

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Χ. Μ. ΜΩΡΟΥ

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Ε. ΤΡΙΑΝΤΗ

Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός

Περίληψη

Η εφαρμογή του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σε ευρεία κλίμακα απαιτεί συστηματοποίηση της βιοκλιματικής μελέτης. Για τον λόγο αυτό αναζητούνται κατάλληλες υπολογιστικές μέθοδοι. Μια τέτοια μέθοδος είναι η Νέα Μέθοδος 5000. Στην παρούσα εργασία, ο αλγόριθμος της NM5000 εμπλουτίστηκε και προσαρμόστηκε σε δεδομένα περιοχών με εύκρατο κλίμα.

Το υπολογιστικό πακέτο προγραμμάτων που προέκυψε (Tempoclim) συντάχθηκε σε βιβλία εργασίας (Microsoft Excel) και δοκιμάστηκε σε απλές περιπτώσεις κτιρίων. Τα αποτελέσματα κάθε δοκιμής φαίνονται στο μηνιαίο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου.

Η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ο γνώμονας για την επιλογή της πλέον κατάλληλης—ανά περίπτωση μελέτης—βιοκλιματικής πρότασης, είτε αυτή η πρόταση αφορά σε νεοανεγειρόμενα κτίρια, είτε σε παλαιά.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός αποτελεί σημαντικό μέρος της αρχιτεκτονικής μελέτης των κτιρίων και συμβάλλει αποφασιστικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση, γι' αυτό και προωθείται μέσα από τις αποφάσεις και τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) εισάγει τον βιοκλιματικό σχεδιασμό στη μελέτη κάθε νέου κτιρίου. [14]

Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης εντός του κτιρίου με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Η επιδιωκόμενη άνεση αφορά στη θέρμανση, τον δροσισμό, τον επαρκή αερισμό, τον κατάλληλο φωτισμό, καθώς και τη ρύθμιση της υγρασίας στο εσωτερικού του κτιρίου. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προσπαθεί να επιτύχει τον στόχο αυτό, με όσο το δυνατό πιο φυσικά μέσα. Οι τεχνικές λύσεις που προτείνει, συνήθως, βασίζονται σε τεχνικές οι οποίες είναι απλές στη σύλληψη και εύκολες στην εφαρμογή. Οι λύσεις αυτές κάνουν χρήση των φυσικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι διαθέσιμες από το άμεσο περιβάλλον κάθε κτιρίου (ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, θερμοκρασία εδάφους κλπ).

Κύριες παραμέτροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι τα χαρακτηριστικά της κατασκευής και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, όπου βρίσκεται η κατασκευή. Τα δεύτερα καθορίζονται από τη θέση του κτιρίου· επίσης επηρεάζονται από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες.

Οι περισσότερες βιοκλιματικές παράμετροι επιδέχονται μεταβολής στον χρόνο, είτε περιοδικής (κύκλος εικοσιτετραώρου, ετήσιος κύκλος), είτε μόνιμης (π.χ. ανέγερση νέου κτιρίου επιφέρει μόνιμη σκίαση στα γειτονικά κτίρια).

Η πολυπλοκότητα των θεωρητικών προτύπων-μοντέλων θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου οδήγησε τους ερευνητές στη σχηματοποίηση αντίστοιχων μεθόδων υπολογισμού. Κάποιες από αυτές τις μεθόδους αποδείχθηκαν αρκετά αποτελεσματικές, δηλαδή, μπορούν, με κατάλληλη παραμετροποίηση και εισαγωγή των δεδομένων, να προσομοιάσουν σε ικανοποιητικό βαθμό την πραγματική θερμική συμπεριφορά κτιρίων. Η Νέα Μέθοδος 5000 (NM5000) ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

1.2 Η Νέα Μέθοδος 5000

Η Μέθοδος 5000 αναπτύχθηκε το 1982 στη Γαλλία, για τον διαγωνισμό Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού "5000 Maisons Solaires". Συγγραφείς ήταν οι P. Claux, J.P. Franca, R. Guilles, A. Pesso, A. Rouger και M. Raoust. Ο G. Lefevre την αναθεώρησε το 1990 χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής του. Η Energy Research Group συνέταξε την αγγλική έκδοση της NM5000, υπό την επιμέλεια του M. Raoust.

Η NM5000 προτάθηκε, αρχικά, ως μέθοδος επίλυσης «με το χέρι». Πρόκειται για επίλυση, η οποία καθοδηγείται με τη βοήθεια υπολογιστικών εντύπων (πινάκων). [6]

1.2.1 Δομή και Βασικές Έννοιες της NM5000

Η NM5000 είναι μια αναλυτική μέθοδος υπολογισμού θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών. Αφού αθροιστούν όλα τα επιμέρους κέρδη και όλες οι επιμέρους απώλειες, η NM5000 καταλήγει στον υπολογισμό του ισοζυγίου κερδών-απωλειών. Από αυτό το ισοζύγιο αποφασίζεται, είτε η συμπληρωματική θέρμανση του κτιρίου (βοηθητικό φορτίο θέρμανσης), είτε η αποδοχή των συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του (εάν αυτές πληρούν τις απαιτήσεις για εσωκλιματική άνεση), είτε ο συμπληρωματικός δροσίσιμος. Η NM5000 εστιάζεται στο τι αναμένεται να συμβεί σε χρονικό διάστημα ενός μηνός, δηλαδή, θεωρεί τις μέσες μηνιαίες τιμές (θερμοκρασίας, ηλιακής ακτινοβολίας κλπ) ως επαρκείς τιμές περιγραφής των κλιματολογικών συνθηκών. Η μελέτη γίνεται για κάθε μήνα του έτους, από τον Οκτώβριο μέχρι και τον Μάιο.

Με τη NM5000, ο μηχανικός έχει τη δυνατότητα να μελετήσει συνήθεις κατασκευές (νέες ή υφιστάμενες), ή περιπτώσεις κατασκευών, όπου ενσωματώνονται συγκεκριμένα στοιχεία αξιοποίησης των ΑΠΕ: τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα των τριών συνηθέστερων παραλλαγών Ηλιακών Τοίχων (Η.Τ.), τα Θερμοκήπια και το Υβριδικό Ηλιακό Σύστημα του Συλλέκτη Αέρα Ανοικτού Βρόγχου (ΣΑΑΒ).

Η NM5000 χωρίζεται σε πέντε υπολογιστικά στάδια :

- 1) Υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου.
- 2) Υπολογίζονται τα θερμικά κέρδη του κτιρίου.
- 3) Υπολογίζονται τα ωφέλιμα κέρδη (ποσοστό των προηγούμενων).

4) Υπολογίζεται η απαιτούμενη βοηθητική θέρμανση.

5) Ελέγχονται οι συνθήκες εσωκλιματικής άνεσης.

Στη ΝΜ5000 οι χώροι ενός εξεταζόμενου κτιρίου δύνανται να είναι, είτε χώροι ανάσχεσης (Χ.Α.)¹ είτε χώροι ανήκοντες στον «θερμαινόμενο χώρο» (Θ.Χ.), δηλαδή, στον χώρο εκείνο του εσωτερικού του κτιρίου, ο οποίος προβλέπεται να λαμβάνει βοηθητική θέρμανση, εάν και όση χρειαστεί. [6]

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

C_{lb}: συντελεστής μείωσης θερμικών απωλειών του Χ.Α.

DD_m: μηνιαίες βαθμομέρες (Kday)

DD_{mc}: μηνιαίες βαθμομέρες δροσισμού

DD_{mh}: μηνιαίες βαθμομέρες θέρμανσης

d_{ni}: ώρες χρήσης κινητής μόνωσης

E: ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτουσα σε επίπεδο δεδομένης κλίσης και δεδομένου προσανατολισμού [kWh/(m²day)]

F_e: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω εξώστη

F_g: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω υαλοστασίου

F_h: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω οπτικών εμποδίων στον οριζοντα

F_t: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω φυλλώματος

F_v: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω α' κατακόρυφου σκίαστρου

F_{v'}: μερικός συντελεστής ηλιασμού λόγω β' κατακόρυφου σκίαστρου, το οποίο βρίσκεται προς την πλευρά (της μελετώμενης επιφάνειας) την αντίθετη από εκείνη του σκίαστρου α'

L_h: θερμικές απώλειες, από τον Θ.Χ. προς τον Χ.Α. (W/K)

L_{hbd}: απώλειες από τον Θ.Χ. προς το Π (συντομογρ. για το εξωτερικό περιβάλλον) μέσω του Χ.Α., με χρήση μόνο σταθερής μόνωσης (W/K)

¹ Χ.Α. είναι οι μη θερμαινόμενοι βοηθητικοί χώροι οι οποίοι, με τη μάζα του κελύφους τους και με το στάσιμο στρώμα αέρα που δημιουργούν μπροστά από μία ή περισσότερες πλευρές του κτιρίου, συμβάλλουν στην καθυστέρηση της διέλευσης θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κυρίως κτιρίου και αντίστροφα. Χ.Α. είναι οι προθάλαμοι εισόδων, μη θερμαινόμενες αποθήκες, γκαράζ, υπόγεια, σοφίτες κλπ. Ειδικές περιπτώσεις Χ.Α. αποτελούν τα θερμοκήπια (σέρρες ή «ηλιακοί χώροι»).

