E+01      9.000E+01      4.500E+01      9.000E+01
      1.350E+02
*-----
-----
* Model "horizontal" (Type 16)
*
      UNIT      4      TYPE      16      horizontal
*$UNIT_NAME horizontal
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf

```

```

*$POSITION 197 306
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
    4.000E+00    1.000E+00    3.000E+00    1.000E+00    3.520E+01
    4.871E+03    0.000E+00    2.000E+00    -1.000E+00
INPUTS 7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface
* [unconnected] Azimuth of surface
    2,04          2,03          2,99          2,100
CONST
CONST          CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00    1.000E+00    2.000E-01
    0.000E+00    0.000E+00
*-----
-----
* Model "sky temperature" (Type 69)
*

UNIT 5      TYPE 69      sky temperature
*$UNIT_NAME sky temperature
*$MODEL .\Physical Phenomena\Sky Temperature\calculate cloudiness
factor\TYPE69b.tmf
*$POSITION 387 200
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 2
* 1 mode for cloudiness factor
* 2 height over sea level
    0.000E+00    0.000E+00
INPUTS 5
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature

```

```

* weather:Dew point temperature ->Dew point temperature at ambient
conditions
* horizontal:Beam radiation on horizontal ->Beam radiation on the
horizontal
* horizontal:Horizontal diffuse radiation ->Diffuse radiation on the
horizontal
* [unconnected] not used with this mode
      2,05          2,09          4,05          4,06
CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      2.000E+01      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
*-----
-----
* Model "building" (Type 56)
*

UNIT 6      TYPE 56      building
*$UNIT_NAME building
*$MODEL .\Loads and Structures\Multi-Zone
Building\type56w_outfiles.tmf
*$POSITION 534 125
*$LAYER Main
*$#
      PARAMETERS      8
* 1 Logical unit for description file
* 2 Logical unit for transfer function file
* 3 Logical unit for window library
* 4 Star network calculation switch
* 5 Weighting factor for operative temperature
* 6 Logical unit for monthly summary
* 7 Logical unit for hourly temperatures
* 8 Logical unit for heating/cooling demand
      2.600E+01      2.700E+01      2.800E+01      0.000E+00      5.000E-01
      2.200E+01      2.900E+01      3.000E+01
      INPUTS      36
* weather:Dry bulb temperature ->      1- TAMB (AMBIENT TEMPERATURE)
* weather:Humidity ratio ->      2- ARELHUM (RELATIVE AMBIENT HUMIDITY)
* sky temperature:Fictive sky temperature ->      3- TSKY (FIKTIVE SKY
TEMPERATURE)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 1 ->      4- ITNORTH (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 3 ->      5- ITSOUTH (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 2 ->      6- ITEAST (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 4 ->      7- ITWEST (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 8 ->      8- ITNORTHWES
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 5 ->      9- ITNORTHEAS
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 7 ->      10- ITSOUTHWES
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Total radiation on surface 6 ->      11- ITSOUTHEAS
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Total radiation on surface 1 ->      12- ITHORIZONT
(INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected]      13- ITDOWNUNDE (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 1 ->      14- IBNORTH (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)

```



```

* 8 surfaces:Beam radiation on surface 3 -> 15- IBSOUTH (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 2 -> 16- IBEAST (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 4 -> 17- IBWEST (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 8 -> 18- IBNORTHWES
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 5 -> 19- IBNORTHEAS
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 7 -> 20- IBSOUTHWES
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 6 -> 21- IBSOUTHEAS
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Beam radiation on surface 1 -> 22- IBHORIZONT
(INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected] 23- IBDOWNUNDE (INCIDENT BEAM RADIATION FOR
ORIENTATION DOWNUNDER)
* 8 surfaces:Incidence angle for surface 1 -> 24- AINORTH (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 3 -> 25- AISOUTH (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 2 -> 26- AIEAST (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 4 -> 27- AIWEST (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 8 -> 28- AINORTHWES (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 5 -> 29- AINORTHEAS (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 7 -> 30- AISOUTHWES (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 6 -> 31- AISOUTHEAS (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
* horizontal:Incidence angle for surface 1 -> 32- AIHORIZONT (ANGLE
OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT)
* [unconnected] 33- AIDOWNUNDE (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)
* Infil01:Infiltration (ACH) -> 34- INFILT01 (INPUT)
* Infil02:Infiltration (ACH) -> 35- INFILT02 (INPUT)
* Infil03:Infiltration (ACH) -> 36- INFILT03 (INPUT)
      2,05      2,06      5,01      3,07      3,17
      3,12      3,22      3,42      3,27      3,37
      3,32      4,07      CONST      3,08      3,18
      3,13      3,23      3,43      3,28      3,38
      3,33      4,08      CONST      3,10      3,20
      3,15      3,25      3,45      3,30      3,40
      3,35      4,10      CONST      22,01
23,01
      24,01
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00
      0.000E+00
*** External files

```

```

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\ktiriob.bld
26
*|? Which file contains the building description (*.BLD)? |1000

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\ktiriob.trn
27
*|? Which file contains the transfer function information (*.TRN)?
|1000

    ASSIGN \trnsys15\prebid\Lib\American\W4-lib.dat
28
*|? Which file contains the window library for TYPE 56? |1000

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\monthly.out
22
*|? Where to store the monthly summary ? |1000

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\hourly.out
29
*|? Where to store the hourly summery ? |1000

    ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\loads.out
30
*|? Where to store the heating/cooling demands ? |1000
*-----
-----
* Model "temperatures" (Type 65)
*
    UNIT 7      TYPE 65      temperatures
*$UNIT_NAME temperatures
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 661 72
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
    PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      9.000E+00      8.000E+00      5.000E+00      5.000E+01      5.000E+00
      5.000E+01      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00      -1.000E+00
    INPUTS 17
* building: 1- (air temperature of zone) TAIR 1 ->Left axis
variable-1

```

```

* building:      2- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Left axis
variable-2
* building:      3- (air temperature of zone)  TAIR   3 ->Left axis
variable-3
* building:      4- (air temperature of zone)  TAIR   4 ->Left axis
variable-4
* building:      5- (air temperature of zone)  TAIR   5 ->Left axis
variable-5
* building:      6- (air temperature of zone)  TAIR   6 ->Left axis
variable-6
* building:      7- (air temperature of zone)  TAIR   7 ->Left axis
variable-7
* building:      8- (air temperature of zone)  TAIR   8 ->Left axis
variable-8
* building:      9- (air temperature of zone)  TAIR   9 ->Left axis
variable-9
* building:     10- (air temperature of zone)  TAIR  10 ->Right axis
variable-1
* building:     11- (air temperature of zone)  TAIR  11 ->Right axis
variable-2
* building:     12- (air temperature of zone)  TAIR  12 ->Right axis
variable-3
* building:     13- (air temperature of zone)  TAIR  13 ->Right axis
variable-4
* building:     14- (air temperature of zone)  TAIR  14 ->Right axis
variable-5
* building:     15- (air temperature of zone)  TAIR  15 ->Right axis
variable-6
* building:     16- (air temperature of zone)  TAIR  16 ->Right axis
variable-7
* building:     17- (air temperature of zone)  TAIR  17 ->Right axis
variable-8
      6,01          6,02          6,03          6,04          6,05
      6,06          6,07          6,08          6,09          6,10
      6,11          6,12          6,13          6,14          6,15
      6,16          6,17
*** INITIAL INPUT VALUES
      zone3          zone    1          zone5
zo    ne6           zone2
      zone4          zone    9          zone12
zo    ne7           zone11
      zone8          zone   10          zone15
zo    ne13          zone17
      zone14         zone   16
      LABELS   5
      C              C
      Temperature
      Temperature
      Temperatures

