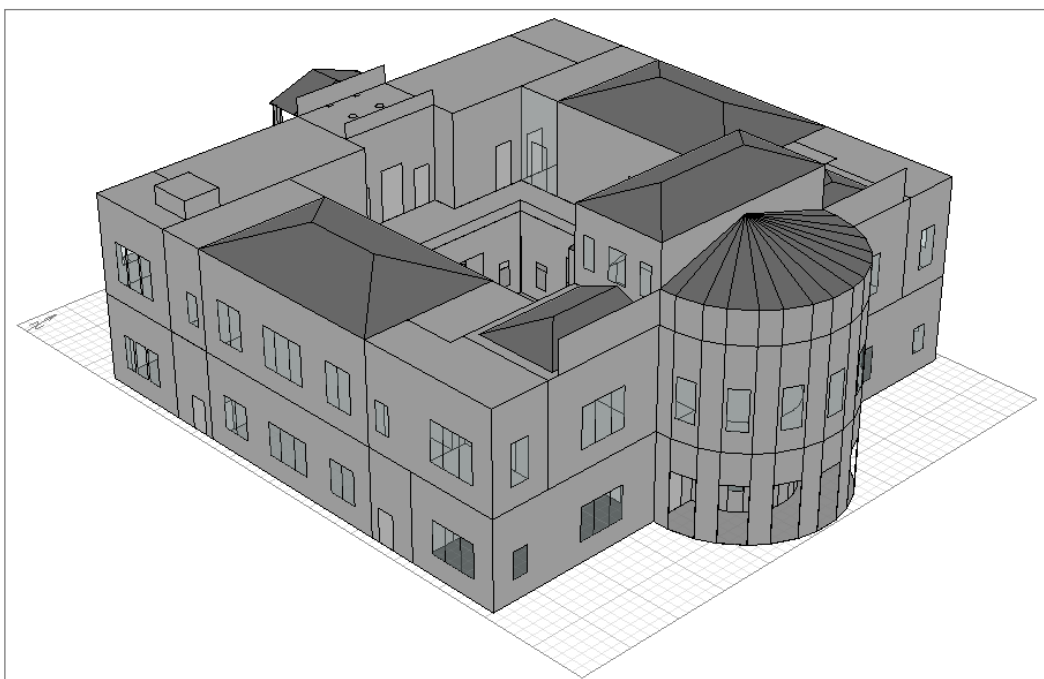




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΔΠΜΣ)
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΔΟ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ECOTECT



ΕΚΠΟΝΗΣΗ:

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΤΡΙΑΝΤΗ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ, ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧ/ΣΗΣ ΕΜΠ – ΕΝΤΕΤΑΛΜ.
ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ

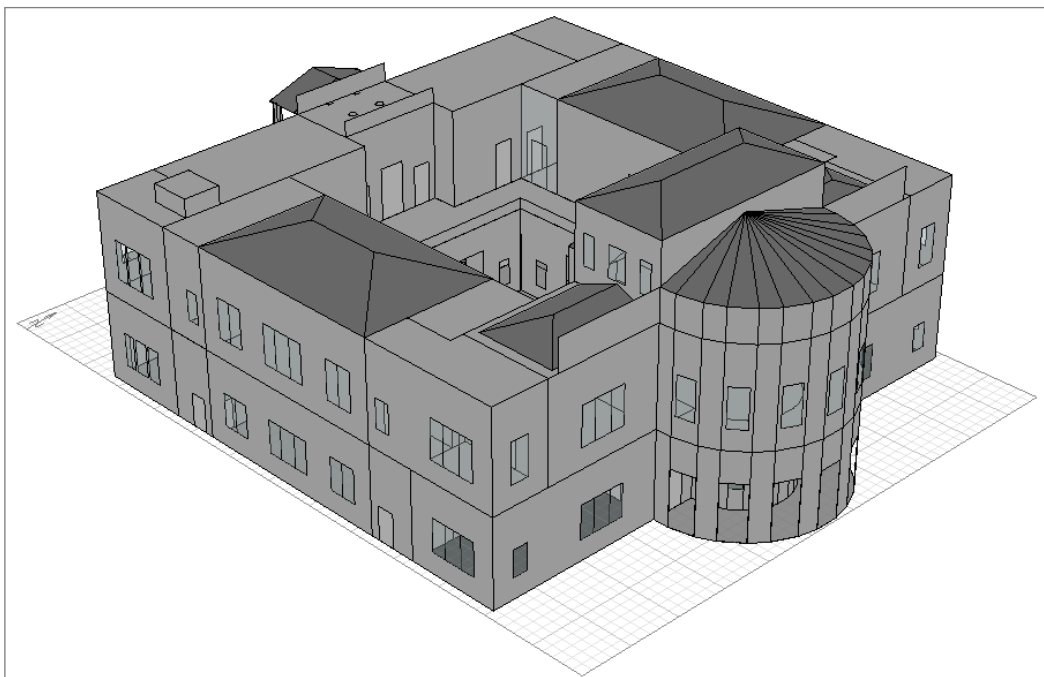
ΑΘΗΝΑ – ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΔΠΜΣ)
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΔΟ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ECOTECT



ΕΚΠΟΝΗΣΗ:

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΤΡΙΑΝΤΗ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ, ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧ/ΣΗΣ ΕΜΠ – ΕΝΤΕΤΑΛΜ.
ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ

ΑΘΗΝΑ – ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

.....

Βασιλική Ι. Εμμανουήλ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

Copyright © Βασιλική Ι. Εμμανουήλ, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Επιβλέποντες

Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Τριάντη Ευφροσύνη, Υπεύθυνη Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου – Εντεταλμένη Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Εξεταστική επιτροπή

Βουγιούκας Εμμανουήλ, Λέκτορας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το 2013, ξεκίνησε η προσπάθεια για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, με σκοπό την προσέγγιση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου Αβέρωφ του συγκροτήματος του ΕΜΠ στην οδό Πατησίων, για διάφορα σενάρια, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Ecotect.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας, τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ, για την ευκαιρία που μου πρόσφερε να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα. Τον ευχαριστώ για την επιστημονικά άρτια καθοδήγησή του σε όλες τις φάσεις της εργασίας και για την εμπιστοσύνη και πολύτιμη υποστήριξη που μου πρόσφερε όλο αυτό το διάστημα. Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά την κ. Ευφροσύνη Τριάντη, υπεύθυνη του Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης ΕΜΠ και Εντεταλμένη Επίκουρη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Πατρών, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της για την εκπλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μενέλαο Ξενάκη για τη σημαντική βοήθεια που μου παρείχε στη χρήση του προγράμματος Ecotect.

Επιπλέον, επιθυμώ να ευχαριστήσω το προσωπικό της Τεχνικής Υπηρεσίας του ΕΜΠ, καθώς μου παρείχε τα σχέδια αποτύπωσης του κτιρίου Αβέρωφ για το 2002, τα οποία αποτέλεσαν πολύτιμη βοήθεια για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την αγάπη και βαθιά ευγνωμοσύνη στην οικογένειά μου, καθώς η διαρκής κατανόηση, συμπαράσταση και ενθάρρυνσή της, στάθηκαν πολύτιμη βοήθεια για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Βασιλική Εμμανουήλ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	3
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	7
2.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ	7
2.1.1 Μακρόκλιμα	8
2.1.1.α Ήλιος	9
2.1.1.β Θερμοκρασία.....	11
2.1.1.γ Άνεμος	11
2.1.1.δ Υγρασία.....	12
2.1.2 Μεσόκλιμα	12
2.1.2.α Ηλιακή ακτινοβολία.....	12
2.1.2.β Θερμοκρασία.....	13
2.1.2.γ Άνεμος	14
2.1.2.δ Υγρασία.....	15
2.1.3 Μικρόκλιμα	15
2.1.3.α Ηλιακή ακτινοβολία.....	15
2.1.3.β Υγρασία	16
2.1.3.γ Άνεμος	16
2.2 ΕΣΩΚΛΙΜΑ	17
2.2.1 Θερμική άνεση	17
2.2.1.α Παράγοντες θερμικής άνεσης	18
2.2.1.β Δείκτες αξιολόγησης της θερμικής άνεσης	19
2.2.2 Οπτική άνεση	22
2.2.3 Ακουστική άνεση	23

2.3 ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	23
2.3.1 Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης	24
2.3.1.α Κατάλληλη χωροθέτηση κτιρίου	24
2.3.1.β Κατάλληλο σχήμα κτιρίου	24
2.3.1.γ Προσανατολισμός	25
2.3.1.δ Μέγεθος ανοιγμάτων	25
2.3.1.ε Διάρθρωση εσωτερικών χώρων	27
2.3.2 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας	28
2.3.3 Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας	29
2.3.3.α Θερμικές απώλειες του κελύφους	30
2.3.3.β Θερμικές απώλειες από εναλλαγές αέρα	31
2.3.4 Το κτίριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης	32
2.3.4.α Σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων του	32
2.3.4.β Θερμική αδράνεια της κατασκευής	34
2.3.4.γ Φυσικός αερισμός	34
2.3.4.δ Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών	37
2.3.4.ε Φυσικός αερισμός και χρήση νερού	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΟ ΑΙΘΡΙΟ	39
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	39
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ	41
3.3 ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	42
3.4 ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	43
3.5 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΑΙΘΡΙΟ	45
3.6 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΑΙΘΡΙΟ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ	49
4.1 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	49
4.2 ΤΟ ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	51
4.2.1 Το αίθριο	51
4.2.2 Οι χρήσεις του κτιρίου	52
4.2.2.α Ισόγειο	52
4.2.2.β Όροφος	54

4.3 ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	55
4.4 Ο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ECOTECT.....	59
5.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΣΤΟ ECOTECT.....	59
5.2 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΤΟΥ ΜΟΤΕΛΟΥ	60
5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ, ΠΟΡΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ.....	63
5.4 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ	64
5.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΑΠΟ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	66
5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΓΕΙΤΝΙΑΣΗΣ ΤΟΥΣ	70
5.7 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΘΕΡΜΙΚΕΣ	71
5.8 ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΖΩΝΕΣ.....	75
5.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	80
6.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΣΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	80
6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΩΡΙΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΝΟΣ 24ΩΡΟΥ.....	81
6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 15 ^{ΗΣ} ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ.....	84
6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 16 ^{ΗΣ} ΙΟΥΛΙΟΥ	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΟΤΙ ΟΛΟΙ ΟΙ ΧΩΡΟΙ ΔΙΑΘΕΤΟΥΝ ΜΟΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΣΜΟ - ΣΕΝΑΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	98
7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	98
7.1.1 Θερμική ανάλυση της 15 ^{ης} Ιανουαρίου.....	98

7.1.2 Θερμική ανάλυση της 16 ^{ης} Ιουλίου	101
7.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	104
7.2.1 Εισαγωγή θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου	104
7.2.2 Εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e).....	106
7.2.3 Εισαγωγή παραθύρων στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο - Ανοιχτά παράθυρα όλο το 24ωρο για τη θερινή περίοδο	107
7.2.4 Υλοποίηση παρεμβάσεων στην ευρύτερη περιοχή του κτιρίου και στο αίθριό του - Συνδυασμός της χρήσης των προγραμμάτων Ecotect και ENVI-met	108
7.2.4.α Παρεμβάσεις στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή..	109
7.2.4.β Προτεινόμενες παρεμβάσεις στο αίθριο του κτιρίου	110
7.2.4.γ Συνδυασμός της χρήσης των προγραμμάτων Ecotect και ENVI-met.....	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	112
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	117

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Γωνία ύψους (α) και αζιμουθίου του ήλιου (γ_s)	10
Σχήμα 2. Οι γωνίες ύψους και αζιμουθίου ορίζουν τη θέση του ήλιου. Ορθή προβολή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου στον ηλιακό χάρτη	10
Σχήμα 3. Η ροή του ψυχρού αέρα (α) από την ύπαιθρο προς το κέντρο της πόλης και (β) από αστικές περιοχές, όπως τα πάρκα, προς τα γειτονικά κτίρια	14
Σχήμα 4. Κατακόρυφη διαβάθμιση της ταχύτητας του ανέμου σε σχέση με το μέγεθος των εμποδίων	16
Σχήμα 5. Κλίμακα 7 σημείων θερμικής άνεσης (ASHRAE).....	20
Σχήμα 6. Δείκτης προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων, PPD συναρτηθεί του δείκτη PMV (Δείκτης προβλεπόμενης μέσης ψήφου).....	21
Σχήμα 7. Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά - νότου, σε κλιμακωτή διάταξη.....	25

Σχήμα 8. Μέγεθος ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό.....	26
Σχήμα 9. Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας. Τομή και Κάτοψη βιοκλιματικού κελύφους.....	28
Σχήμα 10. Διαγραμματική τομή κελύφους αποθήκευσης θερμότητας.....	29
Σχήμα 11. Εκτροπή ψυχρού ανέμου με τη χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων: (α) Οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι -συνδυασμός θάμνων και δέντρων- αυξάνουν τη ζώνη ηρεμίας. (β) Ζώνη επίδρασης ανεμοφράκτη, ανάλογα με τη μορφή και το πάχος του. (γ) Ικανότητα μείωσης της διείσδυσης του ανέμου από ανεμοφράκτες διαφόρων τύπων	32
Σχήμα 12. Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του	33
Σχήμα 13. Η χρήση βλάστησης διευκολύνει τη ροή ή εκτροπή του ανέμου	36
Σχήμα 14. Η θέση του ανοίγματος εισόδου και εξόδου	37
Σχήμα 15. Φυσική ψύξη κελύφους μέσω εξατμίσης νερού, κατά την είσοδο του ζεστού αέρα απ' έξω	38
Σχήμα 16. Το ανοιχτό αίθριο του Μουσείου Μπενάκη στην οδό Πειραιώς.....	40
Σχήμα 17. Το στεγασμένο αίθριο (α) του ξενοδοχείου Hilton της Αθήνας, δεξιά της κεντρικής εισόδου και (β) του εμπορικού και ψυχαγωγικού κέντρου «The Mall» στην Αθήνα.....	40
Σχήμα 18. Κάτοψη ρωμαϊκής κατοικίας με δύο αίθρια.....	41
Σχήμα 19. Αίθριο με ανοιγόμενα υαλοστάσια για την απομάκρυνση της θερμότητας.....	42
Σχήμα 20. Φυσικός φωτισμός χώρων μέσω του αιθρίου.....	43
Σχήμα 21. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό των πλευρών - όψεων του αιθρίου είναι δυνατό να περιοριστεί η μείωση του φωτισμού στους κατώτερους ορόφους	45
Σχήμα 22. Φυσική ψύξη κτιρίου μέσω εξατμίσης νερού την ημέρα και ακτινοβολίας θερμότητας τη νύχτα	46
Σχήμα 23. Παρουσία φύτευσης (α) στο στεγασμένο αίθριο του κτιρίου της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) στην οδό Πειραιώς, στην είσοδο του κτιρίου και (β) στο ανοιχτό αίθριο του εμπορικού και επιχειρηματικού κέντρου "Πλατεία" στη Θεσσαλονίκη.....	48
Σχήμα 24. Το συγκρότημα του ΕΜΠ στην οδό Πατησίων και η θέση του κτιρίου Αβέρωφ στο συγκρότημα	49
Σχήμα 25. Άποψη της Ροτόντας του κτιρίου Αβέρωφ από ανατολικά.....	50
Σχήμα 26. Η δυτική όψη του κτιρίου Αβέρωφ.....	51
Σχήμα 27. Οι χρήσεις στο ισόγειο του κτιρίου Αβέρωφ	53
Σχήμα 28. Άποψη του αιθρίου από τη δυτική στοά του ισογείου	53
Σχήμα 29. Οι χρήσεις στον όροφο του κτιρίου Αβέρωφ	54

Σχήμα 30. Άποψη του ορόφου από τη δυτική πλευρά	55
Σχήμα 31. Η καρτέλα (α) <i>Modelling</i> , στην οποία ρυθμίζεται το ύψος της ζώνης και (β) <i>Localisation</i> , στην οποία ορίζονται οι μονάδες σχεδίασης και μέτρησης των διαστάσεων του μοντέλου	61
Σχήμα 32. (α) Η διαδικασία σχεδιασμού μιας ζώνης διαστάσεων 6m x 6m και (β) η διαμόρφωση της ζώνης με τα στοιχεία που την αποτελούν	62
Σχήμα 33. Το παράθυρο για την εισαγωγή παραθύρου, ανοίγματος, πανέλου και πόρτας σε επιλεγμένα αντικείμενα.....	63
Σχήμα 34. Το μοντέλο του κτιρίου Αβέρωφ, όπως σχεδιάστηκε στο Ecotect.....	64
Σχήμα 35. Άποψη του κτιρίου Αβέρωφ από τη δύση	65
Σχήμα 36. Άποψη του κτιρίου Αβέρωφ από νοτιοανατολικά	65
Σχήμα 37. Άποψη του αιθρίου του κτιρίου Αβέρωφ από πάνω και δυτικά.....	66
Σχήμα 38. Η διαδικασία εισαγωγής μιας νέας διατομής στον κατάλογο των διατομών για το τρέχον μοντέλο.....	67
Σχήμα 39. Η εισαγωγή των στρώσεων των υλικών της νέας διατομής.....	68
Σχήμα 40. Οι θερμικές ιδιότητες και η ανακλαστικότητα των επιφανειών της νέας διατομής.....	69
Σχήμα 41. Το τμήμα, όπου ορίζεται η διατομή υλικών σε κάθε αντικείμενο του μοντέλου	70
Σχήμα 42. Υπολογισμός του όγκου των ζωνών και έλεγχος της γειτνιάσής τους.....	71
Σχήμα 43. Ο ορισμός μιας ζώνης ως θερμική (<i>Thermal</i>) ή μη θερμική (<i>Non - Thermal</i>).....	71
Σχήμα 44. Οι ζώνες στο ισόγειο του κτιρίου Αβέρωφ. Οι ζώνες 6 και 20 που δεν απεικονίζονται είναι οι χώροι υγιεινής, άνω των οποίων υπάρχουν οι ζώνες 7 και 21 αντίστοιχα, που αποτελούν μεσοπατώματα.....	72
Σχήμα 45. Οι ζώνες στον όροφο του κτιρίου Αβέρωφ. Οι ζώνες 27 και 37 που δεν απεικονίζονται είναι οι χώροι υγιεινής, άνω των οποίων υπάρχουν οι ζώνες 28 και 38 αντίστοιχα, που αποτελούν μεσοπατώματα.....	74
Σχήμα 46. Οι ρυθμίσεις στη ζώνη του βόρειου αμφιθεάτρου, στην καρτέλα <i>General Settings</i>	75
Σχήμα 47. Οι ρυθμίσεις στη ζώνη του βόρειου αμφιθεάτρου, στην καρτέλα <i>Thermal Properties</i>	77
Σχήμα 48. Η καρτέλα <i>Information</i> , όπου παρέχεται πληροφορία που αφορά στη γεωμετρία της ζώνης του βόρειου αμφιθεάτρου.....	78
Σχήμα 49. Η επιλογή του αρχείου κλιματικών δεδομένων της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο.....	79

Σχήμα 50. Η γεωγραφική θέση της Αθήνας, ο προσανατολισμός του κτιρίου και η κατηγορία της περιοχής	79
Σχήμα 51. Η διαδικασία θερμικής ανάλυσης που περιλαμβάνει την επιλογή (α) του είδους πληροφορίας που θα προκύψει, (β) του τύπου ανάλυσης των θερμοκρασιών και (γ) της ημέρας που θα γίνει η θερμική ανάλυση	83
Σχήμα 52. Η επιφάνεια της σελίδας <i>ANALYSIS</i> , όπου στο γράφημα επισημαίνεται με παχύτερη ροζ γραμμή η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου αμφιθεάτρου στο ισόγειο (<i>Mixed-Mode System</i>) τη 15 ^η Ιανουαρίου	84
Σχήμα 53. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (<i>Mixed-Mode System</i>) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15 ^η Ιανουαρίου.....	85
Σχήμα 54. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, με έντονη μωβ γραμμή, τη 15 ^η Ιανουαρίου.....	87
Σχήμα 55. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15 ^η Ιανουαρίου.....	89
Σχήμα 56. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (<i>Mixed-Mode System</i>) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 16 ^η Ιουλίου.....	92
Σχήμα 57. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, με έντονη μωβ γραμμή, τη 16 ^η Ιουλίου.....	94
Σχήμα 58. Η διακύμανση της θερμοκρασίας (α) του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο με έντονη γαλάζια γραμμή και (β) της περιμετρικής στοάς με έντονη μπλε γραμμή, τη 16 ^η Ιουλίου	96
Σχήμα 59. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (<i>Natural Ventilation</i>) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15 ^η Ιανουαρίου	99
Σχήμα 60. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (<i>Natural Ventilation</i>) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 16 ^η Ιουλίου.....	102
Σχήμα 61. Νότια άποψη του κτιρίου Αβέρωφ, μετά την εισαγωγή παραθύρων στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο	107
Σχήμα 62. Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή.....	110

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ο χαρακτηρισμός των ζωνών στο ισόγειο του κτιρίου, ως θερμικές και μη θερμικές	73
Πίνακας 2. Ο χαρακτηρισμός των ζωνών στον όροφο του κτιρίου, ως θερμικές και μη θερμικές	74
Πίνακας 3. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (<i>Mixed-Mode System</i>), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15 ^η Ιανουαρίου	86
Πίνακας 4. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15 ^η Ιανουαρίου	88
Πίνακας 5. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15 ^η Ιανουαρίου	89
Πίνακας 6. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (<i>Mixed-Mode System</i>), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16 ^η Ιουλίου	92
Πίνακας 7. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16 ^η Ιουλίου ...	94
Πίνακας 8. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (<i>Natural Ventilation</i>), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15 ^η Ιανουαρίου	100
Πίνακας 9. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (<i>Natural Ventilation</i>), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16 ^η Ιουλίου	103

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αφορά στην προσέγγιση του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων. Το κτίριο μελέτης αποτελεί το κτίριο Αβέρωφ του συγκροτήματος του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) στην οδό Πατησίων, για το οποίο πραγματοποιήθηκαν θερμικές αναλύσεις για διάφορα σενάρια, με τη χρήση του προγράμματος Ecotect. Χαρακτηριστικό στοιχείο του κτιρίου Αβέρωφ, είναι το ανοιχτό αίθριο γύρω από το οποίο οργανώνονται οι χώροι του κτιρίου. Αφού έγινε η προσομοίωση του κτιρίου στο Ecotect, πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση λαμβάνοντας αρχικά υπόψη το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού των χώρων και εξήχθησαν συμπεράσματα για τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση κάνοντας την παραδοχή ότι όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό και έγινε σύγκριση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ανάλυσης. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκαν κάποια σενάρια με σκοπό τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση συστήματος κλιματισμού, περιορίζοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας. Σε κάποια από τα σενάρια που εφαρμόστηκαν, αξιοποιήθηκε η παρουσία του αιθρίου στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης το καλοκαίρι. Αφού πραγματοποιήθηκαν τα σενάρια, διερευνήθηκε η συμβολή τους στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι.

ABSTRACT

This thesis concerns the approach to bioclimatic building design. The building under research is the "Averof" building within National Technical University of Athens (NTUA) complex in Patisision Street. For this building, various thermal analyses concerning different scenarios were held, using the program Ecotect. A characteristic feature of the "Averof" building, is the open atrium around which the premises of the building are situated. After the simulation of the building using Ecotect was attained, a thermal analysis was held, taking into account the existing air-conditioning system of the premises and conclusions for the thermal performance of the building both in winter and summer were extracted. Then, another thermal analysis was held, assuming that all premises use only natural ventilation. The results of this thermal analysis were compared with the results of the previous one. Evaluating the results obtained from the above mentioned thermal analyses, scenarios for the improvement of the thermal comfort in the premises of the building both in winter and summer were applied, without the use of air-conditioning, resulting in the reduction of energy consumption. In some of the implemented scenarios, the presence of the atrium was utilized in order to improve thermal comfort conditions during summer time. After the scenarios were realized, their role in shaping favorable thermal comfort conditions in the premises of the building both in winter and summer was investigated.

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του ευνοϊκού κλίματος και των φυσικών, ανανεώσιμων πόρων που διαθέτει η χώρα μας οφείλουμε να τα αξιοποιήσουμε, προκειμένου να αναβαθμιστεί η ενεργειακή μας πολιτική στον κτιριακό τομέα. Οι πόλεις μας και τα κτίρια πρέπει να καταστούν βιώσιμα ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όχι μόνον για την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και για τον περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, συνεπώς για λόγους υγιεινής διαβίωσης των κατοίκων (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011).

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό κτιρίων και οικιστικών συνόλων εντάσσεται στη στρατηγική της βιωσιμότητας, μιας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του περιβάλλοντος, φυσικού και δομημένου. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, διασφαλίζοντας παράλληλα συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους. Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις (4) βασικούς στόχους:

- Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
- Την εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για το δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, μια και η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.
- Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
- Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης -θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα- και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

Ουσιαστικά η βιοκλιματική αντίληψη διατυπώνει μια εμπλουτισμένη άποψη για το σχεδιασμό του δομημένου χώρου, η οποία εμπεριέχει την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία. Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική φιλική προς το περιβάλλον και τους χρήστες, για μια εναλλακτική θεώρηση της δόμησης του χώρου -αναπόφευκτης δραστηριότητας του ανθρώπου- η οποία οφείλει να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο, με το μικρότερο δυνατό ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011).

