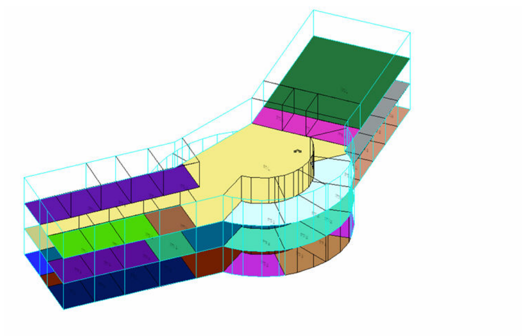
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

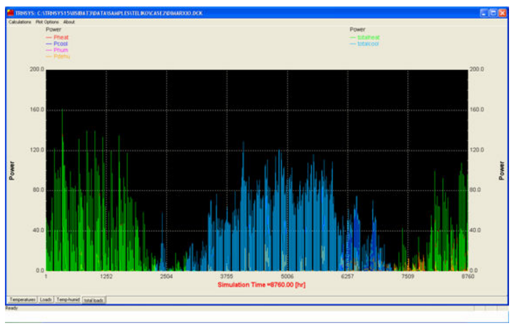
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

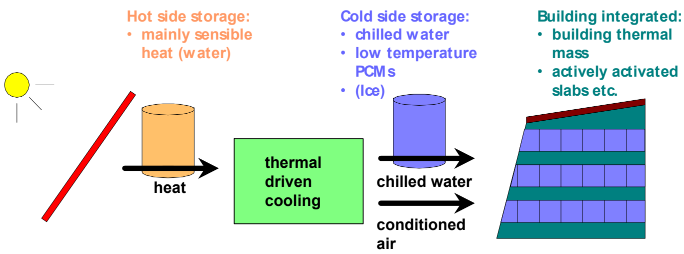
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Ανάπτυξη μεθοδολογίας για μελέτη συστημάτων ηλιακού κλιματισμού. Εφαρμογή στο υπό κατασκευή δημαρχείο του δήμου "Ν. Καζαντζάκης" στο Ν. Ηρακλείου»

Ζηδιανάκης Γεώργιος







ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Τσούτσος Θ. (Επιβλέπων Καθηγητής)

Γκέκας Β.

Σταυρακάκης Γ.

Χανιά, Δεκέμβριος 2007

Στη μητέρα μου
και στη μνήμη του πατέρα μου

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού προγράμματος σπουδών «Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή, Επίκ. Καθηγητή Τσούτσο Θεοχάρη, αρχικά για την ανάθεση της εργασίας, αλλά και για τη στήριξη σε επιστημονικό και φιλικό επίπεδο, σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης την μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Ευχαριστώ τον κ. Ζωγραφάκη Νικόλαο από το ενεργειακό κέντρο της Περιφέρειας Κρήτης για την οικονομική και επιστημονική στήριξη σε αυτή την προσπάθεια. Ευχαριστώ επίσης την κ. Παρασκάκη Ιωάννα και τον κ. Καράμπελα Εμμανουήλ για την άψογη συνεργασία τους.

Ευχαριστώ τη διεύθυνση της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για την παραχώρηση των δεδομένων τα οποία ενσωματώθηκαν στην παρούσα εργασία και τους κ. Παπαδάκη Αντώνιο και Πολιτάκη Μάνθο από το Δήμο «Ν. Καζαντζάκης» για τις πληροφορίες σχετικά με το κτήριο, καθώς επίσης τον κ. Κυπριωτάκη Ρούσο για το ενδιαφέρον του.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω την υποψήφια Διδάκτορα Νικολάου Τριανταφυλλιά για την πολύτιμη βοήθειά της στην εκμάθηση των λογισμικών.

Ευχαριστώ τους καθηγητές της τριμελής επιτροπής, τους καθηγητές Γκέκα Βασίλειο και Σταυρακάκη Γεώργιο.

Ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Μαρία Ανδριανάκη κ Άννα Δοξαστάκη για την πολύτιμη βοήθεια τους, καθώς επίσης τη Μάρθα Γαζουλέα για τη προσεκτική διόρθωση του κειμένου και όλους τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξη.

Κυρίως όμως ευχαριστώ τη μητέρα μου και την αδερφή μου, για την αγάπη, την κατανόηση και την υλική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ιδιαίτερη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα αυξάνεται διαρκώς, μέρος της οποίας καταναλώνεται για τον κλιματισμό κτηρίων. Η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα σε νησιά με αυτόνομο δίκτυο, αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, ειδικότερα κατά την τουριστική περίοδο, όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι υψηλές

Στην παρούσα εργασία, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία για την μελέτη συστημάτων ηλιακού κλιματισμού με ψύκτη απορρόφησης. Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόστηκε για την εκτίμηση της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας, την διαχείρισή της και την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης του υπό κατασκευή δημαρχείου, που βρίσκεται στο Δήμο Ν. Καζαντζάκη στο νομό Ηρακλείου.

Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η οικονομική εκτίμηση της μελέτης θέρμανσης και ψύξης με ηλιακή ενέργεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα προσομοίωσης ωριαίας βάσης TRNSYS και SACE. Το αρχείο μετεωρολογικών παραμέτρων (Typical Meteorological Year) προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία μετεωρολογικών παραμέτρων διάρκειας τουλάχιστον 30 ετών και το πρόγραμμα METEONORM για την εξαγωγή των ωριαίων τιμών.

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται ο σκοπός αυτής της εργασίας και γίνεται εισαγωγή στο προαναφερόμενο θέμα, αναδεικνύοντας το πρόβλημα που υπάρχει και προτείνοντας μία λύση.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύεται η υπάρχουσα κατάσταση, όσον αφορά τον συμβατικό κλιματισμό, και περιγράφονται τα προβλήματα που έχουν ανακύψει λόγω αυτού. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η ανάπτυξη του ηλιακού κλιματισμού στην Ελλάδα, καθώς επίσης κάποια παραδείγματα εγκατεστημένων συστημάτων ηλιακού κλιματισμού.

Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στην θεωρητική και τεχνική επισκόπηση του ηλιακού κλιματισμού. Περαιτέρω, περιγράφεται αναλυτικά ο θερμοδυναμικός κύκλος απορρόφησης και παρουσιάζονται τα βασικά μέρη ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού. Τέλος γίνεται λόγος για το οικονομικό μέρος του θέματος και μια εισαγωγή στους βασικούς κανόνες διαστασιολόγησης.

Στο $4^{ο}$ κεφάλαιο πραγματοποιείται η περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία.

Στο $5^{ο}$ κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την μελέτη του συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται η επεξεργασία και παρουσίαση των μετεωρολογικών παραμέτρων της περιοχής του Ηρακλείου Κρήτης και κατασκευάζεται το αρχείο που περιέχει το τυπικό μετεωρολογικό έτος (TMY).

Στο κεφάλαιο 7 περιγράφεται το κτήριο που θα μελετηθεί ως προς τη δυνατότητα εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι παράμετροι προσομοίωσης και εφαρμόζεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε. Ποιο αναλυτικά, κατασκευάζεται το προφίλ του κτηρίου όσον αφορά τη θερμική του συμπεριφορά με το πρόγραμμα SimCad, εισάγονται οι παράμετροι προσομοίωσης με το Prebid, και υπολογίζονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία ψύξης και θέρμανσης μέσω του λογισμικού TRNSYS. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του προγράμματος SACE γίνεται η μελέτη σκοπιμότητας, δηλαδή εξετάζουμε την δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

Τέλος στο $8^{ο}$ κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα, τόσο για το συγκεκριμένο κτήριο στη συγκεκριμένη περιοχή, όσο και για τη δυνατότητα εγκατάστασης συστημάτων ηλιακού κλιματισμού στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια ιδιαίτερη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα αυξάνεται διαρκώς, το φαινόμενο του θερμοκηπίου επιδεινώνεται και η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει φτάσει σε ανησυχητικά επίπεδα. Ένα μέρος της ευθύνης για αυτή την κατάσταση αποδίδεται στην ενέργεια που καταναλώνεται για τον κλιματισμό κτηρίων, και κατά συνέπεια στα βλαβερά για το περιβάλλον ψυκτικά αέρια που χρησιμοποιούν τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα (φρέον).

Ο κλιματισμός χώρων αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Η αυξανόμενη απαίτηση θερμικής άνεσης, σε συνδυασμό με τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες των τελευταίων χρόνων, έχουν οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της εγκατάστασης μονάδων κλιματισμού σε κτίρια του τριτογενή τομέα. Η εκτεταμένη χρήση αυτών των μονάδων κλιματισμού, ιδιαίτερα το καλοκαίρι και κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες, οδηγεί σε μια ζήτηση αιχμής της ηλεκτρικής ενέργειας, που δημιουργεί προβλήματα στην παραγωγή και την τροφοδοσία της. Η απειλή ενός μπλακ-άουτ σε μεγάλα τμήματα της χώρας είναι υπαρκτή κάθε καλοκαίρι. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο σε νησιά με αυτόνομο δίκτυο, ειδικά κατά την τουριστική περίοδο, όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι αυξημένες. Παράλληλα, καθώς ένα συντριπτικό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, η αύξηση της κατανάλωσης συνεπάγεται αύξηση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και σειράς άλλων ρύπων. Σε συνδυασμό μάλιστα με την πιθανή διαρροή των ψυκτικών ρευστών, ενισχύεται ο φαύλος κύκλος της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα συντελούν στο πρόβλημα της θερμικής μόλυνσης. Θερμική μόλυνση με απλά λόγια, είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος, λόγω της λειτουργίας ενός συμβατού μέσου κλιματισμού σε κλειστό χώρο (όλοι έχουμε νιώσει δυσφορία από την υψηλότερη θερμοκρασία έξω από έναν καλά κλιματιζόμενο χώρο). Σύμφωνα με τον 2^o θερμοδυναμικό νόμο, η θερμότητα που απορρίπτεται στο περιβάλλον είναι πάντα περισσότερη από αυτήν που απάγεται από τον κλειστό κλιματιζόμενο χώρο (Tsoutsos, 2001).

Μια πολύ ενδιαφέρουσα πρόταση για τη λύση των προβλημάτων που οφείλονται στον κλιματισμό χώρων από τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα συμπίεσης αποτελεί ο ηλιακός κλιματισμός. Είναι μια σχετικά παλιά τεχνολογία, η πρώτη ψυκτική μηχανή αμμωνίας – νερού αποτέλεσε ευρεσιτεχνία του Γάλλου Ferdinand Carre, στα 1859, η οποία άρχισε να εφαρμόζεται από το 1970 και μετά. Ο ηλιακός κλιματισμός είναι η διαδικασία παραγωγής ψύξης χρησιμοποιώντας ως πρωτογενή πηγή ενέργειας την θερμότητα που συλλέγεται από την ηλιακή ακτινοβολία (Balaras et al, 2007).

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος η εγκατάσταση τέτοιων κλιματιστικών συστημάτων. Οι τεχνολογίες αυτές στοχεύουν στη μείωση των ψυκτικών φορτίων και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό. Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ότι η ανάγκη κλιματισμού των εσωτερικών χώρων εμφανίζεται το καλοκαίρι, τη συγκεκριμένη δηλαδή χρονική περίοδο που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε στο έπακρο την ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης, η λειτουργία τους βασίζεται σε αβλαβή ρευστά όπως το νερό και τα διαλύματα αλάτων (Tsoutsos et al, 2003).

Η Κρήτη είναι ένα νησί με υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου, με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Λόγω της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος κατά την τουριστική περίοδο, των προβλημάτων που παρουσιάζει το αυτόνομο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και των υψηλών ποσοστών ηλιοφάνειας, η Κρήτη, συνιστά ένα πολλά υποσχόμενα μέρος για τεχνολογίες όπως ο ηλιακός κλιματισμός. Η τεχνογνωσία που έχει αρχίσει να αποκτάται κατά τα τελευταία χρόνια και η επιμόρφωση νέων επιστημόνων αναμένεται να παίξει καθοριστικό ρόλο στην ευρεία εφαρμογή νέων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η οικονομική εκτίμηση της μελέτης θέρμανσης και ψύξης με ηλιακή ενέργεια που έγινε στο υπό κατασκευή δημαρχείο του δήμου Ν. Καζαντζάκης που βρίσκεται στο νομό Ηρακλείου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα τόσο για την ψηφιοποίηση του κτηρίου και την εισαγωγή των παραμέτρων (SimCad, Prebid), όσο και για την προσομοίωση ωριαίας βάσης για έναν χρόνο (TRNSYS, SACE). Το αρχείο μετεωρολογικών παραμέτρων (Typical Meteorological Year) προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία μετεωρολογικών παραμέτρων διάρκειας τουλάχιστον 30 ετών με τη βοήθεια του λογισμικού meteonorm.

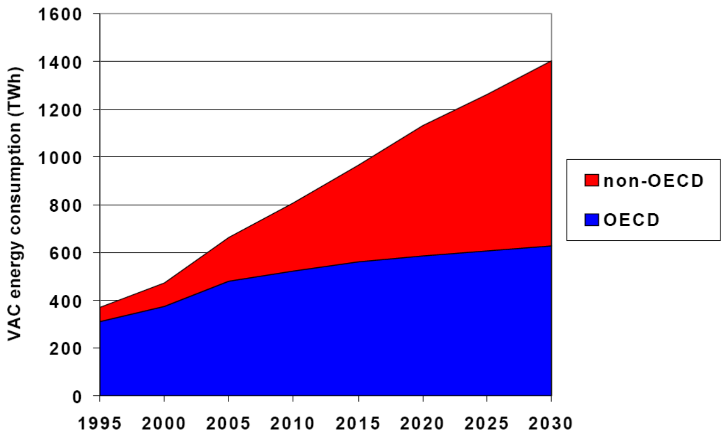
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Συμβατικός & ηλιακός κλιματισμός

Ηλιακός κλιματισμός είναι η τεχνολογία κλιματισμού ενός κτηρίου χρησιμοποιώντας την θερμική ενέργεια που συλλέγουμε από την ηλιακή ακτινοβολία, σε αντιδιαστολή με τον συμβατικό κλιματισμό που χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια κ παράγει ψύξη μέσω συμπίεσης. Στο θεωρητικό και τεχνικό υπόβαθρο του ηλιακού κλιματισμού θα αναφερθούμε αναλυτικά στο $3^{ο}$ κεφάλαιο.

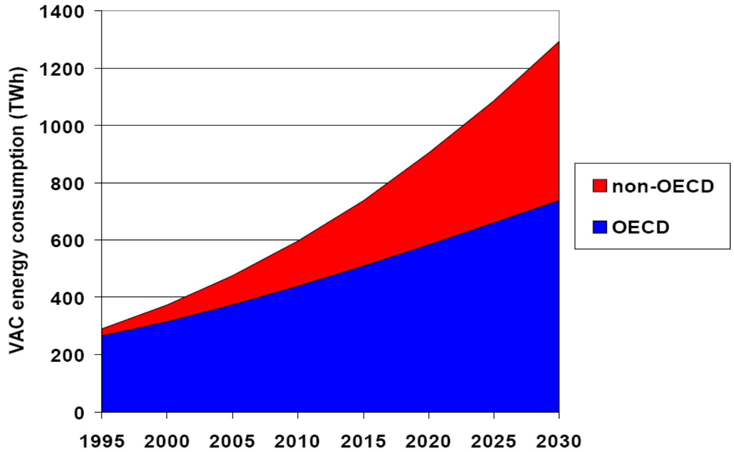
2.1 Η σημερινή κατάσταση όσον αφορά τον κλιματισμό

Σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρείται συνεχόμενη αύξηση των συστημάτων κλιματισμού με συμπίεση. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για κλιματισμό υπολογίστηκαν στο 6.4% της συνολικής παραγωγής ενέργειας το 2000 στις χώρες του οργανισμού οικονομικής συνεργασίας και ανάπτυξης (Organization for Economic Co-oporation and Development,). Από το 1990 έως το 2000 η αύξηση ήταν της τάξης του 13% (cool appliances, IEA 2003).

Στο διάγραμμα 2.1 παρατηρούμε ότι η ενέργεια που καταναλώνεται για κλιματισμό χώρων στον οικιστικό τομέα, αναμένεται να αυξηθεί με ραγδαίους ρυθμούς, ειδικά στις χώρες που δε ανήκουν στον OECD. Αντίθετα, στις χώρες που ανήκουν στον OECD ο ρυθμός αύξησης είναι μικρότερος. Ανάλογη αύξηση παρατηρείται και στην ενέργεια που καταναλώνεται από κλιματιστικές μονάδες στον βιομηχανικό τομέα (διάγραμμα 2.2).

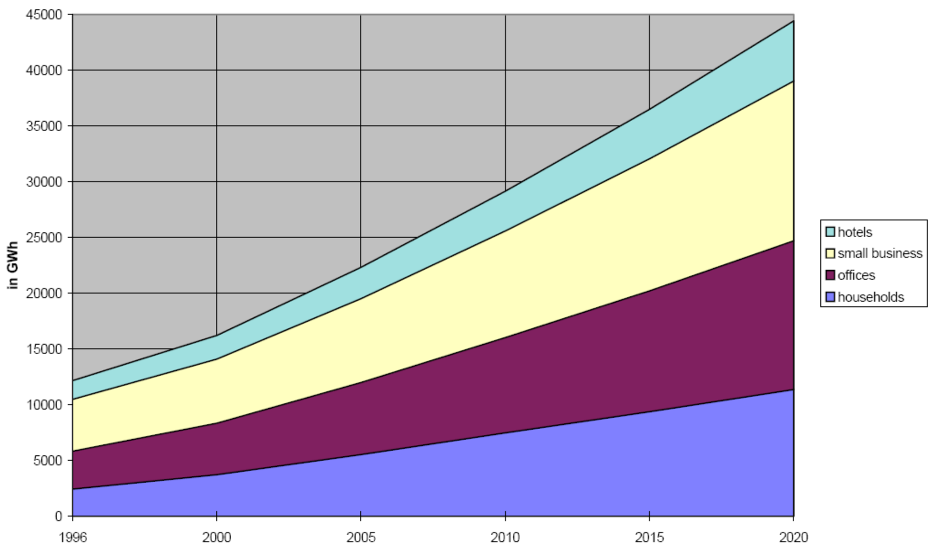


Διάγραμμα 2.1: Ρυθμός αύξησης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα από κλιματιστικές μονάδες στον οικιστικό τομέα (IEA, 2003)



Διάγραμμα 2.2: Ρυθμός αύξησης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα από κλιματιστικές μονάδες στον βιομηχανικό τομέα (IEA 2003)

Όσον αφορά στην Ευρώπη, η αναμενόμενη κατανάλωση ενέργειας από συστήματα κλιματισμού φαίνεται στο διάγραμμα 2.3. Πιο συγκεκριμένα, την περισσότερη ενέργεια καταναλώνουν τα ξενοδοχεία, ακολουθούν οι μικρές επιχειρήσεις, τα γραφεία και τέλος ο οικιστικός τομέας. Από το 2005 έως το 2020 η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό αναμένεται να υπερδιπλασιαστεί.



Διάγραμμα 2.3: Ρυθμός αύξησης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη από κλιματιστικές μονάδες (IEA,2003)

Η ευρεία εξάπλωση του κλιματισμού στην Ελλάδα άρχισε μετά το καλοκαίρι του 1988. Ακόμα και σήμερα, η παρούσα κατάσταση είναι μεταβατική και οδηγεί προς τον πλήρη κλιματισμό των κτιρίων.

Πολλά κτίρια δεν έχουν συνολική αντιμετώπιση του θέματος της ψύξης (αντίθετα με την θέρμανση η οποία είναι πια κεντρική). Οι αυξανόμενες ανάγκες για ψύξη σε υπάρχοντα κτίρια, αντιμετωπίζονται με την άναρχη τοποθέτηση μικρών διαιρούμενων μονάδων (split). Οι μονάδες αυτές αν και προτιμούνται από τους χρήστες για διάφορους λόγους, δεν προσφέρουν υψηλό βαθμό άνεσης συγκρινόμενες με τα κεντρικά συστήματα, ενώ υπερκαταναλώνουν ενέργεια μέχρι και 35%. Το μειωμένο αρχικό κόστος εγκατάστασης τους, σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα, χάνεται σε λίγα χρόνια λειτουργίας. Η αύξηση πωλήσεων των κεντρικών μηχανημάτων - κατά την πενταετία 1991-1996 για την οποία υπάρχουν επίσημα στατιστικά στοιχεία - είναι μόνο περίπου 20% από 950 σε 1,180 τεμάχια Αντίθετα, η αύξηση πωλήσεων των μικρών κλιματιστικών είναι της τάξεως του 100% - από 68,000 σε 138,000 τεμάχια ετησίως (Υπουργείο ανάπτυξης, 2005). Με βάση εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ, (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) η κατανομή της αύξησης εγκατεστημένης ισχύος για κλιματισμό το 1996 παρατίθεται στον πίνακα 2.1.

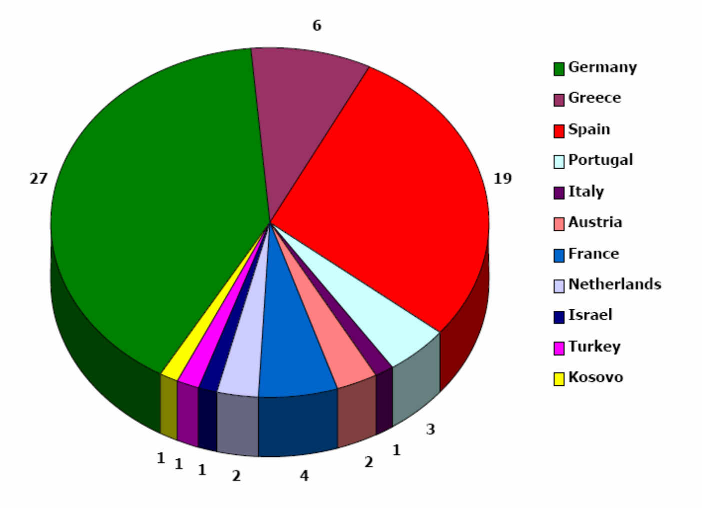
Πίνακας 2.1: Κατανομή της αύξησης εγκατεστημένης ισχύος για κλιματισμό το 1996 (ΚΑΠΕ, 1996)

Συστήματα (1996)	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Ποσοστό επί του συνόλου
Κεντρικά	46	15 %
Ημικεντρικά	70	22 %
Μικρά (Split)	196	63 %
Σύνολο	310	100 %

Επισημαίνεται ότι κατά την εκτίμηση του Συνδέσμου Βιομηχανιών και Επιχειρήσεων Ηλεκτρικών Συσκευών το 2005 διατέθηκαν στην ελληνική αγορά περίπου 300,000 κλιματιστικές συσκευές τύπου split.

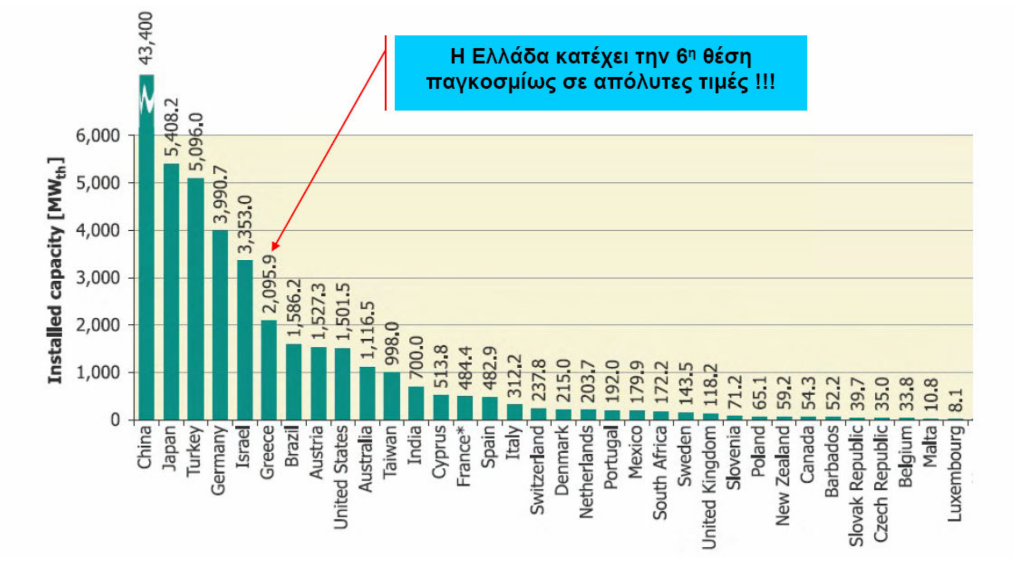
2.2 Ανάπτυξη ηλιακού κλιματισμού στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Στην Ευρώπη υπάρχουν συνολικά 67 εγκατεστημένες μονάδες ηλιακού κλιματισμού, ολικής ψυκτικής ισχύς 6 MW με 16,700 m² συλλεκτικής επιφάνειας. Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 2.4 η Γερμανία έρχεται πρώτη έχοντας 27 εγκατεστημένες μονάδες, ακολουθεί η Ισπανία με 19 μονάδες και η Ελλάδα κατέχει την τρίτη θέση με 6 εγκαταστάσεις ηλιακού κλιματισμού (Henning, 2006).



Διάγραμμα 2.4: Εγκατεστημένες μονάδες ηλιακού κλιματισμού (Henning, 2006)

Όσον αφορά στην Ελλάδα, κατέχει την 6η θέση παγκοσμίως, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.5 , στις εγκαταστάσεις Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων. Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η ανάπτυξη των ηλιακών θερμικών συστημάτων ψύξης στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 2.5: Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων ανά χώρα (IEA, 2004)

Πίνακας 2.2: Ανάπτυξη ηλιακών θερμικών συστημάτων ψύξης στην *Ελλάδα* (Tsoutsos, Karagiorgas, 2006)

Όνομα	Τόπος	Τυπολογία κτιρίου	Ισχύς (kWc)	Τεχνολογία	Τύπος συλλέκτη	Συλλεκτική επιφάνεια (m^2)	Έτος εκκίνησης	Ετήσια ηλιακή απόδοση	Ενεργειακό φορτίο	Μείωση kg CO_2/έτος
Σαράντης ΑΕ	Οινόφυτα, Βοιωτία	Αποθήκη ετοίμων βιομηχανίας καλλυντικών	700	Προσρόφηση	Επιλεκτικής βαφής επίπεδος	2 .700	1999	1.283 MWh 49% ηλιακή κάλυψη	2.614 MWh	5. 124. 596 *[1]
Αμερικάνικο Κολέγιο περίοδος αναφοράς: 1έτος	Αθήνα, Αττική	Εκπαιδευτικό κτίριο	168	Απορρόφηση	Σωλήνες κενού	(net) 615	1984	------	------	2,4 ΤΠΠ/περίοδο θέρμανσης 5.400 kWh καθαρή ηλεκτ. Ενέργεια ανά περίοδο θέρμανσης
			7	Θερμοσυμπίεση ατμών	Σωλήνες κενού	(net) 30	1988	------	-------	4.860 kWh_{el} and 1,2 toe (July 1988- July 1990)
Κέντρο Ερευνών Δημόκριτος	Αθήνα, Αττική	Εργαστήριο Ηλιακών	35,2	Απορρόφηση	Επιλεκτικής βαφής επίπεδος	160	2003	------	------	Στοιχεία μη διαθέσιμα
Λεντζάκης ΑΕ	Ρέθυμνο, Κρήτη	Ξενοδοχείο	105	Απορρόφηση	Επιλεκτικής βαφής επίπεδος	448	2002	576 MWh ηλιακή κάλυψη: 57.5%	1.1001 MWh	1.070.361*[2]
Αφοι Κουτρουλή (Rethymno Village)	Ρέθυμνο, Κρήτη	Ξενοδοχείο	105	Απορρόφηση	Επιλεκτικής βαφής επίπεδος	450	2000	651 MWh ηλιακή κάλυψη: 61%	1.067 MWh	1.094.972 *[3]

*

1		2		3	
CO_2	5.124.596 kg/year	CO_2	1.070.361 kg/έτος	CO_2	1.094.972 kg/ έτος
SO_2	89.268 kg/year	SO_2	17.872 kg/ έτος	SO_2	17.919 kg/ έτος
CO	1.076 kg/year	CO_2	183 kg/ έτος	CO_2	187 kg/ έτος
NO_X	201.216 kg/year	NO_X	1.444 kg/ έτος	NO_X	1.463 kg/ έτος
HC	302 kg/year	HC	52 kg/ έτος	HC	53 kg/ έτος
Σωματίδια	4.606 kg/year	Σωματίδια	920 kg/ έτος	Σωματίδια	923 kg/ έτος

Αν και η Ελλάδα αποτελεί ιδανικό μέρος για εγκαταστάσεις ηλιακού κλιματισμού λόγω των υψηλών ποσοστών ηλιοφάνειας και των υψηλών θερμοκρασιών κατά τους θερινούς μήνες, η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν έχει ευδοκιμήσει. Οι κύριοι λόγοι που εμποδίζουν την διείσδυσή της σε πολλούς τομείς είναι οι εξής (Tsoutsos et al, 2003):

- Υψηλό κεφάλαιο αρχικής επένδυσης και μη αποδεκτός χρόνος αποπληρωμής. Μια εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού έχει υπερδιπλάσιο κόστος από μια συμβατική και ο χρόνος αποπληρωμής είναι συνήθως άνω των 15 χρόνων. Άρα δεν αποτελεί ελκυστική επένδυση.
- Έλλειψη εμπιστοσύνης ή άγνοια όσον αφορά τη διάρκεια και την αξιοπιστία των ηλιακών συστημάτων, λόγω μη σωστής ενημέρωσης.
- Η φοροαπαλλαγή για τα ηλιακά θερμικά συστήματα είναι αμελητέα (εκπίπτει το 20% της τιμής από το φορολογητέο).
- Ο αναπτυξιακός νόμος δεν προσφέρεται στην πράξη για ηλιακά συστήματα.
- Δεν υπάρχει δυνατότητα επιδότησης ηλιακών ΕΠΕΥ (Εταιριών Παροχής Ενεργειακών Υπηρεσιών).
- Δεν υπάρχουν κρατικές εκστρατείες προώθησης.

2.3 Παραδείγματα - Pilots στην Ελλάδα και την Κρήτη

Στη συνέχεια, παρατίθενται δύο παραδείγματα εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού, ένα στα Οινόφυτα Βοιωτίας και ένα στο Ρέθυμνο Κρήτης, τα οποία βρίσκονται σε λειτουργία εδώ και μερικά χρόνια, επιβεβαιώνοντας την αξιοπιστία των συστημάτων ψύξης από ηλιακή ενέργεια (ΚΑΠΕ, 2004).

- Αποθήκη καλλυντικών Εταιρίας Γρ. Σαράντη Α.Ε. στα Οινόφυτα Βοιωτίας ψυκτικής ικανότητας 700 kWc τεχνολογίας προσρόφησης με 2700 m² εμβαδόν επίπεδων συλλεκτών επιλεκτικής βαφής.

Πληροφορίες

Γρ. Σαράντης Α.Ε. (Ιδιοκτήτης Κτιρίου) Αθήνα, Ελλάς e-mail: info@sarantis.gr Website: www.sarantis.gr

SOLE Α.Ε. (σχεδιασμός, προμήθεια, εγκατάσταση), Αχαρναί, Ελλάς e-mail: export@sole.gr Website: www.sole.gr Περισσότερες λεπτομέρειες: www.raee.org/climasol

- Ξενοδοχείο Rethimno Village Hotel στο Ρέθυμνο Κρήτης ψυκτικής ικανότητας 105 kWc τεχνολογίας απορρόφησης με 448 m² εμβαδόν επίπεδων συλλεκτών επιλεκτικής βαφής.

Πληροφορίες

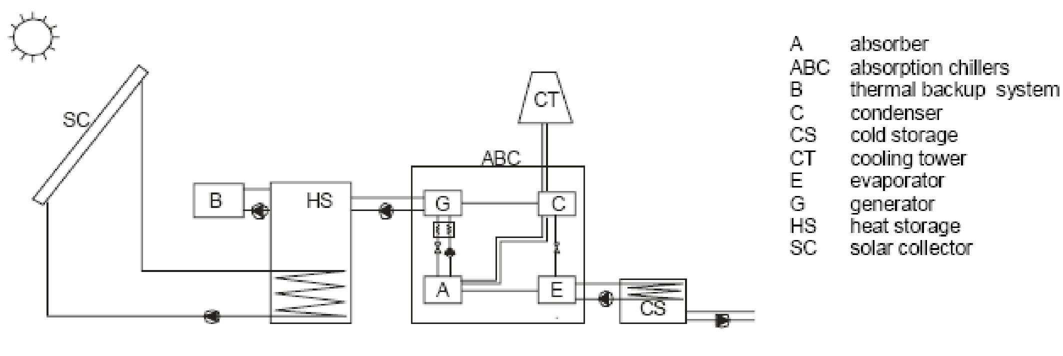
Αφοι Κουτρούλη Α.Ε. (Ιδιοκτήτης) Ρέθυμνο, Κρήτη – Ελλάς Τηλ: 28310 25523 / 22693 Περισσότερες λεπτομέρειες: www.raee.org/climasol SOLE A.E. (σχεδιασμός, προμήθεια, εγκατάσταση) Αχαρναί, Ελλάς e-mail: export@sole.gr / Website: www.sole.gr

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Θεωρητικό και τεχνικό υπόβαθρο ηλιακού κλιματισμού

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί το θεωρητικό και τεχνικό υπόβαθρο του ηλιακού κλιματισμού, καθώς επίσης, θα γίνει αναφορά στους βασικούς κανόνες διαστασιολόγησης και στο πάγιο και λειτουργικό κόστος μιας εγκατάστασης.

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού είναι ο ψύκτης απορρόφησης, οι ηλιακοί συλλέκτες, ο πύργος ψύξεως, οι δεξαμενές αποθήκευσης και η εφεδρική πηγή θερμότητας, τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια. Στο σχήμα 3.1 απεικονίζεται μία τυπική διάταξη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού. Το νερό θερμαίνεται από την ηλιακή ενέργεια στους συλλέκτες και στη συνέχεια αποθηκεύεται στην δεξαμενή αποθήκευσης. Στη συνέχεια οδηγείται στον ψύκτη, όπου παράγεται ψυχόμενο νερό το οποίο μέσω ενός δικτύου ενεργοποιεί τις αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις κλιματισμού των δωματίων (Henning, 2004).



Σχήμα 3.1: Σχηματική διάταξη εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού

3.2 Θερμοκίνητοι ψύκτες

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιούν για να παράγουν ψύξη, μπορούν να διακριθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Κλειστά συστήματα: θερμικά οδηγούμενοι ψύκτες, που παρέχουν το νερό ψύξης, που στη σειρά του είτε χρησιμοποιείται σε μονάδες διαχείρισης αέρα, είτε διανέμεται μέσω δικτύου νερού για να ενεργοποιήσει τις αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις κλιματισμού δωματίων. Οι τεχνικά ώριμες μηχανές είναι ψύκτες απορρόφησης (οι πιο συνήθεις) ή ψύκτες προσρόφησης (μερικές εκατοντάδες μηχανές παγκοσμίως, αλλά αυξανόμενου ενδιαφέροντος).
- Ανοικτά συστήματα, επιτρέποντας τον πλήρη κλιματισμό με την παροχή του δροσισμένου και αφυγρασμένου αέρα σε συνθήκες άνεσης. Το «ψυκτικό μέσο» είναι ψεκαζόμενο νερό, που έρχεται σε άμεση επαφή με τον αέρα του χώρου. Τα περισσότερα κοινά συστήματα είναι συστήματα ψύξης «desiccant» που χρησιμοποιούν έναν αφυγραντικό περιστρεφόμενο τροχό από ροφητή στερεής φάσης.

Ο πίνακας 3.1 περιέχει πληροφορίες για θερμοκίνητα ψυκτικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Οι ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν με ζεύγη νερού – βρομιούχου λιθίου, ή αμμωνίας – νερού. Η ψυκτική ικανότητά τους κυμαίνεται από 15 kW – 5 MW. Ο τυπικός συντελεστής απόδοσης, για τους ψύκτες μονής βαθμίδας είναι από 0,6 – 0,65 ενώ η θερμοκρασία αναγέννησης είναι μεταξύ 80 °C και 110 °C. Από την άλλη μεριά οι ψύκτες προσρόφησης λειτουργούν με ζεύγος νερού – silica gel, έχοντας τυπική ψυκτική ικανότητα 50 – 430 kW. Ο τυπικός βαθμός απόδοσής τους είναι μικρότερος από τους ψύκτες απορρόφησης και κυμαίνεται από 0,5 έως 0,7. Το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι η σαφώς χαμηλότερη θερμοκρασία αναγέννησης που ξεκινάει από τους 60°C και φτάνει μέχρι τους 90 °C.

Όσον αφορά τα συστήματα ανοικτού κύκλου λειτουργούν με ζεύγη νερού – silica gel ή νερού – χλωριούχου ασβεστίου έχοντας τυπική ψυκτική ικανότητα από 20 KW – 350 KW. Ο συντελεστής απόδοσης κυμαίνεται στα 0,5 – 1. Υπερέχουν αρκετά από τα συστήματα κλειστού κύκλου λόγω της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας από την οποία ξεκινάει η αναγέννηση. Συγκεκριμένα το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας είναι 45°C – 90°C. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί συστήματα ανοιχτού κύκλου με ζεύγη νερού – χλωριούχου ασβεστίου και νερού – χλωριούχου λιθίου, τα οποία όμως δεν είναι ακόμα διαθέσιμα στο εμπόριο.

Πίνακας 3.1: 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

3.2.1 Συστήματα κλειστού κύκλου

Η «καρδιά» των συστημάτων κλειστού κύκλου είναι ο θερμοκίνητος ψύκτης. Ονομάζεται έτσι επειδή για παράγει ψύξη, οδηγείται από θερμότητα, και όχι από ηλεκτρική ενέργεια όπως συμβαίνει στους ψύκτες συμπίεσης.

Η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται από τρία θερμοκρασιακά επίπεδα:

- επίπεδο υψηλής θερμοκρασίας στο οποίο παρέχεται η θερμοκρασία αναγέννησης της διεργασίας ρόφησης (sorption),
- επίπεδο χαμηλής θερμοκρασίας στο οποίο λειτουργεί η διαδικασία ψύξης,
- μέσο επίπεδο θερμοκρασίας στο οποίο και η θερμότητα που απορρίπτεται από τον κύκλο ψυχρού νερού και η θερμότητα αναγέννησης πρέπει να απομακρυνθούν.

Για την απομάκρυνση αυτής της θερμότητας, στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται πύργος ψύξης υγρού τύπου.

Μια βασική παράμετρος που περιγράφει την αποδοτικότητα ενός θερμοκίνητου ψύκτη είναι ο Θερμικός Συντελεστής Απόδοσης (Coefficient of

Performance, COP), που ορίζεται ως το κλάσμα της θερμότητας που απορρίπτεται από το κύκλωμα ψυχρού νερού και της απαραίτητης θερμότητας αναγέννησης:

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

Είναι δε διαφορετικός από το COP_{conv} ενός συμβατικού, ηλεκτροκίνητου ψύκτη συμπίεσης, που ορίζεται ως:

$$COP_{conv} = Q_{cold} / E_{electric},$$

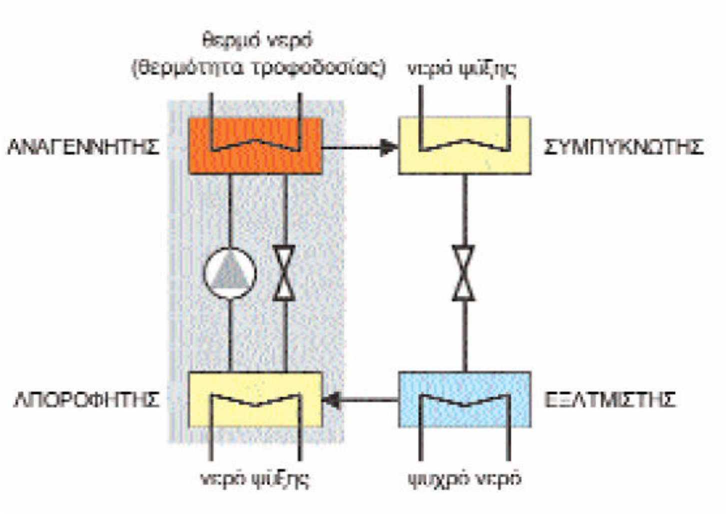
Με τον όρο $E_{electric}$ να αντιπροσωπεύει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ψύκτη.

Ο ορισμός του $COP_{thermal}$ δεν περιλαμβάνει οποιαδήποτε άλλη πρόσθετη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς, μια ρεαλιστική σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών απαιτεί την εκτίμηση της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για τροφοδοσία θερμότητας, για αντλίες, ανεμιστήρες, κλπ. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μικρότερος είναι ο COP, τόσο περισσότερη τροφοδοσία θερμότητας απαιτείται και περισσότερη θερμότητα πρέπει να απορριφθεί από τον ψυκτικό πύργο. Αντίστροφα, η υψηλή τιμή COP είναι πλεονεκτική στη μείωση και της τροφοδοσίας θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας για τις αντλίες στον κύκλο θέρμανσης και στον κύκλο επανάψυξης (re-cooling cycle). Η απαιτούμενη θερμοκρασία ψυχρού νερού εξαρτάται από το εγκατεστημένο σύστημα ψύξης στους επιμέρους χώρους. Σε περίπτωση που απαιτείται αφύγρανση του αέρα, π.χ. πτώση κάτω από το σημείο κορεσμού της θερμοκρασίας δωματίου με τη χρήση τοπικών κλιματιστικών μονάδων, απαιτούνται θερμοκρασίες ψυχρού νερού της τάξης 6°C – 9 °C. Για την απομάκρυνση μόνο των αισθητών ψυκτικών φορτίων, δεδομένου ότι επιτυγχάνεται με παροχή ψυχρού αέρα ή με ψυχρές οροφές κλπ., η θερμοκρασία ψυχρού νερού 12 °C – 15 °C είναι ικανοποιητική, επιτρέποντας έτσι να λειτουργήσει ο ψύκτης με υψηλότερη απόδοση.

3.2.1.1 Ψύκτης απορρόφησης (absorption chiller)

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 °C, όπως απαιτείται στον κλιματισμό, τυπικά χρησιμοποιείται ένα υγρό διάλυμα H_2O/LiBr, με το νερό ως ψυκτικό μέσο. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν εσωτερική αντλία για το διάλυμα, καταναλώνοντας όμως μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Στη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης H_2O/LiBr, η κρυστάλλωση του διαλύματος πρέπει να αποφευχθεί με εσωτερικό έλεγχο της θερμοκρασίας απόρριψης θερμότητας στη μηχανή. Τα κύρια σημεία ενός ψύκτη απορρόφησης παρουσιάζονται στο σχήμα 3.2. 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 H_2O/LiBr (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. 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 °C για τις μηχανές μονής βαθμίδας ενώ ο COP είναι της τάξης του 0,6 έως 0,8. Μηχανές διπλής βαθμίδας με δύο στάδια συμπίεσης, απαιτούν θερμοκρασία άνω των 140 °C, αλλά ο COP μπορεί να επιτύχει τιμές μέχρι και 1,2. 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°C και με

COP περίπου 0,7. Αυτό δείχνει πως υπάρχει περαιτέρω δυνατότητα για βελτίωση της απόδοσης των ψυκτών απορρόφησης (Li and Sumathy, 2001).

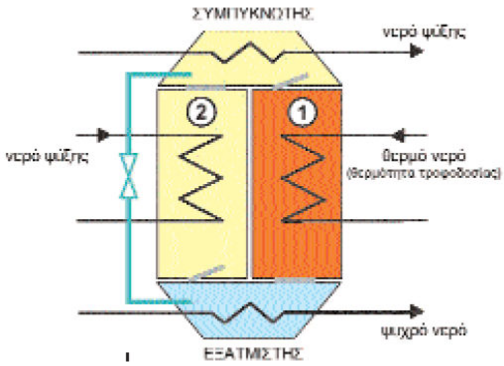


Σχήμα 3.2: Σχηματική απεικόνιση ψύκτη απορρόφησης

3.2.1.2 Ψύκτης προσρόφησης (adsorption chiller)

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 ροφητικό υλικό. Οι ψύκτες αποτελούνται από δύο χώρους ροφητικού υλικού (που αναφέρονται ως 1 και 2 στο σχήμα 3.3), έναν εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή. Ενώ το ροφητικό υλικό στο πρώτο διαμέρισμα αναγεννάται χρησιμοποιώντας ζεστό νερό από εξωτερική πηγή θερμότητας, π.χ. τον ηλιακό συλλέκτη, το ροφητικό υλικό στο διαμέρισμα 2 (προσροφητικό υλικό) 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. 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

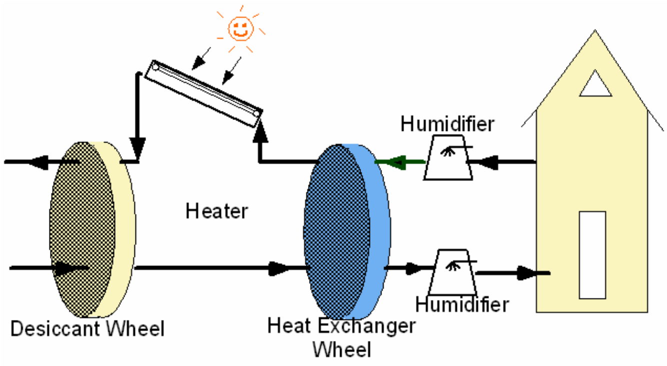
50-500 kW. Η απλότητα κατασκευής των ψυκτών προσρόφησης και η αναμενόμενη μηχανική αντοχή τους είναι σημαντικά πλεονεκτήματα. Δεν υπάρχει περιορισμός στη θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, καθώς δεν υφίσταται κανένας κίνδυνος κρυστάλλωσης. Δεν υπάρχει εσωτερική αντλία διαλύματος και ως εκ τούτου η ηλεκτρική 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.



Σχήμα 3.3: Σχηματική απεικόνιση ψύκτη προσρόφησης

3.2.2 Συστήματα ανοικτού κύκλου (desiccant)

Τα συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου (desiccant) χρησιμοποιούν νερό ως ψυκτικό μέσο, σε άμεση επαφή με τον αέρα. Ο θερμοκίνητος ψυκτικός κύκλος είναι συνδυασμός εξατμιστικής ψύξης με αφύγρανση αέρα μέσω ξηραντικού/ αφυγραντικού υλικού, δηλαδή υγροσκοπικού υλικού. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά ή στερεά υλικά. Ο όρος "ανοικτός" χρησιμοποιείται για να δείξει ότι το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα αφού παράσχει την ψύξη και νέα ποσότητα ψυκτικού μέσου εισάγεται, μέσω ενός ανοιχτού βρόγχου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4. Επομένως, μόνο το νερό είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο, δεδομένου ότι υπάρχει άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα. Η διαδεδομένη τεχνολογία που εφαρμόζεται σήμερα χρησιμοποιεί περιστρεφόμενους τροχούς αφυγραντικού υλικού, εφοδιασμένους είτε με silica gel, είτε με χλωριούχο λίθιο ως ροφητικό υλικό.