- Lhbn : απώλειες από τον Θ.Χ. προς το Π μέσω του Χ.Α., με χρήση κινητής μόνωσης (W/K)
- Lhd : απώλειες Lh , με χρήση μόνο σταθερής μόνωσης (W/K)
- Lhn : νυκτερινές απώλειες Lh , με χρήση κινητής μόνωσης (W/K)
- LL : συνολικές θερμικές απώλειες 24-ώρου (kWh/Kday)
- Nm : αριθμός ημερών μήνα
- nsw : συντελεστής απόδοσης Ηλιακού Τοίχου
- Rb : επιμέρους μείωση θερμικών απωλειών λόγω του Χ.Α. (W/K)
- Sf : συνολικός συντελεστής ηλιασμού
- Tb : θερμοκρασία άνεσης ή «θερμοστάτη», γνωστή και ως «βασική θερμοκρασία» (base temperature) (°C)
- Tbs : ανώτατη θερμοκρασία άνεσης (°C)
- Tbw : κατώτατη θερμοκρασία άνεσης (°C)
- To : μέση θερμοκρασία αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος (°C)
- U : θερμοπερατότητα επιφανειακού στοιχείου (W/m²K)
- τ : σταθερά «κύριου χρόνου», κτιρίου ή θερμικής ζώνης κτιρίου
- Φdg : άμεσα ηλιακά κέρδη (kWh/day)
- Φsdg : ηλιακά κέρδη από υαλοστάσια εντός θερμοκηπίου (kWh/day)
- Φmw : ηλιακά κέρδη από Τοίχο Μάζας (kWh/day)

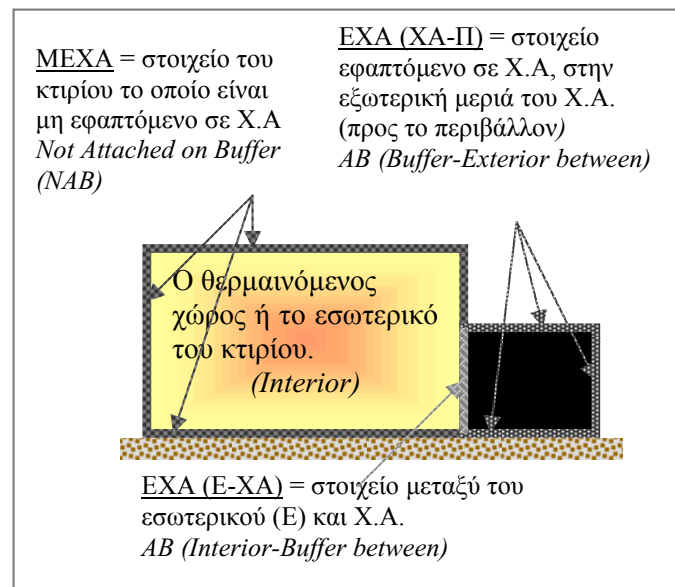
2. ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΝΜ5000

2.1 Κατηγοριοποίηση των στοιχείων κτιρίου

Προκειμένου για τη σαφή διατύπωση του αλγορίθμου της ΝΜ5000, περιγράφηκαν αναλυτικά οι δύο κατηγορίες στις οποίες υπάγονται τα διάφορα οικοδομικά στοιχεία (τοιχοί, υαλοστάσια) του κάθε κτιρίου που μελετάται [12]:

- Στοιχεία Μη Εφαπτόμενα σε Χώρους Ανάσχεσης (Μ.Ε.Χ.Α.), δηλαδή, όσα ανήκουν κατ' αποκλειστικότητα στον θερμαινόμενο χώρο (Θ.Χ.).

- Στοιχεία Εφαπτόμενα σε Χώρους Ανάσχεσης (Ε.Χ.Α.). Αυτά τα δεύτερα (ΕΧΑ) είναι:
 - α) Είτε στοιχεία που παρεμβάλλονται ανάμεσα στο εσωτερικό (Ε) του θερμαινόμενου χώρου και στον χώρο ανάσχεσης (ΧΑ), εν συντομία (Ε-ΧΑ).
 - β) Είτε στοιχεία που παρεμβάλλονται ανάμεσα στον Χ.Α. και στο εξωτερικό περιβάλλον (Π), εν συντομία (ΧΑ-Π). (Εικόνα 1)



Εικόνα 1. Θερμαινόμενος Χώρος Κτιρίου και Χώρος Ανάσχεσης

2.2 Επιδιωκόμενος και ανεπιθύμητος αερισμός

Παρ' όλο που ο αερισμός ενός κτιρίου συμβαίνει, ταυτόχρονα, από πολλές αιτίες και από διάφορα σημεία του κτιριακού κελύφους, τα ζητήματα εκείνα που ενδιαφέρουν τον σχεδιαστή του κτιρίου αναφορικά με τον αερισμό είναι:

- α) Αν ο αερισμός ολόκληρου του κτιρίου ή ενός χώρου του είναι επαρκής. Αν, δηλαδή, τηρούνται οι προδιαγραφές ασφαλείας και υγιεινής αναφορικά με τον αερισμό. Έτσι, ορίζουμε τον **επιδιωκόμενο αερισμό**: Είναι ο ελάχιστος αερισμός που οι αντίστοιχοι κανονισμοί (ελληνικός, αμερικανικός κ.ο.κ.) προβλέπουν για τον υπό μελέτη χώρο. Επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους: άνοιγμα παραθύρων, μηχανικό εξαερισμό κλπ.
- β) Αν ο αερισμός που συμβαίνει μέσα από ορισμένα σημεία του κελύφους του κτιρίου είναι επιθυμητός ή όχι. Για παράδειγμα, ο αερισμός μέσα από ρωγμές τοιχοποιίας ή χαραμάδες θυρών (όπου υπάρχει ασυνέχεια υλικού), είναι **μη επιδιωκόμενος αερισμός**, και είναι θεωρητικά υπολογίσιμος. [11]

2.3 Όρια θερμικής άνεσης και βαθμοημέρες

Οι βαθμοημέρες για έναν συγκεκριμένο τόπο και μήνα δίνονται από την παρακάτω σχέση [6,11,13]:

$$DDm = C T_b - T_o C * Nm \quad (2.1)$$

Η T_b μπορεί να κυμαίνεται ελεύθερα μέσα στο εύρος άνεσης [T_{bw} , T_{bs}] (οι T_{bw} και T_{bs} καθορίζονται με βάση τη χρήση του χώρου) καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, όμως στην προκειμένη περίπτωση, όπου η μελέτη γίνεται με βάση τη χρονική διάρκεια ενός μηνός (DegreeDays-monthly), **το T_b λαμβάνει την τιμή της T_{bw} για τους χειμερινούς μήνες, και την τιμή της T_{bs} για τους θερινούς.**

Τα όρια χειμερινής-θερινής περιόδου εξαρτώνται από το τοπικό κλίμα. Αυτό φαίνεται καθαρά τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο. Τους δύο αυτούς μήνες, συνήθως, είναι χειμώνας για τις βορειότερες περιοχές. Δηλαδή, εκεί, ισχύει $T_b > T_o$ (ανάγκη για θέρμανση). Ενώ είναι καλοκαίρι για τις νότιες, δηλαδή, $T_b < T_o$. [5,6,12]

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό του T_b , η (2.1) διαφοροποιείται για να δώσει τις βαθμοημέρες θέρμανσης (2.1.1) και τις βαθμοημέρες δροσισμού (2.1.2):

$$DDmh = (T_{bw} - T_o) * Nm \quad (2.1.1)$$

$$DDmc = (T_o - T_{bs}) * Nm \quad (2.1.2)$$

2.4 Ακριβέστερος υπολογισμός των απωλειών

Έγινε αλλαγή στη σχέση της βιβλιογραφίας [6] που δίνει τις απώλειες L_h από το Θ.Χ. μέσω του Χ.Α., ως εξής: Αντί για το χονδρικό μοίρασμα 50%-50% των συνιστωσών του L_h , γίνεται ακριβής στάθμιση των ημερήσιων και των νυκτερινών απωλειών (L_{hd} και L_{hn}), αναλόγως προς το ποσοστό ωρών χρήσης της αντίστοιχης μόνωσης.² Το χονδρικό μοίρασμα προτεινόταν (στη ΝΜ5000) προκειμένου για τη διευκόλυνση των υπολογισμών, σε μια εποχή που τέτοιου είδους μελέτες γίνονταν συχνότερα «με το χέρι», δηλαδή, με τη συμπλήρωση απλών εντύπων, παρά με τη χρήση η/υ. [6] Η σχέση που δίνει το L_h είναι η εξής:

² Ημερήσια μόνωση είναι η σταθερή μόνωση κάθε δομικού στοιχείου του κτιρίου. Νυκτερινή μόνωση είναι η κινητή μόνωση που, ενδέχεται να, χρησιμοποιείται μαζί με τη σταθερή κάποιες ώρες του 24-ώρου. Στους υπολογισμούς U-values (θερμοπερατοτήτων) στοιχείων με χρήση νυκτερινής μόνωσης, λαμβάνεται υπόψη ο συνδυασμός σταθερής-κινητής μόνωσης.

$$L_h = [L_{hd} * (24 - dni) + L_{hn} * dni] / 24 \quad (2.2)$$

Από την τιμή του L_h προκύπτουν οι τιμές για τα L_{hd} , L_{hn} , C_{lb} , R_b , L_{hbd} , L_{hbn} και L_L . [6] Ο ακριβέστερος υπολογισμός του πρώτου συνεπάγεται ακριβέστερο υπολογισμό των υπολοίπων, και γενικότερα ακριβέστερα αποτελέσματα σε όλες τις φάσεις που έπονται του υπολογισμού του L_h , οι οποίες είναι και οι περισσότερες.

3. ΤΟ ΠΑΚΕΤΟ TEMPROCLIM ³

Στο πλαίσιο της υλοποίησης της M5000 σε Η/Υ, αναπτύχθηκε το λογισμικό πακέτο Tempoclim. Στο Tempoclim τα υπολογιστικά έντυπα της NM5000 προσομοιώνονται από λογιστικά έντυπα φύλλων εργασίας.

Το Tempoclim αποτελείται από έξι προγράμματα :

1. Προεπιλογές
2. Απώλειες 1
3. Βασικά Κέρδη 2
4. Ηλιακοί Τοίχοι (3)
5. Θερμοκήπια (4)
6. Άνεση 5

Τα έξι προγράμματα είναι βιβλία εργασίας (περιβάλλον: Microsoft Excel) συνδεδεμένα μεταξύ τους με συνδέσμους (links) που μεταφέρουν αυτομάτως τα δεδομένα από το ένα βιβλίο εργασίας στο άλλο. Οι αριθμοί 1–5 στους τίτλους των τελευταίων προγραμμάτων δείχνουν τη σειρά, με την οποία τρέχουν τα προγράμματα. Η παρένθεση υποδηλώνει ότι η χρήση του προγράμματος είναι προαιρετική. Δηλαδή, αν υπάρχουν Ηλιακοί Τοίχοι στο κτίριο, ή θερμοκήπια, τότε, γίνεται χρήση του 3^{ου} ή / και του 4^{ου} προγράμματος.

Το "Προεπιλογές" περιέχει 5 φύλλα εργασίας, το "Απώλειες 1" 14, το "Βασικά Κέρδη 2" 6, το "Ηλιακοί Τοίχοι (3)" 8, το "Θερμοκήπια (4)" 8 και το "Άνεση 5" 7. Συνολικά, το Tempoclim αποτελείται από 48 φύλλα εργασίας, 17 βοηθητικά (καθοδηγούν τον χρήστη) και 31 λειτουργικά.

³ Το όνομα προήλθε από τη φράση «Βιοκλιματική Ευκράτων Κλιμάτων», στα αγγλικά : Temperate Climates Bioclimatics.

Για την επιτάχυνση της εισαγωγής των δεδομένων και την αυτοματοποίηση των πολυπλοκών υπολογιστικών διαδικασιών που ενσωματώθηκαν μέσα στα βιβλία εργασίας, χρησιμοποιούνται ειδικά προσαρμοσμένες εντολές. Πρόκειται για μακροεντολές γραμμένες σε κώδικα VBA (Visual Basic for Applications).