Σημαντική είναι η συμβολή του αιθρίου στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, διότι συμβάλλει στο φυσικό αερισμό των παρακείμενων κτιριακών χώρων τη θερινή περίοδο, λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα και ως αγωγός φωτός, παρέχοντας φυσικό φωτισμό στους παρακείμενους χώρους. Επομένως, το αίθριο συμβάλλει στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου που το περιβάλλουν.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η προσέγγιση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Το κτίριο μελέτης αποτελεί το κτίριο Αβέρωφ του συγκροτήματος του ΕΜΠ στην οδό Πατησίων, για το οποίο πραγματοποιήθηκαν θερμικές αναλύσεις για διάφορα σενάρια, με τη χρήση του προγράμματος Ecotect. Αφού έγινε η προσομοίωση του κτιρίου στο Ecotect, πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση λαμβάνοντας αρχικά υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση, όπου υπάρχουν χώροι των οποίων ο κλιματισμός ρυθμίζεται από το σύστημα BMS (Building Management System) και χώροι που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό. Προσδιορίστηκαν οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για περίοδο ενός 24ωρου, τη 15^η Ιανουαρίου και τη 16^η Ιουλίου, και με βάση τις θερμοκρασίες που προέκυψαν, εξήχθησαν συμπεράσματα για τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι. Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, διερευνήθηκε και η θερμική συμπεριφορά του αιθρίου του κτιρίου, που αποτελεί χαρακτηριστικό του στοιχείο.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση του κτιρίου θεωρώντας ότι όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό και έγιναν συγκρίσεις με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ανάλυσης. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκαν κάποια σενάρια με σκοπό τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση συστήματος κλιματισμού, περιορίζοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας.

Σε κάποια από τα σενάρια που εφαρμόστηκαν, αξιοποιήθηκε η παρουσία του αιθρίου στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης το καλοκαίρι. Αφού πραγματοποιήθηκαν τα σενάρια, διερευνήθηκε η συμβολή τους στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία αποτελείται από οκτώ Κεφάλαια και το Παράρτημα. Το *Κεφάλαιο 1* περιλαμβάνει την Εισαγωγή, στην οποία προσεγγίζεται η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων και αναλύονται ο σκοπός και η δομή της παρούσας εργασίας.

Στο *Κεφάλαιο 2*, παρέχεται πληροφορία για το κλίμα και ειδικότερα το μακρόκλιμα, το μεσόκλιμα και το μικρόκλιμα, διότι η γνώση των κλιματικών στοιχείων είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό κτιρίων που να ανταποκρίνονται στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στη θερμική, την οπτική και την ακουστική άνεση, που είναι οι τρεις σημαντικότερες συνισταμένες που επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Ακόμη, περιγράφονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου το κτίριο να ανταποκρίνεται στη βιοκλιματική αντίληψη.

Το *Κεφάλαιο 3* αφορά στη συμβολή του αιθρίου στο βιοκλιματικό σχεδιασμό και ειδικότερα, στη συμβολή του στο φυσικό αερισμό και φωτισμό των χώρων που το περιβάλλουν.

Στο *Κεφάλαιο 4*, παρουσιάζεται το κτίριο Αβέρωφ. Αναφέρεται η θέση του, περιγράφονται το αίθριο και οι χρήσεις του κτιρίου, και παρέχεται πληροφορία για τα υλικά των δομικών του στοιχείων και τον κλιματισμό των χώρων του.

Στο *Κεφάλαιο 5*, πραγματοποιείται η προσομοίωση του κτιρίου Αβέρωφ στο Ecotect. Περιλαμβάνει τη σχεδίαση του μοντέλου του κτιρίου, την εισαγωγή υλικών στα δομικά του στοιχεία, την πραγματοποίηση ρυθμίσεων στις ζώνες του, και εισάγονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο, ο προσανατολισμός του και η κατηγορία της περιοχής.

Στο *Κεφάλαιο 6*, πραγματοποιείται η θερμική ανάλυση του κτιρίου Αβέρωφ στο Ecotect, λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού των χώρων. Συγκεκριμένα, προσδιορίζονται οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για περίοδο ενός 24ωρου, τη 15^η Ιανουαρίου και τη 16^η Ιουλίου, και με

βάση τις θερμοκρασίες που προκύπτουν, εξαγονται συμπεράσματα για τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Στο *Κεφάλαιο 7*, πραγματοποιείται η θερμική ανάλυση του κτιρίου θεωρώντας ότι όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό και γίνεται σύγκριση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ανάλυσης. Επιπλέον, πραγματοποιούνται κάποια σενάρια με σκοπό τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση συστήματος κλιματισμού, περιορίζοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας, και διερευνάται η συμβολή τους στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής άνεσης.

Το *Κεφάλαιο 8* περιλαμβάνει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις που προέκυψαν κατά τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει άμεσα στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον και το τοπικό κλίμα, επιδιώκοντας τον περιορισμό στην κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνετης διαβίωσης των χρηστών. Βασικός στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η μείωση της ρύπανσης από τα επικίνδυνα απόβλητα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, λόγω υπερβολικής χρήσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, συμβάλλοντας έτσι αποτελεσματικότερα στην αναζητούμενη προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση φυσικών πόρων (Ανδρεαδάκη, 2006).

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά, παρέχεται πληροφορία για το κλίμα και ειδικότερα το μακρόκλιμα, το μεσόκλιμα και το μικρόκλιμα, διότι η γνώση των κλιματικών στοιχείων είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό κτιρίων που να ανταποκρίνονται στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στη θερμική, την οπτική και την ακουστική άνεση, που είναι οι τρεις σημαντικότερες συνισταμένες που επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Τέλος, περιγράφονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου το κτίριο να ανταποκρίνεται στη βιοκλιματική αντίληψη.

2.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ

Από την άποψη της ανθρώπινης άνεσης και της χρήσης ενέργειας, οι κλιματικές συνθήκες ενός τόπου μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέχουν αρνητικά και θετικά αποτελέσματα. Γενικά, στόχος της αρχιτεκτονικής που βασίζεται στο κλίμα είναι η προστασία από τους αρνητικούς παράγοντές του και η ωφέλεια από τους θετικούς, ώστε να εξασφαλίζονται οι απαιτήσεις άνεσης των ενοίκων και η οικονομική στάθμη κατανάλωσης ενέργειας. Για να μπορεί ο αρχιτέκτονας να αναλύει το κλίμα μιας συγκεκριμένης θέσης, απαιτείται η ποσοτική έκφραση των κλιματικών παραγόντων. Βασικά στοιχεία τους αποτελούν η θέση του ήλιου, η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, η θερμοκρασία του αέρα, η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος και οι συνθήκες ανέμου. Η υγρασία, που προσδιορίζεται καλύτερα ως πίεση υδρατμών, αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα σε θερμό καιρό (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

Οι διαθέσιμες τιμές παρατηρήσεων των παραπάνω κλιματικών παραγόντων είναι αυτές που έχουν μετρηθεί σε μετεωρολογικούς σταθμούς, όπου τα όργανα έχουν εγκατασταθεί με τυποποιημένες συνθήκες και ύψη από τη στάθμη του εδάφους που καλύπτεται με βλάστηση. Οι μετρημένες αυτές τιμές παρέχουν τα μακροκλιματικά στοιχεία της περιοχής. Μερικές φορές, η πρόσβαση σε πιο τοπικά στοιχεία μπορεί να βοηθήσει τον αρχιτέκτονα να κατανοήσει πλήρως τις συνθήκες της τοποθεσίας. Ο αρχιτέκτονας, πρέπει να ερμηνεύει πάντα τα απαραίτητα κλιματικά στοιχεία, σύμφωνα με τη θέση στην οποία θέλει να κτίσει. Ακόμη, πρέπει να μελετά το μεσόκλιμα - τις μεταβολές που επιφέρει η τοπογραφία και η βλάστηση στο μακρόκλιμα της περιοχής. Τέλος, πρέπει να λαμβάνει υπόψη του το μικρόκλιμα - την επίδραση που ασκούν στο μεσόκλιμα οι ανθρώπινες κατασκευές στο τοπικό περιβάλλον.

2.1.1 Μακρόκλιμα

Τα μακροκλιματικά στοιχεία τα οποία παρέχονται από τυποποιημένους μετεωρολογικούς σταθμούς περιγράφουν το γενικό χαρακτήρα μιας περιοχής με όρους όπως η ηλιοφάνεια, τα νέφη, η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία και οι κατακρημνίσεις. Η κατανόηση του κλίματος είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό κτιρίων που να ανταποκρίνονται στις κλιματολογικές συνθήκες (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

Η Ελλάδα βρίσκεται στη νότια ζώνη της ευρωπαϊκής ηπείρου και το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό. Σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι σπάνιες, με εξαίρεση κάποιες καταιγίδες, ενώ το χειμώνα πολικά αέρια ρεύματα και περιοδικές καταιγίδες φτάνουν μέχρι τα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη των μεσογειακών ζωνών και προκαλούν βροχή, με χιόνι στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, οι περιοχές με μεσογειακό κλίμα δέχονται τη συνολική βροχόπτωση του έτους μόνο το χειμώνα και παραμένουν επί 2 έως 5 μήνες χωρίς κάποια σημαντική κατακρήμνιση. Όλες οι περιοχές με μεσογειακό κλίμα εμφανίζουν σχετικά ήπιους χειμώνες, αλλά οι καλοκαιρινές θερμοκρασίες διαφέρουν ανά περιοχή, ανάλογα με την απόσταση από τη θάλασσα, το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος. Επίσης, περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, όπως το βόρειο τμήμα της Ελλάδας, και είναι αποκομμένες από τους ήπιους θαλάσσιους ανέμους μπορεί να έχουν πιο ψυχρό χειμώνα και διακριτές εποχές (Τ.Ε.Ε., 2011).

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές:

- Στην ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου.
- Στη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο.

Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου, οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29°C μέχρι 35°C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο (Τ.Ε.Ε., 2011).

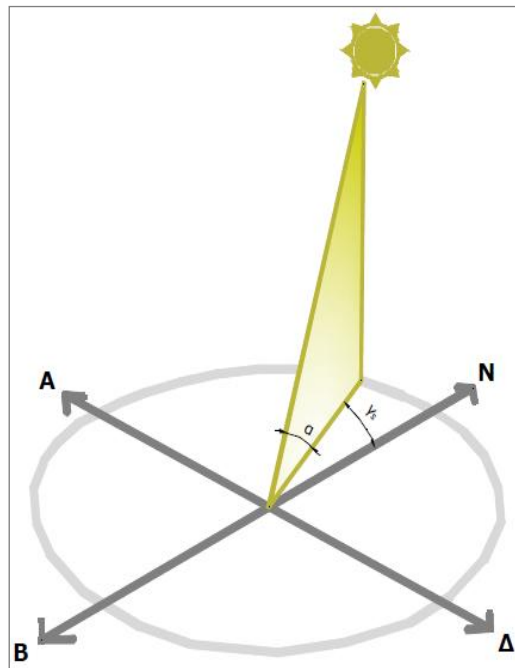
2.1.1.α Ήλιος

Η θέση του ήλιου στον ουρανό, και επομένως η διεύθυνση της ηλιακής δέσμης, καθορίζεται από το ηλιακό ύψος και το ηλιακό αζιμούθιο (Σχήμα 1). Το ηλιακό ύψος είναι η γωνία μεταξύ της ευθείας προς το κέντρο του ήλιου και του οριζώντιου επιπέδου. Το αζιμούθιο είναι η γωνία μεταξύ του αληθινού νότου και του σημείου στον ορίζοντα ακριβώς κάτω από τον ήλιο. Οι γωνίες ύψους και αζιμουθίου ποικίλλουν από ώρα σε ώρα και από εποχή σε εποχή. Το ηλιακό ύψος και το αζιμούθιο για όλο το έτος, ανά ώρα, μπορούν να αποτυπωθούν σε ένα ηλιακό διάγραμμα (Goulding, Lewis and Steemers, 1994) (Σχήμα 2).

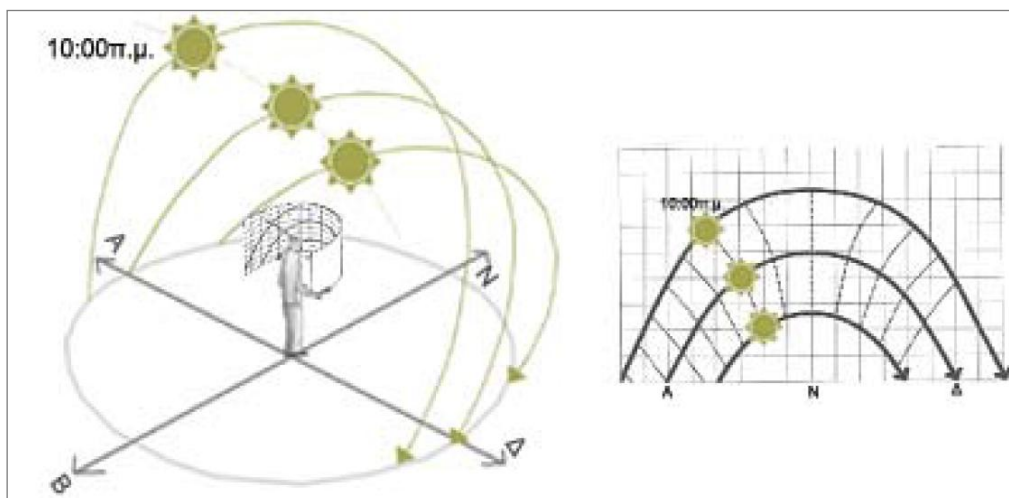
Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος εξαρτάται από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και από το μήκος της τροχιάς της ηλιακής δέσμης. Όταν η ακτινοβολία της ηλιακής δέσμης περνά από την ατμόσφαιρα, διαχέεται από τα μόρια του αέρα, τα σωματίδια της σκόνης και τα σταγονίδια του νερού και σε κάποιο μέρος απορροφάται από τους υδρατμούς, το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια. Τα σύννεφα ιδιαίτερα, προκαλούν απορρόφηση και διάχυση. Όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος της διαδρομής μέσα από την ατμόσφαιρα και όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό υδρατμών και σωματιδίων σκόνης, τόσο πιο ασθενής είναι η ηλιακή δέσμη.

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι το σύνολο της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο και πέφτει σ' ένα τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας μια τυχαία στιγμή. Συνήθως μετρείται σε Watts ανά τετραγωνικό μέτρο και αποτελείται από δύο συστατικά, την άμεση ηλιακή δέσμη και τη διάχυτη ακτινοβολία. Η δέσμη της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει πάνω σε μια δοσμένη επιφάνεια (G_b) εξαρτάται από τη

γωνία πρόσπτωσης που σχηματίζεται μεταξύ των ηλιακών ακτίνων και της κατακόρυφης (γραμμή σε 90°) στην επιφάνεια. Η διάχυτη ακτινοβολία (G_d) είναι το σύνολο της διάχυτης ακτινοβολίας που προέρχεται από τον ουρανό, αφού ανακλαστεί από τα σύννεφα. Σ' αυτήν μπορεί να προστεθεί η διάχυτη ακτινοβολία που ανακλάται από το έδαφος, από γειτονικές περιοχές και παρακείμενα κτίρια. Το σύνολο της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια είναι γνωστό ως ολική ακτινοβολία (G) (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).



Σχήμα 1. Γωνία ύψους (α) και αζιμουθίου του ήλιου (γ_s) (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)



Σχήμα 2. Οι γωνίες ύψους και αζιμουθίου ορίζουν τη θέση του ήλιου. Ορθή προβολή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου στον ηλιακό χάρτη (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)

2.1.1.β Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα σε μια τοποθεσία εξαρτάται κάθε στιγμή από δύο παράγοντες: τα αέρια ρεύματα που εισέρχονται σε αυτήν οδηγούμενα από μεγάλης κλίμακας καιρικά συστήματα και από τοπικές κλιματικές εισροές ενέργειας. Τοπικές εισροές κλιματικής ενέργειας έχουν σημαντική επίδραση στις διακυμάνσεις της ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα κοντά στο έδαφος. Κατά την απομάκρυνση από το έδαφος, η επίδραση των ημερήσιων μεταβολών θερμοκρασίας του εδάφους μειώνεται ταχύτατα. Κατά συνέπεια, στις πιο πολλές μετεωρολογικές συνθήκες, η μέση ημερήσια θερμοκρασία μειώνεται όσο πιο ψηλά μετρείται από την επιφάνεια του εδάφους.

Το έδαφος μιας περιοχής θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει σε αυτή. Ψύχεται με μεταφορά, με ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος και με την εξάτμιση του νερού. Η εξάτμιση του νερού του εδάφους από τη βλάστηση που ακτινοβολείται - μια διαδικασία που καλείται εξάτμιση με διαφυγή υγρασίας - είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον έλεγχο των θερμοκρασιών του αέρα. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται σε θερμό καιρό με ηλιοφάνεια πάνω από σκούρες επιφάνειες χωρίς βλάστηση. Η θερμική επίδραση του εδάφους στον αέρα καθορίζει τις θερμοκρασίες του αέρα στις στάθμες των κτιρίων. Διαπιστώνεται μια ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας με μέγιστες θερμοκρασίες που εμφανίζονται συνήθως το απόγευμα και ελάχιστες θερμοκρασίες αμέσως μετά την αυγή. Σε νεφελώδη καιρό η ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας είναι συνήθως μικρή. Πολύ κοντά στο έδαφος, η θερμοκρασία του αέρα πλησιάζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους. Η επίδραση μειώνεται με την απόσταση από την επιφάνεια. Στη μέση μιας ήρεμης νύχτας, η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα στην κορυφή ενός ψηλού κτιρίου μπορεί να παραμένει σημαντικά πάνω από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο ισόγειο (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.1.γ Άνεμος

Άνεμοι ή κίνηση του αέρα στη γήινη ατμόσφαιρα προκαλούνται από διαφορές πίεσης που δημιουργούνται σε σύνθετους κλιματικούς παράγοντες. Ο άνεμος αποτελεί σημαντικό σχεδιαστικό παράγοντα για τους αρχιτέκτονες. Επηρεάζει την άνεση και επιδρά στη βροχόπτωση. Τροποποιεί την ανταλλαγή θερμότητας στο κέλυφος του κτιρίου με μεταφορά και προκαλεί διείσδυση αέρα στο κτίριο (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.1.δ Υγρασία

Σε περιοχές με υψηλές στάθμες υγρασίας, η μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζεται, γιατί απορροφάται από τους υδρατμούς και διασκορπίζεται και απορροφάται από τα σύννεφα. Πολύ ξηρός αέρας, από την άλλη πλευρά, προκαλεί θερμές ημέρες και ψυχρές νύχτες. Στα πιο πολλά μέρη της Ευρώπης, η στάθμη υγρασίας βρίσκεται στη στάθμη άνεσης για το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Σημαντική έλλειψη θερμικής άνεσης εμφανίζεται μόνο όταν υψηλές πιέσεις υδρατμών συνδυάζονται με υψηλές θερμοκρασίες για να δώσουν θερμές, υγρές συνθήκες ή χαμηλή υγρασία που συνδυάζεται με υψηλές θερμοκρασίες για να δημιουργήσει ξηρό περιβάλλον. Οι συνθήκες αυτές εμφανίζονται συχνά κοντά στη Μεσόγειο (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.2 Μεσόκλιμα

Οι κλιματικοί παράγοντες που περιγράφηκαν για το μακρόκλιμα επηρεάζονται από τις τοπικές συνθήκες, όπως είναι η τοπογραφική διαμόρφωση, η βλάστηση και η φύση της περιοχής και του γύρω από αυτήν χώρου.

2.1.2.α Ηλιακή ακτινοβολία

Δύο παράγοντες έχουν σημαντική επίδραση στην ηλιακή ακτινοβολία που απολαμβάνεται από μια συγκεκριμένη τοποθεσία: η θολότητα της ατμόσφαιρας και η παρουσία γεωμετρικών εμποδίων. Η θολότητα αποτελείται από σκόνη, αιωρούμενα σταγονίδια νερού κτλ. τα οποία εν μέρει απορροφούν και εν μέρει αντανακλούν (δηλαδή διασκορπίζουν) την ηλιακή ακτινοβολία καθώς περνά μέσα από την ατμόσφαιρα. Τα γεωμετρικά εμπόδια μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες - αυτές που αφορούν στην τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής, τη βλάστηση σ' αυτή ή κοντά της και τα γειτονικά κτίρια.

Όσον αφορά στην τοπογραφική διαμόρφωση, η γεωμετρική αξιολόγηση πρέπει να λαμβάνει υπόψη την τρισδιάστατη φυσική και εποχιακή επίδραση του εδάφους που περιβάλλει την τοποθεσία. Εμπόδια στα νότια τείνουν να προκαλέσουν περισσότερη σκίαση λόγω του χαμηλού ύψους του ήλιου. Σχετικά με τη βλάστηση, η επίδραση της φυλλοβόλου βλάστησης ποικίλλει ανάλογα με την εποχή. Η σκίαση μειώνεται, όταν πέφτουν τα φύλλα το φθινόπωρο. Όταν τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν φύλλα, μέρος από το φως του ήλιου που φτάνει σ' αυτά, διαχέεται διά μέσου των φύλλων και η ακτινοβολία δεν παρεμποδίζεται εξ ολοκλήρου. Τα αειθαλή δέντρα, από την άλλη πλευρά, παρεμποδίζουν το φως του ήλιου σε μεγαλύτερο βαθμό καθ'

όλη τη διάρκεια του έτους. Όσον αφορά στα γειτονικά κτίρια, έχουν επίδραση στο ποσό του ηλιακού φωτός και διαχέουν την ακτινοβολία που απολαμβάνεται στην περιοχή (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.2.β Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα μιας τοποθεσίας επηρεάζεται από την τοπογραφική διαμόρφωσή της, τη βλάστηση και τη φύση των επιφανειών κοντά στο έδαφος. Η τοπογραφική διαμόρφωση επηρεάζει τη θερμοκρασία του αέρα εξαιτίας της επίδρασης που προκαλείται από τον προσανατολισμό, την κλίση του εδάφους, την έκθεση στον άνεμο, τη νυχτερινή ψύξη και τη ροή του θερμού και ψυχρού αέρα. Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται από τη φύση των επιφανειών που περιβάλλουν το κτίριο και περιορίζουν την ηλιακή ακτινοβολία. Το χρώμα του εδάφους επηρεάζει τις σχετικές αναλογίες της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό και που απορροφώνται ή ανακλώνται. Τα σκούρα χρώματα τείνουν να δημιουργήσουν υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες. Άλλες εδαφικές επιφανειακές ιδιότητες έχουν επίσης επίδραση στη θερμοκρασία του αέρα. Λαμβάνοντας υπόψη όλο αυτό το θέμα, είναι χρήσιμο να ταξινομηθούν οι επικαλύψεις του εδάφους σε τρεις γενικές κατηγορίες: έδαφος που καλύπτεται με βλάστηση, επιφάνειες που καλύπτονται με στεγνά υλικά, όπως είναι το σκυρόδεμα, τα τούβλα κτλ. και επιφάνειες που καλύπτονται με νερό (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

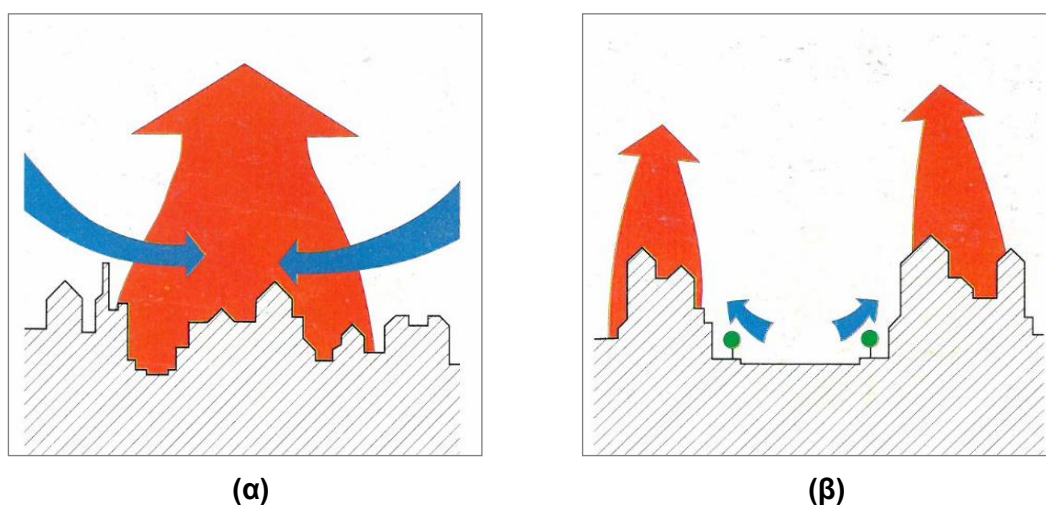
Επιφάνειες που καλύπτονται με χλόη ή με χαμηλούς θάμνους αποτελούν παραδείγματα περιοχών που καλύπτονται από βλάστηση, όπου η επιφανειακή θερμοκρασία ψύξης προέρχεται από την εξάτμιση του νερού που διαπνέεται από τα φύλλα. Καθώς οι επιφάνειες των φύλλων δε θερμαίνονται πολύ στον ήλιο, η διαδικασία αυτή περιορίζει τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από τη βλάστηση στη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο αυξάνει την πίεση των υδρατμών. Το σκυρόδεμα, τα τούβλα, τα σκύρα, οι κροκάλες και άλλα υλικά με υψηλή θερμική αδράνεια, όταν τοποθετούνται σε στρώμα πάνω από τη γη, αποτελούν παραδείγματα στεγνής εδαφικής επικάλυψης. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτές τις επιφάνειες εξαρτάται από το χρώμα της επιφάνειας. Η θερμότητα αποθηκεύεται την ημέρα και επανεκπέμπεται το βράδυ. Η εκπομπή της θερμότητας που ακτινοβολείται μπορεί να είναι πολύ αισθητή σε συνθήκες ηρεμίας, οι οποίες συχνά εμφανίζονται σε θερμό καιρό.

