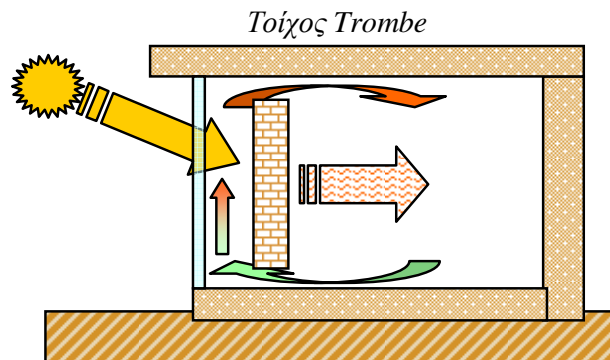


ΑΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

*ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ
(ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ 5000) ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ*



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΩΝ

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΚΟΥΡΝΕΛΟΥ & ΜΗΝΑ ΞΗΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΒΟΥΚΕΛΑΤΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2012

Ευχαριστίες

Τελειώνοντας την παρούσα πτυχιακή εργασία αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Ευστάθιο Βουκελάτο για την καθοδήγηση, συνεισφορά και βοήθεια που μας προσέφερε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της.

Επίσης, τους γονείς μας για τη συμπαράσταση και την ανοχή τους καθ' όλα τα χρόνια των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	11
2.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ 5000 (M5000) ΚΑΙ Η ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ 5000 (NM5000).....	11
2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΝΜ5000	12
2.3 ΠΩΣ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ Η ΝΜ5000.....	12
2.4 ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΗΣ ΝΜ5000.....	13
2.4.1 <i>Θερμικές απώλειες.....</i>	<i>13</i>
2.4.2 <i>Ηλιακά κέρδη.....</i>	<i>16</i>
2.4.3 <i>Εσωτερικά θερμικά κέρδη.....</i>	<i>25</i>
2.4.4 <i>Ωφέλιμα θερμικά κέρδη.....</i>	<i>27</i>
2.4.5 <i>Βοηθητική ενέργεια θέρμανσης.....</i>	<i>28</i>
2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΝΜ5000 ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ	28
2.5.1 <i>Δομή προγράμματος.....</i>	<i>29</i>
3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ EXCEL	38
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	52
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει συνεχή αύξηση με σοβαρές επιπτώσεις στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, στην εξάντληση των φυσικών πόρων και κατά συνέπεια στην ποιότητα ζωής. Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των επιπτώσεων, πρωταρχικό ρόλο αποκτά η εξοικονόμηση ενέργειας, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στην παγκόσμια οικονομία, στην κάλυψη των κοινωνικών και αναπτυξιακών αναγκών και στην προστασία του περιβάλλοντος. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι η φθηνότερη, εναλλακτική, ήπια, καθαρή και άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας για την αντιμετώπιση των σύγχρονων οικονομικών και ενεργειακών αναγκών.

Τα κτήρια, οι βιομηχανίες και οι μεταφορές απορροφούν το σύνολο σχεδόν της ενέργειας που καταναλώνεται σε μια χώρα. Στην Ελλάδα, το 2005 ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής), συμμετείχε σε ποσοστό 34% (που σήμερα πλησιάζει το 40%) στο ενεργειακό ισοζύγιο και σε ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Λόγω της υψηλής συμμετοχής των κτηρίων στην κατανάλωση ενέργειας και κυρίως στον ηλεκτρισμό, τα κτήρια συμμετέχουν ετησίως στις εκπομπές ρύπων CO₂ σε ποσοστό άνω του 43%. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια για τη δεκαετία 1995-2005 ανέρχεται στο 5,5%, ενώ ο αντίστοιχος ρυθμός αύξησης για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ελλάδα είναι περίπου 3%. Παράλληλα, η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς για την κάλυψη των φορτίων αιχμής κυρίως κατά τους θερινούς μήνες (λόγω κλιματισμού) αυξάνεται συνεχώς με μέσο ετήσιο ρυθμό τα 400 MW, που συνεπάγεται την αναγκαιότητα για έναν επιπλέον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως.

Στη χώρα μας οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα είναι ιδιαίτερα υψηλές και μπορούν να υλοποιηθούν σχετικά εύκολα με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων. Πρέπει να επισημανθεί ότι το 70% των ελληνικών κτηρίων δεν είναι θερμομονωμένα, ενώ ταυτόχρονα το μεγαλύτερο ποσοστό από αυτά έχουν κακή αεροστεγανότητα και παλιές τεχνολογίας ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού κ.ά.). Η σημερινή, υψηλής ενεργειακής απόδοσης τεχνολογία χρήσης και διαχείρισης ενέργειας μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην εξοικονόμηση στα κτήρια, ενώ η χρήση συστημάτων ανανεώσιμων

πηγών ενέργειας (ηλιακών συστημάτων, γεωθερμίας, βιομάζας κ.ά.) είναι πλέον ενεργειακά αποδοτικότερη και τεχνικοοικονομικά βιώσιμη στα κτήρια.

Οι θερμικές ανάγκες ή θερμικά φορτία ενός χώρου και γενικότερα ενός κτηρίου είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτήριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα. Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης υπολογίζονται ώστε να καλύπτουν όλες τις θερμικές ανάγκες ενός κτηρίου.

Οι θερμικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου ή του κτηρίου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής των τοίχων, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων από τον αερισμό και από άλλους παράγοντες.

Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται για κάθε χώρο του κτηρίου ξεχωριστά, για να μπορεί να προσδιορισθεί το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων του κάθε χώρου. Το σύνολο των θερμικών αναγκών του κτηρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται.

Οι πραγματικές θερμικές απώλειες ενός κτηρίου είναι μικρότερες από το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει η εγκατάσταση θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχεδιασμός της εγκατάστασης γίνεται έτσι ώστε να καλύπτει τις απώλειες του κτηρίου ακόμη και στις ελάχιστες πιθανές τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής). Οι θερμικές ανάγκες ενός κτηρίου αποτελούν συγχρόνως και τις μέγιστες θερμικές απώλειες.

Η μεθοδολογία του υπολογισμού των θερμικών αναγκών βασίζεται στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων σχεδιασμού συμβατικών κτηρίων είναι αυτή του Γερμανικού Κανονισμού DIN 4701, η μέθοδος των βαθμομερών, η μεθοδολογία υπολογισμού κατά ASHRAE, η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κτλ., οι οποίες όμως δεν μπορούν (πλην της τελευταίας) να προσομοιώσουν ικανοποιητικά τα κτήρια με παθητικά ηλιακά συστήματα.

Στην αγορά διατίθεται σήμερα ένας μεγάλος αριθμός υπολογιστικών προγραμμάτων, με διαφορετικές δυνατότητες και περιορισμούς, τις οποίες οφείλει να γνωρίζει ο μελετητής ώστε να επιλέξει το κατάλληλο για κάθε εφαρμογή.

Σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτηρίου αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Όλα τα κτήρια δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία περνάει μέσα από τα ανοίγματα (παράθυρα) στους εσωτερικούς χώρους και τους θερμαίνει.

Εν γένει ονομάζουμε παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς θερμότητας) συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί.

Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Υπάρχουν επίσης και παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους (ηλιακοί τοίχοι, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια) και παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους (ηλιακοί συλλέκτες-πανέλα εκτός του κτηριακού περιβλήματος).

Για την αποτελεσματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή για να υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, θα πρέπει να συντρέχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να υπάρχουν επαρκείς επιφάνειες ανοίγματα (παράθυρα), που να «βλέπουν» απ' ευθείας τον ήλιο για αρκετές ώρες την ημέρα το χειμώνα. Για το λόγο αυτό συνιστάται ο νότιος προσανατολισμός, ο οποίος είναι ο μόνος που «βλέπει» αρκετές ώρες τον ήλιο το χειμώνα.
- Να είναι το κτήριο καλά θερμομονωμένο, ώστε να μη «χάνεται» θερμότητα από τις εξωτερικές του επιφάνειες (τοίχους, παράθυρα, οροφές, δάπεδα).

- Να υπάρχουν εσωτερικά στο κτήριο τέτοια υλικά, ώστε να «αποθηκεύεται» μέρος της θερμότητας από την ηλιακή ενέργεια και έτσι να έχουμε χώρους αρκετά (όχι υπερβολικά) θερμούς όλες τις ώρες του εικοσιτετραώρου κατά τις οποίες χρησιμοποιούνται. Τα υλικά αυτά πρέπει να είναι μεγάλης μάζας (όπως κεραμικές πλάκες στο δάπεδο, μπετόν, συμπαγή τούβλα ή πέτρα εσωτερικά στους τοίχους) ώστε να έχουν την απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα.
- Να είναι το κτήριο σωστά διαρρυθμισμένο, ώστε οι χώροι που απαιτούν περισσότερη θέρμανση να δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης καλύπτει συνήθως ένα ποσοστό του ετήσιου θερμικού φορτίου, το οποίο ονομάζεται κάλυψη και χαρακτηρίζει το μέγεθος της εγκατάστασης.

Στα πλεονεκτήματα των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων περιλαμβάνονται τα εξής:

- Πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, αλλά και ψύξη, που μπορεί – αν το ευνοούν οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και κυρίως (!) ο καλός σχεδιασμός – να φθάσει, συχνά, μέχρι και το 80 % της ετήσιας κατανάλωσης ισοδύναμης (καταναλισκώμενης γι' αυτό το σκοπό) ενέργειας. Ταυτόχρονα το κόστος ένταξής τους στο αρχικό σχέδιο (το χωρίς παθητικά ηλιακά συστήματα), σε ορισμένες περιπτώσεις είναι μηδαμινό ή θα έχει αποσβεστεί σε λίγα (έως πέντε περίπου) χρόνια λειτουργίας τους.
- Το σπουδαιότερο, ίσως, είναι η απλότητα στο σχεδιασμό, το χειρισμό και τη συντήρησή τους. Δεν απαιτούν ιδιαίτερες γνώσεις από τους χρήστες, έχουν μακρά διάρκεια ζωής, είναι κατασκευασμένα ως επί το πλείστον από απλά και φυσικά (και συνεπώς υγιεινά και φιλικά) υλικά, είναι σχεδόν ή εντελώς αθόρυβα στη λειτουργία τους και πρακτικώς απαρατήρητα από το εσωτερικό, ώστε να δίνουν μεγαλύτερη ελευθερία στην διαρρύθμιση του εσωτερικού χώρου.
- Σε ένα παθητικό κτήριο καθίσταται δυνατή η επίτευξη της ιδανικότερης ισορροπίας ανάμεσα στη μέση θερμοκρασία αέρα του εσωτερικού και τη μέση θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών που περιλαμβάνουν τον

θεωρούμενο χώρο. Έτσι, κατά την περίοδο θέρμανσης (χειμώνα), η άνεση που προσφέρει ένα παθητικό κτήριο με μέση θερμοκρασία 19°C ισοδυναμεί με την άνεση ενός «συμβατικού», μηχανικά θερμαινόμενου, κτηρίου με θερμοκρασία αέρα 21°C. Ομοίως, κατά την περίοδο δροσισμού (καλοκαίρι), η άνεση σε ένα παθητικό κτήριο με μέσες θερμοκρασίες 27°C είναι ισοδύναμη με αυτή κτηρίου που διαθέτει μηχανικό σύστημα κυκλοφορίας αέρα θερμοκρασίας 24°C σε χώρους με θερμοκρασία τοιχωμάτων 30 °C.

- Ένα άλλο ευνοϊκό αποτέλεσμα της παθητικής θέρμανσης είναι η διατήρηση του δαπέδου σε θερμοκρασίες περισσότερο επιθυμητές για τη θερμική άνεση, δηλαδή υψηλότερες, από αυτές που επιτυγχάνονται με τη συμβατική θέρμανση.

Στα μειονεκτήματα των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων μπορούμε να καταγράψουμε τα εξής:

- Το κυριότερο πρόβλημα που παρουσιάζουν τα ΠΗΣ είναι ο έλεγχός τους αναφορικά με το ρυθμό ανταπόκρισής τους στις εξωτερικές αλλαγές και η πιθανή υπερθέρμανση του κτηρίου από υπερβολικά κέρδη. Ευτυχώς, υπάρχουν σχετικά απλές λύσεις γι' αυτά τα προβλήματα. Χονδρικά αναφέρονται τα εξής για τις μικρές και μεσαίες όσων αφορά το μέγεθος κατασκευές:
 - Ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση / κατασκευή των παντός είδους ανοιγμάτων να γίνεται με τρόπο λειτουργικό και τέτοιο που να μπορεί ο ένοικος να τα χειριστεί εύκολα.
 - Να περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό σταθερές διατάξεις σκίασης (π.χ. εξωτερικές προεξοχές) και αν είναι δυνατό και κινητές (ευέλικτο σύστημα, αλλά ακριβότερο).
 - Τέλος συστήνεται η τοποθέτηση ενός μηχανικού συστήματος ψύξης – θέρμανσης, έτσι ώστε σε περίοδο ακραίων καιρικών συνθηκών, όταν το παθητικό σύστημα δε δύναται να ανταποκριθεί πλήρως στις ανάγκες του κτηρίου, η θερμική άνεση να εξασφαλίζεται από τη συνδυασμένη χρήση παθητικού – μηχανικού συστήματος.

Επίσης για τα μεγαλύτερα κτήρια, συστήνεται ένα καλό αναπληρωματικό σύστημα (π.χ. air conditions).

Πάντως οι διακυμάνσεις των εσωτερικών θερμοκρασιών μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με καλή μελέτη της διαστασιολόγησης και τοποθέτησης μέσα στο κτήριο των διαφόρων στοιχείων θερμικής μάζας.

Ο υπολογισμός των μηνιαίων θερμικών φορτίων αποτελεί το πρώτο βήμα της μελέτης ενός ηλιακού συστήματος και γίνεται με λεπτομερή ή προσεγγιστική μέθοδο. Η λεπτομερής μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων για κάθε ώρα και απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα, είναι γρήγορη και απλή και δεν χρειάζεται ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ανάλυσης της συμπεριφοράς και της απόδοσης των παθητικών ηλιακών συστημάτων που εφαρμόζονται σε κτήρια. Ουσιαστικά κάθε μέθοδος δημιουργεί και εξετάζει ένα θεωρητικό πρότυπο (μοντέλο) που προσομοιάζει τη λειτουργία κάποιας διάταξης παθητικού ηλιακού συστήματος. Επειδή στη λειτουργία του παθητικού ηλιακού συστήματος υπεισέρχονται πολλές παράμετροι και δεδομένα, τα οποία δεν είναι δυνατό να αντιπροσωπεύουν απόλυτα την πραγματικότητα, αλλά αποτελούν μια προσέγγιση μόνο αυτής, παρατηρούνται μικρότερες ή μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ θεωρίας και πράξης, πράγμα που είναι αναμενόμενο.