*-----
-----
* Model "energy" (Type 65)
*

UNIT      8      TYPE  65      energy
*$UNIT_NAME energy
*$MODEL    .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 662 221
*$LAYER Outputs
*$#

```

```

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      9.000E+00      8.000E+00     -5.000E+04      5.000E+04     -5.000E+04
      5.000E+04      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00     -1.000E+00
INPUTS 17
* building: 18- (sens. energy demand of z...) QSENS 1 ->Left axis
variable-1
* building: 19- (sens. energy demand of z...) QSENS 2 ->Left axis
variable-2
* building: 20- (sens. energy demand of z...) QSENS 3 ->Left axis
variable-3
* building: 21- (sens. energy demand of z...) QSENS 4 ->Left axis
variable-4
* building: 22- (sens. energy demand of z...) QSENS 5 ->Left axis
variable-5
* building: 23- (sens. energy demand of z...) QSENS 6 ->Left axis
variable-6
* building: 24- (sens. energy demand of z...) QSENS 7 ->Left axis
variable-7
* building: 25- (sens. energy demand of z...) QSENS 8 ->Left axis
variable-8
* building: 26- (sens. energy demand of z...) QSENS 9 ->Left axis
variable-9
* building: 27- (sens. energy demand of z...) QSENS 10 ->Right axis
variable-1
* building: 28- (sens. energy demand of z...) QSENS 11 ->Right axis
variable-2
* building: 29- (sens. energy demand of z...) QSENS 12 ->Right axis
variable-3
* building: 30- (sens. energy demand of z...) QSENS 13 ->Right axis
variable-4
* building: 31- (sens. energy demand of z...) QSENS 14 ->Right axis
variable-5
* building: 32- (sens. energy demand of z...) QSENS 15 ->Right axis
variable-6
* building: 33- (sens. energy demand of z...) QSENS 16 ->Right axis
variable-7
* building: 34- (sens. energy demand of z...) QSENS 17 ->Right axis
variable-8
      6,18          6,19          6,20          6,21          6,22
      6,23          6,24          6,25          6,26          6,27
      6,28          6,29          6,30          6,31          6,32
      6,33          6,34

```

```

*** INITIAL INPUT VALUES
      zone3          zone 1          zone5
zo    ne6           zone2
      zone4          zone 9          zone12
zo    ne7           zone11
      zone8          zone 10         zone15
zo    ne13          zone17
      zone14         zone 16
      LABELS 5
      kJ/hr      kJ/hr
      Energy
      Energy
      Loads

*-----
* Model "Pheat" (Type 57)
*

UNIT 9      TYPE 57      Pheat
*$UNIT_NAME Pheat
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 848 338
*$LAYER Main
*$#
*$#
      PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
      1.200E+01      1.000E+00      3.000E+00
      INPUTS 1
* building: 35- (sum of heating demand of) SQHEAT ->Input
      6,35
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00
*-----
*-----
* Model "Pcool" (Type 57)
*

UNIT 10     TYPE 57      Pcool
*$UNIT_NAME Pcool
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 849 392
*$LAYER Main
*$#
*$#
      PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
      1.200E+01      1.000E+00      3.000E+00
      INPUTS 1
* building: 36- (sum of cooling demand of...) SQCOOL ->Input
      6,36
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00
*-----
*-----
* EQUATIONS "mean Temp"

```

```

*

EQUATIONS    1
    temp =
([6,1]+[6,2]+[6,3]+[6,4]+[6,5]+[6,6]+[6,7]+[6,8]+[6,9]+[6,10]+[6,11]+[6
,12]+[6,13]+[6,14]+[6,15]+[6,16]+[6,17])/17
*$UNIT_NAME mean Temp
*$LAYER Main
*$POSITION 862 144
*-----
*
* EQUATIONS "mean humidity"
*

EQUATIONS    1
    humid =
([6,38]+[6,39]+[6,40]+[6,41]+[6,42]+[6,43]+[6,44]+[6,45]+[6,46]+[6,47]+
[6,48]+[6,49]+[6,50]+[6,51]+[6,52]+[6,53]+[6,54])/17
*$UNIT_NAME mean humidity
*$LAYER Main
*$POSITION 839 270
*-----
*
* EQUATIONS "totalheat"
*

EQUATIONS    1
    totalheat = [9,1]+([31,1]+[32,1])*gt([9,1],0)
*$UNIT_NAME totalheat
*$LAYER Main
*$POSITION 1015 313
*-----
*
* EQUATIONS "totalcool"
*

EQUATIONS    1
    totalcool = [10,1]+([31,1]+[32,1])*gt([10,1],0)
*$UNIT_NAME totalcool
*$LAYER Main
*$POSITION 1005 516
*-----
*
* EQUATIONS "operation"
*

EQUATIONS    2
    operation = gt((gt([6,35],0)+gt([6,36],0)),0)
    vdot = 0*[6,35]
*$UNIT_NAME operation
*$LAYER Main
*$POSITION 825 612
*-----
*
* EQUATIONS "latent"
*

EQUATIONS    2
    Phumi = -[6,37]*lt([6,37],0)
    Pdehu = [6,37]*gt([6,37],0)
*$UNIT_NAME latent

```

```

*$LAYER Main
*$POSITION 827 697
*-----
-----
* Model "temp_hum" (Type 65)
*

UNIT 17      TYPE 65      temp_hum
*$UNIT_NAME temp_hum
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 988 210
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      2.000E+00      2.000E+00      0.000E+00      5.000E+01      0.000E+00
      1.000E+02      1.000E+00      7.000E+00      0.000E+00      -1.000E+00
INPUTS 4
* mean Temp:temp ->Left axis variable-1
* weather:Dry bulb temperature ->Left axis variable-2
* mean humidity:humid ->Right axis variable-1
* weather:Percent relative humidity ->Right axis variable-2
      TEMP          2,05          HUMID          2,10
*** INITIAL INPUT VALUES
      temp          Dry          humid
Pe      rcent
      LABELS 5
      C          %
      Temperature
      humidity
      Temp-humid

*-----
-----
* Model "Total_loads" (Type 65)
*

UNIT 18      TYPE 65      Total_loads
*$UNIT_NAME Total_loads
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 992 573
*$LAYER Outputs
*$#

```

```

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
* 2 Nb. of right-axis variables
* 3 Left axis minimum
* 4 Left axis maximum
* 5 Right axis minimum
* 6 Right axis maximum
* 7 Number of plots per simulation
* 8 X-axis gridpoints
* 9 Shut off Online w/o removing
* 10 Logical Unit for ouput file
      1.000E+00    1.000E+00    0.000E+00    1.500E+02    0.000E+00
      1.500E+02    1.000E+00    7.000E+00    0.000E+00   -1.000E+00
INPUTS 2
* totalheat:totalheat ->Left axis variable
* totalcool:totalcool ->Right axis variable
      TOTALHEAT      TOTALCOOL
*** INITIAL INPUT VALUES
      totalheat      tota      lcool
LABELS 5
      kW              kW
      Power
      Power
      Total loads

*-----
-----
* Model "building_info.out" (Type 25)
*

UNIT 19      TYPE 25      building_info.out
*$UNIT_NAME building_info.out
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to
File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 825 818
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
* 2 Start time
* 3 Stop time
* 4 Logical unit
* 5 Print TRNSYS units
* 6 Output format "normal" or "SPREADSHEET"

```