Λίμνες και δεξαμενές μπορούν εύκολα να αποθηκεύσουν σημαντικά ποσά θερμότητας με σχετικά μικρές θερμοκρασιακές αυξήσεις. Επειδή οι υδάτινες μάζες δε θερμαίνονται πάρα πολύ, όταν υποβάλλονται στην ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, ούτε παγώνουν πάρα πολύ τη νύχτα, δρουν ως θερμοκοί ρυθμιστές. Η

σταθερή επιφανειακή θερμοκρασία επηρεάζει τη θερμοκρασία του παρακείμενου αέρα, δημιουργώντας χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και πιο υψηλές θερμοκρασίες τη νύχτα.

2.1.2.γ Άνεμος

Οι διαφορές πόλης και υπαίθρου μπορεί να έχουν επίδραση στην κίνηση του αέρα που εμφανίζεται σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η ροή του ανέμου επηρεάζεται επίσης από την τοπογραφική διαμόρφωση. Σε καλές καιρικές συνθήκες, η θερμοκρασία στις πόλεις είναι υψηλότερη από αυτή της ανοιχτής υπαίθρου που τις περιβάλλει, για ένα σημαντικό μέρος της ημέρας. Όταν οι άνεμοι μιας περιοχής είναι ασθενείς, η σχετική θερμότητα μιας μεγάλης πόλης σε σύγκριση με τις γειτονικές περιοχές μπορεί να προκαλέσει κυκλοφορία του αέρα. Αυτή θα βασίζεται σε μεταφορά κατά την οποία ο θερμός αέρας του κέντρου της πόλης υψώνεται και αντικαθίσταται από πιο ψυχρό και πυκνό αέρα που ρέει από την περιοχή της υπαίθρου (Σχήμα 3α). Παρόμοιες ροές ανέμου μπορεί να συμβούν μέσα στις πόλεις, από αστικές περιοχές, όπως είναι τα πάρκα, προς τα γειτονικά κτίρια (Goulding, Lewis and Steemers, 1994) (Σχήμα 3β).



Σχήμα 3. Η ροή του ψυχρού αέρα (α) από την ύπαιθρο προς το κέντρο της πόλης και (β) από αστικές περιοχές, όπως τα πάρκα, προς τα γειτονικά κτίρια (Goulding, Lewis and Steemers, 1994)

2.1.2.δ Υγρασία

Η τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής και η παρουσία βλάστησης έχουν αμφότερες επίδραση στην υγρασία. Τοπογραφικοί παράγοντες μπορεί να εξαναγκάσουν το νερό της βροχής να έχει ροή κατά προτίμηση προς κοιλάδες στο έδαφος και να δημιουργήσει υπόγειες δεξαμενές. Σε καλό καιρό με ηλιοφάνεια ο αέρας πάνω από αυτές τις κοιλάδες είναι ψυχρότερος από αυτόν που είναι πάνω από παρακείμενο στεγνό έδαφος. Οι λίμνες, οι ποταμοί και οι θάλασσες έχουν επίσης επίδραση στην υγρασία. Ως μέρος της διαδικασίας της εξάτμισης, αισθητή θερμότητα αποσπάται από τον αέρα κοντά σε αυτές τις επιφάνειες νερού και ως αποτέλεσμα ο αέρας γίνεται πιο ψυχρός και πιο πυκνός. Δεδομένου ότι η πίεση των υδρατμών του ψυχρού αέρα παραμένει μέσα στην αποδεκτή κλίμακα, η διαδικασία αυτή μπορεί να βοηθήσει στην άνεση κατά το θέρος. Όσον αφορά στη βλάστηση, σε καιρό με ηλιοφάνεια, ο αέρας κοντά στο έδαφος ψύχεται από τη διαπνοή του νερού διά του φυλλώματος των δέντρων και των φυτών του γρασιδιού. Ο ρυθμός της διαπνοής μειώνεται σε καιρό νεφελώδη (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.3 Μικρόκλιμα

Σε κάθε τοποθεσία, η παρέμβαση του ανθρώπου μπορεί να τροποποιήσει το περιβάλλον κοντά στα κτίρια, δημιουργώντας συνθήκες γνωστές ως το μικρόκλιμα ή το κλίμα μιας μικρής επιφάνειας.

2.1.3.α Ηλιακή ακτινοβολία

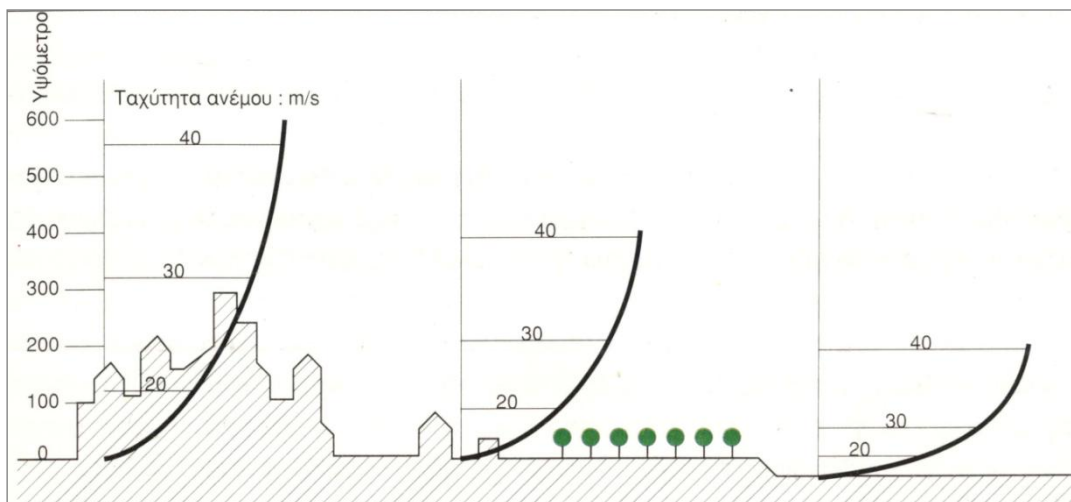
Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε μια τοποθεσία εξαρτάται από την τοπική καλλιεργημένη βλάστηση, το σχήμα, το μέγεθος και τη θέση των γειτονικών κτιρίων. Η βλάστηση είναι ένας παράγοντας διαφορετικός σε σχέση με άλλα εμπόδια που δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να πέσει σε μια τοποθεσία. Ορισμένοι τύποι καλλιέργειας αλλάζουν με τις εποχές. Πολλοί (φυλλοβόλα δέντρα, για παράδειγμα) παρέχουν μόνο μερικό προπέρασμα, φιλτράροντας την ακτινοβολία που πέφτει αντί να την εμποδίζουν εντελώς, πράγμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πλεονέκτημα. Όσον αφορά στα γειτονικά κτίρια, τα υφιστάμενα και τα μελλοντικά κτίρια που θα ήταν δυνατό να χτιστούν κοντά σε μια τέτοια τοποθεσία παρέχουν ένα σταθερό προπέρασμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη στον κτιριακό σχεδιασμό, ειδικά στις πόλεις (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.3.β Υγρασία

Η υγρασία του αέρα σε μια τοποθεσία επηρεάζεται από την παρουσία νερού και βλάστησης. Σιντριβάνια, νερό που κυκλοφορεί κάτω από πορώδεις επιστρώσεις, δεξαμενές και κανάλια όλα επιφέρουν ύγρανση - και επομένως ψύξη - του παρακείμενου αέρα, αν και είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ότι η υγρασία στην τοποθεσία θα παραμένει στην περιοχή άνεσης. Η διαδικασία εξάτμισης - διαπνοής της κοντινής βλάστησης έχει επίσης ψυκτική επίδραση στον αέρα (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

2.1.3.γ Άνεμος

Οι συνθήκες του τοπικού ανέμου μπορούν να τροποποιηθούν από την παρουσία βλάστησης, κτιρίων και κτιστών προπετασμάτων. Όσον αφορά στη βλάστηση, οι ζώνες προστασίας αποτελούν ένα κοινό τρόπο παροχής προστασίας από τον άνεμο. Σχετικά με τα κτίρια, εξαιτίας του αριθμού των εμποδίων στη ροή που εμφανίζονται στις πόλεις, η μέση ταχύτητα ανέμου σε ένα δοσμένο ύψος είναι πιο χαμηλή στις πόλεις από ότι πάνω από καθαρή επιφάνεια. Το μέγεθος των εμποδίων επηρεάζει την κατακόρυφη διαβάθμιση (Σχήμα 4). Η ροή του ανέμου στις πόλεις είναι πιο στροβιλώδης και αλλάζει πιο εύκολα κατεύθυνση από ότι στην ύπαιθρο που τις περιβάλλει. Επιπλέον, μελετημένη προστασία μπορεί να δημιουργηθεί με κτιστά προπετάσματα. Φυσικά τα κοντινά κτίρια μπορούν επίσης να προστατέψουν από τον άνεμο. Η αποτελεσματικότητα της προστασίας ενός μακριού ευθύγραμμου προπετάσματος προσδιορίζεται από το ύψος του και τη διαπερατότητά του στον άνεμο (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).



Σχήμα 4. Κατακόρυφη διαβάθμιση της ταχύτητας του ανέμου σε σχέση με το μέγεθος των εμποδίων (Goulding, Lewis and Steemers, 1994)

2.2 ΕΣΩΚΛΙΜΑ

Η βιολογική και ψυχολογική ισορροπία του ανθρώπου εξασφαλίζεται από την επιτυχή προσαρμογή του στο φυσικό περιβάλλον. Παράμετροι όπως το κλίμα, το φως, ο θόρυβος, η βλάστηση, οι ζωντανοί οργανισμοί, η μόλυνση της ατμόσφαιρας, κ.τ.λ., συσχετιζόμενοι μεταξύ τους συνθέτουν το φυσικό περιβάλλον και επηρεάζουν την υγεία και την παραγωγικότητα του ατόμου (Τ.Ε.Ε., 2011).

Η θερμική, η οπτική και η ακουστική άνεση είναι οι τρεις σημαντικότερες συνισταμένες που επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Ο βαθμός ανταπόκρισης του κελύφους και των συστημάτων ελέγχου στις απαιτήσεις για την εξασφάλιση άνεσης, είναι κριτήριο αξιολόγησης του σχεδιασμού.

2.2.1 Θερμική άνεση

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης δημιουργείται όταν καταναλώνεται η ελάχιστη ενέργεια από τον οργανισμό για την εξασφάλιση των θερμορυθμιστικών λειτουργιών στο ανθρώπινο σώμα, ώστε να διατηρηθεί το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου. Όταν οι κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, το θερμορυθμιστικό σύστημα λειτουργεί με το ελάχιστο έργο και το άτομο αισθάνεται «θερμικά άνετα». Σε δυσμενείς όμως συνθήκες, π.χ. αν επικρατεί πολύ «κρύο» ή πολύ «ζέστη», το σώμα χάνει πολύ περισσότερη από όση θα έπρεπε θερμότητα ή αντίστοιχα αδυνατεί να αποβάλλει το πλεόνασμα της παραγόμενης θερμότητας και τότε δεν υπάρχει «θερμική άνεση».

Ένας από τους στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να διατηρήσει τις εσωκλιματικές συνθήκες ικανοποιητικές, ώστε ο χρήστης του κτιρίου να αισθάνεται θερμικά άνετα και να μην καταφεύγει στην υπερβολική χρήση του μηχανολογικού εξοπλισμού (σύστημα θέρμανσης για το χειμώνα και κλιματισμού για το καλοκαίρι). Το κέλυφος των κτιρίων αποτελεί το ρυθμιστικό παράγοντα για τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο με την αξιοποίηση των θετικών κατά περίπτωση κλιματικών στοιχείων και την αποφυγή των επιζήμιων (Τ.Ε.Ε., 2011).

2.2.1.α Παράγοντες θερμικής άνεσης

Έξι σημαντικοί φυσικοί παράγοντες που λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους σαν ένα σύστημα, το οποίο επηρεάζεται και από ψυχολογικούς παράγοντες, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Αυτοί οι παράγοντες διακρίνονται σε προσωπικούς, όπως ο βαθμός ένδυσης και ο μεταβολισμός και σε περιβαλλοντικούς, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών, η ταχύτητα του αέρα και η σχετική υγρασία του αέρα.

- *Περιβαλλοντικοί παράγοντες*

Η θερμοκρασία του αέρα είναι η βάση για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα για ένα χώρο καθορίζεται από τους κανονισμούς που ισχύουν, με στόχο την εξασφάλιση θερμικής άνεσης για το συγκεκριμένο χρήστη του χώρου. Αυτή η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα έχει άμεση σχέση με τους "προσωπικούς παράγοντες", δηλαδή τη δραστηριότητα που εκτελείται στο χώρο, την ηλικία, τον τρόπο ένδυσης κ.τ.λ. Για να επιτευχθεί και να διατηρηθεί η επιθυμητή θερμοκρασία, παρέχεται στο κτίριο θέρμανση ή ψύξη. Όσο μικρότερη είναι η συμβολή της θέρμανσης ή της ψύξης για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης, τόσο οικονομικότερη είναι η λειτουργία του κτιρίου. Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21,5°C και 25°C (με σχετική υγρασία 50%) (Τ.Ε.Ε., 2011).

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο, επηρεάζει την αίσθηση της θερμοκρασίας του αέρα, έτσι ώστε σε κάποιο βαθμό εξισορροπεί πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αέρα. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι ο αναλογικός μέσος όρος των θερμοκρασιών των επιφανειών που περικλείουν ένα χώρο. Επισημαίνεται, ότι παράθυρα και τοίχοι θερμικής μάζας είναι επιφάνειες, στις οποίες εμφανίζονται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αίσθημα θερμικής δυσφορίας προκαλείται είτε από χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των υαλοστασίων είτε από μεγάλο ποσό θερμότητας που ακτινοβολείται από τα δομικά στοιχεία τα οποία είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, στη διάρκεια της ηλιοφάνειας καθώς και μετά από αυτήν.

Η σχετική υγρασία επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης, επειδή επιδρά στην ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα με την εξάτμιση. Συνδυασμός υψηλής σχετικής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας του αέρα δημιουργεί θερμική δυσφορία. Αν και δεν υπάρχουν όρια στο ποσοστό της υγρασίας, θεωρείται ότι σε χώρους με εσωτερική θερμοκρασία μεταξύ 18°C και 20°C, το εσωκλίμα χαρακτηρίζεται ξηρό όταν η σχετική υγρασία είναι μικρότερη από 50%, φυσικό με

σχετική υγρασία 50% - 60%, υγρό με σχετική υγρασία 60% - 75% και, τέλος, πολύ υγρό όταν η σχετική υγρασία είναι μεγαλύτερη από 75%.

Η ταχύτητα του αέρα επηρεάζει σημαντικά την αίσθηση θερμικής άνεσης. Ο αέρας που κινείται απομακρύνει την επιπλέον θερμότητα από το σώμα, αυξάνοντας ή μειώνοντας το βαθμό μεταφοράς και εξάτμισης.

- *Προσωπικοί παράγοντες*

Ο βαθμός ένδυσης (μονάδες σε clo ή $m^2 \cdot ^\circ C/W$) επηρεάζει την ευαισθησία του ατόμου στις κλιματικές αλλαγές, καθώς μεταβάλλει την ικανότητα εφίδρωσης του σώματος και λειτουργεί ως φράγμα στην αποβολή της θερμότητας. Αποτελεί ουσιαστικά ένα δείκτη θερμομόνωσης του ατόμου. Ο βαθμός μεταβολισμού του ατόμου (met) αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα για τη θερμική άνεση. Λόγω του γεγονότος ότι η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη αυτής του περιβάλλοντος του χώρου, ο μεταβολισμός λαμβάνει χώρα, ώστε να ισορροπήσει τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον και να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματος σταθερή στους $37^\circ C \pm 0,5^\circ C$. Ο μεταβολισμός εξαρτάται από το βάρος του σώματος, το φύλο, την ηλικία και τη διατροφή, και κυρίως από τη δραστηριότητα που εκτελεί το άτομο. Ο μεταβολισμός αυξάνεται όσο αυξάνεται και η δραστηριότητα του ατόμου: Το σώμα έχει ανάγκη από περισσότερο δροσισμό, καθώς αυξάνεται ο μεταβολισμός και λιγότερο, καθώς μειώνεται ο μεταβολισμός (T.E.E., 2011).

2.2.1.β Δείκτες αξιολόγησης της θερμικής άνεσης

Για το χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου ο Fanger ανέπτυξε το δείκτη προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV (predicted mean vote), μια κλίμακα επτά σημείων θερμικής άνεσης στην οποία προβλέπεται η μέση τιμή ψήφων ατόμων που βρίσκονται σε χώρο με συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτή η κλίμακα προτείνεται και από την ASHRAE και το σημείο μηδέν υποδεικνύει ότι οι άνθρωποι απλώς αισθάνονται άνετα (θερμικά ουδέτερα), δε νιώθουν ούτε ζέστη, ούτε ψύχρα. Θετικές τιμές υποδηλώνουν υψηλότερη θερμοκρασία από την ιδανική, ενώ αρνητικές τιμές υποδηλώνουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από την ιδανική (Σχήμα 5) (T.E.E., 2011).

	+ 3	Πολύ Θερμό
	+ 2	Θερμό
	+ 1	Λίγο Θερμό
	0	Ουδέτερο
	-1	Λίγο Ψυχρό
	-2	Ψυχρό
	-3	Πολύ Ψυχρό

Σχήμα 5. Κλίμακα 7 σημείων θερμικής άνεσης (ASHRAE) (Τ.Ε.Ε., 2011)

Ο δείκτης PMV περιλαμβάνει την επίδραση των έξι παραμέτρων θερμικής άνεσης, της θερμοκρασίας αέρα, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της ταχύτητας αέρα, της σχετικής υγρασίας, της δραστηριότητας και της ένδυσης.

Μια διαπίστωση που έχει γίνει είναι ότι ένας αριθμός ανθρώπων που βρίσκεται στον ίδιο χώρο, με τις ίδιες συνθήκες, εκτελώντας την ίδια δραστηριότητα, ακόμη και αν φορά τα ίδια ρούχα, θα έχει διαφορετική αντίληψη περί της θερμικής άνεσης. Οπότε οι τιμές ψήφων των ατόμων θα διαφέρουν μεταξύ τους και κυμαίνονται γύρω από τη μέση τιμή. Πρέπει να ληφθεί υπόψη επίσης και το γεγονός ότι υπάρχει ανομοιομορφία συνθηκών σε ένα χώρο, όπως αυτή που παρατηρείται κοντά σε παράθυρα, στα αέρια ρεύματα που τυχόν υπάρχουν ή δημιουργούνται σε ένα χώρο, στις θερμοκρασιακές διαφορές που υπάρχουν από το πάτωμα έως την οροφή, και γενικά σε ό,τι αφορά στις τοπικές συνθήκες θερμικής άνεσης.

Ο δείκτης PMV μπορεί να καθοριστεί με χρήση πινάκων που υπάρχουν στο πρότυπο ISO 7730 για διάφορες τιμές των παραμέτρων άνεσης ή με την εξίσωση που περιλαμβάνει αυτά τα μεγέθη (Τ.Ε.Ε., 2011):

$$PMV = (0.303 \cdot e^{-0.036 \cdot M} + 0.028) \cdot [(M - W) - H - E_C - C_{res} - E_{res}]$$

όπου:

M : ο ρυθμός μεταβολισμού, σε W/m^2 ,

W : το ωφέλιμο έργο, σε W/m^2 ,

H : οι απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, σε W/m^2 ,

E_C : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας σε W/m^2 ,

C_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται με συναγωγή κατά την αναπνοή σε W/m^2 ,

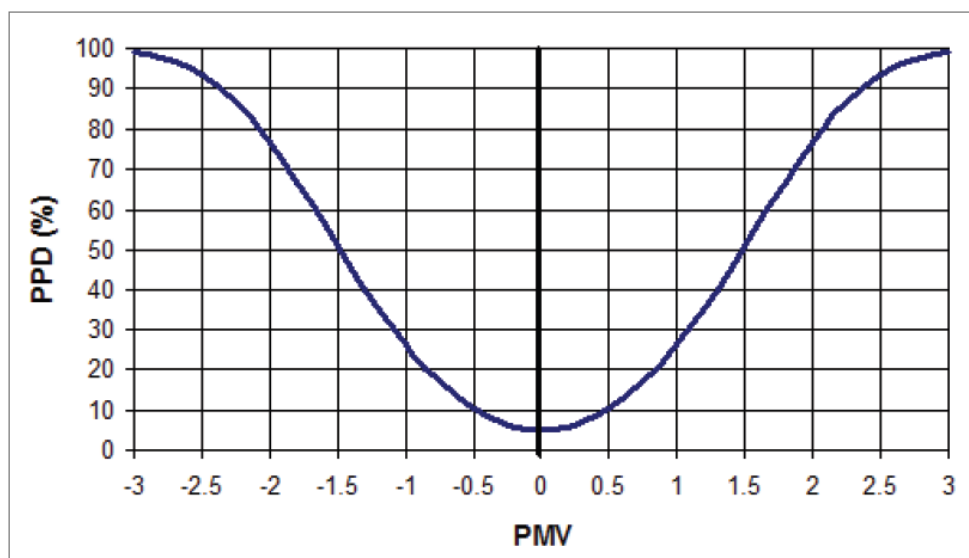
E_{res} : το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή σε W/m^2 .

Επειδή είναι αδύνατο όλοι οι ευρισκόμενοι στο ίδιο περιβάλλον να αισθάνονται άνετα κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες, είναι σημαντικό να είναι γνωστό το ποσοστό των ατόμων που αισθάνονται το χώρο ψυχρότερο ή θερμότερο από ότι θα επιθυμούσαν. Γι' αυτό το λόγο ο δείκτης PMV χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με το δείκτη προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων ή δείκτη δυσαρέσκειας PPD (predicted percentage of dissatisfied).

Ο δείκτης PPD δηλώνει το ποσοστό των ατόμων από το συνολικό αριθμό που βρίσκονται στο συγκεκριμένο χώρο, που δηλώνει δυσαρέσκεια σε σχέση με τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν. Μπορεί να υπολογιστεί, αφού πρώτα έχει βρεθεί ο PMV από τη σχέση (Τ.Ε.Ε., 2011):

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2}$$

Πιο εύκολα μπορεί να προσδιορισθεί με τη χρήση διαγράμματος που δείχνει τη σχέση των δύο δεικτών (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Δείκτης προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων, PPD συναρτήσει του δείκτη PMV (Δείκτης προβλεπόμενης μέσης ψήφου) (Τ.Ε.Ε., 2011)

Από το Σχήμα 6 διαπιστώνεται, ότι ακόμη και σε κατάσταση θερμικής άνεσης, δηλαδή για $PMV=0$, υπάρχει ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 5%, που δηλώνει δυσαρέσκεια, ενώ στις ακραίες συνθήκες, στις οποίες $PMV=+3$ ή $PMV=-3$ υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό που δηλώνει ικανοποιημένο με τις συνθήκες άνεσης (PPD περίπου 99%).

Με βάση το ISO 7730 θεωρείται ότι η κατάσταση σε ένα χώρο είναι ικανοποιητική, όταν το ποσοστό δυσαρεστημένων ή αλλιώς ο δείκτης PPD είναι μικρότερος του 10%. Για να ισχύει αυτό, πρέπει η τιμή του PMV να είναι μεταξύ των τιμών $-0,5$ και $+0,5$.