Όταν παρατηρηθούν ικανοποιητικές προσεγγίσεις μεταξύ εφαρμογής και θεωρητικών δεδομένων, τότε η μέθοδος θεωρείται κατ' αρχάς αξιόπιστη και προωθείται για περαιτέρω μελέτη και βελτίωση. Από τις μεθόδους που έχουν ως τώρα προταθεί άλλες είναι απλές και άλλες πολύπλοκες.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όσες μπορούν να γίνουν και χωρίς τη χρήση Η/Υ, «με το χέρι», συμπληρώνοντας μια σειρά εντύπων, ειτελώντας απλές πράξεις και καταλήγοντας σε προσεγγιστικά αποτελέσματα. Εδώ ανήκει και η **Νέα Μέθοδος 5000 (NM5000)**. Μπορεί δηλαδή να ειτελεστεί με χαρτί και μολύβι, αλλά, όπως είναι αναμενόμενο, με την χρήση Η/Υ η διαδικασία επιταχύνεται, ενώ ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα δοκιμής διαφορετικών λύσεων. Και φυσικά διατηρείται πολύ καλύτερη εποπτεία της όλης διαδικασίας μελέτης, όπως επίσης και των επί μέρους

τμημάτων της. Με πρόγραμμα Η/Υ δίνεται η δυνατότητα στο μελετητή να εκπονήσει γρήγορα και εύκολα μελέτες για ακόμα μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα στη δομή τους κτήρια, να κάνει άμεσες παρουσιάσεις των προτάσεών του σε πελάτες και συνεργάτες με εκτύπωση, καθώς επίσης και να παρουσιάσει τη δουλειά-μελέτη του με οποιοδήποτε μέσο ηλεκτρονικής προβολής.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να δημιουργήσουμε ένα εύχρηστο εργαλείο υπολογισμού θερμικών φορτίων με τη NM5000, χρησιμοποιώντας ένα απλό πρόγραμμα Η/Υ (π.χ. Excel). Το πρόγραμμα θα εφαρμοστεί στον υπολογισμό θερμικών φορτίων μονοκατοικίας εμβαδού 180 m².

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Η Μέθοδος 5000 (M5000) και η Νέα Μέθοδος 5000 (NM5000)

Η Μέθοδος 5000 αναπτύχθηκε αρχικά το 1982 στη Γαλλία για το διαγωνισμό Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού που ονομάστηκε “5000 Maisons Solaires” (5000 ηλιακές κατοικίες). Συγγραφείς ήταν οι P. Claux, J.P. Franca, R. Guilles, A. Pessu, A. Pouger M. Raoust. Ο G. Lefevre χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της διδακτορικής του διατριβής, αναθεώρησε το 1990 τη μέθοδο για να ληφθούν υπόψη μια σταθερά χρόνου, η διακοπτόμενη θέρμανση και η πολυζωνικότητα. Ο M. Raoust επιμελήθηκε την αγγλική έκδοση που περιλαμβάνεται στην Προκαταρκτική Έκδοση του Ευρωπαϊκού Εγχειριδίου για τα Παθητικά Ηλιακά Κτήρια. Στην παρούσα αναθεώρηση της M5000 (NM5000) περιλαμβάνονται οι προσθήκες του G. Lefevre που είναι και στην έκδοση της μεθόδου με τη μορφή προγράμματος Η/Υ. Η εργασία σύνταξης της αγγλικής έκδοσης πραγματοποιήθηκε από την Energy Research Group.

Οι μέθοδοι υπολογισμού με το χέρι θεωρούνται ικανοποιητικές αν από τα αποτελέσματά τους προκύπτουν τιμές σε συγκρίσιμες με πιο περίπλοκα προγράμματα Η/Υ, τα οποία έχουν δοκιμασθεί και έχουν αξιολογηθεί.

Για την ακρίβεια που επιτυγχάνει η μέθοδος και την αναμενόμενη ασυνέπεια μεταξύ θεωρίας (περιγραφή φυσικού φαινομένου, μοντέλο συμπεριφοράς) και πράξης (η βιοκλιματική κατασκευή και η πραγματική απόδοσή της) μπορεί να λεχθεί ότι είναι ήδη γνωστές στους ερευνητές αρκούντως από τις πηγές σφαλμάτων και όπως συμβαίνει σε κάθε τεχνολογικό - ερευνητικό τομέα μια ικανοποιητική προσέγγιση των πειραματικών δεδομένων θεωρείται ικανοποιητική και επαρκής για την προώθηση της μεθόδου. Παράλληλα παρακολουθείται η «απόδοσή» της, με απώτερο στόχο την περαιτέρω βελτίωσή της, τη διεύρυνση της επιστημονικής γνώσης και την κατασκευή ακόμα καλύτερων υπολογιστικών εργαλείων.

Η NM5000 είναι μια αναλυτική μέθοδος υπολογισμού θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών. Μόλις αθροιστούν όλα τα επιμέρους κέρδη και όλες οι επιμέρους απώλειες η NM5000 καταλήγει σε ένα ισοζύγιο κερδών-απωλειών. Από αυτό το ισοζύγιο αποφασίζεται είτε η συμπληρωματική θέρμανση του κτηρίου (βοηθητικό φορτίο θέρμανσης), είτε η αποδοχή των συνθηκών που επικρατούν στο

εσωτερικό του, είτε ο συμπληρωματικός δροσισμός. Όλα τα παραπάνω βέβαια, σύμφωνα με τα κριτήρια θερμοικής άνεσης που ο μελετητής καλείται να καθορίσει από την έναρξη της μελέτης.

Η NM5000 μακροσκοπικά εστιάζεται στο τί (περίπου) είναι αναμενόμενο να συμβεί σε χρονικό διάστημα ενός μηνός (θεωρεί τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες σαν τους επαρκείς δείκτες) και ολοκληρώνεται στη διάρκεια ολόκληρου του έτους.

2.2 Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη NM5000

Τα κτήρια σύμφωνα με τη NM5000 διακρίνονται

- σε αυτά που έχουν μόνο άμεσα ηλιακά κέρδη (περίπτωση Α, κτήρια τύπου Α) και
- σε όσα έχουν κέρδη και από άλλα, πρόσθετα, παθητικά ηλιακά συστήματα (κτήρια τύπου Β).

Ιδιαίτερα στην περίπτωση Β τίθεται το ζήτημα ποιές συσκευές ηλιακού κέρδους θα χρησιμοποιηθούν, μόνες ή σε συνδυασμό με άλλες, από την ευρεία ποικιλία δυνατοτήτων. Είναι πρακτικά σπάνιο ένα κτήριο να χρησιμοποιεί όλες τις δυνατές ηλιακές συσκευές.

2.3 Πώς εφαρμόζεται η NM5000

Η NM5000 περιλαμβάνει πέντε διαδοχικά βήματα υπολογισμού:

- **Βήμα 1:** Υπολογισμός μηνιαίων θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα και αερισμό.
- **Βήμα 2:** Υπολογισμός μηνιαίων ηλιακών κερδών από τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης.
- **Βήμα 3:** Υπολογισμός μηνιαίων εσωτερικών θερμικών κερδών.
- **Βήμα 4:** Υπολογισμός μηνιαίων ωφέλιμων θερμικών κερδών.
- **Βήμα 5:** Υπολογισμός μηνιαίας βοηθητικής ενέργειας για τη θέρμανση της κατοικίας.

Επίσης, η εφαρμογή της NM5000 απαιτεί τη γνώση των παρακάτω στοιχείων:

- **Κλιματολογικά στοιχεία:** Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα και μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία.

- **Περιβαλλοντικά στοιχεία:** Εμπόδια γύρω από το κτήριο (δέντρα, διπλανά κτήρια κλπ)
- **Στοιχεία κατασκευής κτηρίου:** Επιφάνειες δομικών στοιχείων (τοιχών, δαπέδων, οροφών), επιφάνειες ανοιγμάτων, υλικά κατασκευής κλπ.
- **Στοιχεία χρήσης από ενοίκους:** Αριθμός ατόμων, είδη ηλεκτρικών συσκευών, αριθμός φωτιστικών σωμάτων κλπ.

2.4 Το μαθηματικό πρότυπο της NM5000

Τα υποκεφάλαια που ακολουθούν περιγράφουν με τύπους και σχήματα τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών και των ηλιακών κερδών ανά κατηγορία (πηγή προέλευσης).

2.4.1 Θερμικές απώλειες

Απώλειες από θερμοπερατότητα και αερισμό

Με την ακόλουθη διαδικασία υπολογίζονται απώλειες από γενικά επιφανειακό στοιχείο: τοίχο, οροφή, δάπεδο.

Η θερμοπερατότητα καθορίζει την ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται από τη μία πλευρά ενός υλικού στην άλλη όταν και στις δύο πλευρές υπάρχει αέρας.

Η θερμοπερατότητα ενός τοιχώματος μετριέται με το συντελεστή θερμοπερατότητας U , ο οποίος δίνει την ποσότητα θερμότητας που διέρχεται μέσα σε 1 h από ένα τοίχωμα δεδομένου πάχους και επιφάνειας 1 m^2 όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που εφάπτεται στις δύο όψεις του τοιχώματος είναι 1°K .

$$U = \frac{1}{R_i + R_o + R_a + R_e} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K}) \quad [1]$$

$$\left. \begin{array}{l} R_i / R_e \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}: \text{ εσωτερική / εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης αέρα} \\ R_o \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}: \text{ αντίσταση θερμοδιαφυγής τοιχώματος } R_o = \sum \frac{d}{\lambda} \\ d \text{ (m)}: \text{ πάχος στρώσης υλικού τοιχώματος} \\ \lambda \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}: \text{ συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στρώσης υλικού τοιχώματος} \\ R_a \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}: \text{ αντίσταση θερμικής μετάβασης στρώματος αέρα εγκλωβισμένου στο τοίχωμα} \end{array} \right\} \text{όπου}$$

Η διαδικασία υπολογισμού θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα και αερισμό περιλαμβάνει **6 βήματα**:

➤ **Βήμα 1:** Υπολογισμός γεωμετρικών στοιχείων κτηρίου

Υπολογίζονται τα παρακάτω εμβαδά:

1. F_w (m²): Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων (πλην ανοιγμάτων)
2. F_r (m²): Επιφάνεια οροφής
3. F_f (m²): Επιφάνεια δαπέδου
4. F_g (m²): Επιφάνεια ανοιγμάτων
5. F (m²): Θερμική επιφάνεια κτηρίου ($F = F_w + F_r + F_f + F_g$)
6. V (m³): Θερμαινόμενος όγκος κτηρίου (ο όγκος που περικλείεται από τη θερμική επιφάνεια).

➤ **Βήμα 2:** Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κτηρίου

Υπολογίζονται οι παρακάτω συντελεστές θερμοπερατότητας:

1. U_w (W/m²K): Συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων
2. U_r (W/m²K): Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής
3. U_f (W/m²K): Συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου
4. U_g (W/m²K): Συντελεστής θερμοπερατότητας ανοιγμάτων (η τιμή του λαμβάνεται από πίνακα)

➤ **Βήμα 3:** Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτηρίου

$$U_m = \frac{U_w F_w + U_r F_r + U_f F_f + U_g F_g}{F} \quad (\text{W} / \text{m}^2 \text{K}) \quad [2]$$

➤ **Βήμα 4:** Υπολογισμός μηνιαίων θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα

$$Q_{\Theta} = 86400 \cdot U_m \cdot F \cdot BH\Theta \quad (\text{J} / \text{μηνά}) \quad [3]$$

όπου $BH\Theta$ (°C·ημ/μηνά): βαθμοημέρες θέρμανσης περιοχής όπου βρίσκεται το κτήριο.

Οι $BH\Theta$ για περίοδο ενός μήνα ορίζονται ως το γινόμενο του αριθμού των ημερών θέρμανσης επί τη διαφορά των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Η μέση εσωτερική θερμοκρασία θεωρείται σταθερή και ίση με $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Βήμα 5:** Υπολογισμός μηνιαίων θερμικών απωλειών από αερισμό

Όταν η εξωτερική θερμοκρασία (περιβάλλοντος) είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου, τότε θερμός αέρας εξέρχεται προς το περιβάλλον και ψυχρός αέρας εισέρχεται στο κτήριο. Αυτή η συνεχής εναλλαγή του αέρα συνεπάγεται πρόσθετα θερμικά φορτία για τη θέρμανση του εισερχόμενου ψυχρού αέρα, τα οποία υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_A = 29376 \cdot n \cdot V \cdot BH\Theta \quad (\text{J/μηνά}) \quad [4]$$

όπου: n (αλλαγές/h): ρυθμός ανανέωσης αέρα

→ $n=1$ (νέες κατοικίες και κτήρια γραφείων)

→ $n=1.5$ (παλιές κατοικίες και κατοικίες βιοκλιματικού σχεδιασμού)

→ $n=4-8$ (εμπορικοί χώροι και καταστήματα)

V (m^3): θερμαινόμενος όγκος κτηρίου

$BH\Theta$ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{ημ}/\mu\eta\text{νά}$): βαθμοημέρες θέρμανσης περιοχής όπου βρίσκεται το κτήριο.

➤ **Βήμα 6:** Υπολογισμός μηνιαίων θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα και αερισμό

Αφορά στις συνολικές μηνιαίες θερμικές απώλειες:

$$Q_T = Q_{\Theta} + Q_A \quad (\text{J/μηνά}) \quad [5]$$

2.4.2 Ηλιακά κέρδη

Ηλιακά κέρδη από παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι ορισμένες απλές αλλά ειδικά μελετημένες διατάξεις και συνδυασμοί υλικών και χώρων στη νότια περιοχή του κελύφους των κτηρίων που σκοπό έχουν να αυξήσουν τα θερμικά κέρδη, αξιοποιώντας στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα κτήριο. Η διαφοροποίησή τους από τα απλά υαλοστάσια που προσδίδουν μόνο άμεσα κέρδη, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας τους που όχι μόνο συγκεντρώνουν ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμικής ενέργειας.

Η NM5000 δίνει τύπους για τον υπολογισμό των ημερήσιων ηλιακών κερδών για τους μήνες Οκτώβριο έως και Μάιο που αφορούν σε:

- *Ηλιακά κέρδη από τα ανοίγματα*
- *Ηλιακά κέρδη από τον τοίχο Μάζας*
- *Ηλιακά κέρδη από τον τοίχο Trombe*
- *Ηλιακά κέρδη από το θερμοκήπιο*
- *Συνολικά ηλιακά κέρδη*

2.4.2.1 Ηλιακά κέρδη από τα ανοίγματα

Τα νότια ανοίγματα του κτηρίου αποτελούν το χειμώνα την κύρια είσοδο της ηλιακής ενέργειας στον εσωτερικό του χώρο. Πρέπει να είναι μεγάλα και να μη σιαάζονται κατά τη χειμερινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στη βόρεια Ελλάδα (Γ.Π. 40°), 10 m² νότιου ανοίγματος αρκούν για να θερμάνουν πλήρως, σε μία ηλιόλουστη μέρα, 20 m² εσωτερικού χώρου.

Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται το χειμώνα μικρές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα, το καλοκαίρι επιτρέπουν την είσοδο επιβαρυντικής ακτινοβολίας. Οι διαστάσεις τους πρέπει να είναι περιορισμένες και επίσης να σιαάζονται είτε από φυλλοβόλα δέντρα, είτε από κατακόρυφες τέντες ή παντζούρια.

Τα βορινά ανοίγματα πρέπει να είναι λίγα και μικρά, να κλείνουν καλά και να είναι προστατευμένα (παντζούρια).



Εικόνα 1. Αναπαράσταση ροής ηλιακών κερδών από ανοίγματα.