Οι μακροεντολές του Tempoclim μπορούν να ομαδοποιηθούν ανάλογα με την εργασία που εκτελούν. Μια ομάδα, π.χ., εκτελεί ανάγνωση διαγραμμάτων, αφού έχουν δοθεί (από τον χρήστη) οι απαιτούμενες παράμετροι (π.χ., τα εικονίδια «διπλό τζάμι» και «μονό τζάμι» που φαίνονται στην Εικόνα 4). Άλλη ομάδα εισάγει αυτόματα τιμές σε κελιά εισαγωγής δεδομένων (Εικόνα 2).

Η ομάδα, η οποία είναι η σημαντικότερη για την επίτευξη της αποτελεσματικής δόμησης του πακέτου προγραμμάτων, είναι αυτή η οποία δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να εισαγάγει πολλά (θεωρητικά, όσα μπορεί να χωρέσει ένα φύλλο εργασίας) δομικά στοιχεία και να τα μελετήσει συνολικά· γενικά, να μπορεί να προσθέτει και να αφαιρεί εύκολα, οποιοδήποτε δομικό στοιχείο που αφορά σε δεδομένη μελέτη (δάπεδα, τοίχους, οροφές, θύρες, παράθυρα, ηλιακούς τοίχους, θερμοκήπια κλπ). Στις πιο απλές περιπτώσεις, ορισμένες μακροεντολές επιμηκύνουν κάθε έντυπο, εντός του οποίου γίνονται οι καταχωρήσεις των δομικών στοιχείων, οι αναγκαίοι υπολογισμοί και οι τελικές αθροίσεις (συνήθως στο κάτω-δεξιά κελί του εντύπου). Και κάποιες άλλες μακροεντολές, καθεμία από τις οποίες είναι διαθέσιμη για το ίδιο έντυπο, το βραχύνουν σε έναν ελάχιστο αριθμό γραμμών, σβήνοντας, ταυτόχρονα, τις αντίστοιχες εγγραφές (ή και όλες). Τα εικονίδια εκτέλεσης αυτού του είδους μακροεντολών φαίνονται στην Εικόνα 3. Στις πολυπλοκότερες περιπτώσεις, εκτελούνται οι ίδιες εργασίες (πρόσθεση και αφαίρεση κελιών εισαγωγής και κελιών υπολογισμών), με τη διαφορά ότι, εδώ, προστίθενται ολόκληρα έντυπα (ή αφαιρούνται) από το φύλλο εργασίας (Εικόνα 4). Πάντως, είτε το μελετώμενο δομικό στοιχείο και τα σχετικά δεδομένα του καταλαμβάνουν μια γραμμή στο φύλλο εργασίας, είτε καταλαμβάνουν τόσες όσες απαιτεί το αντίστοιχο υπολογιστικό έντυπο, **όλοι οι ομοειδείς υπολογισμοί ολοκληρώνονται σε ένα συγκεκριμένο φύλλο εργασίας**. Με τον τρόπο αυτό (έλεγχος του περιβάλλοντος εργασίας και προσαρμοστικότητά του στις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης), η δομή των βιβλίων εργασίας διατηρείται σταθερή

και εξασφαλίζεται η διασύνδεσή τους.

Το περιβάλλον αλληλεπίδρασης με τον χρήστη έχει, λοιπόν, τη μορφή προστατευμένων⁴ φύλλων εργασίας, μέσα στα οποία περιέχονται τα λειτουργικά έντυπα, οι οδηγίες χρήσης τους και τα εικονίδια εκτέλεσης μακροεντολών.

3.1 Το πρόγραμμα “Προεπιλογές”

3.1.1 Η βάση κλιματολογικών δεδομένων

Ένα μεγάλο μέρος του “Προεπιλογές” είναι μια βάση δεδομένων, από όπου επιλέγονται δεδομένα που αφορούν στο κλίμα της εξεταζόμενης περιοχής και σε κατασκευαστικές λεπτομέρειες που επηρεάζουν τις συνθήκες άνεσης.

Η βάση κλιματολογικών δεδομένων 36 ελληνικών πόλεων παρέχει τα εξής:

- 1) Τη μέση θερμοκρασία αέρα του 24-ώρου (°C)
- 2) Την ηλιοφάνεια (ώρες/μήνα)
- 3) Την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδα με κλίσεις 0, 30, 45, 60 και 90 μοίρες ως προς την οριζόντιο (σε kWh/m²/μήνα)
- 4) Τη μέση ταχύτητα ανέμου (m/sec)
- 5) Την επικρατούσα διεύθυνση ανέμου
- 6) Την κλιματική ζώνη όπου η πόλη / περιοχή εμπίπτει σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979 και
- 7) Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

3.1.2 Η περίπτωση χρήσης σταθερής και κινητής (νυκτερινής) μόνωσης

Εάν προβλέπεται λειτουργία κινητής (νυκτερινής) μόνωσης στην κατασκευή, τότε, στη φάση που ο μελετητής τρέχει το “Προεπιλογές”, έχει τις εξής δυνατότητες:

- A) Να εισαγάγει χειροκίνητα τις 12 τιμές (ανά μήνα) των ωρών χρήσης σταθερής μόνωσης.

⁴ Προστατευμένο φύλλο εργασίας είναι εκείνο που προστατεύεται από πιθανή λάθος χρήση, η οποία θα μπορούσε να αλλοιώσει τη δομή ή τους υπολογιστικούς μηχανισμούς του.

- Β) Να εισαγάγει αυτόματα την τιμή 24 (“Απλή περίπτωση” - χωρίς κινητή μόνωση) για κάθε μήνα (Εικ. 2).
- Γ) Να εισαγάγει τις ώρες θεωρητικής διάρκειας της ημέρας. Η συγκεκριμένη επιλογή είναι συμβατή με απλές μηχανικές εγκαταστάσεις, π.χ., με κινητή μόνωση της οποίας η λειτουργία ρυθμίζεται με απλό ρολόι-προγραμματιστή. Γίνεται αυτόματη εισαγωγή, με επιλογή της αντίστοιχης μακροεντολής “Διάρκεια Ημέρας”. (Εικόνα 2).
- Δ) Να εισαγάγει τις ώρες πραγματικής ηλιοφάνειας, που είναι η μέση μηνιαία διάρκεια της ημέρας μείον τη μέση μηνιαία διάρκεια νέφωσης. Η επιλογή είναι συμβατή με συστήματα αυτοματισμού κτιρίων (BEMS). Γίνεται αυτόματη εισαγωγή, με επιλογή της αντίστοιχης μακροεντολής “Ηλιοφάνεια”. (Εικόνα 2).

Οκτ	Νοέ	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπτ
31	30	31	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30
20,9	17,8	14,5	12,8	13,0	14,1	17,1	20,9	24,6	26,4	26,5	24,2
	6	109	161	141	121	27			12	16	
24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0



ηλιοφάνεια

Απλή περίπτωση:
Χωρίς κινητή μόνωση

διάρκεια ημέρας
(h)

Εικόνα 2. Πρόγραμμα “Προεπιλογές”, λεπτομέρεια του ομώνυμου φύλλου εργασίας : Μακροεντολές “Ηλιοφάνεια”, “Απλή περίπτωση” και “Διάρκεια Ημέρας”.

3.1.3 Ποιοτική εκτίμηση της υπερθέρμανσης κτιρίου

Στο Temproclim γίνεται μελέτη για ολόκληρο το έτος. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή μία χονδρική μελέτη των αναγκών δροσισμού του κτιρίου. Πρόκειται, ουσιαστικά, για προεκτίμηση της υπερθέρμανσης του κτιρίου, η οποία εμφανίζεται αυτομάτως στο γράφημα “Βαθμοημέρες” (φύλλο εργασίας του προγράμματος “Προεπιλογές”). Στην Εικόνα 5, οι γαλάζιες μπάρες είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης (ενδεικτικές των αναγκών σε θέρμανση), ενώ οι κόκκινες είναι οι βαθμοημέρες δροσισμού. Το συγκεκριμένο γράφημα (Εικόνα 5) δίνει μηδενικές βαθμοημέρες για τον Ιούνιο και το Σεπτέμβριο.

Η NM5000 αναπτύχθηκε αρχικά για βόρειες χώρες, όπου το θερμικό ισοζύγιο των θερινών μηνών είναι συχνά μηδενικό. Αυτός είναι ο λόγος που οι θερινοί μήνες (από Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο) παραλείπονται από τη NM5000. Στις μεσογειακές χώρες, όμως, το ισοζύγιο των θερινών μηνών, ιδίως του Ιουλίου και του Αυγούστου (Εικόνα 5), σπανίως

μηδενίζεται. (Υπάρχει ανάγκη για δροσισμό των κτιρίων κατά τους μήνες αυτούς, μικρότερη στα βόρεια / ορεινά και μεγαλύτερη στα νότια / παραθαλάσσια.)

3.2 Το πρόγραμμα υπολογισμού Θερμικών Απωλειών

Το πρόγραμμα "Απώλειες 1" περιέχει όλους τους υπολογισμούς που υποδεικνύει η NM5000. Έτσι, στα πρώτα φύλλα εργασίας του "Απώλειες 1" υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου, μέσω των στοιχείων που το συνθέτουν, είτε αυτά τα στοιχεία ανήκουν στο καθαυτό κέλυφός του, είτε σε προσαρτημένους Χ.Α. Επιπλέον, το "Απώλειες 1" περιέχει υπολογιστικές ρουτίνες, οι οποίες είναι άσχετες του αλγορίθμου 'NM5000' αλλά όμως απαραίτητες για την εφαρμογή του. Συγκεκριμένα:

Πίνακες που δίνουν τον **ελάχιστο επιδιωκόμενο αερισμό** [11] ενσωματώθηκαν στα φύλλα εργασίας "A4" και "A4 (s)" και "A5" του "Απώλειες 1". Από αυτόν τον αερισμό, υπολογίζονται οι συνεπαγόμενες απώλειες. [6]

Επίσης, ένας αλγόριθμος που υπολογίζει τον **αερισμό λόγω συχνής χρήσης εξώπορτας** (μη επιδιωκόμενος αερισμός—ενδιαφέρει κυρίως σε κτίρια δημοσίας χρήσεως) [11], και άρα τις συνεπαγόμενες θερμικές απώλειες, ενσωματώθηκε στο φύλλο εργασίας "A5" του "Απώλειες 1".

Ένας ακόμα αλγόριθμος που υπολογίζει **θερμικές απώλειες λόγω μη επιδιωκόμενου αερισμού από χαραμάδες κουφωμάτων** [11], ενσωματώθηκε στο φύλλο εργασίας "A5".