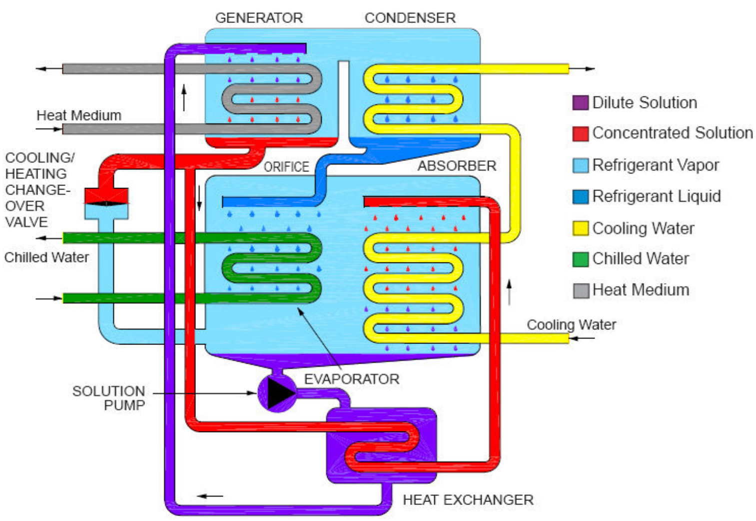


Σχήμα 3.4: Σχηματική απεικόνιση συστήματως ανοικτού εξατμιστικού κύκλου (desiccant)

3.3 Αναλυτική περιγραφή και θερμοδυναμική προσέγγιση της λειτουργίας του ψύκτη απορρόφησης

Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι η ψύκτες απορρόφησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι ψύκτες προσρόφησης έχουν ακόμα πολύ υψηλό κόστος και τα συστήματα ανοικτού εξατμιστικού κύκλου απαιτούν σύστημα διανομής και επιστροφής του αέρα, που δεν είναι διαθέσιμο σε πολλά κτήρια.

Στο σχήμα 3.5 βλέπουμε τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένας ψύκτης απορρόφησης.

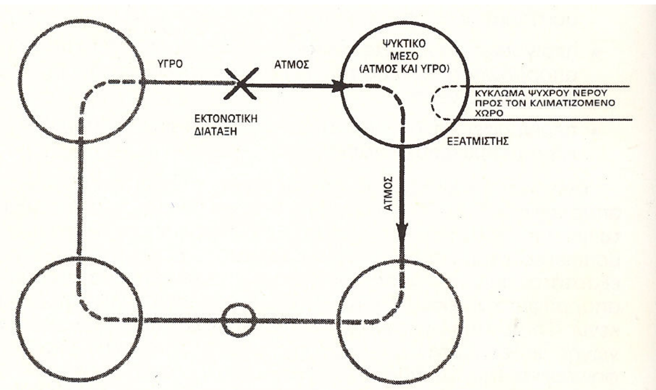


Σχήμα 3.5: Βασικά μέρη ενός ψύκτη απορρόφησης

Ένα σύστημα με απορρόφηση χρησιμοποιεί ένα ψυκτικό μέσο, ένα απορροφητικό και θερμότητα για να επιτύχει ψύξη. Αντίθετα με το ψυκτικό σύστημα με συμπιεστή, ο βασικός απορροφητικός κύκλος χρησιμοποιεί εξαρτήματα χωρίς κινούμενα μέρη. Ο κύκλος ψύξεως με απορρόφηση εξαρτάται από τη δράση και αντίδραση ανάμεσα στο ψυκτικό και στο απορροφητικό μέσο σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης εν κενώ. Το σύστημα με απορρόφηση εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της παραγωγής ψύξεως όταν ένα υγρό εξατμίζεται μετατρεπόμενο σε αέριο και το φαινόμενο της συμπύκνωσης, της μετατροπής τω ατμών σε υγρό, που συμβαίνει όταν απ' αυτούς αφαιρείται η θερμότητα. Η λειτουργία του απορροφητικού ψυκτικού κύκλου βασίζεται στη θερμότητα που προστίθεται σ' ένα κύριο τμήμα του κύκλου και από την ισχυρή απορρόφηση των ψυκτικών ατμών από ένα απορροφητικό μέσο.

- ***Τμήμα εξατμιστή***

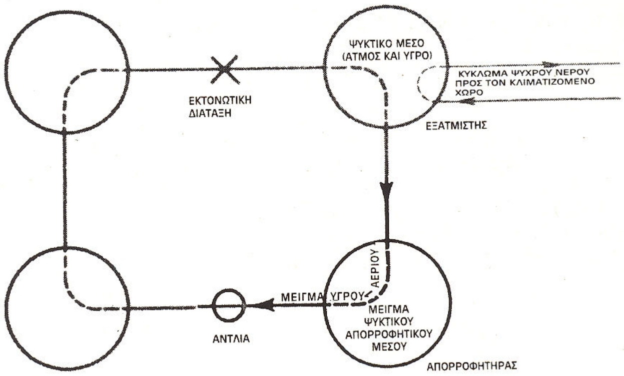
Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.6 όταν το ψυκτικό υγρό ρέει μέσω ενός εξατμιστή χαμηλής πίεσης ψύξης νερού (chiller) ένα μέρος του εξατμίζεται και μετατρέπεται σε ατμό. Το υπόλοιπο ψυκτικό που παραμένει σε υγρή μορφή ψύχεται και έτσι ευκολότερα παραλαμβάνει θερμότητα από το νερό που περιβάλλει τον εξατμιστή. Η απαγωγή της θερμότητας επιφέρει περισσότερη εξάτμιση ψυκτικού, προκαλώντας τελικά περισσότερη ψύξη στο νερό.



Σχήμα 3.6: Κύκλος απορρόφησης - τμήμα εξατμιστή

- ***Τμήμα απορροφητήρα***

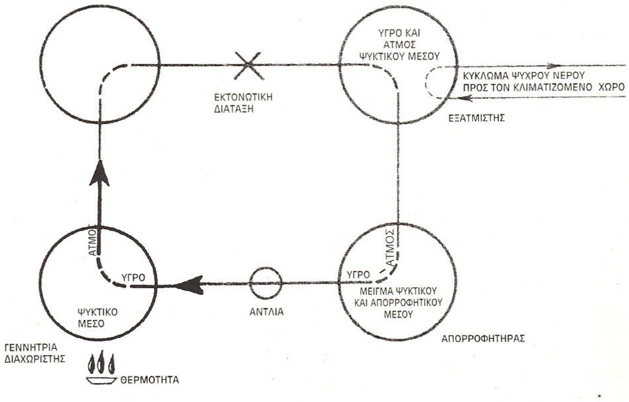
Αφού το ψυκτικό υγρό ατμοποιηθεί στον εξατμιστή, έχοντας πάρει θερμότητα από το νερό που τον περιβάλλει, ρέει προς τον απορροφητήρα (σχήμα 3.7) λόγω της συντελούμενης σ' αυτόν απορρόφησής του. Στον απορροφητήρα ο ατμός αναμειγνύεται ή διαλύεται στο απορροφητικό υγρό. Η πράξη της απορρόφησης προκαλεί διαφορά πίεσης μεταξύ του απορροφητήρα και του εξατμιστή. Η πίεση του απορροφητήρα είναι λίγο χαμηλότερη από αυτή του εξατμιστή.



Σχήμα 3.7: Κύκλος απορρόφησης - τμήμα απορροφητήρα

- ***Τμήμα γεννήτριας***

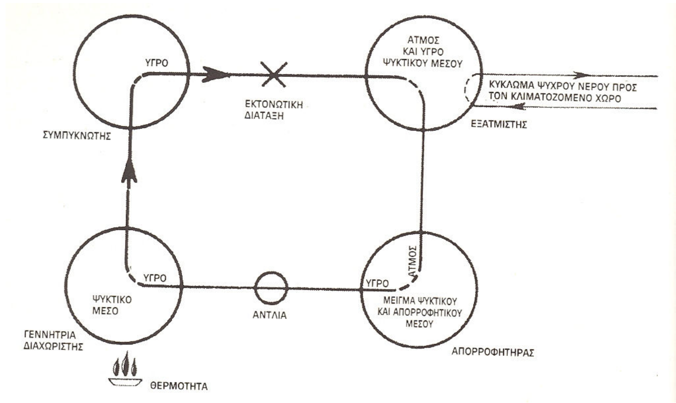
Το μείγμα απορροφητικού υγρού και ψυκτικού ατμού ρέουν από τον απορροφητήρα προς τη γεννήτρια – διαχωριστήρα (σχήμα 3.8) όπου θερμαίνονται ώσπου το απορροφητικό και ψυκτικό υγρό διαχωρίζονται ή βράζουν. Έτσι ο ψυκτικός ατμός διαχωρίζεται από το απορροφητικό υγρό. Η θερμότητα που προσδίδεται στη γεννήτρια – διαχωριστήρα αυξάνει την πίεση του ψυκτικού ατμού.



Σχήμα 3.8: Κύκλος απορρόφησης - τμήμα γεννήτριας

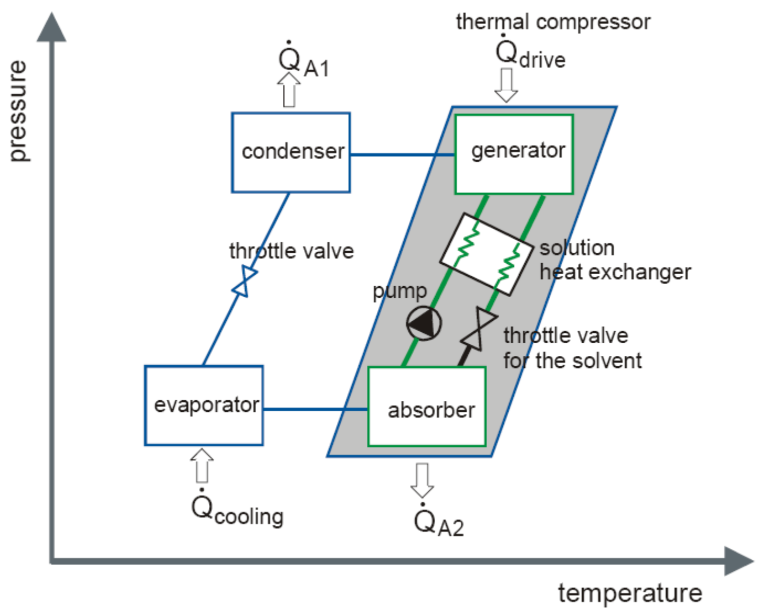
- ***Τμήμα συμπυκνωτή***

Το ψυκτικό τώρα βρίσκεται σε αέρια κατάσταση και είναι θερμό. Σ' αυτή την κατάσταση πηγαίνει προς το συμπυκνωτή όπου ψύχεται (σχήμα 3.9). Στο συμπυκνωτή η θερμότητα μεταφέρεται από τον ψυκτικό ατμό προς το νερό ή τον αέρα που περιβάλλει τον συμπυκνωτή. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι οι λειτουργίες του συμπυκνωτή είναι παρόμοιες για το σύστημα με απορρόφηση αλλά και για το σύστημα με συμπίεση.



Σχήμα 3.9: Κύκλος απορρόφησης - τμήμα συμπυκνωτή

Το ψυκτικό υγρό κατόπιν ρέει μέσω ενός ρυθμιστικού μηχανισμού στον εξατμιστή χαμηλής πιέσεως ψύξης νερού, όπου μετατρέπεται σε χαμηλής πίεσης αέριο και ο κύκλος ξαναρχίζει πάλι. Στο διάγραμμα 3.1 απεικονίζεται θερμοδυναμικά ο κύκλος απορρόφησης σε P – T διάγραμμα (θερμοκρασίας – πίεσης), ο οποίος περιγράφηκε παραπάνω (Paul Lang,1997).



Διάγραμμα 3.1: Θερμοδυναμική απεικόνιση του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης σε P –T διάγραμμα

3.3.1 Σύστημα νερού – αμμωνίας

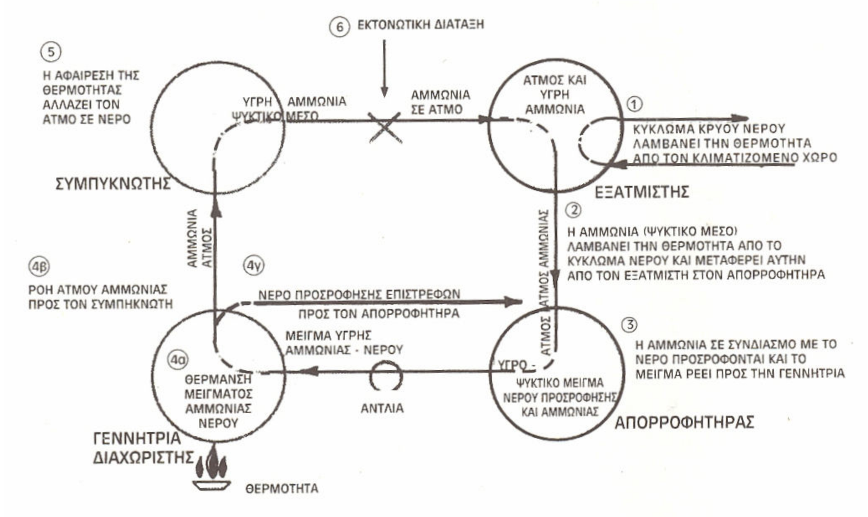
Σ’ ένα απορροφητικό σύστημα αμμωνίας – νερού, το οποίο παρουσιάζεται στο σχήμα 3.10, το νερό είναι το απορροφητικό μέσο και η αμμωνία το ψυκτικό υγρό.

Καθώς η υγρή αμμωνία ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης, ένα μέρος της ατμοποιείται. Κατ’ αυτόν τον τρόπο όμως η παραμένουσα υγρή αμμωνία ψύχεται και αρχίζει να απάγει θερμότητα από το νερό που διέρχεται από τον εξατμιστή. Το παραγόμενο ψυχρό νερού χρησιμοποιείται για την ψύξη του κλιματιζόμενου χώρου. Η μεταφορά της θερμότητας από το νερό θερμαίνει την υγρή αμμωνία με αποτέλεσμα να ατμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητά της και έτσι να προκαλείται περισσότερη ψύξη.

Η αμμωνία στον εξατμιστή έχοντας παραλάβει θερμότητα από το νερό, μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός της αμμωνίας έλκεται προς τον απορροφητήρα. Ο ατμός της αμμωνίας ενώνεται με το απορροφητικό νερό για να παράγει ένα υγρό μείγμα. Αυτό το υγρό μείγμα αμμωνίας και νερού ρέει προς την γεννήτρια – διαχωριστή.

Στη γεννήτρια το μίγμα θερμαίνεται μέχρι να διαχωριστεί. Το ψυκτικό υγρό – αμμωνία θερμαινόμενο ατμοποιείται και έτσι διαχωρίζεται από το απορροφητικό νερό. Η αμμωνία δηλαδή διαχωρίζεται από το νερό με τη θερμότητα που προστίθεται στην γεννήτρια. Έτσι η αμμωνία είναι τώρα σε υψηλότερη πίεση απ’ ότι ήταν πριν θερμανθεί.

Το απορροφητικό νερό επιστρέφει στον απορροφητήρα. Ο αμμωνιακός ατμός έχοντας υψηλή πίεση ρέει προς τον συμπυκνωτή. Στον συμπυκνωτή η θερμότητα μεταδίδεται από τον αμμωνιακό ατμό μέσω των τοιχωμάτων του στο ρεύμα αέρα που περνά από το στοιχείο του συμπυκνωτή. Έτσι ο αμμωνιακός ατμός ψύχεται υγροποιείται και ρέει σε υγρή μορφή και με υψηλή πίεση προς τον εξατμιστή. Η υγρή αμμωνία πριν από εξατμιστεί περνά από ένα εκτονωτικό ρυθμιστικό μηχάνημα που ρυθμίζει την ποσότητα και την πίεσή της και οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Η αμμωνία ως ψυκτικό είναι πάλι ατμός και έτσι ο κύκλος επαναλαμβάνεται(Paul Lang,1997).



Σχήμα 3.10: Σύστημα αμμωνίας - νερού

3.3.2 Σύστημα βρωμιούχου λιθίου – νερού

Στο απορροφητικό σύστημα νερού – βρωμιούχου λιθίου χρησιμοποιείται το νερό σαν ψυκτικό υγρό και το βρωμιούχο λίθιο σαν απορροφητικό υγρό (σχήμα 3.11).

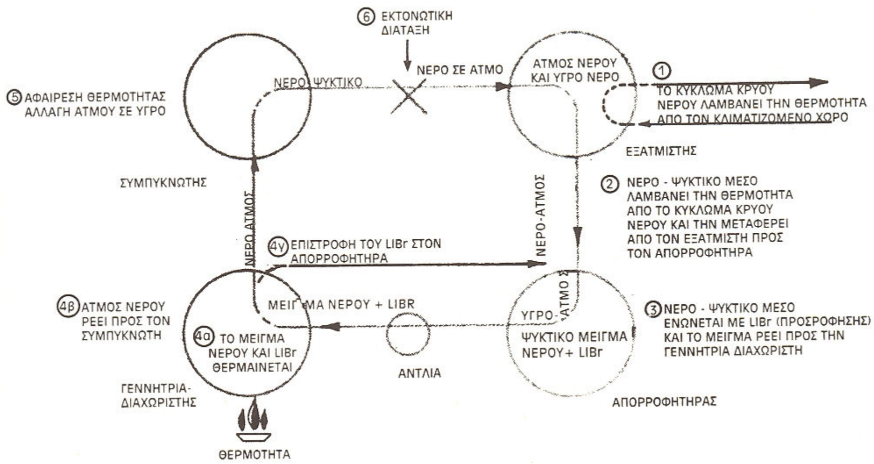
Καθώς το νερό, σαν ψυκτικό, ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύξης νερού ένα μέρος του γίνεται ατμός. Κατ’ αυτόν τον τρόπο όμως, το παραμένον νερό ψύχεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να ψύξει το χώρο που κλιματίζεται. Η θερμότητα που απορροφά το ψυκτικό νερό, με τον τρόπο αυτό, προκαλεί περισσότερο νερό να εξατμιστεί.

Όταν το ψυκτικό νερό, έχοντας πάρει θερμότητα στον εξατμιστή, ατμοποιείται ρέει προς τον απορροφητήρα ελκόμενο λόγω της απορρόφησής του από το βρωμιούχο λίθιο. Ως ψυκτικός ατμός συλλέγει τη θερμότητα στον εξατμιστή και την οδηγεί προς το απορροφητικό υγρό. Ο ατμός οδηγείται εκεί από το απορροφητικό βρωμιούχο λίθιο. Κατά την πρόοδο της διαδικασίας ο ατμός μετατρέπεται πάλι σε νερό. Το μείγμα νερού και υγρού λιθίου ρέει προς τη γεννήτρια – διαχωριστήρα.

Στη γεννήτρια το μείγμα θερμαίνεται μέχρις ότου αρχίσει ο βρασμός του νερού και η μετατροπή του σε ατμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο το ψυκτικό νερό διαχωρίζεται από το απορροφητικό βρωμιούχο λίθιο. Το απορροφητικό υγρό ρέει από πίεση στο συμπυκνωτή.

Στο συμπυκνωτή καθώς η θερμότητα μεταδίδεται από τον ατμό του νερού μέσω των τοιχωμάτων του συμπυκνωτή, το νερό ψύχεται και επιστρέφει στην υγρή του κατάσταση. Το ψυκτικό νερό είναι ακόμα υπό υψηλή πίεση.

Στη συνέχεια, ρέει και περνώντας μέσω ενός εκτονωτικού ρυθμιστικού, οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Εκεί, ένα μέρος του ψυκτικού νερού εξατμίζεται και ο ψυκτικός κύκλος επαναλαμβάνεται. (Paul Lang,1997)

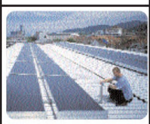
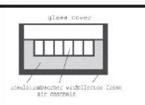
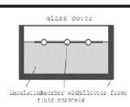
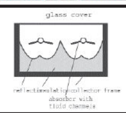
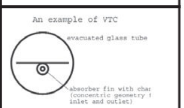


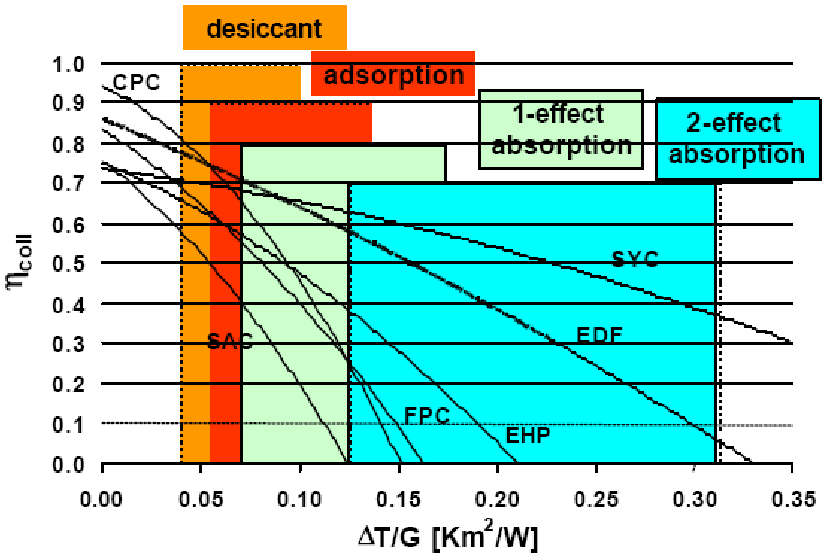
Σχήμα 3.11: Σύστημα βρωμιούχου λιθίου - νερού

3.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Οι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες που διατίθενται στην αγορά παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2. 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 DEC, η θερμοκρασία αναγέννησης είναι από 55°C ως και 90°C. Λόγω των υψηλών παροχών στο κύκλωμα θέρμανσης, η ιδανική στρωμάτωση στην αποθήκευση 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 DEC. 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). Στο διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η καμπύλη απόδοσης διαφόρων τύπων συλλεκτών, καθώς επίσης και το σύστημα εφαρμογής τους (ΚΑΠΕ, 2004).

Πίνακας 3.2: Τεχνικές πληροφορίες για ηλιακούς συλλέκτες (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)



Διάγραμμα 3.2: Καμπύλες απόδοσης διαφόρων τύπων ηλιακών συλλεκτών και απαιτήσεις θερμοκρασίας οδήγησης διαφόρων τεχνολογιών ψύξης (Altener,2002)

3.5 Επιπλέον εξοπλισμός σε συστήματα ηλιακού κλιματισμού

3.5.1 Δεξαμενή αποθήκευσης

Η δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία είναι ένα θερμομονωμένο δοχείο, αποτελεί βασικό στοιχείο μιας εγκατάστασης ηλιακού κλιματισμού και εξυπηρετεί αρκετούς σκοπούς. Καταρχήν, εξομαλύνει τη ροή νερού σταθερής θερμοκρασίας μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών και του συστήματος ψύξης. Αποθηκεύει θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες, όταν περισσεύει, και τροφοδοτεί με θερμότητα τον ψύκτη όταν η συλλεγόμενη ενέργεια δεν είναι αρκετή. Τέλος μειώνει την ισχύ της εφεδρικής πηγής θερμότητας και ομαλοποιεί την λειτουργία της (Florides, 2002).

3.5.2 Εφεδρική πηγή θερμότητας

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

3.5.3 Πύργος ψύξεως

Ο πύργος ψύξεως είναι ένας ειδικού τύπου εναλλάκτης θερμότητας, όπου το νερό έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον για να μεταφέρει σε αυτό την απορριπτόμενη θερμότητα. Ο πύργος ψύξεως χρησιμοποιείται για να μεταφέρει την απορριπτόμενη θερμότητα από τον θερμοκίνητο ψύκτη στο περιβάλλον.

3.5.4 Συστήματα διαχείρισης και αυτοματισμού

Μια εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού, για να επιτυγχάνει τη μέγιστη δυνατή απόδοση με ασφάλεια, πρέπει να είναι εξοπλισμένη με ένα σύστημα αυτοματισμών, όπως αισθητήρες, ηλεκτροβάνες, μικροεπεξεργαστές και πίνακες ελέγχου. Ο σωστός προγραμματισμός του συστήματος αυτοματισμού αποτελεί ζωτικής σημασίας συστατικό για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.

3.6 Βασικοί κανόνες σχεδιασμού και διαστασιολόγησης

Στη συνέχεια αναφέρονται εν συντομία οι βασικοί κανόνες για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού:

1. Ένα θερμοκίνητο σύστημα ψύξης με συγκριτικά χαμηλό θερμικό συντελεστή απόδοσης (COPthermal) και μια εφεδρική πηγή θερμότητας συμβατικού καυσίμου, απαιτεί υψηλό ποσοστό ηλιακής κάλυψης, προκειμένου να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό διασφαλίζεται από κατάλληλο σχεδιασμό του συστήματος, π.χ. ένα επαρκές εμβαδόν ηλιακών συλλεκτών, ικανοποιητικά μεγάλες δεξαμενές και άλλα μέτρα.

2. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συμβατικός ψύκτης ως εφεδρικό σύστημα. Σύμφωνα με αυτό το σχεδιασμό, κάθε μονάδα ψύξης που παρέχεται από τον ηλιακό ψύκτη μειώνει την ψύξη που απαιτείται από τη συμβατική μονάδα, επιτρέποντας έτσι μερική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ακόμη και όταν το ποσοστό ηλιακής κάλυψης είναι χαμηλό. Στην

περίπτωση αυτή, το ηλιακό σύστημα επιφέρει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

3. Όταν χρησιμοποιείται εφεδρικό σύστημα με χρήση συμβατικών καυσίμων, οποιαδήποτε δυνατή υποκατάσταση αυτών των καυσίμων από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές όπως η βιομάζα θα μειώσει την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του θερμοκίνητου συστήματος.

4. Τα αυτόνομα θερμικά ηλιακά συστήματα δεν χρησιμοποιούν οποιαδήποτε άλλη πηγή ψύξης και επομένως δουλεύουν πάντα με ποσοστό ηλιακής κάλυψης 100%.

5. Συστήματα με θερμοκίνητους ψύκτες με υψηλό θερμικό συντελεστή απόδοσης (COPthermal) μπορούν να σχεδιαστούν με μικρότερο ποσοστό ηλιακής κάλυψης ακόμα κι αν εφαρμόζεται εφεδρική πηγή θερμότητας συμβατικών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η θερμότητα από καυστήρα συμβατικών καυσίμων μετατρέπεται επίσης με υψηλό θερμικό συντελεστή απόδοσης (COPthermal), ανταγωνιστικό με ένα συμβατικό σύστημα από άποψη πρωτογενούς ενέργειας.

Σε κάθε περίπτωση, η χρήση του ηλιακού συλλέκτη πρέπει να μεγιστοποιηθεί ώστε να καλύπτει και άλλα φορτία όπως τα συστήματα θέρμανσης του κτιρίου ή/ και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

3.7 Πάγιο και λειτουργικό κόστος

Τα περισσότερα, από τα μέχρι σήμερα, υλοποιημένα προγράμματα είναι ερευνητικά και επιδεικτικά και απαιτήθηκαν επιπρόσθετες ενέργειες κατά τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό τους. Η εφαρμογή ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού απαιτεί καλύτερη τεχνική κατάρτιση σε σύγκριση με την εφαρμογή ενός συμβατικού κλιματιστικού. Αυτό προκύπτει αφ' ενός από την πρόσθετη θερμική ηλιακή εγκατάσταση, και αφετέρου από τις αυξημένες τεχνικές απαιτήσεις των διατάξεων επανάψυξης (re-cooling). Επίσης, το κόστος μέρους του εξοπλισμού είναι ακόμα υψηλό, αφού η παραγωγή των ειδικών εξαρτημάτων, όπως π.χ. οι ψύκτες προσρόφησης, απέχουν ακόμη πολύ από το επίπεδο της βιομηχανικής παραγωγής μεγάλης κλίμακας. Συνοψίζοντας, οι πάγιες δαπάνες των συστημάτων αυτών είναι αρκετά πιο υψηλές από τις αντίστοιχες των συμβατικών. Αυτό ισχύει σε μικρότερο βαθμό για τα συστήματα ψύξης DEC καθώς το κόστος για το σύστημα εξαερισμού υπολογίζεται στο ηλιακό αλλά και στο συμβατικό σύστημα. Το επιπλέον κόστος των συλλεκτών αντισταθμίζεται μερικά από την απουσία ψύκτη, στις συμβατικές διατάξεις (ΚΑΠΕ, 2004).

Από την άλλη πλευρά, το λειτουργικό κόστος ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού αναμένεται να είναι αρκετά πιο χαμηλό από το αντίστοιχο ενός συμβατικού. Αυτό ισχύει όταν σε συγκεκριμένο κτίριο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αιχμής προκαλείται από συμβατικό ψύκτη συμπίεσης και εφ΄ όσον υπάρχει ειδική χρέωση για τέτοιου είδους καταναλώσεις (Delft University of Technology, 2003).

Αν και μια οικονομική αξιολόγηση με πιο μεγάλη ακρίβεια ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού εξαρτάται κάθε φορά από τη συγκεκριμένη περίπτωση, γενικά το ετήσιο κόστος, (δηλαδή το πλήρες κόστος συμπεριλαμβανομένου του ανοιγμένου αρχικού κεφαλαίου, του λειτουργικού κόστους, του κόστους συντήρησης κλπ.) ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού παραμένει υψηλότερο από το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού. Για τα συστήματα ψύξης DEC, αναμένεται ότι με σχετικά χαμηλή μείωση στο κόστος των εξαρτημάτων (σχεδόν μέσα στα πλαίσια των διαπραγματεύσεων με τους διανομείς), αυτοί οι τύποι συστημάτων ηλιακού κλιματισμού μπορούν να είναι οικονομικά ανταγωνιστικοί με τα αντίστοιχα συστήματα σε ορισμένες εφαρμογές (π.χ. λήψη 100% νωπού αέρα).

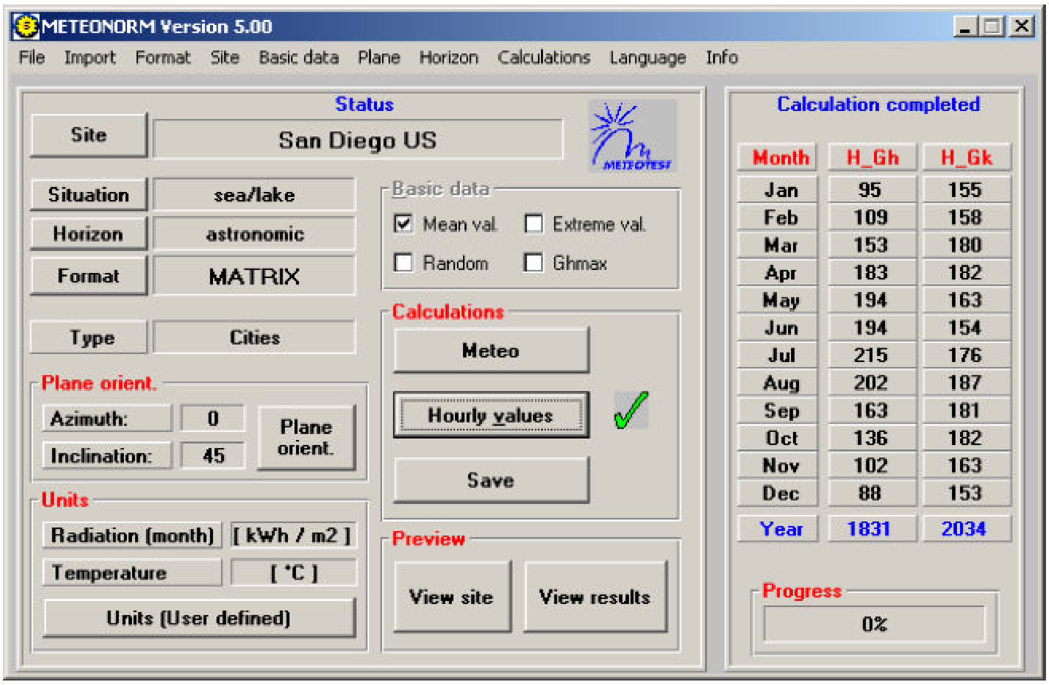
Τα συστήματα που χρησιμοποιούν θερμοκίνητους ψύκτες απαιτούν βελτίωση της οικονομικής απόδοσής τους. Αναμένονται αξιοσημείωτες μειώσεις του κόστους των ψυκτών προσρόφησης και των συλλεκτών κενού, παράλληλα όμως απαιτούνται ενέργειες για την αύξηση της απόδοσής (COP) τους. Η αυξανόμενη εμπειρία και κατάρτιση όλων των παραγόντων της αγοράς των θερμοκίνητων συστημάτων ψύξης (κατασκευαστές, σχεδιαστές, εγκαταστάτες κ.λπ.) ενδέχεται να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση του κόστους τους. Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν, τα παραπάνω, τα συστήματα μπορούν βαθμιαία να φτάσουν σε κόστη κοντά σε αυτά των συμβατικών. Πάντα όμως πλεονεκτούν στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων (Peters and Timmerhaus, 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Περιγραφή λογισμικού

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αναπτύχθηκε σε συνδυασμό με συγκεκριμένα λογισμικά πακέτα που θα περιγραφούν συνοπτικά στη συνέχεια.

4.1 Meteonorm

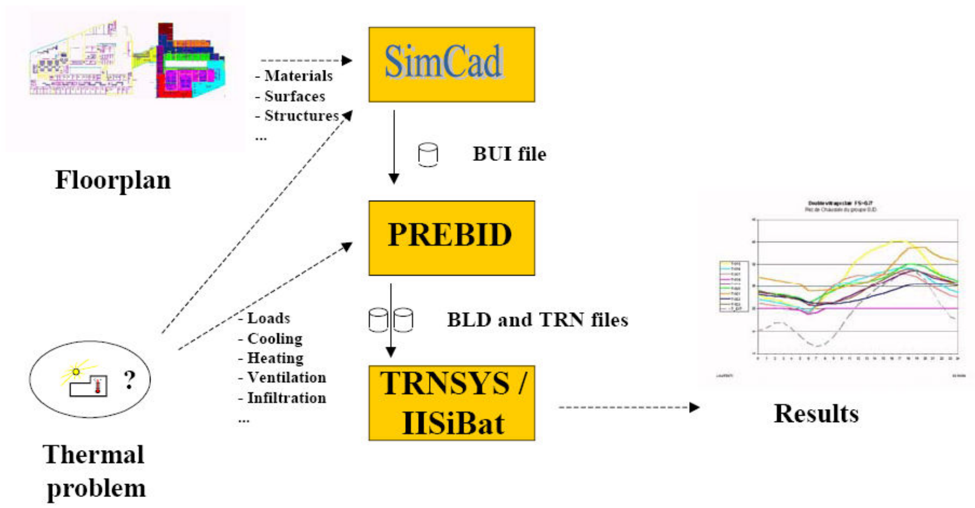
Το Meteonorm της εταιρίας Meteotest είναι μια κλιματολογική βάση δεδομένων που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα μετεωρολογικών σταθμών (εικόνα 4.1). Παράλληλα είναι ένα λογισμικό εξαγωγής ωριαίων και μηνιαίων τιμών μετεωρολογικών παραμέτρων, κατασκευάζοντας ένα τυπικό μετεωρολογικό έτος, το οποίο είναι απαραίτητο για εφαρμογές ηλιακής ενέργειας. Στηρίζεται σε στοχαστικές διαδικασίες (markov matrices), με προϋπόθεση ο μέσος όρος των ωριαίων τιμών μα ανταποκρίνεται στον μέσο όρο των μηνιαίων. Η διακύμανση των ωριαίων τιμών κάθε μήνα στηρίζεται στην στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εισαγωγής. Ακόμα παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής μηνιαίων τιμών μετεωρολογικών παραμέτρων, όταν είναι διαθέσιμες με σκοπό την εξαγωγή ωριαίων (Meteonorm manual, 2003).



Εικόνα 4.1: Το πρόγραμμα Meteonorm

4.2 SimCad – Prebid

Τα λογισμικά SimCad και Prebid χρησιμοποιούνται σε σειρά για τη δημιουργία των αρχείων εισαγωγής που απαιτούνται για την προσομοίωση κτηρίου πολλών ζωνών στο λογισμικό TRNSYS. Το SimCad, ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα με ενσωματωμένα ενεργειακά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός ενδιάμεσου αρχείου (.bui) που περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία για το σχήμα και την κατασκευή του κτηρίου. Το αρχείο αυτό στη συνέχεια επεξεργάζεται με το πρόγραμμα Prebid, όπου εισάγονται μη αρχιτεκτονικές πληροφορίες, όπως προγράμματα λειτουργίας, συστήματα ψύξης – θέρμανσης, εξαερισμός κ.α. Τα αρχεία που προκύπτουν χρησιμοποιούνται σαν αρχεία εισαγωγής στο TRNSYS. Στο σχήμα 4.1 βλέπουμε τη πορεία που περιγράψαμε παραπάνω (SimCad, Prebid manual, 2001).



Σχήμα 4.1: Απεικόνιση της σύνδεσης των προγραμμάτων SimCad, Prebid και TRNSYS

4.3 TRNSYS

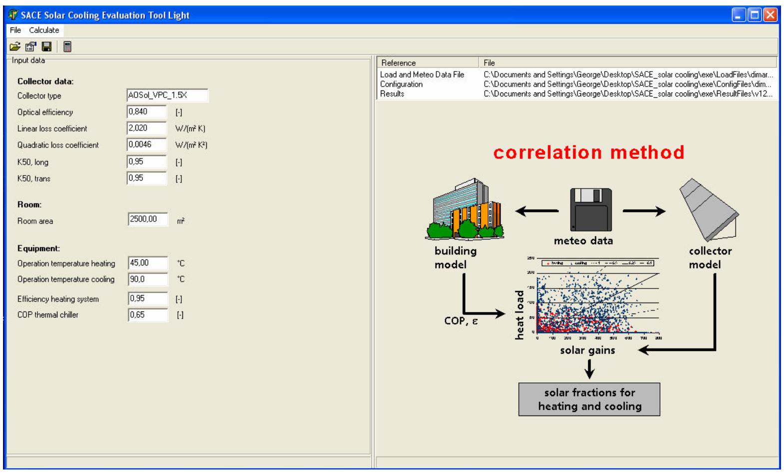
Το TRNSYS είναι ένα δυναμικό πρόγραμμα προσομοίωσης συστημάτων με αρθρωτή δομή. Η κατασκευή ενός συστήματος βασίζεται στην κατάλληλη επιλογή, σύνδεση και επιλογή παραμέτρων των επιμέρους εξαρτημάτων που το αποτελούν. Για παράδειγμα ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης νερού με ηλιακή ενέργεια μπορεί να αποτελείται από ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενή αποθήκευσης, εφεδρική πηγή θερμότητας, αντλία, αισθητήρες θερμοκρασίας και αυτοματισμούς ελέγχου. Επίσης, το μετεωρολογικό αρχείο της συγκεκριμένης περιοχής, και η χρονική ζήτηση ζεστού νερού αναμένεται να παίξουν καθοριστικό ρόλο στα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Τα μοντέλα στο TRNSYS περιγράφονται είτε από αλγεβρικές είτε διαφορικές εξισώσεις. Κατά την εκτέλεση, το πρόγραμμα λύνει ταυτόχρονα τις εξισώσεις που περιγράφουν το σύστημα και παρουσιάζει τα αποτελέσματα. Η δομή του TRNSYS, του δίνει μεγάλη ευελιξία προσομοίωσης πάρα πολλών συστημάτων, ανάγοντας τα στα βασικά εξαρτήματα που τα αποτελούν (TRNSYS manual, 1996).

4.4 SACE

Το SACE (Solar Cooling Light Computer Tool) είναι ένα γρήγορο και εύκολο λογισμικό για τη μελέτη της δυνατότητας εγκατάστασης συστημάτων ηλιακού κλιματισμού σε κτήρια. Αναπτύχθηκε στα πλαίσια εργασίας του ευρωπαϊκού προγράμματος SACE - Solar Air Conditioning in Europe.

Βασιζόμενο σε ένα αρχείο που περιέχει μετεωρολογικά δεδομένα και φορτία θέρμανσης – ψύξης, και σε ένα δεύτερο που περιέχει τη σύνθεση της εγκατάστασης υπολογίζει σε ωριαία βάση την απαιτούμενη ενέργεια για τον κλιματισμό του χώρου και τη διαθέσιμη ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Το πρόγραμμα είναι παραμετρικό με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα μελέτης διαφόρων τύπων συλλέκτη και ψύκτη. Ακόμη, συνυπολογίζει την αποθηκευμένη ενέργεια σε δεξαμενή. Στην εικόνα 4.2 βλέπουμε το πρόγραμμα SACE (SACE manual, 2003).



Εικόνα 4.2: Το πρόγραμμα SACE

Ο πίνακας 4.1 αποτελεί ένα παράδειγμα των αποτελεσμάτων του SACE και κατά συνέπεια κατά πόσο είναι εφικτό να εφαρμοστεί ηλιακός κλιματισμός. Στη συνέχεια ακολουθεί η εξήγηση του πίνακα.

Πίνακας 4.1: Υπόδειγμα των αποτελεσμάτων του 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^2/m^2	hours	kWh/m^2 room	kWh/m^2 room	kWh/m^2 coll.	kWh/m^2 coll.	kWh/m^2 room	kWh/m^2 room	%	%	%	%	%
0.1	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	80.09	57.74	28.52	14.57	23.27	46.39	24.44
0.2	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	76.85	56.74	31.41	16.05	25.63	46.39	13.46
0.3	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	75.68	56.31	32.46	16.69	26.53	46.39	9.28
0.4	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	75.03	56.03	33.04	17.10	27.04	46.39	7.10
0.5	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	74.63	55.87	33.40	17.34	27.35	46.39	5.74
0.6	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	74.35	55.77	33.65	17.49	27.57	46.39	4.82
0.7	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	74.12	55.7	33.85	17.59	27.73	46.39	4.16
0.8	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	73.94	55.63	34.01	17.69	27.87	46.39	3.66
0.9	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	73.81	55.59	34.13	17.75	27.97	46.39	3.26
1	0	112.05	67.59	1711.07	793.79	73.7	55.55	34.23	17.81	28.05	46.39	2.94
0.1	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	66.61	53.34	40.55	21.08	33.23	46.39	34.88
0.2	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	61.4	51.42	45.20	23.92	37.20	46.39	19.53
0.3	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	59.92	50.8	46.52	24.84	38.37	46.39	13.43
0.4	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	59.14	50.43	47.22	25.39	39.01	46.39	10.24
0.5	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	58.65	50.22	47.66	25.70	39.40	46.39	8.27
0.6	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	58.3	50.06	47.97	25.94	39.68	46.39	6.94
0.7	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	57.99	49.96	48.25	26.08	39.91	46.39	5.99
0.8	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	57.76	49.89	48.45	26.19	40.07	46.39	5.26
0.9	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	57.59	49.83	48.60	26.28	40.20	46.39	4.69
1	1	112.05	67.59	1711.07	793.79	57.46	49.78	48.72	26.35	40.30	46.39	4.23
0.1	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	55.59	46.35	50.39	31.42	43.25	46.39	45.41
0.2	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	39.92	37	64.37	45.26	57.18	46.39	30.02
0.3	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	37.2	34.62	66.80	48.78	60.02	46.39	21.00
0.4	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	36.1	33.14	67.78	50.97	61.46	46.39	16.13
0.5	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	35.56	32.24	68.26	52.30	62.26	46.39	13.07
0.6	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	35.15	31.71	68.63	53.08	62.78	46.39	10.99
0.7	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	34.78	31.45	68.96	53.47	63.13	46.39	9.47
0.8	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	34.48	31.25	69.23	53.77	63.41	46.39	8.32
0.9	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	34.25	31.11	69.43	53.97	63.62	46.39	7.42
1	3	112.05	67.59	1711.07	793.79	34.08	30.98	69.59	54.16	63.78	46.39	6.70
0.1	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	55.45	44.82	50.51	33.69	44.18	46.39	46.39
0.2	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	21.35	21.77	80.95	67.79	76.00	46.39	39.89
0.3	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	14.38	14.12	87.17	79.11	84.13	46.39	29.44
0.4	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	12.67	11.01	88.69	83.71	86.82	46.39	22.79
0.5	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	11.84	9.41	89.43	86.08	88.17	46.39	18.51
0.6	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	11.39	8.61	89.83	87.26	88.87	46.39	15.55
0.7	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	11.11	8.12	90.08	87.99	89.30	46.39	13.39
0.8	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	10.89	7.84	90.28	88.40	89.57	46.39	11.76
0.9	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	10.7	7.65	90.45	88.68	89.79	46.39	10.47
1	6	112.05	67.59	1711.07	793.79	10.52	7.48	90.61	88.93	89.98	46.39	9.45
0.1	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	55.45	44.82	50.51	33.69	44.18	46.39	46.39
0.2	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	12.69	17.24	88.67	74.49	83.34	46.39	43.75
0.3	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	1.52	6.57	98.64	90.28	95.50	46.39	33.42
0.4	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.96	4.53	99.14	93.30	96.94	46.39	25.44
0.5	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.89	3.29	99.21	95.13	97.67	46.39	20.51
0.6	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.87	2.75	99.22	95.93	97.98	46.39	17.15
0.7	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.84	2.4	99.25	96.45	98.20	46.39	14.73
0.8	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.81	2.19	99.28	96.76	98.33	46.39	12.90
0.9	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.79	2.12	99.29	96.86	98.38	46.39	11.48
1	12	112.05	67.59	1711.07	793.79	0.77	2.07	99.31	96.94	98.42	46.39	10.33

Specific collector area (ειδική συλλεκτική επιφάνεια): προκύπτει από τη διαίρεση της συνολικής επιφάνειας των κλιματιζόμενων δωματίων με τη συνολική συλλεκτική επιφάνεια. Παρουσιάζει πόσα τετραγωνικά μέτρα συλλέκτη απαιτούνται ανά τετραγωνικό μέτρο κλιματιζόμενου δωματίου.

System storage size (μέγεθος δεξαμενής αποθήκευσης): Η αποθηκευμένη ενέργεια που πρέπει να υπάρχει ώστε το σύστημα να μπορεί να αντεπεξέρχεται στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης όταν δεν είναι διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Με κατάλληλη επεξεργασία προκύπτει το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης σε m^3.

Radiation on collector (ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον συλλέκτη): Η ετήσια ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Gross collector output (θεωρητική συλλεγόμενη ενέργεια): η ετήσια ενέργεια που αποδίδει ο συλλέκτης θεωρητικά.

Backup Cooling (εφεδρική ενέργεια ψύξης): Η ενέργεια που δε καλύπτει η ηλιακή ακτινοβολία για ψύξη και πρέπει να προσφερθεί με συμβατικά μέσα.

Backup Heating (εφεδρική ενέργεια θέρμανσης): Η ενέργεια που δε καλύπτει η ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση και πρέπει να προσφερθεί με συμβατικά μέσα.

Solar fraction cooling (ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη): το ποσοστό του φορτίου ψύξης που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια.

Solar fraction Heating (ποσοστό ηλιακής ενέργειας για θέρμανση): το ποσοστό του φορτίου θέρμανσης που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια.

Solar fraction total (συνολικό ποσοστό ηλιακής ενέργειας): το ποσοστό του συνολικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια.

Gross collector efficiency (θεωρητική απόδοση συλλέκτη): Το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που ο συλλέκτης μετατρέπει θεωρητικά σε ωφέλιμη.