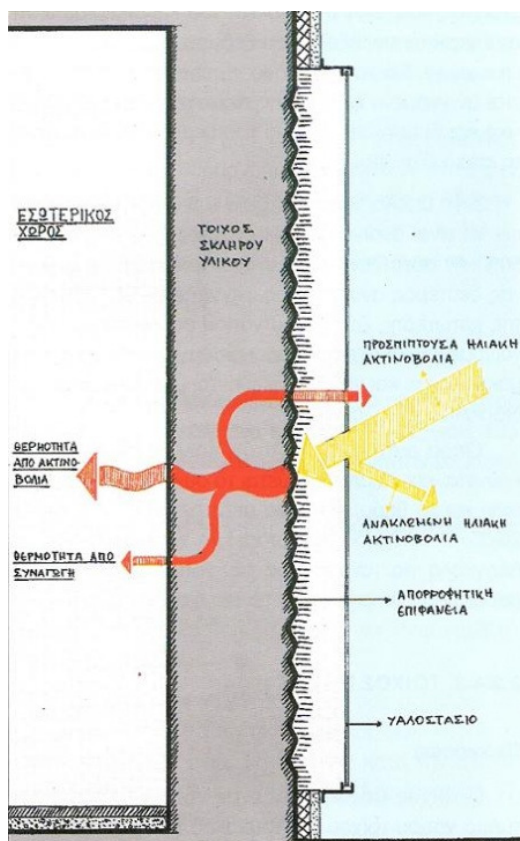
Τα ηλιακά κέρδη για κάθε άνοιγμα για τους μήνες Οκτώβριο έως και Μάιο υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_{dg} = E_H \cdot F_g \cdot m \cdot C_c \cdot S_f \cdot C_f \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [6]$$

- όπου: E_H (kWh/m²-ημερα): Μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται από τον υαλοπίνακα (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)
- F_g (m²): Επιφάνεια ανοίγματος
- m (-): Λόγος επιφάνειας υαλοπίνακα προς τη συνολική επιφάνεια του ανοίγματος, $m=0.7-0.9$
- C_c (-): Συντελεστής διείσδυσης ηλιακής ενέργειας μέσω των κουρτινών
 $C_c=1$ χωρίς κουρτίνες
 $C_c=0.93$ με κουρτίνες
- S_f (-): Συντελεστής σκίασης ανοίγματος από εξωτερικά εμπόδια (η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα)
- C_f (-): Συντελεστής δαπέδου
 $C_f=1$ μονωμένο ή ενδιάμεσο δάπεδο
 $C_f=0.90$ αμόνωτο δάπεδο

2.4.2.2 Ηλιακά κέρδη από τοίχο Μάζας

Ο τοίχος Μάζας είναι η απλούστερη περίπτωση παθητικού ηλιακού τοίχου με “θερμική μάζα”: Ένας τοίχος κατάλληλα σχεδιασμένος (όσον αφορά στα υλικά και στα πάχη) ώστε να συλλέγει ηλιακή ενέργεια, να εγκλωβίζει ένα σημαντικό μέρος της



Εικόνα 2. Ροή ηλιακής ενέργειας σε τοίχο Μάζας

στο χώρο μεταξύ εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου και του υαλοστασίου που απέχει λίγα εκατοστά από αυτήν, να την αποθηκεύει στη «μάζα» του και να τη μεταδίδει αργά προς το εσωτερικό (παρακείμενο χώρο), αλλά και στα γειτονικά στοιχεία του κτηρίου με τα οποία βρίσκεται σε επαφή (άλλους τοίχους, πλάκες κλπ). Έτσι τα κέρδη του θερμαινόμενου χώρου υπολογίζονται σαν κέρδη από συναγωγή θερμότητας δια του τοίχου Μάζας.

Τα ηλιακά κέρδη από τον τοίχο Μάζας υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_m = E_H \cdot F_m \cdot S_f \cdot m \cdot \alpha \cdot U_m \cdot R \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [7]$$

όπου: E_H (kWh/m ² -ημερα):	Μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται από τον υαλοπίνακα (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)
F_m (m ²):	Επιφάνεια τοίχου Μάζας
S_f (-):	Συντελεστής σκίασης τοίχου από εξωτερικά εμπόδια (η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα)
m (-):	Λόγος επιφάνειας υαλοπίνακα προς τη συνολική επιφάνεια του ανοίγματος, $m=0.7-0.9$
a (-):	Απορροφητικότητα τοίχου ανάλογα με το χρώμα του: $a=0.9$ μαύρο ματ $a=0.4 - 0.5$ γκρι $a=0.25 - 0.4$ λευκό
c (-):	Συντελεστής απόδοσης τοίχου (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)
U_m (W/m ² K):	Συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου Μάζας και υαλοπίνακα
R (m ² K/W):	Αντίσταση θερμοδιαφυγής από τον υαλοπίνακα προς τα έξω: $R=0.06+R_g+R_a$
R_g (m ² K/W):	Αντίσταση θερμοδιαφυγής υαλοπίνακα: $R_g=0$ απλός υαλοπίνακας $R_g=0.11$ διπλός υαλοπίνακας
R_a (m ² K/W):	Αντίσταση θερμικής μετάβασης αέρα μεταξύ υαλοπίνακα και τοίχου: $R_a=0.16$ υαλοπίνακας χωρίς επιλεκτική επικάλυψη $R_a=0.4$ υαλοπίνακας με επιλεκτική επικάλυψη

2.4.2.3 Ηλιακά κέρδη από τοίχο Trombe

Ο τοίχος Trombe βασικά δεν διαφέρει από τον προηγούμενο. Έχει όμως μια καινοτομία που επιδρά στον τρόπο διάχυσης - μετάδοσης της θερμότητας προς το εσωτερικό, μέσω των ειδικών θυρίδων αερισμού που διαθέτει, η διακίνηση της θερμότητας γίνεται και με μεταφορά (αερισμό). Οι θυρίδες που αναφέρονται και ως «θυρίδες θερμοκυκλοφορίας» βρίσκονται στο πάνω και στο κάτω μέρος του τοίχου

(ανά ζεύγη) και τα μεγέθη που καθορίζουν το σχεδιασμό τους εξαρτώνται από τις διαστάσεις του τοίχου. Την ημέρα οι θυρίδες είναι ανοικτές για να διευκολύνουν το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και της θερμοκυκλοφορίας. Τη νύχτα οι θυρίδες κλείνουν και έτσι προλαμβάνεται ο αντίστροφος θερμοσιφωνισμός που θα επιτάχυνε τη διαφυγή θερμότητας από το θερμότερο εσωτερικό προς την ψυχρότερη εξωτερική πλευρά του τοίχου.

Τα ηλιακά κέρδη από τον τοίχο Trombe υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_t = E_H \cdot F_t \cdot S_f \cdot m \cdot a \cdot c \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [8]$$

όπου: E_H (kWh/m²-ημερα): Μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται από τον υαλοπίνακα (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)

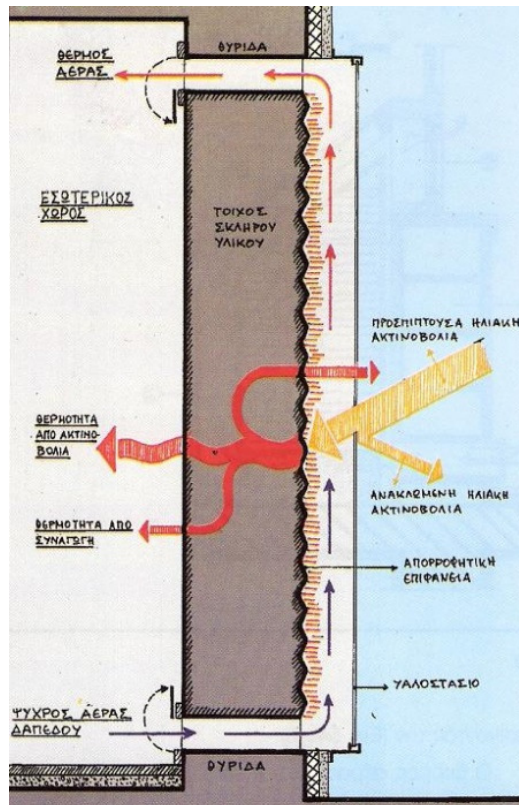
F_t (m²): Επιφάνεια τοίχου Trombe

S_f (-): Συντελεστής σκίασης τοίχου από εξωτερικά εμπόδια (η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα)

m (-): Λόγος επιφάνειας υαλοπίνακα προς τη συνολική επιφάνεια του ανοίγματος, $m=0.7-0.9$

a (-): Απορροφητικότητα τοίχου ανάλογα με το χρώμα του: $a=0.9$ μαύρο ματ
 $a=0.4 - 0.5$ γκρι
 $a=0.25 - 0.4$ λευκό

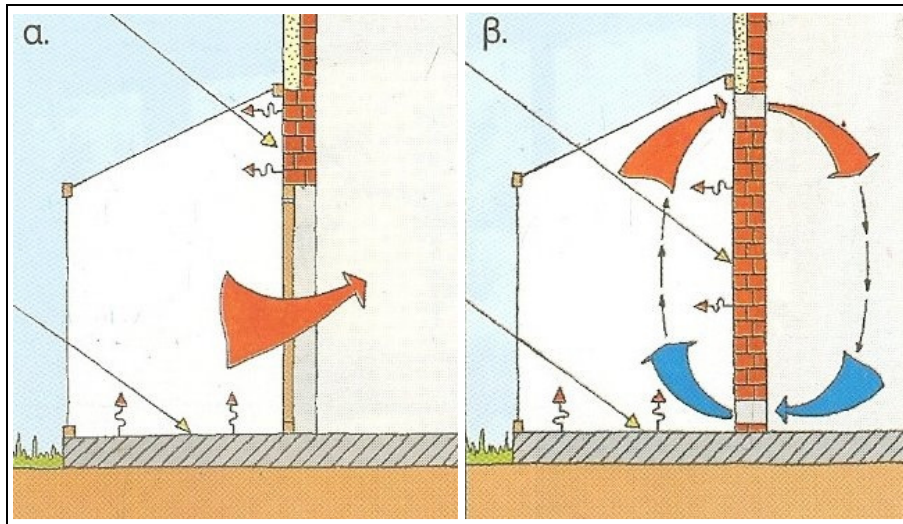
c (-): Συντελεστής απόδοσης τοίχου (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)



Εικόνα 3. Ροή ηλιακής ενέργειας σε τοίχο Trombe.

2.4.2.4 Ηλιακά κέρδη από θερμοκήπιο

Το θερμοκήπιο είναι ένας υαλόφρακτος χώρος, προσαρμοσμένος στη νότια πλευρά του κτηρίου. Σε ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο θερμοκήπιο μπορεί η θερμοκρασία να φτάνει, τους κρύους μήνες του χειμώνα, τους 35°C ή 40°C. Ο θερμός αέρας του θερμοκηπίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των ανοιγμάτων του κτηρίου ή μέσω ειδικών θυρίδων. Το καλοκαίρι πρέπει να απομακρύνεται ένα μεγάλο μέρος των ανοιγμάτων του υαλοστασίου και το θερμοκήπιο να σιάζεται.



Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας θερμοκηπίου.

Ειδικότερα το θερμοκήπιο συμβάλει στη θέρμανση μιας κατοικίας με 4 διαφορετικούς τρόπους:

➤ **Μέσω του ανοίγματος μεταξύ θερμοκηπίου και θερμαινόμενου χώρου (Q_{sdg})**

Πρόκειται για ηλιακά κέρδη από παράθυρα που βρίσκονται πάνω στο χώρισμα του θερμοκηπίου από το εσωτερικό κτήριο («θερμαινόμενο χώρο», δηλαδή το χώρο που προορίζεται να θερμανθεί).

Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$Q_{sdg} = E_H \cdot F_g \cdot \tau_g \cdot m_s \cdot m \cdot S_f \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [8]$$

όπου: E_H (kWh/m²-ημερα): Μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται από τον υαλοπίνακα (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)

F_g (m²): Επιφάνεια ανοίγματος (υαλοπίνακας και πλαίσιο)

τ_g (-): Συντελεστής μετάδοσης ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του θερμοκηπίου:

$\tau_g=0.79$ απλός υαλοπίνακας

$\tau_g=0.63$ διπλός υαλοπίνακας

m_s (-): Λόγος της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου προς το συνολικό εμβαδόν του, $m=0.8$

$m (-)$:	Λόγος επιφάνειας υαλοπίνακα προς τη συνολική επιφάνεια του ανοίγματος, $m=0.7-0.9$
$S_f(-)$:	Συντελεστής σκίασης τοίχου από εξωτερικά εμπόδια (η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα)

➤ **Μέσω του τοίχου μάζας που χωρίζει τι θερμοκήπιο από το θερμαινόμενο χώρο (Q_{sm})**

Πρόκειται για ηλιακά κέρδη από τοίχο μάζας που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον ηλιακό χώρο και το θερμαινόμενο χώρο. Εννοείται ότι ο τοίχος δεν είναι μονωμένος, αλλιώς τα όποια κέρδη μένουν εκτός του εσωτερικού χώρου και αγνοούνται.

Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$Q_{sm} = 0.11 E_H \cdot F_m \cdot U_m \cdot \tau_g \cdot m_s \cdot \alpha \cdot S_f \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [9]$$

όπου: E_H (kWh/m²·ημερα): Μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται από τον υαλοπίνακα (η τιμή λαμβάνεται από πίνακα)

F_m (m ²):	Επιφάνεια τοίχου μάζας
U_m (W/m ² K):	Συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου
a (-):	Απορροφητικότητα τοίχου ανάλογα με το χρώμα του: $a=0.9$ μαύρο ματ $a=0.4 - 0.5$ γκρι $a=0.25 - 0.4$ λευκό

τ_g (-): Συντελεστής μετάδοσης ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του θερμοκηπίου:

$\tau_g=0.79$ απλός υαλοπίνακας
 $\tau_g=0.63$ διπλός υαλοπίνακας

m_s (-): Λόγος της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου προς το συνολικό εμβαδόν του, $m=0.8$

$S_f(-)$: Συντελεστής σκίασης τοίχου από εξωτερικά εμπόδια (η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα)

➤ **Μέσω της ενέργειας που παγιδεύεται στο θερμοκήπιο (Q_{sb})**

Τα ηλιακά κέρδη εξαιτίας της ενέργειας που παγιδεύεται μέσα στο θερμοκήπιο υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_{sb} = 0.024 Q_i \cdot (t_s - t) \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [10]$$

όπου: Q_i (W/K): Μέση απώλεια θερμότητας του θερμαινόμενου χώρου προς το θερμοκήπιο και προκύπτει από το άθροισμα του γινομένου της επιφάνειας του τοίχου μάζας επί το συντελεστή θερμοπερατότητας του τοίχου και του γινομένου της επιφάνειας του ανοίγματος επί το συντελεστή θερμοπερατότητας του ανοίγματος

t_s (K): Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμοκηπίου με ηλιακά κέρδη (υπολογίζεται από τύπο)

t (K): Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμοκηπίου χωρίς ηλιακά κέρδη (υπολογίζεται από τύπο)

➤ **Μέσω της προθέρμανσης του αέρα αερισμού του θερμαινόμενου χώρου (Q_{sa})**

Τα ηλιακά κέρδη από τον αερισμό του θερμοκηπίου υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_{sa} = 0.34 (t_s - t) \cdot 0.024 V_a \quad (\text{kWh/ημερα}) \quad [11]$$

όπου: t_s (K): Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμοκηπίου με ηλιακά κέρδη (υπολογίζεται από τύπο)

t (K): Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμοκηπίου χωρίς ηλιακά κέρδη (υπολογίζεται από τύπο)

V_a (m³/h): Παροχή εξωτερικού αέρα στο θερμαινόμενο χώρο, αφού πρώτα περάσει από το θερμοκήπιο

2.4.2.5 Συνολικά ηλιακά κέρδη

Αθροίζονται όλα τα επιμέρους μηνιαία ηλιακά κέρδη που έχουν ως τώρα υπολογιστεί ως εξής:

$$Q_s = \underbrace{Q_{dg} + Q_t + Q_m}_{\substack{\text{γενικά ηλιακά κέρδη} \\ \text{(ανοιγματα, τοίχος Trombe,} \\ \text{τοίχος μάζας)}}} + \underbrace{Q_{sfg} + Q_{sm} + Q_{sb} + Q_{sa}}_{\text{ηλιακά κέρδη από θερμοκηπιο}} \quad (\text{MJ}/\mu\eta\text{να}) \quad [12]$$

2.4.3 Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη σε μια κατοικία προέρχονται από τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, το φωτισμό, το θερμό νερό χρήσης και τη θερμότητα που αποδίδουν οι ένοικοι λόγω μεταβολισμού.