2.2.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση αποτελεί το κύριο στοιχείο των απαιτήσεων φωτισμού. Η επίτευξη συνθηκών άνετου φωτισμού σε ένα χώρο εξαρτάται από το βαθμό, τη διανομή και την ποιότητα του φωτός που επικρατούν σ' αυτόν. Η διανομή του φωτός σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγονται υπερβολικές διαφορές στο φως και στη σκιά, στοιχεία που θα μπορούσαν να ενοχλούν τους ενοίκους και να τους εμποδίζουν να βλέπουν επαρκώς. Ωστόσο, θα πρέπει να διατηρηθεί αρκετή αντίθεση για να μπορεί να φανεί κάθε αντικείμενο. Τα ανοίγματα των παραθύρων και οι πηγές τεχνητού φωτός θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιείται η θάμβωση (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

Τελικά, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του φωτός που θα παρέχεται. Τόσο η σύνθεση του φάσματος όσο και η σταθερότητα του φωτός θα πρέπει να είναι οι κατάλληλες για την εργασία που πρόκειται να εκτελεστεί. Η επίτευξη της στάθμης έντασης φωτισμού που απαιτείται σε χώρους που χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς τύπους εργασίας, η επίτευξη της κατάλληλης στάθμης αντίθεσης, η πρόληψη θάμβωσης και η χρήση ανακλαστών φωτός και άλλων μηχανισμών για τον έλεγχο του φωτός που εισέρχεται στο χώρο, συμβάλλουν στην παροχή συνθηκών άνεσης.

Στα κτίρια συνιστάται ιδιαίτερα ο φυσικός φωτισμός. Έχει μεταβλητότητα και ευαισθησία που είναι πιο ευχάριστη από το σχετικά μονότονο περιβάλλον που παρέχεται από το τεχνητό φως. Τα παράθυρα και οι φεγγίτες παρέχουν τη δυνατότητα επαφής των χρηστών με τον έξω κόσμο, προσφέροντας μια εναλλακτική μακρινή θέα που ξεκουράζει τα μάτια ύστερα από πολύ εργασία σε κοντινή θέση. Η παρουσία του φυσικού φωτισμού παρέχει αίσθημα ευδιαθεσίας και την αντίληψη του ευρέως περιβάλλοντος στο οποίο ζει ο άνθρωπος.

2.2.3 Ακουστική άνεση

Ουσιώδη προϋπόθεση για την εξασφάλιση ακουστικής άνεσης αποτελεί η διαχείριση των ηχητικών κυμάτων που εισβάλλουν στο ακουστικό πεδίο του ακροατή ή γενικότερα που εισέρχονται ή παράγονται σ' ένα χώρο και κινούνται μέσα σ' αυτόν (ακουστικός σχεδιασμός). Η ηχομόνωση/ηχοπροστασία καλύπτει ένα σκέλος της διαχείρισης των ηχητικών κυμάτων, ενώ το άλλο καλύπτεται από την ακουστική βελτίωση. Ουσιαστικά, η ηχομόνωση ασχολείται με τη ρύθμιση του ηχητικού αλληλοεπηρεασμού μεταξύ χώρων, χωρίς να επιλαμβάνεται της διαχείρισης του ακουστικού περιβάλλοντος μέσα σε κάθε χώρο. Κατά συνέπεια, συμβάλλει μερικά μόνο στο τελικό αποτέλεσμα. Αποτελεί όμως θεμελιώδη προσέγγιση του ακουστικού σχεδιασμού και είναι δυνατό να επηρεάσει καθοριστικά βασικές αποφάσεις του σχεδιασμού και της κατασκευής τόσο των κτιρίων όσο και των έργων διαμόρφωσης του αστικού περιβάλλοντος και των υποδομών (ΚΤΙΡΙΟ, 2004).

2.3 ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό εμπεριέχει την προβληματική της προσαρμογής των κτιρίων στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον, με επιδίωξη τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας στο κατώτερο δυνατό επίπεδο, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η αξιοποίηση των τοπικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, η χρήση της εντόπιας ενέργειας, υπό ανανεώσιμη και συνεπώς ανεξάντλητη μορφή. Συνεπώς, η αρχιτεκτονική σύλληψη πρέπει να αξιοποιεί τα τοπικά κλιματικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, από τα στοιχεία του κλίματος αξιοποιήσιμα είναι: η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα και αντίστροφα η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι για τον φυσικό δροσισμό του χώρου. Αντίθετα, οι ψυχροί χειμωνιάτικοι άνεμοι πρέπει να αποφεύγονται, καθώς και η επίδραση της έντονης ακτινοβολίας του ήλιου το καλοκαίρι (Ανδρεαδάκη, 2006).

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου το κτίριο να ανταποκρίνεται στη βιοκλιματική αντίληψη έχουν ως εξής:

- το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα,
- το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας,
- το κτίριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας,
- το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι.

2.3.1 Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

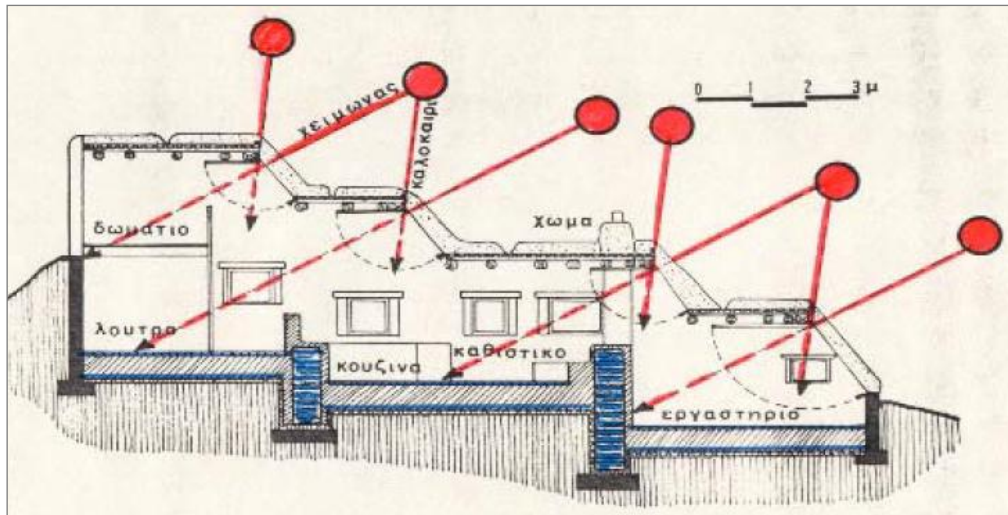
Προκειμένου να διασφαλίζεται η λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη το χειμώνα, ο σχεδιασμός του οφείλει να υπακούει σε κάποιους κανόνες - προϋποθέσεις που περιγράφονται στη συνέχεια.

2.3.1.α Κατάλληλη χωροθέτηση κτιρίου

Επαρκής θερμική ενέργεια από τον ήλιο το χειμώνα προσφέρεται από τις 9.00 π.μ. μέχρι τις 3.00 μ.μ., ηλιακή ώρα. Κατά τις ώρες αυτές η διαθέσιμη ποσότητα θερμότητας από τον ήλιο μπορεί να καλύψει το σύνολο ή μεγάλο μέρος των θερμαντικών αναγκών του κτιρίου. Συνεπώς, η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο και, κυρίως, ο προσανατολισμός του πρέπει να είναι προς το νότο, για να εξασφαλίζεται επάρκεια ηλιασμού. Εργαλεία για τη χωροθέτηση του κτιρίου και τον αποτελεσματικό έλεγχο -ώρες και μήνες ηλιασμού- αποτελούν οι ηλιακοί χάρτες (Ανδρεαδάκη, 2006).

2.3.1.β Κατάλληλο σχήμα κτιρίου

Το σχήμα του κτιρίου επηρεάζει τις ανάγκες του σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Επίσης, τα κλιματικά δεδομένα του κάθε τόπου επηρεάζουν το σχήμα του κτιρίου. Ένα κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα ανατολή - δύση προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Παράλληλα, το καλοκαίρι η σκίαση της νότιας πλευράς είναι σχετικά πιο εύκολη, ενώ οι δυσμενείς προσανατολισμοί ανατολή και κυρίως δύση έχουν περιορισμένη επιφάνεια και συνεπώς μικρότερη επιβάρυνση από τον ήλιο το καλοκαίρι (Ανδρεαδάκη, 2006). Βεβαίως, όταν το οικοπέδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά - νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα (Σχήμα 7) (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011).



Σχήμα 7. Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά - νότου, σε κλιμακωτή διάταξη (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)

2.3.1.γ Προσανατολισμός

Το ζήτημα του προσανατολισμού είναι σύνθετο, γιατί εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι:

- η τοπογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο του εδάφους,
- το φυσικό τοπίο,
- ο κυκλοφοριακός θόρυβος,
- οι κλιματικές συνθήκες, κυρίως άνεμος και ηλιακή ακτινοβολία.

Για την εύκρατη ζώνη, σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες, ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη σε ανατολή και δύση, για την περίοδο του χειμώνα. Για το καλοκαίρι μειώνεται σχεδόν στο μισό για τις νότιες επιφάνειες, σε σχέση με τις ανατολικές και δυτικές (Ανδρεαδάκη, 2006).

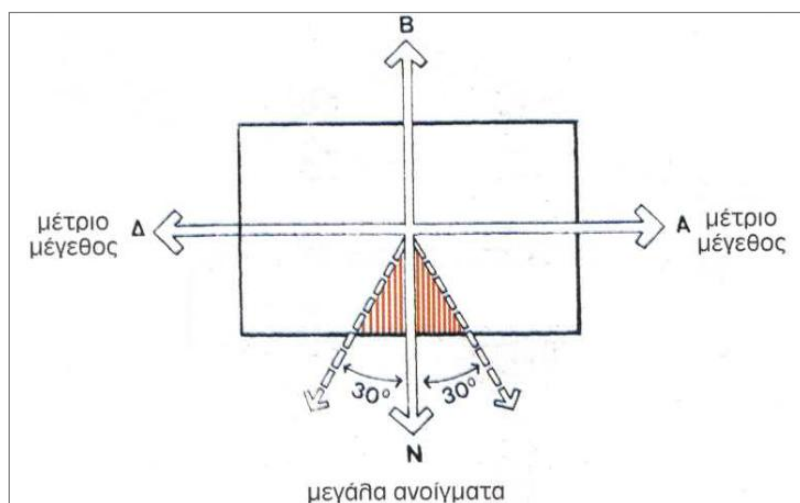
2.3.1.δ Μέγεθος ανοιγμάτων

Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων αποτελούν βασικό παράγοντα για τη λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη.

Το γυαλί είναι υλικό πολύ λίγο θερμομονωτικό. Οι θερμικές απώλειες από τα υαλοστάσια είναι πολλαπλάσιες σε σύγκριση με μια τοιχοποιία καλά θερμομονωμένη. Ωστόσο, η γυάλινη επιφάνεια δεν αποτελεί μόνο πηγή θερμικών απωλειών, αλλά και πηγή θερμικών απολαβών από τον ήλιο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό. Η πιο πρόσφατη άποψη είναι ότι, η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός ηλιακός συλλέκτης, ο πιο αποδοτικός, αρκεί να

προσανατολίζεται στο νότο, με ανοχή $\pm 30^\circ$ ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου (Σχήμα 8).

Προτείνονται, λοιπόν, μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων στο νότο, με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μέτριων διαστάσεων στην ανατολή και δύση και μικρά σχετικά ανοίγματα στη βορεινή πλευρά του κτιρίου με διπλό τζάμι, εκτός εάν η θέα βρίσκεται προς βορρά, οπότε μεταβάλλεται το μέγεθος των ανοιγμάτων.



Σχήμα 8. Μέγεθος ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό
(Ανδρεαδάκη, 2006)

Τα αποτελέσματα των ερευνών για το θερμικό ισοζύγιο του νότιου γυάλινου ανοίγματος έχουν ως εξής:

- στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα, τα κέρδη από τον ήλιο είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες και η συμβολή του θετική στο θερμικό ισοζύγιο κατά 23%, για την περίοδο του χειμώνα.
- στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα με εξώφυλλα, η θετική συμβολή είναι ακόμη μεγαλύτερη, ίση περίπου με 56%, σε σχέση με τις θερμικές απώλειες.

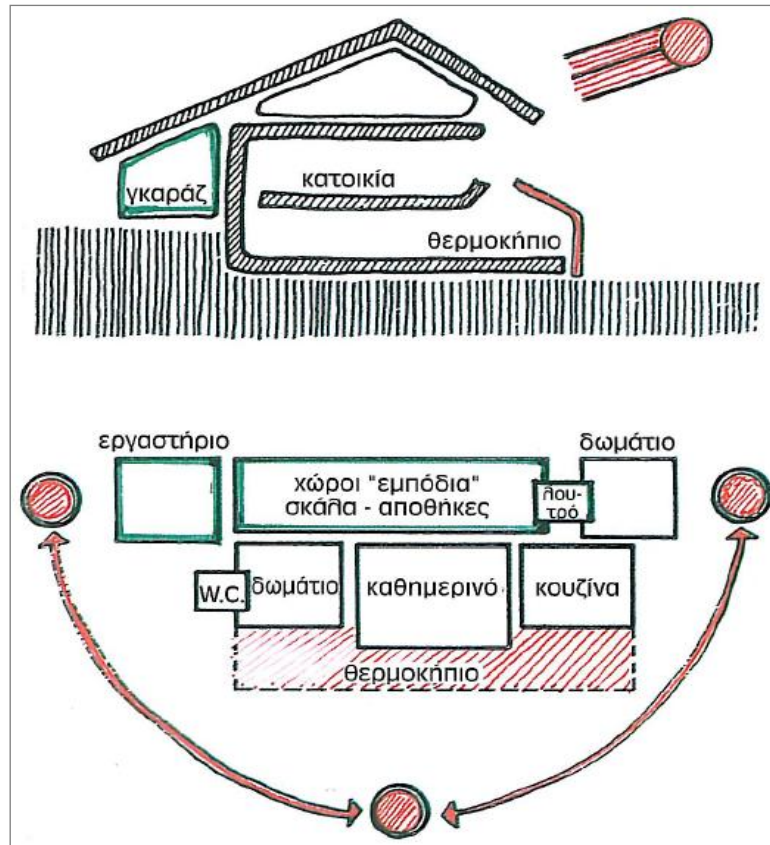
Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι το νότιο άνοιγμα προκειμένου να λειτουργήσει ως ηλιακός συλλέκτης, δηλαδή να κερδίζει θερμότητα περισσότερη από όση χάνει, θα πρέπει να έχει καλά θερμικά χαρακτηριστικά, όπως διπλό τζάμι, εξώφυλλα (καλύτερα μονωμένα) και καλή συναρμογή των κουφωμάτων στην επαφή τους.

Η μελέτη προέρχεται από το Ερευνητικό Κέντρο C.S.T.B. της Γαλλίας (Ανδρεαδάκη, 2006).

2.3.1.ε Διάρθρωση εσωτερικών χώρων

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο θέμα για την προσαρμογή του κτιρίου στο τοπικό κλίμα. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου είναι η ψυχρότερη, η πιο σκοτεινή το χειμώνα και δε δέχεται καθόλου ήλιο, παρά μόνο λίγες ώρες το πρωί και το απόγευμα το καλοκαίρι. Η ανατολική και η δυτική πλευρά δέχονται ισόποση ηλιακή ακτινοβολία, μικρότερη το χειμώνα και μεγαλύτερη το καλοκαίρι. Ωστόσο, η δυτική πλευρά είναι η πιο επιβαρημένη, γιατί το καλοκαίρι στην ήδη υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος προστίθεται και η θερμότητα του ήλιου τις μεταμεσημβρινές ώρες. Η νότια πλευρά δέχεται τη μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη μικρότερη το καλοκαίρι. Είναι η φωτεινότερη και πιο ευχάριστη περιοχή του κτιρίου και συνεπώς η προσφορότερη για την τοποθέτηση των χώρων που χρησιμοποιούνται τις περισσότερες ώρες της ημέρας (Ανδρεαδάκη, 2006).

Για τα εύκρατα κλίματα, η καλύτερη οργάνωση των χώρων κατοικίας είναι εκείνη η διάταξη όπου οι χώροι που χρησιμοποιούνται περισσότερο, καθιστικό, κουζίνα, δωμάτια, τοποθετούνται προς το νότο (Σχήμα 9). Στη δυσμενέστερη πλευρά, τη βορεινή, τοποθετούνται χώροι με πρόσκαιρες δραστηριότητες, σκάλες, αποθήκη, γκαράζ κ.λ.π., οι οποίοι αποτελούν και χώρους ανάσχεσης των θερμικών απωλειών και προστασίας των κύριων χώρων ζωής από τη βορεινή ψυχρή επιφάνεια. Πρόκειται για χώρους «εμπόδια» με ρόλο «παθητικό», οι οποίοι μετριάζουν τις εξωτερικές μεταβολές στον εσωτερικό χώρο, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιώνουν τις συνθήκες του «εσωκλίματος» στους κύριους χώρους ζωής. Άλλο είδος χώρων ανάσχεσης, με ρόλο «ενεργητικό» αποτελούν οι λότζιες, οι βεράντες, τα θερμοκήπια, που τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου και συμβάλλουν θετικά στο θερμικό ισοζύγιο, λόγω της δέσμμευσης της ηλιακής ενέργειας.



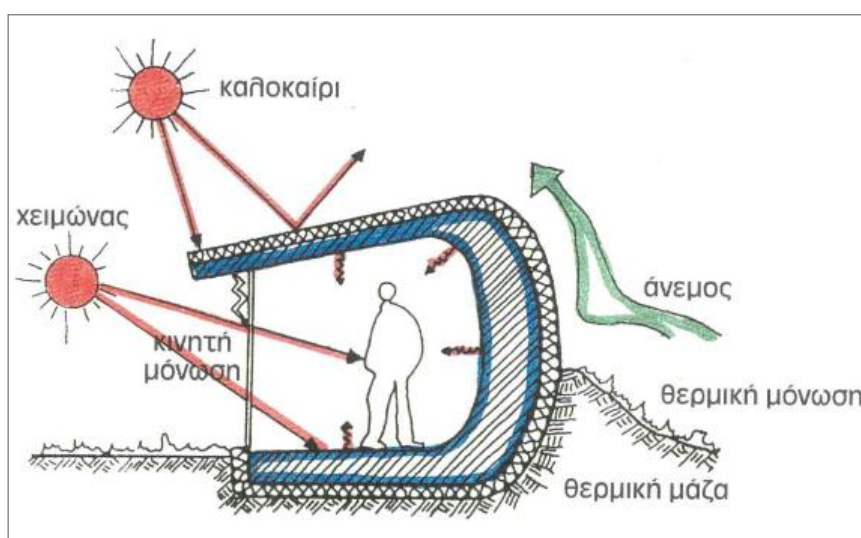
Σχήμα 9. Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας.
 Τομή και Κάτοψη βιοκλιματικού κελύφους (Ανδρεαδάκη, 2006)

2.3.2 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας

Μια σημαντική αρχή για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου είναι η διασφάλιση θερμικής μάζας, στην οποία αποθηκεύεται η θερμότητα που προέρχεται από τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας. Εφόσον το κτίριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, πρέπει η θερμότητα αυτή να αποθηκευτεί στη μάζα του κτιρίου, προκειμένου να αποδοθεί και πάλι στον εσωτερικό χώρο στη διάρκεια της νύχτας. Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές (Σχήμα 10). Όλα τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, το καθένα όμως σε διαφορετικό βαθμό και ποσότητα, ανάλογα με την πυκνότητα (ρ) της μάζας του και το συντελεστή ειδικής θερμότητας (c). Τα βαριά υλικά, μπετόν, πέτρα, τούβλα, έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και συνεπώς μεγαλύτερη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.

Η διαδικασία αποθήκευσης της ηλιακής θερμότητας γίνεται άμεσα από το δάπεδο ή τους τοίχους, όπου προσπίπτει ο ήλιος ή έμμεσα με την κίνηση του αέρα, ο οποίος θερμαίνεται γρηγορότερα από οποιοδήποτε άλλο υλικό και με την κίνησή του

μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα της κατασκευής που αποθηκεύει θερμότητα τόσο η θερμοκρασία του χώρου παραμένει πιο σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση από άλλες πηγές ή να προκαλείται υπερθέρμανση του αέρα και δυσφορία. Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα κτίριο ως αποθήκη ηλιακής θερμότητας πρέπει να διαθέτει υλικά κατασκευής με αυξημένη θερμοχωρητικότητα, και τα δομικά αυτά στοιχεία ή υλικά, να είναι ισοκατανεμημένα στο σύνολο της κατασκευής (Ανδρεαδάκη, 2006).



Σχήμα 10. Διαγραμματική τομή κελύφους αποθήκευσης θερμότητας (Ανδρεαδάκη, 2006)

2.3.3 Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας

Προηγουμένως αναφέρθηκαν οι προϋποθέσεις εκείνες που διασφαλίζουν τη λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη και ως αποθήκης θερμότητας. Ωστόσο, για την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου είναι ανάγκη η θερμότητα, που συλλέγεται από τον ήλιο, να παγιδεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου και να μη διασκορπίζεται προς τα έξω. Η διασπορά θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον καθορίζεται και από τις θερμικές απώλειες του κτιρίου, γεγονός που συμβαίνει το χειμώνα. Αντίστροφα το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εσωτερικές, το κτίριο απορροφά θερμότητα, την οποία σταδιακά τη διοχετεύει μέσα στο χώρο, με κίνδυνο βεβαίως να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης (Ανδρεαδάκη, 2006).

Αυτή η αντιθετική λειτουργία του κτιρίου, που οφείλεται στην εναλλαγή των εποχών, μπορεί να αντιμετωπιστεί με την πρόβλεψη στρώματος θερμικής μόνωσης στην εξωτερική πλευρά του κελύφους (τοίχους, οροφή, δάπεδα). Έτσι επιτυγχάνεται περιορισμός των θερμικών απωλειών, από το εσωτερικό του κτιρίου προς τα έξω και παγίδευση της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας ηλιακής θερμότητας. Το καλοκαίρι η θερμομόνωση λειτουργεί προστατευτικά για το κέλυφος του κτιρίου και κατ' επέκταση για τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας έτσι το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης.

Όλα τα κτίρια χάνουν θερμότητα το χειμώνα με τρεις (3) κυρίως τρόπους:

- με αγωγή της θερμότητας μέσα από το κέλυφος του κτιρίου (τοίχους, γυάλινα ανοίγματα, στέγη ή δώμα και δάπεδο) προς το εξωτερικό, ψυχρότερο περιβάλλον,
- με μεταφορά της θερμότητας, μέσω της κίνησης του αέρα, είτε μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων, είτε μέσα από τα ανοιχτά παράθυρα,
- με ακτινοβολία θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου προς την ατμόσφαιρα τη νύχτα.

2.3.3.α Θερμικές απώλειες του κελύφους

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος είναι αναγκαίο να παίρνονται τα εξής μέτρα, κατά το σχεδιασμό του κτιρίου (Ανδρεαδάκη, 2006):

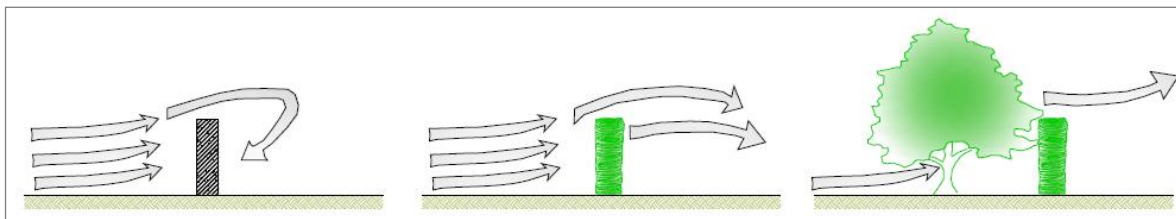
- να προβλέπεται κατάλληλη θερμομόνωση στα συμπαγή στοιχεία του κελύφους, τοίχους, οροφές, δάπεδα. Έτσι, εξασφαλίζεται η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας και συνεπώς των θερμικών απωλειών.
- να προβλέπονται διπλά τζάμια, ιδιαίτερα για τα ανοίγματα που βρίσκονται στους δυσμενείς προσανατολισμούς, βορρά, ανατολή, δύση.
- να προβλέπεται κινητή θερμική μόνωση των ανοιγμάτων, για νυχτερινή προστασία με τη χρήση παντζουριών ή άλλων εξωφύλλων, τα οποία μπορούν να έχουν περσίδες με θερμομόνωση στο εσωτερικό τους.

Σημειώτέον ότι η θερμική μόνωση του κελύφους είναι προτιμότερη στην εξωτερική του πλευρά, ώστε να διασφαλίζεται η παγίδευση της αποθηκευμένης ηλιακής θερμότητας.

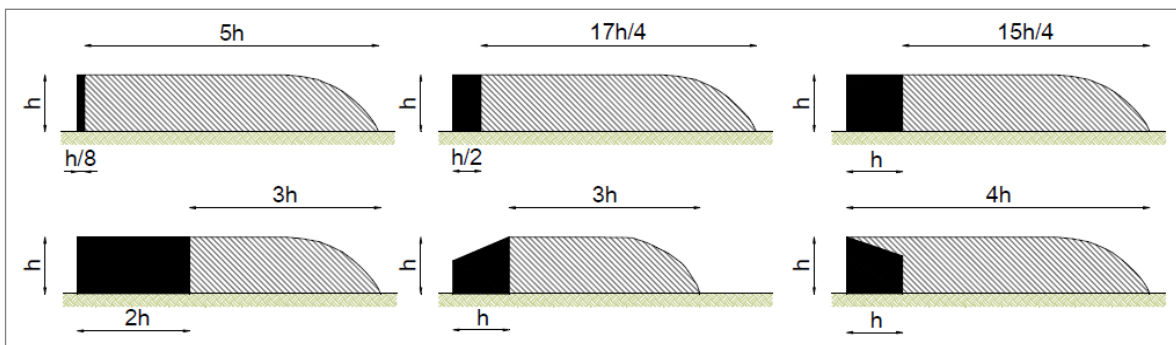
2.3.3.β Θερμικές απώλειες από εναλλαγές αέρα

Οι απώλειες που οφείλονται στη μεταφορά του ζεστού αέρα από το κτίριο προς τα έξω, μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων, αποτελούν μια σημαντική ποσότητα θερμότητας που χάνεται. Η μεταφορά αυτή συντελείται είτε λόγω διαφορετικής πίεσης του αέρα ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, είτε προκαλείται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, κυρίως όμως οφείλεται στην πίεση που ασκείται από τον άνεμο στα ανοίγματα (Ανδρεαδάκη, 2006).