Net collector efficiency (καθαρή απόδοση συλλέκτη): Το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που ο συλλέκτης μετατρέπει πραγματικά σε ωφέλιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – Μεθοδολογία

5.1 Εισαγωγή

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την μελέτη του ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από αρκετά βήματα. Συνοπτικά φαίνεται στο διάγραμμα 5.1 και στις επόμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου θα περιγραφεί αναλυτικά. Ξεκινώντας από τα δεδομένα του υπό μελέτη κτηρίου και τις μετεωρολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής, έχουμε τη δυνατότητα να τεκμηριώσουμε αν είναι εφικτή η εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού, και αν ναι να διαστασιολόγησουμε το σύστημα και να εκτιμήσουμε τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Τα βήματα από τα οποία αποτελείται η μεθοδολογία για τη μελέτη του ηλιακού κλιματισμού είναι τα εξής:

1ο βήμα: Μελέτη των μετεωρολογικών παραμέτρων της περιοχής
2ο βήμα: Μελέτη του κτιρίου
3ο βήμα: Επιλογή τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού
4ο βήμα: 1^{ο} στάδιο επιλογής εξοπλισμού και βελτιστοποίησης παραμέτρων λειτουργίας
5ο βήμα: Διεξαγωγή μελέτη σκοπιμότητας
6ο βήμα: Κατάστρωση εναλλακτικών σεναρίων διαστασιολόγησης
7ο βήμα: 2^{ο} στάδιο επιλογής και διαστασιολόγησης εξοπλισμού και βελτιστοποίησης παραμέτρων λειτουργίας
8ο βήμα: Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων
9ο βήμα: Τελική πρόταση

Διάγραμμα 5.1: Οργανόγραμμα μεθοδολογίας για μελέτη ηλιακού κλιματισμού

5.2 Μελέτη μετεωρολογικών παραμέτρων

5.2.1 Συλλογή δεδομένων

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προμηθεύονται είτε από την Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, όπου υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί, είτε από άλλους φορείς ή ιδρύματα όταν αυτό είναι εφικτό.

Επίσης είναι χρήσιμο να έχουμε μία συνολική γνώση για το κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην υπό μελέτη περιοχή.

5.2.2 Στατιστική επεξεργασία

Σε αυτό το στάδιο τα μετεωρολογικά δεδομένα επεξεργάζονται στατιστικά. Ζητούμενα είναι οι μέσες μηνιαίες τιμές ροής ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας και διεύθυνσης αέρα. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη η ροή ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας, υπολογίζεται έμμεσα από τις ώρες ηλιοφάνειας και το ποσοστό νεφοκάλυψης.

5.2.3 Κατασκευή αρχείου τυπικού μετεωρολογικού έτους (TMY)

Το τυπικό μετεωρολογικό έτος περιέχει δεδομένα σε ωριαία βάση για τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Χρησιμοποιείται ως αρχείο εισαγωγής στα λογισμικά για τον υπολογισμό των φορτίων ψύξης και θέρμανσης και της μελέτης σκοπιμότητας του ηλιακού κλιματισμού.

Το τυπικό μετεωρολογικό έτος κατασκευάζεται μέσω του λογισμικού *Meteonorm*. Εισάγονται οι μηνιαίες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων όπου είναι γνωστές και οι υπόλοιπες βρίσκονται με γραμμική παρεμβολή από γειτονικούς σταθμούς. Υπολογίστηκαν τρία αρχεία μετεωρολογικών παραμέτρων: TMY_{mean}, $TMY_{extreme\_min}$, $TMY_{extreme\_max}$. Το πρώτο περιέχει τις μέσες τιμές, το δεύτερο τις ελάχιστες και το τρίτο τις μέγιστες.

5.3 Μελέτη κτηρίου

Σε πρώτη φάση είναι απαραίτητη η συλλογή των δεδομένων όσον αφορά το κτήριο. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Τα σχέδια κάτοψης του κτηρίου, έτσι ώστε να κατασκευαστεί το προφίλ του κτηρίου κρατώντας τη πραγματική γεωμετρία του και τον προσανατολισμό του
- Υλικά κατασκευής τοίχων, πατωμάτων, στέγης, θερμομονώσεις
- Τύπος ανοιγμάτων (παράθυρα, πόρτες)
- Χρήση του κτηρίου

5.3.1 Κατασκευή του προφίλ του κτηρίου

Κατασκευάζουμε το προφίλ του κτηρίου με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Simcad. Πιο αναλυτικά, το σχήμα, τους τοίχους, τα δωμάτια και τέλος γίνεται ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών.

Θερμική ζώνη ονομάζουμε μία ομάδα από δωμάτια ή χώρους που έχουν κοινές απαιτήσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών γίνεται με βάση τη χρήση των χώρων και τον προσανατολισμό τους. Η κύρια διαφορά της μοντελοποίησης ενός κτηρίου με θερμικές ζώνες (multi zone building) από την απλή μοντελοποίηση μιας θερμικής ζώνης (single zone building), είναι ότι αφενός επιτυγχάνεται πιο ρεαλιστική προσομοίωση, αφετέρου είναι ευκολότερος ο σχεδιασμός του συστήματος ψύξης, των αεραγωγών και η σωστότερη λειτουργία τους με το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

5.3.2 Προσδιορισμός των παραμέτρων προσομοίωσης

Αυτό το στάδιο απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, επειδή με βάση τις παραμέτρους που θα προσδιοριστούν εδώ θα υπολογιστούν τα φορτία ψύξης και θέρμανσης και κατά συνέπεια θα εξαρτηθεί από αυτά τόσο η μελέτη σκοπιμότητας του ηλιακού κλιματισμού, όσο και η διαστασιολόγηση του εξοπλισμού.

5.3.2.1 Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τους τοίχους

Το χρώμα των εξωτερικών τοίχων, όπως είναι αναμενόμενο, παίζει καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από αυτούς. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζεται ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με το χρώμα της επιφάνειας.

Πίνακας 5.1: Συσχέτιση συντελεστή απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας και χρώματος τοίχου

Χρώμα	Εύρος	Μέση τιμή
Μαύρο	0.85-0.98	0.92
Μπλέ	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
Άσπρο ή κρεμ	0.30-0.50	0.4

5.3.2.2 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 5.2 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.

Στους χώρους που ο αριθμός των ατόμων ήταν άγνωστος εκτιμήθηκε από τις τιμές της στήλης « εκτιμούμενα άτομα ανά 100 m^2 επιφάνειας δαπέδου»

Πίνακας 5.2: Απαιτήσεις αερισμού κτηρίων (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86)

ΧΩΡΟΣ	ΕΚΤΙΜΟΥΜΕΝΑ ΑΤΟΜΑ ΑΝΑ 100 Μ2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΔΑΠΕΔΟΥ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ (Μ3/Η)	
		ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟΣ
Μονοκατοικίες			
Καθιστικά, Υπνοδωμάτια	5	8.5	12-17
Κουζίνες, Μπάνια	-	34	50-85
Πολυκατοικίες			
Καθιστικά, Υπνοδωμάτια	7	8.5	12-17
Κουζίνες, Μπάνια	-	34	50-85
Εκπαιδευτικά Κτίρια			
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
Νοσοκομεία			
Αίθουσες αναμονής	55	34	42-51
Δωμάτια ασθενών	22	17	26-34
Χειρουργεία	-	34	-
Αίθουσες εξετάσεων	10	50	70-85
Αναρρωτήρια	-	25	-
Γραφεία			
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
Ξενοδοχεία			
Υπνοδωμάτια	5	12	17-25.5
LIVING ROOMS	22	17	25.5-34
Μπάνια	-	34	51-85

5.3.2.3 Διείσδυση αέρα

Ο αέρας που εισέρχεται στο κτήριο μέσω των χαραμάδων που υπάρχουν γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα και μέσω των ανοικτών κουφωμάτων ονομάζεται διείσδυση. Η διείσδυση του αέρα προσδιορίστηκε από το πρόγραμμα TRNSYS συναρτήσει την ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου και συγκεκριμένων συντελεστών που αφορούν την ποιότητα της κατασκευής των κουφωμάτων. Η τιμή που δόθηκε στους συγκεκριμένους συντελεστές αναφέρεται σε κουφώματα μέτριας προς καλής κατασκευής.

5.3.2.4 Εσωτερικές πηγές θερμότητας

Εσωτερική πηγή θερμότητας θεωρείται οτιδήποτε βρίσκεται στο εσωτερικό του κτηρίου και προσφέρει θερμότητα, είτε αισθητή είτε λανθάνουσα. Δε θα αναφερθούμε εκτενώς στις εσωτερικές πηγές θερμότητας γιατί ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας αλλά θα αναφερθούμε συγκεκριμένα στης πηγές που παραμετροποιήθηκαν στο συγκεκριμένο κτήριο και θεωρήθηκαν οι πιο σημαντικές. Αυτές είναι ο φωτισμός, η ανθρώπινη δραστηριότητα και οι υπολογιστές.

- ***Φωτισμός***

Όπως είναι αναμενόμενο, οι φωτιστικές πηγές είναι και πηγές θερμότητες. Ο πίνακας 5.3 μας δίνει τιμές φωτισμού για διάφορους χώρους εργασίας.

Πίνακας 5.3: Τιμές φωτισμού για διάφορους χώρους εργασίας (Παπαδόπουλος 2006,)

Χώρος	Ένταση γενικού φωτισμού (LUX)	Λαμπτήρες πυράκτωσης (W/m^2)	Λαμπτήρες φθορισμού (W/m^2)
εργαστήρια λεπτουργικά, εμπορικά, χειρουργείο, υαλουργείο (πολύ καλός γενικός φωτισμός για διάβασμα, κέντημα κ.λ.π.)	600-1000	75-150	30-60
συναρμολόγηση , υφαντουργεία, βαφεία, γραφεία, εκθέσεις, καθαριστήρια, σχολεία, ιατρεία, εργαστήρια (καλός γενικός φωτισμός για διάβασμα)	250-500	30-75	12-30
κουζίνα, λουτρό, σαλόνι, μηχανουργείο, ξυλουργείο	120-250	15-30	6-12
εστιατόρια, υπνοδωμάτια, σκάλες, αποθήκες, δωμάτια υπηρεσίας, τσιμεντάδικα, βιομηχανίες	60-120	7-15	3-6
διάδρομοι, τουαλέτες, υπόγεια, γκαράζ, αγροτικές εγκαταστάσεις	30-60	4-7	1,5... 3
θέσεις εργασίας	Τοπικός φωτισμός με προβολείς (LUX)		
λεπτουργικές εργασίες, ρολογάδες, χρυσοχόοι	1500-2000		
χειρουργείο, εξετάσεις ιατρικές,	5000-10000		
καταστήματα με φωτισμό ημέρας	5000-10000		

- ***Ανθρώπινη δραστηριότητα***

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζεται το αισθητό και λανθάνων θερμικό φορτίο που παράγεται από τους ανθρώπους ανάλογα με την δραστηριότητα τους.

Πίνακας 5.4: Αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα που παράγεται από ανθρώπους ανάλογα με την εργασία που εκτελούν (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 χρησιμοποιούνται σε έναν χώρο.

5.3.2.5 Πρόγραμμα λειτουργίας

Το πρόγραμμα δραστηριότητας του κτηρίου επηρεάζει σημαντικά τόσο τα μέγιστα απαιτούμενα φορτία, όσο και την ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, όταν λέμε πρόγραμμα λειτουργίας, εννοούμε τον προσδιορισμό των ωρών που υπάρχει δραστηριότητα στο κτήριο. Όσο καλύτερα μπορεί να προσομοιωθεί η δραστηριότητα εντός του κτηρίου, τόσο πιο ακριβή θα είναι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

5.3.2.6 Επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας και υγρασίας

Ο καθορισμός της θερμοκρασίας σχεδιασμού είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων ενός χώρου. Η θερμοκρασία σχεδιασμού είναι ένα προτοτυποποιημένο μέγεθος. Δεν είναι ίση αλλά δε διαφέρει πολύ από τη μέση θερμοκρασία του αέρα του χώρου. Ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο, στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων γίνονται κατάλληλες διορθώσεις που συνήθων σχετίζονται με τη θερμοκρασία των επιφανειών του χώρου.

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. Στον πίνακα 5.5 παρουσιάζονται οι συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα και στον πίνακας 5.6 για το καλοκαίρι.

Πίνακας 5.5: Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού 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 διασκεδάσεως	21-23	30 - 40

Πίνακας 5.6: Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού 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 διασκεδάσεως	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50
Νοσοκομεία		
Αίθουσες	24	45-50
Χειρουργεία	20-24	50-60
Αναρρωτήρια	24	50-60

5.3.3 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου

Έχοντας ετοιμάσει όλα τα αρχεία εισαγωγής του TRNSYS είμαστε σε θέση να προσομοιώσουμε θερμικά το κτήριο σε ωριαία βάση για έναν χρόνο. Κατασκευάζουμε το μοντέλο στο TRNSYS και εκτελούμε το πρόγραμμα. Ως αποτελέσματα παίρνουμε την απαιτούμενη ισχύ για ψύξη και θέρμανση, τις τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, την ενέργεια που απαιτεί το κτήριο και κάποιες άλλες παραμέτρους που απαιτούνται στο πρόγραμμα SACE για τη μελέτη του ηλιακού κλιματισμού.

5.3.3.1 Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη & θέρμανση

Η ενέργεια που απαιτεί το κτίριο για ψύξη και θέρμανση προκύπτει με προσομοίωση έχοντας ορίσει μέσες τιμές των παραμέτρων.

5.3.3.2 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης

Για να υπολογίζουμε την ισχύ του συστήματος ψύξης και θέρμανσης με ασφαλή τρόπο και παράλληλα να αποφύγουμε άσκοπες υπερδιαστασιολογήσεις πραγματοποιούμε δύο ακόμα προσομοιώσεις με τις δυσμενέστερες συνθήκες που μπορούν να υπάρξουν τόσο την θερινή, όσο και τη χειμερινή περίοδο. Πιο συγκεκριμένα για τη θερινή περίοδο, υποθέτουμε αυξημένες εσωτερικές πηγές ενέργειες και το αρχείο τυπικού μετεωρολογικού έτους είναι κατασκευασμένο με βάση τις μέσες μέγιστες τιμές, ενώ για τη χειμερινή περίοδο υποθέτουμε μειωμένες εσωτερικές πηγές ενέργειες και το αρχείο τυπικού μετεωρολογικού έτους είναι κατασκευασμένο με βάση τις μέσες ελάχιστες τιμές.

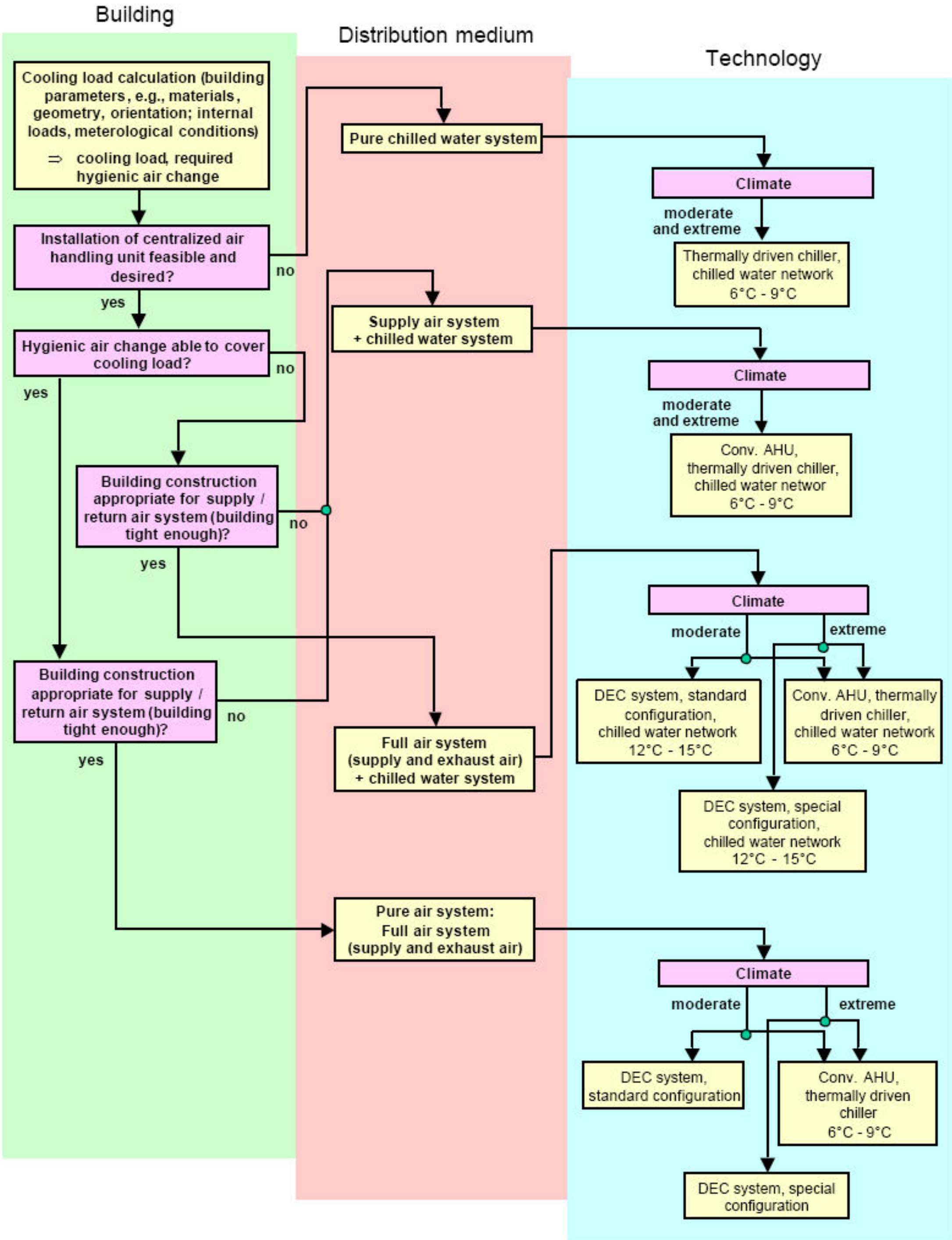
Αφού έχουμε υπολογίσει τα μέγιστα φορτία θέρμανσης και ψύξης με τον τρόπο που αναφέραμε παραπάνω, είμαστε σε θέση να συγκεκριμενοποιήσουμε την ψυκτική ισχύ του συστήματος κλιματισμού και την θερμική ισχύ του συστήματος θέρμανσης.

Οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους (α%) είναι η θερμοκρασίες εκείνες, μεγαλύτερες τιμές των οποίων, παρατηρούνται σε αριθμό ωρών μικρότερων ή ίσο του α% του συνόλου της θερινής περιόδου. Θερινή περίοδος ορίζεται το διάστημα από 1η Ιουνίου έως 30 Σεπτεμβρίου. Το σύνολο των ωρών της είναι 2928.

Αντίστοιχα οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα (α%) είναι η θερμοκρασίες εκείνες, μικρότερες τιμές των οποίων, παρατηρούνται σε αριθμό ωρών μικρότερων ή ίσο του α% του συνόλου της χειμερινής περιόδου. Χειμερινή περίοδος ορίζεται το διάστημα από 1η Δεκεμβρίου έως 30 Μάρτη. Το σύνολο των ωρών της είναι 2904.
Είναι δε προφανές ότι για ημέρες με δυσμενείς εξωτερικές θερμοκρασίες επιτρέπονται αποκλίσεις των εσωτερικών συνθηκών (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86).

5.4 Επιλογή τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού

Στο διάγραμμα 5.2 απεικονίζεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία ηλιακού κλιματισμού, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κτηρίου (Altener,2002).



Διάγραμμα 5.2: Διαδικασία επιλογής τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού (Altener,2002)

5.5 1^{o} Στάδιο επιλογής εξοπλισμού και βελτιστοποίηση παραμέτρων λειτουργίας

Πριν προβούμε στη διεξαγωγή της μελέτης σκοπιμότητας, πρέπει να έχουμε επιλέξει ένα μέρος του εξοπλισμού και να έχουμε βελτιστοποιήσει κάποιες παραμέτρους λειτουργίας, έτσι ώστε με βάση αυτά να εξετάσουμε εάν είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

- ***Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη***

Η επιλογή των ηλιακών συλλεκτών γίνεται με βάση τις καμπύλες απόδοσης και το ειδικό κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο (kW θερμικής ισχύος σε συγκεκριμένη θερμοκρασία εξόδου/ κόστος). Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του συλλέκτη είναι ο διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης, η ποιότητα κατασκευής, τα πιστοποιητικά τεχνικών προδιαγραφών και η εγγύηση που δίνεται από τον κατασκευαστή.

- ***Βελτιστοποίηση γωνίας κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού***

Η βέλτιστη γωνίας κλίσης υπολογίζεται μέσω προσομοίωσης, μεταβάλλοντας τη γωνία κλίσης, και υπολογίζοντας την προσπίπτουσα ενέργεια στην επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών. Στην παρούσα εργασία που μελετάμε ηλιακό κλιματισμό μας ενδιαφέρει η βέλτιστη γωνία πρόσπτωσης κατά την θερινή περίοδο.

- ***Επιλογή τύπου ψύκτη***

Η επιλογή του ψύκτη απορρόφησης επιτυγχάνεται με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, το κόστος του και την διαθεσιμότητα του στην αγορά με την απαιτούμενη ή παρεμφερή ψυκτική ικανότητα.

- ***Βελτιστοποίηση θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος***

Η βέλτιστη θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος προκύπτει από τον συνδυασμό των καμπυλών απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών και του ψύκτη απορρόφησης, έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοση τους.

- ***Υπολογισμός του μέγιστου διαθέσιμου χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών***

Όταν υπάρχει περιορισμός στο διαθέσιμο χώρο για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών, αυτός πρέπει να υπολογίζεται. Παραδείγματος χάρη, όταν ο διαθέσιμος χώρος είναι η ταράτσα του κτηρίου, πρέπει να υπολογίσουμε πόσα τετραγωνικά μέτρα συλλέκτη μπορούμε να εγκαταστήσουμε, έτσι ώστε να αποφύγουμε σημαντικές σκιάσεις μεταξύ τους.

5.6 Διεξαγωγή μελέτης σκοπιμότητας

Η μελέτη σκοπιμότητας γίνεται μέσω των αποτελεσμάτων του προγράμματος SACE. Από τη μελέτη αυτή διαπιστώνουμε το κατά πόσο είναι εφικτή η εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού. Αυτό εξαρτάται ισχυρά από τις μετεωρολογικές παραμέτρους της υπό μελέτη περιοχής, τα απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μερών της εγκατάστασης και το κόστος τους (Delf University, 2003).

5.7 Κατάστρωση εναλλακτικών σεναρίων διαστασιολόγησης

Το σύστημα ηλιακού κλιματισμού καθορίζεται ουσιαστικά από δυο πάρα πολύ σημαντικούς παράγοντες: ο πρώτος είναι η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών που καθορίζει το ποσοστό κάλυψης του ψυκτικού φορτίου από την ηλιακή ενέργεια ενώ ο δεύτερος παράγοντας είναι ο συνδυασμός των διαφόρων τύπων ενέργειας που θα χρησιμοποιηθούν (ηλιακή, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρισμός) για να επιτύχουμε την ψυκτική ισχύ που θέλουμε. Και οι δύο παράγοντες επηρεάζουν τόσο το αρχικό και λειτουργικό κόστος της επένδυσης, όσο και τα περιβαλλοντικά οφέλη.

Για να αποφύγουμε την άσκοπη μελέτη πάρα πολλών σεναρίων θα μελετηθούν τέσσερα, τα οποία διακρίνονται σε δύο βασικά και δύο δευτερεύοντα, λαμβάνοντας υπό όψιν τα αποτελέσματα του λογισμικού SACE.

Το πρώτο βασικό σενάριο προκύπτει από το σημείο τομής των καμπυλών του ποσοστού κάλυψης ψυκτικού φορτίου και της καθαρής απόδοσης των συλλεκτών συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας. Είναι ένα σενάριο μικρής κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια με μικρό σχετικά κόστος αρχικής επένδυσης και φτωχά αναμενόμενα περιβαλλοντικά οφέλη.

Στο δεύτερο βασικό σενάριο επιλέγουμε το μέγιστο συμφέρον ποσοστό κάλυψης. Αυτό το αποτέλεσμα προκύπτει από το σημείο μεγιστοποίησης της μεταβολής του ρυθμού μεταβολής (δεύτερη παράγωγος) της συνάρτησης που δίνει το ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας. Δηλαδή, αναμένουμε ότι υπάρχει ένα ποσοστό κάλυψης, πάνω από το οποίο δεν είναι συμφέρουσα η επιπλέον κάλυψη ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια.

Από αυτά τα δύο βασικά σενάρια προκύπτουν άλλα δύο που έχουν να κάνουν με το συνδυασμό των πηγών ενέργειας. Το φυσικό αέριο αποκλείεται επειδή στην Κρήτη δεν υπάρχει ακόμα δίκτυο διανομής του.

5.8 2^{o} Στάδιο επιλογής εξοπλισμού και διαστασιολόγησης

- **Επιλογή επιφάνειας συλλεκτών**

Προκύπτει από τα αποτελέσματα των σεναρίων.

- **Επιλογή ισχύος ψύκτη απορρόφησης**

Προκύπτει από τα αποτελέσματα των σεναρίων

- **Επιλογή ισχύος εφεδρικής πηγής θερμότητας**

Επιλέγεται καυστήρας πετρελαίου ή γκαζιού με βάση της απαιτήσεις του ψύκτη σε θερμότητα ως εξής: Έστω $P_{chiller}$ η ονομαστική ισχύ του ψύκτη a ο συντελεστής απόδοσης, b ο συντελεστής απόδοσης του λέβητα και c ο συντελεστής απωλειών του δικτύου σωληνώσεων από τον λέβητα στον ψύκτη. Η θερμική ισχύ του λέβητα είναι:

$$P_{backup\ source} = P_{cliller}/(a \cdot b \cdot c)$$

- **Επιλογή χωρητικότητας δεξαμενής αποθήκευσης**

Η χωρητικότητα των δεξαμενών αποθήκευσης θα προκύψει από την προσομοίωση με το πρόγραμμα SACE. Ωστόσο, κατά κανόνα επιλέγονται περισσότερες μικρές δεξαμενές από μία μεγάλη για να επιτυγχάνεται καλύτερη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού

- **Επιλογή τύπου κ ισχύος πύργου ψύξεως**

Η θερμική ισχύ που πύργου ψύξεως βρίσκεται από τα χαρακτηριστικά του ψύκτη ως εξής: έστω $P_{chiller}$ η ονομαστική ισχύ του ψύκτη και a ο συντελεστής απόδοσης. Η ικανότητα απαγωγής θερμότητας του πύργου ψύξεως είναι :

$$P_{cooling\ tower} = P_{chiller} + P_{clliler}/a$$

5.9 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων

Η οικονομική ανάλυση αφορά το αρχικό κόστος επένδυσης, την εξοικονόμηση πρωτογενούς τομέα, τα λειτουργικά κόστη, τον χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης.

Η περιβαλλοντική ανάλυση αφορά την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και γενικότερα τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα έχουμε από την εγκατάσταση συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

Τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτουν από τα αποτελέσματα της μελέτης, το αρχικό κόστος της επένδυσης, την τιμή του πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας και τον ρυθμό αύξησής τους.

5.10 Τελική πρόταση

Ως τελική πρόταση επιλέγεται το σενάριο που βελτιστοποιεί τόσο τα περιβαλλοντικά, όσο και τα οικονομικά οφέλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – Ανάλυση μετεωρολογικών παραμέτρων

6.1 Εισαγωγή

Οι κλιματολογικές συνθήκες, καθώς είναι αυτονόητο, παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην ανάλυση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων, όσο και στη λειτουργία του ηλιακού κλιματισμού. Οι κύριες μετεωρολογικές παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία περιβάλλοντος, η ένταση την άμεσης και της έμμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, η ένταση και η διεύθυνση του ανέμου, οι ώρες ηλιοφάνειας και το ποσοστό νεφοκάλυψης. Τα μετεωρολογικά δεδομένα προμηθεύτηκαν από την ΕΜΥ και καλύπτουν τουλάχιστον το διάστημα των 30 τελευταίων ετών. Μετά από επεξεργασία βρέθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές, καθώς και οι μέγιστες – ελάχιστες τιμές όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Από τις μέσες τιμές, με τη βοήθεια του προγράμματος Meteonorm, κατασκευάστηκε το τυπικό μετεωρολογικό έτος (Typical Meteorologogical Year) το οποίο περιέχει τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων σε ωριαία βάση.

6.2 Το κλίμα της Ελλάδας

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 340 και 420 του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της έχει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, δηλαδή ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο.

Λεπτομερέστερα, στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου (υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο.

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5-10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 - 5 °C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες τιμές κάτω από το μηδέν στις βόρειες περιοχές.

Οι βροχές στη χώρα μας ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα " Αλκυονίδες ημέρες". Η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιουνίου από ό,τι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μεγίστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 °C μέχρι 35 °C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους (ετήσιες) που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο.

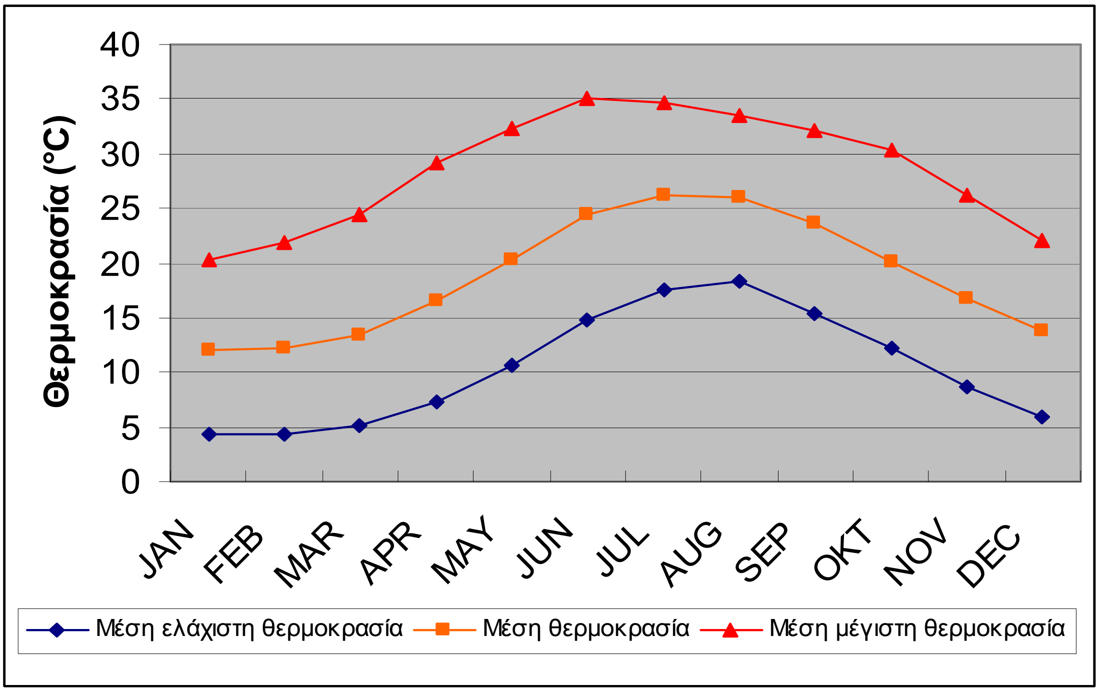
Η Άνοιξη έχει μικρή διάρκεια , διότι ο μεν Χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το Φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό και πολλές φορές παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα και μέχρι τα μισά του Δεκεμβρίου.

6.3 Μετεωρολογικές παράμετροι στο Ηράκλειο Κρήτης

Μετά από στατιστική επεξεργασία δεδομένων (1955 - 2001) που ζητήθηκαν από την Ε.Μ.Υ. προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

6.3.1 Θερμοκρασία

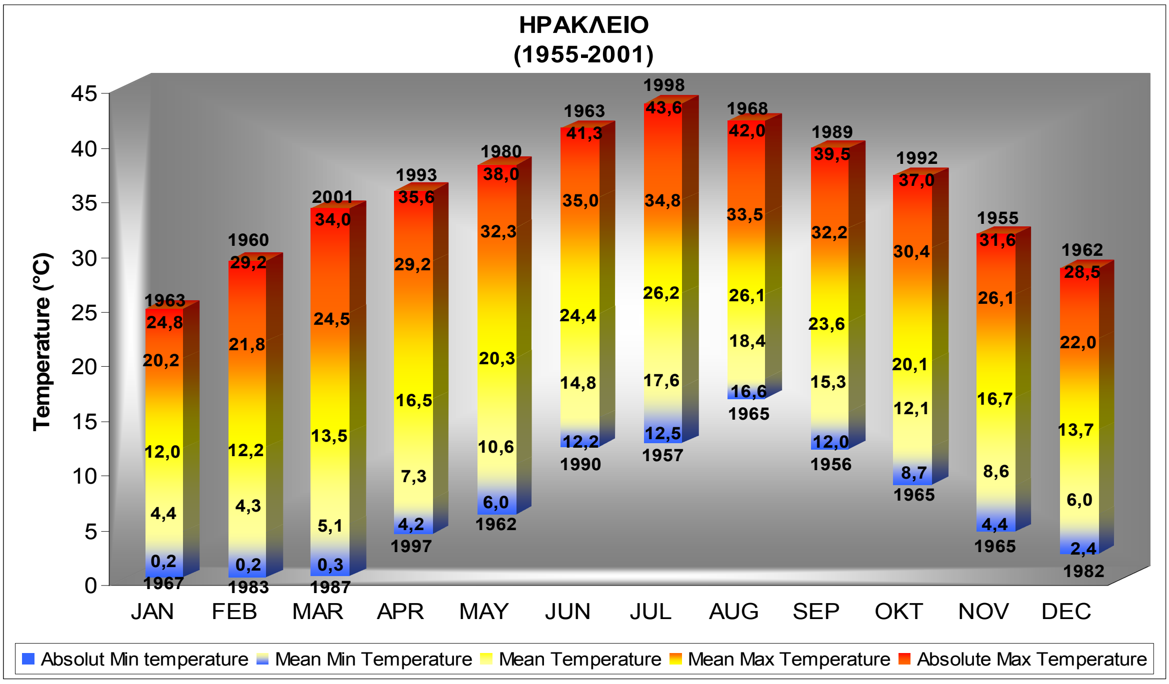
Στο διάγραμμα 6.1 και στον πίνακα 6.1 φαίνεται η διακύμανση της ελάχιστης, μέσης και μέγιστης θερμοκρασίας συναρτήσει του μήνα του έτους. Το διάγραμμα 6.2 αποτελεί ένα θερμοραβδόγραμμα, όπου απεικονίζονται η απόλυτη ελάχιστη και η απόλυτα μέγιστη θερμοκρασία και το έτος εμφάνισης τους, η μέση ελάχιστη, η μέση, και η μέση μέγιστη θερμοκρασία ανά μήνα.



Διάγραμμα 6.1: Διακύμανση της ελάχιστης, μέσης και μέγιστης θερμοκρασίας

Πίνακας 6.1: Τιμές χαρακτηριστικών θερμοκρασιών

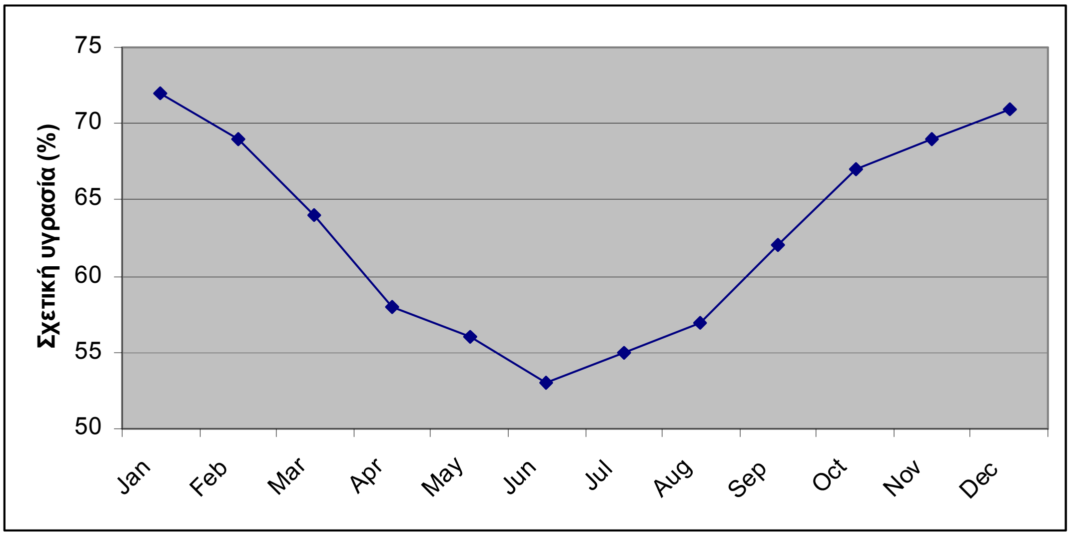
Μήνας	Απόλυτη ελάχιστη και έτος εμφάνισης		Μέση ελάχιστη	Μέση	Μέση μέγιστη	Απόλυτη μέγιστη και έτος εμφάνισης	
Ιανουάριος	1967	0.2	4.4	12.0	20.2	1963	24.8
Φεβρουάριος	1983	0.2	4.3	12.2	21.8	1960	29.2
Μάρτιος	1987	0.3	5.1	13.5	24.5	2001	34.0
Απρίλιος	1997	4.2	7.3	16.5	29.2	1993	35.6
Μάιος	1962	6.0	10.6	20.3	32.3	1980	38.0
Ιούνιος	1990	12.2	14.8	24.4	35.0	1963	41.3
Ιούλιος	1957	12.5	17.6	26.2	34.8	1998	43.6
Αύγουστος	1965	16.6	18.4	26.1	33.5	1968	42.0
Σεπτέμβριος	1956	12.0	15.3	23.6	32.2	1989	39.5
Οκτώβριος	1965	8.7	12.1	20.1	30.4	1992	37.0
Νοέμβριος	1965	4.4	8.6	16.7	26.1	1955	31.6
Δεκέμβριος	1982	2.4	6.0	13.7	22.0	1962	28.5



Διάγραμμα 6.2: Θερμοραβδόγραμμα

6.3.2 Σχετική υγρασία

Στο διάγραμμα 6.3 και στον πίνακα 6.2 παρουσιάζεται η διακύμανση της σχετικής υγρασίας. Παρατηρούμε ότι είναι μέγιστη τους χειμερινούς μήνες και ελάχιστη τους θερινούς.



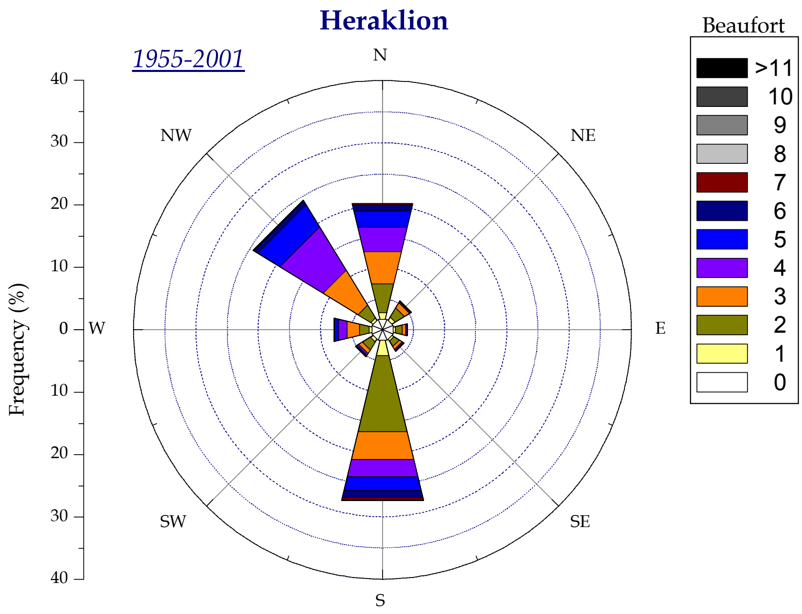
Διάγραμμα 6.3: Διακύμανση της σχετικής υγρασίας

Πίνακας 6.2: Τιμές σχετικής υγρασίας

Μήνας	Σχετική υγρασία (%)
Ιανουάριος	72
Φεβρουάριος	69
Μάρτιος	64
Απρίλιος	58
Μάιος	56
Ιούνιος	53
Ιούλιος	55
Αύγουστος	57
Σεπτέμβριος	62
Οκτώβριος	67
Νοέμβριος	69
Δεκέμβριος	71

6.3.3 Ένταση & διεύθυνση ανέμου

Στο διάγραμμα 6.4 παρουσιάζεται το ροδόγραμμα και στον πίνακα 6.3 η διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου σε κόμβους και η διεύθυνσή του. Παρατηρούμε ότι οι συχνότεροι άνεμοι κατά την χειμερινή περίοδο είναι οι νότιοι ενώ κατά την θερινή οι βορειοδυτικοί.



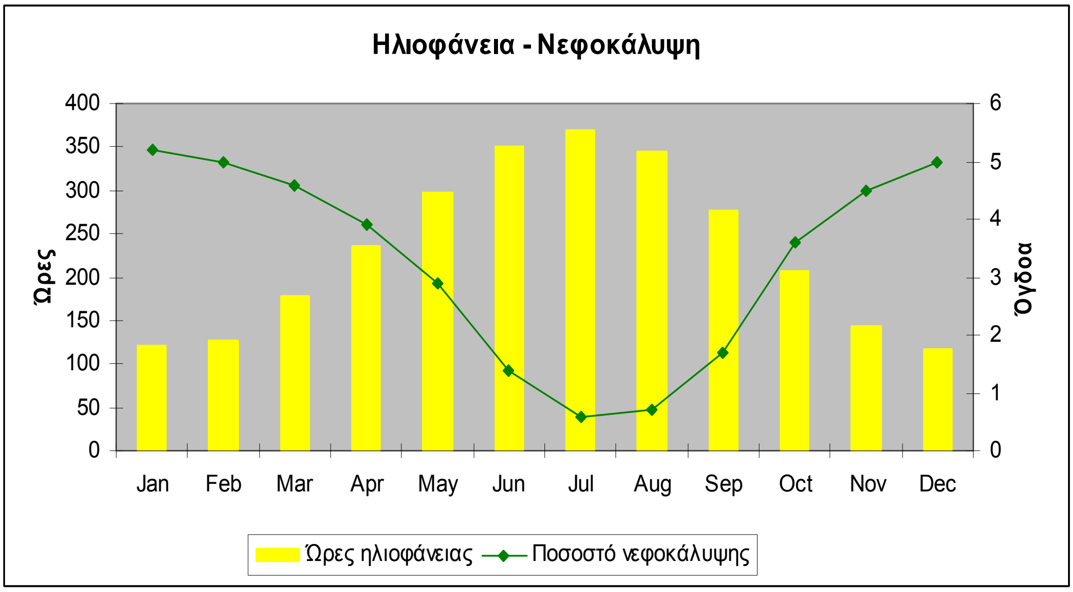
Διάγραμμα 6.4: Ροδόγραμμα

Πίνακας 6.3: Ένταση και διεύθυνση ανέμου

Μήνας	Ένταση ανέμου (kt)	Διεύθυνση
Ιανουάριος	9.3	N
Φεβρουάριος	9.9	N
Μάρτιος	9.1	ΒΔ
Απρίλιος	7.0	ΒΔ
Μάιος	6.3	ΒΔ
Ιούνιος	6.8	ΒΔ
Ιούλιος	8.9	ΒΔ
Αύγουστος	8.9	ΒΔ
Σεπτέμβριος	7.7	ΒΔ
Οκτώβριος	7.4	ΒΔ
Νοέμβριος	8.1	N
Δεκέμβριος	9.4	N

6.3.4 Ηλιοφάνεια – νεφοκάλυψη

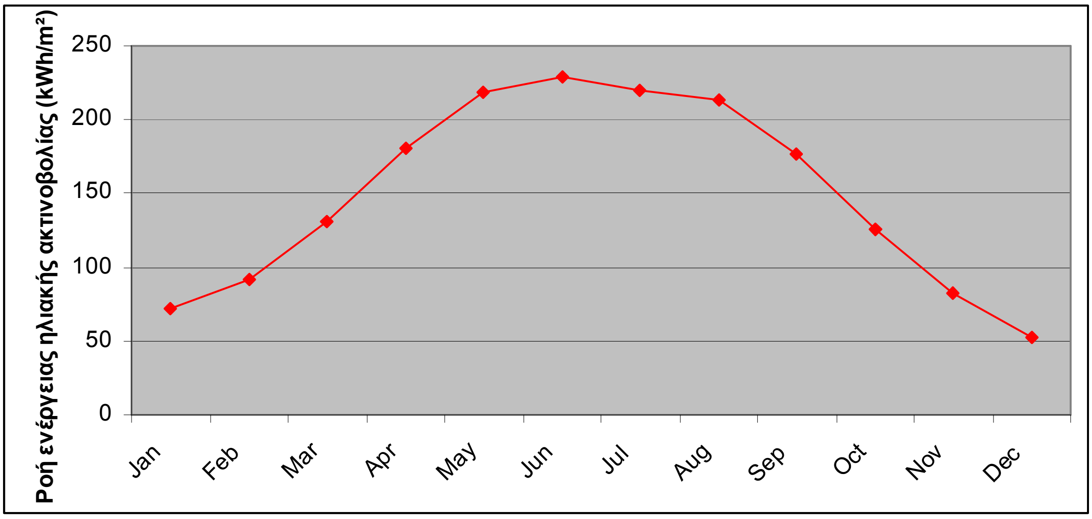
Στο διάγραμμα 6.5 απεικονίζονται οι ώρες ηλιοφάνειας και τα όγδοα νεφοκάλυψης ανά μήνα. Παρατηρούμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η νεφοκάλυψη είναι ελάχιστη και οι ώρες ηλιοφάνειας μέγιστες, πράγμα το οποίο προωθεί την εγκατάσταση συστημάτων ηλιακού κλιματισμού.



Διάγραμμα 6.5: Διακύμανση ωρών ηλιαφάνειας και όγδοων νεφοκάλυψης

6.3.5 Ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο

Στο διάγραμμα 6.6 βλέπουμε την ροή ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια.

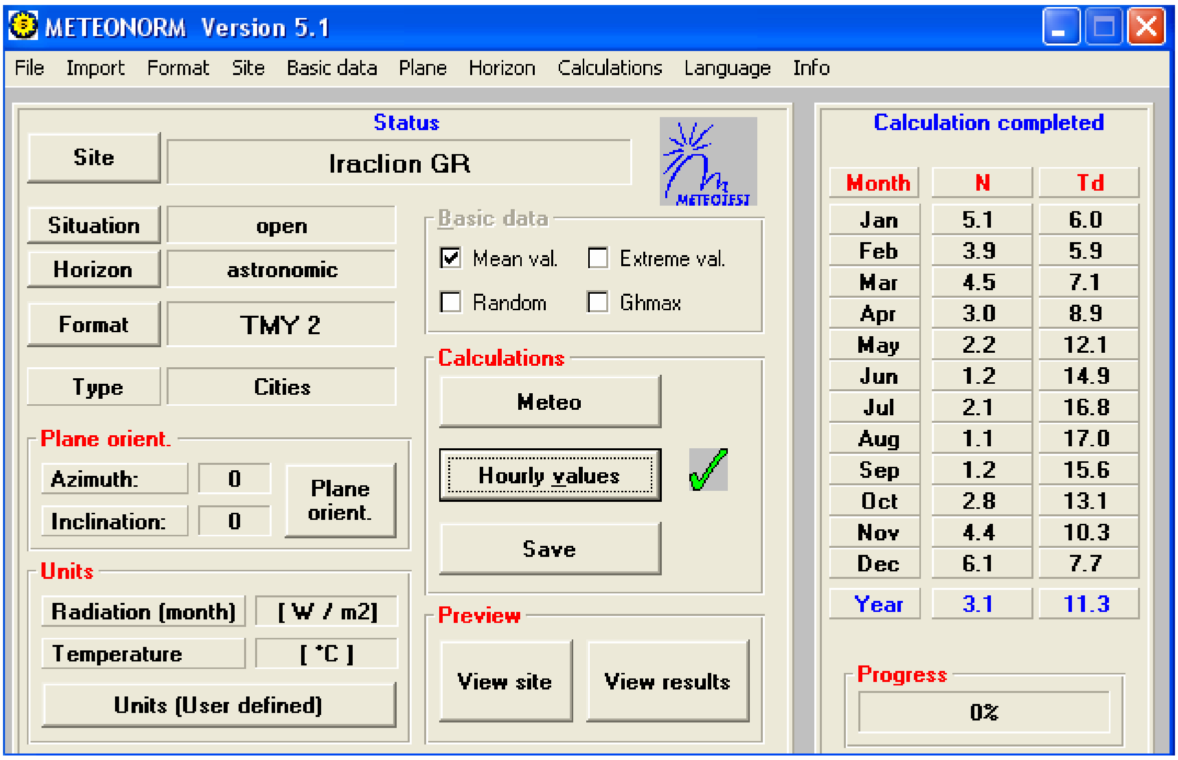


Διάγραμμα 6.6: Διακύμανση ροή ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια

6.4 Κατασκευή του αρχείου Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους

Το αρχείο τυπικού μετεωρολογικού έτους TMY (Typical Meteorological Year) είναι ένα αρχείο που περιέχει ωριαίες τιμές για ένα πλήθος μετεωρολογικών παραμέτρων, εκ των οποίων οι πιο σημαντικές περιγράφηκαν παραπάνω, για ένα ολόκληρο έτος. Η χρονική περίοδο από την οποία θα προκύψουν οι μέσες μηνιαίες τιμές πρέπει να είναι το λιγότερο 30 έτη, ώστε να έχουμε μικρό στατιστικό σφάλμα. Κατασκευάζεται με συγκεκριμένα προγράμματα, όπως το Meteonorm και έχει κατάλληλη διαμόρφωση (format) ώστε να μπορεί να «διαβαστεί» από λογισμικά προσομοίωσης όπως το TRNSYS (William Marion & Ken Urban, 1994).