Το μέγεθος των εσωτερικών θερμικών κερδών προσδιορίζεται δύσκολα με ακρίβεια, γιατί κατά τη λειτουργία των παραπάνω πηγών θερμότητας υπεισέρχονται πολλές μεταβλητές. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη προέρχονται από τη χρήση του κτηρίου: ένα κτήριο κλειστό και αχρησιμοποίητο για μεγάλο χρονικό διάστημα, π.χ. ένα σχολικό συγκρότημα κατά την περίοδο των θερινών ή χειμερινών διακοπών έχει μηδενικά περιστασιακά κέρδη. Ομοίως και κατά τις νυκτερινές ώρες. Μια διαφορετική περίπτωση αποτελεί ένα πανεπιστημιακό κτήριο ή ένα κτήριο γραφείων όπου τα περιστασιακά κέρδη θα είναι σαφώς μειωμένα κατά τη διάρκεια της νύκτας, αλλά όχι πάντοτε μηδενικά. Υπάρχουν νυκτερινοί εργαζόμενοι και προσωπικό ασφαλείας και ο χώρος θερμαίνεται τουλάχιστο από τον τεχνητό φωτισμό.

Τα μεγέθη των εσωτερικών θερμικών κερδών εξαρτώνται από τη χρήση του κτηρίου, δηλαδή το είδος του κτηρίου, τη συχνότητα λειτουργίας του, το βαθμό χρησιμοποίησής του και τις συνήθειες των χρηστών. Επίσης από την κατανάλωση θερμού νερού και ηλεκτρικού ρεύματος για το φωτισμό και για τη χρήση άλλων συσκευών. Η εκτίμηση των εσωτερικών θερμικών κερδών για ειδικά επαγγελματικά κ.α. κτήρια είναι δυσχερής και η δυσκολία προσδιορισμού τους αυξάνεται με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα της δομής του κτηρίου. Ακόμα και για μια τυπική κατοικία (μονοκατοικία ή μικρή πολυκατοικία) οι εκτιμήσεις που έχουν δοθεί από διάφορους μελετητές ποικίλλουν πολύ. Πληροφοριακά αναφέρεται ότι σε πολυώροφα κτήρια (γραφείων, καταστημάτων) με χαμηλό ύψος ορόφων και μεγάλες επιφάνειες,

δηλαδή σε συνθήκες όπου το φυσικό φως εισέρχεται σε μικρό ποσοστό στον εσωτερικό χώρο, η χρήση τεχνητού φωτισμού είναι πολύωρη. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται το φαινόμενο να συγκρατούνται σημαντικά ποσά της θερμότητας, της εκλυόμενης από τον τεχνητό φωτισμό, η οποία διαφεύγει αργά λόγω φτωχού αερισμού. Καθώς το είδος της κάθε ηλεκτρικής συσκευής και οι ώρες χρήσης της επηρεάζουν αποφασιστικά τα ποσά εκλυόμενης θερμότητας συστήνεται (για χώρους που υπερθερμαίνονται εύκολα) η επιλογή συσκευών υψηλής απόδοσης και η προσεγμένη εγκατάσταση κάθε συσκευής, ώστε να διευκολύνεται ο αερισμός και ο δροσισμός του χώρου.

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη προέρχονται βέβαια και από τους χρήστες (η συνεισφορά του ανθρώπινου δυναμικού) και θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη όταν τείνουν να γίνονται σημαντικά εξ' αιτίας συγκεκριμένων περιστάσεων που έχουν σχέση με τη χρήση του κτηρίου, την κατάσταση (την ηλικία, το ρουχισμό κλπ) και τη δραστηριότητα (βαριά, μέτρια ή ελαφριά, χειρωνακτική ή μη) των ατόμων που βρίσκονται μέσα σε αυτό. Το χρονικό διάστημα παραμονής μέσα στο κτήριο και εξάσκησης δραστηριότητας και το πλήθος των ανθρώπων που συσχετίζονται είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες.

Η απλούστερη μέθοδος υπολογισμού βασίζεται στον αριθμό των ενοίκων P και δέχεται την παρακάτω συνεισφορά των διαφόρων πηγών θερμότητας στα εσωτερικά θερμικά κέρδη:

Θερμικά κέρδη ενοίκων:	$450P$ (kWh/έτος)
Θερμικά κέρδη ηλεκτρικών συσκευών και φωτισμού:	$240P + 1800$ (kWh/έτος)
Θερμό νερό χρήσης:	$110P + 100$ (kWh/έτος)

Τα Ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι:

$$Q_{ie} = 800P + 1900 \text{ (kWh/ετος)} \quad (13)$$

όπου: P (-): αριθμός ενοίκων

Αντίστοιχα τα ημερήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι:

$$Q_{in} = \frac{800P + 1900}{365} \text{ (kWh/ημερα)} \quad (14)$$

Τα ημερήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη αυξάνονται ή μειώνονται κατά μήνα. Προκειμένου λοιπόν να υπολογιστούν τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη θα πρέπει τα ημερήσια να πολλαπλασιαστούν με τον αντίστοιχο συντελεστή διόρθωσης και με τον αριθμό ημερών του μήνα:

$$Q_i = \left(\frac{800P + 1900}{365} \right) \cdot \sigma \cdot N \text{ (kWh/μηνια)} \quad (15)$$

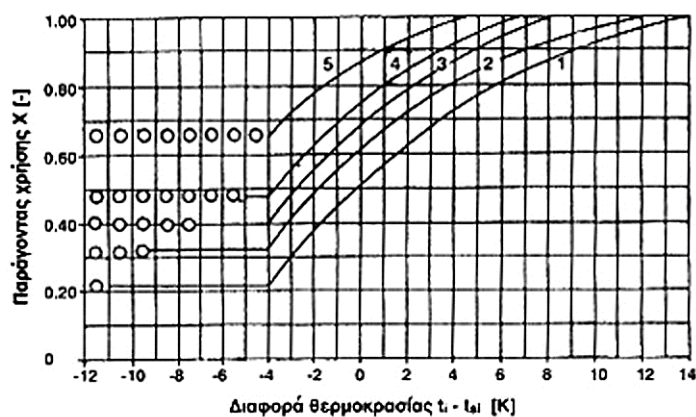
$$Q_i = 3.6 \left(\frac{800P + 1900}{365} \right) \cdot \sigma \cdot N \text{ (MJ/μηνια)} \quad (16)$$

όπου: σ (-): συντελεστής διόρθωσης (λαμβάνεται από πίνακα)

N (-): αριθμός ημερών μήνα

2.4.4 Ωφέλιμα θερμικά κέρδη

Επειδή θεωρείται ότι όλα τα προσλαμβανόμενα από το κτήριο κέρδη τα οποία μόλις (στο παρόν στάδιο) έχουν υπολογισθεί δεν είναι 100% χρησιμοποιήσιμα εισάγεται η έννοια του παράγοντα χρήσης αυτών των κερδών (X), ο οποίος εκφράζει το ποσοστό των θερμικών κερδών που αξιοποιούνται για τη θέρμανση και ονομάζονται ωφέλιμα θερμικά κέρδη. Με αυτόν τον παράγοντα πολλαπλασιάζονται τα κέρδη από κάθε πηγή προέλευσης και τα αποτελέσματα καταγράφονται ως ωφέλιμα, δηλαδή χρησιμοποιήσιμα, κέρδη (kWh/ημέρα). Τα ωφέλιμα κέρδη από όλες τις πηγές αθροίζονται και μετατρέπονται σε μηνιαίες τιμές. Ο παράγοντας χρήσης είναι αδιάστατο μέγεθος και λαμβάνεται από ειδικό διάγραμμα καμπυλών (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Διάγραμμα παράγοντα χρήσης (Κατηγορίες κτηρίου: 1, 2, 3, 4, 5).

Τα μηνιαία ωφέλιμα θερμικά κέρδη υπολογίζονται από το γινόμενο του παράγοντα χρήσης με το άθροισμα των μηνιαίων συνολικών ηλιακών κερδών και των μηνιαίων εσωτερικών θερμικών κερδών:

$$Q_w = X(Q_s + Q_i) \text{ (MJ/μηνά)} \quad (17)$$

2.4.5 Βοηθητική ενέργεια θέρμανσης

Η βοηθητική ενέργεια θέρμανσης της κατοικίας προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ των συνολικών θερμικών απωλειών και των ωφέλιμων θερμικών κερδών και αντιπροσωπεύει την πραγματική κατανάλωση ενέργειας.

Η μηνιαία βοηθητική ενέργεια θέρμανσης υπολογίζεται από τη διαφορά των συνολικών μηνιαίων θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα και αερισμό και τα μηνιαία ωφέλιμα θερμικά κέρδη:

$$Q = Q_T - Q_w \text{ (MJ/μηνά)} \quad (18)$$

Κατ' επέκταση η ετήσια βοηθητική ενέργεια θέρμανσης υπολογίζεται ως:

$$Q_E = \sum Q \text{ (MJ/έτος)} \quad (19)$$

Τέλος, η ετήσια βοηθητική ενέργεια θέρμανσης ανά μονάδα εμβαδού δαπέδου δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{Ef} = Q_E / F_f \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{έτος)} \quad (20)$$

όπου: F_f (m²): εμβαδόν δαπέδου θερμαινόμενου χώρου

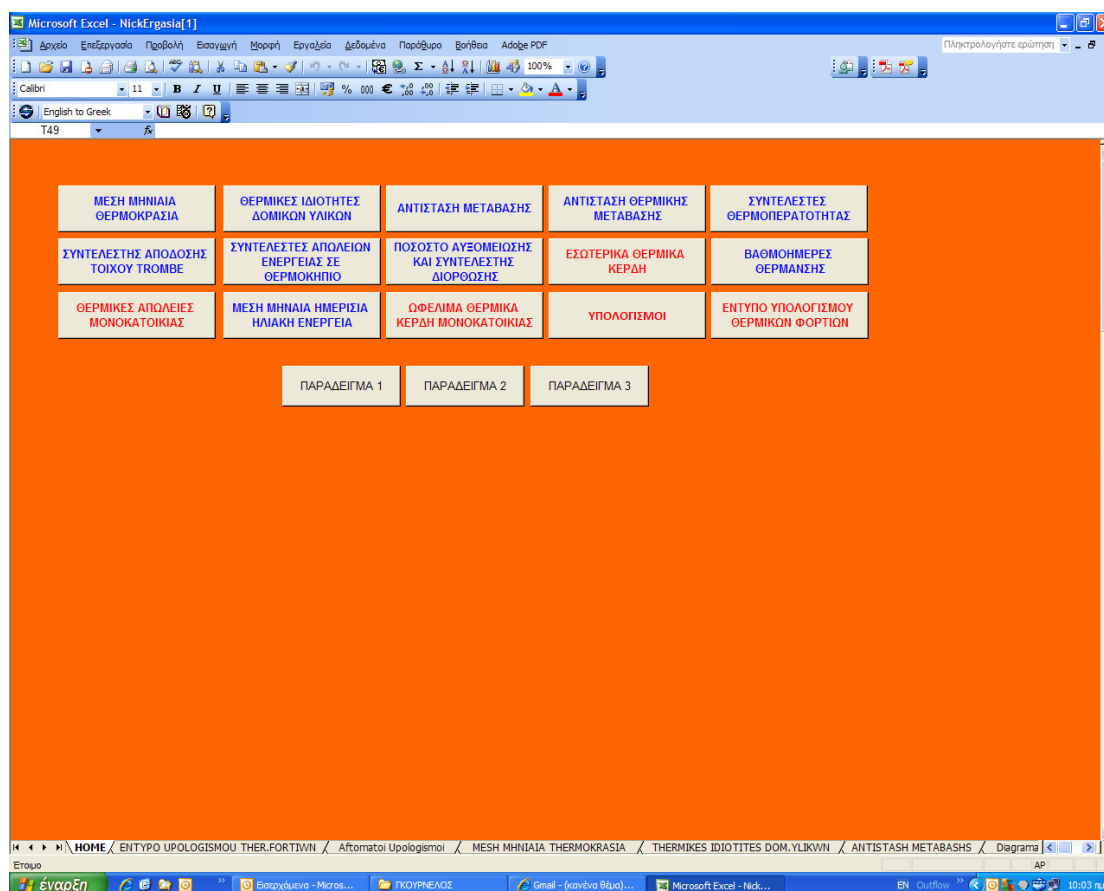
2.5 Εφαρμογή της NM5000 με χρήση Η/Υ

Η ανάπτυξη του υπολογιστικού προγράμματος της NM5000 πραγματοποιήθηκε στον Η/Υ με τη βοήθεια του λογισμικού MS Excel. Στη συνέχεια θα περιγραφεί βήμα-βήμα η δομή του προγράμματος και θα παρουσιαστεί

μια εφαρμογή του που αφορά στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων μονοκατοικίας εμβαδού 180 m².

2.5.1 Δομή προγράμματος

- Μπαίνουμε στο περιβάλλον Excel όπου έχουμε δημιουργήσει τα φύλλα εργασίας μας.
- ✓ Στο φύλλο εργασίας **HOME** παρέχονται 18 επιλογές (Εικόνα 6) που αφορούν σε: α) φύλλα εργασίας εισαγωγής δεδομένων (από τα οποία θα κάνουμε την επιλογή των απαραίτητων στοιχείων για να “τρέξουμε” την εφαρμογή) και δίνονται με μπλε χρώμα, β) φύλλα εργασίας παρουσίασης των υπολογισμών και δίνονται με κόκκινο χρώμα, και γ) τρία παραδείγματα συγκεκριμένων υπολογισμών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα φύλλα εργασίας εισαγωγής δεδομένων και υπολογισμών.



Εικόνα 6. Βασική δομή προγράμματος.

1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία

Στο φύλλο εργασίας “ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 1 με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας.

Πίνακας 1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας.