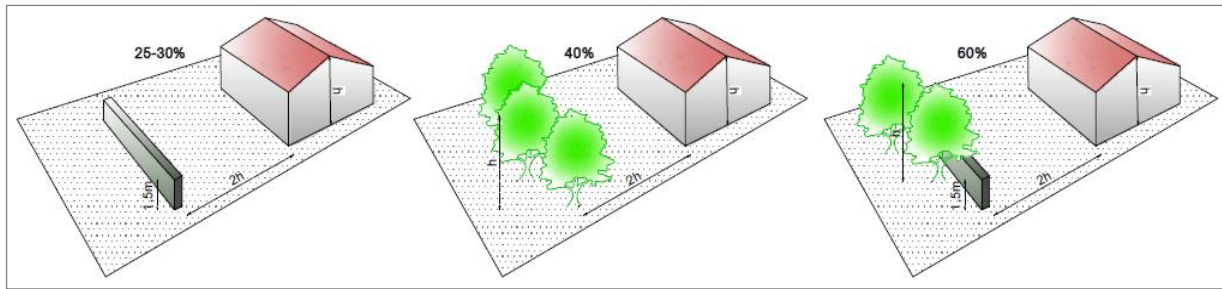
Η εναλλαγή του αέρα στον εσωτερικό χώρο, δηλαδή η αντικατάσταση του χρησιμοποιημένου από νέα ποσότητα φρέσκου αέρα είναι αναγκαία, ακόμη και το χειμώνα για λόγους υγιεινής. Όμως, αυτή η εναλλαγή του αέρα πρέπει να είναι ελεγχόμενη, έτσι ώστε αφενός να διασφαλίζονται συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό χώρο, αφετέρου οι θερμικές απώλειες να περιορίζονται στα ελάχιστα απαιτούμενα. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να επιτευχθεί με την καλή στεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων, με τη μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων που βρίσκονται στο βορρά και που είναι, συνήθως, εκτεθειμένα στους ψυχρούς ανέμους και με την τοποθέτηση βλάστησης ή δέντρων για προστασία ή και εκτροπή των ψυχρών ανέμων (Σχήμα 11), εφόσον είναι εφικτό (Ανδρεαδάκη, 2006).



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 11. Εκτροπή ψυχρού ανέμου με τη χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων:

(α) Οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι -συνδυασμός θάμνων και δέντρων- αυξάνουν τη ζώνη ηρεμίας.

(β) Ζώνη επίδρασης ανεμοφράκτη, ανάλογα με τη μορφή και το πάχος του.

(γ) Ικανότητα μείωσης της διείσδυσης του ανέμου από ανεμοφράκτες διαφόρων τύπων (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)

2.3.4 Το κτίριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης

Το καλοκαίρι οι κλιματικές συνθήκες αντιστρέφονται. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές, η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, με αποτέλεσμα το κτίριο να απορροφά θερμότητα πολύ περισσότερη μάλιστα όταν είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, με άμεση επίπτωση να δημιουργούνται στον εσωτερικό χώρο συνθήκες υπερθέρμανσης, οι οποίες ξεπερνούν τα όρια της άνεσης (θερμοκρασία άνω των 28°C). Στη συνέχεια, αναλύονται οι τρόποι και οι ρυθμίσεις που συμβάλλουν στη λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού συλλέκτη δροσισμού και αποθήκης ψύξης.

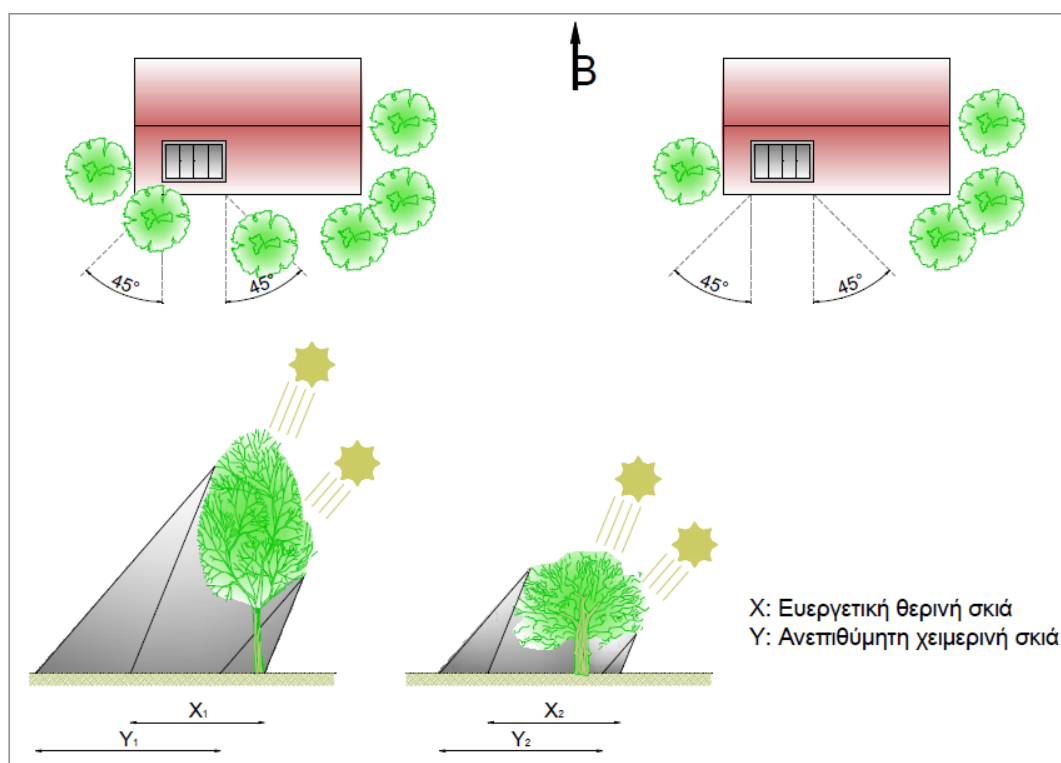
2.3.4.α Σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων του

Ο σκιασμός του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες (Σχήμα 12), έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Η βλάστηση μετριάζει ταυτόχρονα την εξωτερική θερμοκρασία, λόγω της απορρόφησης θερμότητας από το φύλλωμα (Ανδρεαδάκη, 2006).

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης, δηλαδή εξαρτάται από την εκάστοτε γωνία ύψους και αζιμουθίου των φαινόμενων τροχιών του ήλιου.

Η σκίαση των ανοιγμάτων επιβάλλεται να είναι στην εξωτερική πλευρά, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου. Η προστασία με περσίδες τοποθετημένες στο εσωτερικό των υαλοστασίων προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, όμως δεν απαλλάσσει τον χώρο από υπερθέρμανση, γιατί η διέλευση του ήλιου μέσα από τα τζάμια εγκλωβίζει τη θερμότητα, μετατρέποντας το ηλιακό φως σε θερμική ενέργεια.

Βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι: η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος), ο προσανατολισμός της όψης, η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους, η αισθητική του κτιρίου και η μορφολογία των ανοιγμάτων, και ο παράγων οικονομία στην κατασκευή, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας (Ανδρεαδάκη, 2006).



Σχήμα 12. Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)

2.3.4.β *Θερμική αδράνεια της κατασκευής*

Η χρησιμοποίηση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα εξασφαλίζει τη δυνατότητα του κτιρίου να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας. Το καλοκαίρι, η θερμική αδράνεια της κατασκευής είναι επίσης πολύ σημαντική, γιατί παρέχει τη δυνατότητα στο κτίριο να αποθηκεύσει τη νυχτερινή δροσιά στα δομικά του στοιχεία και κατά συνέπεια να αποφευχθεί η υπερθέρμανσή του. Πρακτικά, η θερμική αδράνεια της κατασκευής επιβραδύνει τη μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο, για αρκετές ώρες, μέχρις ότου η εξωτερική θερμοκρασία μειωθεί, οπότε το κτίριο αρχίζει να αποβάλλει το πρόσθετο θερμικό φορτίο που αποθήκευσε στη μάζα του, με τη διαδικασία του φυσικού αερισμού και ακτινοβολίας θερμότητας στην ατμόσφαιρα, στη διάρκεια της νύχτας (Ανδρεαδάκη, 2006).

Για το εύκρατο κλίμα με ζεστά καλοκαίρια, η παρουσία θερμικής μάζας (υλικά από μπετόν, τούβλο, πέτρα ή χώμα) συμβάλλει στη διατήρηση της θερμικής άνεσης, γιατί απορροφά αρκετή ποσότητα θερμότητας χωρίς να επιβαρύνεται το εσωτερικό των κτιρίων. Παράλληλα, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι ήπιες και με αρκετή χρονική υστέρηση, γεγονός που διευκολύνει την αποφυγή χρήσης κλιματισμού, εκτός και αν πρόκειται για κτίρια ή χώρους όπου συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός ατόμων, οπότε ο κλιματισμός είναι αναγκαίος για ορισμένες ώρες της ημέρας.

2.3.4.γ *Φυσικός αερισμός*

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των ενοίκων, στη θερμική άνεση και στο αίσθημα ευεξίας. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον και παράλληλα συμβάλλει στη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική.

Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο προκαλείται από δύο κύριες αιτίες (Ανδρεαδάκη, 2006):

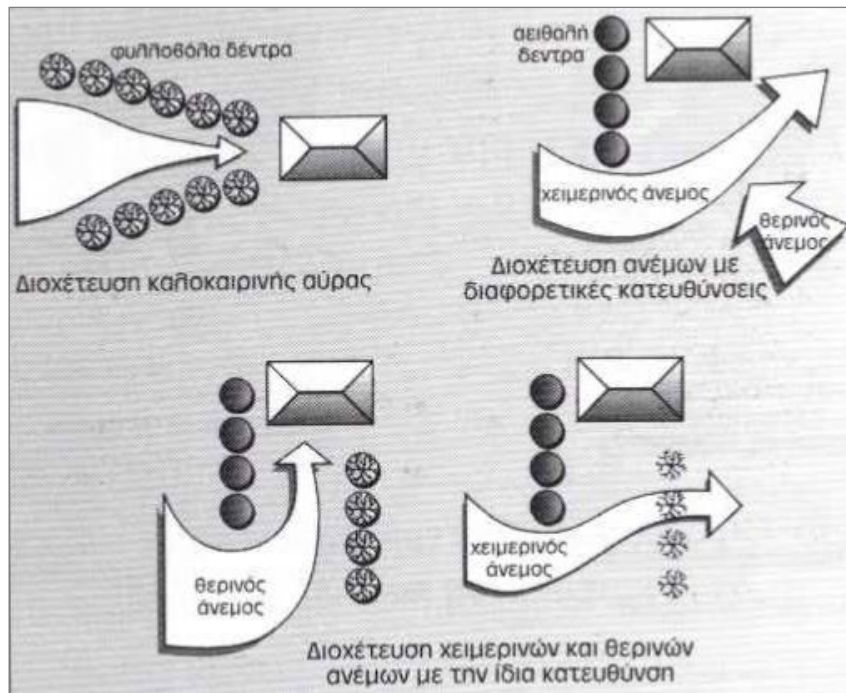
- Από την κατεύθυνση του πνέοντος ανέμου και τη διαφοροποίηση των πιέσεων που δημιουργούνται στο κέλυφος του κτιρίου. Οι πλευρές του κτιρίου που είναι αντιμέτωπες στον άνεμο δέχονται υψηλές πιέσεις, ενώ οι πίσω απάνεμες πλευρές βρίσκονται σε ζώνη χαμηλής πίεσης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται «σκιά ανέμου».
- Από θερμοκρασιακές διαφορές που δημιουργούνται στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, αλλά και στο εσωτερικό του. Ο αέρας που θερμαίνεται καθίσταται πιο ελαφρύς και μεταφέρεται προς τα επάνω. Το κενό που δημιουργείται έρχεται να καλύψει αέρας βαρύτερος και πιο

ψυχρός και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δημιουργώντας μια διαρκή ροή αέρα και φυσικό αερισμό, μέσω εναλλαγής του αέρα.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες του φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτιρίων είναι: οι εξωτερικές συνθήκες και κυρίως η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων, το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών, και η δημιουργία ρευμάτων αερισμού μέσω εξάτμισης νερού.

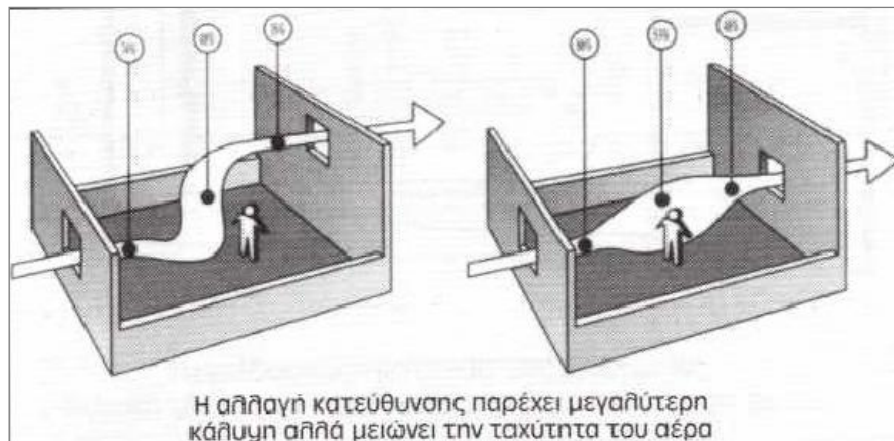
Οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, κυρίως, η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων επηρεάζουν το φυσικό αερισμό του κτιρίου το καλοκαίρι. Οι δροσεροί άνεμοι - αύρες έχουν συνήθως νότια ή νοτιοανατολική κατεύθυνση - εξαρτάται βεβαίως και από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου. Για την αξιοποίηση των δροσερών ανέμων χρησιμοποιείται και η βλάστηση, όταν επιδιώκεται η διείσδυσή τους μέσα στο κτίριο (Σχήμα 13). Η χρήση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτίριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτίριο. Επίσης, η χρησιμοποίηση κατασκευών στον εξωτερικό χώρο, τοίχων ή προεξοχών του ίδιου του κτιρίου μπορεί να βοηθήσει στη διείσδυση του δροσερού αέρα στον εσωτερικό χώρο, αρκεί η επιλογή της θέσης αυτών των στοιχείων να είναι η κατάλληλη.

Γενικώς σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι, είναι προτιμότερο να γίνεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό, μόνο για την ανανέωσή του και την απομάκρυνση των οσμών. Αντίθετα τη νύχτα επιβάλλεται ο φυσικός αερισμός για την απομάκρυνση της πρόσθετης θερμότητας και την ψύξη των υλικών της κατασκευής.



Σχήμα 13. Η χρήση βλάστησης διευκολύνει τη ροή ή εκτροπή του ανέμου
(Ανδρεαδάκη, 2006)

Όσον αφορά στη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο το χώρο. Καλύτερες συνθήκες αερισμού και συνεπώς φυσικής ψύξης επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε αφενός μια πιο ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος του αέρα και αφετέρου δροσισμό όλου του χώρου ζωής. Σε σχέση με το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα, έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν καταλήξει ότι τα μεγέθη εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου ίδια, αρκεί η θέση τους στην τομή να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά (Σχήμα 14) ή το αντίστροφο, έτσι ώστε το ρεύμα του αέρα που δημιουργείται να εξασφαλίζει δροσιά στο επίπεδο ζωής, σε ύψος 1,50 μ. περίπου από το δάπεδο (Ανδρεαδάκη, 2006).



Σχήμα 14. Η θέση του ανοίγματος εισόδου και εξόδου (Ανδρεαδάκη, 2006)

2.3.4.δ Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τους τοίχους και την οροφή, καθώς επίσης και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

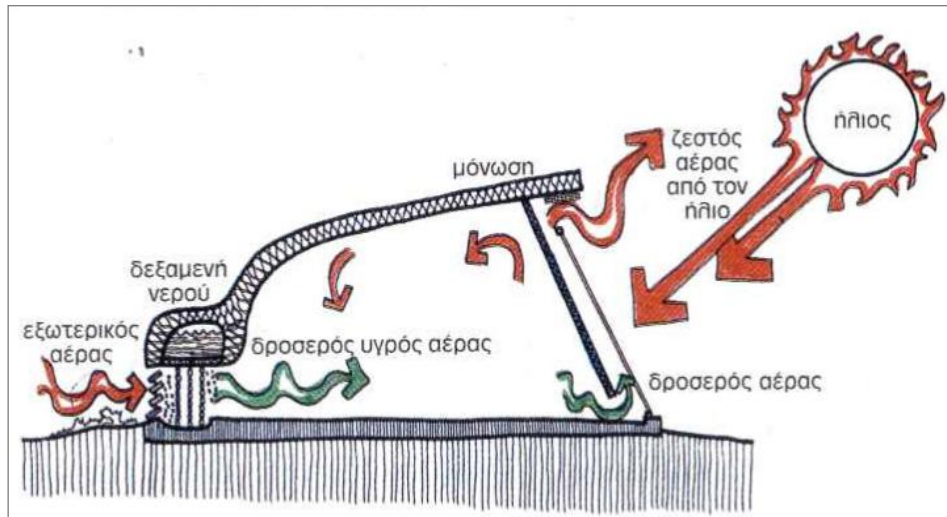
Για παράδειγμα ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, ενώ η αντίστοιχη υπέρβαση μόλις φτάνει τον 1°C για ένα δώμα ασπροβαμμένο με ασβέστη. Συνεπώς, οι επιφάνειες των δωματίων πρέπει να έχουν ανοιχτά χρώματα για να μην επιβαρύνεται ο εσωτερικός χώρος με αύξηση της εισερχόμενης, μέσω αγωγής ή ακτινοβολίας, θερμότητας από την οροφή.

Για κλίμα ζεστό, όταν η θερμοκρασία την ημέρα ξεπερνά τους 33°C , η προσθήκη θερμομόνωσης στο δώμα, σε συνδυασμό με τη χρήση χρώματος ανοιχτού -άσπρου κατά προτίμηση- απαλλάσσει το εσωτερικό του κτιρίου από μεγάλες θερμοκρασίες και τον κίνδυνο της υπερθέρμανσης (Ανδρεαδάκη, 2006).

2.3.4.ε Φυσικός αερισμός και χρήση νερού

Σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό η εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του αέρα. Σε κτίρια της Ανατολής ο παραδοσιακός τρόπος φυσικού δροσισμού χρησιμοποιεί την κίνηση του αέρα μέσα από νησίδες νερού. Σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση και συνεπώς, να μπαίνει πιο δροσερός μέσα στο κτίριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς (Σχήμα 15). Εάν μάλιστα η

διαδικασία αυτή συνδυαστεί και με κατασκευές ηλιακών καμινάδων, τότε η ροή του αέρα επιταχύνεται και ο ζεστός αέρας απομακρύνεται πιο γρήγορα από τον εσωτερικό χώρο (Ανδρεαδάκη, 2006).



Σχήμα 15. Φυσική ψύξη κελύφους μέσω εξάτμισης νερού, κατά την είσοδο του ζεστού αέρα απ' έξω (Ανδρεαδάκη, 2006)

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στο αίθριο και ειδικότερα, στη συμβολή του στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Αρχικά, γίνεται συνοπτική ιστορική αναφορά στο αίθριο. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η συμβολή του στο φυσικό αερισμό και φωτισμό των χώρων που το περιβάλλουν, η επίδραση της χρήσης νερού και της παρουσίας φύτευσης στο αίθριο, στο δροσισμό των παρακείμενων χώρων, καθώς επίσης, η συμβολή της φύτευσης στην προστασία από τους ήχους.

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σύμφωνα με τον Οικοδομικό Κανονισμό, με τον όρο αίθριο χαρακτηρίζεται το μη στεγασμένο τμήμα του οικοπέδου ή του κτιρίου που περιβάλλεται από όλες τις πλευρές του από το κτίριο ή τα κτίρια του οικοπέδου (Γ.Ο.Κ. άρθρο 2 §34). Ωστόσο, η στέγασση του αιθρίου, τόσο στο παρελθόν όσο και σήμερα, έδωσε το έναυσμα στους αρχιτέκτονες για την κατασκευή εντυπωσιακών επιστεγάσεων και τη δημιουργία εσωτερικών χώρων μεγάλου ύψους, με σημαντικά οφέλη (ΚΤΙΡΙΟ, 2006). Στα Σχήματα 16, 17 παρουσιάζονται παραδείγματα ανοιχτού και στεγασμένου αιθρίου.

Το αίθριο προσθέτει πολλά πλεονεκτήματα στα σύγχρονα κτίρια μεγάλου ή μεσαίου μεγέθους, αφενός πρακτικά, όπως αύξηση της ωφέλιμης επιφάνειας των χώρων τους, καλύτερο φωτισμό περισσότερων χώρων, άρα και εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και συναισθηματικά για τους χρήστες, όπως καλύτερο περιβάλλον εργασίας ή ευχάριστο χώρο αναψυχής, προσφέροντας συνέχεια του εξωτερικού με το εσωτερικό περιβάλλον. Το αίθριο συμμετέχει όλο και περισσότερο στο σχεδιασμό των σύγχρονων κτιρίων διαφόρων χρήσεων, όπως εμπορικών κέντρων, κτιρίων γραφείων, ξενοδοχείων, νοσοκομείων, κτλ. Επιλέγεται επίσης ως λύση σε περιπτώσεις ανακαινίσεων και επεκτάσεων παλαιών ή ιστορικών κτιρίων (ΚΤΙΡΙΟ, 2006).



Σχήμα 16. Το ανοιχτό αίθριο του Μουσείου Μπενάκη στην οδό Πειραιώς
(ΜΟΥΣΕΙΟ ΜΠΕΝΑΚΗ, 2014)



(α)



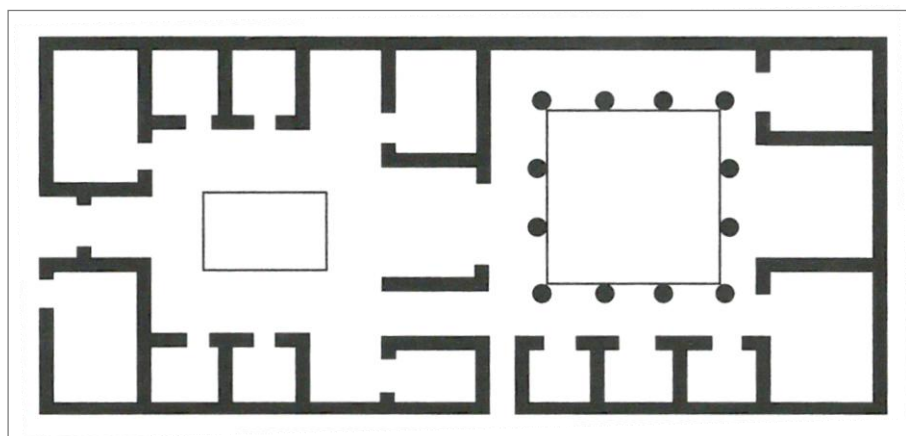
(β)

Σχήμα 17. Το στεγασμένο αίθριο (α) του ξενοδοχείου Hilton της Αθήνας, δεξιά της
κεντρικής εισόδου (ΚΤΙΡΙΟ, 2004) και (β) του εμπορικού και ψυχαγωγικού
κέντρου «The Mall» στην Αθήνα (ΥΛΗ & κτίριο, 2006)

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

Στην ευρύτερη και αρχέγονη εκδοχή του, το αίθριο αποτελεί άστεγο, υπαίθριο χώρο σε επαφή με μια ή περισσότερες πλευρές ενός κτιρίου, ο οποίος περιβάλλεται από κτίριο ή κτίρια ή και τοίχο περίφραξης, μια εσωτερική αυλή, προστατευμένη και ασφαλή. Με τη μορφή αυτή το αίθριο εμφανίζεται ως δομικό στοιχείο της αστικής οργάνωσης, εξασφαλίζοντας αξιοποίηση των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος (φυσικό φωτισμό και αερισμό, συλλογή ομβρίων κτλ.) και του περιορισμένου αστικού δομήσιμου χώρου, αλλά και ασφάλεια των ανοιγμάτων των κτιρίων. Συνήθως μεταξύ του αιθρίου και των κτιριακών χώρων παρεμβάλλονται ημιυπαίθριοι χώροι (στοές). Με τη μορφή αυτή και τις εξελικτικές παραλλαγές της, το αίθριο εξακολουθεί να αποτελεί δομικό στοιχείο της αστικής οργάνωσης αλλά και της οργάνωσης των κτιριακών συγκροτημάτων (μοναστήρια, ανάκτορα, διοικητικά κτίρια κτλ.) αδιάλειπτα μέχρι τη σύγχρονη εποχή (ΚΤΙΡΙΟ, 2006).