Εκτός από το τυπικό μετεωρολογικό έτος που περιέχει μέσες τιμές, κατασκευάζονται ακόμα δύο TMY αρχεία που περιέχουν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Τα αρχεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τη διαστασιολόγηση του ψύκτη απορρόφησης και του λέβητα θέρμανσης. Στο σχήμα βλέπουμε την κατασκευή του αρχείου TMY για το Ηράκλειο Κρήτης μέσω του λογισμικού Meteonorm.



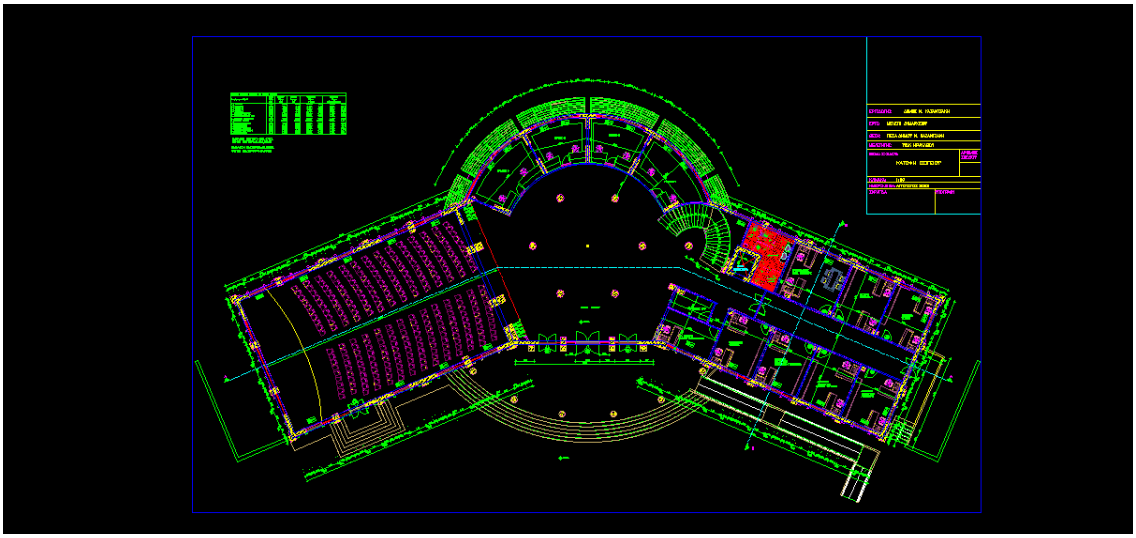
Σχήμα 6.1: Κατασκευή TMY αρχείου για το Ηράκλειο Κρήτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – Εφαρμογή στο κτήριο, Αποτελέσματα & Συζήτηση

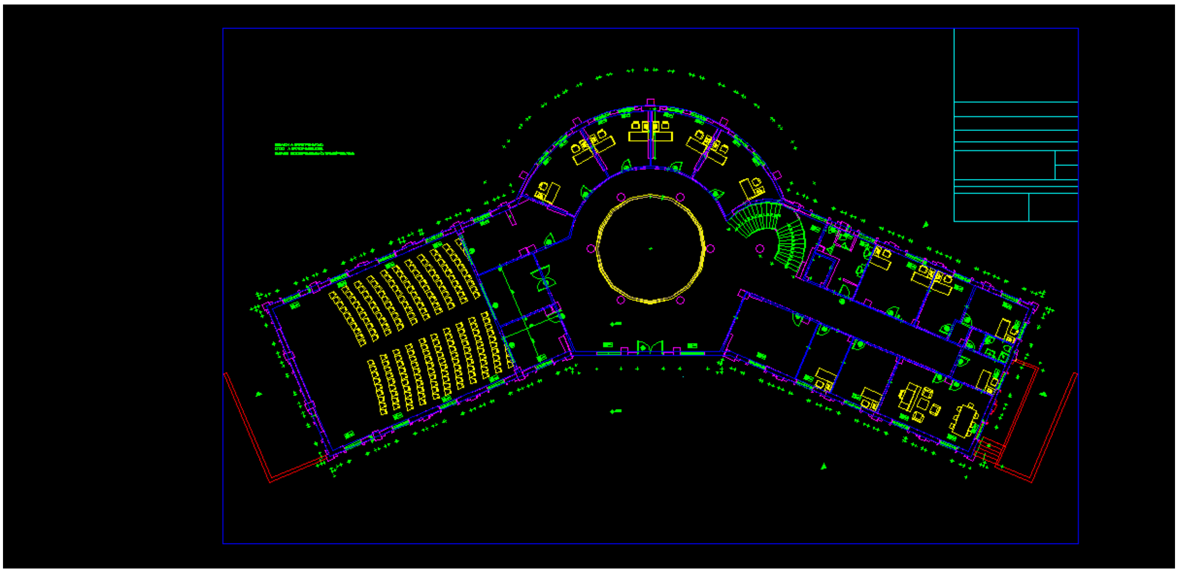
7.1 Μελέτη κτηρίου

Το εν λόγω κτήριο, με συνολική επιφάνεια όλων των ορόφων 2500 m² βρίσκεται στην περιοχή Πεζών που ανήκει στο Δήμο «Ν. Καζαντζάκης» του Ν. Ηρακλείου στην Κρήτη. Πρόκειται να στεγάσει το δημαρχείο και βρίσκεται ακόμα στο στάδιο κατασκευής του. Στα σχήματα 7.1, 7.2, 7.3 φαίνονται η κάτοψη του υπογείου, του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα ενώ στο σχήμα 7.4 φαίνεται το διάγραμμα κάλυψης.

Σχήμα 7.1: Κάτοψη του υπογείου



Σχήμα 7.2: Κάτοψη του ισογείου



Σχήμα 7.3: κάτοψη του ορόφου

Σχήμα 7.4: Διάγραμμα κάλυψης

Στον πίνακα 7.1 παρατίθενται τα υλικά κατασκευής του κτηρίου με τις θερμικές τους ιδιότητες και στον πίνακα 7.2 ο τύπος των παραθύρων.

Πίνακας 7.1: Υλικά κατασκευής του κτηρίου (Δήμος Ν. Καζαντζάκη)

	Περιγραφή	Συνολικό πάχος (cm)	u-value (W/m^2K)
Πάτωμα	Μάρμαρο, μόνωση 2cm, μπετόν	34	0,961

υπογείου	30cm πυκνότητας 2000kg/m^3,		
Πάτωμα ισογείου	Μάρμαρο 2cm, μπετόν 20cm πυκνότητας 2000kg/m^3, σοβάς	22,2	2,199
Πάτωμα ορόφου	Μάρμαρο 2cm, μπετόν 20cm πυκνότητας 2000kg/m^3, σοβάς	22,2	2,199
Οροφή	Πίσσα οροφής, μόνωση 2,5cm, μπετόν 20cm πυκνότητας 2000kg/m^3, σοβάς	24	0,901
Εξωτερικοί τοίχοι υπογείου	Πίσσα, μπετόν 30cm πυκνότητας 2000kg/m^3, σοβάς	32,5	1,382
Εξωτερικοί τοίχοι	Μπλόκος 10cm – μόνωση 2cm – μπλόκος 10cm, σοβαντισμένος και από τις 2 πλευρές	15	1,185
Εσωτερικοί τοίχοι	Γυψοσανίδα με ενδιάμεση στρώση πετροβάμβακα	12	0,991

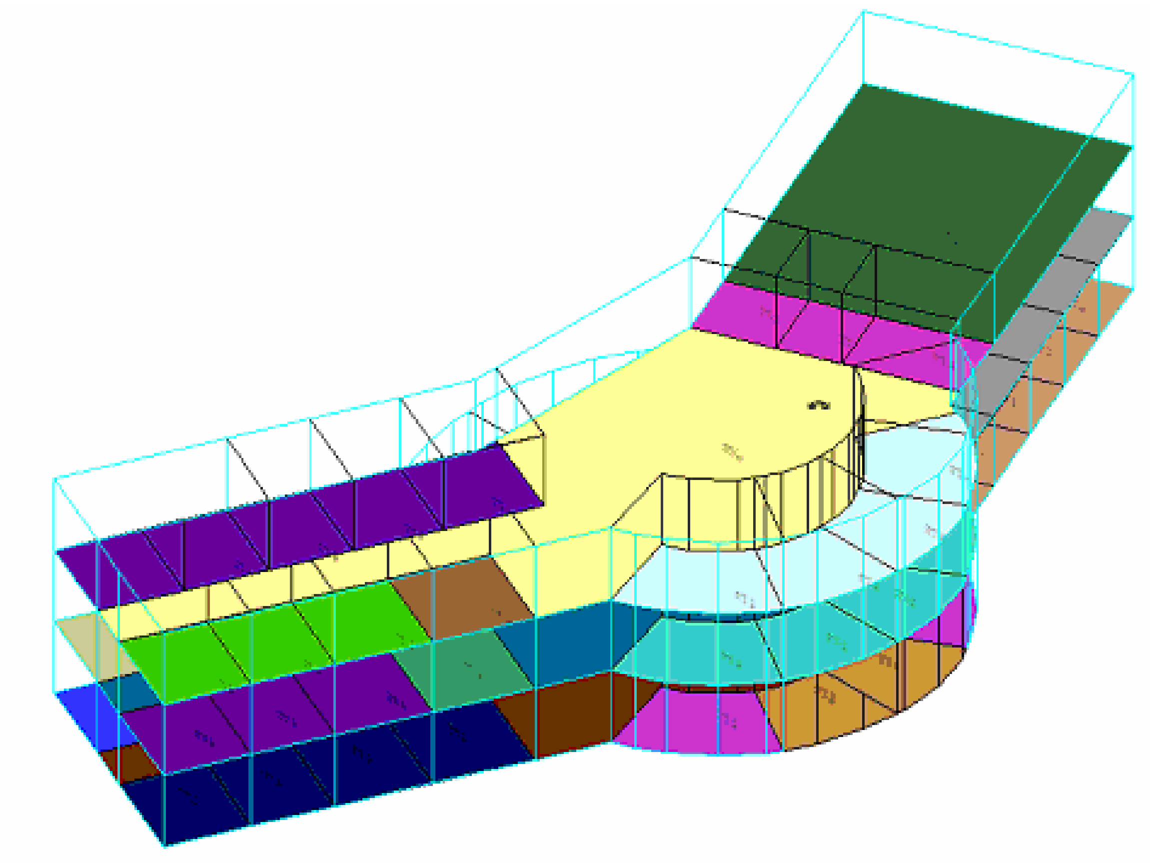
Πίνακας 7.2: Πληροφορίες για τα ανοίγματα του κτηρίου (Δήμος Ν. Καζαντζάκη)

Περιγραφή	u value (W/m^{2}K)	g value (%)
Παράθυρο αλουμινίου με διπλό τζάμι	2,7	0,77

- Το χρώμα των εξωτερικών τοίχων αναμένεται να είναι κρεμ ή άσπρο.

7.1.1 Κατασκευή προφίλ του κτηρίου

Στο σχήμα 7.5 παρουσιάζεται το προφίλ του κτηρίου όπως κατασκευάστηκε με το λογισμικό SimCad. Μπορούμε να διακρίνουμε τους ορόφους, ενώ με διαφορετικά χρώματα προσδιορίζονται οι διαφορετικές θερμικές ζώνες.



Σχήμα 7.5: Το κτήριο σε ψηφιοποιημένη μορφή μέσω του λογισμικού SimCad

Στους πίνακες 7.3, 7.4 και 7.5 προσδιορίζονται πλήρως οι θερμικές ζώνες του υπογείου, του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα. Οι πληροφορίες που περιέχονται στους πίνακες αφορούν το όνομα της θερμικής ζώνης, τον όροφο στον οποίο ανήκει, τον όγκο και την επιφάνεια που καταλαμβάνει, τον αριθμό και την επιφάνεια των παραθύρων καθώς επίσης τους πραγματικούς χώρους που περιέχονται σε κάθε θερμική ζώνη.

Πίνακας 7.3: Προσδιορισμός θερμικών ζωνών υπογείου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Ανοίγματα			Χώροι που περιέχονται
				Αριθμός	επιφάνεια	τύπος	
zone0_1	Υπόγειο	403,86	107,98	5	2,66	Παράθυρο	γραφείο γραφείο γραφείο γραφείο γραφείο

zone0_2	Υπόγειο	863,33	230,84	1	3,92	Πόρτα	Αποθηκευτικός χώρος
zone0_3	Υπόγειο	253,92	67,89	0	0		W.C.
zone0_4	Υπόγειο	377,99	101,07	1	2,66	Παράθυρο	κυλικείο γραφείο γραφείο γραφείο γραφείο
zone0_5	Υπόγειο	322,54	86,24	5	2,66	Παράθυρο	γραφείο γραφείο γραφείο γραφείο
zone0_6	Υπόγειο	200,19	53,53	4	2,66	Παράθυρο	γραφείο γραφείο
zone0_8	Υπόγειο	795,93	212,82	3	3,92	Πόρτα	κεντρικός χώρος

Πίνακας 7.4: Προσδιορισμός θερμικών ζωνών ισογείου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Ανοίγματα			Χώροι που περιέχονται
				Αριθμός	επιφά νεια	τύπος	
zone1_1	Ισόγειο	922,34	246,6	9	2,66	Παράθυρο	Ενιαίος χώρος
zone1_2	Ισόγειο	1051,3	281,12	4	2,66	Πόρτα	Χώρος εισόδου
zone1_3	Ισόγειο	377,99	101,07	6	2,66	Παράθυρο	τηλ.κέντρο, οικονομική υπηρεσία, πρόεδρος γραμματεία, τεχνική υπηρεσία, λογιστήριο
zone1_4	Ισόγειο	233,86	62,53	2	2,66	Παράθυρο	Προιστάμενος τεχνικής υπηρεσίας, τεχνική υπηρεσία1, υπηρεσία τεχνική
zone1_5	Ισόγειο	88,68	23,71	1	2,66	Παράθυρο	WC
zone1_6	Ισόγειο	358,16	95,77	8	2,66	Παράθυρο	Γραφείο1, γραφείο2, γραφείο3, γραφείο4

Πίνακας 7.5: προσδιορισμός θερμικών ζωνών ορόφου

Θερμική ζώνη	Όροφος	Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Ανοίγματα			Χώροι που περιέχονται
				Αριθμός	επιφάνεια	τύπος	
zone2_1	Όροφος	744,25	199	8	2,66	Παράθυρο	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων
zone2_2	Όροφος	1051,3	281,12	2	2,96	Παράθυρο	χώρος εισόδου
zone2_3	Όροφος	377,99	101,07	6	2,66	Παράθυρο	Επιτροπών ΔΣ, γραμματεία ΔΣ, Πρόεδρος ΔΣ, Δήμαρχος
zone2_4	Όροφος	233,86	62,53	4	2,66	Παράθυρο	Συμβούλων ειδικών συνεργατών, αντιδήμαρχος1, αντιδήμαρχος2
zone2_5	Όροφος	88,68	23,71	1	2,66	Παράθυρο	WC
zone2_6	Όροφος	358,16	95,77	8	2,66	Παράθυρο	Γραφείο1, γραφείο2, γραφείο3, γραφείο4
zone2_7	Όροφος	178,11	47,62	0	0	0	Αίθουσα1, αίθουσα2, αίθουσα3

7.1.2 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης

- ***Απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας***

Ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, με βάση το χρώμα των τοίχων και σύμφωνα με τον πίνακα 5.1 είναι 0.4.

- ***Απαιτήσεις εξαερισμού***

Οι απαιτήσεις εξαερισμού υπολογίστηκαν με βάση τον πίνακα 5.2, ανάλογα με τη χρήση του κάθε χώρου.

- ***Διείσδυση αέρα***

Η διείσδυση του αέρα στο κτήριο υπολογίστηκε από το πρόγραμμα TRNSYS αυτοματοποιημένα με βάση την ποιότητα των ανοιγμάτων, την ένταση και διεύθυνση του αέρα και την διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας.

- ***Φωτισμός***

Ο φωτισμός που επιλέξαμε, από τη στιγμή που δεν έχουν εγκατασταθεί ακόμα τα φωτιστικά στο συγκεκριμένο κτήριο, είναι λαμπτήρες φθορισμού, έντασης 12-13 W/m^2 σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 5.3.

- ***Ανθρώπινη δραστηριότητα***

Επιλέχθηκε η τέταρτη κατηγορία του πίνακα 5.4 που αναφέρεται σε καθιστική εργασία - δουλειά γραφείου.

- ***Υπολογιστές***

Όσον αφορά τους υπολογιστές, από τη βάση δεδομένων του προγράμματος επιλέχθηκε υπολογιστής ισχύος 250W με έγχρωμη οθόνη.

- ***Πρόγραμμα λειτουργίας***

Το πρόγραμμα που κατασκευάστηκε για να τρέξει η προσομοίωση είναι ενδεικτικό και παρουσιάζεται στον πίνακα 7.6. Όσον αφορά την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων προγραμματίστηκε να λειτουργεί μια φορά την εβδομάδα για πιο ρεαλιστική προσομοίωση.

Πίνακας 7.6: Εβδομαδιαίο πρόγραμμα λειτουργίας

Μέρες εβδομάδας	Δραστηριότητα	Κλιματισμός
Δευτέρα	8:00 – 17:00	7:00 – 17:00
Τρίτη	8:00 – 17:00	7:00 – 17:00
Τετάρτη	8:00 – 17:00	7:00 – 17:00
Πέμπτη	8:00 – 17:00	7:00 – 17:00
Παρασκευή	8:00 – 17:00	7:00 – 17:00
Σαββάτο	10:00 – 16:00	10:00 – 16:00

Κυριακή	-	-

➢ ***Επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού χώρου***

Οι εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού που επιλέχθηκαν με βάση τους πίνακες 5.5 και 5.6 είναι: 22 ˚C, 35% υγρασία για το χειμώνα, 26 ˚C, 50% υγρασία για το καλοκαίρι.

- ***Πίνακες προσομοίωσης***

Στους πίνακες 7.7, 7.8 και 7.9 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των παραμέτρων προσομοίωσης για το υπόγειο, το ισόγειο και τον όροφο αντίστοιχα με σκοπό τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας.

Πίνακας 7.7: Μέσες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης για το υπόγειο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltration**	**Ventilation 1/h**	**persons**	**computer**	**Light W/m^2**
zone0_1	22	35	26	50	input	0,7	5	5	13
zone0_2	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
zone0_3	22	35	26	50	input	0,8	-	-	13
zone0_4	22	35	26	50	input	0,7	5	4	13
zone0_5	22	35	26	50	input	0,7	4	4	13
zone0_6	22	35	26	50	input	0,7	3	3	13
zone0_8	22	35	26	50	input	0,4	3	-	13

Πίνακας 7.8: Μέσες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης για το ισόγειο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltration**	**Ventilation 1/h**	**persons**	**computer**	**Light W/m^2**
zone1_1	22	35	26	50	input	1	15	-	13
zone1_2	22	35	26	50	input	0,4	3	-	13
zone1_3	22	35	26	50	input	0,7	5	4	13

zone1_4	22	35	26	50	input	0,7	4	4	13
zone1_5	22	35	26	50	input	0,8	-	-	13
zone1_6	22	35	26	50	input	0,7	4	4	13

Πίνακας 7.9: Μέσες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης για τον όροφο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltrat ion**	**Ventila tion 1/h**	**persons**	**comput er**	**Light W/m²**
zone2_1	22	35	26	50	input	3	65	-	13
zone2_2	22	35	26	50	input	0,4	3	-	13
zone2_3	22	35	26	50	input	0,7	2	2	13
zone2_4	22	35	26	50	input	0,7	2	-	13
zone2_5	22	35	26	50	input	0,8	-	-	13
zone2_6	22	35	26	50	input	0,7	4	4	13
zone2_7	22	35	26	50	input	0,7	-	-	13

Στους πίνακες 7.10, 7.11 και 7.12 παρουσιάζονται οι δυσμενέστερες για την θερινή περίοδο τιμές των παραμέτρων προσομοίωσης για το υπόγειο, το ισόγειο και τον όροφο αντίστοιχα με σκοπό την εύρεση της ισχύος της μονάδας ψύξης.

Πίνακας 7.10: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης θερινής περιόδου για το υπόγειο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltrat ion**	**Ventila tion 1/h**	**persons**	**comput er**	**Light W/m²**
zone0_1	22	35	25	50	input	0,7	10	10	13
zone0_2	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
zone0_3	22	35	25	50	input	0,8	-	-	13

zone0_4	22	35	25	50	input	0,7	10	8	13
zone0_5	22	35	25	50	input	0,7	8	8	13
zone0_6	22	35	25	50	input	0,7	5	5	13
zone0_8	22	35	25	50	input	0,4	5	-	13

Πίνακας 7.11: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης θερινής περιόδου για το ισόγειο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltrat ion**	**Ventilat ion 1/h**	**persons**	**comput er**	**Light W/m²**
zone1_1	22	35	25	50	input	1	20	-	13
zone1_2	22	35	25	50	input	0,4	5	-	13
zone1_3	22	35	25	50	input	0,7	9	8	13
zone1_4	22	35	25	50	input	0,7	7	7	13
zone1_5	22	35	25	50	input	0,8	-	-	13
zone1_6	22	35	25	50	input	0,7	8	8	13

Πίνακας 7.12: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης θερινής περιόδου για τον όροφο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**Tempe rature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltrat ion**	**Ventila tion 1/h**	**persons**	**comput er**	**Light W/m²**
zone2_1	22	35	25	50	input	3	65	-	13
zone2_2	22	35	25	50	input	0,4	5	-	13
zone2_3	22	35	25	50	input	0,7	4	4	13
zone2_4	22	35	25	50	input	0,7	4	-	13
zone2_5	22	35	25	50	input	0,8	-	-	13
zone2_6	22	35	25	50	input	0,7	8	8	13
zone2_7	22	35	25	50	input	0,7	-	-	13

Στους πίνακες 7.13, 7.14 και 7.15 παρουσιάζονται οι δυσμενέστερες για την χειμερινή περίοδο τιμές των παραμέτρων προσομοίωσης για το υπόγειο, το ισόγειο και τον όροφο αντίστοιχα με σκοπό την εύρεση της ισχύος της μονάδας θέρμανσης.

Πίνακας 7.13: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης χειμερινής περιόδου για το υπόγειο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	Temperature ˚C	rel. humidity %	Temperature ˚C	rel. humidity %	infiltration	Ventilation 1/h	persons	computer	Light W/m^2
zone0_1	23	35	26	50	input	0,7	3	3	13
zone0_2	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
zone0_3	23	35	26	50	input	0,8	-	-	13
zone0_4	23	35	26	50	input	0,7	3	3	13
zone0_5	23	35	26	50	input	0,7	2	2	13
zone0_6	23	35	26	50	input	0,7	2	2	13
zone0_8	23	35	26	50	input	0,4	2	-	13

Πίνακας 7.14: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης χειμερινής περιόδου για το ισόγειο

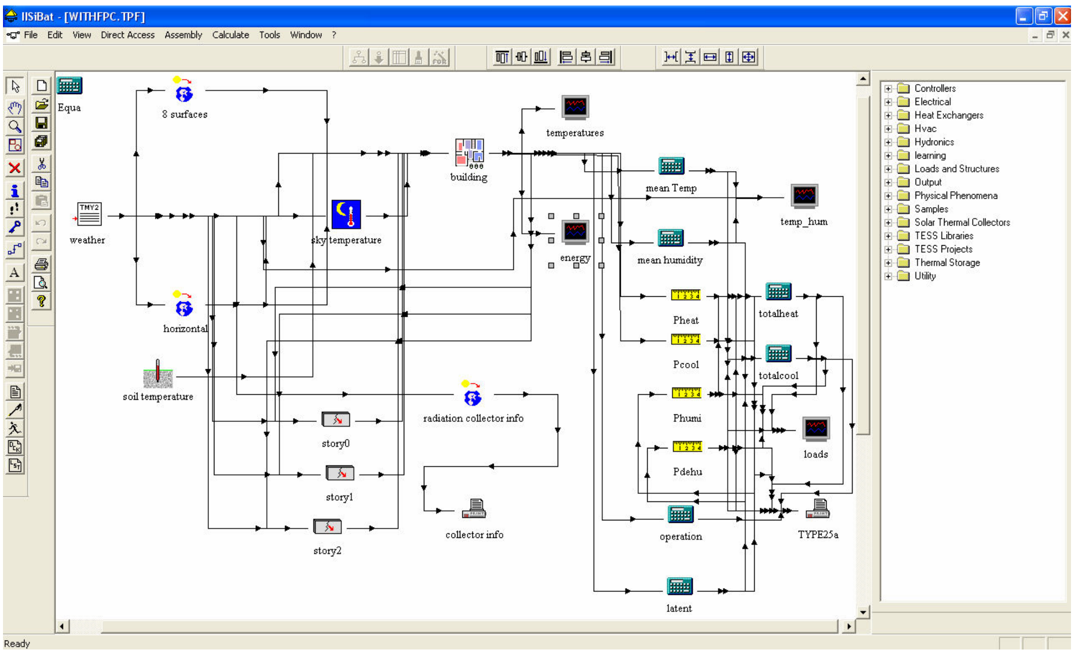
	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	Temperature ˚C	rel. humidity %	Temperature ˚C	rel. humidity %	infiltration	Ventilation 1/h	persons	computer	Light W/m^2
zone1_1	23	35	26	50	input	1	7	-	13
zone1_2	23	35	26	50	input	0,4	2	-	13
zone1_3	23	35	26	50	input	0,7	3	2	13
zone1_4	23	35	26	50	input	0,7	2	2	13
zone1_5	23	35	26	50	input	0,8	-	-	13
zone1_6	23	35	26	50	input	0,7	2	2	13

Πίνακας 7.15: Δυσμενέστερες τιμές παραμέτρων προσομοίωσης χειμερινής περιόδου για τον όροφο

	heating		cooling				gains		
Θερμική ζώνη	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**Temperature ˚C**	**rel. humidity %**	**infiltration**	**Ventilation 1/h**	**persons**	**computer**	**Light W/m²**
zone2_1	23	35	25	50	input	3	30	-	13
zone2_2	23	35	25	50	input	0,4	2	-	13
zone2_3	23	35	25	50	input	0,7	1	1	13
zone2_4	23	35	25	50	input	0,7	1	-	13
zone2_5	23	35	25	50	input	0,8	-	-	13
zone2_6	23	35	25	50	input	0,7	2	2	13
zone2_7	23	35	25	50	input	0,7	-	-	13

7.1.3 Προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου

Το μοντέλο που κατασκευάστηκε στο TRNSYS για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης, καθώς επίσης για την κατασκευή του αρχείου εισαγωγής του προγράμματος SACE φαίνεται στο σχήμα 7.6.



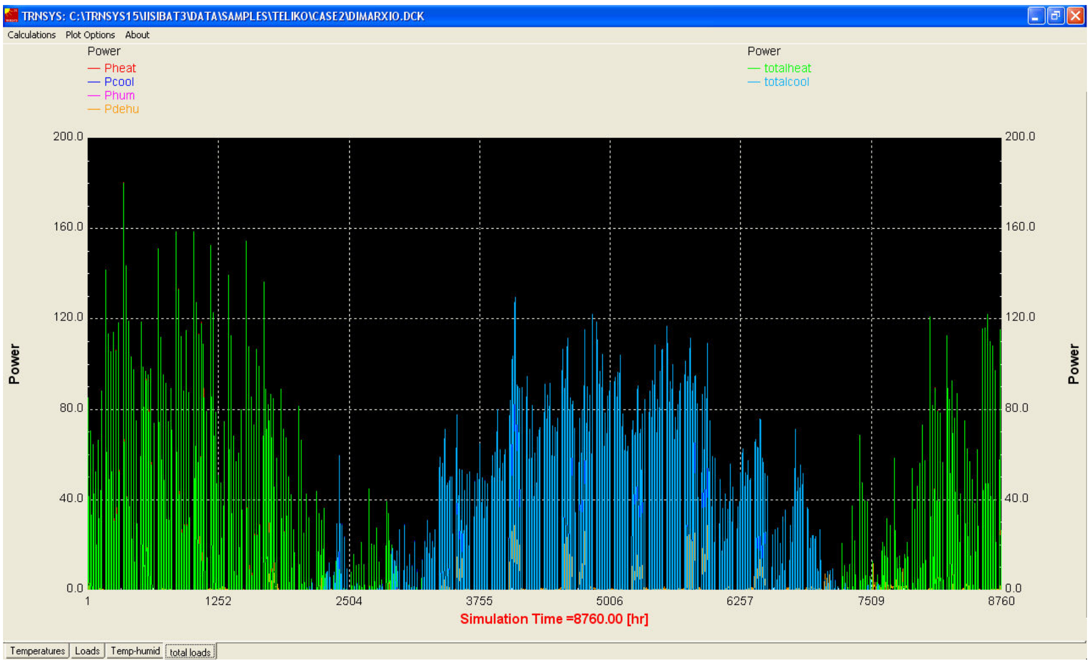
Σχήμα 7.6: Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο TRNSYS για τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου

7.1.3.1 Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη & θέρμανση

Εξετάστηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου για δύο περιπτώσεις: την περίπτωση που η οροφή είναι καλυμμένη με ηλιακούς συλλέκτες με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σκίαση της οροφής κατά 70% και η περίπτωση που η οροφή δεν είναι καλυμμένη με ηλιακούς συλλέκτες.

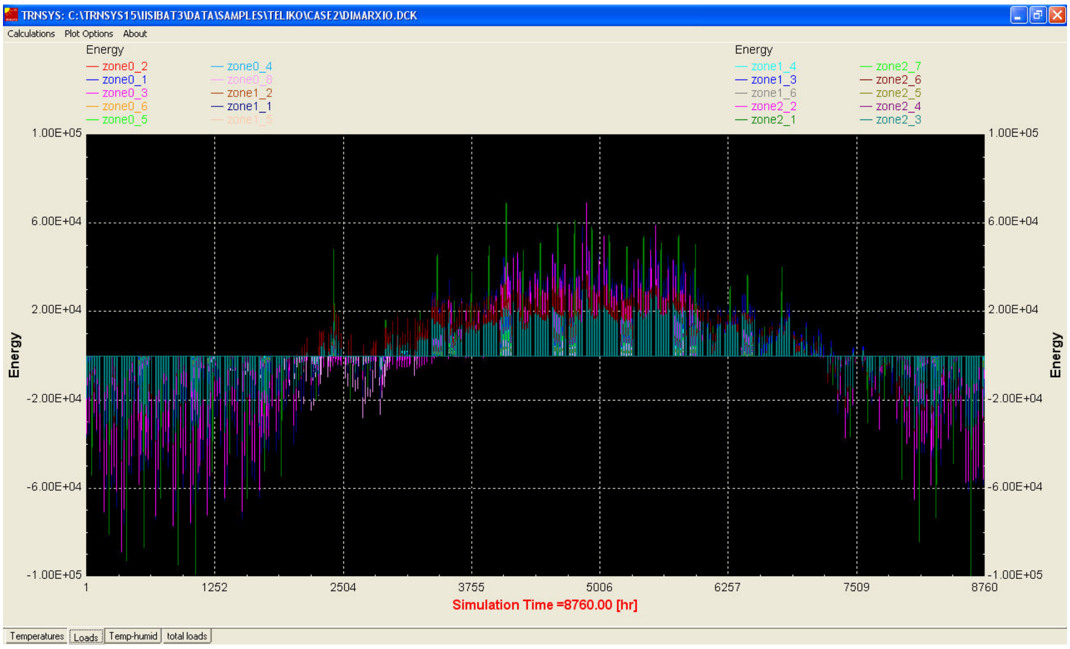
- ***Οροφή χωρίς ηλιακούς συλλέκτες***

Στο διάγραμμα 7.1 ο Y άξονας είναι ισχύς και ο X άξονας ο χρόνος. Πιο συγκεκριμένα με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται τα αισθητά φορτία θέρμανσης, με μπλε τα αισθητά φορτία ψύξης, με ροζ τα λανθάνοντα φορτία ύγρανσης, με κίτρινο τα λανθάνοντα φορτία αφύγρανσης, με πράσινο τα ολικά θερμικά φορτία και γαλάζιο τα ολικά φορτία ψύξης. Τα μέγιστα φορτία θέρμανσης παρατηρούνται κατά τον μήνα Ιανουάριο, ενώ τα μέγιστα φορτία ψύξης κατά τον μήνα Ιούλιο, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο.



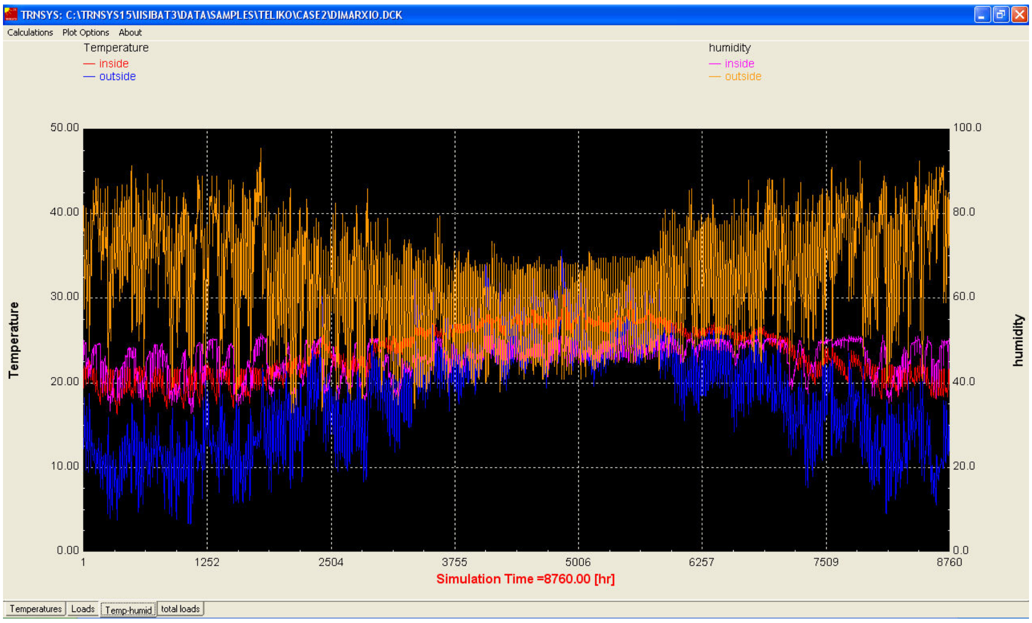
Διάγραμμα 7.1: Αισθητά, λανθάνοντα και ολικά απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανση χωρίς ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.2 απεικονίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για κάθε θερμική ζώνη χωριστά. Παρατηρούμε ότι οι ζώνες του υπογείου απαιτούν την χαμηλότερη ενέργεια, επειδή είναι προστατευμένες από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ενώ οι θερμικές ζώνες του ορόφου απαιτούν υψηλότερες ενέργειες. Οι πράσινες κορυφές οφείλονται στη αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.



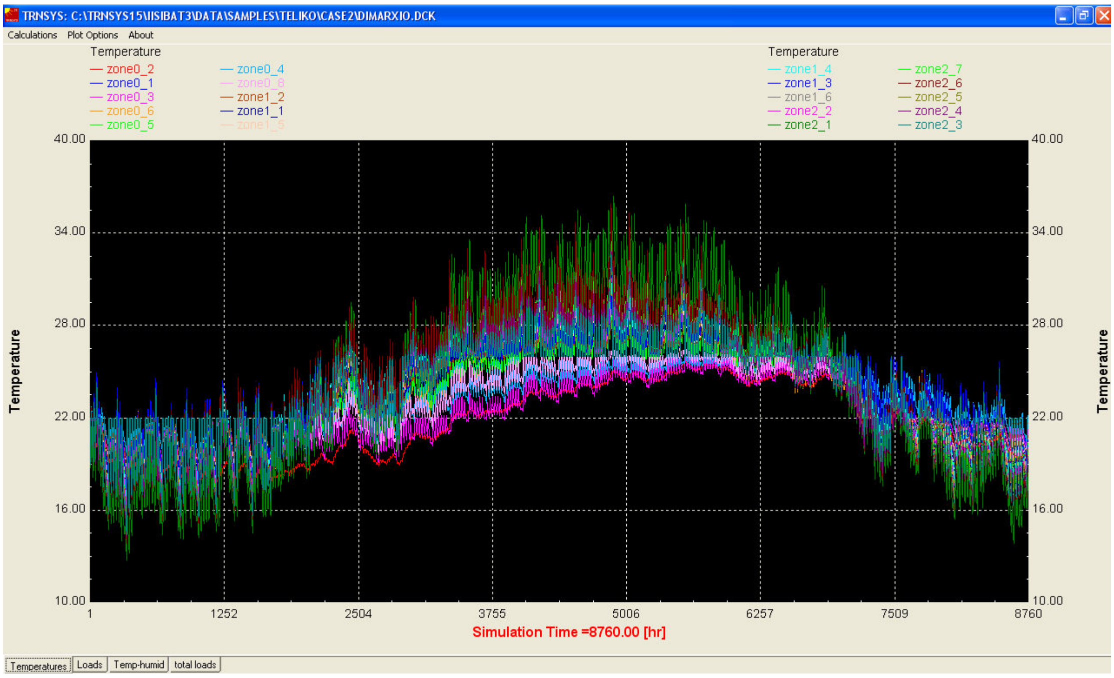
Διάγραμμα 7.2: Απαιτούμενα αισθητά φορτία για κάθε θερμική ζώνη χωρίς ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.3 ο αριστερός Υ άξονας είναι θερμοκρασία, ο δεξιός Υ άξονας υγρασία και ο άξονας Χ χρόνος. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται το ποσοστό της εξωτερικής σχετικής υγρασίας, με ροζ το ποσοστό της μέσης εσωτερικής σχετικής υγρασίας, με μπλε η εξωτερική υγρασία και με κόκκινο η εσωτερική μέση θερμοκρασία του κτηρίου. Παρατηρείται ότι οι εσωτερικές τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας πράγματι κυμαίνονται στα επιθυμητά όρια.



Διάγραμμα 7.3: Μέσες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου χωρίς ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.4 απεικονίζεται η θερμοκρασία της κάθε θερμικής ζώνης. Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία πέφτει αρκετά χαμηλά το χειμώνα και ανεβαίνει αρκετά ψηλά το καλοκαίρι. Αυτό οφείλεται στο ότι το κτήριο δεν κλιματίζεται επί 24ώρου βάσεως αλλά μόνο τις ώρες που υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα εντός του.



Διάγραμμα 7.4:Θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης χωρίς ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στον πίνακα 7.16 που ακολουθεί βλέπουμε τις μηνιαίες και ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και τα φορτία που προέρχονται από την διείσδυση αέρα, τον προκαθορισμένο εξαερισμό, την ηλιακή ακτινοβολία και τις εσωτερικές πηγές θερμότητας.

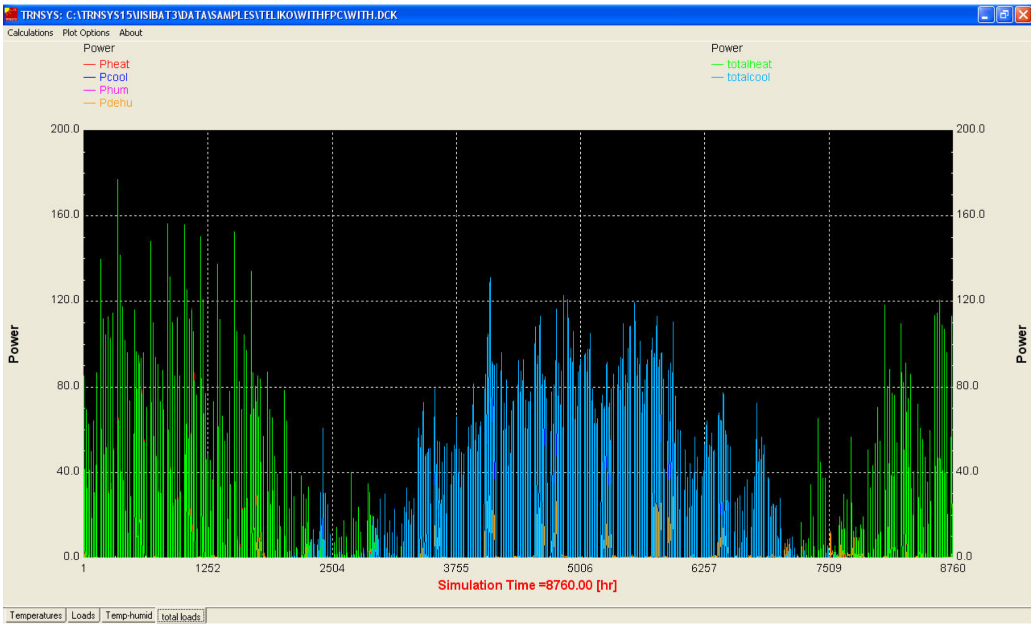
Πίνακας 7.16: Μηνιαία και ετήσια ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου χωρίς ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

MONTH	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]	INT_GAINS [KWH]
JAN	11115	0	-2326	-3986	3629	9684
FEB	9438	0	-2020	-3176	3847	8537
MAR	6400	8	-1819	-2788	5822	9523
APR	1032	941	-1330	-1693	8095	8907
MAY	373	5722	-802	-917	9658	9684
JUN	1	14089	-406	344	10680	9153
JUL	0	19818	-145	916	11060	9277
AUG	0	20015	-230	711	10260	9684
SEP	0	10723	-732	-491	8423	8783
OCT	74	3887	-1201	-1594	6266	9684
NOV	2099	32	-1447	-2276	3809	9277
DEC	8420	0	-2002	-3204	2871	9153
SUM	***38953***	***75235***	-14460	-18160	84420	111300

Η ετήσια ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση υπολογίστηκε στις 38,953 kWh και για ψύξη στις 75,235 kWh όταν η οροφή δεν είναι καλυμμένη με ηλιακούς συλλέκτες.

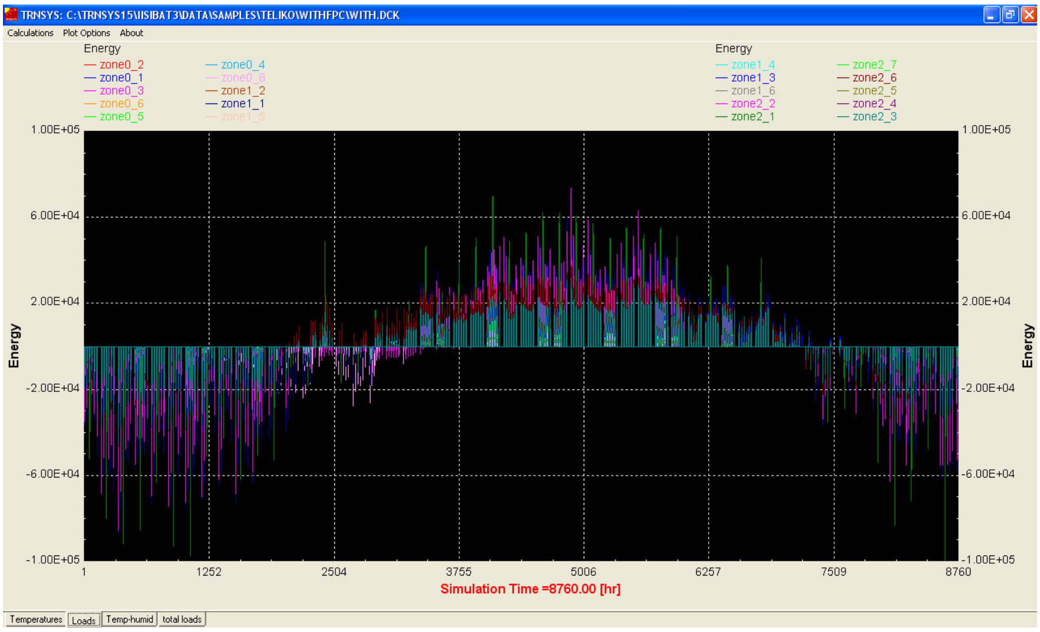
- ***Οροφή καλυμμένη με ηλιακούς συλλέκτες***

Στο διάγραμμα 7.5 οι Y άξονες είναι ισχύ και ο X άξονας χρόνος. Πιο συγκεκριμένα με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται τα αισθητά φορτία θέρμανσης, με μπλε τα αισθητά φορτία ψύξης, με ροζ τα λανθάνοντα φορτία ύγρανσης, με κίτρινο τα λανθάνοντα φορτία αφύγρανσης, με πράσινο τα ολικά θερμικά φορτία και γαλάζιο τα ολικά φορτία ψύξης. Τα μέγιστα φορτία θέρμανσης παρατηρούνται κατά τον μήνα Ιανουάριο, ενώ τα μέγιστα φορτία ψύξης κατά τον μήνα Ιούλιο, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο.