```

1.000E+00    0.000E+00    8.760E+03    1.800E+01    2.000E+00
0.000E+00
INPUTS      7
* operation:operation ->Input to be printed-1
* mean Temp:temp ->Input to be printed-2
* mean humidity:humid ->Input to be printed-3
* Pheat:Output ->Input to be printed-4
* Pcool:Output ->Input to be printed-5
* Phumi:Output ->Input to be printed-6
* Pdehu:Output ->Input to be printed-7
      OPERATION      TEMP      HUMID      9,01
10,01
      31,01      32,01
*** INITIAL INPUT VALUES
      operation      temp      humid      Output
Output
      Output      Output
*** External files

ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\building_info.out
18
*|? Which file should contain the printed results? |1000
*-----
-----
* Model "meteo_collector.out" (Type 25)
*

UNIT 20      TYPE 25      meteo_collector.out
*$UNIT_NAME meteo_collector.out
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to
File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 533 712
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
* 2 Start time
* 3 Stop time
* 4 Logical unit
* 5 Print TRNSYS units
* 6 Output format "normal" or "SPREADSHEET"
      1.000E+00    0.000E+00    8.760E+03    1.700E+01    2.000E+00
      0.000E+00
      INPUTS      6
* weather:Dry bulb temperature ->Input to be printed-1
* weather:Percent relative humidity ->Input to be printed-2
* TYPE16g:Total horizontal radiation ->Input to be printed-3
* TYPE16g:Horizontal diffuse radiation ->Input to be printed-4
* TYPE16g:Total radiation on surface 1 ->Input to be printed-5
* TYPE16g:Incidence angle for surface 1 ->Input to be printed-6
      2,05      2,10      21,04      21,06
21,07
      21,10

```

```

*** INITIAL INPUT VALUES
      Dry          Percent          Total          Horizontal
Total
      Incidence
*** External files

      ASSIGN C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\lena\meteo_collector.out
17
*|? Which file should contain the printed results? |1000
*-----
-----
* Model "TYPE16g" (Type 16)
*

      UNIT  21      TYPE  16      TYPE16g
*$UNIT_NAME TYPE16g
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 515 605
*$LAYER Weather / Data Files
*$#
*$#
*$#
      PARAMETERS  9
* 1 Horiz. radiation mode
* 2 Tracking mode
* 3 Tilted surface mode
* 4 Starting day
* 5 Latitude
* 6 Solar constant
* 7 Shift in solar time
* 8 Not used
* 9 Solar time?
      4.000E+00      1.000E+00      3.000E+00      1.000E+00      3.520E+01
      4.871E+03      0.000E+00      2.000E+00      -1.000E+00
      INPUTS  7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
* weather:Time of last read ->Time of last data read
* weather:Time of next read ->Time of next data read
* [unconnected] Ground reflectance
* [unconnected] Slope of surface
* [unconnected] Azimuth of surface
      2,04          2,03          2,99          2,100
CONST
      CONST          CONST
*** INITIAL INPUT VALUES
      0.000E+00      0.000E+00      0.000E+00      1.000E+00      2.000E-01
      0.000E+00      0.000E+00
*-----
-----
* Model "Infil01" (Type 571)
*

      UNIT  22      TYPE 571      Infil01
*$UNIT_NAME Infil01
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 131 412
*$LAYER Main
*$#

```

```

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS      6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air
* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient
* 6 K3 Coefficient
      1.500E+03      1.012E+00      1.007E+00      1.000E-01      1.700E-02
      4.900E-02
INPUTS          3
* TYPE57:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
      26,01          2,05          2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
      2.000E+01      1.000E+01      5.000E+00
*-----
-----
* Model "Infil02" (Type 571)
*

UNIT  23      TYPE 571      Infil02
*$UNIT_NAME Infil02
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 124 487
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS      6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air
* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient

```

```

* 6 K3 Coefficient
    1.500E+03    1.012E+00    1.007E+00    1.000E-01    1.700E-02
    4.900E-02
    INPUTS      3
* TYPE57-2:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
    29,01        2,05        2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
    2.000E+01    1.000E+01    5.000E+00
*-----
-----
* Model "Infil03" (Type 571)
*

UNIT 24      TYPE 571      Infil03
*$UNIT_NAME Infil03
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 125 551
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
* 2 Density of zone air
* 3 Specific heat of air
* 4 K1 Coefficient
* 5 K2 Coefficient
* 6 K3 Coefficient
    1.300E+03    1.012E+00    1.007E+00    1.000E-01    1.700E-02
    4.900E-02
    INPUTS      3
* TYPE57-3:Output ->Zone Temperature
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
* weather:Wind velocity ->Windspeed
    30,01        2,05        2,07
*** INITIAL INPUT VALUES
    2.000E+01    1.000E+01    5.000E+00
*-----
-----
* EQUATIONS "mean_temp_1"
*

EQUATIONS 1
    tempstory1 = ([6,3]+[6,1]+[6,5]+[6,6]+[6,2]+[6,4])/6
*$UNIT_NAME mean_temp_1
*$LAYER Main
*$POSITION 144 644

```

```

*-----
* Model "TYPE57" (Type 57)
*

UNIT 26      TYPE 57      TYPE57
*$UNIT_NAME TYPE57
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 235 648
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
1.000E+00 1.000E+00 1.000E+00
INPUTS 1
* mean_temp_1:tempstory1 ->Input
TEMPSTORY1
*** INITIAL INPUT VALUES
0.000E+00
*-----

* EQUATIONS "mean_temp_2"
*

EQUATIONS 1
tempstory2 = ([6,9]+[6,12]+[6,7]+[6,11]+[6,8]+[6,10])/6
*$UNIT_NAME mean_temp_2
*$LAYER Main
*$POSITION 144 718
*-----

* EQUATIONS "mean_temp_3"
*

EQUATIONS 1
tempstory3 = ([6,15]+[6,13]+[6,17]+[6,14]+[6,16])/5
*$UNIT_NAME mean_temp_3
*$LAYER Main
*$POSITION 144 793
*-----

* Model "TYPE57-2" (Type 57)
*

UNIT 29      TYPE 57      TYPE57-2
*$UNIT_NAME TYPE57-2
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 240 722
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
1.000E+00 1.000E+00 1.000E+00
INPUTS 1
* mean_temp_2:tempstory2 ->Input

```

```

TEMPSTORY2
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
* Model "TYPE57-3" (Type 57)
*
UNIT 30      TYPE 57      TYPE57-3
*$UNIT_NAME TYPE57-3
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 240 797
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
    1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00
INPUTS 1
* mean_temp_3:tempstory3 ->Input
TEMPSTORY3
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
* Model "Phumi" (Type 57)
*
UNIT 31      TYPE 57      Phumi
*$UNIT_NAME Phumi
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 850 445
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
    1.200E+01  1.000E+00  3.000E+00
INPUTS 1
* latent:Phumi ->Input
PHUMI
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
*-----
* Model "Pdehu" (Type 57)
*
UNIT 32      TYPE 57      Pdehu
*$UNIT_NAME Pdehu
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 850 509
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input

```

```

* 2 ID number from table for input
* 3 ID number from table for output
    1.000E+00    1.000E+00    2.000E+00
    INPUTS      1
* latent:Pdehu ->Input
    PDEHU
*** INITIAL INPUT VALUES
    0.000E+00
* -----
-----