Στο "Απώλειες 1", πέραν των φύλλων εργασίας υπολογισμών, τα οποία ακολουθούν το πρότυπο των «εντύπων» της NM5000, έχουν ενσωματωθεί και δύο βοηθητικά φύλλα εργασίας, τα **"U παραθύρων, θυρών"** και **"U σύνθετων στοιχείων"**. Αυτά τα δύο φύλλα εργασίας αποτελούν, ταυτόχρονα, ένα αυτόνομο πρόγραμμα θερμομόνωσης. Διευκολύνουν τον μελετητή, **παρέχοντας πίνακες τιμών θερμοπερατοτήτων θυρών και παραθύρων, ή υπολογίζοντας θερμοπερατότητες σύνθετων στοιχείων** (όπως τοίχων, δαπέδων, οροφών κλπ, καθένα από τα οποία αποτελείται από στρώσεις διαφορετικών υλικών).

Στο "Απώλειες 1" δημιουργήθηκε και το φύλλο εργασίας **"-A5"**, όπου υπολογίζονται

οι καθαρές μειώσεις των απωλειών. Σε αυτή τη φάση, ο μελετητής δεν θα χρειαστεί να κάνει ανάγνωση πολύπλοκων διαγραμμάτων, για να εισαγάγει την τιμή n_{sw} (απόδοση Ηλιακού Τοίχου), καθώς η ανάγνωση γίνεται αυτόματα, με χρήση μακροεντολής.

3.3 Τα προγράμματα υπολογισμού Θερμικών Κερδών

Στα τρία επόμενα προγράμματα, δηλαδή, στο "Βασικά Κέρδη 2", στο "Ηλιακοί Τοίχοι (3)" και στο "Θερμοκήπια (4)", υπολογίζονται ηλιακά κέρδη. Παρατίθενται, ενδεικτικά, τρεις από τις οκτώ εξισώσεις υπολογισμού επιμέρους ηλιακών κερδών :

Η σχέση υπολογισμού ηλιακών κερδών από υαλοστάσια ΜΕΧΑ είναι η σχέση των Άμεσων Ηλιακών Κερδών :

$$\Phi_{dg} = S_f * E * A * m * C_c * C_f \quad (3.1)$$

Η σχέση υπολογισμού ηλιακών κερδών από τοίχο μάζας ΜΕΧΑ ή ΕΧΑ (τύπου ΧΑ-Π):

$$\Phi_{mw} = S_f * E * A * m * a * U * (0,06 + r_g + r_a) \quad (3.2)$$

Η σχέση υπολογισμού ηλιακών κερδών από υαλοστάσια εντός θερμοκηπίου ΕΧΑ (τύπου Ε-ΧΑ) :

$$\Phi_{sdg} = S_f * E * A * m * \tau_s \quad (3.3)$$

3.3.1 Ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία E — προσδιορισμός της σε συγκεκριμένο τόπο και μήνα

Μία βασική παράμετρος που υπεισέρχεται στις προαναφερόμενες σχέσεις (και στις οκτώ), είναι η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, E . Συνήθως, η τιμή της λαμβάνεται από πίνακες κλιματολογικών, οι οποίοι δίνουν το E σε kWh/(m²μήνα), για συγκεκριμένο τόπο και για δεδομένη κλίση πρόσπτωσης [11]. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία E , που προσπίπτει σε δεδομένο τόπο και σε επίπεδο οριζόντιο, (όπου οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν κατακόρυφα), είναι συνάρτηση του τόπου και του μήνα, μόνο. Ενώ, για κάθε άλλη περίπτωση, όπου οι ηλιακές ακτίνες δεν προσπίπτουν κατακόρυφα, το E είναι συνάρτηση και της διεύθυνσης προσανατολισμού της επιφάνειας πρόσπτωσης.

Από την πηγή [11] λήφθηκαν οι πέντε πίνακες με τις τιμές του E ανά μήνα και για 36 ελληνικές πόλεις. Ο πρώτος πίνακας παρέχει τιμές για την ακτινοβολία που προσπί-

ππει σε οριζόντιο επίπεδο. Οι υπόλοιποι τέσσερις, για την ακτινοβολία που προσπίπτει σε επίπεδα που έχουν κλίση 30, 45, 60 και 90 μοιρών. Δηλαδή, ο τελευταίος πίνακας δίνει την ολική προσπίπτουσα ακτινοβολία σε κατακόρυφο στοιχείο, το οποίο είναι και το συνηθέστερο είδος στην οικοδομική πρακτική. Αυτοί οι τέσσερις πίνακες δίνουν τιμές του E , για νότιο προσανατολισμό οικοδομικού στοιχείου. Αν ακολουθούσαν οι συστάσεις της [11], θα έπρεπε, για οποιονδήποτε διαφορετικό προσανατολισμό στοιχείου, να πολλαπλασιαστεί η κάθε τιμή του E (η αναφερόμενη σε νότιο προσανατολισμό), με έναν συντελεστή διόρθωσης του προσανατολισμού. Οι εν λόγω συντελεστές διόρθωσης, για κάθε διεύθυνση, είναι οι εξής: N : 1,00 $NΔ/NA$: 0,84 $A/Δ$: 0,54 $BA/ΒΔ$: 0,29 B : 0,23. Φυσικά, ο μελετητής δύναται, με γραμμική παρεμβολή, να επιτύχει μεγαλύτερη ακρίβεια υπολογισμών—δεν είναι απαραίτητο, γιατί επηρεάζει ελάχιστα το τελικό αποτέλεσμα.

Εκείνο, όμως, που επισημαίνεται είναι ότι οι προαναφερόμενοι συντελεστές διόρθωσης της τιμής, που λαμβάνει το E , είναι σταθεροί και ανεξάρτητοι του μήνα. Το ότι, στην πραγματικότητα, αυτοί οι συντελεστές είναι συνάρτηση **και του μήνα**, φάνηκε από τον Πίνακα 1 της πηγής [7]. Ο πίνακας αυτός, αν και γενικός (δεν δίνει συγκεκριμένες τιμές για το E), είναι αρκετά λεπτομερής όσον αφορά στον τρόπο που συναρτά τη σχετική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας E , σε δύο παραμέτρους: στον μήνα και ταυτοχρόνως, στον προσανατολισμό της επιφάνειας πρόσπτωσης.

Στα προγράμματα του Tempoclim, η εκάστοτε τιμή για το E υπολογίζεται βάσει «ρουτίνας», η οποία λαμβάνει υπόψη της, ακριβώς αυτές τις παραμέτρους: τον τόπο, τον προσανατολισμό και τον μήνα. Στη ρουτίνα αυτή, συνδύαστηκε πληροφοριακό υλικό από τις δύο πηγές [7,11], οι οποίες προσεγγίζουν το ζήτημα του προσδιορισμού του E κατά τρόπο διαφορετικό. Συγκεκριμένα, από τον Πίνακα 1, **με απλή διαίρεση των δεδομένων κάθε στήλης του, με τα** αντίστοιχα (τα αναφερόμενα στον αυτό μήνα, άρα της ίδιας σειράς) **δεδομένα της δεύτερης στήλης του** (αναφέρεται σε πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε στοιχείο με N προσανατολισμό), δημιουργήθηκε ο Πίνακας 2, ο οποίος δίνει τη σχετική κατανομή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας E που προσπίπτει σε επιφάνεια τυχαίας κλίσης. Οι μέσες τιμές στο έτος, των όρων κάθε στήλης είναι, ανά

διεύθυνση προσανατολισμού: N: 1,00 (τιμή αναφοράς, ίδια με της [11]), ΝΔ/ΝΑ: 1,06 > 0,84 , Α/Δ: 0,89 > 0,54 , ΒΑ/ΒΔ: 0,52 > 0,29 και Β: 0,28 > 0,23. Όπως διαπιστώνεται, οι προαναφερόμενες τιμές [11] είναι πολύ πιο “συντηρητικές”.

Ο Πίνακας 2 έχει ενσωματωθεί στις ρουτίνες του Tempoclim ως εξής: Από τους συντελεστές του Πίνακα 2, επιλέγονται οι κατάλληλοι ανά περίπτωση. Με αυτούς πολλαπλασιάζονται οι τιμές των πινάκων [11] για το E, και δίνουν τις τελικές τιμές για το E, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως εισαγωγές δεδομένων για τον υπολογισμό των ηλιακών κερδών—βλ. τύπους (3.1), (3.2), (3.3) κλπ.

Με τον τρόπο αυτόν, τα δεδομένα των δύο πηγών [7,11] αξιοποιήθηκαν πλήρως και επιτεύχθηκε η μέγιστη δυνατή ακρίβεια υπολογισμών.

3.3.2 Ο συντελεστής ηλιασμού Sf

Μία άλλη παράμετρος που επίσης υπάρχει στις προαναφερόμενες οκτώ σχέσεις υπολογισμού επιμέρους ηλιακών κερδών, είναι ο συντελεστής ηλιασμού Sf.⁵ Ο Sf (Solar Factor) είναι βασική παράμετρος της βιοκλιματικής μελέτης. Είναι γινόμενο επιμέρους συντελεστών. Για τη σχέση που ορίζει τον Sf, δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία στις πηγές [10,11]. Στο Tempoclim χρησιμοποιήθηκε η σχέση της πηγής [11], έπειτα από κατάλληλη τροποποίησή της, ώστε να μπορεί να συμπεριλάβει δύο ακόμα περιπτώσεις σκίασης:

- Τη σκίαση από φύλλωμα δένδρου [6]. Ο αντίστοιχος συντελεστής είναι ο Ft .
- Την περίπτωση διπλής αλλά μη ταυτόχρονης σκίασης δομικού στοιχείου από δύο κατακόρυφες προεξοχές εκατέρωθεν αυτού. Ο αντίστοιχος συντελεστής είναι ο Fv' .

Η σχέση που δίνει τον Sf διαμορφώθηκε ως εξής [12]:

$$Sf = F_h * F_e * (F_v + F_v' - 1) * F_t * F_g \quad (3.4)$$

Οι τιμές των Fh , Fe , Fv και Fv' λαμβάνονται από τους πίνακες [10], οι οποίοι ενσωματώθηκαν στο Tempoclim. Οι πίνακες [10] είναι αρκετά ακριβείς και πιο απλοί από τα διαγράμματα [11], διότι συναρτούν τους επιμέρους συντελεστές Fh, Fe, Fv και Fv' από: α)

⁵ Συνήθως αναφέρεται ως συντελεστής σκίασης, αλλά στην πραγματικότητα είναι το συμπληρωματικό του συντελεστή σκίασης ως προς τη μονάδα.