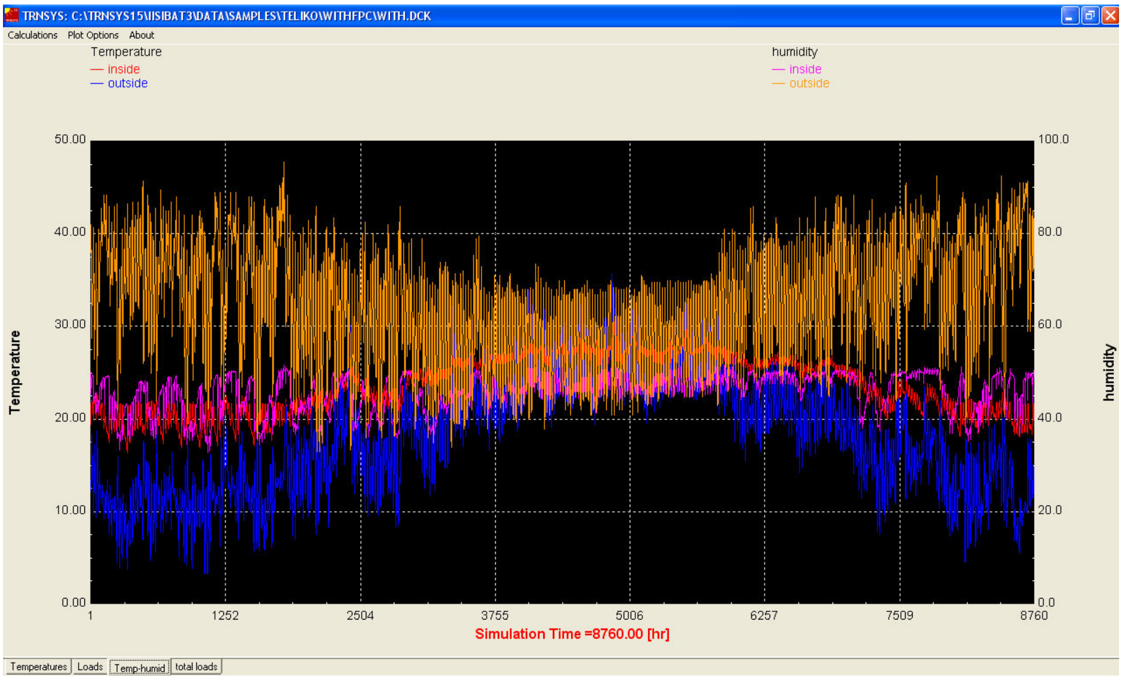
Διάγραμμα 7.5: Αισθητά, λανθάνοντα και ολικά απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανση με ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.6 απεικονίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για κάθε θερμική ζώνη χωριστά. Παρατηρούμε ότι η ζώνες του υπογείου απαιτούν την χαμηλότερη ενέργεια, επειδή είναι προστατευμένες από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ενώ οι θερμικές ζώνες του ορόφου απαιτούν υψηλότερες ενέργειες. Οι πράσινες κορυφές οφείλονται στη αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.



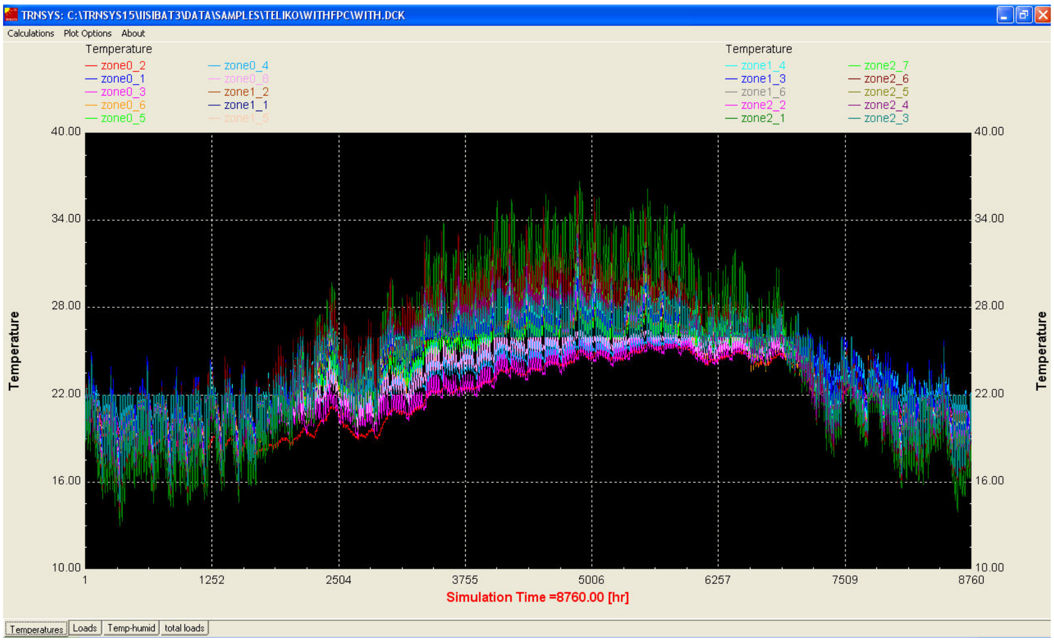
Διάγραμμα 7.6: Απαιτούμενα αισθητά φορτία για κάθε θερμική ζώνη με ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.7 ο αριστερός Υ άξονας είναι θερμοκρασία, ο δεξιός Υ άξονας υγρασία και ο άξονας Χ χρόνος. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται το ποσοστό της εξωτερικής σχετικής υγρασίας, με ροζ το ποσοστό της μέσης εσωτερικής σχετικής υγρασίας, με μπλε η εξωτερική υγρασία και με κόκκινο η εσωτερική μέση θερμοκρασία του κτηρίου. Παρατηρείται ότι οι εσωτερικές τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας πράγματι κυμαίνονται στα επιθυμητά όρια.



Διάγραμμα 7.7: Μέσες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου με ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

Στο διάγραμμα 7.8 απεικονίζεται η θερμοκρασία της κάθε θερμικής ζώνης. Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία πέφτει αρκετά χαμηλά το χειμώνα και ανεβαίνει αρκετά ψηλά το καλοκαίρι. Αυτό οφείλεται στο ότι το κτήριο δεν κλιματίζεται επί 24ώρου βάσεως αλλά μόνο τις ώρες που υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα εντός του.



Διάγραμμα 7.8: Θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης με ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή

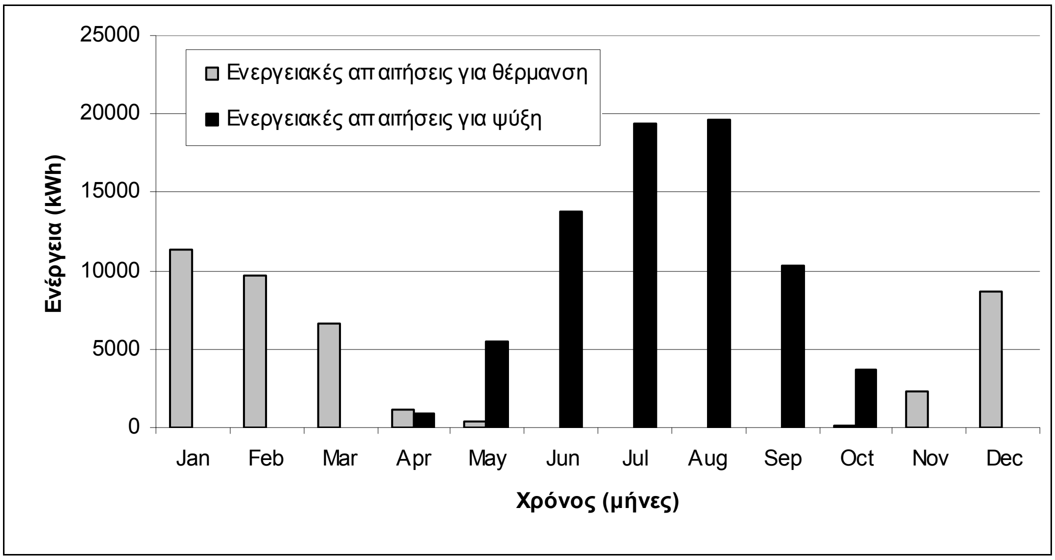
Στον πίνακα 7.17 που ακολουθεί βλέπουμε τις μηνιαίες και ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και τα φορτία που προέρχονται από την διείσδυση αέρα, τον προκαθορισμένο εξαερισμό, την ηλιακή ακτινοβολία και τις εσωτερικές πηγές θερμότητας.

Πίνακας 7.17: Μηνιαία και ετήσια ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου με ηλιακούς συλλέκτες στην οροφη

MONTH	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]	INT_GAINS [KWH]
JAN	11385	0	-2326	-3986	3629	9684
FEB	9674	0	-2020	-3176	3847	8537
MAR	6625	5	-1819	-2788	5822	9523
APR	1141	879	-1330	-1693	8095	8907
MAY	390	5427	-802	-917	9658	9684
JUN	2	13717	-406	344	10680	9153
JUL	0	19407	-145	916	11060	9277
AUG	0	19591	-230	711	10260	9684
SEP	0	10391	-732	-491	8423	8783
OCT	95	3692	-1201	-1594	6266	9684
NOV	2339	20	-1447	-2276	3809	9277
DEC	8660	0	-2002	-3204	2871	9153
SUM	***40311***	***73129***	-14460	-18160	84420	111300

Η ετήσια ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση υπολογίστηκε στις 40,311 kWh και για ψύξη στις 73,129 kWh όταν η οροφή είναι καλυμμένη με ηλιακούς συλλέκτες.

Στο διάγραμμα 7.9 απεικονίζονται γραφικά οι απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για κάθε μήνα.



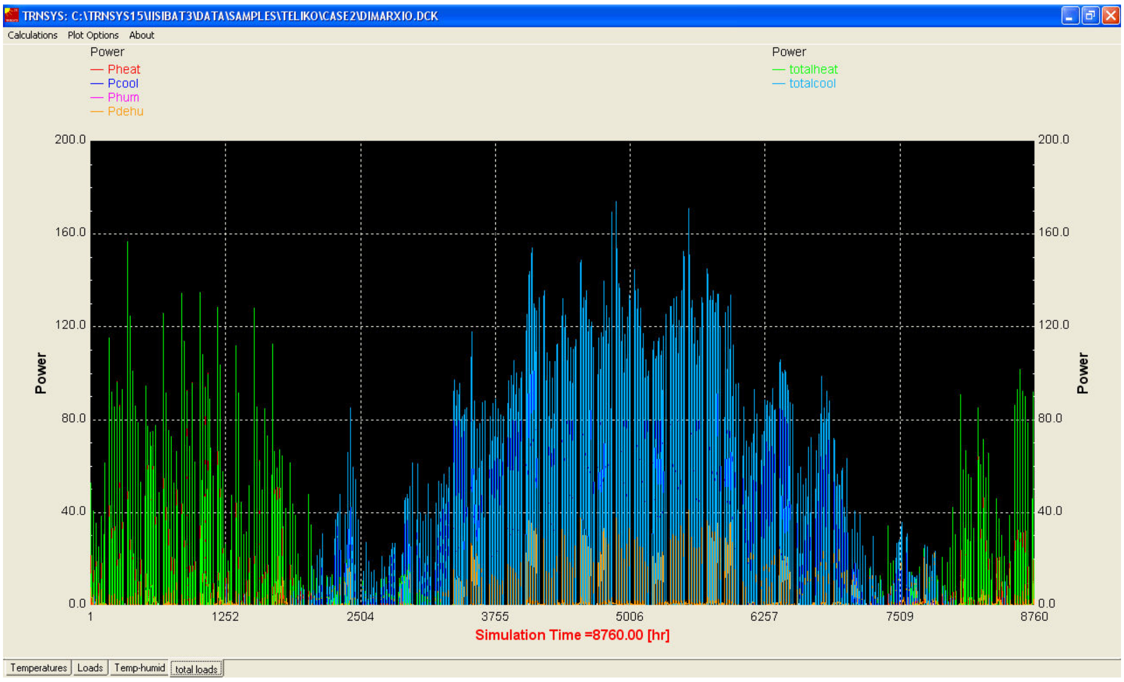
Διάγραμμα 7.9: Απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

7.1.3.2 Υπολογισμός της ισχύος του συστήματος ψύξης & θέρμανσης

- ***Σύστημα ψύξης***

Η συνθήκη σχεδιασμού θέρους που επιλέχθηκε είναι 1%. Πιο συγκεκριμένα, η ισχύς του συστήματος κλιματισμού θα είναι η αμέσως επόμενη τιμή των 30 μεγαλύτερων τιμών ωριαίων φορτίων ψύξης, που υπολογίστηκαν μέσω προσομοίωσης με το λογισμικό TRNSYS, με τις δυσμενέστερες εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες θέρους.

Στο διάγραμμα 7.10 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων ψύξης που προέκυψαν από προσομοίωση με τις δυσμενέστερες για την θερινή περίοδο συνθήκες.



Διάγραμμα 7.10: Μέγιστες τιμές φορτίων ψύξης

Στον πίνακα 7.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω προσομοίωση. Μέσω της συνθήκης σχεδιασμού θέρους οδηγούμαστε στην ισχύ του συστήματος ψύξης.

Πίνακας 7.18: Υπολογισμός της ισχύος της μονάδας ψύξης

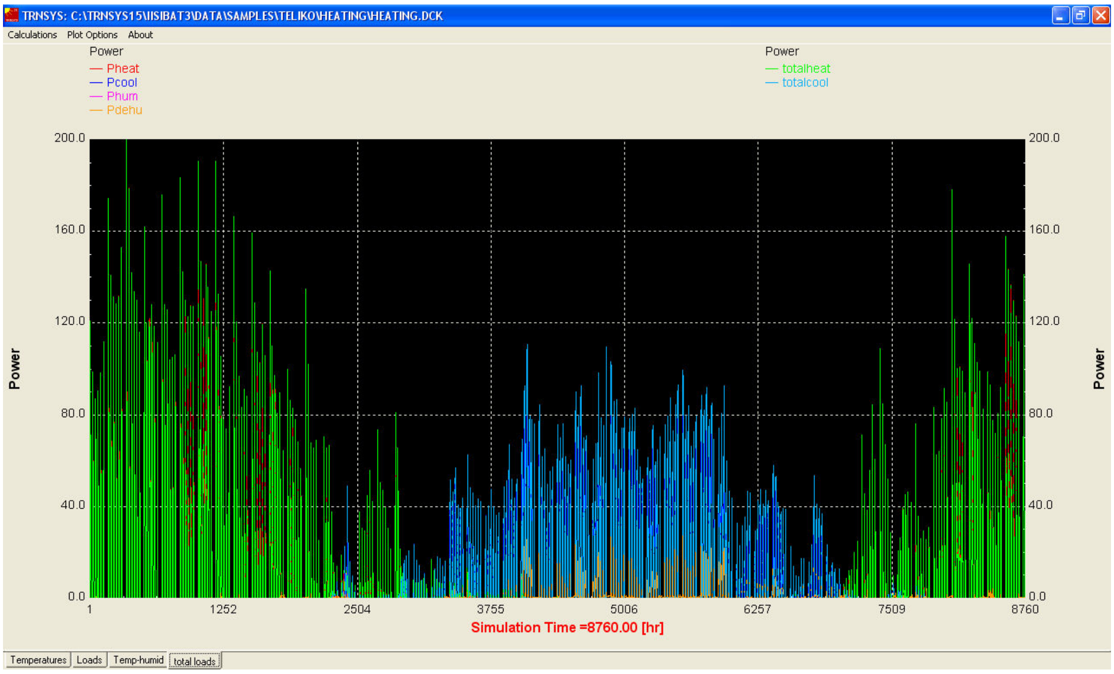
198,1	168,0	162,0
190,7	167,5	161,9
182,1	167,3	161,7
177,4	166,3	161,7
175,0	166,1	160,7
172,2	165,0	160,4
169,6	164,9	160,0
169,2	164,5	160,0
169,2	164,4	159,5
168,1	162,5	***158,9***

Η ισχύ της μονάδας ψύξης υπολογίστηκε σε 160 kW

- ***Σύστημα θέρμανσης***

Η συνθήκη σχεδιασμού χειμώνα που επιλέχθηκε είναι 1%. Πιο συγκεκριμένα, η ισχύς του συστήματος κλιματισμού θα είναι η αμέσως επόμενη τιμή των 30 μεγαλύτερων τιμών ωριαίων φορτίων θέρμανσης, που υπολογίστηκαν μέσω προσομοίωσης με το λογισμικό TRNSYS, με τις δυσμενέστερες εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες χειμώνα.

Στο διάγραμμα 7.11 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων θέρμανσης που προέκυψαν από προσομοίωση με τις δυσμενέστερες για την χειμερινή περίοδο συνθήκες.



Διάγραμμα 7.11: Μέγιστες τιμές φορτίων θέρμανσης

Στον πίνακα 7.19 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω προσομοίωση. Μέσω της συνθήκης σχεδιασμού χειμώνα οδηγούμαστε στην ισχύ του συστήματος θέρμανσης.

Πίνακας 7.19: Υπολογισμός της ισχύος της μονάδας θέρμανσης

217,0	159,7	141,6
191,0	158,1	141,0
190,8	153,3	139,0
183,6	147,2	136,6
178,9	146,1	135,6

178,2	145,5	135,0
176,0	143,3	134,1
174,5	143,0	133,9
166,8	142,6	132,6
162,1	142,3	***131,7***

Η ισχύ της μονάδας θέρμανσης υπολογίστηκε σε 130 kW

7.2 Επιλογή τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού

Επιλέγεται η τεχνολογία ηλιακού κλιματισμού κλειστού κύκλου με ψύκτη απορρόφησης επειδή:

i. Το κτήριο δε διαθέτει σύστημα αεραγωγών, οπότε αποκλείουμε τα συστήματα ανοικτού κύκλου
ii. Στην ψυκτική ισχύ που κυμαινόμαστε, οι μόνοι διαθέσιμοι ψύκτες στο εμπόριο είναι οι ψύκτες απορρόφησης

7.3 1^{o} στάδιο επιλογής εξοπλισμού και βελτιστοποίηση παραμέτρων λειτουργίας

7.3.1 Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη

Εξετάστηκαν 4 διαφορετικοί συλλέκτες όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις τιμές τους, οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 7.20.

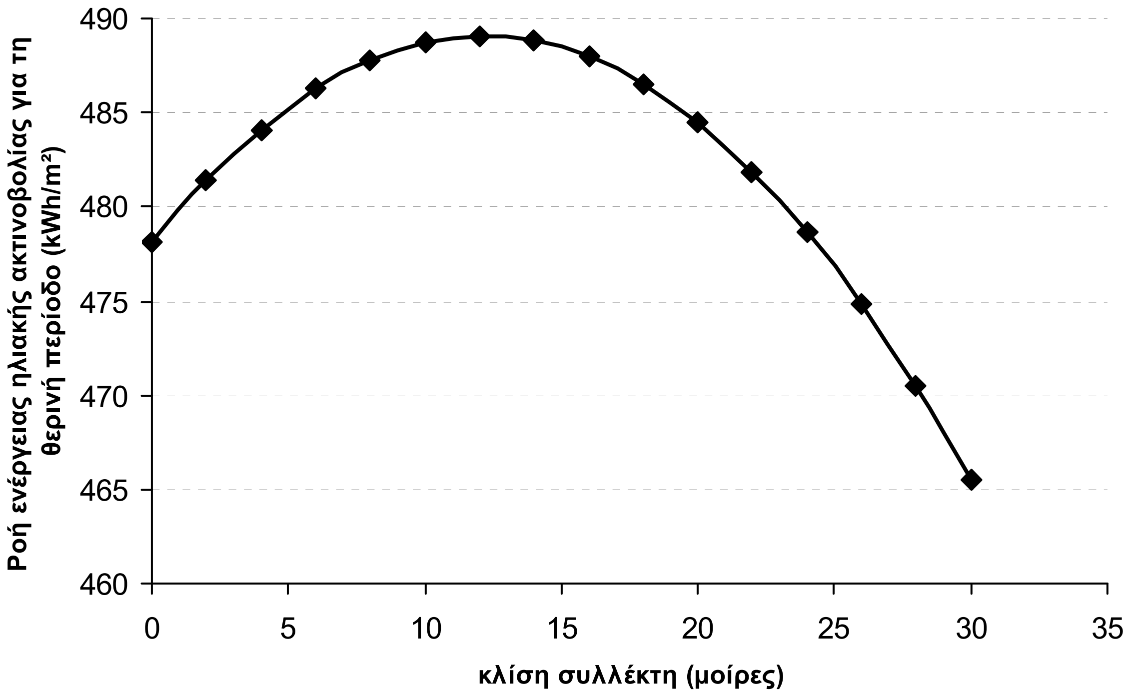
Πίνακας 7.20: Επιλογή τύπου ηλιακού συλλέκτη

Συλλέκτης	Τύπος	Fr(τα)	FrU_L	Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	€/m²	€/$kW_{θ=90°C}$
Α	FPC	0,78	8,7	2,340x1,060x0,095	168	1285 (7m²)
Β	FPCselective	0,72	4,86	2,340x1,060x0,095	228	903 (3,47m²)
Γ	FPCselective	0,833	4,25	2,190x1,279x0,089	180	466 (2,6m²)
Δ	VTC	0,58	1,8	1,610x1,600x0,110	402	1117 (2,78m²)

Από τους παραπάνω επιλέχθηκε ο συλλέκτης Γ λόγω του χαμηλότερου κόστους ανά kW θερμικής ισχύος σε θερμοκρασία 90°C. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία θεωρήθηκε για την διαδικασία σύγκρισης G=800W/m², η θερμοκρασία εισόδου t_i = 80°C και η θερμοκρασία περιβάλλοντος 26°C.

7.3.2 Βελτιστοποίηση γωνίας κλίσης ηλιακού συλλέκτη και κατάλληλου προσανατολισμού

Η βέλτιστη γωνία κλίσης των ηλιακών συλλεκτών υπολογίστηκε μεταξύ 10° - 15°, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 7.12.



Διάγραμμα 7.12: Επιλογή της βέλτιστης γωνίας κλίσης ηλιακών συλλεκτών

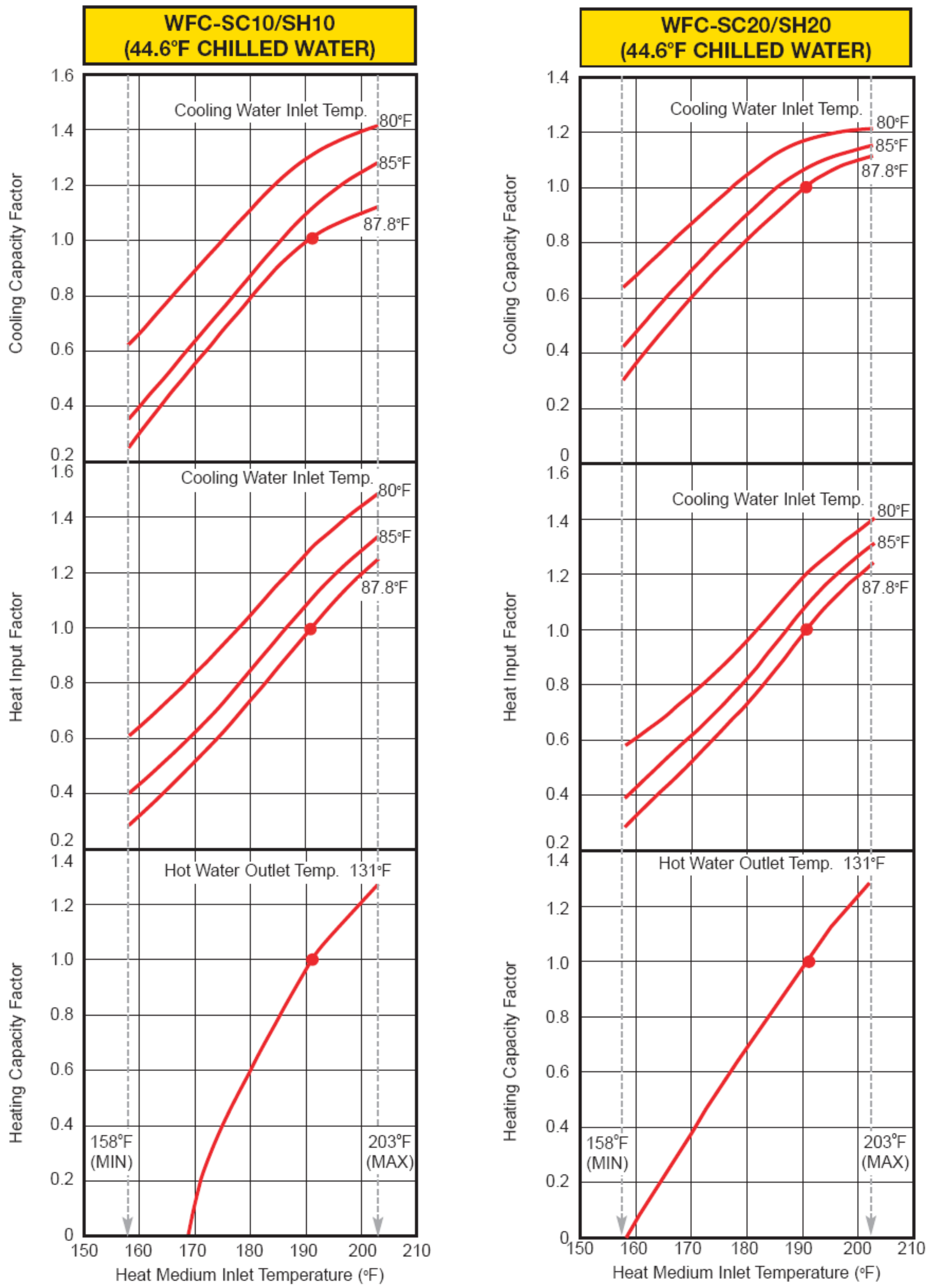
7.3.3 Επιλογή τύπου ψύκτη

Για την ανάγκη των υπολογισμών ήταν απαραίτητα κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά του ψύκτη απορρόφησης. Επιλέξαμε τη σειρά ψυκτών WFC της εταιρίας YZAKI. Τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν ισχύ 35, 70 και 105 kW. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα 7.21 και στα διαγράμματα 7.13 και 7.14.

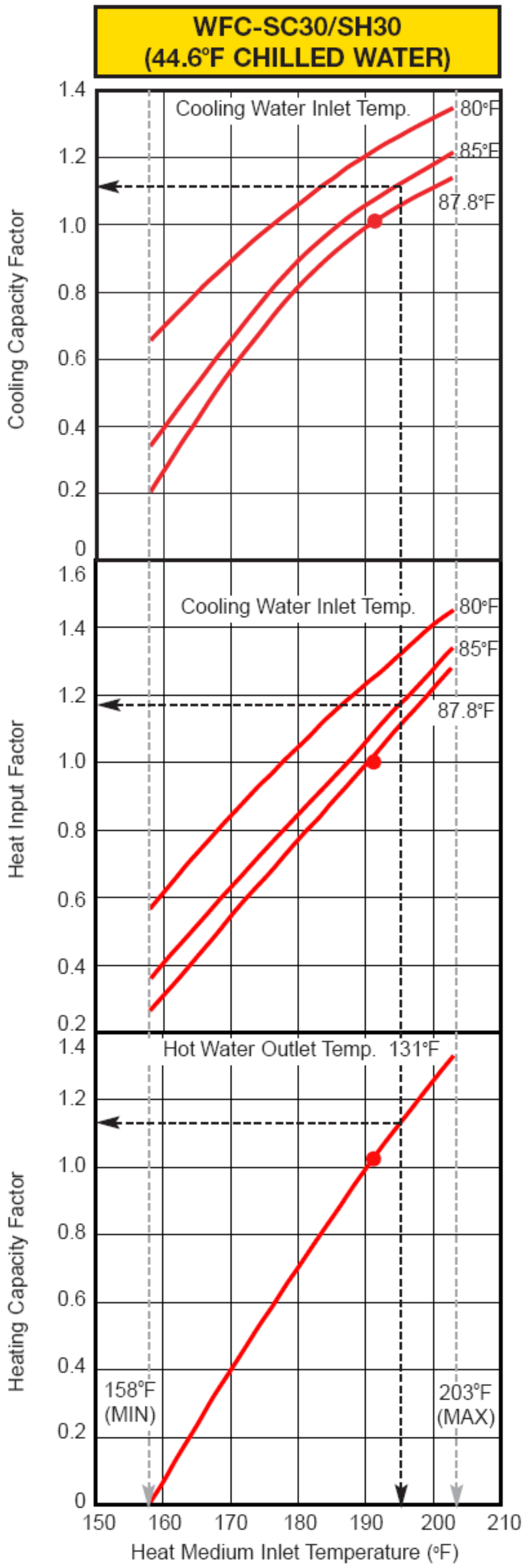
Πίνακας 7.21: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυκτών απορρόφησης

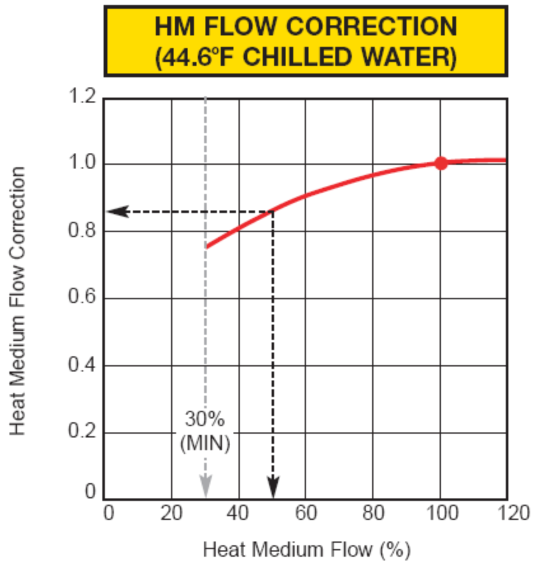
Model	WFC	SC10	SH10	SC20	SH20	SC30	SH30
Cooling	Capacity (Btu/hr x 1000)	120.0		240.0		360.0	
	Chilled Water Temp. (°F)	44.6 Outlet, 54.5 Inlet					
Heating	Capacity (Btu/hr x 1000)	—	166.3	—	332.6	—	498.9
	Hot Water Temp. (°F)	131.0 Outlet, 117.3 Inlet					
Chilled/Hot Water	Rated Water Flow (gpm)	24.2		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



Διάγραμμα 7.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυκτών απορρόφησης





ABSORPTION CHILLER HEAT BALANCE

HEAT IN = HEAT OUT

$Qg + Qe = Qc$

Where, Qg = Heat input to generator
Qe = Cooling capacity
Qc = Heat rejected to cooling tower

COOLING CAPACITY

Qe = CLG. CAP. FACTOR x HM FLOW CORRECTION x STD. CLG. CAPACITY

HEAT INPUT (COOLING)

Qg = HEAT INPUT FACTOR x HM FLOW CORRECTION x STD. HEAT INPUT

HEATING CAPACITY

Qh = HTG. CAP. FACTOR x HM FLOW CORRECTION x STD. HTG. CAPACITY

Where, Qh = Heating Capacity

HEAT INPUT (HEATING)

$$Qg = \frac{\text{HEATING CAPACITY}}{\text{EFFICIENCY}} = \frac{Qh}{0.97}$$

TEMPERATURE DIFFERENCE (°F)

$$\Delta T = \frac{\text{ADJUSTED CAPACITY OR HEAT INPUT (MBH)}}{0.5 \times \text{FLOW (gpm)}}$$

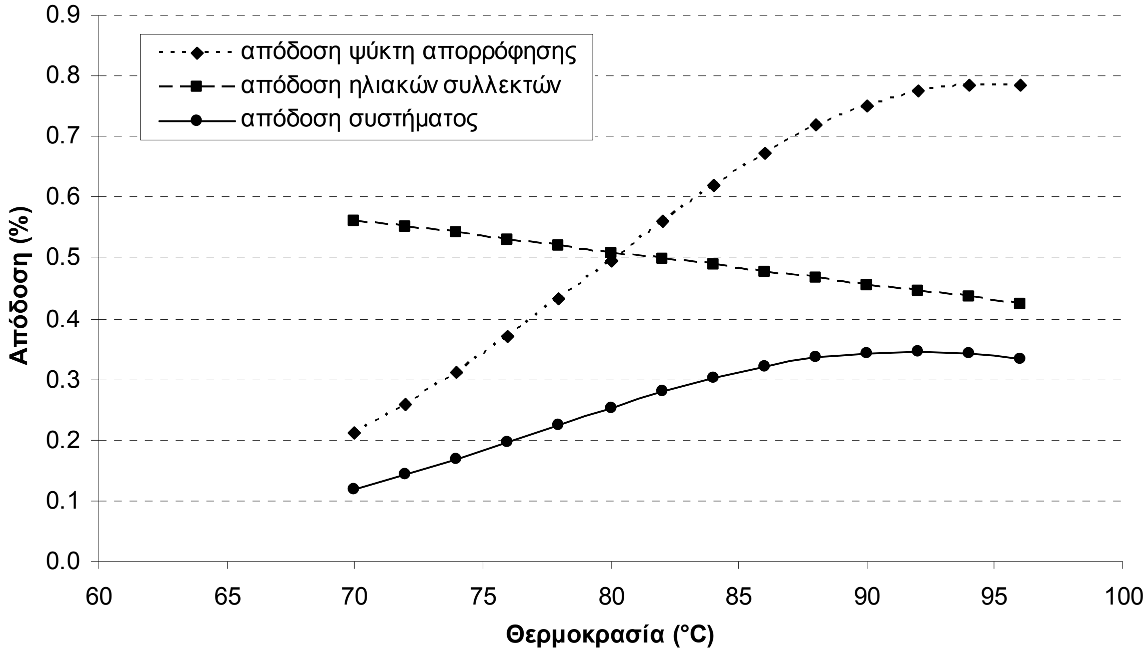
PRESS. DROP FOR NONSTANDARD FLOW (psi)

$$\Delta P = \text{STANDARD PRESS. DROP} \times \left(\frac{\text{NONSTANDARD FLOW}}{\text{STANDARD FLOW}}\right)^2$$

Διάγραμμα 7.14: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυκτών απορρόφησης

7.3.4 Βελτιστοποίηση θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος

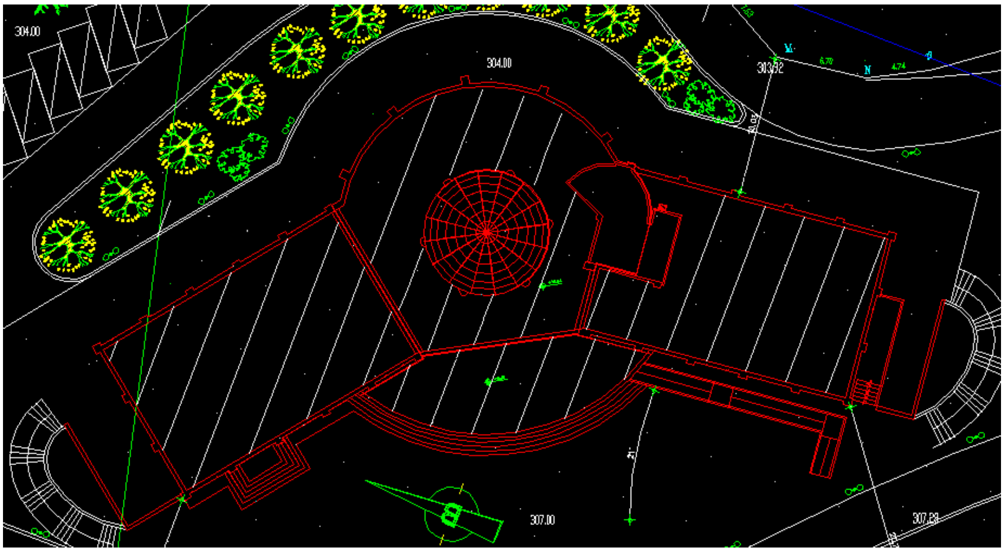
Η μέγιστη απόδοση του συστήματος υπολογίστηκε ότι επιτυγχάνεται στους 90 °C, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 7.15.



Διάγραμμα 7.15: Εύρεση της βέλτιστης θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος

7.3.5 Υπολογισμός του μέγιστου διαθέσιμου χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών

Όσον αφορά τους ηλιακούς συλλέκτες έχουμε περιορισμό στην επιφάνεια εγκατάστασης, η οποία είναι η οροφή του κτηρίου. Στο σχήμα 7.7 έχει βελτιστοποιηθεί η διάταξη των ηλιακών τύπου Γ (πίνακας 7.20), με περιθώριο 3 m μεταξύ των σειρών για να αποφύγουμε σκίαση μεταξύ των συλλεκτών. Προκύπτει ότι ο μέγιστος αριθμός ηλιακών συλλεκτών που μπορούν να εγκατασταθούν είναι 140 και η καθαρή συλλεκτική επιφάνειά τους 350m².



Σχήμα 7.7: Υπολογισμός μέγιστης δυνατότητας κάλυψης της οροφής από ηλιακούς συλλέκτες

7.4 Μελέτη σκοπιμότητας

Στον πίνακα 7.22 παρατίθενται τα αποτελέσματα από την μελέτη σκοπιμότητας ηλιακού κλιματισμού. Με βάση αυτά και την οικονομική μελέτη μέσω των σεναρίων θα καταλήξουμε στο κατά πόσο είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση μίας μονάδας ηλιακού κλιματισμού.

Η επιφάνεια του κτηρίου ορίστηκε στο λογισμικό SACE ίση με 500 m². Αυτό δεν επιφέρει καμία διαφοροποίηση στα αποτελέσματα του λογισμικού και μας προσφέρει καλύτερη ακρίβεια όσον αφορά την ειδική συλλεκτική επιφάνεια. Όπως έχουμε αναφέρει, η ειδική συλλεκτική επιφάνεια αντιπροσωπεύει το πηλίκο της κλιματιζόμενου χώρου προς την συλλεκτική επιφάνεια. Με την παραδοχή που κάναμε, η συλλεκτική επιφάνεια που θα μελετηθεί κυμαίνεται από 50 έως 500 m² με βήμα 50 m².

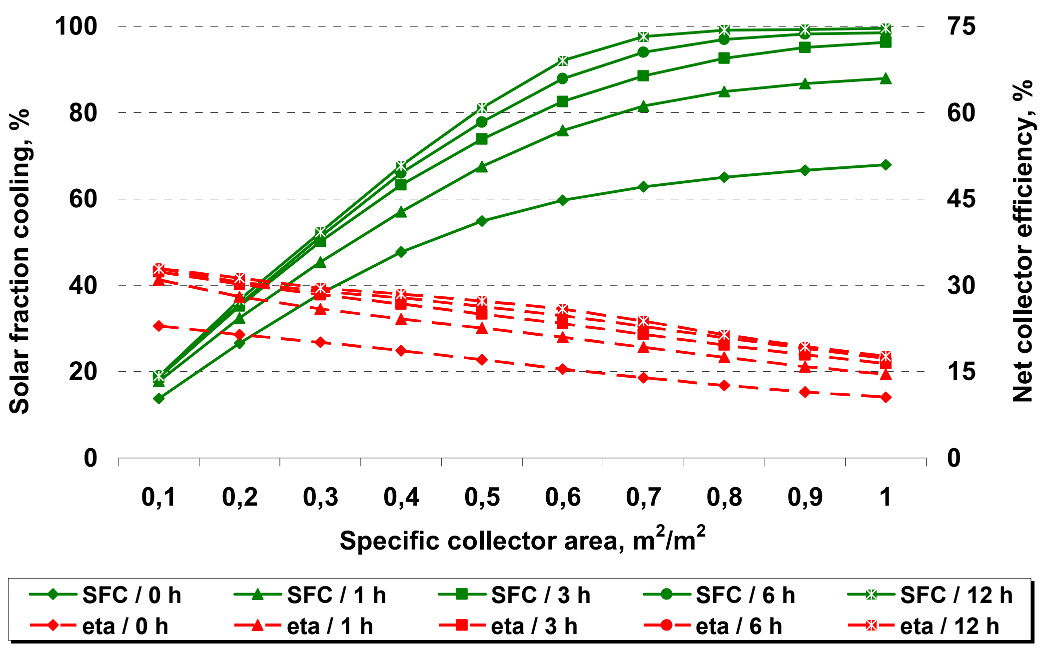
Παρατηρούμε ότι το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης δεν επιφέρει ουσιαστικές αλλαγές στο ποσοστό κάλυψης ηλιακού κλιματισμού από 6 ώρες αποθήκευσης και πάνω. Επίσης, μικρή είναι και διαφοροποίηση του ποσοστού κάλυψης πάνω από 350 m² συλλεκτικής επιφάνειας.

Πίνακας 7.22: Αποτελέσματα ανάλυσης συστήματος ηλιακού κλιματισμού με το λογισμικό 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^2/m^2	hours	kWh/m^2 room	kWh/m^2 room	kWh/m^2 coll.	kWh/m^2 coll.	kWh/m^2 room	kWh/m^2 room	%	%	%	%	%
0,1	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	190,20	75,72	13,76	6,77	11,88	33,07	22,90
0,2	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	162,07	72,56	26,52	10,66	22,25	33,07	21,44
0,3	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	136,67	70,69	38,03	12,96	31,29	33,07	20,10
0,4	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	115,40	69,48	47,68	14,45	38,73	33,07	18,67
0,5	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	99,59	68,56	54,84	15,59	44,28	33,07	17,07
0,6	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	88,97	67,78	59,66	16,55	48,06	33,07	15,44
0,7	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	82,01	67,18	62,82	17,29	50,56	33,07	13,92
0,8	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	77,25	66,69	64,97	17,89	52,30	33,07	12,60
0,9	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	73,60	66,25	66,63	18,43	53,66	33,07	11,49
1	0	220,55	81,22	1565,48	517,63	70,82	65,85	67,89	18,92	54,71	33,07	10,55
0,1	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	181,41	71,86	17,75	11,52	16,07	33,07	30,98
0,2	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	149,04	65,09	32,42	19,86	29,04	33,07	27,99
0,3	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	120,45	59,63	45,39	26,58	40,33	33,07	25,91
0,4	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	94,70	55,89	57,06	31,19	50,10	33,07	24,14
0,5	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	71,76	53,27	67,46	34,41	58,57	33,07	22,58
0,6	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	53,18	51,43	75,89	36,68	65,33	33,07	20,99
0,7	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	40,78	50,31	81,51	38,06	69,81	33,07	19,23
0,8	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	33,32	49,48	84,89	39,08	72,56	33,07	17,48
0,9	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	29,23	48,68	86,75	40,06	74,18	33,07	15,89
1	1	220,55	81,22	1565,48	517,63	26,53	47,94	87,97	40,98	75,32	33,07	14,52
0,1	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	179,45	71,67	18,64	11,76	16,78	33,07	32,35
0,2	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	143,08	64,29	35,13	20,84	31,28	33,07	30,15
0,3	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	110,00	58,47	50,12	28,01	44,17	33,07	28,38
0,4	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	81,16	53,11	63,20	34,61	55,51	33,07	26,75
0,5	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	57,69	48,53	73,84	40,25	64,80	33,07	24,98
0,6	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	38,56	44,00	82,52	45,83	72,64	33,07	23,34
0,7	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	25,39	41,17	88,49	49,31	77,94	33,07	21,46

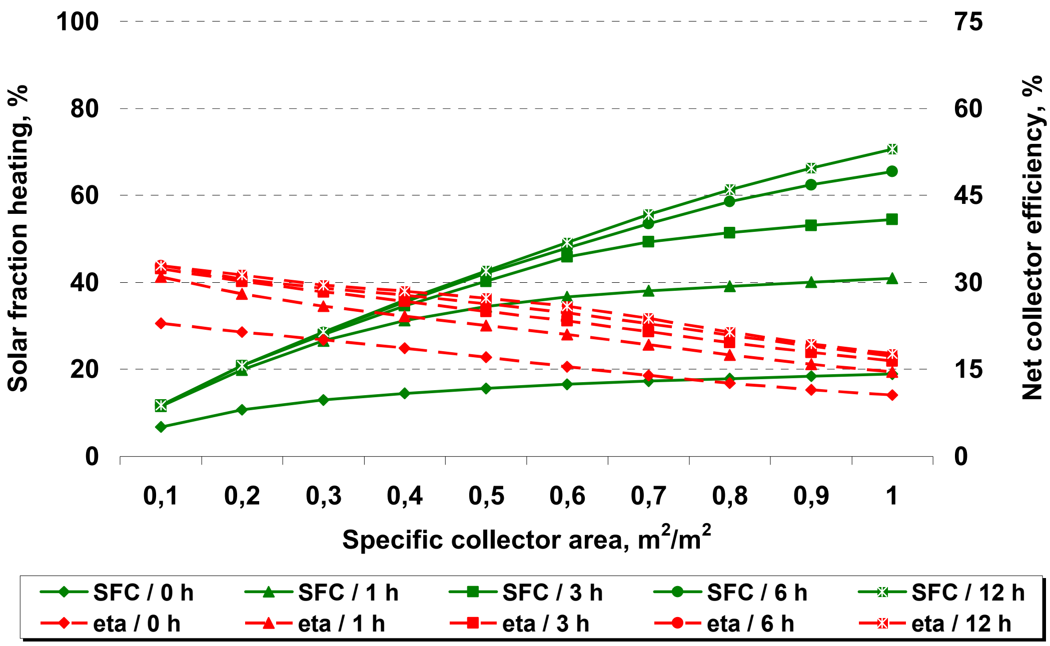
0,8	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	16,38	39,47	92,57	51,40	81,49	33,07	19,64
0,9	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	10,91	38,09	95,05	53,10	83,76	33,07	17,94
1	3	220,55	81,22	1565,48	517,63	8,23	36,98	96,27	54,47	85,02	33,07	16,39
0,1	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	178,60	71,65	19,02	11,78	17,07	33,07	32,91
0,2	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	141,91	64,29	35,66	20,84	31,67	33,07	30,52
0,3	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	107,53	58,09	51,24	28,48	45,12	33,07	28,99
0,4	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	75,06	52,40	65,97	35,48	57,76	33,07	27,84
0,5	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	48,89	47,07	77,83	42,05	68,20	33,07	26,29
0,6	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	26,88	42,36	87,81	47,85	77,06	33,07	24,76
0,7	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	13,34	37,75	93,95	53,52	83,07	33,07	22,88
0,8	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	6,67	33,68	96,98	58,53	86,63	33,07	20,87
0,9	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	3,86	30,50	98,25	62,45	88,61	33,07	18,98
1	6	220,55	81,22	1565,48	517,63	3,40	28,02	98,46	65,50	89,59	33,07	17,27
0,1	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	178,60	71,65	19,02	11,78	17,07	33,07	32,91
0,2	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	139,69	64,29	36,66	20,84	32,41	33,07	31,23
0,3	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	105,21	58,03	52,30	28,55	45,91	33,07	29,50
0,4	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	71,30	52,06	67,67	35,90	59,12	33,07	28,49
0,5	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	41,62	46,60	81,13	42,62	70,77	33,07	27,28
0,6	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	17,51	41,27	92,06	49,19	80,52	33,07	25,87
0,7	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	5,29	36,09	97,60	55,57	86,29	33,07	23,76
0,8	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	1,88	31,46	99,15	61,27	88,95	33,07	21,43
0,9	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	1,76	27,40	99,20	66,26	90,34	33,07	19,35
1	12	220,55	81,22	1565,48	517,63	1,13	23,85	99,49	70,64	91,72	33,07	17,68

Στο διάγραμμα 7.16 απεικονίζεται το ποσοστό κάλυψης του ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια συναρτήσει της ειδικής συλλεκτικής επιφάνειας και του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης. Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως το ποσοστό 100% της ειδικής συλλεκτικής επιφάνειας αντιστοιχεί σε 500 m² ηλιακών συλλεκτών. Παρατηρείται, ότι το ποσοστό πλησιάζει το 100% καθώς αυξάνεται η συλλεκτική επιφάνεια και το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης. Ενώ αντίθετα η καθαρή απόδοση του συλλέκτη μειώνεται σταδιακά. Πιο συγκεκριμένα για επιφάνεια συλλεκτών πάνω από 350 m² ο ρυθμός αύξησης του ποσοστού κάλυψης από ηλιακή ενέργεια για ψύξη σχεδόν μηδενίζεται.