Στην αρχαία ρωμαϊκή αρχιτεκτονική, το αίθριο παίζει σημαντικό ρόλο στη μορφολογία της κατοικίας, αλλά και στην καθημερινή ζωή των κατοίκων. Το κτίριο ήταν κλειστό προς το δρόμο, προστατεύοντάς το από την κίνηση και το θόρυβο, και ανοιγόταν προς ένα, ή δύο εσωτερικά αίθρια, χωρίς στέγη, ή μερικώς στεγασμένα, από τα οποία επικοινωνούσαν όλα τα δωμάτια μέσω περίστουλου διαδρόμου (Σχήμα 18). Στο κέντρο του αιθρίου υπήρχε δεξαμενή για τη συλλογή των ομβρίων. Στις πλούσιες κατοικίες το αίθριο αποτελούσε χώρο υποδοχής. Ωστόσο, το επιστεγασμένο με γυαλί αίθριο, διαμορφωμένο με μεταλλική κατασκευή έχει ιστορία μικρότερη από ενάμιση αιώνα. Η κατασκευή του υαλοστασίου, κατακόρυφου, κεκλιμένου ή οριζόντιου κατέστη εφικτή στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας των μεταλλικών κατασκευών και του γυαλιού.

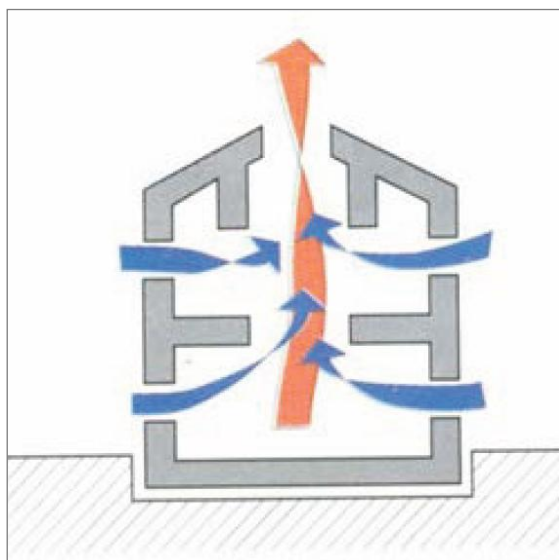


Σχήμα 18. Κάτοψη ρωμαϊκής κατοικίας με δύο αίθρια (ΚΤΙΡΙΟ, 2006)

3.3 ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Με τον ίδιο τρόπο που προκαλείται ο φυσικός αερισμός σ' ένα κτίριο λόγω των θερμοκρασιακών διαφορών που δημιουργούνται στο εσωτερικό του, ο οποίος περιγράφηκε στην ενότητα 2.3.4.γ του προηγούμενου κεφαλαίου, προκαλείται σ' ένα κτίριο, όπου υπάρχει ανοιχτό αίθριο ή στεγασμένο αίθριο με ανοιγόμενα υαλοστάσια. Ο αέρας που θερμαίνεται καθίσταται πιο ελαφρύς και μεταφέρεται προς τα επάνω, προς το άνοιγμα του αιθρίου. Το κενό που δημιουργείται έρχεται να καλύψει αέρας βαρύτερος και πιο ψυχρός και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δημιουργώντας μια διαρκή ροή αέρα και φυσικό αερισμό των κτιριακών χώρων, μέσω εναλλαγής του αέρα (Σχήμα 19).

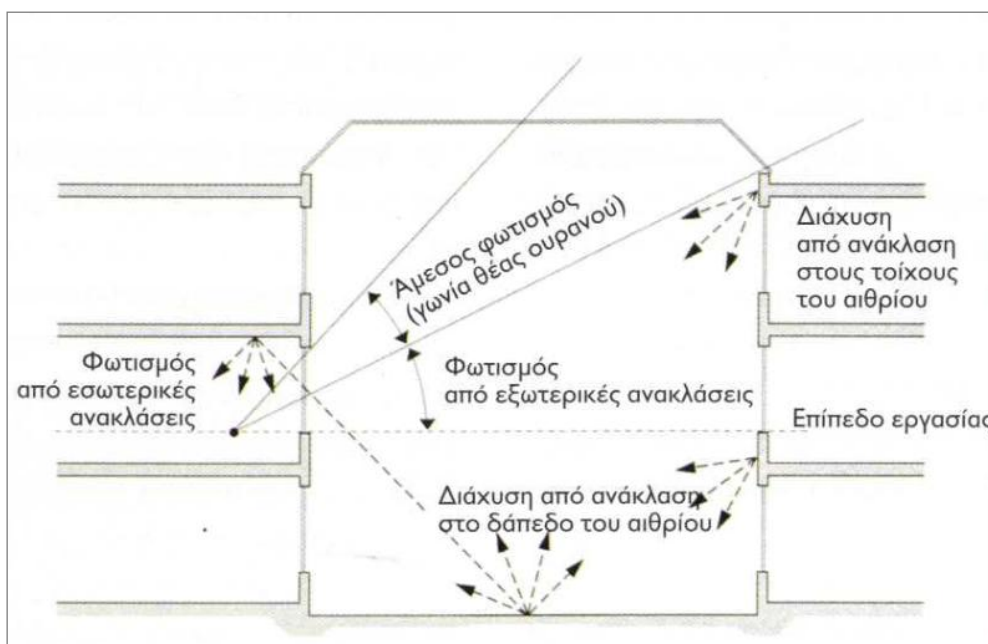
Επιπλέον, στα κτίρια όπου υπάρχει ανοιχτό αίθριο ή στεγασμένο αίθριο με ανοιγόμενα υαλοστάσια, δημιουργείται διαμπερής αερισμός, μέσω των παραθύρων που διαθέτουν οι κτιριακοί χώροι και του ανοίγματος του αιθρίου, ο οποίος κατανέμεται ομοιόμορφα στους χώρους, εφόσον τα παράθυρά τους και το άνοιγμα του αιθρίου βρίσκονται σε διαφορετική υψομετρική στάθμη. Επομένως, διαπιστώνεται, ότι το ανοιχτό αίθριο ή το στεγασμένο αίθριο με ανοιγόμενα υαλοστάσια, συμβάλλει στο φυσικό αερισμό και δροσισμό των κτιριακών χώρων, δημιουργώντας συνθήκες θερμικής άνεσης τη θερινή περίοδο.



Σχήμα 19. Αίθριο με ανοιγόμενα υαλοστάσια για την απομάκρυνση της θερμότητας (T.E.E., 2011)

3.4 ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Μέσω των αιθρίων εξασφαλίζεται ή βελτιώνεται ο φυσικός φωτισμός σε χώρους ή ζώνες χώρων όπου δεν είναι δυνατό, εφικτό ή σύμφερο να επιτευχθεί αυτό με άλλον τρόπο. Ο φωτισμός μέσω του αιθρίου είναι σύνθετος. Πρόκειται για κράμα άμεσα (διεισδύει από την οροφή ή και τις πλευρές του αιθρίου) και έμμεσα προσπίπτουσας ακτινοβολίας (προέρχεται από ανακλάσεις/διάχυση σε δομικά στοιχεία που περιβάλλουν το αίθριο) (Σχήμα 20). Καθώς η επιστέγαση - οροφή και πιθανόν τμήματα πλευρών του αιθρίου αποτελούν φωτοδιαπερατές επιφάνειες, η θάμβωση στο χώρο του αιθρίου καθώς και σε χώρους που φωτίζονται και άμεσα από αυτό, μπορεί να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας (ΚΤΙΡΙΟ, 2003).

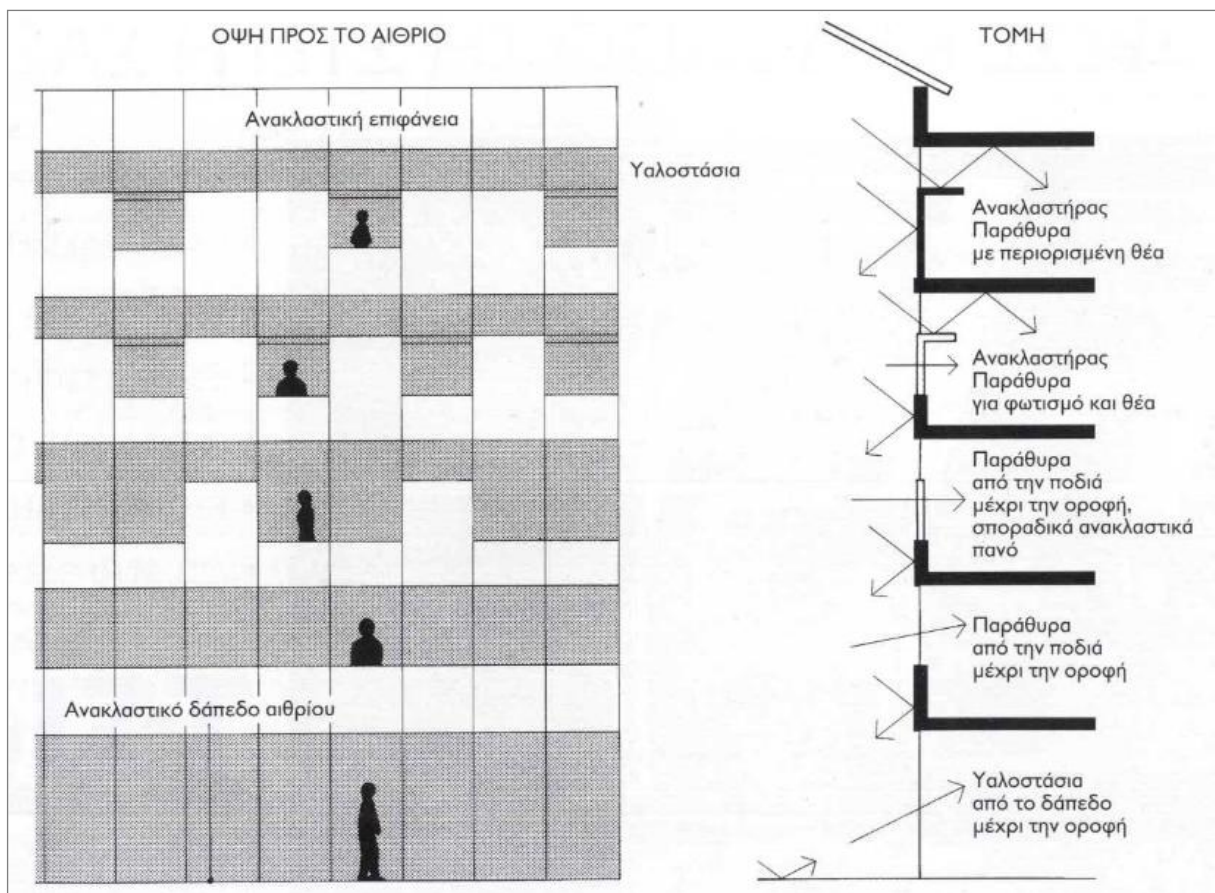


Σχήμα 20. Φυσικός φωτισμός χώρων μέσω του αιθρίου (ΚΤΙΡΙΟ, 2003)

Το αίθριο λειτουργεί ως αγωγός φωτός. Τα ανοίγματα των χώρων προς αυτό αποτελούν τις εξόδους του, τα τοιχώματά του όμως καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα του φωτός που φθάνει στον πυθμένα, στους κατώτερους ορόφους του κτιρίου. Η σχέση μεταξύ μήκους, πλάτους και ύψους (βάθους) του αιθρίου προσδιορίζει την ελάττωση του φωτός στον πυθμένα. Όσο λιγότερο φωτεινός είναι ο ουρανός τόσο ευρύτερος πυθμένας απαιτείται, ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός στον κατώτερο όροφο. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η ανακλαστικότητα των πλευρών (τοιχώματα). Αξιόλογη διαφοροποίηση στο φωτισμό

είναι δυνατό να προκύψει εξαιτίας της διαφορετικής ανακλαστικότητας των τοιχωμάτων ή τμημάτων τους. Για τους χώρους των κατώτερων ορόφων που φωτίζονται από το αίθριο, ουρανός είναι το απέναντι ανακλαστικό τοίχωμα. Αν τα τοιχώματα είναι καλυμμένα με υαλοστάσια ή ολοκληρωτικά - ανοικτά, πολύ μικρή ποσότητα φωτός μπορεί να φθάσει στους κατώτερους ορόφους. Στην αντίθετη ακραία περίπτωση, αν δεν υπάρχουν ανοίγματα και η επιφάνεια των τοιχωμάτων είναι υψηλής ανακλαστικότητας, το φως οδεύει προς τα κάτω, όπως στο εσωτερικό μιας οπτικής ίνας με μικρή απώλεια έντασης.

Σε κάθε όροφο πρέπει να αποδίδεται μόνο το απαραίτητο φως, ώστε το υπόλοιπο να οδηγείται προς τα κάτω. Κατά συνέπεια, σε κάθε όροφο πρέπει να προβλέπονται διαφορετικά ανοίγματα ως προς τη γεωμετρία, το μέγεθος και τη θέση, μικρά στον ανώτερο, που ευρύνονται βαθμιαία σε κάθε επόμενο προς τα κάτω όροφο, ώστε στον κατώτερο να υπάρχουν μόνο υαλοστάσια. Εναλλακτικά, είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με επιλογή και συνδυασμό κατάλληλων υλικών οι τυφλές επιφάνειες των τοιχωμάτων ή να χρησιμοποιηθούν ειδικοί τύποι τζαμιών στα υαλοστάσια. Η απόδοση γενικά μπορεί να επηρεαστεί από τη διαρρύθμιση και την επίπλωση των χώρων με καθοριστικό στοιχείο τα φυτά (ΚΤΙΡΙΟ, 2003). Στο Σχήμα 21 διαπιστώνεται, ότι με τον κατάλληλο σχεδιασμό των πλευρών - όψεων του αιθρίου είναι δυνατό να περιοριστεί η μείωση του φωτισμού στους κατώτερους ορόφους.

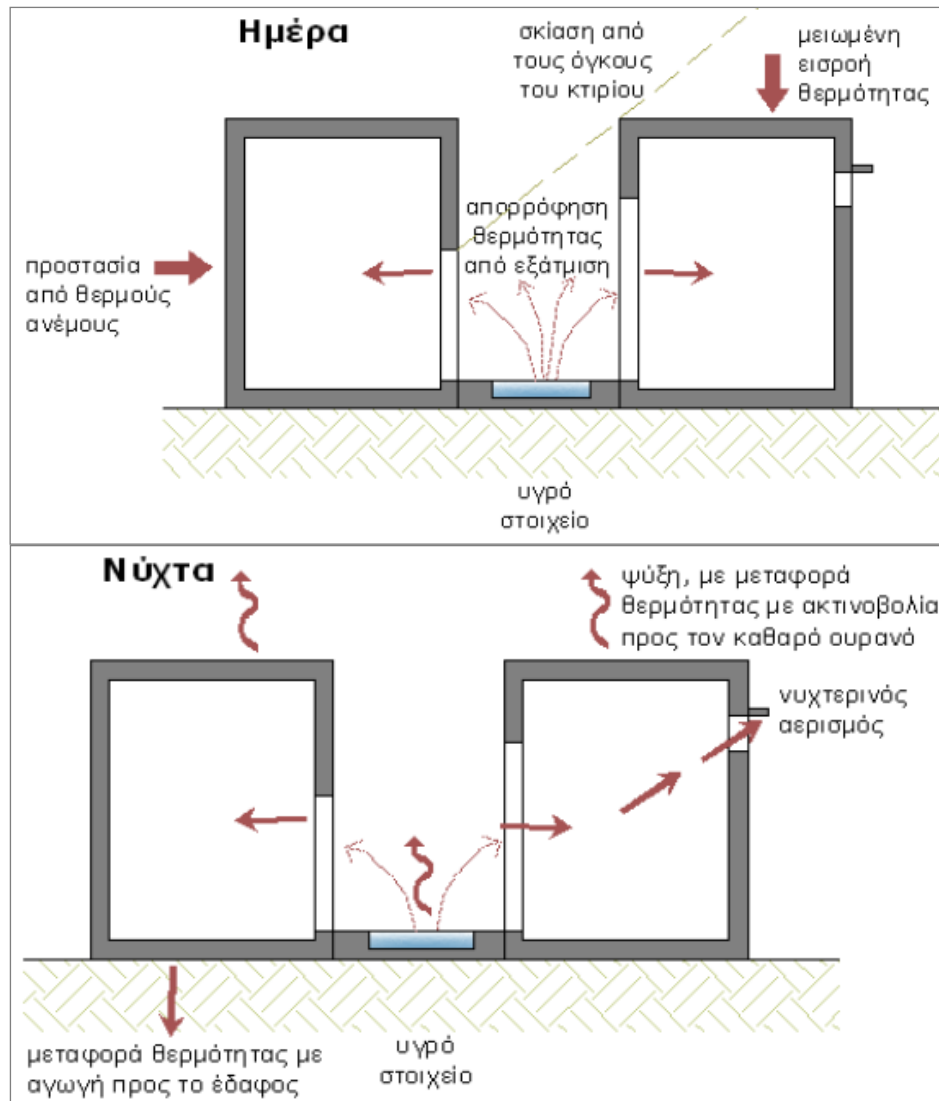


Σχήμα 21. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό των πλευρών - όψεων του αιθρίου είναι δυνατό να περιοριστεί η μείωση του φωτισμού στους κατώτερους ορόφους (ΚΤΙΡΙΟ, 2003)

3.5 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΑΙΘΡΙΟ

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.3.4.ε του προηγούμενου κεφαλαίου, σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση και συνεπώς, να μπαίνει πιο δροσερός μέσα στο κτίριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς (Σχήμα 22) (Ανδρεαδάκη, 2006). Η επίδραση της ψύξης από εξάτμιση μπορεί να μεγιστοποιηθεί με την αύξηση τόσο της επιφάνειας επαφής του αέρα με το νερό, όσο και με τη σχετική κίνηση του αέρα και του νερού (Goulding, Lewis and Steemers, 1994).

Επομένως, η χρήση του νερού στο αίθριο, μέσω της παρουσίας σιντριβανιού, υδάτινου πίδακα, δεξαμενής νερού κτλ., συμβάλλει στην πτώση της θερμοκρασίας του παρακείμενου αέρα, ο οποίος εισέρχεται πιο δροσερός στο κτίριο ή στα κτίρια που περιβάλλουν το αίθριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς τη θερινή περίοδο.



Σχήμα 22. Φυσική ψύξη κτιρίου μέσω εξάτμισης νερού την ημέρα και ακτινοβολίας θερμότητας τη νύχτα (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011)

3.6 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΑΙΘΡΙΟ

Η παρουσία φύτευσης (δέντρα, θάμνοι, καλλωπιστικά κλπ.) στο αίθριο, συμβάλλει στο δροσισμό του περιβάλλοντος χώρου λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών. Η σχετική υγρασία του αέρα κάτω από το φύλλωμα των δέντρων ή σε επαφή με αυτά αυξάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ συγχρόνως μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Γενικά τα φυτά με το παχύ φύλλωμα απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και ο αέρας γίνεται πιο δροσερός.

Επιπλέον, τα φυτά συμβάλλουν στην ηχοπροστασία. Η ικανότητα των φυτών να ρυθμίζουν τον ήχο (με απορρόφηση, ανάκλαση και διάχυση) καθορίζεται από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, όπως επίσης κι από τη θέση, το

ύψος, το πλάτος και την πυκνότητα των φυτών. Η βλάστηση αποκόπτει ευκολότερα ήχους υψηλής συχνότητας. Φυτικές μάζες με ποικιλία φυτικών ειδών είναι αποτελεσματικότερες ως στοιχεία ηχοπροστασίας, λόγω της διαφορετικής ικανότητας των διαφόρων ειδών στη μείωση χαμηλών, μέσων και υψηλών συχνοτήτων (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2011).

Στο Σχήμα 23 παρουσιάζεται η παρουσία φύτευσης σ' ένα στεγασμένο και ένα ανοιχτό αίθριο.



(α)



(β)

Σχήμα 23. Παρουσία φύτευσης (α) στο στεγασμένο αίθριο του κτιρίου της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) στην οδό Πειραιώς, στην είσοδο του κτιρίου (προσωπική λήψη, 2013), και (β) στο ανοιχτό αίθριο του εμπορικού και επιχειρηματικού κέντρου "Πλατεία" στη Θεσσαλονίκη (ΥΛΗ & κτίριο, 2006)

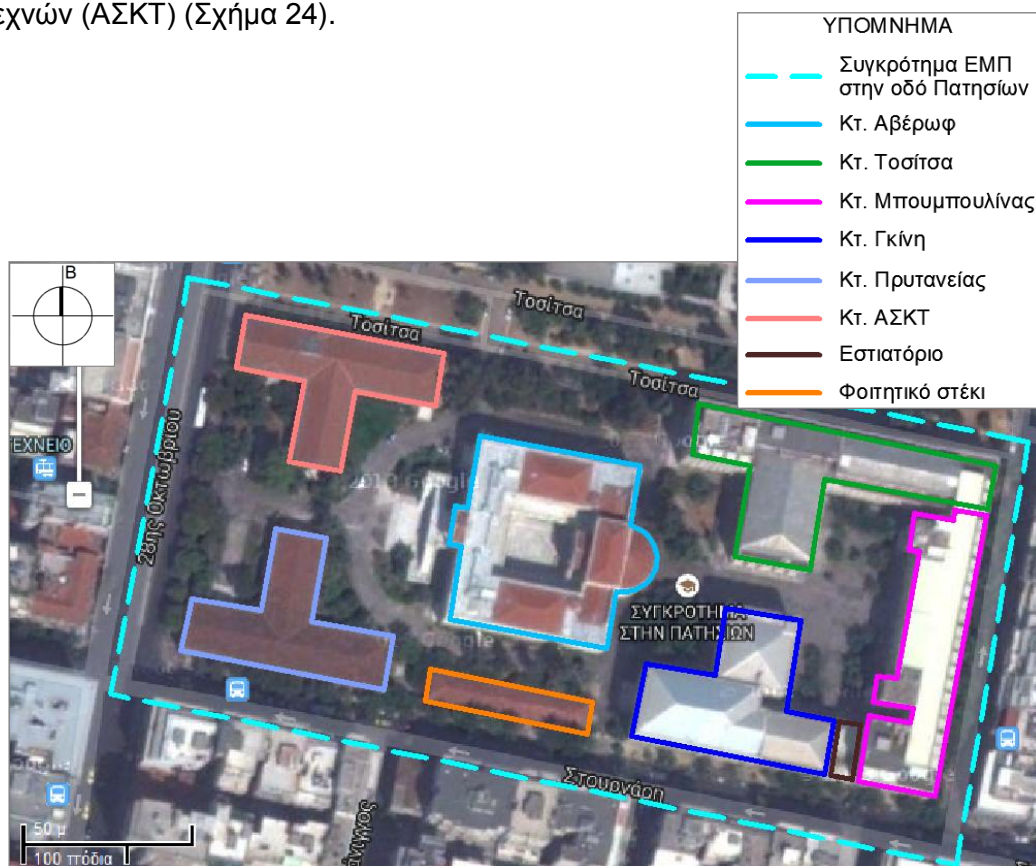
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η θέση του κτιρίου Αβέρωφ, περιγράφονται το αίθριο και οι χρήσεις του κτιρίου, παρέχεται πληροφορία για τα υλικά των δομικών του στοιχείων και δημιουργούνται διατομές από στρώσεις υλικών κάνοντας παραδοχές, οι οποίες στη συνέχεια θα εισαχθούν στο μοντέλο του κτιρίου στο Ecotect. Επιπλέον, παρέχεται πληροφορία που αφορά στον κλιματισμό των χώρων του κτιρίου. Τα ανωτέρω δεδομένα, στη συνέχεια θα εισαχθούν στο μοντέλο του κτιρίου στο Ecotect, με διαδικασία που περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

4.1 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο Αβέρωφ ανήκει στο συγκρότημα του ΕΜΠ που περιβάλλεται από τις οδούς Πατησίων, Τσοίτσα, Μπουμπουλίνας και Στουρνάρη. Αποτελεί το κεντρικό κτίριο του συγκροτήματος και περιβάλλεται από τα κτίρια Τσοίτσα, Μπουμπουλίνας, Γκίνη, το κτίριο της Πρυτανείας και της Ανωτάτης Σχολής Καλών Τεχνών (ΑΣΚΤ) (Σχήμα 24).



Σχήμα 24. Το συγκρότημα του ΕΜΠ στην οδό Πατησίων και η θέση του κτιρίου Αβέρωφ στο συγκρότημα (Google Maps, 2013)

Το κτίριο Αβέρωφ αποτελεί κτίριο με σημαντική ιστορική διαδρομή. Από την αρχική περίοδο της ιστορίας του και κατά τη διάρκειά της, δεν έπαψε να δέχεται τροποποιήσεις και προσαρμογές σε νέες ανάγκες. Την πρώτη δεκαετία του 2000 πραγματοποιήθηκε έργο αποκατάστασης του κτιρίου, για το οποίο το κτίριο Αβέρωφ απέσπασε το μεγάλο βραβείο της Europa Nostra για το 2012 (Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ, 2013).