END

          TRANSIENT SIMULATION          STARTING AT TIME = 1.000E+00
                                         STOPPING AT TIME = 8.760E+03
                                         TIMESTEP = 1
          DIFFERENTIAL EQUATION ERROR TOLERANCE = 1.000E-03
          ALGEBRAIC CONVERGENCE TOLERANCE = 1.000E-03
1  TRNSYS COMPONENT OUTPUT MAP

UNIT  2 TYPE 89  UNIT/TYPE/INPUT
    OUTPUT  4      3 16  1
    OUTPUT  3      3 16  2
    OUTPUT 99      3 16  3
    OUTPUT100      3 16  4
    OUTPUT  4      4 16  1
    OUTPUT  3      4 16  2
    OUTPUT 99      4 16  3
    OUTPUT100      4 16  4
    OUTPUT  5      5 69  1
    OUTPUT  9      5 69  2
    OUTPUT  5      6 56  1
    OUTPUT  6      6 56  2
    OUTPUT  5     17 65  2
    OUTPUT 10     17 65  4
    OUTPUT  4     21 16  1
    OUTPUT  3     21 16  2
    OUTPUT 99     21 16  3
    OUTPUT100     21 16  4
    OUTPUT  5     22571 2
    OUTPUT  7     22571 3
    OUTPUT  5     23571 2
    OUTPUT  7     23571 3
    OUTPUT  5     24571 2
    OUTPUT  7     24571 3
    OUTPUT  5     20 25  1
    OUTPUT 10     20 25  2

UNIT  3 TYPE 16  UNIT/TYPE/INPUT
    OUTPUT  7      6 56  4
    OUTPUT 17      6 56  5
    OUTPUT 12      6 56  6
    OUTPUT 22      6 56  7
    OUTPUT 42      6 56  8
    OUTPUT 27      6 56  9
    OUTPUT 37      6 56 10
    OUTPUT 32      6 56 11
    OUTPUT  8      6 56 14
    OUTPUT 18      6 56 15
    OUTPUT 13      6 56 16

```

OUTPUT	23	6	56	17
OUTPUT	43	6	56	18
OUTPUT	28	6	56	19
OUTPUT	38	6	56	20
OUTPUT	33	6	56	21
OUTPUT	10	6	56	24
OUTPUT	20	6	56	25
OUTPUT	15	6	56	26
OUTPUT	25	6	56	27
OUTPUT	45	6	56	28
OUTPUT	30	6	56	29
OUTPUT	40	6	56	30
OUTPUT	35	6	56	31

UNIT	4	TYPE	16	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	5	5	69	3
OUTPUT	6	5	69	4
OUTPUT	7	6	56	12
OUTPUT	8	6	56	22
OUTPUT	10	6	56	32

UNIT	5	TYPE	69	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	1	6	56	3

UNIT	6	TYPE	56	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT	1	7	65	1
OUTPUT	2	7	65	2
OUTPUT	3	7	65	3
OUTPUT	4	7	65	4
OUTPUT	5	7	65	5
OUTPUT	6	7	65	6
OUTPUT	7	7	65	7
OUTPUT	8	7	65	8
OUTPUT	9	7	65	9
OUTPUT	10	7	65	10
OUTPUT	11	7	65	11
OUTPUT	12	7	65	12
OUTPUT	13	7	65	13
OUTPUT	14	7	65	14
OUTPUT	15	7	65	15
OUTPUT	16	7	65	16
OUTPUT	17	7	65	17
OUTPUT	18	8	65	1
OUTPUT	19	8	65	2
OUTPUT	20	8	65	3
OUTPUT	21	8	65	4
OUTPUT	22	8	65	5
OUTPUT	23	8	65	6
OUTPUT	24	8	65	7
OUTPUT	25	8	65	8
OUTPUT	26	8	65	9
OUTPUT	27	8	65	10
OUTPUT	28	8	65	11
OUTPUT	29	8	65	12
OUTPUT	30	8	65	13
OUTPUT	31	8	65	14
OUTPUT	32	8	65	15
OUTPUT	33	8	65	16
OUTPUT	34	8	65	17
OUTPUT	35	9	57	1
OUTPUT	36	10	57	1



UNIT 7	TYPE 65	UNIT/TYPE/INPUT
UNIT 8	TYPE 65	UNIT/TYPE/INPUT
UNIT 9	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		19 25 4
UNIT 10	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		19 25 5
UNIT 17	TYPE 65	UNIT/TYPE/INPUT
UNIT 18	TYPE 65	UNIT/TYPE/INPUT
UNIT 21	TYPE 16	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 4		20 25 3
OUTPUT 6		20 25 4
OUTPUT 7		20 25 5
OUTPUT 10		20 25 6
UNIT 22	TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		6 56 34
UNIT 23	TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		6 56 35
UNIT 24	TYPE571	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		6 56 36
UNIT 26	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		22571 1
UNIT 29	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		23571 1
UNIT 30	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		24571 1
UNIT 31	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		19 25 6
UNIT 32	TYPE 57	UNIT/TYPE/INPUT
OUTPUT 1		19 25 7
EQUATIONS		UNIT/TYPE/INPUT
TEMP		17 65 1
		19 25 2
HUMID		17 65 3
		19 25 3
TOTALHEAT		18 65 1
TOTALCOOL		18 65 2
OPERATION		19 25 1
PHUMI		31 57 1
PDEHU		32 57 1
TEMPSTORY1		26 57 1
TEMPSTORY2		29 57 1
TEMPSTORY3		30 57 1

DIFFERENTIAL EQUATIONS SOLVED BY MODIFIED EULER

\*\*\*\*\* NOTE \*\*\*\*\*

UNIT 2 TYPE 89 DATA READER (TMY2 WEATHER FILE)

LOCATION: SITIA GR

TIME ZONE: 22 HOURS W

LATITUDE: 35.20 DEG LONGITUDE: 335.90 DEG W

ELEVATION: 116 M

HOURS OF TMY2 DATA ARE IN LOCAL STANDARD TIME, NOT SOLAR TIME.

BE SURE TO PERFORM RADIATION PROCESSING APPROPRIATELY.

SHIFT IN SOLAR TIME HOUR ANGLE (L\_STANDARD - L\_LOCAL): -5.90 DEG

20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 3, TYPE 16 ENDING AT  
21  
20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 4, TYPE 16 ENDING AT  
41  
5 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 5, TYPE 69 ENDING AT  
46  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 9, TYPE 57 ENDING AT  
126  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 10, TYPE 57 ENDING AT  
206  
20 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 21, TYPE 16 ENDING AT  
226  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 26, TYPE 57 ENDING AT  
306  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 29, TYPE 57 ENDING AT  
386  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 30, TYPE 57 ENDING AT  
466  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 31, TYPE 57 ENDING AT  
546  
80 STORAGE VARIABLES ALLOCATED FOR UNIT 32, TYPE 57 ENDING AT  
626

	HR	:	MIN	:	SEC
Start-Time:	21	:	1	:	55.79
End-Time:	21	:	2	:	27.10
Total Execution Time:	0	:	0	:	31.31

UNIT	2 WAS CALLED	8761 TIMES
3	8761	
4	8761	
5	8761	
6	19528	
7	8762	
8	8762	
9	11415	
10	10570	
17	8762	
18	8762	
19	8760	
20	8760	
21	8761	
22	11965	
23	12114	
24	11878	
26	8761	
29	8761	

30	8761
31	16648
32	8761

```

*-----*
*   UNIT                # ITERATIVE CALLS   *
*   2  -----          8761                *
*   3  -----          8761                *
*   4  -----          8761                *
*   5  -----          8761                *
*   6  -----          19528               *
*   9  -----          11415               *
*  10  -----          10570               *
*  21  -----          8761                *
*  22  -----          11965               *
*  23  -----          12114               *
*  24  -----          11878               *
*  26  -----          8761                *
*  29  -----          8761                *
*  30  -----          8761                *
*  31  -----          16648               *
*  32  -----          8761                *
*
* Total Iterative Component Calls =      225535
*-----*

```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - TRNSYS output file

Στο παράρτημα Δ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από την εκτέλεση του TRNSYS, τα οποία περιλαμβάνουν τις μηνιαίες και ετήσιες τιμές απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη τόσο ολόκληρου του κτιρίου συνολικά, όσο και της κάθε ζώνης ξεχωριστά.