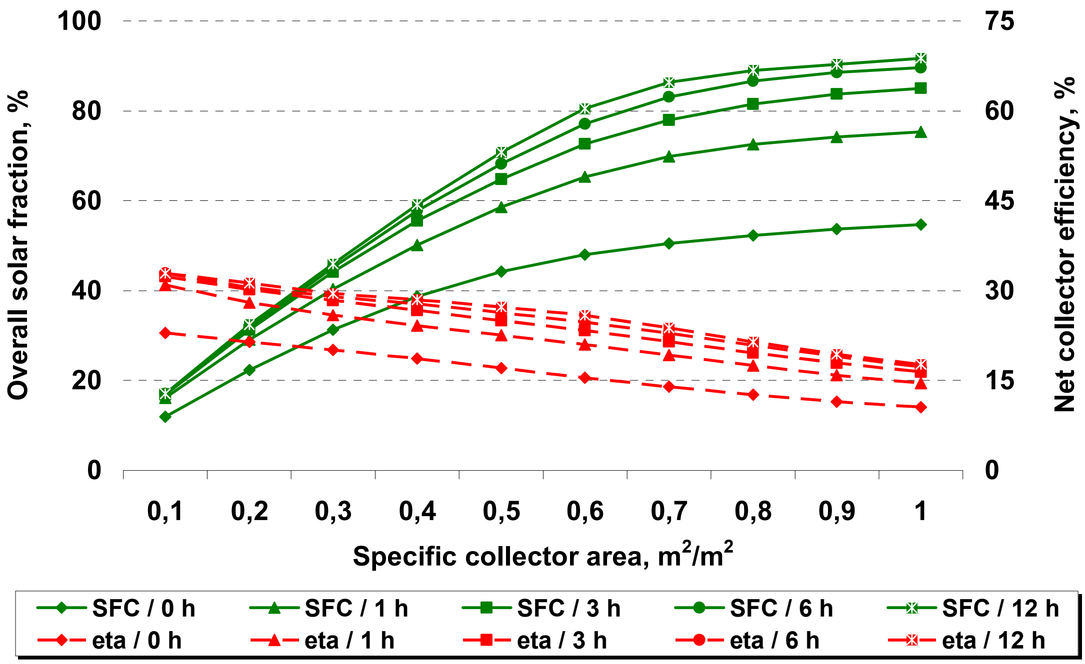
Διάγραμμα 7.16: Ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και καθαρή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της δεξαμενής αποθήκευσης

Στο διάγραμμα 7.17 παρουσιάζεται το ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια συναρτήσει της ειδικής συλλεκτικής επιφάνειας και της δεξαμενής αποθήκευσης. Παρατηρούμε ότι ο ρυθμός αύξησης του ποσοστού κάλυψης θερμικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια είναι σχεδόν σταθερός και δεν μπορεί να φτάσει το 100% για συλλεκτική επιφάνεια έως 500 m². Αυτό είναι αναμενόμενο από τη στιγμή που η ηλιοφάνεια κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι περιορισμένη. Θεωρητικά, αυτό μας δείχνει ότι δεν είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στο κτήριο με μόνο σκοπό την θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο.



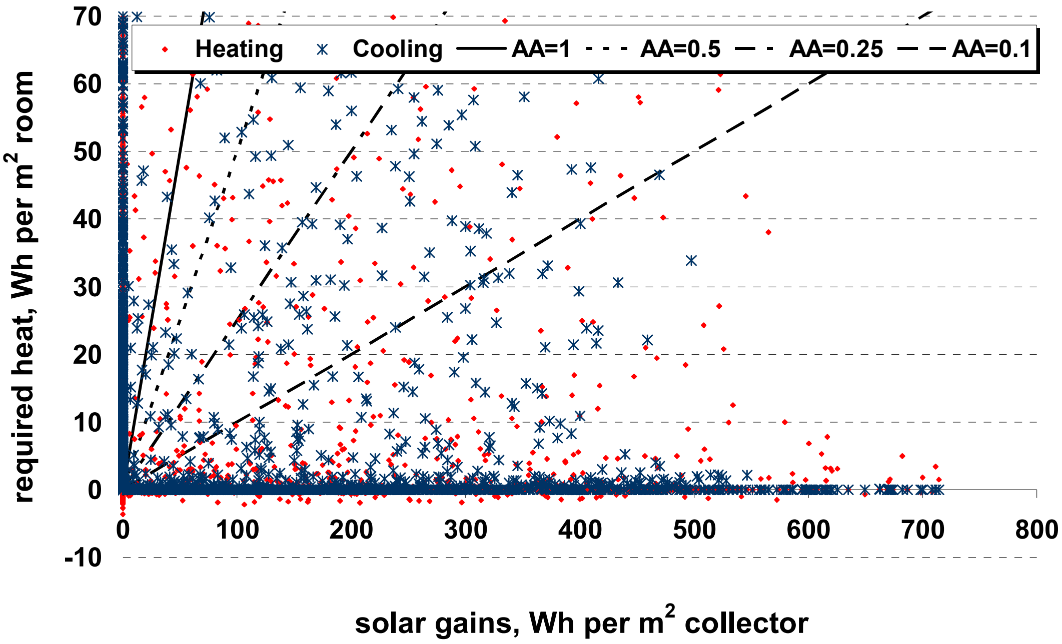
Διάγραμμα 7.17: Ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και καθαρή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της δεξαμενής αποθήκευσης

Στο το διάγραμμα 7.18 απεικονίζεται το συνολικό ποσοστό κάλυψης θερμικών και ψυκτικών αναγκών του κτηρίου από ηλιακή ενέργεια και αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο παραπάνω διαγραμμάτων. Παρατηρούμε ότι για συλλεκτική επιφάνεια πάνω από 350 m² επιτυγχάνουμε σημαντικό ποσοστό κάλυψης.



Διάγραμμα 7.18: Ποσοστό κάλυψης συνολικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια και καθαρή απόδοση συλλέκτη συναρτήσει της δεξαμενής αποθήκευσης

Στο διάγραμμα 7.19 απεικονίζεται η απαιτούμενη ενέργεια ανά 6 m² επιφάνειας κλιματιζόμενου χώρου και η συνολική συλλεγόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη σε δεδομένες χρονικές στιγμές.



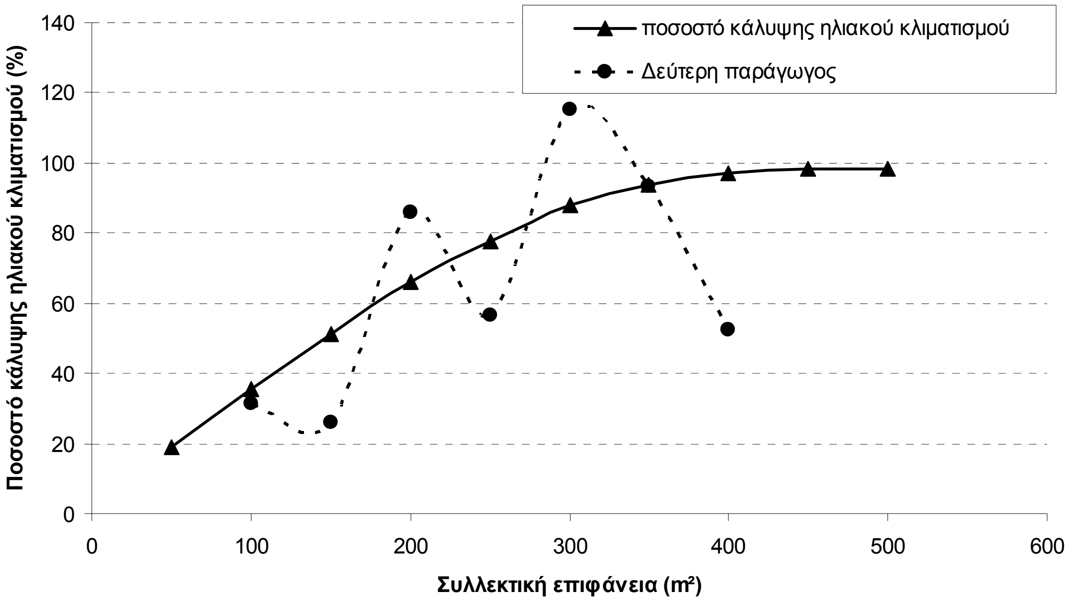
Διάγραμμα 7.19: Απαιτούμενη ενέργεια ανά 6 m² δωματίου και συλλεγόμενη ενέργεια ανά m² συλλέκτη

7.5 Κατάστρωση εναλλακτικών σεναρίων διαστασιολόγησης

Όπως έχουμε αναφέρει και στη μεθοδολογία (σελ. 51) θα εξετάσουμε 4 σενάρια. Τα δύο βασικά διαφοροποιούνται ως προς το ποσοστό κάλυψης των θερμικών αναγκών του κτηρίου από ηλιακή ενέργεια. Το πρώτο βασικό σενάριο υποθέτει μικρό ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια και το δεύτερο μεγάλο ποσοστό κάλυψης από ηλιακή ενέργεια.

Το πρώτο βασικό σενάριο προκύπτει από το διάγραμμα 7.16 και τον πίνακα 7.22 και υποθέτει συλλεκτική επιφάνεια 100 m². Αυτή η επιφάνεια επιλέχθηκε επειδή στο ποσοστό κάλυψης στο οποίο αντιστοιχεί, τέμνεται η καμπύλη του ποσοστού κάλυψης από ηλιακή ενέργεια με την καμπύλη της καθαρής απόδοσης των συλλεκτών, με αποτέλεσμα το σύστημα να λειτουργεί με υψηλή καθαρή απόδοση συλλεκτών.

Το δεύτερο βασικό σενάριο προκύπτει από το διάγραμμα 7.20 και τον πίνακα 7.22, όπου βρίσκουμε το μέγιστο συμφέρον ποσοστό κάλυψης. Αυτό το ποσοστό αντιστοιχεί στο απόλυτο μέγιστο της δεύτερης παραγώγου του ποσοστού κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια το οποίο υπολογίστηκε ότι επιτυγχάνεται για συλλεκτική επιφάνεια 300 m².



Διάγραμμα 7.20: Υπολογισμός της βέλτιστης συλλεκτικής επιφάνειας μέσω της δεύτερης παραγώγου της καμπύλης του ποσοστού κάλυψης ηλιακού κλιματισμού συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας

Στον πίνακα 7.23 παρουσιάζονται συνοπτικά τα σενάρια.

Πίνακας 7.23: Συνοπτική παρουσίαση των σεναρίων διαστασιολόγησης

	Συμβατικό	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
Συνολική συλλεκτική επιφάνεια (m²)	0	100	100	300	300
Ποσοστό ηλιακής ενέργειας για ψύξη (%)	0	35.7	35.7	87.8	87.8
Ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (%)	100	0	64.3	0	12.2
Ποσοστό ενέργειας ορυκτού καυσίμου για ψύξη (%)	0	64.3	0	12.2	0
Ποσοστό ηλιακής ενέργειας για θέρμανση (%)	0	20.8	20.8	47.8	47.8
Ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση (%)	0	0	0	0	0
Ποσοστό ενέργειας ορυκτού καυσίμου για θέρμανση (%)	100	79.2	79.2	52.2	52.2

7.6 2ο Στάδιο επιλογής εξοπλισμού κ διαστασιολόγησης

Με βάση τα σενάρια που επιλέξαμε πραγματοποιούμε την συνολική διαστασιολόγηση του εξοπλισμού σε κάθε ένα από αυτά.

- **1ο Σενάριο**

Το πρώτο σενάριο (πίνακας 7.24) προκύπτει από το σημείο τομής της καμπύλης του ποσοστού κάλυψης ηλιακού κλιματισμού και της καθαρής απόδοσης του συλλέκτη, όπως αναφέραμε παραπάνω. Η συλλεκτική επιφάνεια ανέρχεται σε 100 m² με ποσοστό κάλυψης 40% για ψύξη, 20% για θέρμανση και 30% συνολική κάλυψη από ηλιακή ακτινοβολία. Το σύστημα δεν περιέχει ψύκτη συμπίεσης. Έτσι, η ισχύ του ψύκτη απορρόφησης υπολογίζεται σε 160 kW και η εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητα πετρελαίου) έχει ισχύ 230kW, ώστε να μπορεί να καλύψει το επιπλέον απαιτούμενο θερμικό φορτίο του ψύκτη απορρόφησης για κάλυψη των αναγκών ψύξης.

Πίνακας 7.24: Διαστασιολόγηση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στα πλαίσια του 1ου σεναρίου

Εξάρτημα	Τύπος	Διαστάσεις
ΨΥΚΤΗΣ	Συμπίεσης	-
	Απορρόφησης LiBr – H_2O	160kW
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	Επιλεκτικός	100m² καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	7,5 m³
Πύργος ψύξεως	Ανοικτού τύπου	320kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	230kW (επιπλέον ισχύ:100kW)

- **2ο Σενάριο**

Το δεύτερο σενάριο (πίνακας 7.25), όπως και το πρώτο προκύπτει από το σημείο τομής της καμπύλης του ποσοστού κάλυψης ηλιακού κλιματισμού και της καθαρής απόδοσης του συλλέκτη σύμφωνα με το διάγραμμα 3.13. Η συλλεκτική επιφάνεια ανέρχεται σε 100 m² με ποσοστό κάλυψης 40% για ψύξη, 20% για θέρμανση και 30% συνολική κάλυψη από ηλιακή ακτινοβολία. Το σύστημα περιέχει ψύκτη συμπίεσης. Έτσι η ισχύ του ψύκτη απορρόφησης υπολογίζεται σε 42 kW, του ψύκτη συμπίεσης σε 118 kW και η εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητα πετρελαίου) έχει ισχύ 130kW.

Πίνακας 7.25: Διαστασιολόγηση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στα πλαίσια του 2ου σεναρίου

Εξάρτημα	Τύπος	Διαστάσεις
ΨΥΚΤΗΣ	Συμπίεσης	118 kW
	Απορρόφησης LiBr – H_2O	42kW
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	Επιλεκτικός	100m^2 καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	7,5 m^3
Πύργος ψύξεως	Ανοικτού τύπου	84kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	130kW

- **3^o Σενάριο**

Το τρίτο σενάριο (πίνακας 7.26) προκύπτει από το σημείο μεγιστοποίησης της δεύτερης παραγώγου του ποσοστού κάλυψης κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια όπως αναφέραμε παραπάνω. Η συλλεκτική επιφάνεια ανέρχεται σε 300 m² με ποσοστό κάλυψης 88% για ψύξη, 48% για θέρμανση και 77% συνολική κάλυψη από ηλιακή ακτινοβολία. Το σύστημα δεν περιέχει ψύκτη συμπίεσης. Έτσι, η ισχύ του ψύκτη απορρόφησης υπολογίζεται σε 160 kW και η εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητα πετρελαίου) έχει ισχύ 230kW, ώστε να μπορεί να καλύψει το επιπλέον απαιτούμενο θερμικό φορτίο του ψύκτη απορρόφησης για κάλυψη των αναγκών ψύξης.

Πίνακας 7.26: Διαστασιολόγηση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στα πλαίσια του 3ου σεναρίου

Εξάρτημα	Τύπος	Διαστάσεις
ΨΥΚΤΗΣ	Συμπίεσης	-
	Απορρόφησης LiBr – H_2O	160kW
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	Επιλεκτικός	300m^2 καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	20 m^3
Πύργος ψύξεως	Ανοικτού τύπου	320 kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	230 kW (επιπλέον ισχύ:100kW)

- **4^{o} Σενάριο**

Το τέταρτο σενάριο (πίνακας 7.27), όπως και το τρίτο προκύπτει από το σημείο μεγιστοποίησης της δεύτερης παραγώγου του ποσοστού κάλυψης κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια. Η συλλεκτική επιφάνεια ανέρχεται σε 300 m² με ποσοστό κάλυψης 88% για ψύξη, 48% για θέρμανση και 77% συνολική κάλυψη από ηλιακή ακτινοβολία. Το σύστημα περιέχει ψύκτη συμπίεσης. Έτσι, η ισχύ του ψύκτη απορρόφησης υπολογίζεται σε 125 kW, του ψύκτη συμπίεσης σε 35 kW και η εφεδρική πηγή θερμότητας (λέβητα πετρελαίου) έχει ισχύ 130kW.

Πίνακας 7.27: Διαστασιολόγηση συστήματος ηλιακού κλιματισμού στα πλαίσια του 4ου σεναρίου

Εξάρτημα	Τύπος	Διαστάσεις
ΨΥΚΤΗΣ	Συμπίεσης	35 kW
	Απορρόφησης LiBr – H_2O	125kW
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	Επιλεκτικός	300m^2 καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	20 m^3
Πύργος ψύξεως	Ανοικτού τύπου	250kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	130kW

7.7 Συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων

Για την οικονομική ανάλυση λήφθηκαν υπ’ όψιν (πίνακας 7.28):

Πίνακας 7.28: Οικονομικά στοιχεία

Εξοπλισμός	**Κόστος**	**Πηγή**
Ψύκτης απορρόφησης LiBr – H_2O (COP=0,7)	400€/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Ψύκτης συμπίεσης (COP=2,5)	310€/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Επιλεκτικός συλλέκτης (Γ, σελ.55)	180€/m²	Έρευνα αγοράς
Λέβητας πετρελαίου (n=85%)	50€/kW	Έρευνα αγοράς
Πύργος ψύξεως	50€/kW	Βιβλιογραφία (2004)
Δεξαμενή αποθήκευσης	600€/m³	Βιβλιογραφία (2004)
Κόστος ενέργειας		
Ηλεκτρική	0.18€/kW	Δήμος Ν.Καζαντζάκη
Πετρέλαιο	600€/ton	Μέση τιμή 2007

Στη συνέχεια στον πίνακα 7.29 παρουσιάζεται η συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων ηλιακού κλιματισμού με συμβατικό σύστημα.

Πίνακας 7.29: Συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων με συμβατικό σύστημα

	Συμβατικό	Σεναριο1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
0. Γενικά δεδομένα					
Τυπολογία ηλιακού συλλέκτη	-	Επιλεκτικός	Επιλεκτικός	Επιλεκτικός	Επιλεκτικός
Συλλεκτική επιφάνεια – (m^2)	-	100	100	300	300
Μέγεθος της αποθήκης (m^3)	-	7,5	7,5	20	20
Ισχύς της συμβατικής βοηθητικής πηγής (kW)	130	230	130	230	130
Ονομαστική ισχύς ψύκτη, ηλεκτρικής συμπίεσης ατμών (kW)	160	Δεν υπάρχει	118	Δεν υπάρχει	35
Ονομαστική ισχύς ψύκτη, θερμικής συμπίεσης ατμών (kW)	-	160	42	160	125
Ονομαστική ισχύς πύργου ψύξης (kW)	Air cooled	320	84	320	250
1. Αποτελέσματα υπολογισμών για τον ετήσιο ενεργειακό ισολογισμό					
Ολική ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση συστήματος ηλιακού κλιματισμού (αντλίες, ανεμιστήρες, έλεγχος) (kWh)	30 877	3 000	21 854	3 500	6 267
Ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ψύκτη συμπίεσης (kWh)	30 877	0	19 854	0	3 767
Ετήσια αναγκαία θερμότητα για ψύξη και αφύγρανση (kWh)	0	110 276	39 368	110 276	96 822
Ετήσια αναγκαία θερμότητα για θέρμανση και αφύγρανση (kWh)	40 311	40 311	40 311	40 311	40 311
Συνολική ετήσια αναγκαία θερμότητα (kWh)	40 311	150 587	79 679	150 587	137 133
Ετήσια αναγκαία θερμότητα από δευτερεύουσα πηγή-ορυκτό καύσιμο (kWh)	40 311	102 834	31 926	34 496	21 042
Ετήσια ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας από πηγή ορυκτού καυσίμου (kWh)	44 790	114 260	35 474	38 329	23 380
Ετήσια ακτινοβολία στο συλλέκτη (kWh)	0	156 500	156 500	469 500	469 500
Ετήσια θερμότητα παραγωγής συλλέκτη (kWh)	0	51 755	51 755	155 264	155 264
Συνολική ετήσια παραγωγή ψύξης -αφύγρανσης- (kWh)	77 193	77 193	77 193	77 193	77 193
Ετήσια παραγωγή ψύξης από ηλεκτρική συμπίεση (kWh)	77 193	0	49 635	0	9 418
Μέγιστη ζήτηση ηλεκτρ. ισχύος –ωριαίες τιμές- (kW)	64	3	47	3	14
2. Αποτελέσματα σχεδιασμού, ενεργειακές παράμετροι	**Συμβατικό**	**Σεναριο1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 3**	**Σενάριο 4**
Ετήσια ωφέλιμη ηλιακή θερμότητα (kWh)	0	47 764	47 764	116 248	116 248
Ετήσια καθαρός β.α. συλλέκτη (%)	0.00	30.52	30.52	24.76	24.76
Ετήσιο COP του ψύκτη ηλεκτρικής συμπίεσης	2.5	0	2.5	0	2.5
Ετήσιο COP του ψύκτη θερμικής συμπίεσης	0	0.7	0.7	0.7	0.7
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	130 560	122 593	96 179	48 051	40 789
Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	0	7 967	34 381	82 509	89 771
ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας (%)	0.00	6.10	26.33	63.20	68.76
Ειδική καθαρή ωφέλιμη απόδοση συλλέκτη (kWh/m^2)	0	478	478	387	387
Ειδική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2)		80	344	275	299
3. Οικονομική μελέτη- Επενδυτικό κόστος (σε €)	**Συμβατικό**	**Σεναριο1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 3**	**Σενάριο 4**

Ηλιακοί συλλέκτες με στηρίγματα	0	18000	18000	54000	54000
Αποθηκευτικές δεξαμενές	0	4500	4500	12000	12000
Συμπληρωματική πηγή θερμότητας (λέβητας πετρελαίου)	6500	11500	6500	11500	6500
Ψύκτης ηλεκτρικής συμπίεσης	49600	0	36580	0	10850
Ψύκτης θερμικής συμπίεσης	0	64000	16800	64000	50000
Πύργος ψύξης	0	16000	4200	16000	12500
Αποθήκευση ψύξης	-	-	-	-	-
Ολικό κόστος εξοπλισμού	56100	114000	86580	157500	145850
Κόστος εγκατάστασης	6732	13680	10389.6	18900	17502
Ολική επένδυση χωρίς επιδοτήσεις	62832	127680	96969.6	176400	163352
Επιδότηση στην επένδυση (%)	-	40	40	40	40
Ειδική επιδότηση στους ηλιακούς συλλέκτες	-	-	-	-	-
Τελικό επενδυτικό κόστος χωρίς επιδότηση	62832	127680	96969.6	176400	163352
Τελικό επενδυτικό κόστος με επιδότηση	62832	81760	77481.6	110992	105784
4. Οικονομική μελέτη –Τρέχον ετήσιο κόστος	**Συμβατικό**	**Σεναριο1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 3**	**Σενάριο 4**
Ετήσια συντ. απόσβεσης συμβατικού εξοπλισμού (%)	-	-	-	-	-
Ετήσια συντ. απόσβεσης εξοπλισμού ηλιακών-αποθήκης- (%)	-	-	-	-	-
Κόστος κεφαλαίου (€)	-	-	-	-	-
Κόστος ελέγχων και συντήρησης (€)	1 257	1 277	970	1 764	1 634
Ετήσια χρέωση ενέργειας ηλεκτρικής κατανάλωσης – (€)	5 558	540	3 934	630	1 128
Ετήσιο κόστος θερμότητας ορυκτού καυσίμου- (€)	2 337	5 961	1 851	2 000	1 220
Ολικό ετήσιο κόστος (€)	9 407	7 790	6 943	4 406	4 037
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	-	1 617	2 464	5 002	5 370
5. Συγκριτική αξιολόγηση	**Συμβατικό**	**Σεναριο1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 3**	**Σενάριο 4**
Χρόνος αποπληρωμής χωρίς επιδότηση (y)	-	39.9	13.8	22.7	18.7
Χρόνος αποπληρωμής με επιδότηση 40% (y)	-	10.1	5.4	8.5	7.1
6. Περιβαλλοντικά οφέλη	**Συμβατικό**	**Σεναριο1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 3**	**Σενάριο 4**
Εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ενέργεια (kWh)	-	27 877	9 023	27 377	24 610
Μείωση CO_2 από εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ενέργεια (kg)	-	29 620	9 587	29 088	26 148
Εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ισχύς kW	-	61	17	61	50
Εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια ορυκτού πόρου (kWh)	-	-69 470	9 316	6 461	21 410
Μείωση CO_2 από εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια (kg)	-	-18 965	2 543	1 764	5 845
Ολική εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια (kWh)	-	7 967	34 381	82 509	89 771
Ολική μείωση CO_2 (kg)	-	10 654	12 130	30 852	31 993
Ψυκτικό ζεύγος στο ηλιακό σύστημα (ροφητής/ ψυκτικό)	-	LiBr-H_2O	LiBr-H_2O	LiBr-H_2O	LiBr-H_2O
Ψυκτικό μέσο του συμβατικού συστήματος κλιματισμού	R-407c	-	R-407c	-	R-407c

Αναλύθηκαν τέσσερα σενάρια, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς την επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών, και κατ' επέκταση του ποσοστού κάλυψης αναγκών κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια, και τον συνδυασμό συμβατικών πηγών ενέργειας. Προκύπτει ότι η βέλτιστη λύση, όσον αφορά το συνδυασμό πηγών ενέργειας, είναι χρήση ηλεκτρικής – ηλιακής για ψύξη το καλοκαίρι και ορυκτού καυσίμου – ηλιακής για θέρμανση το χειμώνα. Η χρήση πετρελαίου για θέρμανση νερού με στόχο την οδήγηση του ψύκτη απορρόφησης αποδεικνύεται σε κάθε περίπτωση μη συμφέρουσα λόγω της χαμηλής απόδοσης του συστήματος. Η βέλτιστη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών προκύπτει από τη μεγιστοποίηση της δεύτερης παραγώγου του ποσοστού κάλυψης από ηλιακή ενέργεια συναρτήσει της συλλεκτικής επιφάνειας. Από το σημείο αυτό και μετά αποδεικνύεται μη συμφέρουσα η επιπλέον κάλυψη φορτίου ψύξης με την αύξηση της συλλεκτικής επιφάνειας. Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνονται και από την οικονομική ανάλυση, όπως φαίνεται στον πίνακα 7.29.

Συγκεκριμένα, στο σενάριο 1 μελετήθηκε ο συνδυασμός μικρής συλλεκτικής επιφάνειας με ψύκτη απορρόφησης, ο οποίος οδηγείται από συμβατικό λέβητα πετρελαίου για να καλύψει το επιπλέον ψυκτικό φορτίο. Στο σύστημα δεν υπάρχει συμβατικός ψύκτης συμπίεσης. Όσον αφορά τη θέρμανση, το επιπλέον φορτίο θέρμανσης καλύπτεται από τον λέβητα πετρελαίου. Το συγκεκριμένο σενάριο κρίνεται ασύμφορο και απορρίπτεται λόγω του πολύ μεγάλου χρόνου αποπληρωμής (39.9 έτη χωρίς επιδότηση) και των λίγων περιβαλλοντικών οφελών που παρέχει. Αυτό είναι αποτέλεσμα της πολύ μικρής απόδοσης του συνδυασμού οδήγησης ψύκτη απορρόφησης από λέβητα πετρελαίου. Ωστόσο, ένα από τα πλεονεκτήματά του είναι η μέγιστη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος, με αποτέλεσμα την αποσυμφόρηση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο σενάριο 2 μελετήθηκε ο συνδυασμός μικρής συλλεκτικής επιφάνειας για οδήγηση ψύκτη απορρόφηση και παράλληλη λειτουργία ψύκτη συμπίεσης για κάλυψη του επιπλέον ψυκτικού φορτίου. Τα πλεονεκτήματα αυτού του σεναρίου είναι το μικρό επενδυτικό κόστος και ο μικρός χρόνος αποπληρωμής (13.8 έτη χωρίς επιδότηση). Ωστόσο, λόγω του μικρού ποσοστού κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια, τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι σχετικά λίγα, καθώς επίσης μικρή είναι και η αποσυμφόρηση που προσφέρει στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Σε τελική ανάλυση είναι μία ενδιαφέρουσα πρόταση που μπορεί να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν στην περίπτωση που δεν μπορεί να διατεθεί μεγαλύτερο επενδυτικό κεφάλαιο.

Στο σενάριο 3 μελετήθηκε ο συνδυασμός μεγάλης συλλεκτικής επιφάνειας με ψύκτη απορρόφησης χωρίς υποβοήθηση ψύκτη συμπίεσης. Έχει το μεγαλύτερο επενδυτικό κόστος και ένα μεσαίο χρόνο αποπληρωμής (22.7 έτη χωρίς επιδότηση). Προσφέρει σημαντική αποσυμφόρηση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης και μεγάλα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω του μεγάλου ποσοστού κάλυψης ψυκτικού φορτίου από ηλιακή ενέργεια. Το συγκεκριμένο σενάριο είναι αρκετά ανταγωνιστικό συγκριτικά με τα υπόλοιπα.

Το τέταρτο και τελευταίο σενάριο συνδυάζει μεγάλη συλλεκτική επιφάνεια με ψύκτη απορρόφησης και παράλληλη λειτουργία ψύκτη συμπίεσης για την κάλυψη του επιπλέον ψυκτικού φορτίου. Βελτιστοποιεί τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη συνδυάζοντας ένα μεσαίο κόστος επένδυσης, αποδεκτό χρόνο αποπληρωμής (18.7 έτη χωρίς επιδότηση) και σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Παράλληλα, συντελεί στην αποσυμφόρηση του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

7.8 Τελική πρόταση

Μετά την όλη ανάλυση που προηγήθηκε προτείνεται για υλοποίηση το τέταρτο σενάριο, το οποίο παρέχει 87.8% κάλυψη φορτίου ψύξης, 47.8% κάλυψη φορτίου θέρμανσης και 77.06% συνολική κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια. Το υπόλοιπο ποσοστό (29.94%) για κάλυψη τον ενεργειακών απαιτήσεων κλιματισμού του κτηρίου επιτυγχάνεται με συμβατικές πηγές ενέργειας (ηλεκτρική, πετρέλαιο). Το αρχικό κόστος επένδυσης ανέρχεται σε 163,000€ και ο χρόνος αποπληρωμής υπολογίστηκε σε 18.7 έτη χωρίς επιδότηση. Σε περίπτωση επιδότησης 40% το αρχικό κόστος μειώνεται στα 106,000€ και ο χρόνος αποπληρωμής στα 7.1 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – Συμπεράσματα & προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η πρόταση που καταλήξαμε προέκυψε από το σενάριο τέσσερα. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο σενάριο επειδή βελτιστοποίησε τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Παρέχει 87.8% κάλυψη φορτίου ψύξης, 47.8% κάλυψη φορτίου θέρμανσης και 77.06% συνολική κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια. Το υπόλοιπο ποσοστό (29.94%) για κάλυψη τον ενεργειακών απαιτήσεων κλιματισμού του κτηρίου επιτυγχάνεται με συμβατικές πηγές ενέργειας (ηλεκτρική, πετρέλαιο).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας ηλιακού κλιματισμού παρατίθενται στον πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας ηλιακού κλιματισμού που προτείνεται

Εξάρτημα	Τύπος	Διαστάσεις
ΨΥΚΤΗΣ	Συμπίεσης	35 kW
	Απορρόφησης LiBr – H_2O	125kW
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	Επιλεκτικός	$300m^2$ καθαρή συλλεκτική επιφάνεια
Δεξαμενή αποθήκευσης	Ζεστού νερού	$20\ m^3$
Πύργος ψύξεως	Ανοικτού τύπου	250kW
Εφεδρική πηγή	Λέβητας πετρελαίου	130kW

Επιλέχθηκε ψύκτης απορρόφησης ισχύος 125 kW με βοηθητικό ψύκτη συμπίεσης ισχύος 35 kW. Ο ψύκτης απορρόφησης οδηγείται από τη θερμότητα που συλλέγεται από μια επιφάνεια 300 m^2 ηλιακών συλλεκτών επιλεκτικού τύπου, μέσω της δεξαμενής αποθήκευσης χωρητικότητας 20 m^3. Ένας εφεδρικός λέβητας πετρελαίου ισχύος 130 kW, αναλαμβάνει να παρέχει την απαραίτητη θερμότητα, είτε για θέρμανση είτε για ψύξη, όταν η συλλεγόμενη δεν επαρκεί.

Τα οικονομικά κ περιβαλλοντικά οφέλη της συγκεκριμένης πρότασης παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ετήσια μείωση CO_2 ανέρχεται σε 31,993 kg και η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων σε 5,370 €.

Πίνακας 8.2: Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη της μονάδας ηλιακού κλιματισμού που προτείνεται

Περιβαλλοντικά οφέλη		Οικονομικά οφέλη	
Εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ενέργεια (kWh)	24,610	Κόστος ελέγχων και συντήρησης (€)	1,634
Μείωση CO_2 από εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ενέργεια (kg)	26,148	Ετήσια χρέωση ενέργειας ηλεκτρικής κατανάλωσης – (€)	1,128
Εξοικονομούμενη (ηλεκτρ.) ισχύς kW	50	Ετήσιο κόστος θερμότητας ορυκτού καυσίμου- (€)	1,220
Εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια ορυκτού πόρου (kWh)	21,410	Ολικό ετήσιο κόστος (€)	4,037
Μείωση CO_2 από εξοικονομούμενη θερμική ενέργεια (kg)	5,845	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	5,370
Ολική εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια (kWh)	89,771	-	-
Ολική μείωση CO_2 (kg)	31,993	-	-

Το αρχικό κόστος επένδυσης ανέρχεται σε 163,000€ και ο χρόνος αποπληρωμής υπολογίστηκε σε 18.7 έτη χωρίς επιδότηση. Μιλώντας με καθαρά οικονομικά κριτήρια δεν αποτελεί ελκυστική επένδυση, ωστόσο αν ευαισθητοποιούμε λίγο περιβαλλοντικά τα οφέλη που παρέχει η συγκεκριμένη πρόταση είναι πολλά. Σε περίπτωση επιδότησης 40% το αρχικό κόστος μειώνεται στα 106,000€ και ο χρόνος αποπληρωμής στα 7.1 χρόνια, ο οποίος είναι αποδεκτός με καθαρά κ μόνο οικονομικά κριτήρια.

8.1 Γενικά για τον ηλιακό κλιματισμό

Αν και υπάρχουν πολύ μεγάλες δυνατότητες για τις εφαρμογές της ηλιακής τεχνολογίας ψύξης, τα υπάρχοντα ηλιακά συστήματα ψύξης δεν είναι άμεσα οικονομικά ανταγωνιστικά σε σχέση με τα ηλεκτροκίνητα κλιματιστικά συστήματα ή τα συστήματα κλιματισμού φυσικού αερίου, κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού κόστους επένδυσης των ηλιακών συστημάτων ψύξης και των τρεχουσών τιμών των συμβατικών καυσίμων, που αποκλείουν τα εξωτερικά κόστη.

Η πτώση του κόστους των διαφόρων υποσυστημάτων (ηλιακοί συλλέκτες, ψύκτες, κλπ) και η βελτίωση της απόδοσής τους θα αλλάξει την κατάσταση αυτή εντυπωσιακά, ακόμα κι αν είναι δύσκολο να γίνει βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη του πότε θα φθάσουν αυτές οι ηλιακές τεχνολογίες να είναι οικονομικά ώριμες. Η δίκαια σύγκριση μιας ηλιακής τεχνολογίας με μια από τις συμβατικές πηγές ενέργειας μπορεί μόνο να γίνει εάν ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές δαπάνες σε κάθε περίπτωση. Η δυσκολία στην πρόβλεψη των τιμών των συμβατικών καυσίμων κατά τη διάρκεια των μεγάλων περιόδων πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Ωστόσο αναλύοντας την σημερινή κατάσταση, διαπιστώνουμε χρόνο με το χρόνο σημαντικές αυξήσεις τόσο στην τιμή του πετρελαίου καθώς τελειώνουν τα αποθέματά του, όσο και στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, οπότε δεν είναι παράλογο να σημειώσουμε ότι σε μερικά χρόνια ο ηλιακός κλιματισμός δεν αποκλείεται να είναι πολύ οικονομική λύση συγκριτικά με τον συμβατικό κλιματισμό.

Γενικά μπορούμε να σημειώσουμε για τις τεχνολογίες ηλιακού κλιματισμού ότι:

- το κόστος τους μειώνεται καθώς εισάγονται στη μαζική παραγωγή
- είναι ήδη τεχνικά ώριμες για να ικανοποιήσουν τις καταναλωτικές ανάγκες
- είναι πολύ πιο φιλικές από τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού

Συνεπώς υπάρχει ισχυρή ανάγκη για την ύπαρξη κινήτρου επένδυσης αλλά και για ενεργειακό φόρο που θα βοηθούσε να απεικονίσει τις πλήρεις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις από τα συμβατικά καύσιμα. Σε πολλά ευρωπαϊκά κράτη μέλη, οι διαθέσιμες επιχορηγήσεις οδηγούν συχνά σε οικονομικά ελκυστικότερη λύση.

Απαιτείται επίσης περαιτέρω Τεχνολογική Έρευνα και Ανάπτυξη, αλλά και επιδεικτικά έργα προκειμένου να υποστηριχθεί η οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού.

8.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια συντελείται μια προσπάθεια αξιολόγησης των αποτελεσμάτων μας, αναλύοντας τις παραδοχές που έγιναν στα διάφορα στάδια της μελέτης. Ωστόσο πρέπει να τονίσουμε ότι δεν έγιναν από άγνοια και ο ρόλος τους είναι μικρός οδηγώντας μας σε ρεαλιστικά αποτελέσματα που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

- ***Κατασκευή προφίλ κτηρίου στο SIMCAD***

Το προφίλ του κτηρίου κατασκευάστηκε με αρκετά καλή προσέγγιση. Οι αποκλίσεις στα συνολικά εμβαδά και τους όγκους κρατήθηκαν σε περιθώρια μικρότερα από 2%. Όσον αφορά την εσωτερική διαρρύθμιση έγιναν κάποιες απλοποιήσεις, με προσοχή ώστε οι θερμικές ζώνες να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, λόγω της εξαιρετικά μεγάλης πολυπλοκότητας του κτηρίου. Οι εσωτερικές και εξωτερικές πόρτες δεν λήφθηκαν υπ’ όψιν, και τα παράθυρα θεωρήθηκαν κλειστά.

Τα υλικά δόμησης και τα κουφώματα επιλέχθηκαν με προσοχή, εφόσον το κτήριο βρίσκεται ακόμα υπό κατασκευή του και δεν ήταν γνωστά τα ακριβώς χαρακτηριστικά τους.

- ***Υπολογισμός θερμικών φορτίων και διαστασιολόγηση ψύκτη και λέβητα***

Τα θερμικά φορτία υπολογίστηκαν με συγκεκριμένες παραμέτρους προσομοίωσης, οι οποίες επιλέχθηκαν με προσοχή ώστε να αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα, παίρνοντας υπ’ όψιν ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου. Όσον αφορά τον αερισμό θεωρήθηκε κεντρικό σύστημα με δυνατότητα ρύθμισης της παροχής αέρα σε κάθε θερμική ζώνη χωριστά. Δε λήφθηκαν υπ’ όψιν δέντρα ή άλλες κατασκευές που βρίσκονται κοντά στο κτήριο όσον αφορά την σκίαση που προκαλούν. Επίσης δε λήφθηκε υπ’ όψιν το μικροκλίμα της περιοχής λόγω δυσκολίας στην μελέτη του.

Όπως έχει αναφερθεί, η διαστασιολόγηση του ψύκτη και του λέβητα έγινε με συνθήκη σχεδιασμού 1% στις δυσμενέστερες συνθήκες με στόχο την ικανοποιητική ανταπόκρισή τους σχεδόν σε όλες περιπτώσεις εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών.

- ***Διαστασιολόγηση μερών ηλιακού εξοπλισμού***

Έγινε μία έρευνα αγοράς όσον αφορά τους ηλιακούς συλλέκτες, οι οποίοι αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της εγκατάστασης γιατί η τιμή τους, καθώς επίσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τόσο την δυνατότητα εφαρμογής του ηλιακού κλιματισμού όσο και τον χρόνο αποπληρωμής του. Από την ανάλυση που έγινε διαπιστώθηκε ότι οι επιλεκτικοί ηλιακοί συλλέκτες αποτελούν την πιο συμφέρουσα επιλογή για το εύρος θερμοκρασιών που απαιτούνται. Τα υπόλοιπα μέρη εξετάστηκαν βιβλιογραφικά με έτος αναφοράς το 2004.

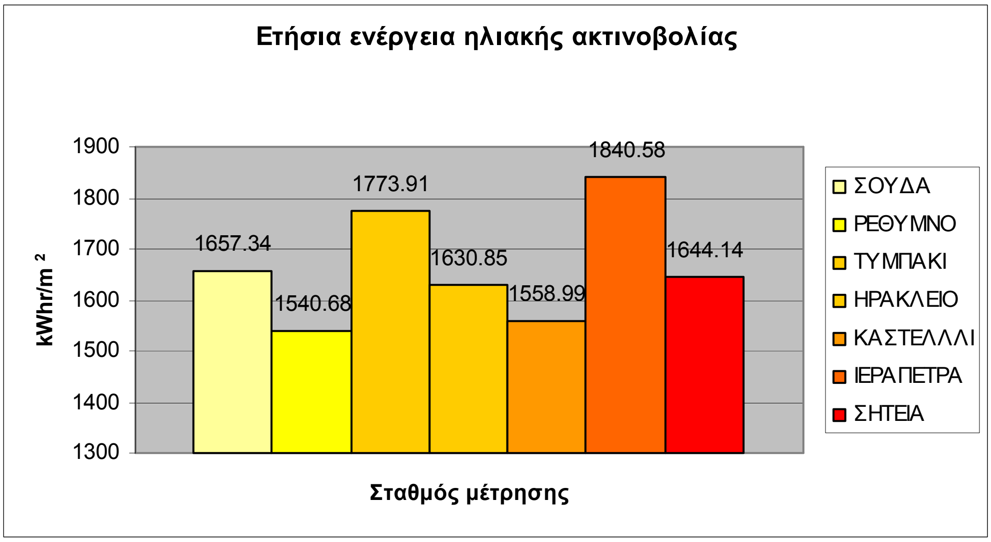
Στην οικονομική ανάλυση συμπεριλήφθησαν εκτός των άλλων, το ετήσιο κόστος συντήρησης, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των αντλιών και του ψύκτη και η αύξηση των τιμών πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας (2%).

Ωστόσο δε λήφθηκαν υπ' όψιν ο πληθωρισμός, το μέσο ετήσιο κόστος χρήματος, οι πιθανές επιδοτήσεις και η μείωση του αρχικού κόστους επένδυσης λόγω μειοδοσίας του έργου.

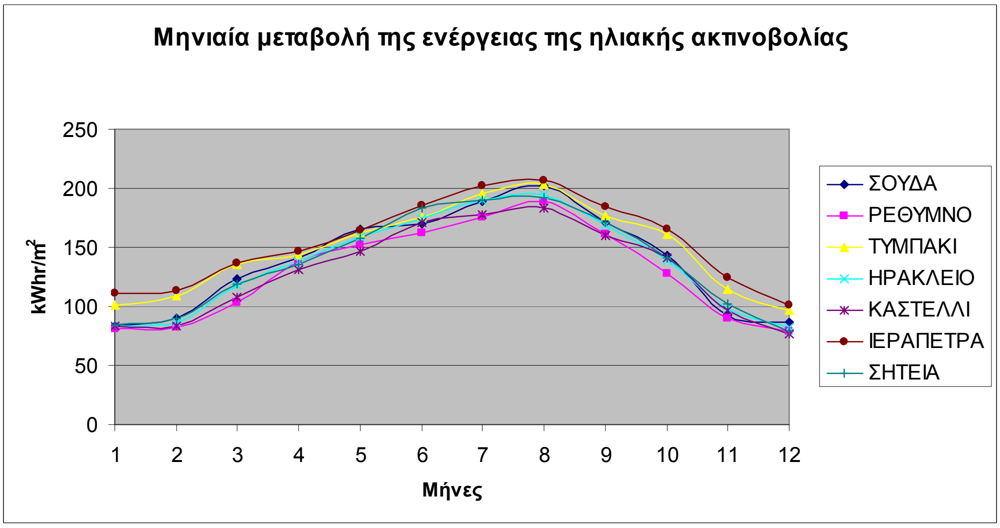
8.3 Για την Κρήτη

Η Κρήτη αποτελεί μία περιοχή με μεγάλα ποσοστά ηλιοφάνειας και υψηλά επίπεδα διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας όπως φαίνεται στα διαγράμματα 8.1 και 8.2.

Εκμεταλλευόμενοι αυτή την ενέργεια με συστήματα ηλιακού κλιματισμού θα μπορούσαμε αφενός, μειώνοντας την χρήση συμβατικών καυσίμων, να συμβάλουμε στη λύση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αφετέρου να αποφύγουμε την μελλοντική εγκατάσταση μιας συμβατικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υποβαθμίζοντας το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον.



Διάγραμμα 8.1: Ετήσια διαθέσιμη ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας στην Κρήτη



Διάγραμμα 8.2: Μηνιαία μεταβολή της ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας στην Κρήτη

8.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Όσον αφορά τη συγκεκριμένη δουλειά που έγινε θα έδινε πιο ακριβή αποτελέσματα η προσομοίωση όλου του συστήματος ηλιακού κλιματισμού στο λογισμικό TRNSYS, όπου θα μπορούσαμε ακόμα περισσότερο να επέμβουμε σε συστήματα αυτοματισμού και να βελτιώσουμε πλήρως τη λειτουργία του συστήματος. Επίσης η ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου θα μας έδινε σημαντικές πληροφορίες για τις παραμέτρους που έχουν μεγάλο συντελεστή βαρύτητας και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματά μας. Τέλος θα είχε ενδιαφέρον η ανάλυση κύκλου ζωής της εγκατάστασης, έτσι ώστε να δούμε πιο ρεαλιστικά ποια είναι τελικά τα περιβαλλοντικά οφέλη της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Ο ηλιακός κλιματισμός έχει περιθώρια να ερευνηθεί παραπάνω ως προς την βελτίωση των επιμέρους εξαρτημάτων του, όπως τη βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των ηλιακών συλλεκτών και των ψυκτών. Η αύξηση της απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών και η μείωση της θερμοκρασίας αναγέννησης των ψυκτών είναι κάποιοι βασικοί τομείς έρευνας. Ένα μεγάλο κεφάλαιο ακόμα είναι η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας, τόσο σε μικρές κλίμακες, όσο και σε μεγάλες (διεποχιακή αποθήκευση).

Τέλος ο ηλιακός κλιματισμός σε συνδυασμό με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων θα μας οδηγούσε σε «πράσινα» κτήρια με καλύτερες συνθήκες άνεσης και πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό.

Βιβλιογραφία

International Energy Agency (IEA), 2003, Cool Appliances – Policy strategies for Energy Efficient Homes

International Energy Agency (IEA), 2003, Cooling a warming world: the role of policy

International Energy Agency (IEA), 2004, Solar heat worldwide

Υπουργείο ανάπτυξης, 2005, πόρισμα της επιτροπής για τον περιορισμό της άεργους ισχύος (βελτίωση συνφ) που καταναλίσκεται από κλιματιστικά μηχανήματα και άλλες μηχανές

Henning H-M, solar assisted air conditioning in buildings – an overview, 2007, thermal engineering pp 1734 – 1749

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ),2004, οδηγός ηλιακού κλιματισμού

Tsoutsos, T. Karagiorgas M., The development of solar air conditioning in Greece, 8th national conference for renewable energy sources, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 2006

various, “CLIMASOL”, ALTENER Programme, 2004a

Henning H-M (ed), Solar-Assisted Air Conditioning in Buildings – A Handbook for Planners, ISBN 3-211-00647-8, Springer Wien / New York; published in the frame of Task 25 of the Solar Heating & Cooling Programme of the International Energy Agency (IEA), 2004

Balaras CA, Argiriou AA, Michel E, Henning H-M, “Recent activities on Solar Air-Conditioning”, ASHRAE TRANSACTIONS, Vol. 109, Part 1, pp 251-260, 2003

Tsoutsos T., “Marketing solar thermal technologies: strategies in Europe, experience in Greece”, Renewable Energy, Pergamon Press, vol. 26/1, pp 33-46, 2001

Tsoutsos T, Frantzeskaki N, Gekas V, “Environmental Impact Assessment of Solar Energy Systems”, Energy Policy, Vol. 33/3, pp 289-296, 2005

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, Volume 11, Issue 2, February 2007, Pages 299-314

Delft University of Technology, SACE, Solar air conditioning in Europe, NNE5-2001-00025, Energy’s Programme (1998-2002), 30/09/2003

Florides, G. A. Kalogirou, S. A. Tassou, S. A. Wrobel, L. C. Modelling and simulation of an solar cooling system for Cyprus, Solar Energy Vol. 72, No. 1, pp. 43–51, 2002

Henning, H.M. Erpenbeck, T. Hindenburgh, C. Paulussen, C. Solar cooling of buildings—possible techniques, potential and international development, in: Proceedings of Eurosun 98, Freiburg, 1998.