το Γεωγραφικό Πλάτος της περιοχής, β) τον προσανατολισμό του μελετώμενου δομικού στοιχείου και γ) τη γωνία του αντίστοιχου εμποδίου. Ενώ τα διαγράμματα [11] δίνουν μία διαφορετική καμπύλη ανά μήνα του έτους και δεν αναφέρονται στο Γεωγραφικό Πλάτος. Επίσης, οι πίνακες [10] δίνουν μεγαλύτερα πεδία ορισμού για τις γωνίες-παραμέτρους των F_h , F_e , F_v και F_v' και, σε σύγκριση με τα διαγράμματα [11], φαίνονται πιο ρεαλιστικοί: για παράδειγμα, το F_h για Νότιο προσανατολισμό και γωνία εμποδίου 20° κυμαίνεται μεταξύ 0,18 και 1,00 (τιμές για τους χειμερινούς μήνες και για τους θερινούς, αντίστοιχα), στα διαγράμματα [11], ενώ παίρνει τις τιμές από 0,89 έως 1,00 (βoreιότερες και νοτιότερες περιοχές αντίστοιχα) στους πίνακες [10], ασχέτως του μήνα. Δηλαδή, το 0,18 είναι μάλλον υπερβολικό, ακόμα και για τον μήνα Δεκέμβριο, εκτός αν το εμπόδιο είναι πολύ πλατύ και εμποδίζει τον ηλιασμό για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας—η επίδραση του πλάτους μιας απέναντι όψης κτιρίου, δεν προσμετράται στην αντίστοιχη γωνία εμποδίου.

Οι τιμές των F_t και F_g επιλέγονται από πίνακες [6,11], οι οποίοι έχουν ενσωματωθεί στο Tempoclim. [12]

Στα τρία προγράμματα (“Βασικά Κέρδη 2”, “Ηλιακοί Τοίχοι (3)” και “Θερμοκήπια (4)”), τα έντυπα εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων διαφέρουν αρκετά από τα αντίστοιχα έντυπα της NM5000 [6], κυρίως, λόγω της ενσωμάτωσης των προαναφερόμενων επιμέρους συντελεστών ηλιασμού. Η Εικόνα 6 δείχνει μέρος του εντύπου υπολογισμού Bsw.

3.3.3 Οι παράγοντες ηλιακού χώρου (α_1 και α_2)

Για τον υπολογισμό των παραγόντων ηλιακού χώρου (θερμοκηπίου) α_1 και α_2 , οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τις απώλειες ηλιακής ενέργειας εξαιτίας πολλαπλών αντανακλάσεων μέσα στον ηλιακό χώρο και τις απώλειες διαμέσου του δαπέδου του ηλιακού χώρου, δημιουργήθηκε ένας νέος πίνακας μέσα στο πρόγραμμα “Θερμοκήπια (4)”. Ο νέος πίνακας με τις τιμές των α_1 και α_2 (Πίνακας 3) προέκυψε από συγκερασμό των αντίστοιχων πινάκων των [6,11] και από παρεμβολή στα δεδομένα τους.

3.4 Το πρόγραμμα υπολογισμού θερμικού ισοζυγίου

Στο πρόγραμμα "Άνεση 5" χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ακριβούς υπολογισμού [6] της σταθεράς κύριου χρόνου (τ). Με τη μέθοδο αυτή, υπολογίζεται η ενέργεια που αποθηκεύεται στο κτίριο. Η ακριβής μέθοδος είναι πιο εύχρηστη από την εναλλακτική, χονδρική μέθοδο [6], γιατί στην πρώτη υπάρχει η δυνατότητα ομαδοποίησης των στοιχείων του κτιρίου (τοιχοί, δάπεδα, οροφές) αναλόγως του τρόπου κατασκευής τους (υλικά και πάχη τους). Ο χρήστης ανατρέπει στα δεδομένα που έχει εισαγάγει αυτόματα (με χρήση ενσωματωμένης κυλιόμενης λίστας) στο φύλλο εργασίας "U σύνθετων στοιχείων" του προγράμματος "Απώλειες 1", και τα μεταφέρει (σχεδόν αυτούσια) στο φύλλο εργασίας "τ" του προγράμματος "Άνεση 5" (Εικόνες 7 και 8).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σχολιαστεί ότι η M5000 παρουσιάζει αδυναμία σαφούς καθορισμού του συντελεστή χρησιμοποίησης (n) σε συνθήκες υπερθέρμανσης. [6] Ίσως είναι και αυτός, ένας λόγος για τον οποίον στην M5000 αποφεύγονται οι υπολογισμοί των κερδών και του ισοζυγίου κερδών-απωλειών κατά τη θερινή περίοδο. Επειδή στο Tempoclim επιλέχθηκε να γίνονται οι υπολογισμοί για όλους τους μήνες του έτους, και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μηδενικών ή και αρνητικών τιμών (ειδικά για το βοηθητικό φορτίο θέρμανσης) κατά τους θερινούς μήνες, που, βέβαια, σημαίνει ότι ο μελετώμενος χώρος υπερθερμαίνεται και χρειάζεται δροσισμό, ορίστηκε, η μορφοποίηση των αποτελεσμάτων να είναι τέτοια (με ερυθρά γραμματοσειρά) ώστε να ξεχωρίζει η υπερθέρμανση, όποτε συμβαίνει σύμφωνα με τους υπολογισμούς. Στους μήνες κατά τους οποίους παρατηρείται υπερθέρμανση, δίνεται στον συντελεστή χρησιμοποίησης n (αυτόματα, από το πρόγραμμα) η οριακή τιμή 0,40. [6]

Αν γίνουν επαναληπτικές δοκιμές (τρέξιμο του προγράμματος) με διαφοροποιημένο συντελεστή ηλιασμού μόνο κατά τους μήνες που υπάρχει το πρόβλημα της υπερθέρμανσης, κάποια στιγμή οι αρνητικές τιμές θα μηδενιστούν. Σε σχεδιαστικό επίπεδο, αυτό σημαίνει ότι θα έχει λυθεί το πρόβλημα της υπερθέρμανσης, με ρύθμιση της σκίασης.

Ας σημειωθεί ότι η τιμή 0,40 για το n είναι ενδεικτική, αφού σε άλλο, παρόμοιο, διάγραμμα οι καμπύλες τείνουν στο 0,20 για ελαφρές, στο 0,30 για μέσες και στο 0,40 για βαρείες κατασκευές. [11]

3.5 Το επιπλέον πρόγραμμα σύγκρισης αποτελεσμάτων διαφορετικών βιοκλιματικών μελετών

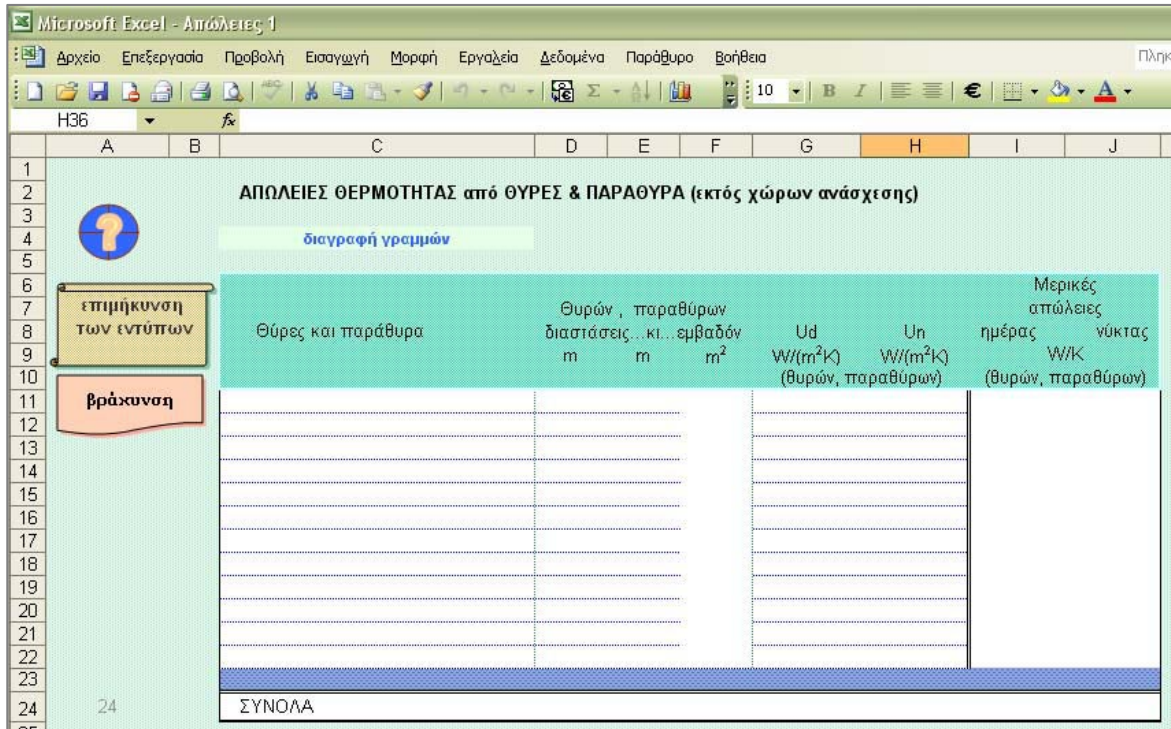
Η αξιολόγηση μίας και μόνης βιοκλιματικής πρότασης λαμβάνει χώρα με την ολοκλήρωση (τρέξιμο) και του τελευταίου προγράμματος ("Άνεση 5"). Για να συγκρίνουμε δύο ή περισσότερες βιοκλιματικές προτάσεις, θα πρέπει να συγκρίνουμε τα αντίστοιχα συμπεράσματα διαφορετικών φύλλων εργασίας του τύπου "Άνεση 5". Γι' αυτό δημιουργήθηκε ένας επιπλέον φάκελος με την ονομασία "σύγκριση μελετών". Ο φάκελος αυτός περιέχει τα εξής βιβλία εργασίας: Π (ονομασία που υποδηλώνει περίπτωση μελέτης «προ βιοκλιματικών παρεμβάσεων»), M1, M2, M3, M4 και M5 (μετά από διαφορετικές βιοκλιματικές παρεμβάσεις), και το βιβλίο εργασίας "Παραβολή". Η "Παραβολή" παρέχει διαγράμματα, για εύκολη σύγκριση των αποτελεσμάτων, διαγράμματα τα οποία συνδέονται με καθένα από τα προαναφερόμενα βιβλία εργασίας. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δοκιμάσει μέχρι και 6 διαφορετικές βιοκλιματικές προτάσεις ανά περίπτωση μελέτης (Π και M1 έως M5). Ως εξής: Τρέχει το Tempoclim για καθεμία από τις προτάσεις. Τελειώνοντας, μετονομάζει το βιβλίο εργασίας "Άνεση 5", κάθε φορά, σε "Π", "M1", "M2" κλπ. Στο τέλος προσθέτει τα αρχεία σ' έναν νέο φάκελο που ονομάζεται "σύγκριση μελετών" και ο οποίος περιέχει ένα αρχείο "Παραβολή".