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ (°C)													
ΠΟΛΗ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	Μ.Ο.
Αθήνα	10,5	11,6	12,9	17,1	21,9	26,6	29,3	29,2	25,3	20,0	16,3	12,5	19,4
Αλιανός	7,1	9,7	11,4	15,8	21,3	25,8	27,3	26,3	23,2	17,9	13,3	9,3	17,4
Αραξός	11,4	11,8	13,3	16,7	21,2	25,5	28,1	28,5	25,2	20,5	16,3	13,0	19,3
Αργιστόλι	12,4	12,6	14,1	17,0	21,0	25,2	27,8	27,8	24,9	21,1	17,3	14,1	19,6
Αρτα	10,3	11,4	13,7	17,3	21,8	26,3	29,3	28,9	25,2	20,7	15,9	11,6	19,4
Ηράκλειο	13,4	13,6	14,9	17,8	21,4	25,3	27,3	27,2	24,5	21,4	18,3	16,4	20,1
Θεσ/νίκη	6,7	8,3	11,3	16,1	21,2	25,7	28,4	28,3	23,8	18,3	13,3	8,6	17,5
Ιεράπετρα	14,0	14,3	15,7	18,3	22,1	26,9	29,5	29,3	26,2	22,8	19,4	15,8	21,2
Ιωάννινα	6,5	7,6	10,4	14,5	19,1	23,9	27,2	26,9	22,5	17,0	11,8	7,9	16,3
Καλαμάτα	12,8	13,2	14,6	17,5	21,3	25,6	28,4	28,5	25,7	21,8	18,1	14,4	20,2
Κέρκυρα	11,2	11,6	13,2	16,5	20,9	25,2	27,9	27,9	24,4	20,1	16,2	12,4	19,0
Κομοτηνή	6,4	7,3	9,5	14,6	20,0	24,5	27,5	27,3	22,8	17,2	12,4	8,5	16,5
Κόνιτσα	6,5	7,7	10,3	14,4	15,6	23,1	26,4	26,4	22,3	17,1	12,5	8,3	15,9
Κόρινθος	11,1	11,9	13,2	17,0	21,8	26,2	29,0	29,1	25,5	20,5	16,3	12,9	19,5
Κύθηρα	12,0	12,1	12,9	15,7	19,7	24,2	27,0	27,0	24,0	20,3	17,1	13,6	18,8
Λαμία	8,9	10,1	12,5	17,2	22,1	26,7	29,3	29,0	24,5	19,4	15,0	10,4	18,8
Λάρισα	6,6	8,7	11,1	16,2	21,7	27,0	29,7	29,3	24,5	18,6	13,2	8,2	17,9
Λήμνος	9,2	10,0	11,4	18,3	20,3	24,7	27,3	27,3	23,6	18,7	14,9	11,3	18,1
Μεθώνη	12,7	13,1	14,1	17,0	20,5	24,1	26,3	27,3	25,2	21,4	17,7	14,3	19,5
Μήλος	11,8	12,1	13,2	16,5	20,7	24,6	26,4	26,4	23,6	20,2	16,9	13,5	18,8
Μυτιλήνη	10,4	11,2	12,6	16,8	21,5	26,0	28,3	27,8	24,2	19,8	15,6	12,1	18,9
Νάξος	13,1	13,3	14,2	17,1	20,4	24,0	25,5	25,6	23,4	20,6	17,7	14,8	19,1
Πάρος	12,5	13,2	14,2	17,5	21,4	25,1	26,4	25,6	24,0	20,3	17,7	14,4	19,4
Πάτρα	11,2	11,8	13,5	17,0	21,1	25,0	27,6	28,0	24,9	20,6	16,3	12,7	19,1
Πύργος	11,9	12,5	14,1	17,3	21,5	25,7	28,6	28,9	25,8	21,4	17,1	13,4	19,9
Ρέθυμνο	13,7	14,0	15,3	18,0	21,8	25,9	27,7	27,9	25,3	21,8	18,9	15,7	20,5
Ρόδος	12,6	13,1	14,5	17,7	21,9	26,3	28,6	28,9	26,2	21,8	17,6	14,2	20,3
Σάμος	11,7	12,1	13,8	17,3	21,5	25,4	27,6	27,5	24,8	20,6	17,1	13,6	19,4
Σέρρες	5,4	7,8	11,0	16,2	21,4	25,8	28,7	27,0	23,8	18,2	12,2	7,0	17,0
Σητεία	13,8	14,1	15,1	18,2	22,0	25,5	27,2	27,4	25,1	22,0	18,9	15,6	20,4
Σκύρος	10,6	11,1	12,2	15,8	20,2	24,2	26,3	26,0	22,7	19,2	15,7	12,3	18,0
Σούδα Κρητ.	11,9	12,3	13,9	17,0	21,4	25,6	27,5	27,3	24,2	20,3	17,3	14,0	19,4
Σύρος	12,2	12,7	13,6	16,8	20,6	25,1	27,3	27,0	24,2	20,8	17,2	13,9	19,3
Τυμπάκι	13,2	13,5	15,0	17,8	21,8	26,2	28,8	28,6	25,7	21,5	18,1	14,8	20,4

Χανιά	13,0	13,3	14,6	17,6	21,6	25,8	27,9	27,8	24,7	21,2	18,0	14,6	20,0
Χίος	11,4	11,6	13,1	17,0	21,9	26,5	28,3	28,1	24,3	19,9	16,4	12,9	19,3

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

2. Θερμικές ιδιότητες δομικών υλικών

Στο φύλλο εργασίας “ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 2 με τις θερμικές ιδιότητες των διαφόρων δομικών υλικών που αφορούν σε: συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, πυκνότητα και ειδική θερμότητα.

Πίνακας 2. Θερμικές ιδιότητες δομικών υλικών.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (W/m·K)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (kJ/kg·K)
Υλικά Εξωτερικής Τοιχοποιίας	Διακοσμητικό τούβλο	1,33	2002	0,92
	Κοινό τούβλο	0,73	1922	0,84
	Ασβεστοκονίαμα	0,87	1800	1,00
	Γυψοσανίδα	0,42	900	1,00
Σκυροδέματα	Κιτσηρομπετόν	0,79	1400	1,00
	Κοινό σκυρόδεμα	2,10	2400	1,00
	Οπλισμένο σκυρόδεμα	1,73	2243	0,84
Θερμομονωτικά υλικά	Υαλοβάμβακας	0,05	200	1,00
	Πολυουρεθάνη	0,03	40	2,09
	Πλακίδια φελλού	0,05	100	1,80
	Πολυστερίνη	0,03	20	1,25
	Ορυκτοβάμβακας	0,05	80	0,90
	Αφρώδες γυαλί	0,06	250	1,00
Υλικά δαπέδων	Πεύκο	0,13	600	2,00
	Οξιά	0,20	800	2,00
	Κόντρα πλακέ	0,15	800	1,20
	Linoleum (μουσαμάς)	0,17	1000	1,00
	Γρανίτης	3,50	2800	1,00
	Μάρμαρο	3,50	2800	1,00
	Ασβεστόλιθος	0,99	1800	1,00
	Πέτρα	0,87	1400	1,00
	Κεραμικά πλακίδια	1,20	2000	1,00
Μέταλλα	Χάλυβας	1,80	7800	0,48
	Χαλκός	372,00	8300	0,42
	Αλουμίνιο	200,00	2700	0,92
	Καουτσούκ	0,20	1100	6,00
Άλλα υλικά	Άμμος	0,33	1520	0,80
	Κιμωλία	0,83	2290	0,90
	Ασφαλτος	0,74	2110	0,92
	Γυαλί	1,00	2230	0,84

Γύψος	0,43	1200	1,08
Πηλός	1,50		3000*
Αμμος ή χαλίτι	2,00		2000*
Ομογενής πέτρα	3,50		2000*

* Τιμές γινομένου πυκνότητας και ειδικής θερμότητας : $\rho \cdot c$ [kJ/m³ · K]

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

3. Αντίσταση μετάβασης

Στο φύλλο εργασίας “ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 3 με τις τιμές της αντίστασης θερμικής μετάβασης στρώματος αέρα εγκλωβισμένου σε τοίχωμα.

Πίνακας 3. Αντίσταση θερμικής μετάβασης στρώματος αέρα εγκλωβισμένου σε τοίχωμα.




ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ ΕΓΚΛΩΒΙΣΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΤΟΙΧΩΜΑ (m ² ·K/W)						
ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ [mm]	ΑΝΤΙΣΤ.ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΕΓΚΛ/ΝΟΥ ΑΕΡΑ					
	Μη ανακλαστική επιφάνεια και στις δύο πλευρές ($\epsilon > 0,8$)			Ανακλαστική επιφάνεια στη μία πλευρά ($\epsilon < 0,2$)		
	5	0,11	0,11	0,11	0,17	0,17
10	0,14	0,13	0,15	0,29	0,29	0,29
20	0,16	0,14	0,18	0,37	0,37	0,43
50-100	0,17	0,16	0,21	0,34	0,34	0,61
Διευθунση ροής θερμότητας						

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

4. Αντίσταση θερμικής μετάβασης αέρα

Στο φύλλο εργασίας “ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΑΕΡΑ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 4 με τις τιμές εσωτερικής και εξωτερικής αντίστασης θερμικής μετάβασης αέρα.

Πίνακας 4. Αντίσταση θερμικής μετάβασης αέρα.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΑΕΡΑ		
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣ.ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (m ² ·K/W)		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣ.ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (m ² ·K/W)
Διεύθυνση ροής θερμότητας		
		
0,12	0,10	0,17
Οι τιμές ισχύουν για μη αναλαστικές επιφάνειες με συντελεστή εκπομπής ε > 0.8		

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

5. Συντελεστές θερμοπερατότητας

Στο φύλλο εργασίας “ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 5 με τις τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων ανοιγμάτων.

Πίνακας 5. Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων (W/m²·K).

ΤΥΠΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ [%]	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΜΟΠΤΩΣΗΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ			
		ΠΡΟΦΥΛΑΓΜΕΝΟ	ΚΑΝΟΝΙΚΟ	ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΟ	
ΜΟΝΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	Εύλινο Πλαίσιο	10	4,7	5,3	6,3
		20	4,5	5	5,9
		30	4,2	4,7	5,5
	Πλαίσιο Αλουμινίου	10	5,1	5,7	6,7
		20	5,2	5,8	6,8
		30	5,2	5,8	6,8
ΔΙΠΛΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	Εύλινο Πλαίσιο	10	2,8	3	3,2
		20	2,7	2,9	3,2
		30	2,7	2,9	3,1
	Πλαίσιο Αλουμινίου	10	3,1	3,3	3,7
		20	3,4	3,7	4
		30	3,7	4	4,4

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

6. Συντελεστής απόδοσης τοίχου TROMBE

Στο φύλλο εργασίας “ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΙΧΟΥ TROMBE” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 6 με τις τιμές του συντελεστή απόδοσης από τοίχο Trombe.

Πίνακας 6. Συντελεστής απόδοσης από τοίχο Trombe.

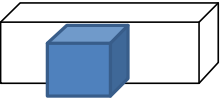
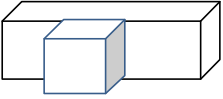
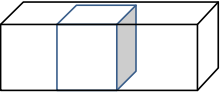
ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΜΟΝΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ c [-]
Απλός	0,9	Όχι	0,46
Απλός	0,9	Ναί	0,58
Διπλός	0,9	Όχι	0,66
Διπλός	0,9	Ναί	0,76
Απλός	0,1	Όχι	0,65
Απλός	0,1	Ναί	0,76
Διπλός	0,1	Όχι	0,77
Διπλός	0,1	Ναί	0,85

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

7. Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε θερμοκήπιο

Στο φύλλο εργασίας “ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 7 με τις τιμές των συντελεστών απωλειών ενέργειας σε θερμοκήπιο.

Πίνακας 7. Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε θερμοκήπιο.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ								
ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ α_1, α_2 [-]	ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΔΑΠΕΔΟ		ΑΜΟΝΩΤΟ ΔΑΠΕΔΟ					
	Α	Δ	Ανοιχτόχρωμο		Σκουρόχρωμο			
			Α	Δ	Α	Δ		
4 Συλλεκτικές επιφάνειες		α_1	0,65	0,69	0,63	0,67	0,59	0,63
		α_2	0,85	0,87	0,85	0,87	0,85	0,87
3 Συλλεκτικές επιφάνειες		α_1	0,7	0,74	0,68	0,71	0,65	0,68
		α_2	0,89	0,91	0,89	0,91	0,89	0,91
2 Συλλεκτικές επιφάνειες		α_1	0,87	0,9	0,84	0,87	0,8	0,82
		α_2	0,87	0,9	0,87	0,9	0,87	0,9

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

8. Ποσοστό αυξομείωσης και συντελεστής διόρθωσης

Στο φύλλο εργασίας “ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΟΜΕΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 8 με τις τιμές του ποσοστού αυξομείωσης και του συντελεστή διόρθωσης για διάφορους μήνες.

Πίνακας 8. Ποσοστό αυξομείωσης και συντελεστής διόρθωσης.

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΟΜΕΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ								
ΜΗΝΕΣ	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ
ΠΟΣΟΣΤΟ [%]	+5	+10	+15	+15	+10	+5	-5	-10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ σ [-]	1,05	1,10	1,15	1,15	1,10	1,05	0,95	0,90

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

9. Εσωτερικά θερμικά κέρδη μονοκατοικίας

Στο φύλλο εργασίας “ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ” παρουσιάζονται οι υπολογισμένες τιμές των εσωτερικών θερμικών κερδών της μονοκατοικίας για διάφορους μήνες.

10. Βαθμοημέρες θέρμανσης

Στο φύλλο εργασίας “ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 9 με τις τιμές των βαθμοημερών θέρμανσης για διάφορες κλιματικές ζώνες.

Πίνακας 9. Βαθμοημέρες θέρμανσης για διάφορες κλιματικές ζώνες.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΒΗΘ												
	ΜΗΝΙΑΙΕΣ [$^{\circ}\text{C}\cdot\text{ημ}\cdot\text{έτος}$]												ΕΤΗΣΙΕΣ [$^{\circ}\text{C}\cdot\text{ημ}\cdot\text{έτος}$]
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
1	127	147	131	78	-	-	-	-	-	10	52	130	675
2	264	224	196	85	10	-	-	-	-	29	96	206	1110
3	281	225	205	121	14	-	-	-	-	46	129	246	1267
4	310	263	251	128	25	-	-	-	-	65	166	277	1485
5	396	313	268	130	23	-	-	-	-	70	187	388	1775
6	405	349	300	189	69	-	-	-	-	73	276	404	2065

*Πηγή: Περδίδος, 2009.

11. Θερμικές απώλειες μονοκατοικίας

Στο φύλλο εργασίας “ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ” παρουσιάζονται οι υπολογισμένες τιμές των θερμικών απωλειών από θερμοπερατότητα και αερισμό, καθώς και οι συνολικές θερμικές απώλειες.

12. Μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια

Στο φύλλο εργασίας “ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ” έχει εισαχθεί ο Πίνακας 10 με τις τιμές της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ενέργειας που μεταδίδεται από υαλοπίνακα.

Πίνακας 10. Μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ενέργεια (kWh/m²·ημ) που μεταδίδεται από υαλοπίνακα.