Li, Z.F. Sumathy, K. Simulation of a solar absorption air conditioning system, Energy Conversion & Management 42 (2001) 313-327

Peters, M.S. Timmerhaus, K.D. Plant Design and Economics for Chemical Engineers, McGraw-Hill International Editions, 1994

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

Global Meteorological database for engineers, Planners and Education, Handbook Version 5.0, 2003

V.Paul Lang, Ίων, Αρχές κλιματισμού, 1997

various, Natural and Low Energy Cooling in Buildings, CRES, Thermie Programme, for the European Commission, Directorate-General XVII for Energy, 1994

various, personal notes of the author, 2007

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2425/86, Εγκαταστάσεις σε κτήρια: στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων, 2005
Φ.Ε.Κ. 362/79

Παράρτημα Α – TRNSYS .bui input file

Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται οι παράμετροι προσομοίωσης και τα χαρακτηριστικά της κάθε θερμικής ζώνης. Ουσιαστικά παρατίθεται το input file του TRNSYS όπως δημιουργήθηκε από τα προγράμματα SimCAD και Prebid.

```
*************************************************************************
*************************************************************************
*******************************************************
*  PreBid   5.0.8
*************************************************************************
*************************************************************************
*******************************************************
*   BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
*   FOR BUILDING:
C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO2.bui
*   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 HWCONC300
 CONDUCTIVITY= 6.2316 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=   2243
LAYER INSUL125
 CONDUCTIVITY= 0.1548 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=     91
LAYER FACEBRK100
 CONDUCTIVITY= 4.7988 : CAPACITY=   0.92 : DENSITY=   2002
LAYER HWCOBLK200
 CONDUCTIVITY= 3.7368 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=    977
LAYER INSUL50
 CONDUCTIVITY= 0.1548 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=     91
LAYER STUCCO25
 CONDUCTIVITY= 2.4912 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=   1858
LAYER AIRSPACE
 RESISTANCE=    0.047
LAYER LWCOBLK100
 CONDUCTIVITY= 1.3716 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=    609
LAYER HWCONC200
 CONDUCTIVITY= 6.2316 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=   2243
LAYER LWCOBLK200
 CONDUCTIVITY= 2.0556 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=    609
LAYER DUMMY1
 RESISTANCE=    0.695
LAYER DUMMY2
 RESISTANCE=    0.695
LAYER BLECH
 CONDUCTIVITY=  208.8 : CAPACITY=   0.48 : DENSITY=   7800
LAYER SILAN
 CONDUCTIVITY= 0.1692 : CAPACITY=   0.84 : DENSITY=     60
LAYER GYPSUM_PLA
 CONDUCTIVITY=   1.26 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1200
LAYER MINERAL_WO
 CONDUCTIVITY=   0.13 : CAPACITY=    0.9 : DENSITY=     80
LAYER GAS_CONCRE
 CONDUCTIVITY=   0.86 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    600
LAYER LIGHTW_CON
 CONDUCTIVITY=    2.7 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1600
LAYER MARBLE
 CONDUCTIVITY=   12.6 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   2800
LAYER UNDER_FLOO
 CONDUCTIVITY=   1.69 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1400
LAYER LIGHTWEI_C
 CONDUCTIVITY=   2.52 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1300
LAYER SWELL_CLAY
 CONDUCTIVITY=   0.58 : CAPACITY=      1 : DENSITY=    400
LAYER HOLLOW_BLO
 CONDUCTIVITY=   4.68 : CAPACITY=    0.3 : DENSITY=   1800
LAYER BITUMEN
 CONDUCTIVITY=   0.61 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1100
```

```
LAYER BITUMENROO
 CONDUCTIVITY=   0.61 : CAPACITY=      1 : DENSITY=   1200
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  I n p u t s
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
INPUTS FLOOR BACK STORY0 STORY1 STORY2
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  S c h e d u l e s
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
SCHEDULE WORKINGDAY
 HOURS =0.0  8.0  17.0  24.0
 VALUES=0 1. 0 0
SCHEDULE SATURDAY
 HOURS =0.0  10.0  16.0  24.0
 VALUES=0 1. 0 0
SCHEDULE SUNDAY
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE WORKDAY2
 HOURS =0.0  7.0  17.0  24.0
 VALUES=0 1. 0 0
SCHEDULE SCHED001
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCHED002
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCHED003
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCHED004
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCHED005
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCHED006
 HOURS =0.0  24.0
 VALUES=0 0
SCHEDULE SCEDULE1
 DAYS=1 2 3 4 5 6 7
 HOURLY=WORKINGDAY WORKINGDAY WORKINGDAY WORKINGDAY WORKINGDAY SATURDAY
SUNDAY
SCHEDULE SCHEDULE2
 DAYS=1 2 3 4 5 6 7
 HOURLY=WORKDAY2 WORKDAY2 WORKDAY2 WORKDAY2 WORKDAY2 SATURDAY SUNDAY
SCHEDULE SCHED3
 DAYS=1 2 3 4 5 6 7
 HOURLY=SCHED001 SCHED002 WORKINGDAY SCHED003 SCHED004 SCHED005 SCHED006
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  W a l l s
```

```
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
WALL WTYPE144
 LAYERS   = LIGHTW_CON INSUL125 MARBLE
 THICKNESS= 0.3        0.02     0.02
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 0
WALL WTYPE114
 LAYERS   = BITUMENROO INSUL125 LIGHTW_CON SWELL_CLAY
 THICKNESS= 0.005      0.025    0.2        0.01
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE11
 LAYERS   = BITUMEN LIGHTW_CON SWELL_CLAY
 THICKNESS= 0.005   0.3        0.02
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 0
WALL WTYPE86
 LAYERS   = GYPSUM_PLA MINERAL_WO GYPSUM_PLA
 THICKNESS= 0.05       0.02       0.05
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 11
WALL WTYPE12
 LAYERS   = MARBLE LIGHTW_CON SWELL_CLAY
 THICKNESS= 0.02   0.2        0.002
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 11
WALL WTYPE44
 LAYERS   = SWELL_CLAY HOLLOW_BLO INSUL50 HOLLOW_BLO SWELL_CLAY
 THICKNESS= 0.01       0.1        0.02    0.01       0.01
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE14
 LAYERS   = PLSTRGPS20 AIRSPACE HWCONC200 STUCCO25
 THICKNESS= 0.02       0        0.2       0.025
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 60
WALL WTYPE44
 LAYERS   = PLSTRGPS20 LWCOBLK200 INSUL50
 THICKNESS= 0.02       0.2        0.01
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 11
WALL DUMMY_ADJF
 LAYERS   = DUMMY2
 THICKNESS= -1
 ABS-FRONT= 0.5   : ABS-BACK= 0.5
 HFRONT   = 11 : HBACK= 11
WALL IWAND_XL
 LAYERS   = BLECH SILAN BLECH
 THICKNESS= 0.001 0.078 0.001
 ABS-FRONT= 0.6   : ABS-BACK= 0.6
 HFRONT   = 11 : HBACK= 11
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  W i n d o w s
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
WINDOW SSV2_AR_2
```

```
 WINID=3002 : 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
WINDOW DOUBLE
 WINID=2001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=0 : WWID=0 :
WHEIG=0 : FFRAME=0.15 : UFRAME=8.17 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 :
RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.5 : CCISHADE=0.5
*-----------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  D e f a u l t   G a i n s
*-----------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
GAIN PERS_ISO04
 CONVECTIVE=180 : RADIATIVE=90 : HUMIDITY=0.11
GAIN COMPUTER04
 CONVECTIVE=690 : RADIATIVE=138 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_02
 CONVECTIVE=1872 : RADIATIVE=2808 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_03
 CONVECTIVE=1254.24 : RADIATIVE=1881.36 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_04
 CONVECTIVE=1029.6 : RADIATIVE=1544.4 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_05
 CONVECTIVE=1591.2 : RADIATIVE=2386.8 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_06
 CONVECTIVE=1872 : RADIATIVE=2808 : HUMIDITY=0
GAIN PERS_ISO05
 CONVECTIVE=216 : RADIATIVE=108 : HUMIDITY=0.139
GAIN LIGHT03_07
 CONVECTIVE=3744 : RADIATIVE=5616 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_08
 CONVECTIVE=5241.6 : RADIATIVE=7862.4 : HUMIDITY=0
GAIN PERS_ISO02
 CONVECTIVE=156 : RADIATIVE=78 : HUMIDITY=0.081
GAIN LIGHT03_09
 CONVECTIVE=4492.8 : RADIATIVE=6739.2 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_10
 CONVECTIVE=430.56 : RADIATIVE=645.84 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_11
 CONVECTIVE=1160.64 : RADIATIVE=1740.96 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_12
 CONVECTIVE=1872 : RADIATIVE=2808 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_13
 CONVECTIVE=1778.4 : RADIATIVE=2667.6 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_14
 CONVECTIVE=5241.6 : RADIATIVE=7862.4 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_15
 CONVECTIVE=3744 : RADIATIVE=5616 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_16
 CONVECTIVE=842.4 : RADIATIVE=1263.6 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_17
 CONVECTIVE=1778.4 : RADIATIVE=2667.6 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_18
 CONVECTIVE=374.4 : RADIATIVE=561.6 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_19
 CONVECTIVE=1123.2 : RADIATIVE=1684.8 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT03_20
 CONVECTIVE=1872 : RADIATIVE=2808 : HUMIDITY=0
```

```
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  O t h e r   G a i n s
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  C o m f o r t
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  I n f i l t r a t i o n
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
INFILTRATION INFIL001
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY0
INFILTRATION ZONE0_4
 AIRCHANGE=INPUT 0.1*STORY0
INFILTRATION ZONE0_6
 AIRCHANGE=INPUT 0.1*STORY0
INFILTRATION ZONE0_5
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY0
INFILTRATION ZONE0_8
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY0+0.2
INFILTRATION ZONE1_2
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY1
INFILTRATION ZONE1_1
 AIRCHANGE=INPUT 0.33*STORY1
INFILTRATION ZONE1_5
 AIRCHANGE=INPUT 0.03*STORY1
INFILTRATION ZONE1_4
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY1
INFILTRATION ZONE1_3
 AIRCHANGE=INPUT 0.2*STORY1
INFILTRATION ZONE1_6
 AIRCHANGE=INPUT 0.14*STORY1
INFILTRATION ZONE2_2
 AIRCHANGE=INPUT 0.05*STORY2
INFILTRATION ZONE2_1
 AIRCHANGE=INPUT 0.3*STORY2
INFILTRATION ZONE2_6
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY2
INFILTRATION ZONE2_5
 AIRCHANGE=INPUT 0.03*STORY2
INFILTRATION ZONE2_4
 AIRCHANGE=INPUT 0.15*STORY2
INFILTRATION ZONE2_3
 AIRCHANGE=INPUT 0.12*STORY2+0.2
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  V e n t i l a t i o n
```

```
*------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
VENTILATION APOTHIKI
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 0.05*SCEDULE1
 HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION GRAFIA
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 0.7*SCEDULE1
 HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION W_C
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 0.8*SCEDULE1
 HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION DIADROMOS
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 0.4*SCEDULE1
 HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION E_ANANOMHS
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 1*SCEDULE1
 HUMIDITY=OUTSIDE
VENTILATION E_POL_XRHS
 TEMPERATURE=OUTSIDE
 AIRCHANGE=SCHEDULE 3.5*SCHED3
 HUMIDITY=OUTSIDE
*------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
*  C o o l i n g
*------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
COOLING C_ZONE0_2
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_1
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_3
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_6
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_5
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_4
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE0_8
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
```

```
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_2
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_1
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_5
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_4
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_3
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE1_6
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_2
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_1
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHED3
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_7
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_6
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_5
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_4
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
COOLING C_ZONE2_3
 ON=26
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=50
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  H e a t i n g
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
HEATING H_ZONE0_2
```

```
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_1
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_3
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_6
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_5
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_4
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE0_8
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_2
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_1
 ON=21
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_5
 ON=21
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_4
 ON=21
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_3
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE1_6
 ON=22
```

```
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_2
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_1
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHED3
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_7
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_6
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_5
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_4
 ON=22
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
HEATING H_ZONE2_3
 ON=21
 POWER=SCHEDULE 1e+006*SCHEDULE2
 HUMIDITY=35
 RRAD=0
*
*-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e s
*-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONES ZONE0_2 ZONE0_1 ZONE0_3 ZONE0_6 ZONE0_5 ZONE0_4 ZONE0_8 ZONE1_2
ZONE1_1 ZONE1_5 ZONE1_4 ZONE1_3 ZONE1_6 ZONE2_2 ZONE2_1 ZONE2_7 ZONE2_6
ZONE2_5 ZONE2_4 ZONE2_3
*-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  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  ZONE0_2  /  A i r n o d e  ZONE0_2
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_2
AIRNODE ZONE0_2
WALL  =WTYPE144   : SURF=  1 : AREA=   230.837 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE114   : SURF=  2 : AREA=    50.905 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE11    : SURF=  3 : AREA=    24.824 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=  4 : AREA=    41.259 : ADJACENT=ZONE0_3 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF=  5 : AREA=   126.648 : INTERNAL
WALL  =WTYPE11    : SURF=  6 : AREA=    21.771 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=  7 : AREA=   138.617 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE11    : SURF=  8 : AREA=    57.845 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=  9 : AREA=    41.253 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 10 : AREA=     73.78 : ADJACENT=ZONE0_1 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 11 : AREA=    26.276 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE12    : SURF= 12 : AREA=     41.31 : ADJACENT=ZONE1_2 : FRONT
 REGIME
 VENTILATION = APOTHIKI
 CAPACITANCE = 8633.3  : VOLUME= 863.33  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_1  /  A i r n o d e  ZONE0_1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_1
AIRNODE ZONE0_1
WALL  =WTYPE144   : SURF= 13 : AREA=   107.984 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE12    : SURF= 14 : AREA=    20.847 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 15 : AREA=   163.778 : INTERNAL
WALL  =WTYPE86    : SURF= 16 : AREA=     73.78 : ADJACENT=ZONE0_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF= 17 : AREA=    20.469 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 18 : AREA=    60.478 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF= 40 : AREA=      13.3 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE12    : SURF= 19 : AREA=    22.671 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 20 : AREA=    21.474 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 21 : AREA=    21.704 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 22 : AREA=    21.288 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 23 : AREA=    20.476 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN        = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 5*SCEDULE1
```

```
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 5*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_02 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= INFIL001
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE0_1
 HEATING     = H_ZONE0_1
 CAPACITANCE = 4038.6   : VOLUME= 403.86  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_3  /  A i r n o d e  ZONE0_3
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_3
AIRNODE ZONE0_3
WALL  =WTYPE144   : SURF= 24 : AREA=    67.892 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE12    : SURF= 25 : AREA=     26.98 : ADJACENT=ZONE1_2 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 26 : AREA=    32.928 : INTERNAL
WALL  =WTYPE86    : SURF= 27 : AREA=     40.73 : ADJACENT=ZONE0_4 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 28 : AREA=    24.263 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 29 : AREA=    41.259 : ADJACENT=ZONE0_2 : BACK
WALL  =WTYPE114   : SURF= 30 : AREA=    40.909 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE11    : SURF= 31 : AREA=    18.718 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
WALL  =WTYPE11    : SURF= 32 : AREA=    21.771 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
 REGIME
 GAIN         = LIGHT03_03 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 VENTILATION = W_C
 COOLING     = C_ZONE0_3
 HEATING     = H_ZONE0_3
 CAPACITANCE = 2539.2   : VOLUME= 253.92  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_6  /  A i r n o d e  ZONE0_6
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_6
AIRNODE ZONE0_6
WALL  =WTYPE144   : SURF= 33 : AREA=    53.526 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE86    : SURF= 34 : AREA=    65.528 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 35 : AREA=    18.519 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF= 41 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF= 36 : AREA=    19.975 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF= 37 : AREA=    22.399 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE12    : SURF= 38 : AREA=    53.526 : ADJACENT=ZONE1_6 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 39 : AREA=    18.764 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF= 42 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 3*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 3*SCEDULE1
```

```
 GAIN         = LIGHT03_04 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE0_6
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE0_6
 HEATING     = H_ZONE0_6
 CAPACITANCE = 2001.9  : VOLUME= 200.19  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_5  /  A i r n o d e  ZONE0_5
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_5
AIRNODE ZONE0_5
WALL  =WTYPE144   : SURF= 45 : AREA=     86.24 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE12    : SURF= 46 : AREA=    23.711 : ADJACENT=ZONE1_5 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 47 : AREA=    82.945 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 48 : AREA=    112.84 : INTERNAL
WALL  =WTYPE44    : SURF= 49 : AREA=    53.501 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF= 43 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE12    : SURF= 50 : AREA=    62.529 : ADJACENT=ZONE1_4 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 51 : AREA=    16.152 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF= 44 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_05 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE0_5
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE0_5
 HEATING     = H_ZONE0_5
 CAPACITANCE = 3225.4  : VOLUME= 322.54  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_4  /  A i r n o d e  ZONE0_4
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_4
AIRNODE ZONE0_4
WALL  =WTYPE144   : SURF= 52 : AREA=   101.069 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE86    : SURF= 53 : AREA=     40.73 : ADJACENT=ZONE0_3 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF= 54 : AREA=   145.776 : INTERNAL
WALL  =WTYPE86    : SURF= 55 : AREA=    77.349 : ADJACENT=ZONE0_8 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 56 : AREA=    101.07 : ADJACENT=ZONE1_3 : FRONT
WALL  =WTYPE11    : SURF= 57 : AREA=    57.109 : BOUNDARY=INPUT 1*BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF= 58 : AREA=    15.559 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=191 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 5*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 5*SCEDULE1
```

```
 GAIN         = LIGHT03_06 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE0_4
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE0_4
 HEATING     = H_ZONE0_4
 CAPACITANCE = 3779.9   : VOLUME= 377.99  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE0_8  /  A i r n o d e  ZONE0_8
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE0_8
AIRNODE ZONE0_8
WALL  =WTYPE144   : SURF= 59 : AREA=   212.815 : BOUNDARY=INPUT 1*FLOOR
WALL  =WTYPE12    : SURF= 60 : AREA=   212.815 : ADJACENT=ZONE1_2 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 61 : AREA=    41.253 : ADJACENT=ZONE0_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF= 62 : AREA=    24.263 : ADJACENT=ZONE0_3 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF= 63 : AREA=    77.349 : ADJACENT=ZONE0_4 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF= 64 : AREA=     9.369 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 65 : AREA=    82.945 : ADJACENT=ZONE0_5 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF= 66 : AREA=     13.24 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 67 : AREA=    65.528 : ADJACENT=ZONE0_6 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF= 68 : AREA=     24.59 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF= 69 : AREA=     2.315 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE14    : SURF= 70 : AREA=     1.356 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF= 71 : AREA=      2.62 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 72 : AREA=    20.469 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO05 : SCALE= SCHEDULE 3*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_07 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE0_8
 VENTILATION = DIADROMOS
 COOLING     = C_ZONE0_8
 HEATING     = H_ZONE0_8
 CAPACITANCE = 7959.3   : VOLUME= 795.93  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_2  /  A i r n o d e  ZONE1_2
*--------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_2
AIRNODE ZONE1_2
WALL  =WTYPE12    : SURF= 73 : AREA=   212.815 : ADJACENT=ZONE0_8 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 74 : AREA=     26.98 : ADJACENT=ZONE0_3 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 75 : AREA=     41.31 : ADJACENT=ZONE0_2 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 76 : AREA=   281.113 : ADJACENT=ZONE2_2 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 77 : AREA=    43.746 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 78 : AREA=    97.458 : ADJACENT=ZONE1_3 : FRONT
```

```
WALL  =WTYPE44    : SURF= 79 : AREA=     9.369 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 80 : AREA=    46.505 : ADJACENT=ZONE1_4 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF= 81 : AREA=     36.44 : ADJACENT=ZONE1_5 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 82 : AREA=     13.24 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 83 : AREA=    90.118 : ADJACENT=ZONE1_6 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 84 : AREA=     2.315 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF= 85 : AREA=     3.976 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 86 : AREA=    46.758 : ADJACENT=ZONE1_1 : FRONT
 REGIME
 GAIN        = PERS_ISO05 : SCALE= SCHEDULE 3*SCEDULE1
 GAIN        = LIGHT03_08 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_2
 VENTILATION = DIADROMOS
 COOLING     = C_ZONE1_2
 HEATING     = H_ZONE1_2
 CAPACITANCE = 10512.8 : VOLUME= 1051.28 : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_1  /  A i r n o d e  ZONE1_1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_1
AIRNODE ZONE1_1
WALL  =WTYPE12    : SURF= 87 : AREA=    22.671 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 88 : AREA=    21.474 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 89 : AREA=    21.288 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 90 : AREA=    21.704 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 91 : AREA=    20.847 : ADJACENT=ZONE0_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 92 : AREA=   138.617 : ADJACENT=ZONE0_2 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF= 93 : AREA=    15.137 : ADJACENT=ZONE2_7 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 94 : AREA=    20.852 : ADJACENT=ZONE2_7 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 95 : AREA=   198.999 : ADJACENT=ZONE2_1 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF= 96 : AREA=    11.629 : ADJACENT=ZONE2_7 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF= 97 : AREA=    63.141 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=192 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF= 98 : AREA=    46.758 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF= 99 : AREA=    60.479 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=193 : AREA=      13.3 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=100 : AREA=    46.752 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN        = PERS_ISO02 : SCALE= SCHEDULE 15*SCEDULE1
 GAIN        = LIGHT03_09 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_1
 VENTILATION = E_ANANOMHS
 COOLING     = C_ZONE1_1
 HEATING     = H_ZONE1_1
 CAPACITANCE = 9223.4  : VOLUME= 922.34  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
```

```
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_5  /  A i r n o d e  ZONE1_5
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_5
AIRNODE ZONE1_5
WALL  =WTYPE12    : SURF=101 : AREA=    23.711 : ADJACENT=ZONE0_5 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=102 : AREA=    23.711 : ADJACENT=ZONE2_5 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF=103 : AREA=     36.44 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=104 : AREA=    18.804 : ADJACENT=ZONE1_4 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=105 : AREA=    14.979 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=194 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = LIGHT03_10 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_5
 VENTILATION = W_C
 COOLING     = C_ZONE1_5
 HEATING     = H_ZONE1_5
 CAPACITANCE = 886.8   : VOLUME= 88.68   : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_4  /  A i r n o d e  ZONE1_4
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_4
AIRNODE ZONE1_4
WALL  =WTYPE12    : SURF=106 : AREA=    62.529 : ADJACENT=ZONE0_5 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=107 : AREA=    62.529 : ADJACENT=ZONE2_4 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF=108 : AREA=    46.505 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=109 : AREA=    75.232 : INTERNAL
WALL  =WTYPE44    : SURF=110 : AREA=    38.522 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=195 : AREA=      7.98 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=111 : AREA=    18.804 : ADJACENT=ZONE1_5 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF=112 : AREA=    16.152 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=196 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_11 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_4
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE1_4
 HEATING     = H_ZONE1_4
 CAPACITANCE = 2338.6  : VOLUME= 233.86  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_3  /  A i r n o d e  ZONE1_3
```

```
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_3
AIRNODE ZONE1_3
WALL  =WTYPE12    : SURF=113 : AREA=    101.07 : ADJACENT=ZONE0_4 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=114 : AREA=    19.644 : ADJACENT=ZONE2_3 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=115 : AREA=    59.576 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=197 : AREA=      13.3 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=116 : AREA=    15.559 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=198 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=117 : AREA=    97.458 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=118 : AREA=   145.776 : INTERNAL
WALL  =WTYPE12    : SURF=119 : AREA=    19.165 : ADJACENT=ZONE2_3 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF=120 : AREA=    39.173 : ADJACENT=ZONE2_3 : FRONT
WALL  =WTYPE12    : SURF=121 : AREA=    23.087 : ADJACENT=ZONE2_3 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=122 : AREA=     4.855 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN        = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 5*SCEDULE1
 GAIN        = LIGHT03_12 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_3
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE1_3
 HEATING     = H_ZONE1_3
 CAPACITANCE = 3779.9  : VOLUME= 377.99  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE1_6  /  A i r n o d e  ZONE1_6
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
ZONE ZONE1_6
AIRNODE ZONE1_6
WALL  =WTYPE12    : SURF=123 : AREA=    53.526 : ADJACENT=ZONE0_6 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=124 : AREA=    95.766 : ADJACENT=ZONE2_6 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF=125 : AREA=    90.118 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF=126 : AREA=     4.469 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=127 : AREA=    24.499 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=201 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=128 : AREA=   105.676 : INTERNAL
WALL  =WTYPE12    : SURF=129 : AREA=    42.239 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=130 : AREA=    23.096 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=199 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=131 : AREA=     22.18 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=200 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
```

```
WALL  =WTYPE44    : SURF=132 : AREA=     2.505 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_13 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE1_6
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE1_6
 HEATING     = H_ZONE1_6
 CAPACITANCE = 3581.6   : VOLUME= 358.16   : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_2  /  A i r n o d e  ZONE2_2
*------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_2
AIRNODE ZONE2_2
WALL  =WTYPE12    : SURF=133 : AREA=   281.113 : ADJACENT=ZONE1_2 : BACK
WALL  =WTYPE114   : SURF=134 : AREA=   281.113 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE44    : SURF=135 : AREA=    37.826 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=202 : AREA=      5.92 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=136 : AREA=    97.458 : ADJACENT=ZONE2_3 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=137 : AREA=     9.369 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=138 : AREA=    46.505 : ADJACENT=ZONE2_4 : FRONT
WALL  =WTYPE86    : SURF=139 : AREA=     36.44 : ADJACENT=ZONE2_5 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=140 : AREA=     13.24 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=141 : AREA=    90.118 : ADJACENT=ZONE2_6 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=142 : AREA=     2.315 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=143 : AREA=     3.976 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5

WALL  =WTYPE86    : SURF=144 : AREA=    46.758 : ADJACENT=ZONE2_7 : FRONT
 REGIME
 GAIN         = LIGHT03_14 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_2
 VENTILATION = DIADROMOS
 COOLING     = C_ZONE2_2
 HEATING     = H_ZONE2_2
 CAPACITANCE = 10512.8 : VOLUME= 1051.28 : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_1  /  A i r n o d e  ZONE2_1
*------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_1
AIRNODE ZONE2_1
WALL  =WTYPE12    : SURF=145 : AREA=   198.999 : ADJACENT=ZONE1_1 : BACK
```

```
WALL  =WTYPE114   : SURF=146 : AREA=   198.999 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE44    : SURF=147 : AREA=    48.896 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=203 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=148 : AREA=    46.756 : ADJACENT=ZONE2_7 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=149 : AREA=    48.894 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=204 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=150 : AREA=    46.752 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO02 : SCALE= SCHEDULE 65*SCHED3
 GAIN         = LIGHT03_15 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_1
 VENTILATION = E_POL_XRHS
 COOLING     = C_ZONE2_1
 HEATING     = H_ZONE2_1
 CAPACITANCE = 7442.5  : VOLUME= 744.25  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_7  /  A i r n o d e  ZONE2_7
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_7
AIRNODE ZONE2_7
WALL  =WTYPE12    : SURF=151 : AREA=    15.137 : ADJACENT=ZONE1_1 : BACK
WALL  =WTYPE114   : SURF=152 : AREA=    47.622 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE86    : SURF=153 : AREA=    46.756 : ADJACENT=ZONE2_1 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF=154 : AREA=    11.585 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=205 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86    : SURF=155 : AREA=    46.758 : ADJACENT=ZONE2_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=156 : AREA=     56.99 : INTERNAL
WALL  =WTYPE12    : SURF=157 : AREA=    11.629 : ADJACENT=ZONE1_1 : BACK
WALL  =WTYPE12    : SURF=158 : AREA=    20.852 : ADJACENT=ZONE1_1 : BACK
WALL  =WTYPE44    : SURF=159 : AREA=    11.585 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=206 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = LIGHT03_16 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 VENTILATION = DIADROMOS
 COOLING     = C_ZONE2_7
 HEATING     = H_ZONE2_7
 CAPACITANCE = 1781.1  : VOLUME= 178.11  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_6  /  A i r n o d e  ZONE2_6
*------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
```

```
ZONE ZONE2_6
AIRNODE ZONE2_6
WALL  =WTYPE12    : SURF=160 : AREA=    95.766 : ADJACENT=ZONE1_6 : BACK
WALL  =WTYPE114   : SURF=161 : AREA=    95.766 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE86    : SURF=162 : AREA=    90.118 : ADJACENT=ZONE2_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=163 : AREA=   105.676 : INTERNAL
WALL  =WTYPE44    : SURF=164 : AREA=     22.18 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=208 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=165 : AREA=     2.505 : EXTERNAL : ORI=WEST :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=166 : AREA=    23.096 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=207 : AREA=     10.64 : EXTERNAL : ORI=NORTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=167 : AREA=    24.499 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=209 : AREA=      5.32 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE44    : SURF=168 : AREA=     4.469 : EXTERNAL : ORI=EAST :
FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN        = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN        = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 4*SCEDULE1
 GAIN        = LIGHT03_17 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_6
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE2_6
 HEATING     = H_ZONE2_6
 CAPACITANCE = 3581.6   : VOLUME= 358.16  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_5  /  A i r n o d e  ZONE2_5
*-------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_5
AIRNODE ZONE2_5
WALL  =WTYPE12    : SURF=169 : AREA=    23.711 : ADJACENT=ZONE1_5 : BACK
WALL  =WTYPE114   : SURF=170 : AREA=    23.711 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE86    : SURF=171 : AREA=     36.44 : ADJACENT=ZONE2_2 : BACK
WALL  =WTYPE86    : SURF=172 : AREA=    18.804 : ADJACENT=ZONE2_4 : FRONT
WALL  =WTYPE44    : SURF=173 : AREA=    14.979 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE     : SURF=210 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN        = LIGHT03_18 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_5
 VENTILATION = W_C
 COOLING     = C_ZONE2_5
 HEATING     = H_ZONE2_5
 CAPACITANCE = 886.8    : VOLUME= 88.68   : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
```

```
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_4  /  A i r n o d e  ZONE2_4
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_4
AIRNODE ZONE2_4
WALL  =WTYPE12     : SURF=174 : AREA=    62.529 : ADJACENT=ZONE1_4 : BACK
WALL  =WTYPE114    : SURF=175 : AREA=    62.529 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE86     : SURF=176 : AREA=    46.505 : ADJACENT=ZONE2_2 : BACK
WALL  =WTYPE86     : SURF=177 : AREA=    75.232 : INTERNAL
WALL  =WTYPE44     : SURF=178 : AREA=    38.522 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE      : SURF=211 : AREA=      7.98 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86     : SURF=179 : AREA=    18.804 : ADJACENT=ZONE2_5 : BACK
WALL  =WTYPE44     : SURF=180 : AREA=    16.152 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE      : SURF=212 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
 GAIN         = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 2*SCEDULE1
 GAIN         = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 2*SCEDULE1
 GAIN         = LIGHT03_19 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_4
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE2_4
 HEATING     = H_ZONE2_4
 CAPACITANCE = 2338.6  : VOLUME= 233.86  : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
*  Z o n e  ZONE2_3  /  A i r n o d e  ZONE2_3
*---------------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
ZONE ZONE2_3
AIRNODE ZONE2_3
WALL  =WTYPE44     : SURF=181 : AREA=    59.576 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE      : SURF=213 : AREA=      13.3 : EXTERNAL : ORI=SOUTHWEST
: FSKY=0.5
WALL  =WTYPE86     : SURF=182 : AREA=   109.336 : INTERNAL
WALL  =WTYPE86     : SURF=183 : AREA=    97.458 : ADJACENT=ZONE2_2 : BACK
WALL  =WTYPE44     : SURF=184 : AREA=     4.855 : EXTERNAL : ORI=SOUTH :
FSKY=0.5
WALL  =WTYPE12     : SURF=185 : AREA=    19.644 : ADJACENT=ZONE1_3 : BACK
WALL  =WTYPE114    : SURF=186 : AREA=    101.07 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT
: FSKY=1
WALL  =WTYPE12     : SURF=187 : AREA=    19.165 : ADJACENT=ZONE1_3 : BACK
WALL  =WTYPE12     : SURF=188 : AREA=    39.173 : ADJACENT=ZONE1_3 : BACK
WALL  =WTYPE12     : SURF=189 : AREA=    23.087 : ADJACENT=ZONE1_3 : BACK
WALL  =WTYPE44     : SURF=190 : AREA=    15.559 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
WINDOW=DOUBLE      : SURF=214 : AREA=      2.66 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST
: FSKY=0.5
 REGIME
```

```
 GAIN        = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 2*SCEDULE1
 GAIN        = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 2*SCEDULE1
 GAIN        = LIGHT03_20 : SCALE= SCHEDULE 1*SCEDULE1
 INFILTRATION= ZONE2_3
 VENTILATION = GRAFIA
 COOLING     = C_ZONE2_3
 HEATING     = H_ZONE2_3
 CAPACITANCE = 3780    : VOLUME= 378     : TINITIAL= 20      : PHINITIAL=
50      : WCAPR= 1
*-----------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  O u t p u t s
*-----------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
OUTPUTS
 TRANSFER : TIMEBASE=1.000
 DEFAULT
 AIRNODES = ZONE0_1
 NTYPES =   1 : TAIR    air temperature of zone
 AIRNODES = ZONE0_2 ZONE0_1 ZONE0_3 ZONE0_6 ZONE0_5 ZONE0_4 ZONE0_8
ZONE1_2 ZONE1_1 ZONE1_5 ZONE1_4 ZONE1_3 ZONE1_6 ZONE2_2 ZONE2_1 ZONE2_7
ZONE2_6 ZONE2_5 ZONE2_4 ZONE2_3
 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
 AIRNODES = ZONE0_2 ZONE0_1 ZONE0_3 ZONE0_6 ZONE0_5 ZONE0_4 ZONE0_8
ZONE1_2 ZONE1_1 ZONE1_5 ZONE1_4 ZONE1_3 ZONE1_6 ZONE2_2 ZONE2_1 ZONE2_7
ZONE2_6 ZONE2_5 ZONE2_4 ZONE2_3
 NTYPES =   9 : RELHUM  relativ humidity of zone air
*-----------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
*  E n d
*-----------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
END
```

Παράρτημα Β – TRNSYS Model

Στο παράρτημα Β παρατίθενται αναλυτικά τα στοιχεία του μοντέλου που κατασκευάστηκε στο TRNSYS.

```
VERSION 15
************************************************************************
******
*** TRNSYS input file (deck) generated by IISiBat 3
*** on Σάββατο, Μάρτιος 24, 2007 at 21:10
*** from IISiBat project:
C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO.TPF
***
*** If you edit this file, use the File/Import TRNSYS Input File function
in
*** IISiBat 3 to update the project.
***
*** If you have problems, questions or suggestions please contact your
local
*** TRNSYS distributor or mailto:iisibat@cstb.fr
***
************************************************************************
******

ASSIGN "C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO.LST" 6

************************************************************************
******
*** Control cards
************************************************************************
******
* START, STOP and STEP
CONSTANTS 3
START=1
STOP=8760
STEP= 1.0
* User defined CONSTANTS
VERSION 15

CONSTANTS 1
TURN= 299

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   START       STOP  STEP


*                              Integration  Convergence
```

```
TOLERANCES 0.001 0.001
*                              Max iterations     Max warnings      Trace
limit
LIMITS 50 50 50
*                              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
*$POSITION 78 200
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#

PARAMETERS 2
* 1 Mode
-2
* 2 Logical unit
13
*** External files
ASSIGN "C:\Documents and Settings\George\Desktop\solar
Cooling\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ\meteo_data_Iraklio\mean values\Irachour.tm2" 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
4
* 2 Tracking mode
1
* 3 Tilted surface mode
3
* 4 Starting day
DAY
* 5 Latitude
35.33
* 6 Solar constant
4871.0
* 7 Shift in solar time
0.0
* 8 Not used
2
* 9 Solar time?
-1
INPUTS 21
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
2,4
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
2,3
* weather:Time of last read ->Time of last data read
2,99
* weather:Time of next read ->Time of next data read
2,100
* [unconnected] Ground reflectance
0,0
* [unconnected] Slope of surface-1
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-1
0,0
* [unconnected] Slope of surface-2
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-2
0,0
* [unconnected] Slope of surface-3
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-3
0,0
* [unconnected] Slope of surface-4
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-4
0,0
* [unconnected] Slope of surface-5
```

```
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-5
0,0
* [unconnected] Slope of surface-6
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-6
0,0
* [unconnected] Slope of surface-7
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-7
0,0
* [unconnected] Slope of surface-8
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface-8
0,0
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0 0 0.0 1.0 0.2 90 NORTH 90 EAST 90 SOUTH 90 WEST 90 NORTHEAST 90
SOUTHEAST
90 SOUTHWEST 90 NORTHWEST
*-----------------------------------------------------------------------
------

* 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
*$POSITION 195 306
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
4
* 2 Tracking mode
1
* 3 Tilted surface mode
3
* 4 Starting day
DAY
* 5 Latitude
35.33
* 6 Solar constant
4871.0
* 7 Shift in solar time
0.0
* 8 Not used
2
* 9 Solar time?
-1
INPUTS 7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
2,4
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
2,3
* weather:Time of last read ->Time of last data read
2,99
```

```
* weather:Time of next read ->Time of next data read
2,100
* [unconnected] Ground reflectance
0,0
* [unconnected] Slope of surface
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface
0,0
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0 0 0.0 1.0 0.2 0 0
*-----------------------------------------------------------------------------
------

* 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
0
* 2 height over sea level
0
INPUTS 5
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
2,5
* weather:Dew point temperature ->Dew point temperature at ambient
conditions
2,9
* horizontal:Beam radiation on horizontal ->Beam radiation on the
horizontal
4,5
* horizontal:Horizontal diffuse radiation ->Diffuse radiation on the
horizontal
4,6
* [unconnected] not used with this mode
0,0
*** INITIAL INPUT VALUES
0 20 0 0 0
*-----------------------------------------------------------------------------
------

* 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
26
* 2 Logical unit for transfer function file
27
* 3 Logical unit for window library
28
* 4 Star network calculation switch
0
* 5 Weighting factor for operative temperature
0.50
* 6 Logical unit for monthly summary
22
* 7 Logical unit for hourly temperatures
29
* 8 Logical unit for heating/cooling demand
30
INPUTS 38
* weather:Dry bulb temperature ->    1- TAMB  (AMBIENT TEMPERATURE)
2,5
* weather:Percent relative humidity ->    2- ARELHUM  (RELATIVE AMBIENT
HUMIDITY)
2,10
* sky temperature:Fictive sky temperature ->    3- TSKY  (FIKTIVE SKY
TEMPERATURE)
5,1
* 8 surfaces:Total radiation on surface 1 ->    4- ITNORTH  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
3,7
* 8 surfaces:Total radiation on surface 3 ->    5- ITSOUTH  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
3,17
* 8 surfaces:Total radiation on surface 2 ->    6- ITEAST  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
3,12
* 8 surfaces:Total radiation on surface 4 ->    7- ITWEST  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
3,22
* 8 surfaces:Total radiation on surface 8 ->    8- ITNORTHWES  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
3,42
* 8 surfaces:Total radiation on surface 5 ->    9- ITNORTHEAS  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
3,27
* 8 surfaces:Total radiation on surface 7 ->   10- ITSOUTHWES  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
3,37
* 8 surfaces:Total radiation on surface 6 ->   11- ITSOUTHEAS  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
3,32
* horizontal:Total radiation on surface 1 ->   12- ITHORIZONT  (INCIDENT
RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
4,7
* [unconnected]    13- ITDOWNUNDE  (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)
0,0
```

```
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 1 ->   14- IBNORTH  (INCIDENT BEAM
RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
3,8
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 3 ->   15- IBSOUTH  (INCIDENT BEAM
RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
3,18
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 2 ->   16- IBEAST  (INCIDENT BEAM
RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
3,13
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 4 ->   17- IBWEST  (INCIDENT BEAM
RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
3,23
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 8 ->   18- IBNORTHWES  (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHWEST)
3,43
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 5 ->   19- IBNORTHEAS  (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST)
3,28
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 7 ->   20- IBSOUTHWES  (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
3,38
* 8 surfaces:Beam radiation on surface 6 ->   21- IBSOUTHEAS  (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
3,33
* horizontal:Beam radiation on surface 1 ->   22- IBHORIZONT  (INCIDENT
BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
4,8
* [unconnected]    23- IBDOWNUNDE  (INCIDENT BEAM RADIATION FOR
ORIENTATION DOWNUNDER)
0,0
* 8 surfaces:Incidence angle for surface 1 ->   24- AINORTH  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH)
3,10
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 3 ->   25- AISOUTH  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)
3,20
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 2  ->   26- AIEAST  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST)
3,15
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 4 ->   27- AIWEST  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)
3,25
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 8 ->   28- AINORTHWES  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHWEST)
3,45
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 5 ->   29- AINORTHEAS  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST)
3,30
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 7 ->   30- AISOUTHWES  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHWEST)
3,40
* 8 surfaces:Incidence angle of surface 6 ->   31- AISOUTHEAS  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST)
3,35
* horizontal:Incidence angle for surface 1 ->   32- AIHORIZONT  (ANGLE OF
INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT)
4,10
* [unconnected]    33- AIDOWNUNDE  (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION
DOWNUNDER)
0,0
* soil temperature:Soil Temperature at Node -2 ->   34- FLOOR  (INPUT)
```

```
9,2
* soil temperature:Soil Temperature at Node -2 ->   35- BACK  (INPUT)
9,2
* story0:Infiltration (ACH) ->   36- STORY0  (INPUT)
10,1
* story1:Infiltration (ACH) ->   37- STORY1  (INPUT)
11,1
* story2:Infiltration (ACH) ->   38- STORY2  (INPUT)
12,1
*** INITIAL INPUT VALUES
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0
*** External files
ASSIGN "C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO2.bld" 26
*|? Which file contains the building description (*.BLD)? |1000
ASSIGN "C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO2.trn" 27
*|? Which file contains the transfer function iformation (*.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\teliko\case2\monthly.out" 22
*|? Where to store the monthly summary ? |1000

ASSIGN "C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\hourly.out" 29
*|? Where to store the hourly summery ? |1000
ASSIGN "C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\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
10
* 2 Nb. of right-axis variables
10
* 3 Left axis minimum
10
* 4 Left axis maximum
40
* 5 Right axis minimum
10
* 6 Right axis maximum
40
* 7 Number of plots per simulation
```

```
1
* 8 X-axis gridpoints
7
* 9 Shut off Online w/o removing
0
* 10 Logical Unit for ouput file
-1
INPUTS 20
* building:    1- (air temperature of zone)  TAIR   1 ->Left axis
variable-1
6,1
* building:    2- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Left axis
variable-2
6,2
* building:    3- (air temperature of zone)  TAIR   3 ->Left axis
variable-3
6,3
* building:    4- (air temperature of zone)  TAIR   4 ->Left axis
variable-4
6,4
* building:    5- (air temperature of zone)  TAIR   5 ->Left axis
variable-5
6,5
* building:    6- (air temperature of zone)  TAIR   6 ->Left axis
variable-6
6,6
* building:    7- (air temperature of zone)  TAIR   7 ->Left axis
variable-7
6,7
* building:    8- (air temperature of zone)  TAIR   8 ->Left axis
variable-8
6,8
* building:    9- (air temperature of zone)  TAIR   9 ->Left axis
variable-9
6,9
* building:   10- (air temperature of zone)  TAIR  10 ->Left axis
variable-10
6,10
* building:   11- (air temperature of zone)  TAIR  11 ->Right axis
variable-1
6,11
* building:   12- (air temperature of zone)  TAIR  12 ->Right axis
variable-2
6,12
* building:   13- (air temperature of zone)  TAIR  13 ->Right axis
variable-3
6,13
* building:   14- (air temperature of zone)  TAIR  14 ->Right axis
variable-4
6,14
* building:   15- (air temperature of zone)  TAIR  15 ->Right axis
variable-5
6,15
* building:   16- (air temperature of zone)  TAIR  16 ->Right axis
variable-6
6,16
* building:   17- (air temperature of zone)  TAIR  17 ->Right axis
variable-7
6,17
* building:   18- (air temperature of zone)  TAIR  18 ->Right axis
variable-8
```

```
6,18
* building:   19- (air temperature of zone)  TAIR  19 ->Right axis
variable-9
6,19
* building:   20- (air temperature of zone)  TAIR  20 ->Right axis
variable-10
6,20
*** INITIAL INPUT VALUES
zone0_2 zone0_1 zone0_3 zone0_6 zone0_5 zone0_4 zone0_8 zone1_2 zone1_1
zone1_5 zone1_4 zone1_3 zone1_6 zone2_2 zone2_1 zone2_7 zone2_6 zone2_5
zone2_4 zone2_3
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
10
* 2 Nb. of right-axis variables
10
* 3 Left axis minimum
-50000
* 4 Left axis maximum
50000
* 5 Right axis minimum
-50000
* 6 Right axis maximum
50000
* 7 Number of plots per simulation
1
* 8 X-axis gridpoints
7
* 9 Shut off Online w/o removing
0
* 10 Logical Unit for ouput file
-1
INPUTS 20
* building:   21- (sens. energy demand of z...)  QSENS  1 ->Left axis
variable-1
```

```
6,21
* building:   22- (sens. energy demand of z...)  QSENS  2 ->Left axis
variable-2
6,22
* building:   23- (sens. energy demand of z...)  QSENS  3 ->Left axis
variable-3
6,23
* building:   24- (sens. energy demand of z...)  QSENS  4 ->Left axis
variable-4
6,24
* building:   25- (sens. energy demand of z...)  QSENS  5 ->Left axis
variable-5
6,25
* building:   26- (sens. energy demand of z...)  QSENS  6 ->Left axis
variable-6
6,26
* building:   27- (sens. energy demand of z...)  QSENS  7 ->Left axis
variable-7
6,27
* building:   28- (sens. energy demand of z...)  QSENS  8 ->Left axis
variable-8
6,28
* building:   29- (sens. energy demand of z...)  QSENS  9 ->Left axis
variable-9
6,29
* building:   30- (sens. energy demand of z...)  QSENS 10 ->Left axis
variable-10
6,30
* building:   31- (sens. energy demand of z...)  QSENS 11 ->Right axis
variable-1
6,31
* building:   32- (sens. energy demand of z...)  QSENS 12 ->Right axis
variable-2
6,32
* building:   33- (sens. energy demand of z...)  QSENS 13 ->Right axis
variable-3
6,33
* building:   34- (sens. energy demand of z...)  QSENS 14 ->Right axis
variable-4
6,34
* building:   35- (sens. energy demand of z...)  QSENS 15 ->Right axis
variable-5
6,35
* building:   36- (sens. energy demand of z...)  QSENS 16 ->Right axis
variable-6
6,36
* building:   37- (sens. energy demand of z...)  QSENS 17 ->Right axis
variable-7
6,37
* building:   38- (sens. energy demand of z...)  QSENS 18 ->Right axis
variable-8
6,38
* building:   39- (sens. energy demand of z...)  QSENS 19 ->Right axis
variable-9
6,39
* building:   40- (sens. energy demand of z...)  QSENS 20 ->Right axis
variable-10
6,40
*** INITIAL INPUT VALUES
zone0_2 zone0_1 zone0_3 zone0_6 zone0_5 zone0_4 zone0_8 zone1_2 zone1_1
zone1_5 zone1_4 zone1_3 zone1_6 zone2_2 zone2_1 zone2_7 zone2_6 zone2_5
```

```
zone2_4 zone2_3
LABELS           5
kJ/hr     kJ/hr
Energy
Energy
Loads
*-----------------------------------------------------------------------
------

* Model "soil temperature" (Type 501)
*

UNIT 9 TYPE 501    soil temperature
*$UNIT_NAME soil temperature
*$MODEL .\TESS Libraries\Ground Coupling\Ground Temperature
Model\Type501.tmf
*$POSITION 162 390
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 11
* 1 Number of temperature nodes
4
* 2 Mean surface temperature
19
* 3 Amplitude of surface temperature
7
* 4 Time shift
80
* 5 Soil thermal conductivity
8.72
* 6 Soil density
3200.0
* 7 Soil specific heat
0.84
* 8 Depth at point -1
1
* 9 Depth at point -2
2
* 10 Depth at point -3
3
* 11 Depth at point -4
4
*-----------------------------------------------------------------------
------
```

```
* Model "story0" (Type 571)
*

UNIT 10 TYPE 571   story0
*$UNIT_NAME story0
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 376 444
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
3500
* 2 Density of zone air
1.012
* 3 Specific heat of air
1.007
* 4 K1 Coefficient
0.10
* 5 K2 Coefficient
0.023
* 6 K3 Coefficient
0.070
INPUTS 3
* building:   41- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Zone Temperature
6,41
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
2,5
* weather:Wind velocity ->Windspeed
2,7
*** INITIAL INPUT VALUES
20.0 10.0 5.0
*-----------------------------------------------------------------------
------

* Model "story1" (Type 571)
*

UNIT 11 TYPE 571   story1
*$UNIT_NAME story1
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 381 508
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
```

```
*$#
*$#
*$#
*$#

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
3500
* 2 Density of zone air
1.012
* 3 Specific heat of air
1.007
* 4 K1 Coefficient
0.10
* 5 K2 Coefficient
0.023
* 6 K3 Coefficient
0.070
INPUTS 3
* building:   41- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Zone Temperature
6,41
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
2,5
* weather:Wind velocity ->Windspeed
2,7
*** INITIAL INPUT VALUES
20.0 10.0 5.0
*--------------------------------------------------------------------------
------

* Model "story2" (Type 571)
*

UNIT 12 TYPE 571   story2
*$UNIT_NAME story2
*$MODEL .\TESS Libraries\Utility\Infiltration\Type571.tmf
*$POSITION 366 572
*$LAYER Main
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#

*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
```

```
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Volume of Zone
3500
* 2 Density of zone air
1.012
* 3 Specific heat of air
1.007
* 4 K1 Coefficient
0.10
* 5 K2 Coefficient
0.023
* 6 K3 Coefficient
0.070
INPUTS 3
* building:   41- (air temperature of zone)  TAIR   2 ->Zone Temperature
6,41
* weather:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
2,5
* weather:Wind velocity ->Windspeed
2,7
*** INITIAL INPUT VALUES
20.0 10.0 5.0
*-------------------------------------------------------------------------
------

* 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]+[6,1
2]+[6,13]+[6,14]+[6,15]+[6,16]+[6,17]+[6,18]+[6,19]+[6,20])/20
*$UNIT_NAME mean Temp
*$LAYER Main
*$POSITION 776 142

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


* EQUATIONS "mean humidity"
*
EQUATIONS 1
humid =
([6,45]+[6,46]+[6,47]+[6,48]+[6,49]+[6,50]+[6,51]+[6,52]+[6,53]+[6,54]+[6
,55]+[6,56]+[6,57]+[6,58]+[6,59]+[6,60]+[6,61]+[6,62]+[6,63]+[6,64])/20
*$UNIT_NAME mean humidity
*$LAYER Main
*$POSITION 775 228

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


* Model "temp_hum" (Type 65)
*

UNIT 15 TYPE 65    temp_hum
*$UNIT_NAME temp_hum
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 935 178
```

```
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
2
* 2 Nb. of right-axis variables
2
* 3 Left axis minimum
0
* 4 Left axis maximum
50
* 5 Right axis minimum
0.0
* 6 Right axis maximum
100
* 7 Number of plots per simulation
1
* 8 X-axis gridpoints
7
* 9 Shut off Online w/o removing
0
* 10 Logical Unit for ouput file
-1
INPUTS 4
* mean Temp:temp ->Left axis variable-1
temp
* weather:Dry bulb temperature ->Left axis variable-2
2,5
* mean humidity:humid ->Right axis variable-1
humid
* weather:Percent relative humidity ->Right axis variable-2
2,10
*** INITIAL INPUT VALUES
inside outside inside outside
LABELS  5
C  %
Temperature
humidity
Temp-humid
*-----------------------------------------------------------------------
------

* EQUATIONS "operation"
*
EQUATIONS 2
operation = gt((gt([6,42],0)+gt([6,43],0)),0)
vdot = 0*[6,42]
*$UNIT_NAME operation
*$LAYER Main
*$POSITION 787 558
```

```
*------------------------------------------------------------------------
------


* Model "radiation collector info" (Type 16)
*

UNIT 17 TYPE 16    radiation collector info
*$UNIT_NAME radiation collector info
*$MODEL .\Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz, Direct
Normal Known (Mode=4)\No Radiation Smoothing\TYPE16g.tmf
*$POSITION 579 413
*$LAYER Weather / Data Files
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 9
* 1 Horiz. radiation mode
4
* 2 Tracking mode
1
* 3 Tilted surface mode
3
* 4 Starting day
DAY
* 5 Latitude
35.33
* 6 Solar constant
4871.000002
* 7 Shift in solar time
0.0
* 8 Not used
2
* 9 Solar time?
-1
INPUTS 7
* weather:Global horizontal radiation ->Total radiation on horizontal
surface
2,4
* weather:Direct normal radiation ->Direct normal beam radiation
2,3
* weather:Time of last read ->Time of last data read
2,99
* weather:Time of next read ->Time of next data read
2,100
* [unconnected] Ground reflectance
0,0
* [unconnected] Slope of surface
0,0
* [unconnected] Azimuth of surface
0,0
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0 0 0.0 1.0 0.2 45 0
*------------------------------------------------------------------------
------

* EQUATIONS "latent"
*
EQUATIONS 2
Phumi = [6,44]*lt([6,44],0)
Pdehu = [6,44]*gt([6,44],0)
```

```
*$UNIT_NAME latent
*$LAYER Main
*$POSITION 787 644

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


* Model "Pheat" (Type 57)
*

UNIT 19 TYPE 57    Pheat
*$UNIT_NAME Pheat
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 796 296
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
12
* 2 ID number from table for input
1
* 3 ID number from table for output
3
INPUTS 1
* building:   42- (sum of heating demand of)  SQHEAT ->Input
6,42
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0
*-----------------------------------------------------------------------------
------

* Model "Pcool" (Type 57)
*

UNIT 20 TYPE 57    Pcool
*$UNIT_NAME Pcool
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 796 349
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
12
* 2 ID number from table for input
1
* 3 ID number from table for output
3
INPUTS 1
* building:   43- (sum of cooling demand of...)  SQCOOL ->Input
6,43
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0
*-----------------------------------------------------------------------------
------

* Model "Phumi" (Type 57)
*
```

```
UNIT 21 TYPE 57    Phumi
*$UNIT_NAME Phumi
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 797 413
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
12
* 2 ID number from table for input
1
* 3 ID number from table for output
3
INPUTS 1
* latent:Phumi ->Input
Phumi
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0
*-------------------------------------------------------------------------
------

* Model "Pdehu" (Type 57)
*

UNIT 22 TYPE 57    Pdehu
*$UNIT_NAME Pdehu
*$MODEL .\Utility\Unit Conversion Routine\TYPE57.tmf
*$POSITION 797 477
*$LAYER Main
*$#
*$#
PARAMETERS 3
* 1 Table Nb. for input
12
* 2 ID number from table for input
1
* 3 ID number from table for output
3
INPUTS 1
* latent:Pdehu ->Input
Pdehu
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0
*-------------------------------------------------------------------------
------

* EQUATIONS "totalheat"
*
EQUATIONS 1
totalheat = [19,1]+([21,1]+[22,1])*gt([19,1],0)
*$UNIT_NAME totalheat
*$LAYER Main
*$POSITION 904 292

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


* EQUATIONS "totalcool"
*
```

```
EQUATIONS 1
totalcool = [20,1]+([21,1]+[22,1])*gt([20,1],0)
*$UNIT_NAME totalcool
*$LAYER Main
*$POSITION 904 366

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


* Model "loads" (Type 65)
*

UNIT 25 TYPE 65    loads
*$UNIT_NAME loads
*$MODEL .\Output\Online Plotter\TYPE65.tmf
*$POSITION 952 456
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 10
* 1 Nb. of left-axis variables
4
* 2 Nb. of right-axis variables
2
* 3 Left axis minimum
0.0
* 4 Left axis maximum
200
* 5 Right axis minimum
0.0
* 6 Right axis maximum
200
* 7 Number of plots per simulation
1
* 8 X-axis gridpoints
7
* 9 Shut off Online w/o removing
0
* 10 Logical Unit for ouput file
-1
INPUTS 6
* Pheat:Output ->Left axis variable-1
19,1
* Pcool:Output ->Left axis variable-2
20,1
* Phumi:Output ->Left axis variable-3
21,1
* Pdehu:Output ->Left axis variable-4
22,1
* totalheat:totalheat ->Right axis variable-1
totalheat
* totalcool:totalcool ->Right axis variable-2
```

```
totalcool
*** INITIAL INPUT VALUES
Pheat Pcool Phum Pdehu totalheat totalcool
LABELS  5
KW  KW
Power
Power
total loads
*------------------------------------------------------------------------
------

* Model "TYPE25a" (Type 25)
*

UNIT 26 TYPE 25    TYPE25a
*$UNIT_NAME TYPE25a
*$MODEL .\Output\Printer\Print TRNSYS-Supplied Units to File\TYPE25a.tmf
*$POSITION 952 552
*$LAYER Outputs
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
*$#
PARAMETERS 6
* 1 Printing interval
1
* 2 Start time
0
* 3 Stop time
8760
* 4 Logical unit
17
* 5 Print TRNSYS units
2
* 6 Output format ""normal"" or ""SPREADSHEET""
0
INPUTS 9
* operation:operation ->Input to be printed-1
operation
* mean Temp:temp ->Input to be printed-2
temp
* mean humidity:humid ->Input to be printed-3
humid
* Pheat:Output ->Input to be printed-4
19,1
* Pcool:Output ->Input to be printed-5
20,1
* Phumi:Output ->Input to be printed-6
21,1
* Pdehu:Output ->Input to be printed-7
22,1
* totalheat:totalheat ->Input to be printed-8
totalheat
* totalcool:totalcool ->Input to be printed-9
totalcool
*** INITIAL INPUT VALUES
```

```
operation temp humid Output Output Output Output totalheat totalcool

*** External files
ASSIGN "trnsysoutput.out" 17
*|? Which file should contain the printed results? |1000
*-------------------------------------------------------------------------
------


END
```