```
*****
*
*
*           MONTHLY SUMMARY STANDARD REPORT           *
*
*****

SUMMARY VALUES FOR ALL ZONES COMBINED
*****
  MONTH      HEATING      COOLING      INFILTR.      VENTILAT.      SOLAR_RAD.
INT_GAINS
-           [KWH]         [KWH]         [KWH]         [KWH]         [KWH]
[KWH]
  JAN      1.114E+04      8.507E-36      -7.027E+02      -7.915E+03      3.080E+03
1.429E+04
  FEB      9.305E+03      8.332E-01      -6.632E+02      -7.196E+03      3.167E+03
1.292E+04
  MAR      5.701E+03      1.605E+01      -6.485E+02      -7.020E+03      3.768E+03
1.430E+04
  APR      5.267E+02      1.508E+03      -4.851E+02      -5.617E+03      3.784E+03
1.384E+04
  MAY      6.502E+01      9.924E+03      -2.533E+02      -3.206E+03      4.086E+03
1.430E+04
  JUN      0.000E+00      2.209E+04      1.450E+00      -1.419E+02      3.900E+03
1.384E+04
  JUL      0.000E+00      3.112E+04      1.927E+02      1.982E+03      4.089E+03
1.430E+04
  AUG      0.000E+00      3.004E+04      1.526E+02      1.735E+03      4.124E+03
1.430E+04
  SEP      0.000E+00      1.961E+04      -3.900E+01      -6.779E+02      3.992E+03
1.384E+04
  OCT      8.859E+00      8.932E+03      -2.361E+02      -3.349E+03      3.846E+03
1.430E+04
  NOV      8.371E+02      6.706E+02      -4.068E+02      -5.248E+03      3.250E+03
1.384E+04
  DEC      6.622E+03      0.000E+00      -5.534E+02      -6.641E+03      3.092E+03
1.430E+04
  SUM      3.420E+04      1.239E+05      -3.641E+03      -4.329E+04      4.418E+04
1.684E+05