Για παράδειγμα, σε μία περίπτωση μελέτης με δυσμενείς αρχικές βιοκλιματικές παραμέτρους (που ονομάσαμε κατάσταση 'Π')—η μόνωση του κτιρίου είναι ανεπαρκής, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979 (Εικ. 9), η νότια πλευρά δεν έχει διαφανή ανοίγματα, ενώ η βορινή έχει τα περισσότερα (Εικ. 10)—η προτεινόμενη βιοκλιματική λύση (κατάσταση 'M1') είναι η μετατροπή του εξωτερικού νότιου τοίχου της κουζίνας σε τοίχο μάζας και ταυτόχρονα, η κατασκευή θερμοκηπίου γύρω και έξω από αυτόν τον τοίχο, με την επιπλέον εγκατάσταση ενός συλλέκτη αέρα ανοικτού βρόχου στην ταράτσα. Έπειτα από τρέξιμο του προγράμματος για την ως άνω βιοκλιματική λύση, διαπιστώνεται ότι, σε σύγκριση με την αρχική κατάσταση: 1) Τα ωφέλιμα κέρδη είναι αυξημένα κατά 24,3% (Εικ. 11) και 2) Τα βοηθητικά φορτία θέρμανσης είναι μειωμένα κατά 9% (Εικ. 12). Όπως φαίνεται στα ενδιάμεσα στάδια της μελέτης και από τα αντίστοιχα διαγράμματα (Εικ. 13 και 14), η διαφορά μεταξύ 24,3 και 9 (%), οφείλεται στο ότι, ενώ αυξήθηκαν τα θερμικά κέρδη στο κτίριο, αυξήθηκαν και οι απώλειες από το θερμοκήπιο.

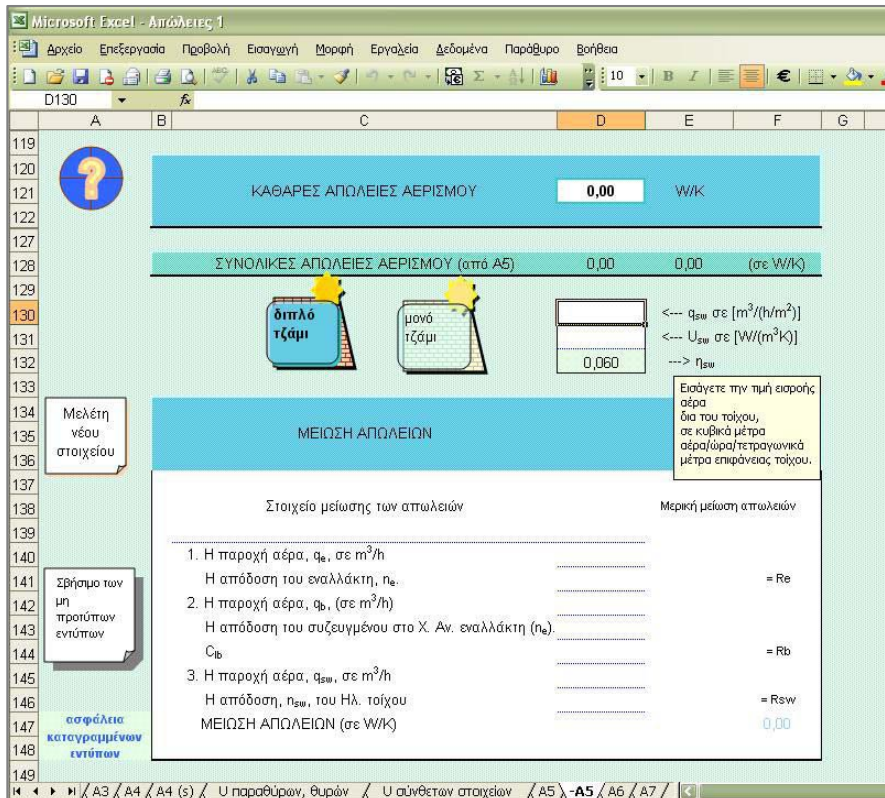
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πακέτο προγραμμάτων Temproclim δοκιμάστηκε πάρα πολλές φορές, τόσο για μεμονωμένα δομικά στοιχεία, όσο και για απλές περιπτώσεις μονωρόφων με ποικίλες βιοκλιματικές παρεμβάσεις. Τα αποτελέσματα ήταν τα αναμενόμενα από το εμπειρικό υπόβαθρο και τη θεωρία [1,2,3,4,5,9,13,15]. Το υπολογιστικό πακέτο Temproclim αποτελεί μία αναθεώρηση του αλγορίθμου της NM5000, προσαρμοσμένη στις κλιματολογικές συνθήκες των χωρών με εύκρατο κλίμα, και ειδικά των χωρών της Μεσογείου. Είναι αρκετά εύχρηστο για μικρές-μεσαίες κατασκευές, αλλά οι δυνατότητές του περιορίζονται από το περιβάλλον των φύλλων εργασίας, καθώς ο χρήστης θα πρέπει να ανατρέξει σε όλο το μήκος του φύλλου εργασίας κάθε φορά που θα χρειαστεί να ενημερωθεί για τις καταχωρήσεις μιας επιμέρους μελέτης (π.χ. των ηλιακών κερδών από διάφορους τοίχους Trombe). Το πρόβλημα λύνεται αν ο αλγόριθμος του Temproclim μεταφερθεί σε άλλο προγραμματιστικό περιβάλλον, όπου κάθε καταχώρηση (κάθε δομικό στοιχείο) θα έχει τη δική του «οντότητα» και έτσι θα μπορεί να αναζητηθεί και να αλλάχθει ευκολότερα. Ακόμα και έτσι, όμως, (μέσα από ένα ευχρηστότερο περιβάλλον αλληλεπίδρασης), η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων μιας οποιασδήποτε περίπτωσης παραμένει πολύπλοκη και χρονοβόρα, και ο λόγος γι' αυτό, είναι ότι η M5000 είναι εξαιρετικά λεπτομερειακή. (Η μελέτη γίνεται ακόμα πολυπλοκότερη, αν ληφθεί υπόψη και η πολυζωνικότητα, δηλαδή αν γίνει χωρισμός του κτιρίου σε ζώνες, και θεωρηθεί διαφορετική θερμοκρασία θερμοστάτη σε κάθε ζώνη.) Η ισορροπία μεταξύ της ευκολίας στην εκπόνηση βιοκλιματικής μελέτης και στην επίτευξη καλής προσομοίωσης της πραγματικής κατάστασης (μέσω ενός μοντέλου λεπτομερειακού, όπως η M5000) μπορεί να υλοποιηθεί μόνο με αύξηση της αυτοματοποίησης της διαδικασίας εισαγωγής δεδομένων. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό μόνο μέσα από εξυπνότερα προγράμματα βιοκλιματικών μελετών, τα οποία θα συνεργάζονται με τα πλέον εξελιγμένα αρχιτεκτονικά-σχεδιαστικά προγράμματα τριών διαστάσεων (3D). Ο υπολογισμός του ηλιασμού και της σκίασης είναι πολύ πιο εύκολος και ακριβής, σε τέτοιο σχεδιαστικό περιβάλλον, διότι καθίσταται δυνατή η προβολή στο χώρο, του μελετώμενου κτιρίου και των όγκων που το περιβάλλουν.

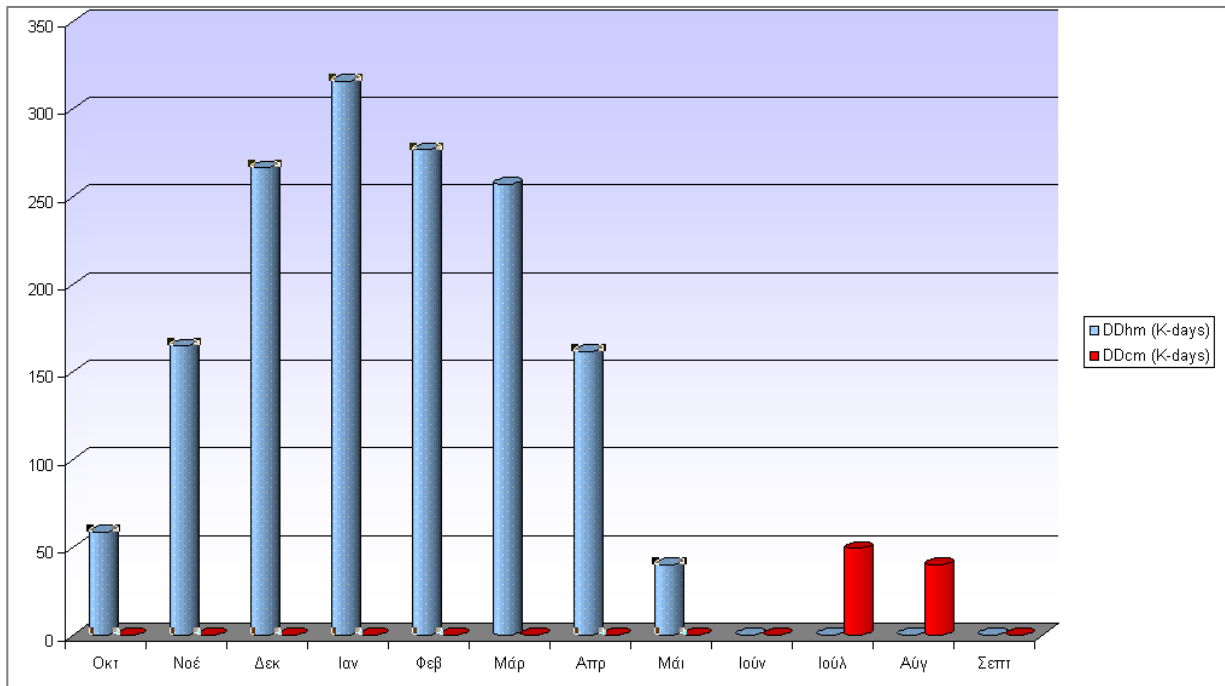
Ήδη μέσα στην εξαετία 2002-2008, μετά την πρώτη παρουσίασή του, το Temproclim αξιοποιείται μέσα από νεώτερες ερευνητικές εργασίες του ΕΜΠ πάνω στο ίδιο θέμα.



Εικόνα 3. Το φύλλο εργασίας "Α1" του προγράμματος "Απώλειες 1". Το ομώνυμο έντυπο επιμηκώνεται (ώστε να γίνει δυνατή η εισαγωγή περισσότερων στοιχείων), με χρήση της αντίστοιχης μακροεντολής. Επίσης βραχύνεται (σβήνονται οι αντίστοιχες εγγραφές) μέχρι ένα ελάχιστου ύψους έντυπου. (Τα εικονίδια στα αριστερά του έντυπου είναι τα πλήκτρα των αντίστοιχων μακροεντολών).