Παράρτημα Γ – TRNSYS report file

Στο παράρτημα Γ παρατίθεται το report file που δημιουργεί το TRNSYS για τη συγκεκριμένη προσομοίωση.

```
IISiBat project:
C:\trnsys15\IISiBat3\Data\Samples\teliko\case2\DIMARXIO.TPF
Report written on Σάββατο, Μάρτιος 24, 2007 at 21:11
**********************************************************************
******
*** Control cards
**********************************************************************
******
TOLERANCES   Integration 0.001  Convergence 0.001
LIMITS
  Max iterations: 50
  Max warnings: 50
  Trace limit: 50
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
START=1
STOP=8760
STEP= 1.0
Write TRNSED commands : OFF

* User defined CONSTANTS
VERSION 15

CONSTANTS 1
TURN= 299

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 order
**********************************************************************
******

1. Model: Equa
2. Model: weather
3. Model: 8 surfaces
4. Model: horizontal
5. Model: sky temperature
6. Model: building
```

```
7. Model: temperatures
8. Model: energy
9. Model: soil temperature
10. Model: story0
11. Model: story1
12. Model: story2
13. Model: mean Temp
14. Model: mean humidity
15. Model: temp_hum
16. Model: operation
17. Model: radiation collector info
18. Model: latent
19. Model: Pheat
20. Model: Pcool
21. Model: Phumi
22. Model: Pdehu
23. Model: totalheat
24. Model: totalcool
25. Model: loads
26. Model: TYPE25a


**************************************************************************
******
*** Macro structure
**************************************************************************
******

Equa
weather
8 surfaces
horizontal
sky temperature
building
temperatures
energy
soil temperature
story0
story1
story2
mean Temp
mean humidity
temp_hum
operation
radiation collector info
latent
Pheat
Pcool
Phumi
Pdehu
totalheat
totalcool
loads
TYPE25a


**************************************************************************
******
*** Unconnected inputs
**************************************************************************
******
```

```
weather (Unit 2, Type 89)
--------------------------------------------------------------------------
-----

8 surfaces (Unit 3, Type 16)
  Ground reflectance - constant value is 0.2 [dimensionless]
  Slope of surface-1 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-1 - constant value is NORTH [degrees]
  Slope of surface-2 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-2 - constant value is EAST [degrees]
  Slope of surface-3 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-3 - constant value is SOUTH [degrees]
  Slope of surface-4 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-4 - constant value is WEST [degrees]
  Slope of surface-5 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-5 - constant value is NORTHEAST [degrees]
  Slope of surface-6 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-6 - constant value is SOUTHEAST [degrees]
  Slope of surface-7 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-7 - constant value is SOUTHWEST [degrees]
  Slope of surface-8 - constant value is 90 [degrees]
  Azimuth of surface-8 - constant value is NORTHWEST [degrees]
--------------------------------------------------------------------------
-----

horizontal (Unit 4, Type 16)
  Ground reflectance - constant value is 0.2 [dimensionless]
  Slope of surface - constant value is 0 [degrees]
  Azimuth of surface - constant value is 0 [degrees]
--------------------------------------------------------------------------
-----

sky temperature (Unit 5, Type 69)
  not used with this mode - constant value is 0 [-]
--------------------------------------------------------------------------
-----

building (Unit 6, Type 56)
     13- ITDOWNUNDE  (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION DOWNUNDER) -
constant value is 0 [kJ/hm2  ]
     23- IBDOWNUNDE  (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION DOWNUNDER)
- constant value is 0 [kJ/hm2  ]
     33- AIDOWNUNDE  (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION DOWNUNDER) -
constant value is 0 [°       ]
--------------------------------------------------------------------------
-----

temperatures (Unit 7, Type 65)
--------------------------------------------------------------------------
-----

energy (Unit 8, Type 65)
--------------------------------------------------------------------------
-----

soil temperature (Unit 9, Type 501)
--------------------------------------------------------------------------
-----

story0 (Unit 10, Type 571)
```

```
---------------------------------------------------------------------------
-----

story1 (Unit 11, Type 571)
---------------------------------------------------------------------------
-----

story2 (Unit 12, Type 571)
---------------------------------------------------------------------------
-----

temp_hum (Unit 15, Type 65)
---------------------------------------------------------------------------
-----

radiation collector info (Unit 17, Type 16)
  Ground reflectance - constant value is 0.2 [dimensionless]
  Slope of surface - constant value is 45 [degrees]
  Azimuth of surface - constant value is 0 [degrees]
---------------------------------------------------------------------------
-----

Pheat (Unit 19, Type 57)
---------------------------------------------------------------------------
-----

Pcool (Unit 20, Type 57)
---------------------------------------------------------------------------
-----

Phumi (Unit 21, Type 57)
---------------------------------------------------------------------------
-----

Pdehu (Unit 22, Type 57)
---------------------------------------------------------------------------
-----

loads (Unit 25, Type 65)
---------------------------------------------------------------------------
-----

TYPE25a (Unit 26, Type 25)

---------------------------------------------------------------------------
-----


End of report.
```

Παράρτημα Δ – TRNSYS output file

Στο παράρτημα Δ παρουσιάζονται αναλυτικά τα μηνιαία και τα ετήσια απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης για κάθε ζώνη χωριστά, καθώς επίσης και τα συνολικά.

```
**************************************************************
 *        *
 *               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     8.973E+03   2.139E-40  -2.105E+03  -3.595E+03   3.629E+03
9.579E+03
   FEB     7.747E+03   0.000E+00  -1.820E+03  -2.834E+03   3.847E+03
8.444E+03
   MAR     4.566E+03   4.873E+00  -1.633E+03  -2.449E+03   5.822E+03
9.419E+03
   APR     3.131E+02   7.225E+02  -1.255E+03  -1.558E+03   8.095E+03
8.810E+03
   MAY     3.848E+01   4.757E+03  -7.745E+02  -8.769E+02   9.658E+03
9.579E+03
   JUN     0.000E+00   1.215E+04  -3.929E+02   3.430E+02   1.068E+04
9.054E+03
   JUL     0.000E+00   1.661E+04  -1.305E+02   9.164E+02   1.106E+04
9.176E+03
   AUG     0.000E+00   1.651E+04  -2.160E+02   7.119E+02   1.026E+04
9.579E+03
   SEP     0.000E+00   8.435E+03  -7.190E+02  -4.881E+02   8.423E+03
8.688E+03
   OCT     6.427E+00   2.791E+03  -1.182E+03  -1.570E+03   6.266E+03
9.579E+03
   NOV     8.045E+02   8.956E-01  -1.362E+03  -2.084E+03   3.809E+03
9.176E+03
   DEC     6.249E+03   0.000E+00  -1.802E+03  -2.854E+03   2.871E+03
9.054E+03
   SUM     2.870E+04   6.198E+04  -1.339E+04  -1.634E+04   8.442E+04
1.101E+05


 ZONE NUMBER IS  1
 ****************************************************
   MONTH    HEATING     COOLING    INFILTR.    VENTILAT.   SOLAR_RAD.
INT_GAINS
     -        [KWH]      [KWH]       [KWH]       [KWH]       [KWH]
[KWH]
   JAN     0.000E+00   1.069E-40   0.000E+00  -2.235E+01   1.069E-40  -
1.069E-40
   FEB     0.000E+00   0.000E+00   0.000E+00  -1.496E+01   0.000E+00
0.000E+00
```

MAR	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-9.746E+00	0.000E+00	0.000E+00
APR	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.811E+00	0.000E+00	0.000E+00
MAY	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.477E+00	0.000E+00	0.000E+00
JUN	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.194E+01	0.000E+00	0.000E+00
JUL	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.325E+01	0.000E+00	0.000E+00
AUG	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.502E+00	0.000E+00	0.000E+00
SEP	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.932E-01	0.000E+00	0.000E+00
OCT	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-8.408E+00	0.000E+00	0.000E+00
NOV	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.518E+01	0.000E+00	0.000E+00
DEC	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.982E+01	0.000E+00	0.000E+00
SUM	0.000E+00	1.069E-40	0.000E+00	-5.130E+01	1.069E-40	-1.069E-40

ZONE NUMBER IS 2
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	3.486E+02	1.069E-40	-7.974E+01	-1.952E+02	2.951E+02	6.526E+02
FEB	3.365E+02	0.000E+00	-6.905E+01	-1.568E+02	3.400E+02	5.763E+02
MAR	2.049E+02	0.000E+00	-5.924E+01	-1.359E+02	4.765E+02	6.441E+02
APR	7.535E+00	2.828E+01	-4.339E+01	-8.952E+01	6.691E+02	6.017E+02
MAY	5.280E-01	2.175E+02	-2.497E+01	-4.948E+01	7.754E+02	6.526E+02
JUN	0.000E+00	6.942E+02	-1.050E+01	1.497E+01	8.955E+02	6.187E+02
JUL	0.000E+00	1.043E+03	-5.053E-01	4.915E+01	9.775E+02	6.272E+02
AUG	0.000E+00	1.133E+03	-4.814E+00	3.904E+01	9.477E+02	6.526E+02
SEP	0.000E+00	6.614E+02	-2.318E+01	-2.727E+01	7.320E+02	5.933E+02
OCT	0.000E+00	2.606E+02	-4.153E+01	-9.167E+01	4.959E+02	6.526E+02
NOV	5.910E+00	3.228E-02	-5.247E+01	-1.286E+02	3.015E+02	6.272E+02
DEC	1.971E+02	0.000E+00	-6.906E+01	-1.594E+02	2.217E+02	6.187E+02
SUM	1.101E+03	4.037E+03	-4.785E+02	-9.306E+02	7.128E+03	7.517E+03

ZONE NUMBER IS 3
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS

-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	2.345E+02	0.000E+00	0.000E+00	-1.375E+02	0.000E+00	2.012E+02
FEB	2.843E+02	0.000E+00	0.000E+00	-1.097E+02	0.000E+00	1.777E+02
MAR	3.004E+02	0.000E+00	0.000E+00	-8.905E+01	0.000E+00	1.986E+02
APR	1.349E+02	0.000E+00	0.000E+00	-3.035E+01	0.000E+00	1.855E+02
MAY	2.492E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.908E+01	0.000E+00	2.012E+02
JUN	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.620E+01	0.000E+00	1.907E+02
JUL	0.000E+00	9.806E-01	0.000E+00	5.162E+01	0.000E+00	1.934E+02
AUG	0.000E+00	1.656E+01	0.000E+00	3.569E+01	0.000E+00	2.012E+02
SEP	0.000E+00	3.466E+00	0.000E+00	-7.805E+00	0.000E+00	1.829E+02
OCT	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-4.717E+01	0.000E+00	2.012E+02
NOV	5.524E-01	0.000E+00	0.000E+00	-8.049E+01	0.000E+00	1.934E+02
DEC	8.412E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.098E+02	0.000E+00	1.907E+02
SUM	1.064E+03	2.100E+01	0.000E+00	-4.593E+02	0.000E+00	2.318E+03

ZONE NUMBER IS 4
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	2.446E+02	0.000E+00	-2.455E+01	-9.631E+01	1.848E+02	3.765E+02
FEB	2.173E+02	0.000E+00	-2.145E+01	-7.779E+01	2.044E+02	3.325E+02
MAR	1.300E+02	0.000E+00	-1.891E+01	-6.862E+01	3.014E+02	3.716E+02
APR	1.028E+01	2.779E+01	-1.422E+01	-4.662E+01	4.301E+02	3.472E+02
MAY	5.460E-01	1.743E+02	-8.362E+00	-2.624E+01	5.101E+02	3.765E+02
JUN	0.000E+00	4.479E+02	-3.887E+00	7.395E+00	5.803E+02	3.570E+02
JUL	0.000E+00	6.142E+02	-7.614E-01	2.434E+01	6.040E+02	3.619E+02
AUG	0.000E+00	6.149E+02	-1.723E+00	1.935E+01	5.496E+02	3.765E+02
SEP	0.000E+00	3.326E+02	-7.139E+00	-1.309E+01	4.292E+02	3.423E+02
OCT	1.835E-01	1.295E+02	-1.257E+01	-4.280E+01	3.068E+02	3.765E+02
NOV	2.064E+01	8.685E-02	-1.575E+01	-6.035E+01	1.938E+02	3.619E+02
DEC	1.643E+02	0.000E+00	-2.106E+01	-7.792E+01	1.436E+02	3.570E+02
SUM	7.878E+02	2.341E+03	-1.504E+02	-4.587E+02	4.438E+03	4.337E+03

ZONE NUMBER IS 5

****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	2.856E+02	0.000E+00	-6.241E+01	-1.544E+02	1.707E+02	5.371E+02
FEB	2.736E+02	0.000E+00	-5.368E+01	-1.238E+02	1.768E+02	4.743E+02
MAR	1.544E+02	0.000E+00	-4.633E+01	-1.077E+02	2.938E+02	5.301E+02
APR	6.664E+00	1.141E+01	-3.355E+01	-7.164E+01	4.299E+02	4.952E+02
MAY	3.550E-01	1.550E+02	-1.909E+01	-4.103E+01	5.367E+02	5.371E+02
JUN	0.000E+00	5.000E+02	-7.016E+00	1.198E+01	5.910E+02	5.092E+02
JUL	0.000E+00	7.026E+02	2.020E+00	3.928E+01	5.738E+02	5.162E+02
AUG	0.000E+00	6.810E+02	-5.556E-01	3.126E+01	4.700E+02	5.371E+02
SEP	0.000E+00	3.626E+02	-1.556E+01	-2.113E+01	3.761E+02	4.883E+02
OCT	0.000E+00	1.436E+02	-3.138E+01	-7.143E+01	2.921E+02	5.371E+02
NOV	8.501E+00	0.000E+00	-4.105E+01	-1.010E+02	1.892E+02	5.162E+02
DEC	1.592E+02	0.000E+00	-5.412E+01	-1.256E+02	1.404E+02	5.092E+02
SUM	8.883E+02	2.556E+03	-3.627E+02	-7.352E+02	4.240E+03	6.187E+03

ZONE NUMBER IS 6

****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	6.273E+01	0.000E+00	-5.432E+01	-1.883E+02	3.724E+01	6.526E+02
FEB	1.137E+02	0.000E+00	-4.528E+01	-1.472E+02	4.003E+01	5.763E+02
MAR	9.633E+01	0.000E+00	-3.660E+01	-1.235E+02	7.210E+01	6.441E+02
APR	1.266E+01	0.000E+00	-2.194E+01	-6.513E+01	1.050E+02	6.017E+02
MAY	2.443E+00	2.205E-01	-8.787E+00	-1.972E+01	1.367E+02	6.526E+02
JUN	0.000E+00	6.680E+01	-2.176E-01	2.269E+01	1.468E+02	6.187E+02
JUL	0.000E+00	2.434E+02	6.923E+00	4.801E+01	1.477E+02	6.272E+02
AUG	0.000E+00	3.726E+02	2.936E+00	3.759E+01	1.290E+02	6.526E+02
SEP	0.000E+00	2.742E+02	-1.126E+01	-2.480E+01	1.034E+02	5.933E+02
OCT	0.000E+00	1.537E+02	-2.633E+01	-9.083E+01	7.523E+01	6.526E+02

NOV	0.000E+00	0.000E+00	-3.799E+01	-1.417E+02	4.287E+01	6.272E+02
DEC	6.953E+00	0.000E+00	-4.950E+01	-1.655E+02	3.068E+01	6.187E+02
SUM	2.949E+02	1.111E+03	-2.824E+02	-8.583E+02	1.067E+03	7.517E+03

ZONE NUMBER IS 7
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	6.256E+02	0.000E+00	-5.226E+02	-2.155E+02	0.000E+00	6.630E+02
FEB	6.594E+02	0.000E+00	-4.424E+02	-1.720E+02	0.000E+00	5.855E+02
MAR	5.536E+02	0.000E+00	-3.746E+02	-1.404E+02	0.000E+00	6.544E+02
APR	8.785E+01	0.000E+00	-2.395E+02	-6.108E+01	0.000E+00	6.113E+02
MAY	5.694E+00	0.000E+00	-1.060E+02	-9.703E+00	0.000E+00	6.630E+02
JUN	0.000E+00	5.839E+01	-1.406E+01	3.284E+01	0.000E+00	6.285E+02
JUL	0.000E+00	2.536E+02	5.707E+01	5.785E+01	0.000E+00	6.371E+02
AUG	0.000E+00	3.551E+02	1.998E+01	4.529E+01	0.000E+00	6.630E+02
SEP	0.000E+00	1.210E+02	-1.432E+02	-2.462E+01	0.000E+00	6.027E+02
OCT	0.000E+00	1.667E+01	-2.786E+02	-8.682E+01	0.000E+00	6.630E+02
NOV	6.952E+00	0.000E+00	-3.499E+02	-1.261E+02	0.000E+00	6.371E+02
DEC	3.016E+02	0.000E+00	-4.572E+02	-1.725E+02	0.000E+00	6.285E+02
SUM	2.241E+03	8.048E+02	-2.851E+03	-8.727E+02	0.000E+00	7.637E+03

ZONE NUMBER IS 8
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	6.896E+02	0.000E+00	-2.112E+02	-2.853E+02	0.000E+00	9.032E+02
FEB	6.245E+02	0.000E+00	-1.828E+02	-2.280E+02	0.000E+00	7.976E+02
MAR	3.370E+02	0.000E+00	-1.551E+02	-1.920E+02	0.000E+00	8.915E+02
APR	9.398E-01	1.168E+00	-1.115E+02	-1.211E+02	0.000E+00	8.328E+02
MAY	0.000E+00	1.855E+02	-6.401E+01	-6.730E+01	0.000E+00	9.032E+02
JUN	0.000E+00	7.877E+02	-2.475E+01	2.163E+01	0.000E+00	8.563E+02
JUL	0.000E+00	1.238E+03	6.154E+00	7.308E+01	0.000E+00	8.680E+02

AUG	0.000E+00	1.243E+03	-4.309E+00	5.812E+01	0.000E+00	9.032E+02
SEP	0.000E+00	5.946E+02	-5.582E+01	-4.070E+01	0.000E+00	8.211E+02
OCT	0.000E+00	1.550E+02	-1.071E+02	-1.303E+02	0.000E+00	9.032E+02
NOV	1.390E+01	0.000E+00	-1.291E+02	-1.667E+02	0.000E+00	8.680E+02
DEC	4.238E+02	0.000E+00	-1.786E+02	-2.276E+02	0.000E+00	8.563E+02
SUM	2.090E+03	4.205E+03	-1.218E+03	-1.306E+03	0.000E+00	1.040E+04

ZONE NUMBER IS 9

****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	1.486E+03	0.000E+00	-3.636E+02	-6.242E+02	4.440E+02	9.459E+02
FEB	1.249E+03	0.000E+00	-3.166E+02	-4.994E+02	5.001E+02	8.354E+02
MAR	7.398E+02	0.000E+00	-2.793E+02	-4.249E+02	7.649E+02	9.337E+02
APR	2.696E+01	5.283E+01	-2.177E+02	-2.723E+02	1.089E+03	8.722E+02
MAY	1.047E+00	5.290E+02	-1.408E+02	-1.706E+02	1.322E+03	9.459E+02
JUN	0.000E+00	1.627E+03	-7.412E+01	4.618E+01	1.483E+03	8.968E+02
JUL	0.000E+00	2.293E+03	-2.827E+01	1.591E+02	1.568E+03	9.091E+02
AUG	0.000E+00	2.257E+03	-4.338E+01	1.264E+02	1.464E+03	9.459E+02
SEP	0.000E+00	1.060E+03	-1.243E+02	-8.951E+01	1.146E+03	8.599E+02
OCT	0.000E+00	2.558E+02	-1.953E+02	-2.611E+02	7.968E+02	9.459E+02
NOV	1.615E+02	0.000E+00	-2.199E+02	-3.292E+02	4.730E+02	9.091E+02
DEC	1.099E+03	0.000E+00	-3.078E+02	-4.969E+02	3.445E+02	8.968E+02
SUM	4.764E+03	8.075E+03	-2.311E+03	-2.837E+03	1.139E+04	1.090E+04

ZONE NUMBER IS 10

****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	1.342E+02	0.000E+00	-3.453E+00	-4.797E+01	3.337E+01	6.907E+01
FEB	1.127E+02	0.000E+00	-3.009E+00	-3.840E+01	3.418E+01	6.100E+01
MAR	6.215E+01	0.000E+00	-2.606E+00	-3.231E+01	5.541E+01	6.817E+01
APR	7.092E-02	2.048E+00	-1.986E+00	-2.118E+01	8.122E+01	6.369E+01

MAY	0.000E+00	4.136E+01	-1.238E+00	-1.311E+01	1.000E+02	6.907E+01
JUN	0.000E+00	1.362E+02	-5.681E-01	3.595E+00	1.111E+02	6.548E+01
JUL	0.000E+00	1.830E+02	-5.674E-02	1.230E+01	1.065E+02	6.638E+01
AUG	0.000E+00	1.615E+02	-1.560E-01	9.788E+00	8.524E+01	6.907E+01
SEP	0.000E+00	6.322E+01	-9.537E-01	-6.712E+00	6.818E+01	6.279E+01
OCT	0.000E+00	1.141E+01	-1.715E+00	-1.995E+01	5.423E+01	6.907E+01
NOV	1.112E+01	0.000E+00	-2.030E+00	-2.540E+01	3.658E+01	6.638E+01
DEC	9.881E+01	0.000E+00	-2.902E+00	-3.810E+01	2.743E+01	6.548E+01
SUM	4.191E+02	5.989E+02	-2.067E+01	-2.174E+02	7.934E+02	7.956E+02

ZONE NUMBER IS 11
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	2.082E+02	0.000E+00	-4.462E+01	-1.129E+02	1.373E+02	4.680E+02
FEB	1.743E+02	0.000E+00	-3.920E+01	-9.158E+01	1.426E+02	4.133E+02
MAR	6.807E+01	0.000E+00	-3.624E+01	-8.521E+01	2.383E+02	4.619E+02
APR	6.363E-02	6.284E+01	-2.938E+01	-6.690E+01	3.486E+02	4.315E+02
MAY	0.000E+00	3.777E+02	-1.765E+01	-3.647E+01	4.367E+02	4.680E+02
JUN	0.000E+00	7.066E+02	-8.279E+00	8.217E+00	4.799E+02	4.437E+02
JUL	0.000E+00	8.487E+02	-1.871E+00	2.831E+01	4.672E+02	4.498E+02
AUG	0.000E+00	7.816E+02	-2.862E+00	2.253E+01	3.848E+02	4.680E+02
SEP	0.000E+00	4.403E+02	-1.287E+01	-1.584E+01	3.079E+02	4.255E+02
OCT	0.000E+00	2.006E+02	-2.373E+01	-5.376E+01	2.379E+02	4.680E+02
NOV	1.215E+01	0.000E+00	-2.936E+01	-7.495E+01	1.526E+02	4.498E+02
DEC	1.386E+02	0.000E+00	-3.810E+01	-9.143E+01	1.130E+02	4.437E+02
SUM	6.014E+02	3.418E+03	-2.841E+02	-5.700E+02	3.447E+03	5.391E+03

ZONE NUMBER IS 12
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	3.998E+02	0.000E+00	-1.011E+02	-1.834E+02	4.374E+02	3.869E+02

```
   FEB     3.449E+02   0.000E+00  -8.710E+01  -1.469E+02   3.977E+02
3.417E+02
   MAR     1.721E+02   0.000E+00  -7.736E+01  -1.308E+02   5.508E+02
3.819E+02
   APR     0.000E+00   3.479E+01  -5.810E+01  -8.945E+01   6.446E+02
3.568E+02
   MAY     0.000E+00   2.382E+02  -3.415E+01  -5.141E+01   6.919E+02
3.869E+02
   JUN     0.000E+00   6.618E+02  -1.406E+01   1.343E+01   6.646E+02
3.668E+02
   JUL     0.000E+00   9.186E+02  -1.132E-01   4.586E+01   6.775E+02
3.718E+02
   AUG     0.000E+00   9.931E+02  -5.140E+00   3.642E+01   7.606E+02
3.869E+02
   SEP     0.000E+00   6.552E+02  -2.988E+01  -2.581E+01   8.231E+02
3.517E+02
   OCT     0.000E+00   3.006E+02  -5.509E+01  -8.933E+01   7.252E+02
3.869E+02
   NOV     6.886E+00   0.000E+00  -6.568E+01  -1.156E+02   4.346E+02
3.718E+02
   DEC     2.784E+02   0.000E+00  -8.644E+01  -1.480E+02   3.521E+02
3.668E+02
   SUM     1.202E+03   3.802E+03  -6.142E+02  -8.851E+02   7.160E+03
4.457E+03

 ZONE NUMBER IS 13
 *****************************************************
   MONTH    HEATING     COOLING    INFILTR.    VENTILAT.   SOLAR_RAD.
INT_GAINS
    -        [KWH]      [KWH]       [KWH]       [KWH]      [KWH]
[KWH]
   JAN     6.467E+02   0.000E+00  -5.916E+01  -1.700E+02   3.380E+02
5.671E+02
   FEB     5.109E+02   0.000E+00  -5.260E+01  -1.370E+02   3.879E+02
5.008E+02
   MAR     2.563E+02   0.000E+00  -4.824E+01  -1.211E+02   5.942E+02
5.597E+02
   APR     2.479E+00   8.022E+01  -4.029E+01  -9.059E+01   8.839E+02
5.229E+02
   MAY     0.000E+00   4.922E+02  -2.573E+01  -5.304E+01   1.073E+03
5.671E+02
   JUN     0.000E+00   1.093E+03  -1.434E+01   1.258E+01   1.259E+03
5.376E+02
   JUL     0.000E+00   1.395E+03  -6.795E+00   4.331E+01   1.319E+03
5.450E+02
   AUG     0.000E+00   1.291E+03  -7.662E+00   3.443E+01   1.157E+03
5.671E+02
   SEP     0.000E+00   6.079E+02  -1.957E+01  -2.411E+01   8.433E+02
5.155E+02
   OCT     1.534E+00   1.774E+02  -3.130E+01  -7.289E+01   5.758E+02
5.671E+02
   NOV     8.046E+01   0.000E+00  -3.567E+01  -9.475E+01   3.568E+02
5.450E+02
   DEC     5.008E+02   0.000E+00  -4.939E+01  -1.353E+02   2.631E+02
5.376E+02
   SUM     1.999E+03   5.136E+03  -3.907E+02  -8.085E+02   9.051E+03
6.533E+03

 ZONE NUMBER IS 14
 *****************************************************
```

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	1.097E+03	0.000E+00	-6.548E+01	-2.844E+02	1.239E+02	8.408E+02
FEB	9.129E+02	0.000E+00	-5.726E+01	-2.275E+02	1.214E+02	7.426E+02
MAR	4.767E+02	0.000E+00	-5.054E+01	-1.930E+02	1.987E+02	8.299E+02
APR	1.553E+00	3.948E+01	-3.966E+01	-1.307E+02	2.615E+02	7.753E+02
MAY	1.398E+00	4.715E+02	-2.553E+01	-8.194E+01	3.146E+02	8.408E+02
JUN	0.000E+00	1.381E+03	-1.241E+01	2.109E+01	3.214E+02	7.972E+02
JUL	0.000E+00	1.862E+03	-3.134E+00	7.268E+01	3.352E+02	8.081E+02
AUG	0.000E+00	1.764E+03	-5.560E+00	5.777E+01	3.327E+02	8.408E+02
SEP	0.000E+00	8.042E+02	-2.037E+01	-4.089E+01	3.029E+02	7.644E+02
OCT	0.000E+00	1.788E+02	-3.465E+01	-1.238E+02	2.411E+02	8.408E+02
NOV	1.154E+02	0.000E+00	-3.852E+01	-1.501E+02	1.317E+02	8.081E+02
DEC	8.385E+02	0.000E+00	-5.464E+01	-2.257E+02	1.037E+02	7.972E+02
SUM	3.443E+03	6.501E+03	-4.078E+02	-1.306E+03	2.789E+03	9.686E+03

ZONE NUMBER IS 15
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	3.463E+02	0.000E+00	-1.951E+02	-3.164E+02	3.850E+02	7.907E+02
FEB	1.944E+02	0.000E+00	-1.726E+02	-2.116E+02	4.321E+02	6.825E+02
MAR	1.223E+02	0.000E+00	-1.804E+02	-1.922E+02	6.696E+02	7.449E+02
APR	6.139E+00	7.663E+01	-1.708E+02	-1.060E+02	9.551E+02	7.059E+02
MAY	0.000E+00	1.798E+02	-1.362E+02	-1.090E+02	1.167E+03	7.907E+02
JUN	0.000E+00	4.300E+02	-1.214E+02	2.739E+01	1.303E+03	7.215E+02
JUL	0.000E+00	5.115E+02	-1.198E+02	5.669E+01	1.373E+03	7.293E+02
AUG	0.000E+00	5.746E+02	-1.129E+02	3.628E+01	1.274E+03	7.907E+02
SEP	0.000E+00	2.486E+02	-1.245E+02	-4.649E+01	9.991E+02	6.981E+02
OCT	4.514E-01	7.385E+01	-1.454E+02	-1.343E+02	6.976E+02	7.907E+02
NOV	5.650E+01	0.000E+00	-1.367E+02	-1.631E+02	4.127E+02	7.293E+02
DEC	2.291E+02	0.000E+00	-1.641E+02	-2.140E+02	3.001E+02	7.215E+02

SUM	9.552E+02	2.095E+03	-1.780E+03	-1.373E+03	9.969E+03	8.896E+03

ZONE NUMBER IS 16
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	3.475E+02	0.000E+00	0.000E+00	-4.815E+01	9.625E+01	1.351E+02
FEB	2.813E+02	0.000E+00	0.000E+00	-3.853E+01	1.080E+02	1.193E+02
MAR	1.456E+02	0.000E+00	0.000E+00	-3.303E+01	1.674E+02	1.334E+02
APR	2.175E-01	2.308E+01	0.000E+00	-2.384E+01	2.388E+02	1.246E+02
MAY	0.000E+00	2.021E+02	0.000E+00	-1.493E+01	2.917E+02	1.351E+02
JUN	0.000E+00	4.889E+02	0.000E+00	3.502E+00	3.259E+02	1.281E+02
JUL	0.000E+00	6.349E+02	0.000E+00	1.225E+01	3.431E+02	1.299E+02
AUG	0.000E+00	5.984E+02	0.000E+00	9.727E+00	3.186E+02	1.351E+02
SEP	0.000E+00	2.821E+02	0.000E+00	-6.999E+00	2.498E+02	1.228E+02
OCT	1.697E-01	6.017E+01	0.000E+00	-2.046E+01	1.744E+02	1.351E+02
NOV	4.944E+01	0.000E+00	0.000E+00	-2.430E+01	1.032E+02	1.299E+02
DEC	2.830E+02	0.000E+00	0.000E+00	-3.821E+01	7.503E+01	1.281E+02
SUM	1.107E+03	2.290E+03	0.000E+00	-2.230E+02	2.492E+03	1.557E+03

ZONE NUMBER IS 17
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	5.859E+02	0.000E+00	-6.258E+01	-1.711E+02	3.380E+02	5.671E+02
FEB	4.576E+02	0.000E+00	-5.633E+01	-1.391E+02	3.879E+02	5.008E+02
MAR	2.169E+02	4.873E+00	-5.378E+01	-1.272E+02	5.942E+02	5.597E+02
APR	1.659E+00	1.576E+02	-4.657E+01	-9.898E+01	8.839E+02	5.229E+02
MAY	0.000E+00	6.964E+02	-3.072E+01	-5.547E+01	1.073E+03	5.671E+02
JUN	0.000E+00	1.309E+03	-1.911E+01	1.240E+01	1.259E+03	5.376E+02
JUL	0.000E+00	1.602E+03	-1.185E+01	4.315E+01	1.319E+03	5.450E+02
AUG	0.000E+00	1.489E+03	-1.190E+01	3.428E+01	1.157E+03	5.671E+02
SEP	0.000E+00	7.587E+02	-2.322E+01	-2.434E+01	8.433E+02	5.155E+02

OCT	2.388E+00	2.605E+02	-3.471E+01	-7.502E+01	5.758E+02	5.671E+02
NOV	8.559E+01	0.000E+00	-3.839E+01	-9.848E+01	3.568E+02	5.450E+02
DEC	4.667E+02	0.000E+00	-5.210E+01	-1.363E+02	2.631E+02	5.376E+02
SUM	1.817E+03	6.278E+03	-4.413E+02	-8.361E+02	9.051E+03	6.533E+03

ZONE NUMBER IS 18
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	1.877E+02	0.000E+00	-3.203E+00	-4.789E+01	3.337E+01	6.006E+01
FEB	1.543E+02	0.000E+00	-2.809E+00	-3.829E+01	3.418E+01	5.304E+01
MAR	9.161E+01	0.000E+00	-2.471E+00	-3.188E+01	5.541E+01	5.928E+01
APR	2.348E+00	3.802E+00	-1.941E+00	-1.997E+01	8.122E+01	5.538E+01
MAY	1.695E-01	5.349E+01	-1.296E+00	-1.313E+01	1.000E+02	6.006E+01
JUN	0.000E+00	1.619E+02	-6.871E-01	3.563E+00	1.111E+02	5.694E+01
JUL	0.000E+00	2.158E+02	-2.284E-01	1.227E+01	1.065E+02	5.772E+01
AUG	0.000E+00	1.887E+02	-2.907E-01	9.756E+00	8.524E+01	6.006E+01
SEP	0.000E+00	6.593E+01	-9.845E-01	-6.543E+00	6.818E+01	5.460E+01
OCT	2.983E-01	8.730E+00	-1.580E+00	-1.735E+01	5.423E+01	6.006E+01
NOV	3.620E+01	0.000E+00	-1.781E+00	-2.298E+01	3.658E+01	5.772E+01
DEC	1.514E+02	0.000E+00	-2.665E+00	-3.795E+01	2.743E+01	5.694E+01
SUM	6.240E+02	6.984E+02	-1.994E+01	-2.104E+02	7.934E+02	6.919E+02

ZONE NUMBER IS 19
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	4.262E+02	0.000E+00	-4.089E+01	-1.108E+02	1.373E+02	3.211E+02
FEB	3.449E+02	0.000E+00	-3.604E+01	-8.919E+01	1.426E+02	2.836E+02
MAR	1.700E+02	0.000E+00	-3.333E+01	-7.865E+01	2.383E+02	3.169E+02
APR	2.026E+00	4.414E+01	-2.791E+01	-5.882E+01	3.486E+02	2.961E+02
MAY	1.801E-01	3.188E+02	-1.810E+01	-3.522E+01	4.367E+02	3.211E+02
JUN	0.000E+00	6.701E+02	-9.735E+00	8.139E+00	4.799E+02	3.044E+02

JUL	0.000E+00	8.289E+02	-4.024E+00	2.823E+01	4.672E+02	3.086E+02
AUG	0.000E+00	7.435E+02	-4.520E+00	2.245E+01	3.848E+02	3.211E+02
SEP	0.000E+00	3.469E+02	-1.319E+01	-1.569E+01	3.079E+02	2.919E+02
OCT	9.379E-01	1.001E+02	-2.183E+01	-4.730E+01	2.379E+02	3.211E+02
NOV	5.845E+01	0.000E+00	-2.472E+01	-6.078E+01	1.526E+02	3.086E+02
DEC	3.300E+02	0.000E+00	-3.421E+01	-8.801E+01	1.130E+02	3.044E+02
SUM	1.333E+03	3.053E+03	-2.685E+02	-5.257E+02	3.447E+03	3.699E+03

ZONE NUMBER IS 20
****

MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	6.168E+02	0.000E+00	-2.112E+02	-1.826E+02	4.374E+02	4.412E+02
FEB	5.004E+02	0.000E+00	-1.820E+02	-1.465E+02	3.977E+02	3.896E+02
MAR	2.681E+02	0.000E+00	-1.778E+02	-1.322E+02	5.508E+02	4.355E+02
APR	8.783E+00	7.636E+01	-1.567E+02	-9.207E+01	6.446E+02	4.068E+02
MAY	1.198E+00	4.238E+02	-1.118E+02	-5.467E+01	6.919E+02	4.412E+02
JUN	0.000E+00	9.318E+02	-5.769E+01	1.323E+01	6.646E+02	4.183E+02
JUL	0.000E+00	1.220E+03	-2.528E+01	4.566E+01	6.775E+02	4.240E+02
AUG	0.000E+00	1.250E+03	-3.315E+01	3.626E+01	7.606E+02	4.412E+02
SEP	0.000E+00	7.519E+02	-9.301E+01	-2.557E+01	8.231E+02	4.011E+02
OCT	4.640E-01	3.038E+02	-1.393E+02	-8.473E+01	7.252E+02	4.412E+02
NOV	7.434E+01	7.765E-01	-1.430E+02	-1.039E+02	4.346E+02	4.240E+02
DEC	4.977E+02	0.000E+00	-1.798E+02	-1.461E+02	3.521E+02	4.183E+02
SUM	1.968E+03	4.959E+03	-1.511E+03	-8.731E+02	7.160E+03	5.083E+03