ZONE NUMBER IS 1
*****
  MONTH      HEATING      COOLING      INFILTR.      VENTILAT.      SOLAR_RAD.
INT_GAINS
-           [KWH]         [KWH]         [KWH]         [KWH]         [KWH]
[KWH]
  JAN      7.150E+02      4.254E-36      -6.867E+01      -4.664E+02      3.912E+02
8.814E+02
  FEB      6.237E+02      0.000E+00      -6.481E+01      -4.241E+02      3.757E+02
7.972E+02
```

MAR	3.777E+02	0.000E+00	-6.249E+01	-4.090E+02	3.974E+02
8.826E+02					
APR	1.152E+01	7.354E+01	-4.558E+01	-3.215E+02	3.567E+02
8.541E+02					
MAY	4.434E+00	4.991E+02	-2.396E+01	-1.853E+02	3.433E+02
8.826E+02					
JUN	0.000E+00	1.178E+03	1.379E-01	-8.481E+00	3.106E+02
8.541E+02					
JUL	0.000E+00	1.708E+03	1.879E+01	1.166E+02	3.354E+02
8.826E+02					
AUG	0.000E+00	1.697E+03	1.488E+01	1.021E+02	3.845E+02
8.826E+02					
SEP	0.000E+00	1.160E+03	-3.816E+00	-4.017E+01	4.303E+02
8.541E+02					
OCT	0.000E+00	5.644E+02	-2.327E+01	-2.017E+02	4.544E+02
8.826E+02					
NOV	1.370E+01	3.897E+01	-4.021E+01	-3.166E+02	4.074E+02
8.541E+02					
DEC	3.713E+02	0.000E+00	-5.421E+01	-3.930E+02	4.055E+02
8.826E+02					
SUM	2.117E+03	6.919E+03	-3.532E+02	-2.548E+03	4.592E+03
1.039E+04					

ZONE NUMBER IS 2

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	1.060E+03	4.254E-36	-3.239E+01	-4.144E+02	8.572E+01
1.132E+03					
FEB	9.053E+02	0.000E+00	-3.028E+01	-3.731E+02	8.965E+01
1.024E+03					
MAR	6.183E+02	0.000E+00	-2.859E+01	-3.524E+02	1.008E+02
1.134E+03					
APR	1.002E+02	5.991E+01	-1.967E+01	-2.616E+02	9.538E+01
1.097E+03					
MAY	1.114E+01	4.169E+02	-1.019E+01	-1.484E+02	9.997E+01
1.134E+03					
JUN	0.000E+00	9.842E+02	5.685E-02	-6.740E+00	9.469E+01
1.097E+03					
JUL	0.000E+00	1.402E+03	7.913E+00	9.234E+01	1.037E+02
1.134E+03					
AUG	0.000E+00	1.390E+03	6.268E+00	8.085E+01	1.141E+02
1.134E+03					
SEP	0.000E+00	9.532E+02	-1.608E+00	-3.182E+01	1.085E+02
1.097E+03					
OCT	0.000E+00	4.591E+02	-9.718E+00	-1.579E+02	1.020E+02
1.134E+03					
NOV	1.050E+02	2.693E+01	-1.722E+01	-2.542E+02	8.494E+01
1.097E+03					
DEC	6.335E+02	0.000E+00	-2.508E+01	-3.414E+02	9.004E+01
1.134E+03					
SUM	3.433E+03	5.693E+03	-1.605E+02	-2.169E+03	1.169E+03
1.335E+04					

ZONE NUMBER IS 3

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					

-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-6.217E-01	-8.773E+01	0.000E+00
1.034E+02					
FEB	0.000E+00	0.000E+00	-5.825E-01	-7.956E+01	0.000E+00
9.356E+01					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-5.847E-01	-7.927E+01	0.000E+00
1.036E+02					
APR	0.000E+00	8.255E+00	-4.461E-01	-6.517E+01	0.000E+00
1.002E+02					
MAY	0.000E+00	5.226E+01	-2.347E-01	-3.759E+01	0.000E+00
1.036E+02					
JUN	0.000E+00	1.199E+02	1.322E-03	-1.700E+00	0.000E+00
1.002E+02					
JUL	0.000E+00	1.686E+02	1.816E-01	2.334E+01	0.000E+00
1.036E+02					
AUG	0.000E+00	1.655E+02	1.439E-01	2.044E+01	0.000E+00
1.036E+02					
SEP	0.000E+00	1.134E+02	-3.689E-02	-8.043E+00	0.000E+00
1.002E+02					
OCT	0.000E+00	5.733E+01	-2.252E-01	-4.036E+01	0.000E+00
1.036E+02					
NOV	0.000E+00	4.239E+00	-3.923E-01	-6.398E+01	0.000E+00
1.002E+02					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-5.084E-01	-7.651E+01	0.000E+00
1.036E+02					
SUM	0.000E+00	6.894E+02	-3.306E+00	-4.961E+02	0.000E+00
1.219E+03					

ZONE NUMBER IS 4

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	6.028E+02	0.000E+00	-1.410E+01	-1.521E+02	3.236E+02
1.810E+02					
FEB	4.859E+02	0.000E+00	-1.327E+01	-1.378E+02	3.681E+02
1.637E+02					
MAR	3.313E+02	9.492E-02	-1.249E+01	-1.300E+02	4.793E+02
1.812E+02					
APR	7.594E+01	2.305E+01	-8.418E+00	-9.491E+01	5.092E+02
1.754E+02					
MAY	7.127E+00	2.239E+02	-4.390E+00	-5.434E+01	5.973E+02
1.812E+02					
JUN	0.000E+00	5.404E+02	8.864E-02	-2.013E+00	5.993E+02
1.754E+02					
JUL	0.000E+00	8.159E+02	3.873E+00	3.819E+01	6.311E+02
1.812E+02					
AUG	0.000E+00	7.633E+02	3.068E+00	3.344E+01	5.958E+02
1.812E+02					
SEP	0.000E+00	4.181E+02	-6.947E-01	-1.184E+01	4.979E+02
1.754E+02					
OCT	7.628E+00	1.400E+02	-3.940E+00	-5.426E+01	4.297E+02
1.812E+02					
NOV	1.108E+02	4.363E+00	-6.660E+00	-8.246E+01	3.325E+02
1.754E+02					
DEC	4.154E+02	0.000E+00	-1.063E+01	-1.221E+02	3.175E+02
1.812E+02					
SUM	2.037E+03	2.929E+03	-6.756E+01	-7.702E+02	5.681E+03
2.134E+03					

ZONE NUMBER IS 5  
 \*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	2.391E+03	0.000E+00	-8.199E+01	-1.123E+03	9.615E+01
1.383E+03					
FEB	2.050E+03	0.000E+00	-7.670E+01	-1.010E+03	1.172E+02
1.251E+03					
MAR	1.369E+03	0.000E+00	-7.057E+01	-9.309E+02	1.742E+02
1.385E+03					
APR	2.324E+02	3.521E+01	-4.747E+01	-6.753E+02	2.009E+02
1.341E+03					
MAY	2.093E+01	5.792E+02	-2.485E+01	-3.894E+02	2.464E+02
1.385E+03					
JUN	0.000E+00	1.712E+03	2.606E-01	-1.893E+01	2.416E+02
1.341E+03					
JUL	0.000E+00	2.775E+03	2.254E+01	2.821E+02	2.408E+02
1.385E+03					
AUG	0.000E+00	2.580E+03	1.785E+01	2.470E+02	1.996E+02
1.385E+03					
SEP	0.000E+00	1.325E+03	-4.408E+00	-9.392E+01	1.654E+02
1.341E+03					
OCT	1.231E+00	3.958E+02	-2.417E+01	-4.210E+02	1.433E+02
1.385E+03					
NOV	2.818E+02	0.000E+00	-3.992E+01	-6.277E+02	1.060E+02
1.341E+03					
DEC	1.548E+03	0.000E+00	-6.174E+01	-8.984E+02	8.508E+01
1.385E+03					
SUM	7.895E+03	9.402E+03	-3.912E+02	-5.659E+03	2.017E+03
1.631E+04					

ZONE NUMBER IS 6  
 \*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-2.813E+01	-3.079E+02	2.025E+02
1.235E+03					
FEB	0.000E+00	0.000E+00	-2.636E+01	-2.798E+02	1.958E+02
1.117E+03					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-2.712E+01	-2.844E+02	2.438E+02
1.237E+03					
APR	0.000E+00	8.255E+01	-2.151E+01	-2.433E+02	2.677E+02
1.197E+03					
MAY	0.000E+00	6.862E+02	-1.143E+01	-1.423E+02	2.835E+02
1.237E+03					
JUN	0.000E+00	1.745E+03	6.799E-02	-6.752E+00	2.690E+02
1.197E+03					
JUL	0.000E+00	2.593E+03	9.303E+00	9.275E+01	2.756E+02
1.237E+03					