Στα Σχήματα 25 και 26 απεικονίζονται η άποψη της Ροτόντας του κτιρίου από ανατολικά και η δυτική όψη του κτιρίου, αντίστοιχα.



Σχήμα 25. Άποψη της Ροτόντας του κτιρίου Αβέρωφ από ανατολικά
(προσωπική λήψη, 2014)



Σχήμα 26. Η δυτική όψη του κτιρίου Αβέρωφ (προσωπική λήψη, 2014)

4.2 ΤΟ ΑΙΘΡΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

4.2.1 Το αίθριο

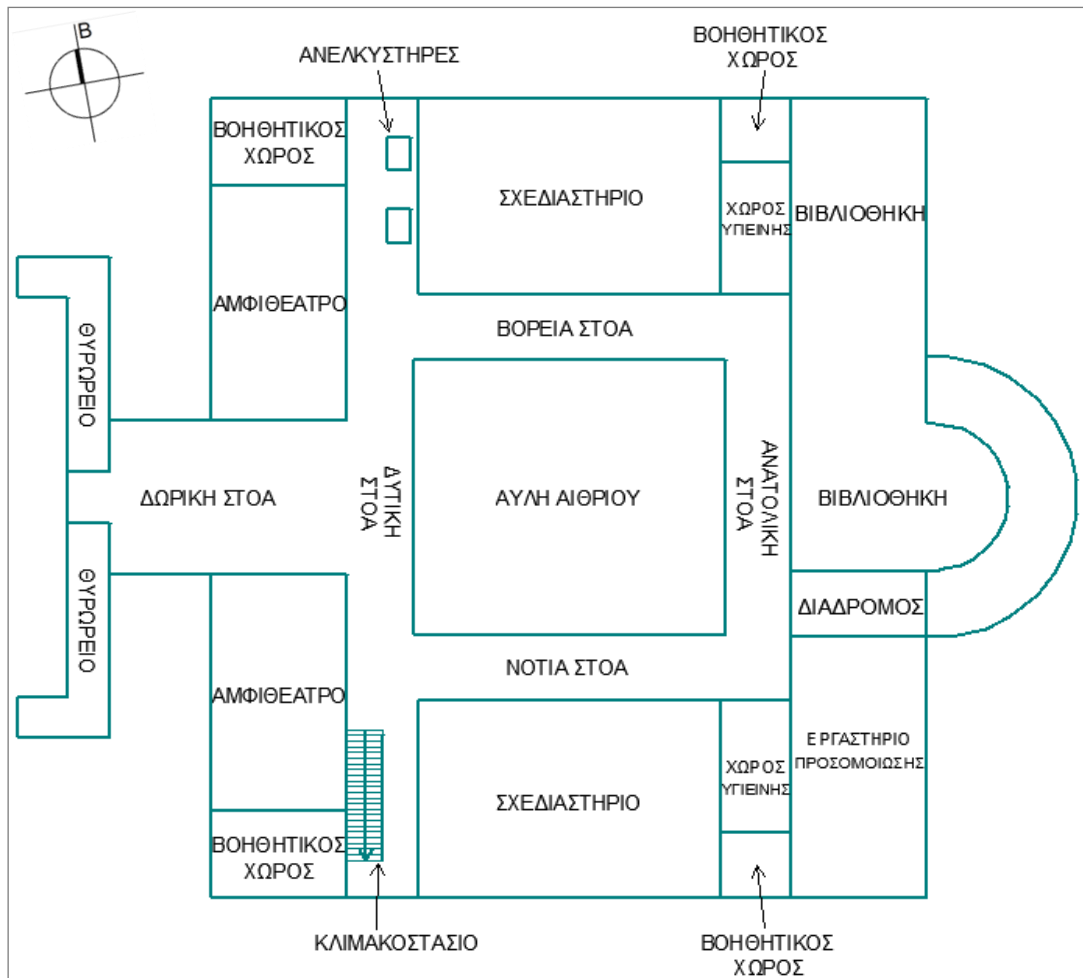
Το κτίριο Αβέρωφ είναι διώροφο και οι χώροι του οργανώνονται γύρω από ένα ανοιχτό αίθριο. Στο ισόγειο, περιμετρικά της αυλής του αιθρίου υπάρχει στοά, η στάθμη του δαπέδου κυκλοφορίας της οποίας, βρίσκεται στα +8,37m. Οι διαστάσεις της αυλής του αιθρίου στο επίπεδο του ισογείου είναι 19,56m × 17,27m (εμβαδό: 337,80m²), ενώ στο επίπεδο του ορόφου, το αίθριο διευρύνεται με διαστάσεις 28,08m × 25,37m (εμβαδό: 712,39m²). Το αίθριο προσθέτει πολλά πλεονεκτήματα στο κτίριο, όπως εξασφάλιση φυσικού φωτισμού και αερισμού, προσφέρει ευχάριστο χώρο για τους χρήστες του κτιρίου και αξιοποιείται για την πραγματοποίηση εκδηλώσεων και διαλέξεων. Στην αυλή του αιθρίου υπάρχουν φρεάτια για την απορροή των ομβρίων υδάτων που συγκεντρώνονται στην αυλή, τα οποία συλλέγονται στις υπόγειες δεξαμενές του κτιρίου. Στο αίθριο δε συναντάται χρήση υγρού στοιχείου ή παρουσία φύτευσης.

4.2.2 Οι χρήσεις του κτιρίου

4.2.2.α Ισόγειο

Για την πρόσβαση στο κτίριο υπάρχει μια είσοδος στη Ροτόντα που χρησιμοποιείται καθημερινά από τους χρήστες του κτιρίου και μια είσοδος στη δυτική πλευρά του κτιρίου. Στο ισόγειο του κτιρίου σήμερα στεγάζονται, η μία λειτουργική ενότητα της βιβλιοθήκης της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, 1 εργαστήριο προσομοίωσης, 2 σχεδιαστήρια, 2 αμφιθέατρα, 2 χώροι υγιεινής, 2 θυρωρεία, η δωρική στοά και βοηθητικοί χώροι. Ακόμη, στη νότια πλευρά υπάρχει κλιμακοστάσιο και στη βόρεια πλευρά 2 ανελκυστήρες, με σκοπό τη μετάβαση μεταξύ ισογείου και ορόφου. Οι χώροι του ισογείου οργανώνονται γύρω από την περιμετρική στοά του αιθρίου.

Στο Σχήμα 27 παρουσιάζονται οι χρήσεις του ισογείου, όπως διαμορφώνονται σήμερα. Το περίγραμμα των χώρων σχεδιάστηκε από τη συγγραφέα της εργασίας, παρέχοντας μόνο ποιοτική πληροφορία και όχι μετρητική. Για τη σχεδίαση του περιγράμματος χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο το σχέδιο που αποτυπώνει την κάτοψη του ισογείου το 2002, το οποίο δόθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ, τοποθετώντας όμως στο σχέδιο του Σχήματος 27 τις σημερινές χρήσεις του κτιρίου. Επιπλέον, στο Σχήμα 28 παρουσιάζεται η άποψη του αιθρίου από τη δυτική στοά του ισογείου.



Σχήμα 27. Οι χρήσεις στο ισόγειο του κτιρίου Αβέρωφ

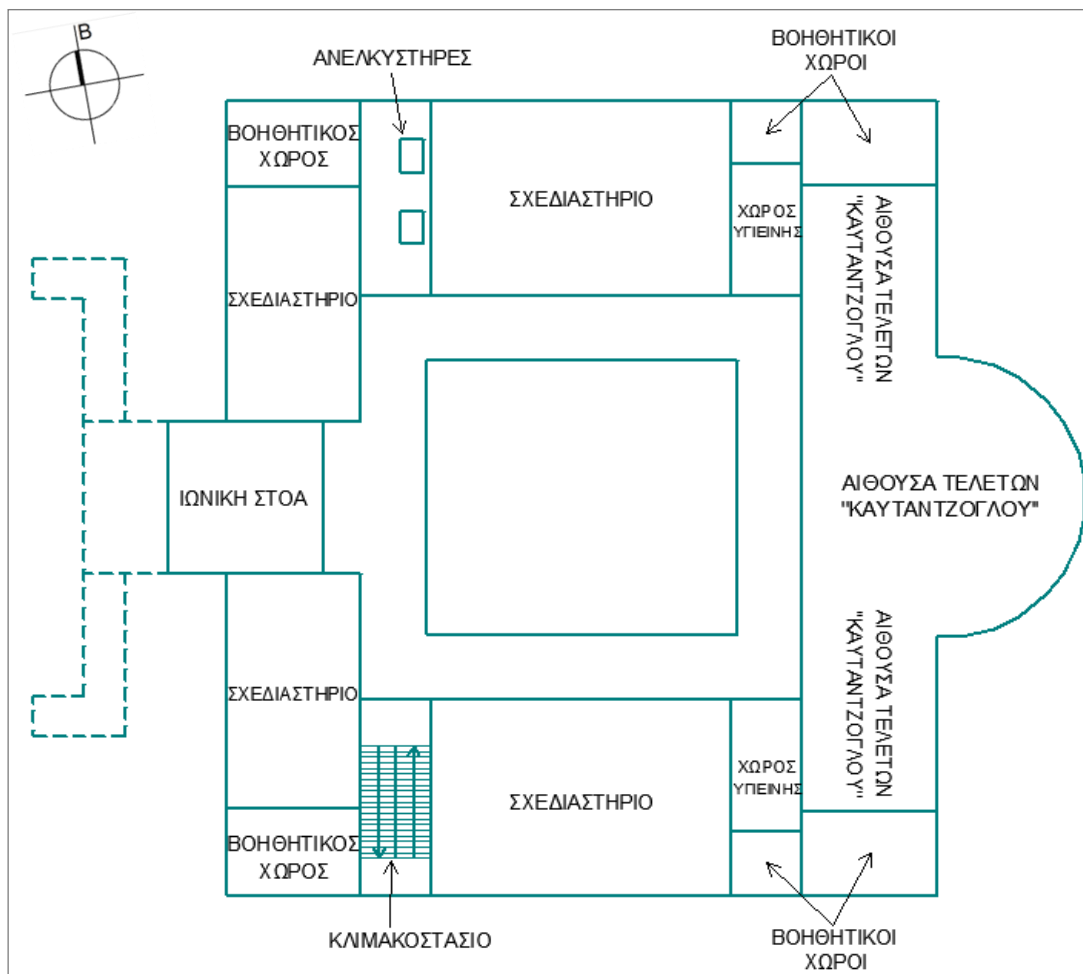


Σχήμα 28. Άποψη του αιθρίου από τη δυτική στοά του ισογείου (προσωπική λήψη, 2014)

4.2.2.β Όροφος

Στον όροφο του κτιρίου σήμερα στεγάζονται, η αίθουσα τελετών "Καυταντζόγλου" που περιλαμβάνει ένα υπερυψωμένο τμήμα ύψους περίπου 7m, 4 σχεδιαστήρια, 2 χώροι υγιεινής και βοηθητικοί χώροι. Επιπλέον, στη νότια και βόρεια πλευρά υπάρχουν το κλιμακοστάσιο και οι 2 ανελκυστήρες αντίστοιχα, για τη μετάβαση μεταξύ ισογείου και ορόφου. Ακόμη, πάνω από τη δωρική στοά του ισογείου βρίσκεται στον όροφο η ιωνική στοά που είναι εξ ολοκλήρου ανοιχτή προς τα δυτικά. Οι χώροι του ορόφου οργανώνονται γύρω από το αίθριο.

Στο Σχήμα 29 παρουσιάζονται οι χρήσεις του ορόφου, όπως διαμορφώνονται σήμερα. Το περίγραμμα των χώρων σχεδιάστηκε από τη συγγραφέα της εργασίας, παρέχοντας μόνο ποιοτική πληροφορία και όχι μετρητική. Για τη σχεδίαση του περιγράμματος χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο το σχέδιο που αποτυπώνει την κάτοψη του ορόφου το 2002, το οποίο δόθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ, τοποθετώντας όμως στο σχέδιο του Σχήματος 29 τις σημερινές χρήσεις του κτιρίου. Επιπλέον, στο Σχήμα 30 παρουσιάζεται η άποψη του ορόφου από τη δυτική πλευρά.



Σχήμα 29. Οι χρήσεις στον όροφο του κτιρίου Αβέρωφ



Σχήμα 30. Αποψη του ορόφου από τη δυτική πλευρά (προσωπική λήψη, 2014)

4.3 ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για τα υλικά του κτιρίου Αβέρωφ αντλήθηκαν πληροφορίες από τα σχέδια κατόψεων και τομών του κτιρίου που δόθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ, τα οποία αποτυπώνουν την κατάσταση του κτιρίου το 2002, και από επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε, με σκοπό τη διερεύνηση πιθανών αλλαγών μετά το έργο αποκατάστασης του κτιρίου. Για τις περιπτώσεις που δεν υπήρχε επαρκής πληροφορία για τα υλικά, έγιναν διάφορες παραδοχές και αντλήθηκαν πληροφορίες από το βιβλίο των Καλογερά κ. συν. (1999), με σκοπό τη δημιουργία διατομών από στρώσεις υλικών, οι οποίες στη συνέχεια θα εισαχθούν στα δομικά στοιχεία του μοντέλου στο Ecotect. Στο υποκεφάλαιο αυτό, περιγράφονται τα υλικά που τέθηκαν στις διατομές που δημιουργήθηκαν, και η διαδικασία εισαγωγής των διατομών στο μοντέλο του κτιρίου στο Ecotect, περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 5.5 του επόμενου κεφαλαίου.

- Πάτωμα ισογείου

Όσον αφορά στο πάτωμα του ισογείου, οι στρώσεις υλικών που τέθηκαν πάνω από το έδαφος είναι διαδοχικά, λιθόστρωση πάχους 30cm, οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 12cm και το τελικό δάπεδο. Στη βιβλιοθήκη, στο εργαστήριο προσομοίωσης και στα αμφιθέατρα, στο δάπεδο τέθηκε linoleum πάχους 3mm

επικολημένο στο πάτωμα με τσιμεντοκονίαμα πάχους 2,5cm. Στους χώρους υγιεινής, στο δάπεδο τοποθετήθηκαν κεραμικά πλακίδια πάχους 1cm επικολημένα στο πάτωμα με κονίαμα πάχους 2,5cm. Στο δάπεδο των θυρωρείων τέθηκε τσιμεντοκονίαμα πάχους 2,5cm. Στους υπόλοιπους χώρους του ισογείου και στην αυλή του αιθρίου, στο δάπεδο τέθηκε μάρμαρο πάχους 3cm επικολημένο στο πάτωμα με ασβεστοκονίαμα πάχους 2,5cm.

- Τοίχοι ισογείου και ορόφου

Στους τοίχους του ισογείου τοποθετήθηκε ένα μέσο πάχος διατομής, οι στρώσεις υλικών της οποίας είναι, λιθοδομή πάχους 1,20m και εκατέρωθεν επίχρισμα πάχους 1,5cm. Στους τοίχους περιμετρικά της αυλής του αιθρίου τέθηκαν τα ίδια υλικά με πάχος λιθοδομής 82cm. Στα εξωτερικά τοιχία της Ροτόντας στο ισόγειο, στην είσοδο της δωρικής στοάς και στα θυρωρεία, τέθηκε ένα μέσο πάχος διατομής, οι στρώσεις υλικών της οποίας είναι, λιθοδομή πάχους 65cm, μαρμαρεπένδυση στην εξωτερική πλευρά πάχους 35cm με μεσολάβηση ασβεστοκονιάματος πάχους 2,5cm και στην εσωτερική πλευρά επίχρισμα πάχους 1,5cm. Στους τοίχους του ορόφου τοποθετήθηκε ένα μέσο πάχος διατομής, οι στρώσεις υλικών της οποίας είναι, λιθοδομή πάχους 1,03m και εκατέρωθεν επίχρισμα πάχους 1,5cm.

- Πάτωμα ορόφου

Στους χώρους του ισογείου με θολωτή οροφή, όπως η βιβλιοθήκη, ο ημιυπαίθριος χώρος της Ροτόντας, ο διάδρομος στην είσοδο από τη Ροτόντα, το εργαστήριο προσομοίωσης, οι δύο βοηθητικοί γωνιακοί χώροι, τα δύο αμφιθέατρα, ο διάδρομος με τους ανελκυστήρες και η περιμετρική στοά του αιθρίου, οι στρώσεις υλικών που τοποθετήθηκαν από την οροφή τους μέχρι το δάπεδο των χώρων του ορόφου είναι διαδοχικά, επίχρισμα πάχους 1,5cm, λιθοδομή πάχους 65cm, ασβεστοκονίαμα πάχους 2,5cm και μάρμαρο πάχους 3cm. Οι ίδιες στρώσεις τέθηκαν από τη φατνωματική οροφή της δωρικής στοάς μέχρι το μαρμάρινο δάπεδο της ιωνικής στοάς, με πάχος λιθοδομής 1,00m. Στα δύο σχεδιαστήρια του ισογείου, οι στρώσεις που τοποθετήθηκαν από την οροφή τους μέχρι το δάπεδο των σχεδιαστηρίων του ορόφου είναι, επίχρισμα πάχους 1,5cm, πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 30cm, ασβεστοκονίαμα πάχους 2,5cm και μάρμαρο πάχους 3cm.

- Στέγαση

Τη στέγαση του κτιρίου αποτελούν το δώμα και οι στέγες. Οι φατνωματικές οροφές της αίθουσας τελετών και των δύο σχεδιαστηρίων στη βόρεια και νότια πλευρά του κτιρίου, καλύπτονται από στέγη και τα υλικά που τέθηκαν σε αυτές, από κάτω προς τα πάνω είναι, επίχρισμα πάχους 1,5cm και ξύλο πάχους 30cm. Στη θολωτή οροφή της αίθουσας τελετών που καλύπτεται από στέγη, από κάτω προς τα πάνω τέθηκαν, επίχρισμα πάχους 1,5cm και λιθοδομή πάχους 30cm.

Όσον αφορά στο δώμα, το υλικό του δαπέδου είναι οι μαρμάρινες πλάκες και με παραδοχή που έγινε, δεν τέθηκε θερμομόνωση. Στα δύο σχεδιαστήρια και στους δύο βοηθητικούς γωνιακούς χώρους του ορόφου στη δυτική πλευρά του κτιρίου που έχουν θολωτή οροφή, όπως επίσης στο διάδρομο με τους ανελκυστήρες και το συμμετρικό χώρο του κλιμακοστασίου του ορόφου που έχουν φατνωματική οροφή, τα υλικά που τοποθετήθηκαν από την οροφή τους μέχρι το δάπεδο του δωματός είναι, επίχρισμα πάχους 1,5cm, λιθοδομή πάχους 65cm, ασβεστοκονίαμα πάχους 2,5cm και μαρμάρινες πλάκες πάχους 3cm. Στους δύο βοηθητικούς γωνιακούς χώρους του ορόφου στην ανατολική πλευρά του κτιρίου, τα υλικά που τέθηκαν από την οροφή τους μέχρι το δάπεδο του δωματός είναι, επίχρισμα πάχους 1,5cm, πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 30cm, ασβεστοκονίαμα πάχους 2,5cm και μαρμάρινες πλάκες πάχους 3cm. Όσον αφορά στην ιωνική στοά, από την οροφή της έως το δάπεδο του δωματός, τέθηκαν τα ίδια υλικά και πάχη με το πάτωμα της ιωνικής στοάς.

Στις στέγες του κτιρίου, από μέσα προς τα έξω τοποθετήθηκαν, ξύλο πάχους 30cm, κενό αέρα πάχους 7,5cm (η στρώση αυτή περιλαμβάνει τις ξύλινες δοκίδες για τη στήριξη των κεραμιδιών) και πήλινα κεραμίδια.

- Παράθυρα

Τα παράθυρα του κτιρίου αποτελούνται από δύο υαλοπίνακες τοποθετημένους σε ξύλινο πλαίσιο.

4.4 Ο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Οι κύριοι χώροι του κτιρίου που κλιματίζονται είναι, η βιβλιοθήκη, το εργαστήριο προσομοίωσης, τα σχεδιαστήρια, τα αμφιθέατρα και η αίθουσα τελετών. Ο κλιματισμός των χώρων αυτών ρυθμίζεται από το σύστημα BMS (Building Management System) που διαχειρίζεται την κατανάλωση ενέργειας, έτσι ώστε η λειτουργία του συστήματος κλιματισμού να περιορίζεται μόνο στις ώρες που απαιτείται, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες των χώρων και παράλληλα, την εξοικονόμηση ενέργειας. Στους χώρους που κλιματίζονται, υπάρχουν περσίδες και στόμια κλιματισμού και εξαερισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ECOTECT

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το πρόγραμμα Ecotect για την πραγματοποίηση θερμικών αναλύσεων του κτιρίου Αβέρωφ. Στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιείται η προσομοίωση του κτιρίου στο Ecotect που περιλαμβάνει, τη σχεδίαση του μοντέλου του κτιρίου, την εισαγωγή υλικών στα δομικά του στοιχεία, την πραγματοποίηση ρυθμίσεων στις ζώνες του κτιρίου, και εισάγονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο, ο προσανατολισμός του και η κατηγορία της περιοχής. Για τα ανωτέρω στάδια που ακολουθήθηκαν, αντλήθηκαν πληροφορίες για τη χρήση του προγράμματος από τις οδηγίες που παρέχει το πρόγραμμα στο μενού *Help*.

5.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΣΤΟ ECOTECT

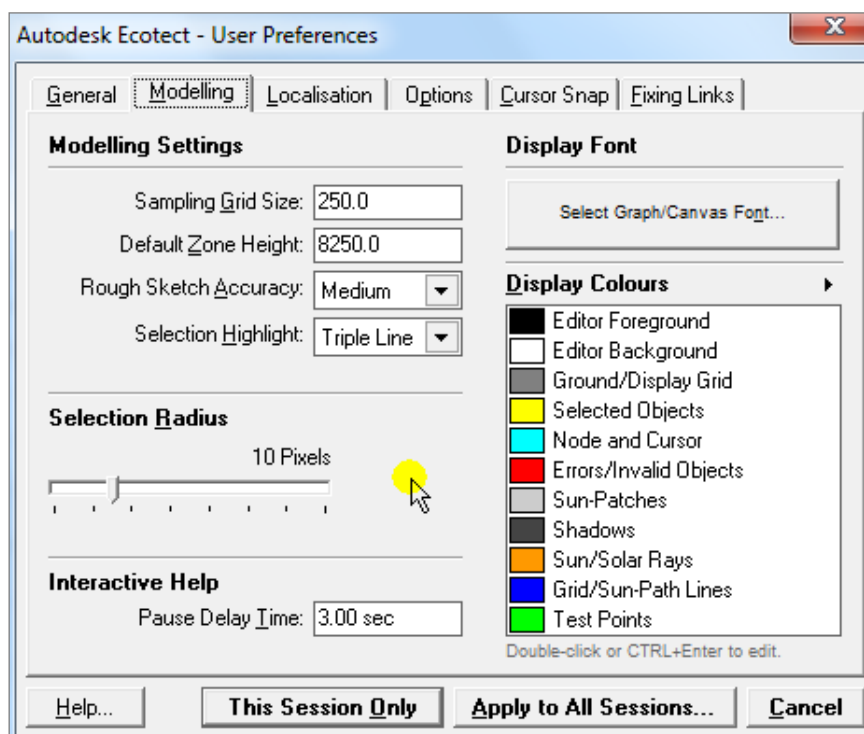
Η ζώνη στο Ecotect μπορεί να οριστεί είτε ως θερμική (*Thermal*), είτε μη θερμική (*Non - Thermal*). Μια θερμική ζώνη αποτελεί ένα κλειστό χώρο του κτιρίου που περικλείεται από επίπεδα αντικείμενα, τα οποία διαμορφώνουν το δάπεδο, τους τοίχους, την οροφή ή στέγη της. Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των διαφορετικών τύπων επιφάνειας, εφόσον η ζώνη είναι κλειστή σε όλες τις πλευρές, με επαρκή γεωμετρία που επιτρέπει τον υπολογισμό του όγκου της. Αν η ζώνη είναι μερικώς ανοιχτή προς τον εξωτερικό χώρο, το άνοιγμα ορίζεται με το αντικείμενο *Void*. Οι μη θερμικές ζώνες δεν εμφανίζονται στους καταλόγους επιλογής πολλών υπολογισμών και δε συμμετέχουν στον υπολογισμό του όγκου, της θερμοκρασίας ή του θερμικού φορτίου.