ΠΡΟΣ/ΣΜΟΣ	ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ	ΜΗΝΑΣ ΗΜΕΡΑ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	
			17η	16η	16η	15η	15η	11η	17η	16η	15η	15η	15η	10η	
N	90°	A	1,99	2,38	2,44	2,24	1,94	1,68	1,83	2,32	2,84	2,98	2,78	2,27	
		Δ	1,65	1,95	1,94	1,72	1,45	1,26	1,36	1,74	2,23	2,42	2,31	1,90	
	60°	A	2,29	2,94	3,45	3,78	3,94	3,76	4,01	4,35	4,30	3,80	3,21	2,52	
		Δ	1,91	2,46	2,85	3,09	3,19	3,02	3,23	3,56	3,56	3,17	2,69	2,12	
	45°	A	2,24	2,98	3,67	4,26	4,68	4,63	4,86	5,00	4,63	3,86	3,13	2,42	
		Δ	1,87	2,48	3,04	3,52	3,86	3,80	4,00	4,15	3,86	3,22	2,62	2,03	
	30°	A	2,06	2,83	3,67	4,48	5,17	5,25	5,44	5,34	4,67	3,68	2,85	2,16	
		Δ	1,70	2,35	3,05	3,72	4,29	4,36	4,53	4,45	3,90	3,07	2,36	1,79	
	NA / ΝΔ	90°	A	1,57	1,98	2,33	2,52	2,58	2,47	2,60	2,84	2,84	2,55	2,18	1,74
			Δ	1,29	1,62	1,89	2,03	2,04	1,93	2,05	2,27	2,31	2,09	1,79	1,44
60°		A	1,91	2,53	3,17	3,70	4,09	4,09	4,25	4,34	3,98	3,30	2,65	2,06	
		Δ	1,58	2,10	2,63	3,06	3,36	3,35	3,49	3,59	3,31	2,75	2,20	1,71	
45°		A	1,93	2,62	3,40	4,11	4,69	4,77	4,93	4,87	4,30	3,43	2,66	2,04	
		Δ	1,60	2,18	2,83	3,41	3,89	3,95	4,09	4,05	3,59	2,85	2,21	1,69	
30°		A	1,83	2,57	3,46	4,33	5,10	5,28	5,41	5,17	4,40	3,36	2,51	1,89	
		Δ	1,51	2,13	2,87	3,60	4,25	4,39	4,51	4,32	3,67	2,79	2,07	1,55	
A/Δ		90°	A	0,91	1,29	1,83	2,33	2,75	2,91	2,92	2,74	2,28	1,71	1,23	0,94
			Δ	0,73	1,03	1,48	1,90	2,24	2,37	2,38	2,24	1,86	1,38	0,98	0,75
	60°	A	1,18	1,71	2,47	3,23	3,90	4,14	4,16	3,82	3,10	2,24	1,58	1,18	
		Δ	0,95	1,39	2,03	2,66	3,22	3,43	3,45	3,17	2,55	1,84	1,27	0,95	
	45°	A	1,27	1,87	2,73	3,61	4,42	4,70	4,73	4,30	3,43	2,44	1,69	1,25	
		Δ	1,03	1,52	2,24	2,99	3,67	3,91	3,93	3,57	2,84	2,00	1,36	1,00	
	30°	A	1,32	1,98	2,91	3,91	4,85	5,17	5,20	4,69	3,69	2,58	1,75	1,28	
		Δ	1,06	1,60	2,39	3,24	4,03	4,31	4,34	3,90	3,05	2,10	1,40	1,01	
	BA / ΒΔ	90°	A	0,49	0,71	1,12	1,60	2,05	2,29	2,20	1,81	1,31	0,87	0,58	0,45
			Δ	0,38	0,55	0,88	1,27	1,64	1,84	1,76	1,44	1,03	0,68	0,45	0,35

	60°	A	0,62	0,92	1,54	2,28	3,02	3,41	3,27	2,62	1,81	1,11	0,70	0,54
		Δ	0,49	0,72	1,22	1,83	2,44	2,77	2,65	2,10	1,43	0,86	0,54	0,43
	45°	A	0,69	1,08	1,84	2,76	3,70	4,14	4,02	3,25	2,23	1,32	0,78	0,59
		Δ	0,54	0,84	1,45	2,22	3,01	3,39	3,28	2,62	1,76	1,01	0,60	0,47
	30°	A	0,81	1,31	2,22	3,31	4,40	4,87	4,79	3,97	2,79	1,66	0,96	0,69
		Δ	0,62	1,01	1,76	2,68	3,61	4,02	3,94	3,24	2,22	1,28	0,72	0,53
B	90°	A	0,44	0,61	0,87	1,11	1,34	1,48	1,38	1,09	0,89	0,67	0,51	0,41
		Δ	0,35	0,49	0,69	0,88	1,04	1,15	1,07	0,86	0,71	0,54	0,40	0,32
	60°	A	0,56	0,75	1,05	1,35	2,12	2,70	2,40	1,37	0,94	0,76	0,59	0,49
		Δ	0,45	0,61	0,84	1,05	1,55	1,99	1,74	0,99	0,75	0,61	0,47	0,39
	45°	A	0,61	0,82	1,17	2,06	3,26	3,89	3,65	2,46	1,24	0,80	0,63	0,53
		Δ	0,49	0,66	0,93	1,54	2,50	3,05	2,83	1,80	0,92	0,64	0,50	0,43
	30°	A	0,65	0,96	1,77	2,97	4,22	4,79	4,65	3,61	2,22	1,11	0,56	0,56
		Δ	0,52	0,75	1,35	2,33	3,39	3,90	3,77	2,85	1,67	0,83	0,53	0,45
	Οριζόντιο	A	1,34	2,06	3,07	4,20	5,25	5,61	5,64	5,04	3,91	2,66	1,77	1,26
		Δ	1,07	1,66	2,53	3,49	4,38	4,68	4,70	4,18	3,22	2,16	1,39	0,99

*Πηγή: Περδίδης, 2009.

13. Ωφέλιμα θερμικά κέρδη μονοκατοικίας

Στο φύλλο εργασίας “ΩΦΕΛΙΜΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ” παρουσιάζονται οι υπολογισμένες τιμές των ωφέλιμων θερμικών κερδών μονοκατοικίας.

Τα φύλλα 1-13 αποτελούν το πρώτο απαραίτητο βήμα για την εκτέλεση του προγράμματος υπολογισμού θερμικών απωλειών και κερδών, αφού σε αυτά πραγματοποιείται η εισαγωγή όλων των απαραίτητων τιμών και δεδομένων (φύλλα 1-8, 10, 12) καθώς και επιμέρους υπολογισμοί (φύλλα 9, 11, 13) που αφορούν στους τύπους, στους οποίους βασίζεται το αριθμητικό πρότυπο της NM5000 (και οι οποίοι αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο), και εμπεριέχονται αναλυτικά στο φύλλο 14 “ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ”.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα παρουσιαστούν οι οδηγίες εκτέλεσης του προγράμματος υπολογισμού θερμικών απωλειών και κερδών της NM5000, καθώς και οι υπολογισμοί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ EXCEL

Οδηγίες προγράμματος

Ανοίγοντας το πρόγραμμα εμφανίζεται πλαίσιο διαλόγου που ενημερώνει το χρήστη ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιέχει μακροεντολές και τον ρωτά τι θέλει να κάνει. Του δίνει την επιλογή να τις απενεργοποιήσει (Disable Macros), την οποία και προτείνει (ρύθμιση από το Microsoft Excel που δεν αλλάζει), να τις ενεργοποιήσει (Enable Macros) ή να δώσει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το θέμα (More Info). Το συγκεκριμένο πλαίσιο διαλόγου προέρχεται από το περιβάλλον μέσα στο οποίο δημιουργήθηκε το πρόγραμμα στο Microsoft Excel. Οι μακροεντολές που περιέχονται μέσα στο πρόγραμμα είναι εντελώς ασφαλείς αφού τα «κουμπιά» που τις ενεργοποιούν βρίσκονται μέσα στο συγκεκριμένο πρόγραμμα και η δράση τους εκτείνεται μόνο εντός του προγράμματος αυτού χωρίς να επηρεάζουν κανένα άλλο πρόγραμμα. Πέραν αυτού το πρόγραμμα χωρίς τις μακροεντολές καθίσταται μη λειτουργικό! (άχρηστο). Συνεπώς ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει την ενεργοποίησή τους. Προσοχή: πρόκειται για την επιλογή που δεν συνιστάται από το πρόγραμμα και ίσως αυτό να μπερδέψει λίγο τον «καινούριο» χρήστη στις αρχές, μέχρι να το συνηθίσει. Αν επιλέξετε “μη ενεργοποίηση”, τότε κλείστε το πρόγραμμα και ξαναανοίξτε το.

Το επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε το φύλλο “Υπολογισμοί”. Ανοίγοντάς το παρατηρούμε ότι υπάρχουν ομάδες παραμέτρων για συγκεκριμένο υπολογισμό τιμών ανάλογα με την εφαρμογή που καλούμαστε να “τρέξουμε”.

Εφαρμογή

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας η εφαρμογή που καλούμαστε να “τρέξουμε” αφορά στον υπολογισμό θερμικών φορτίων μονοκατοικίας εμβαδού 180 m² στην Ειβάλη Αττικής, στην οποία διαμένουν 5 άτομα.

- ✓ Η μονοκατοικία διαθέτει διπλούς υαλοπίνακες με πλαίσια αλουμινίου όπου:
 - α) το κάθε πλαίσιο καλύπτει το 20% της επιφάνειας του ανοίγματος και
 - β) οι συνθήκες ανεμόπτωσης είναι κανονικές.
- ✓ Η μονοκατοικία δεν διαθέτει τοίχο Trombe, τοίχο μάζας και προσαρτημένο θερμοκήπιο.

- ✓ Τα ανοίγματα έχουν κουρτίνες και δεν σιάζονται από εξωτερικά εμπόδια.
- ✓ Το δάπεδο είναι μονωμένο.
- ✓ Η επιφάνεια των νότιων, βόρειων και ανατολικών ανοιγμάτων είναι 20 m², 10 m² και 10 m² αντίστοιχα.
- ✓ Η επιφάνεια εξωτερικών τοίχων είναι $F_w=210$ m².
- ✓ Η επιφάνεια εσωτερικών τοίχων είναι $F_{wi}=90$ m².
- ✓ Η επιφάνεια οροφής είναι $F_r=180$ m².
- ✓ Η επιφάνεια δαπέδου είναι $F_f=180$ m².
- ✓ Η επιφάνεια ανοιγμάτων είναι $F_g=40$ m².
- ✓ Ο θερμαινόμενος όγκος κτηρίου είναι $V=630$ m³.
- ✓ Ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων είναι $U_w=0.64$ W/m²K.
- ✓ Ο συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής είναι $U_r=0.46$ W/m²K.
- ✓ Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου είναι $U_f=0.55$ W/m²K.
- ✓ Τα απαιτούμενα κλιματολογικά στοιχεία (μέση μηνιαία θερμοκρασία, βαθμοημέρες θέρμανσης, μέση μηνιαία ηλιακή ενέργεια) θα ληφθούν από πίνακες που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα.
- ✓ Τα απαιτούμενα στοιχεία που αφορούν στις ιδιότητες των συγκεκριμένων δομικών υλικών θα ληφθούν επίσης από πίνακες που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρούσα εφαρμογή επιλέχθηκε από το βιβλίο “Ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις” του Στ. Περδίου, ώστε να μπορεί να γίνει έλεγχος της ορθότητας των αποτελεσμάτων.

Ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων της μονοκατοικίας με τα παραπάνω χαρακτηριστικά έγκειται στον υπολογισμό των επιμέρους παραμέτρων που εμπεριέχονται στο έντυπο που δίνεται στη συνέχεια (Πίνακας 11) και έχουν αναφερθεί με λεπτομέρεια στο κεφάλαιο ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

Πίνακας 11. Έντυπο υπολογισμού θερμικών φορτίων κατοικίας με τη Μέθοδο 5000.

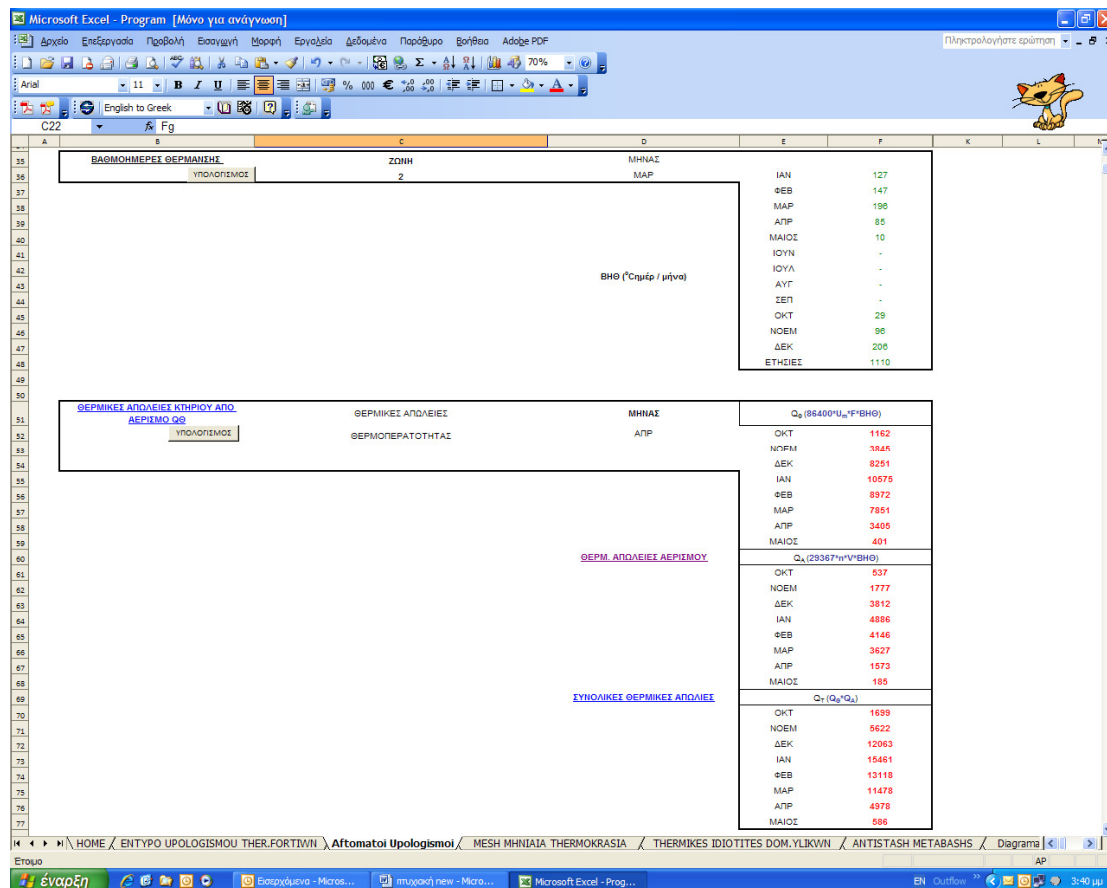
ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ 5000										
ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ [MJ/μήνα]			ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	Θερμοπερατότητας	Q_{θ}								
	Αερισμού	Q_A								
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ</u>		Q_T								
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	<u>Νότιων ανοιγμάτων</u>	Q_{dgN}								
	<u>Βόρειων ανοιγμάτων</u>	Q_{dgB}								
	<u>Ανατολικών ανοιγμάτων</u>	Q_{dgA}								
	<u>Δυτικών ανοιγμάτων</u>	$Q_{dg\Delta}$								
	<u>ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ (συνολικά)</u>	Q_{dg}								
	<u>ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ</u>	Q_T								
	<u>ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ</u>	Q_m								
	<u>Ανοιγματος</u>	Q_{sdg}								
	<u>Τοίχου μάζας</u>	Q_{sm}								
	<u>Χώρου θερμοκηπίου</u>	Q_{sb}								
	<u>Προθέρμανσης αέρα</u>	Q_{sa}								
	<u>ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (συνολικά)</u>	Q_{ss}								
	<u>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ</u>	Q_s								
	<u>ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ</u>		Q_i							
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ (Q_s+Q_i)</u>		Q_{si}								
Παράγοντας χρήσης		X								
<u>ΩΦΕΛΙΜΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ($X*Q_{si}$)</u>		Q_{ω}								
<u>ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Q_T-Q_{ω})</u>		Q								
<u>ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ($Q_{\omega}*100/Q_T$) [%]</u>		K								
<u>ΕΤΗΣΙΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (ΣQ)</u>		Q_E	MJ/έτος				kWh/έτος			
<u>ΕΤΗΣΙΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΜΒΑΔΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ</u>		Q_{ef}	MJ/m ² -έτος				kWh/m ² -έτος			

Για το σκοπό αυτό επιλέγουμε το φύλλο 14 “ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ”. Στο φύλλο αυτό δίνεται η δομή του προγράμματος και υπολογίζεται η κάθε ομάδα παραμέτρων που απαιτούνται για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και περιλαμβάνει τους απαραίτητους τύπους, τα σύμβολα, την ονοματολογία, τις τιμές και τις μονάδες μέτρησης.