Εικόνα 4. Το φύλλο εργασίας "-Α5" (όπου υπολογίζονται οι καθαρές απώλειες λόγω αερισμού) του προγράμματος "Απώλειες 1", με το ομώνυμο, πρότυπο έντυπο. Για να εισαχθούν περισσότερα στοιχεία, άρα και παρόμοια έντυπα, γίνεται χρήση της αντίστοιχης μακροεντολής.



Εικόνα 5. Το γράφημα "Βαθμοημέρες" του προγράμματος "Προεπιλογές"

1		Ονομασία και ιδιότητες του στοιχείου:		
E σε kWh/m ² ημ	είναι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (σε επίπεδο με δεδομένη κλίση)	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Κλίση (°)	0	31	30	31
προσανατολισμός	0	0,36	0,19	0,12
εμβαδόν A =	0,1000			
όπως προκύπτει από τις διαστάσεις του:	m			
m =	m			
γωνία του Fh				Fh
γωνία του Fe				Fe
γωνία του Fv				Fv
γωνία του Fv'				Fv'
Ft				Ft
Fg				Fg
SF	υπολογίζεται αυτόματα σε			
απορροφητικότητες				
Rsw	W/K			
r _{wall}	m ² K/W	0,11	0,11	0,11
Csw				
r _g	0,11	0,33	0,33	0,33
U _{wall}				
Φ _{asw} σε kWh/ημ				
Φ _{csw} σε kWh/ημ				

Εικόνα.6. Πρόγραμμα "Ηλιακοί τοίχοι (3)", φύλλο εργασίας "Bsw"- τμήμα του εντύπου Bsw: Υπολογισμός των ηλιακών κερδών Ηλιακού Τοίχου Ανοιχτού Βρόχου, λόγω αερισμού (Φ_{asw}) και λόγω συναγωγής (Φ_{csw}).

σύνθετο στοιχείο τοιχίου, δοκού, υποστύλιος, οροφής, ή δαπέδου ...	Αντίσταση θερμ. μεταβάσης R_i m^2/KW	Πάχος στρώσης e_i m	Αγωγιμότητα λ_i W/(mK)	e_i/λ_i m^2/KW
	Η αντίσταση του διακένου : Από την προηγούμενη επιλογή.	ωνών: ουν τα τερα τα. άκενα μελετώνται (αντί για εδώ) στις 4 προτελευταίες σειρές. Τα εσωτερικότερα στρώματα κάτω κάτω.		
ξυλεία μαλακή 0,13.....239,4		0,010	0,130	0,077
Ορυκτοβάμβακας (ύφασμα ή πάπλωμα) ... 0,040...6,75		0,100	0,040	2,500
ΠΕλαφροσκυρόδεμα 0,38...336		0,100	0,380	0,263
			... <----- πιθανά ενδιάμεσα διάκενα ... <----- πιθανά ενδιάμεσα διάκενα ... <----- πιθανά ενδιάμεσα διάκενα ... <----- πιθανά ενδιάμεσα διάκενα	
διάκενο 5mm, γω. εκτομπής επιφάνεια, Ανοδ. ροή θερμότητας 0,11	0,110			0,110
Η θερμοπερατότητα του σύνθετου στοιχείου υπολογίζεται σε.....				0,339
Αν το στοιχείο είναι τέτοιο που περιλαμβάνει πλάκα ισογείου από σκυρόδεμα τότε η θερμοπερατότητα θερμογέφυρας (k) (για τον υπολογισμό των απωλε από τις άκρες της πλάκας) ισούται με ... (W/mK):		για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,30 m για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,45 m για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,60 m		0,346 0,312 0,294
οριζόντια επιφάνεια (π.χ πάτωμα ορόφου πάνω από πυλωτή) ή οροφή μεταξύ θερμαινόμενου χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ζώνη				0,50
Η μόνωση είναι επαρκής	Κλιματική Ζώνη	A	Ηράκλειο	

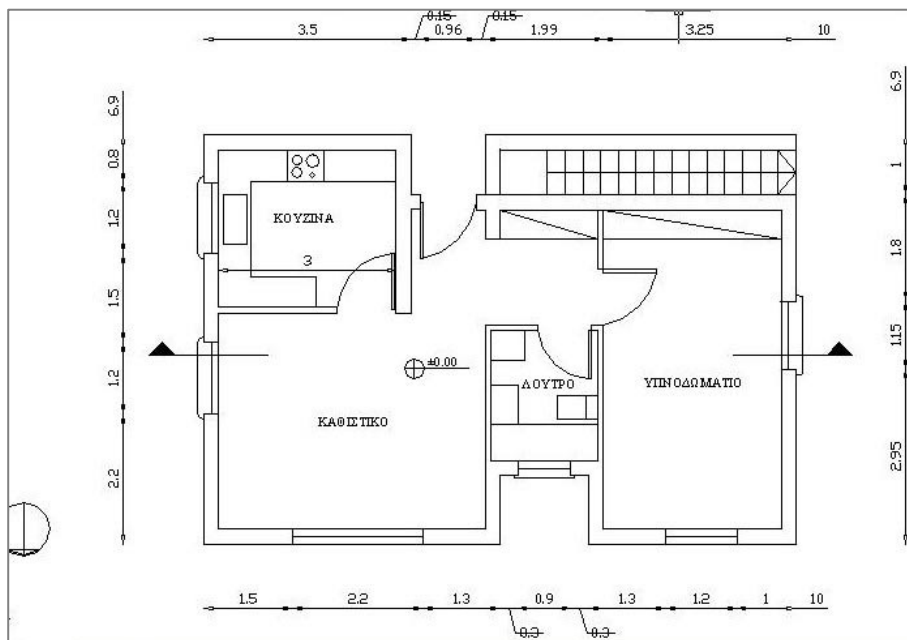
Εικόνα 7. Πρόγραμμα "Απώλειες 1", φύλλο εργασίας "U σύνθετων στοιχείων".

εισαγωγή δεδομένων για τον τοίχο ή την πλάκα οροφής Ονομασία οικοδομικού στοιχείου:	e_i	λ_i	ρc_i	ΣA_i
στρώση οικοδομικού στοιχείου	m	W/(mK)	Wh/(m ² K)	(m ²)
ξυλεία μαλακή 0,13.....239,4	0,010	0,13	239,40	
Ορυκτοβάμβακας (ύφασμα ή πάπλωμα) ... 0,040...6,75	0,100	0,04	6,75	
ΠΕλαφροσκυρόδεμα 0,38...336	0,100	0,38	336,00	
				6,00
				0,19

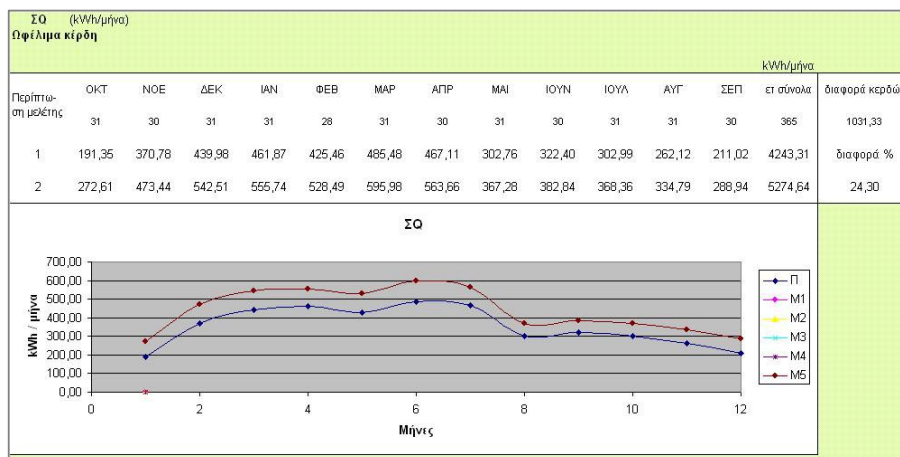
Εικόνα 8. Πρόγραμμα "Ανεση 5", φύλλο εργασίας "Τ".

σύνθετο στοιχείο τοιχίου, δοκού, υποστύλου, οροφής, ή δαπέδου ...	Αντίσταση θερμ. Rs m ² K/W	Πάχος στρώσης εί m	Αγωγιμότητα λ W/(mK)	εί / λ m ² K/W
η στέγη				
Οροφή Υψηλής εκπομπής Μερίως εκτεθειμένη 0,045	0,045			0,045
	Σερά εισαγωγών			
	Πάνω μπαίνουν τα εξωτερικότερα στρώματα	0,020	0,850	0,024
πλάκidia πηλού ή ορυκτών υλικών 0,85...418	Τα όποια διάκενα μελετώνται	0,020	0,150	0,133
Ευαία σκληρή 0,15 ...220,5	(αντί για εδώ) στις 4 προτελευταίες σειρές	0,100	0,190	0,526
Υαλοβάμβακας (πάπλωμα δώματος) 0,19 ...326,4	Τα εσωτερικότερα στρώματα κάτω κάτω.			
	... πθανά ενδιάμεσα διάκενα			
	... πθανά ενδιάμεσα διάκενα			
	... πθανά ενδιάμεσα διάκενα			
	... πθανά ενδιάμεσα διάκενα			
Εστ. πλάκες Υψηλής εκπομπής Ανοδική ροή 0,106	0,106			0,106
Η θερμοκρασία του σύνθετου στοιχείου υπολογίζεται σε.....				1,199
Αν το στοιχείο είναι τέτοιο που περιλαμβάνει πλάκα ισογείου από σκυρόδεμα			για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,30 m	0,796
τότε η θερμοκρασία θερμογόνυρας (k) (για τον υπολογισμό των απωλειών			για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,45 m	0,715
από τις άκρες της πλάκας) ισούται με ... (W/mK)			για βάθος περιμετρικής μόνωσης 0,60 m	0,681
οριζόντια επιφάνεια (π.χ πάτωμα ορόφου πάνω από πωλιτή) ή οροφή μεταξύ θερμαινόμενου χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε ζώνη				0,50
Απαιτείται η βελτίωση της μόνωσης!	Κλιματική Ζώνη	A	Σύρος	

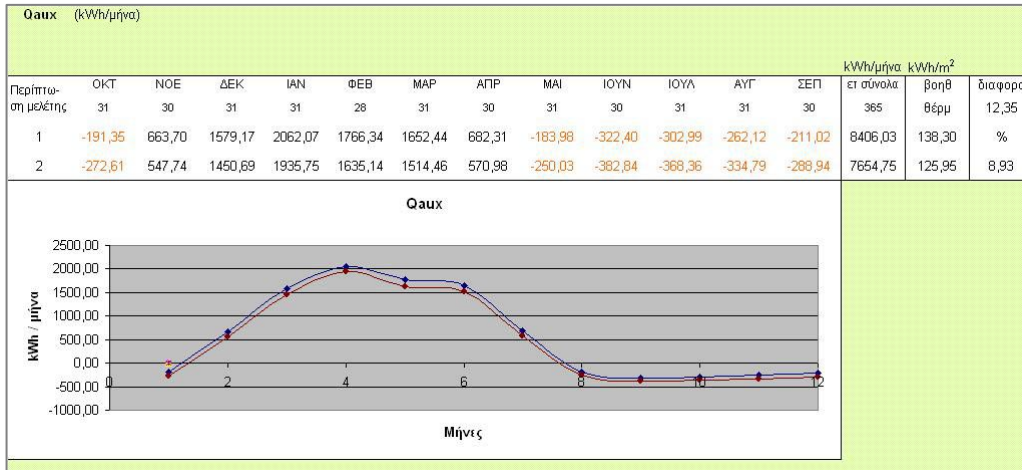
Εικόνα 9. Πρόγραμμα "Απώλειες 1", φύλλο εργασίας "U σύνθετων στοιχείων". (Ένδειξη ανεπαρκούς μόνωσης οικοδ. στοιχείου.)