AUG	0.000E+00	2.527E+03	7.369E+00	8.121E+01	2.825E+02
1.237E+03					
SEP	0.000E+00	1.591E+03	-1.888E+00	-3.195E+01	2.792E+02
1.197E+03					
OCT	0.000E+00	6.316E+02	-1.110E+01	-1.538E+02	2.654E+02
1.237E+03					

NOV	0.000E+00	2.404E+01	-1.835E+01	-2.314E+02	2.321E+02
1.197E+03					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-2.297E+01	-2.679E+02	1.980E+02
1.237E+03					
SUM	0.000E+00	9.880E+03	-1.521E+02	-1.776E+03	2.995E+03
1.456E+04					

ZONE NUMBER IS 7

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	4.959E+02	0.000E+00	-6.997E+01	-4.712E+02	3.912E+02
7.105E+02					
FEB	4.236E+02	0.000E+00	-6.651E+01	-4.314E+02	3.757E+02
6.426E+02					
MAR	2.435E+02	0.000E+00	-6.673E+01	-4.278E+02	3.974E+02
7.115E+02					
APR	0.000E+00	1.102E+02	-5.139E+01	-3.490E+02	3.567E+02
6.885E+02					
MAY	0.000E+00	5.886E+02	-2.605E+01	-1.949E+02	3.433E+02
7.115E+02					
JUN	0.000E+00	1.250E+03	1.196E-01	-8.498E+00	3.106E+02
6.885E+02					
JUL	0.000E+00	1.770E+03	1.879E+01	1.166E+02	3.354E+02
7.115E+02					
AUG	0.000E+00	1.801E+03	1.488E+01	1.021E+02	3.845E+02
7.115E+02					
SEP	0.000E+00	1.330E+03	-3.841E+00	-4.018E+01	4.303E+02
6.885E+02					
OCT	0.000E+00	7.218E+02	-2.479E+01	-2.099E+02	4.544E+02
7.115E+02					
NOV	2.560E+00	8.799E+01	-4.523E+01	-3.428E+02	4.074E+02
6.885E+02					
DEC	2.534E+02	0.000E+00	-5.751E+01	-4.109E+02	4.055E+02
7.115E+02					
SUM	1.419E+03	7.659E+03	-3.782E+02	-2.668E+03	4.592E+03
8.376E+03					

ZONE NUMBER IS 8

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	4.515E+02	0.000E+00	-1.076E+01	-3.070E+02	3.236E+02
5.153E+02					
FEB	3.522E+02	8.332E-01	-1.031E+01	-2.840E+02	3.681E+02
4.661E+02					
MAR	1.941E+02	1.596E+01	-1.045E+01	-2.840E+02	4.793E+02
5.160E+02					
APR	1.404E+01	1.161E+02	-7.961E+00	-2.303E+02	5.092E+02
4.994E+02					
MAY	1.324E+00	6.015E+02	-4.050E+00	-1.288E+02	5.973E+02
5.160E+02					
JUN	0.000E+00	1.118E+03	1.991E-02	-5.486E+00	5.993E+02
4.994E+02					
JUL	0.000E+00	1.493E+03	2.893E+00	7.607E+01	6.311E+02
5.160E+02					



AUG	0.000E+00	1.411E+03	2.292E+00	6.661E+01	5.958E+02
5.160E+02					
SEP	0.000E+00	9.121E+02	-5.849E-01	-2.600E+01	4.979E+02
4.994E+02					
OCT	0.000E+00	4.228E+02	-3.577E+00	-1.282E+02	4.297E+02
5.160E+02					
NOV	3.486E+01	4.481E+01	-6.230E+00	-2.007E+02	3.325E+02
4.994E+02					
DEC	2.777E+02	0.000E+00	-8.566E+00	-2.593E+02	3.175E+02
5.160E+02					
SUM	1.326E+03	6.137E+03	-5.729E+01	-1.711E+03	5.681E+03
6.075E+03					

ZONE NUMBER IS 9

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	4.577E+02	0.000E+00	-1.093E+01	-5.212E+02	8.572E+01
1.177E+03					
FEB	3.886E+02	0.000E+00	-1.034E+01	-4.751E+02	8.965E+01
1.065E+03					
MAR	2.256E+02	0.000E+00	-1.039E+01	-4.717E+02	1.008E+02
1.179E+03					
APR	0.000E+00	1.602E+02	-7.898E+00	-3.798E+02	9.538E+01
1.141E+03					
MAY	0.000E+00	6.877E+02	-3.930E+00	-2.076E+02	9.997E+01
1.179E+03					
JUN	0.000E+00	1.213E+03	1.663E-02	-8.446E+00	9.469E+01
1.141E+03					
JUL	0.000E+00	1.544E+03	2.638E+00	1.157E+02	1.037E+02
1.179E+03					
AUG	0.000E+00	1.544E+03	2.089E+00	1.013E+02	1.141E+02
1.179E+03					
SEP	0.000E+00	1.203E+03	-5.392E-01	-3.988E+01	1.085E+02
1.141E+03					
OCT	0.000E+00	7.544E+02	-3.556E+00	-2.132E+02	1.020E+02
1.179E+03					
NOV	4.232E+00	1.288E+02	-6.793E+00	-3.648E+02	8.494E+01
1.141E+03					
DEC	2.263E+02	0.000E+00	-8.910E+00	-4.498E+02	9.004E+01
1.179E+03					
SUM	1.302E+03	7.235E+03	-5.854E+01	-2.914E+03	1.169E+03
1.388E+04					

ZONE NUMBER IS 10

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-2.705E+00	-9.465E+01	0.000E+00
1.034E+02					
FEB	0.000E+00	0.000E+00	-2.558E+00	-8.647E+01	0.000E+00
9.356E+01					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-2.654E+00	-8.816E+01	0.000E+00
1.036E+02					
APR	0.000E+00	1.341E+01	-2.106E+00	-7.410E+01	0.000E+00
1.002E+02					

MAY	0.000E+00	6.344E+01	-1.058E+00	-4.092E+01	0.000E+00
1.036E+02					
JUN	0.000E+00	1.186E+02	4.581E-03	-1.704E+00	0.000E+00
1.002E+02					
JUL	0.000E+00	1.529E+02	7.265E-01	2.334E+01	0.000E+00
1.036E+02					
AUG	0.000E+00	1.509E+02	5.754E-01	2.044E+01	0.000E+00
1.036E+02					
SEP	0.000E+00	1.143E+02	-1.485E-01	-8.044E+00	0.000E+00
1.002E+02					
OCT	0.000E+00	6.974E+01	-9.736E-01	-4.273E+01	0.000E+00
1.036E+02					
NOV	0.000E+00	1.093E+01	-1.834E+00	-7.207E+01	0.000E+00
1.002E+02					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-2.281E+00	-8.452E+01	0.000E+00
1.036E+02					
SUM	0.000E+00	6.942E+02	-1.501E+01	-5.496E+02	0.000E+00
1.219E+03					

ZONE NUMBER IS 11

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	7.864E+02	0.000E+00	-8.342E+01	-1.135E+03	9.615E+01
1.941E+03					
FEB	6.722E+02	0.000E+00	-7.919E+01	-1.036E+03	1.172E+02
1.755E+03					
MAR	3.496E+02	0.000E+00	-7.925E+01	-1.025E+03	1.742E+02
1.943E+03					
APR	0.000E+00	1.702E+02	-6.213E+01	-8.510E+02	2.009E+02
1.881E+03					
MAY	0.000E+00	1.191E+03	-3.204E+01	-4.833E+02	2.464E+02
1.943E+03					
JUN	0.000E+00	2.538E+03	1.421E-01	-2.059E+01	2.416E+02
1.881E+03					
JUL	0.000E+00	3.401E+03	2.254E+01	2.821E+02	2.408E+02
1.943E+03					
AUG	0.000E+00	3.210E+03	1.785E+01	2.470E+02	1.996E+02
1.943E+03					
SEP	0.000E+00	2.144E+03	-4.607E+00	-9.724E+01	1.654E+02
1.881E+03					
OCT	0.000E+00	1.048E+03	-2.905E+01	-4.950E+02	1.433E+02
1.943E+03					
NOV	4.492E+00	4.213E+01	-5.187E+01	-7.932E+02	1.060E+02
1.881E+03					
DEC	3.878E+02	0.000E+00	-6.683E+01	-9.608E+02	8.508E+01
1.943E+03					
SUM	2.200E+03	1.374E+04	-4.479E+02	-6.368E+03	2.017E+03
2.288E+04					

ZONE NUMBER IS 12

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-3.035E+01	-4.099E+02	2.025E+02
8.366E+02					

FEB	0.000E+00	0.000E+00	-2.882E+01	-3.766E+02	1.958E+02
7.567E+02					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-3.073E+01	-3.930E+02	2.438E+02
8.377E+02					
APR	0.000E+00	1.459E+02	-2.546E+01	-3.453E+02	2.677E+02
8.107E+02					