Οι τιμές διακρίνονται σε εκείνες που εισάγουμε εμείς και τις επιλέγουμε από τα φύλλα 1-8, 10 και 12 που έχουν μπλε χρώμα. Στη συνέχεια, αφού για τη συγκεκριμένη εφαρμογή έχουμε επιλέξει και εισαγάγει τις τιμές, επιλέγουμε “Υπολογισμός” και τα αποτελέσματα των υπολογισμών εμφανίζονται στα φύλλα 9, 11, 13 και 14 που έχουν κόκκινο χρώμα. Η τιμή αυτή μεταφέρεται αυτόματα και στο φύλλο 15 “ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ”.

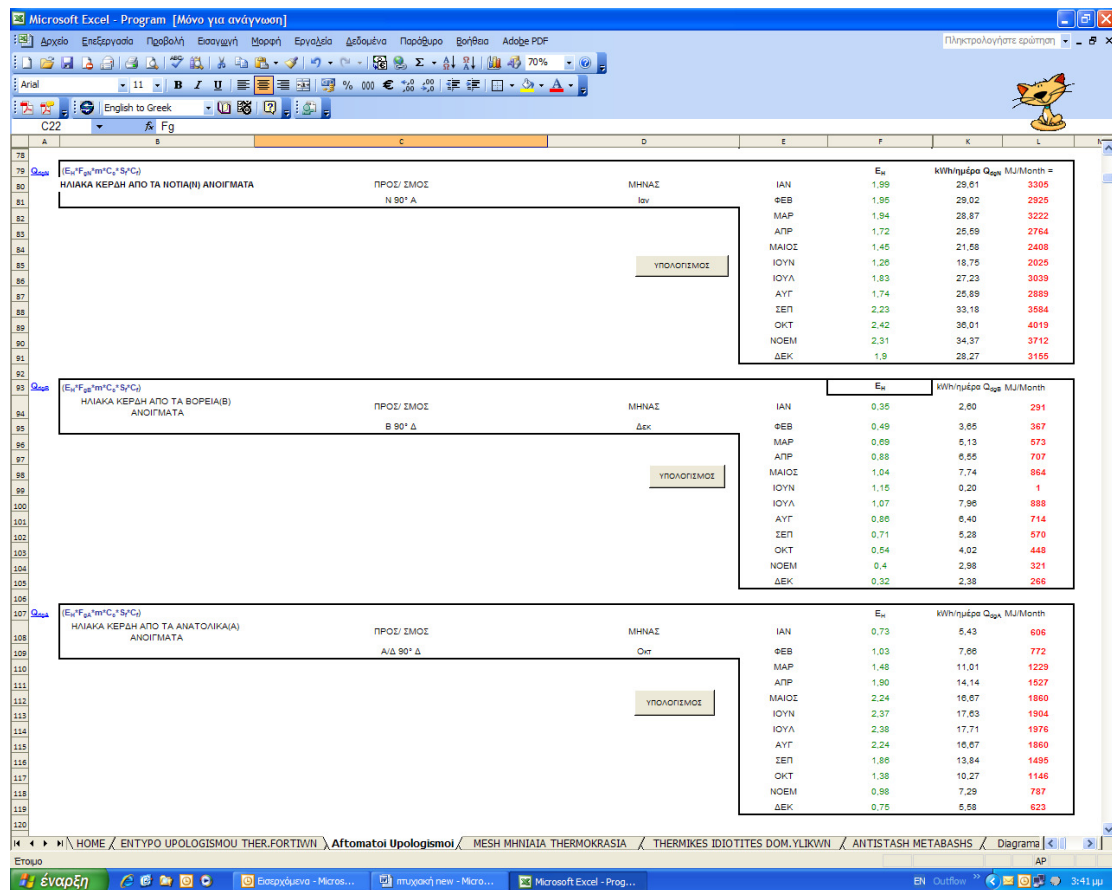
Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σειρά από εικόνες σε μορφή εκτυπωμένης οθόνης όπου φαίνεται βήμα-βήμα ο τρόπος υπολογισμού των απαιτούμενων παραμέτρων της εφαρμογής. Παρουσιάζεται λεπτομερώς η δομή του προγράμματος και διακρίνονται οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιούνται (μπλε χρώμα), οι τιμές εισόδου που λαμβάνονται αυτόματα από τα φύλλα εισαγωγής των δεδομένων (πράσινο χρώμα) και τέλος οι τιμές των παραμέτρων που έχουν υπολογιστεί (κόκκινο χρώμα).

Στις Εικόνες 7 και 8 δίνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών.

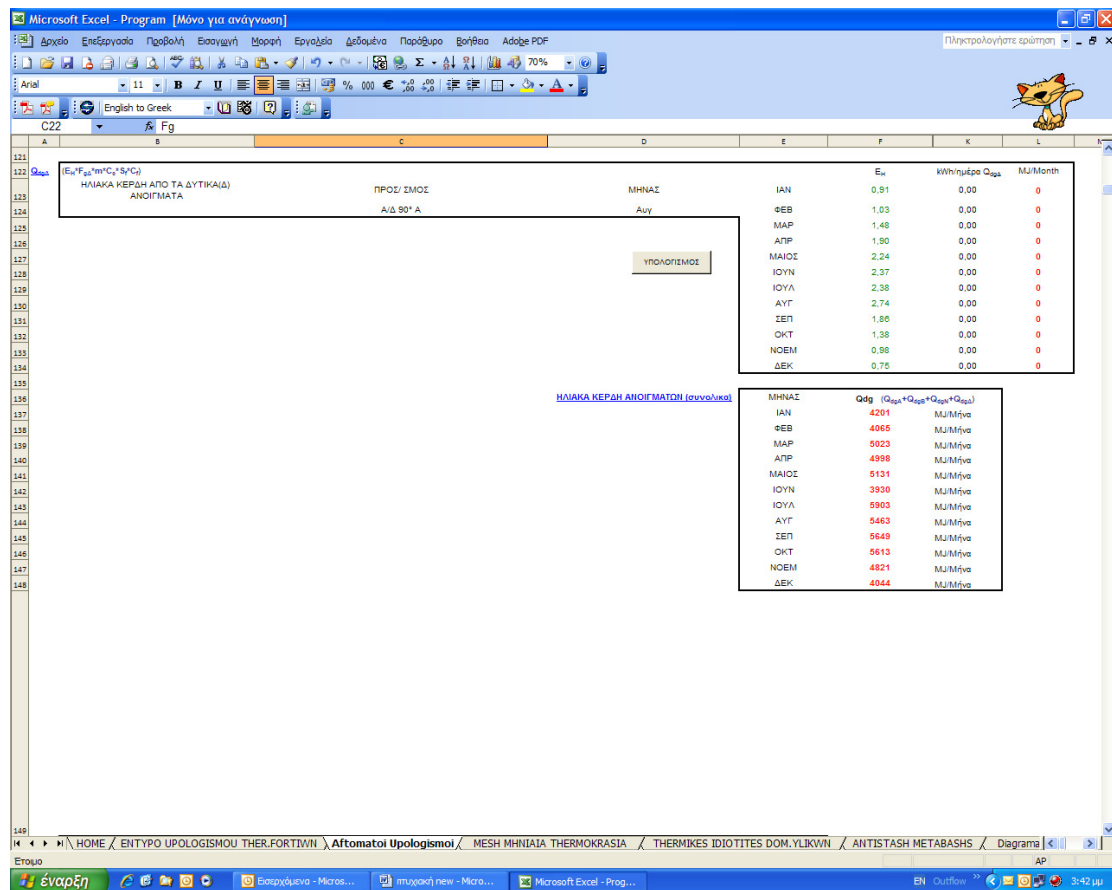


Εικόνα 8. Υπολογισμός των βαθμοημερών θέρμανσης, των θερμικών απωλειών από αερισμό και των συνολικών θερμικών απωλειών κτηρίου.

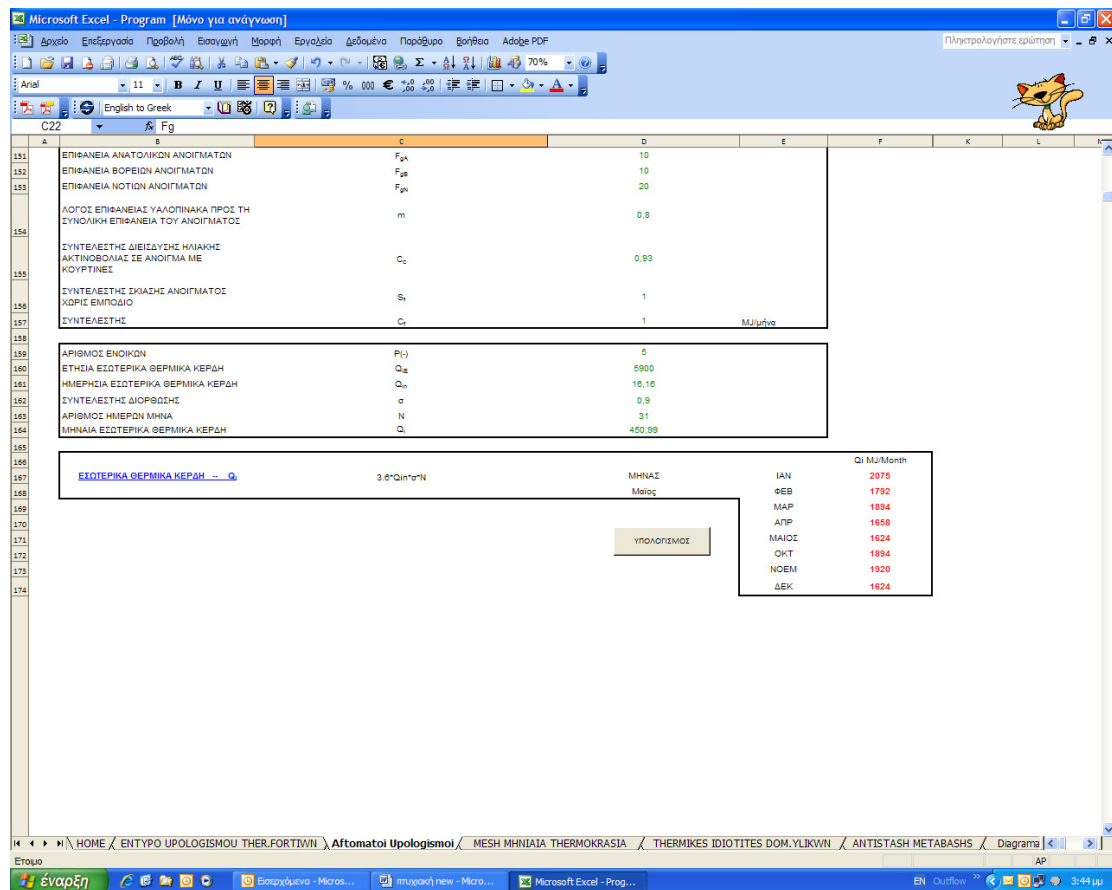
Στις Εικόνες 9 και 10 που ακολουθούν δίνεται ο υπολογισμός των ηλιακών κερδών και στην Εικόνα 11 των εσωτερικών θερμικών κερδών κτηρίου.



Εικόνα 9. Υπολογισμός των ηλιακών κερδών ανοιγμάτων νότιου, βόρειου και ανατολικού προσανατολισμού.

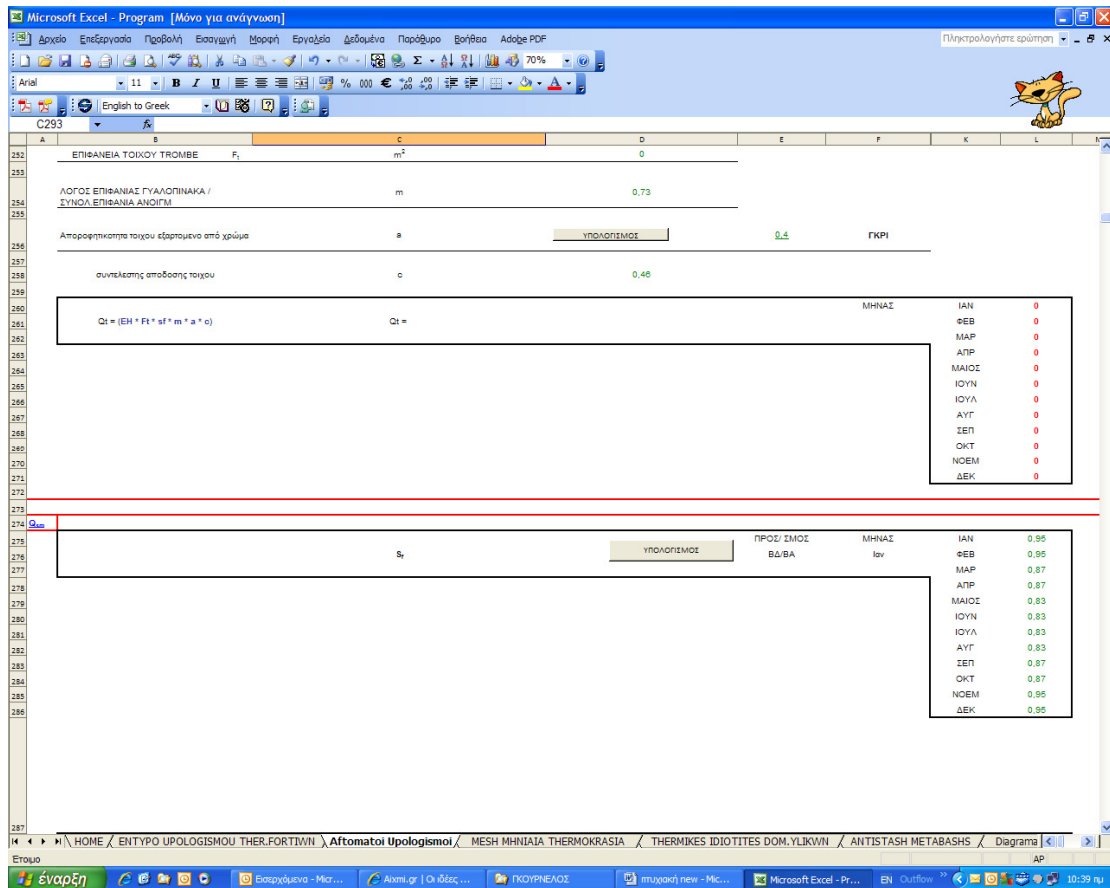


Εικόνα 10. Υπολογισμός των ηλιακών κερδών ανοιγμάτων δυτικού προσανατολισμού και των συνολικών ηλιακών κερδών.