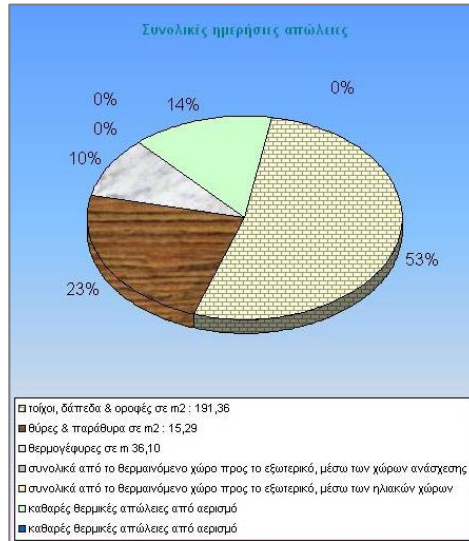
Εικόνα 10. Περίπτωση μελέτης - Κάτοψη ισογείου.



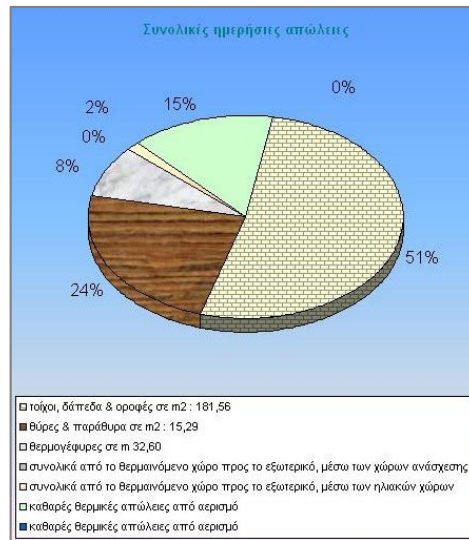
Εικόνα 11. Πρόγραμμα "Παραβολή, φύλλο εργασίας "ΣQ".



Εικόνα 12. Πρόγραμμα "Παραβολή", φύλλο εργασίας "Qaυx".



Εικόνα 13. Πρόγραμμα "Απώλειες 1", φύλλο εργασίας "A6" - αποτελέσματα για την αρχική κατάσταση του κτιρίου (Π).



Εικόνα 14. Πρόγραμμα " "Απώλειες 1", φύλλο εργασίας "A6" - αποτελέσματα για τη βελτιωμένη κατάσταση του κτιρίου (M1).

Πίνακας 1. Σχετικές τιμές του διατιθέμενου ηλιακού κέρδους σε 40° Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος (που αποτελεί και μια «μέση τιμή» για τα διάφορα γεωγραφικά πλάτη που αφορούν στον ελληνικό χώρο), μέσω υαλοστασίου με τον αναφερόμενο προσανατολισμό. [7]
 Πρόκειται για την κατανομή της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (E), δοσμένης σε αδιάστατα μεγέθη, με τιμή αναφοράς (μονάδα) την τιμή του E για Βορινό προσανατολισμό στον μήνα Δεκέμβριο.

	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (υαλοστασίου, ηλιακού τοίχου κλπ) SURFACE (glazing's, facade's) ORIENTATION					
	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ Horizontal	N S	ΝΔ / ΝΑ SE / SW	Α / Δ E / W	ΒΑ / ΒΔ NE / NW	Β N
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ - JAN	7,20	16,63	11,97	5,18	1,29	1,20
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ - FEB	11,14	16,59	13,11	7,29	2,29	1,65
ΜΑΡΤΙΟΣ - MAR	15,59	14,12	13,44	9,80	4,30	2,28
ΑΠΡΙΛΙΟΣ - APR	19,63	9,97	12,23	11,37	6,67	3,12
ΜΑΪΟΣ - ΜΑΥ	22,10	7,26	10,89	11,96	8,29	4,14
ΙΟΥΝΙΟΣ - JUN	22,87	6,34	10,27	12,24	9,12	4,93
ΙΟΥΛΙΟΣ - JUL	21,91	7,08	10,68	11,86	8,37	4,30
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ - AUG	19,28	9,61	11,86	11,12	6,69	3,28
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ - SEP	15,06	13,71	12,91	9,38	4,24	2,36
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ - OCT	10,91	15,97	12,59	7,08	2,30	1,69
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ - NOV	7,20	16,28	11,74	5,14	1,34	1,24
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ - DEC	5,75	15,12	11,26	4,38	1,05	1,00

Πίνακας 2. Συντελεστές κατανομής της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας [12]

	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ORIENTATION OF THE INCIDENCE SURFACE					
		N	ΝΔ/ΝΑ	Α/Δ	ΒΑ/ΒΔ	Β
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ - JAN		1	0,720	0,311	0,078	0,072
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ - FEB		1	0,790	0,439	0,138	0,099
ΜΑΡΤΙΟΣ - MAR		1	0,952	0,694	0,305	0,161
ΑΠΡΙΛΙΟΣ - APR		1	1,227	1,140	0,669	0,313
ΜΑΪΟΣ - ΜΑΥ		1	1,500	1,647	1,142	0,570
ΙΟΥΝΙΟΣ - JUN		1	1,620	1,931	1,438	0,778
ΙΟΥΛΙΟΣ - JUL		1	1,508	1,675	1,182	0,607
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ - AUG		1	1,234	1,157	0,696	0,341
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ - SEP		1	0,942	0,684	0,309	0,172
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ - OCT		1	0,788	0,443	0,144	0,106
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ - NOV		1	0,721	0,316	0,082	0,076
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ - DEC		1	0,745	0,290	0,069	0,066
μέσες τιμές - means		1	1,06	0,89	0,52	0,28

Πίνακας 3. Παράγοντες Ηλιακού Χώρου (a_1 , a_2)

Τύπος ηλιακού χώρου (Η.Χ.) Solarspace type	Ηλιακός χώρος με μονωμένο δάπεδο Solarspace with insulated floor		Ηλιακός χώρος με αμόνωτο δάπεδο Solarspace with non-insulated floor				
			ανοικτόχρωμο δάπεδο light-colored floor		σκουρόχρωμο δάπεδο dark-colored floor		
Είδος τζαμιού Glazing type		Απλό simple	Διπλό double	Απλό simple	Διπλό double	Απλό simple	Διπλό double
Η.Χ με 4 συλλεκτικές επιφάνειες: πρόσοψη, οροφή και 2 πλαϊνές Solarspace with 4 collecting surfaces: facade, roof and 2 sides	a_1	0,65	0,69	0,63	0,67	0,59	0,63
	a_2	0,85	0,87	0,85	0,87	0,85	0,87
Η.Χ με 3 συλλεκτικές επιφάνειες: πρόσοψη και 2 πλαϊνές Solarspace with 3 collecting surfaces: facade and 2 sides	a_1	0,70	0,74	0,68	0,71	0,65	0,68
	a_2	0,89	0,91	0,89	0,91	0,89	0,91
Η.Χ με 2 συλλεκτικές επιφάνειες: πρόσοψη, οροφή (Η.Χ.: χωνευτός, ή προεξέχων) Cast or protrusive solarspace – 2 collecting surfaces: facade and roof	a_1	0,87	0,90	0,84	0,87	0,80	0,82
	a_2	0,87	0,90	0,87	0,90	0,87	0,90
Η.Χ με 1 συλλεκτική επιφάνεια: πρόσοψη Solarspace with 1 collecting surface: facade	a_1	0,92	0,94	0,90	0,90	0,86	0,80
	a_2	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baggs S., Baggs J., **The Healthy House**, Thames & Hudson, 1996.
2. Bardou P., Arzoumanian V., **Archi de Soleil**, Parentheses editions, 1978.
3. Commission of the European Communities, **Solar Architecture in Europe – Design, Performance and Evaluation**, Prism Press, 1991.
4. De Oliveira F. E., Yannas S., **Energy and Buildings for Temperate Climates**, Press, 1988.
5. Mazria E., **The Passive Solar Energy Book**, Rodale Press, 1979.
6. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, **Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική – το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο**

- για τα **Παθητικά Ηλιακά συστήματα**, εκδ. Μαλλιάρη, 1996.
7. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κοινό Κέντρο Ερευνών, Ινστιτούτο Μηχανικής, Συστημάτων & Πληροφορικής, Μονάδα Αλληλεπίδρασης "Ενέργεια-Περιβάλλον", **Εγχειρίδιο Σχεδιασμού – Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου**.
 8. Κατραμαδάκης Ι., **Προσδιορισμός των προβλημάτων και Αναγκών της Μελέτης Κατασκευής Παθητικών Ηλιακών Κτιρίων**, Τόμος Α, εκδ. ΚΑΠΕ.
 9. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), **Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Εφαρμογές στην Ελλάδα**, Σειρά 1, εκδ. ΚΑΠΕ.
 10. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, **Πίνακες συντελεστών ηλιασμού-σκίασης**, εκδ. ΚΑΠΕ, 2000.
 11. Κοντορούπης Γ. Μ., **Ενεργειακός-Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών**, εκδ. ΕΜΠ, Αθήνα 1998.
 12. Μώρου Χ. Μ., **Συμβολή στη Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική - Αυτοματοποίηση διαδικασιών Νέας Μεθόδου 5000 με τη βοήθεια η/υ (Tempoclim)** (διπλ. εργασία), Αθήνα 2002.
 13. Τσίππρας Κ., Τσίππρας Θ., **Οικολογική Αρχιτεκτονική**, εκδ. Κέδρος, Αθήνα 2005.
 14. "Υψηλό & Κτίριο" (περιοδικό), **Το Ενεργειακό Κτίριο** (ένθετο αφιέρωμα), τ. 51, Απρίλιος 2001.
 15. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) – Διεύθυνση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ), **Οικολογική Δόμηση**, εκδ. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ», Αθήνα, Ιούνιος 2000.