MAY	0.000E+00	8.909E+02	-1.304E+01	-1.950E+02	2.835E+02
8.377E+02					
JUN	0.000E+00	1.915E+03	5.876E-02	-8.423E+00	2.690E+02
8.107E+02					
JUL	0.000E+00	2.624E+03	9.303E+00	1.154E+02	2.756E+02
8.377E+02					
AUG	0.000E+00	2.544E+03	7.369E+00	1.011E+02	2.825E+02
8.377E+02					
SEP	0.000E+00	1.701E+03	-1.901E+00	-3.978E+01	2.792E+02
8.107E+02					
OCT	0.000E+00	7.680E+02	-1.201E+01	-2.028E+02	2.654E+02
8.377E+02					
NOV	0.000E+00	5.536E+01	-2.133E+01	-3.230E+02	2.321E+02
8.107E+02					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-2.540E+01	-3.631E+02	1.980E+02
8.377E+02					
SUM	0.000E+00	1.064E+04	-1.723E+02	-2.440E+03	2.995E+03
9.863E+03					

ZONE NUMBER IS 13

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	1.147E+03	0.000E+00	-9.213E+01	-6.519E+02	6.766E+02
8.071E+02					
FEB	9.536E+02	0.000E+00	-8.715E+01	-5.938E+02	6.385E+02
7.300E+02					
MAR	5.815E+02	0.000E+00	-8.517E+01	-5.769E+02	6.602E+02
8.082E+02					
APR	3.559E+01	1.414E+02	-6.295E+01	-4.537E+02	5.795E+02
7.821E+02					
MAY	8.436E+00	8.273E+02	-3.300E+01	-2.607E+02	5.387E+02
8.082E+02					
JUN	0.000E+00	1.870E+03	1.710E-01	-1.172E+01	4.745E+02
7.821E+02					
JUL	0.000E+00	2.720E+03	2.506E+01	1.624E+02	5.130E+02
8.082E+02					
AUG	0.000E+00	2.723E+03	1.985E+01	1.422E+02	6.086E+02
8.082E+02					
SEP	0.000E+00	1.884E+03	-5.106E+00	-5.582E+01	7.156E+02
7.821E+02					
OCT	0.000E+00	8.981E+02	-3.148E+01	-2.805E+02	7.764E+02
8.082E+02					
NOV	4.958E+01	9.242E+01	-5.396E+01	-4.363E+02	7.071E+02
7.821E+02					
DEC	6.411E+02	0.000E+00	-7.267E+01	-5.482E+02	7.039E+02
8.082E+02					
SUM	3.417E+03	1.116E+04	-4.785E+02	-3.565E+03	7.593E+03
9.515E+03					

ZONE NUMBER IS 14

\*\*\*\*\*

MONTH INT_GAINS - [KWH]	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]
JAN	9.906E+02	0.000E+00	-3.247E+01	-4.145E+02	8.572E+01
1.132E+03					
FEB	8.033E+02	0.000E+00	-3.054E+01	-3.751E+02	8.965E+01
1.024E+03					
MAR	4.813E+02	0.000E+00	-2.979E+01	-3.637E+02	1.008E+02
1.134E+03					
APR	2.804E+01	1.426E+02	-2.207E+01	-2.865E+02	9.538E+01
1.097E+03					
MAY	5.729E+00	7.799E+02	-1.138E+01	-1.612E+02	9.997E+01
1.134E+03					
JUN	0.000E+00	1.540E+03	4.980E-02	-6.740E+00	9.469E+01
1.097E+03					
JUL	0.000E+00	2.037E+03	7.913E+00	9.234E+01	1.037E+02
1.134E+03					
AUG	0.000E+00	1.989E+03	6.268E+00	8.085E+01	1.141E+02
1.134E+03					
SEP	0.000E+00	1.397E+03	-1.618E+00	-3.182E+01	1.085E+02
1.097E+03					
OCT	0.000E+00	7.070E+02	-1.019E+01	-1.632E+02	1.020E+02
1.134E+03					
NOV	7.163E+01	6.236E+01	-1.821E+01	-2.649E+02	8.494E+01
1.097E+03					
DEC	5.824E+02	0.000E+00	-2.539E+01	-3.441E+02	9.004E+01
1.134E+03					
SUM	2.963E+03	8.655E+03	-1.674E+02	-2.239E+03	1.169E+03
1.335E+04					

ZONE NUMBER IS 15

\*\*\*\*\*

MONTH INT_GAINS - [KWH]	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-6.190E-01	-8.702E+01	0.000E+00
1.034E+02					
FEB	0.000E+00	0.000E+00	-5.848E-01	-7.963E+01	0.000E+00
9.356E+01					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-6.011E-01	-8.067E+01	0.000E+00
1.036E+02					
APR	0.000E+00	1.363E+01	-4.731E-01	-6.750E+01	0.000E+00
1.002E+02					
MAY	0.000E+00	7.452E+01	-2.465E-01	-3.854E+01	0.000E+00
1.036E+02					
JUN	0.000E+00	1.651E+02	1.156E-03	-1.701E+00	0.000E+00
1.002E+02					
JUL	0.000E+00	2.378E+02	1.816E-01	2.334E+01	0.000E+00
1.036E+02					
AUG	0.000E+00	2.394E+02	1.439E-01	2.044E+01	0.000E+00
1.036E+02					
SEP	0.000E+00	1.689E+02	-3.714E-02	-8.044E+00	0.000E+00
1.002E+02					
OCT	0.000E+00	8.448E+01	-2.321E-01	-4.094E+01	0.000E+00
1.036E+02					
NOV	0.000E+00	9.614E+00	-4.039E-01	-6.477E+01	0.000E+00
1.002E+02					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-5.115E-01	-7.663E+01	0.000E+00
1.036E+02					

SUM	0.000E+00	9.935E+02	-3.382E+00	-5.017E+02	0.000E+00
1.219E+03					

ZONE NUMBER IS 16

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	2.038E+03	0.000E+00	-1.233E+02	-9.442E+02	9.615E+01
1.250E+03					
FEB	1.646E+03	0.000E+00	-1.160E+02	-8.531E+02	1.172E+02
1.130E+03					
MAR	9.288E+02	0.000E+00	-1.107E+02	-8.107E+02	1.742E+02
1.251E+03					
APR	2.899E+01	9.532E+01	-8.309E+01	-6.465E+02	2.009E+02
1.211E+03					
MAY	5.891E+00	1.024E+03	-4.483E+01	-3.822E+02	2.464E+02
1.251E+03					
JUN	0.000E+00	2.521E+03	2.137E-01	-1.730E+01	2.416E+02
1.211E+03					
JUL	0.000E+00	3.582E+03	3.381E+01	2.372E+02	2.408E+02
1.251E+03					
AUG	0.000E+00	3.305E+03	2.678E+01	2.077E+02	1.996E+02
1.251E+03					
SEP	0.000E+00	1.879E+03	-6.896E+00	-8.157E+01	1.654E+02
1.211E+03					
OCT	0.000E+00	6.314E+02	-4.005E+01	-3.844E+02	1.433E+02
1.251E+03					
NOV	1.585E+02	6.557E+00	-6.498E+01	-5.654E+02	1.060E+02
1.211E+03					
DEC	1.285E+03	0.000E+00	-9.381E+01	-7.615E+02	8.508E+01
1.251E+03					
SUM	6.091E+03	1.304E+04	-6.229E+02	-5.002E+03	2.017E+03
1.473E+04					

ZONE NUMBER IS 17

\*\*\*\*\*

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.
INT_GAINS					
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
[KWH]					
JAN	0.000E+00	0.000E+00	-2.015E+01	-3.273E+02	2.326E+01
7.920E+02					
FEB	0.000E+00	0.000E+00	-1.916E+01	-3.014E+02	2.834E+01
7.163E+02					
MAR	0.000E+00	0.000E+00	-2.016E+01	-3.119E+02	4.213E+01
7.931E+02					
APR	0.000E+00	1.161E+02	-1.649E+01	-2.715E+02	4.859E+01
7.675E+02					
MAY	0.000E+00	7.371E+02	-8.643E+00	-1.558E+02	5.959E+01
7.931E+02					
JUN	0.000E+00	1.563E+03	3.903E-02	-6.720E+00	5.843E+01
7.675E+02					
JUL	0.000E+00	2.094E+03	6.202E+00	9.206E+01	5.825E+01
7.931E+02					
AUG	0.000E+00	1.996E+03	4.912E+00	8.061E+01	4.827E+01
7.931E+02					
SEP	0.000E+00	1.313E+03	-1.268E+00	-3.173E+01	4.000E+01
7.675E+02					

OCT	0.000E+00	5.780E+02	-7.801E+00	-1.586E+02	3.465E+01
7.931E+02					
NOV	0.000E+00	3.103E+01	-1.319E+01	-2.437E+02	2.564E+01
7.675E+02					
DEC	0.000E+00	0.000E+00	-1.638E+01	-2.829E+02	2.058E+01
7.931E+02					
SUM	0.000E+00	8.428E+03	-1.121E+02	-1.919E+03	4.877E+02
9.337E+03					