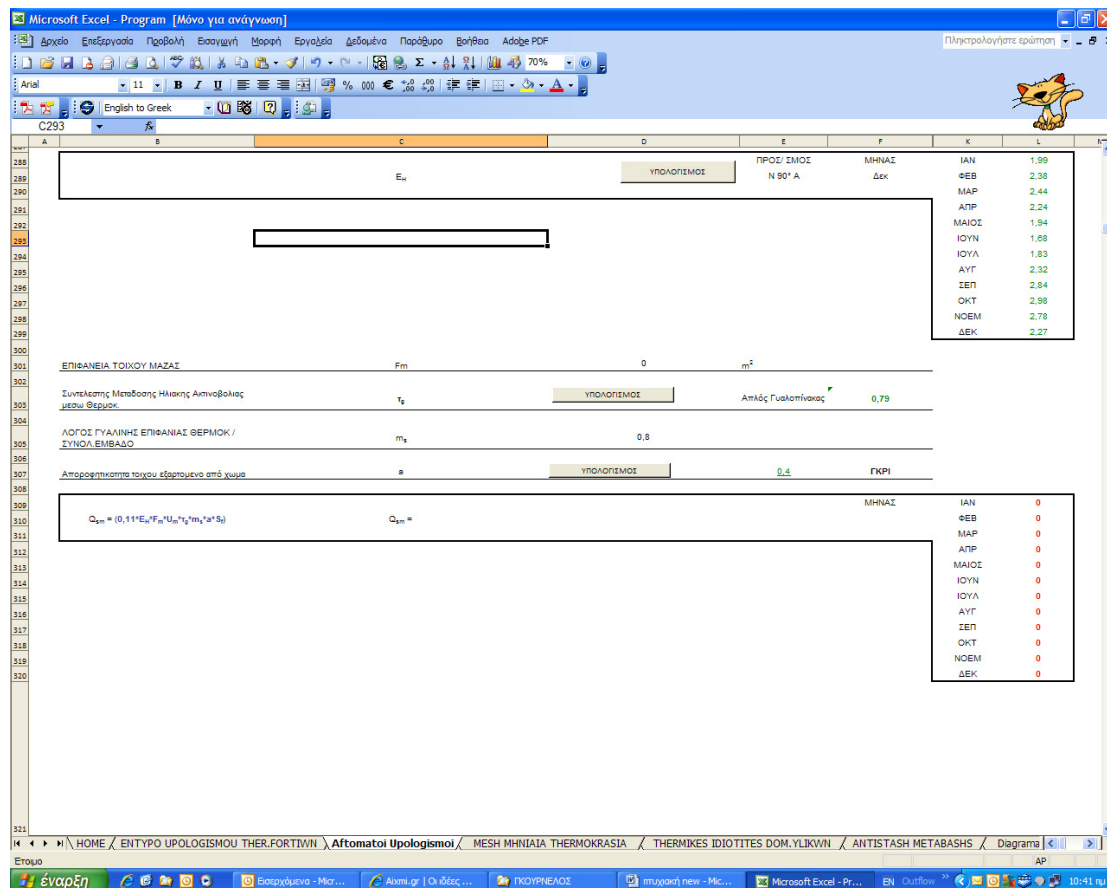


Εικόνα 11. Υπολογισμός των εσωτερικών θερμικών κερδών κτηρίου.

Στις Εικόνες 12 και 13 δίνεται ο υπολογισμός ηλιακών κερδών τοίχου TROMBE και τοίχου μάζας αντίστοιχα. Στην περίπτωση του κτηρίου που μελετάμε οι τιμές είναι μηδενικές διότι δεν διαθέτει το κτήριο τους συγκεκριμένους τοίχους.

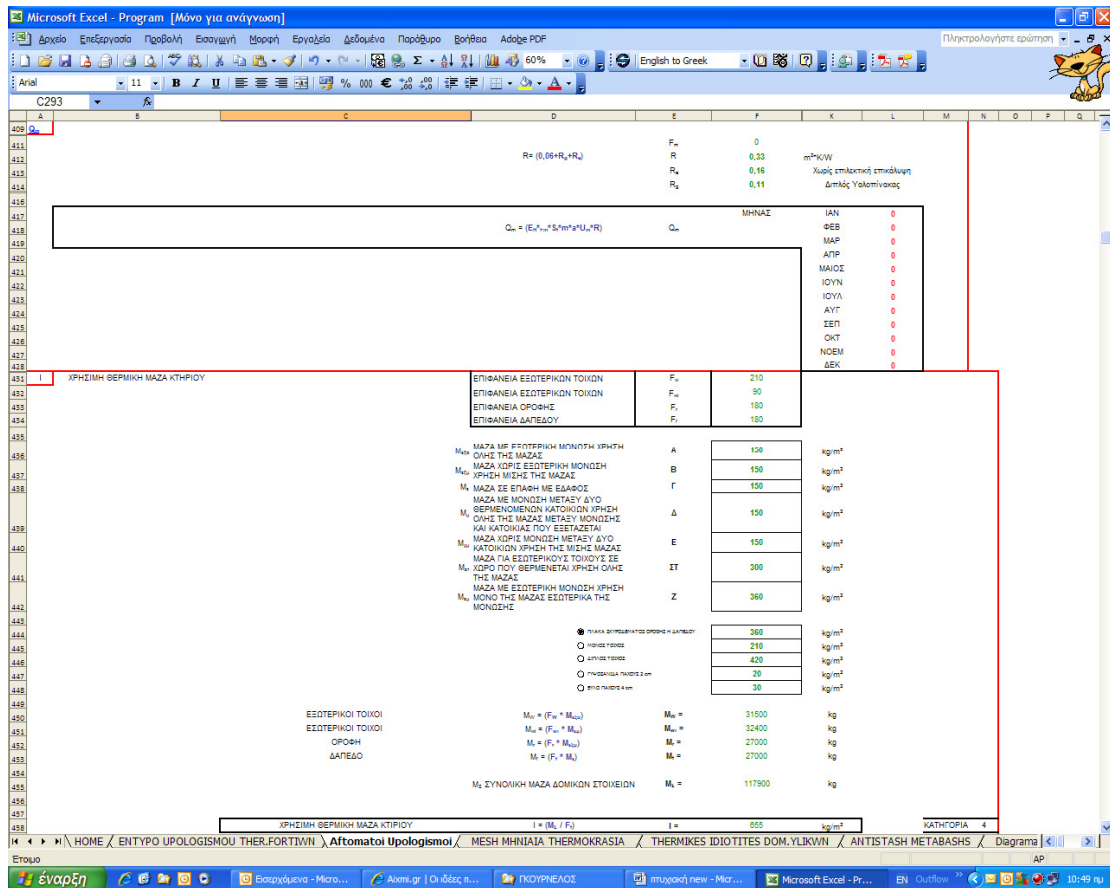


Εικόνα 12. Υπολογισμός των ηλιακών κερδών τοίχου Trombe.

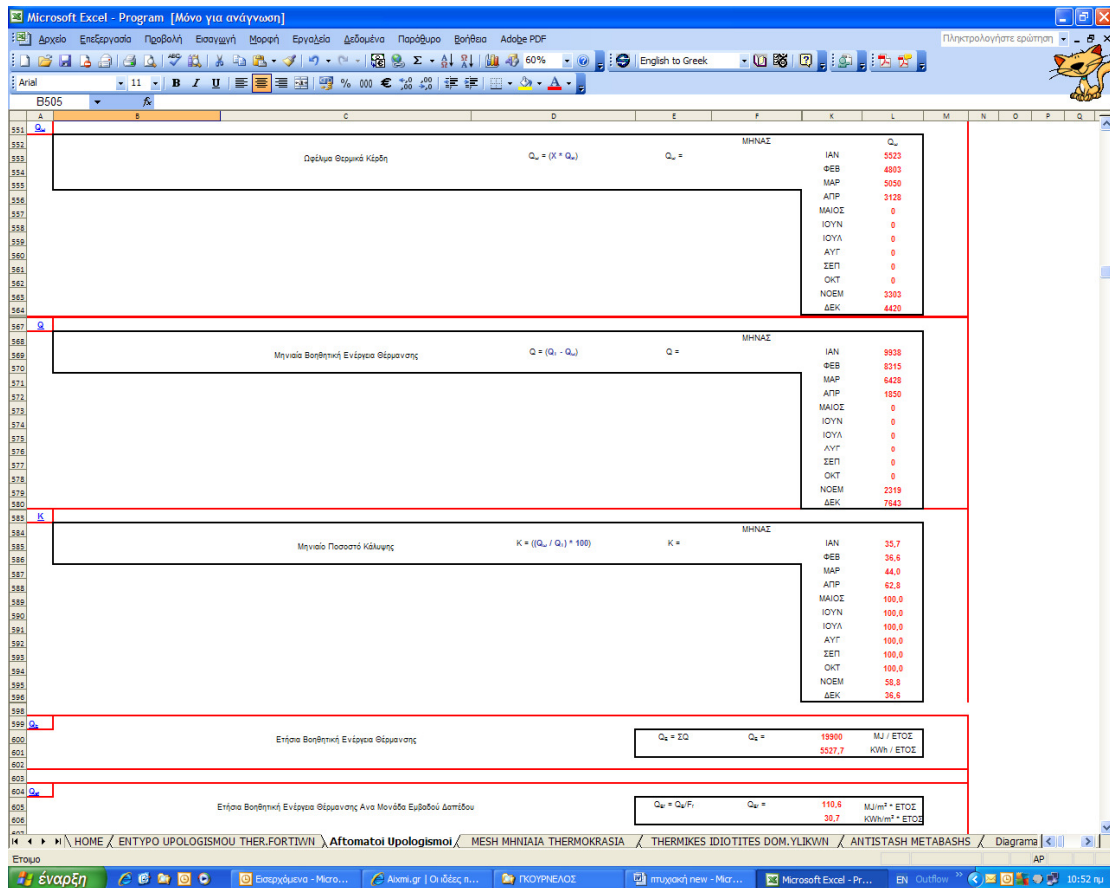


Εικόνα 13. Υπολογισμός των ηλιακών κερδών τοίχου μάζας.

Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της χρήσιμης θερμικής μάζας κτηρίου και στην Εικόνα 15 ο υπολογισμός των ωφέλιμων θερμικών κερδών της μηνιαίας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης, του μηνιαίου ποσοστού κάλυψης, της ετήσιας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης και της ετήσιας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης ανά μονάδα εμβαδού δαπέδου.



Εικόνα 14. Υπολογισμός της χρήσιμης θερμικής μάζας κτηρίου.



Εικόνα 15. Υπολογισμός των ωφέλιμων θερμικών κερδών της μηνιαίας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης, του μηνιαίου ποσοστού κάλυψης, της ετήσιας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης και της ετήσιας βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης ανά μονάδα εμβαδού δαπέδου.

Έντυπο υπολογισμού θερμικών φορτίων

Εφόσον ολοκληρωθούν όλοι οι υπολογισμοί που απαιτούνται για τη συγκεκριμένη εφαρμογή θα έχει συμπληρωθεί αυτόματα και το έντυπο υπολογισμού των θερμικών φορτίων. Στην Εικόνα 16 που ακολουθεί δίνεται σε μορφή εκτυπωμένης οθόνης το συμπληρωμένο έντυπο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί η NM5000 είναι μια προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού θερμικών φορτίων, η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών σε κτήρια, καταλήγοντας σε ένα ισοζύγιο κερδών-απωλειών.

Η NM5000 έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να εκτελεστεί «με το χέρι», συμπληρώνοντας μια σειρά εντύπων, εκτελώντας απλές πράξεις και καταλήγοντας σε προσεγγιστικά αποτελέσματα.

Στην παρούσα εργασία δομήθηκε ένα πρωτότυπο λογισμικό εφαρμογής της NM5000 σε περιβάλλον Microsoft Excel. Επαληθεύθηκε η ορθότητα της λειτουργίας του με τη βοήθεια ενός λυμένου παραδείγματος από τη βιβλιογραφία.

Διαπιστώθηκε ότι η χρήση Η/Υ μπορεί να καθιστά τη NM5000 λίγο χρονοβόρα όσον αφορά στη φάση εισαγωγής στοιχείων σε σχέση με τη φάση αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, αλλά παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα που είναι τα εξής:

- ✓ *Επιταχύνεται η διαδικασία υπολογισμού των θερμικών φορτίων.*
- ✓ *Δίνεται ταυτόχρονα η δυνατότητα δοκιμής διαφορετικών λύσεων.*
- ✓ *Πραγματοποιείται πολύ καλύτερη εποπτεία της όλης διαδικασίας μελέτης, καθώς και των επί μέρους τμημάτων της.*
- ✓ *Δίνεται η δυνατότητα εκπόνησης γρήγορα και εύκολα μελετών για ακόμα μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα στη δομή τους κτήρια.*
- ✓ *Μπορεί να παρουσιαστεί η μελέτη με οποιοδήποτε μέσο ηλεκτρονικής προβολής.*

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε μπορεί να συνεισφέρει στη σχετικά περιορισμένη γκάμα εργαλείων που έχουν οι Έλληνες μελετητές στη διάθεσή τους για την εφαρμογή της NM5000 και ειδικότερα για τον υπολογισμό των παραμέτρων των ηλιοθερμικών εγκαταστάσεων.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, “Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική - το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά συστήματα”, Εκδόσεις Μαλλιάρη, 1996.
2. Κατραμαδάκης Ι., “Προσδιορισμός των Προβλημάτων και Αναγκών της Μελέτης Κατασκευής Παθητικών Ηλιακών Κτηρίων”, Τόμος Α, έκδοση Κ.Α.Π.Ε.
3. Κοντορούπης Γ. Μ., “Ενεργειακός - Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων και οικισμών”, Έκδοση Ε.Μ.Π., 1998.
4. Περδίας Στ., “Ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις”, Τεκδοτική, Αθήνα 2009.
5. Commission of the European Communities, “Solar Architecture in Europe, Design, Performance and Evaluation”, Prism Press, 1991.
6. Gallo, Salla and Sayigh, “Architecture, Comfort and Energy”, Εκδόσεις Pergamon.
7. Jones David Lloyd, “Architecture and the Environment, Bioclimatic Building Design”.
8. Mazria Edward, “The Passive Solar Energy Book”, Rodale Press, 1979.
9. Microsoft Excel Help και Microsoft Visual Basic Help.
10. Wachbergen, “Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην κατασκευή κτηρίων”, Εκδόσεις Γιούρδας, 1988.