Ένα μοντέλο περιέχει πάντα μια εξωτερική ζώνη (*Outside Zone*), η οποία δημιουργείται αυτόματα στο μοντέλο και δεν μπορεί να αφαιρεθεί ή να μετονομαστεί. Ορίζεται πάντα ως μη θερμική, διότι δεν μπορεί να έχει όγκο (θεωρείται ότι είναι άπειρη) και η θερμοκρασία της λαμβάνεται κατευθείαν ως η θερμοκρασία ξηρού βολβού στο τρέχον αρχείο κλιματικών δεδομένων. Σε *Non - Thermal Zones* ή στην *Outside Zone* πρέπει να ανήκουν κάποια αντικείμενα, όπως για παράδειγμα τα εξωτερικά σκίαστρα. Αυτό συμβαίνει, διότι αν ανήκουν σε μια θερμική ζώνη, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε αυτά προστίθεται λανθασμένα στο συνολικό έμμεσο ηλιακό φορτίο της ζώνης και τα σκίαστρα αποτελούν μέρος της επιφάνειας

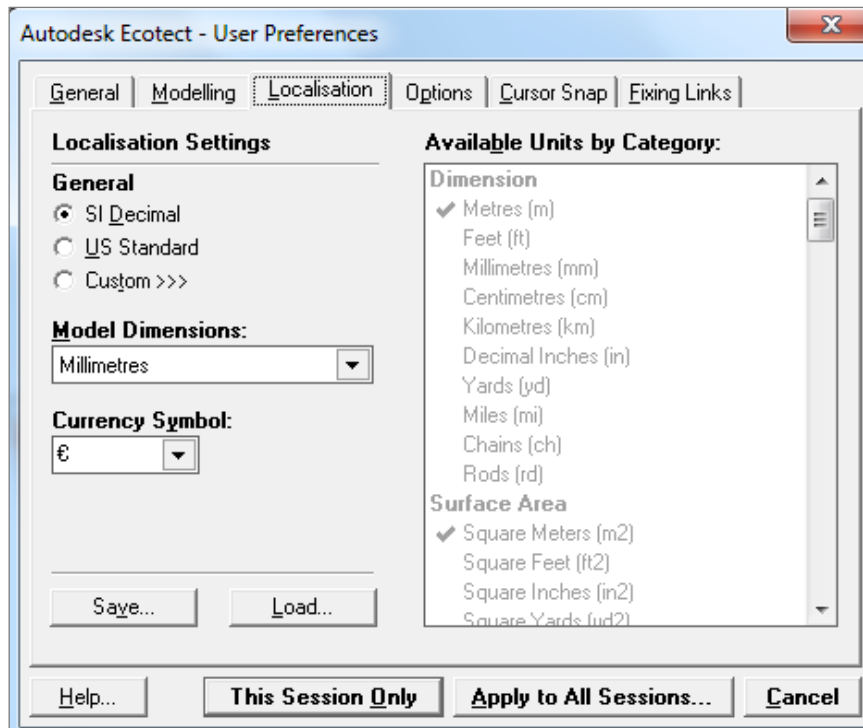
της ζώνης. Όταν όμως ανήκουν σε *Non - Thermal Zones* ή στην *Outside Zone*, η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτά δε λαμβάνεται υπόψη, αλλά παρέχουν σκιά και αντανακλούν το φως σε αντικείμενα άλλων ζωνών.

5.2 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν ρυθμίσεις επιλέγοντας *File* → *User Preferences*. Επιλέχτηκε η καρτέλα *Modelling*, στην οποία ορίστηκε το ύψος των ζωνών του κτιρίου (*Default Zone Height*), θέτοντας αρχικά *Default Zone Height: 8250mm*, που αποτελεί το ύψος των ζωνών του ισογείου (Σχήμα 31α). Για τη σχεδίαση των ζωνών του ορόφου τέθηκε *Default Zone Height: 9300mm*. Επιπλέον, στην καρτέλα *Localisation* επιλέχθηκαν οι μονάδες του συστήματος SI και η χρήση των *millimetres* για τη σχεδίαση του μοντέλου και τη μέτρηση των διαστάσεών του (Σχήμα 31β). Για την τροποποίηση των ρυθμίσεων προσωρινά για την τρέχουσα περίοδο, επιλέχθηκε *This Session Only*. Η επιλογή *Apply to All Sessions* γίνεται σε περίπτωση αποθήκευσης των ρυθμίσεων ως προεπιλεγμένες τιμές εκκίνησης για τις επόμενες φορές χρήσης του προγράμματος.



(α)

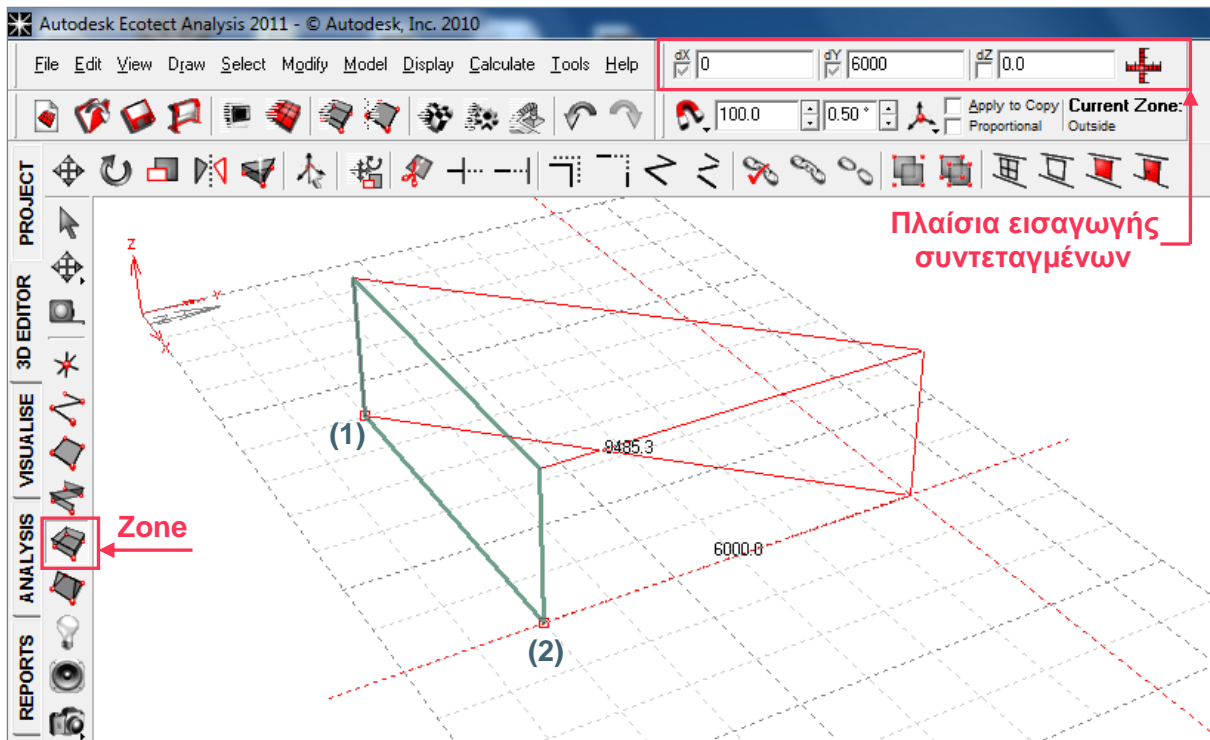


(β)

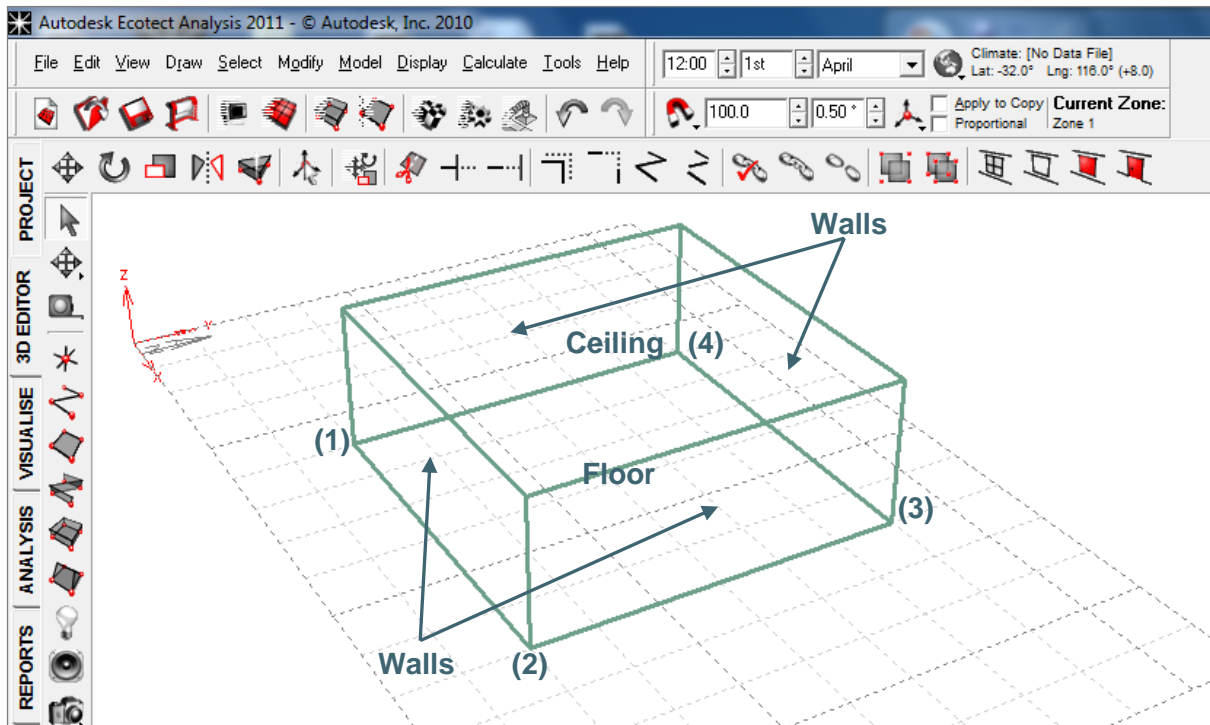
Σχήμα 31. Η καρτέλα (α) *Modelling*, στην οποία ρυθμίζεται το ύψος της ζώνης και (β) *Localisation*, στην οποία ορίζονται οι μονάδες σχεδίασης και μέτρησης των διαστάσεων του μοντέλου

Στη συνέχεια, έγινε η εισαγωγή του περιγράμματος των χώρων του ισογείου, το οποίο παρουσιάστηκε στο Σχήμα 27 της ενότητας 4.2.2.α του προηγούμενου κεφαλαίου, από το AutoCAD στο Ecotect και ακολούθως, σχεδιάστηκαν οι ζώνες του ισογείου. Ο σχεδιασμός κάθε ζώνης έγινε, επιλέγοντας το κουμπί *Zone* που βρίσκεται αριστερά στη γραμμή εργαλείων σχεδίασης, εισάγοντας τον πρώτο (1) κόμβο, το δεύτερο (2), τον τρίτο (3) και τον τέταρτο (4), που οριοθετούν το περίγραμμα κάθε χώρου και τελικά, επιλέγοντας *Escape*. Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού της ζώνης, εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής του ονόματος της ζώνης.

Σε περίπτωση που δεν είχε εισαχθεί το περίγραμμα των χώρων από το AutoCAD, για την εισαγωγή των κόμβων θα χρησιμοποιούνταν τα πλαίσια εισαγωγής συντεταγμένων κάθε κόμβου. Για κάθε νέο κόμβο που εισάγεται με τον τρόπο αυτό, τίθενται στα πλαίσια οι σχετικές συντεταγμένες του ως προς τον τελευταίο τοποθετημένο κόμβο (Σχήμα 32α). Κάθε ζώνη που δημιουργείται, αποτελείται από το δάπεδο (*Floor*), τους τοίχους (*Walls*) και την οροφή της (*Ceiling*) (Σχήμα 32β). Μετά τη σχεδίαση των ζωνών του ισογείου, σχεδιάστηκαν οι ζώνες του ορόφου έχοντας ορίσει το νέο ύψος τους.



(α)



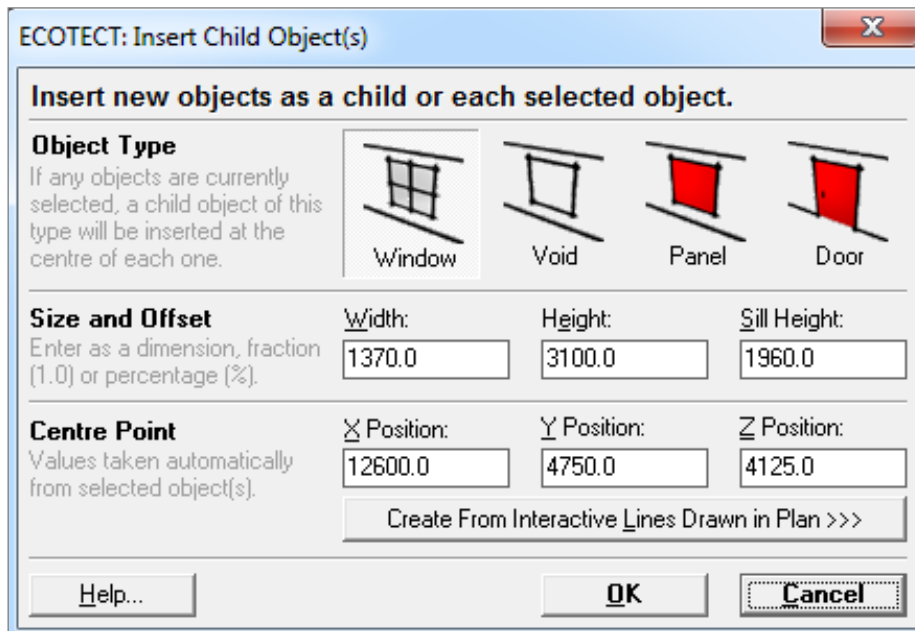
(β)

Σχήμα 32. (α) Η διαδικασία σχεδιασμού μιας ζώνης διαστάσεων 6m x 6m και (β) η διαμόρφωση της ζώνης με τα στοιχεία που την αποτελούν

5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ, ΠΟΡΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ

Για τη σχεδίαση ενός παραθύρου (*Window*), αρχικά επιλέχθηκε το αντικείμενο εντός του οποίου θα γινόταν η εισαγωγή του παραθύρου. Στη συνέχεια, επιλέχθηκε *Draw* → *Insert Child Object* και στο παράθυρο που εμφανίστηκε (Σχήμα 33), επιλέχθηκε ο τύπος αντικειμένου *Window* και έγινε εισαγωγή των διαστάσεων του παραθύρου (*Width*, *Height*) και της απόστασης *Sill Height* που αναφέρεται στην απόσταση από τη βάση του *parent* αντικειμένου (αντικείμενο στο οποίο γίνεται η εισαγωγή του παραθύρου) μέχρι τη βάση του παραθύρου. Η προκαθορισμένη θέση του παραθύρου είναι στο κέντρο του *parent* αντικειμένου. Σε περίπτωση εισαγωγής των κόμβων του παραθύρου με το χέρι, αφού γίνεται η επιλογή του *parent* αντικειμένου, επιλέγεται *Draw* → *Window* και σχεδιάζεται το παράθυρο εντός του επιπέδου του *parent* αντικειμένου.

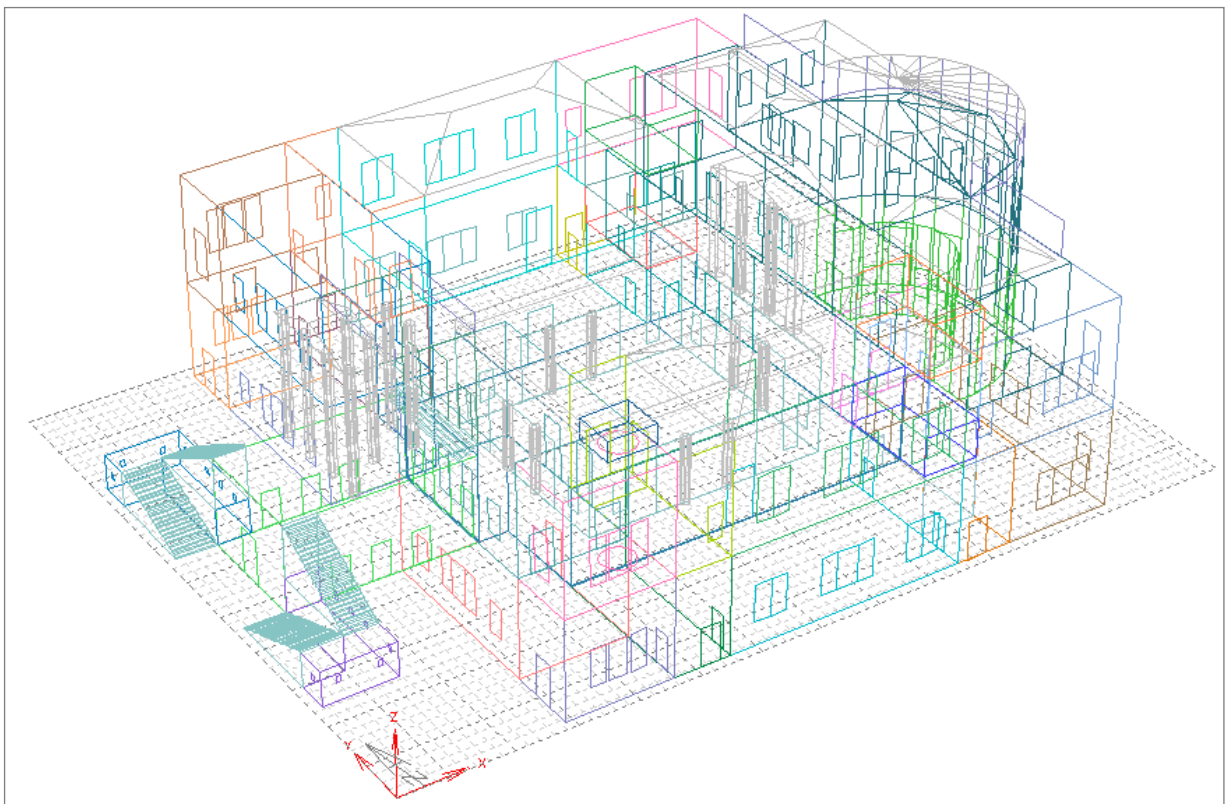
Ομοίως, σχεδιάστηκαν τα ανοίγματα του κτιρίου, επιλέγοντας τον τύπο αντικειμένου *Void*. Με όμοιο τρόπο σχεδιάστηκαν και οι πόρτες, επιλέγοντας τον τύπο αντικειμένου *Door*. Η βάση της πόρτας τοποθετείται στη μικρότερη τιμή Z του *parent* αντικειμένου, αφήνοντας ωστόσο μια απόσταση 10mm από τη βάση του, έτσι ώστε όλοι οι κόμβοι της πόρτας να είναι εντός του *parent* αντικειμένου.



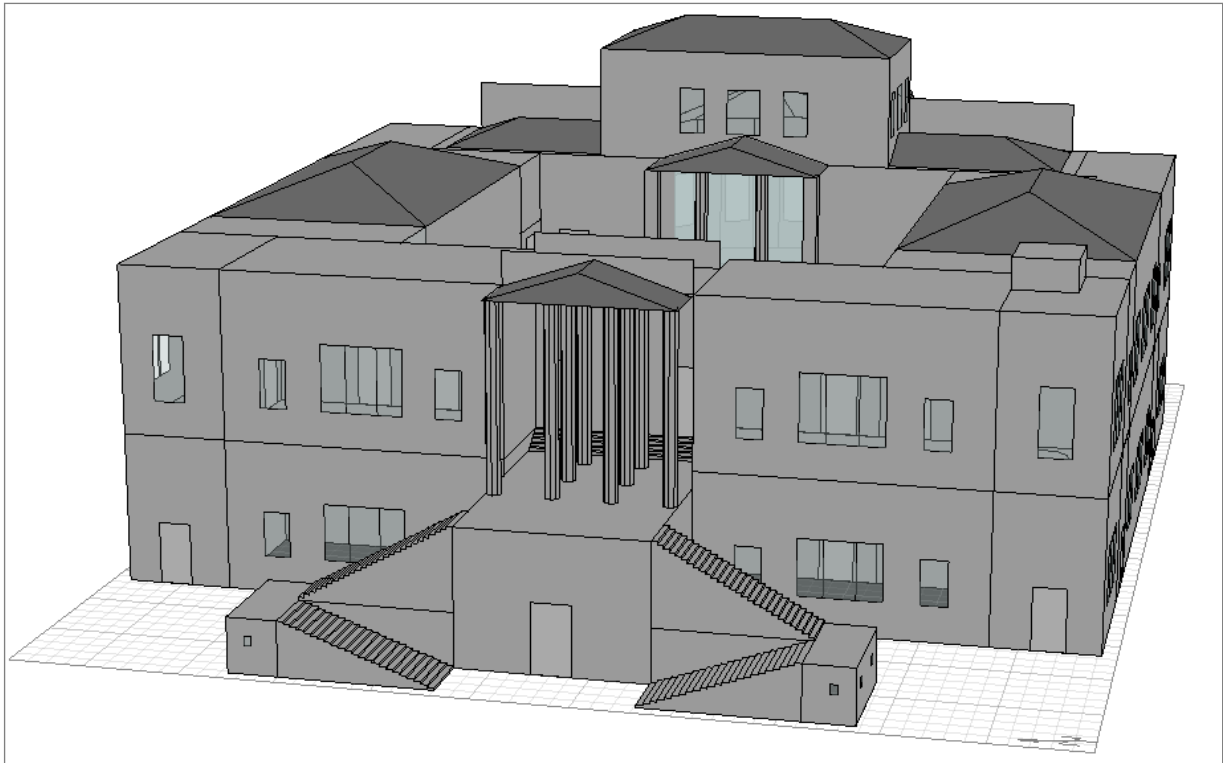
Σχήμα 33. Το παράθυρο για την εισαγωγή παραθύρου, ανοίγματος, πάνελου και πόρτας σε επιλεγμένα αντικείμενα

5.4 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΒΕΡΩΦ

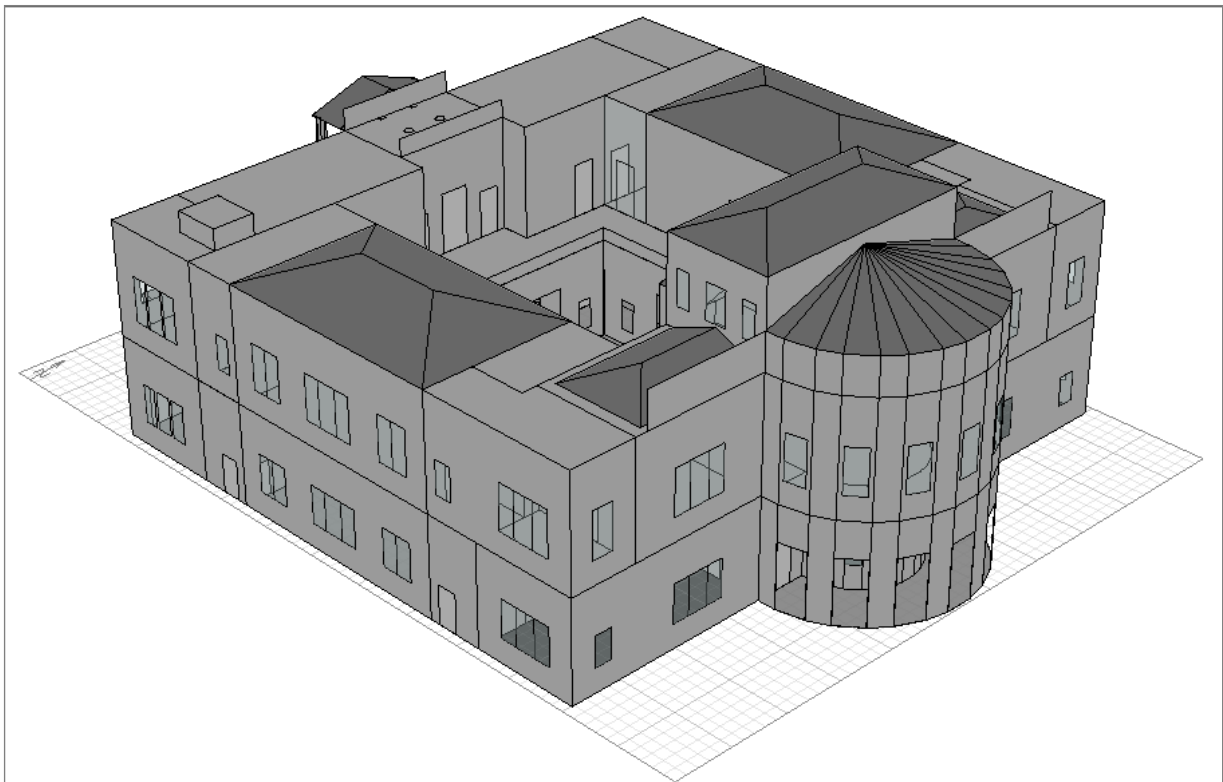
Το μοντέλο του κτιρίου Αβέρωφ όπως διαμορφώθηκε, περιλαμβάνει τις ζώνες με τα παράθυρα, τις πόρτες και τα ανοίγματά τους, τις στέγες που ανήκουν σε μια μη θερμική ζώνη και κάποια άλλα αντικείμενα. Ορισμένα αντικείμενα, όπως οι σκάλες και οι κίνες, σχεδιάστηκαν μόνο για την τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου και δε συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο όταν πραγματοποιήθηκαν οι θερμικές αναλύσεις. Στα Σχήματα 34, 35, 36 και 37, απεικονίζονται διάφορες απόψεις του διαμορφωμένου μοντέλου του κτιρίου Αβέρωφ.



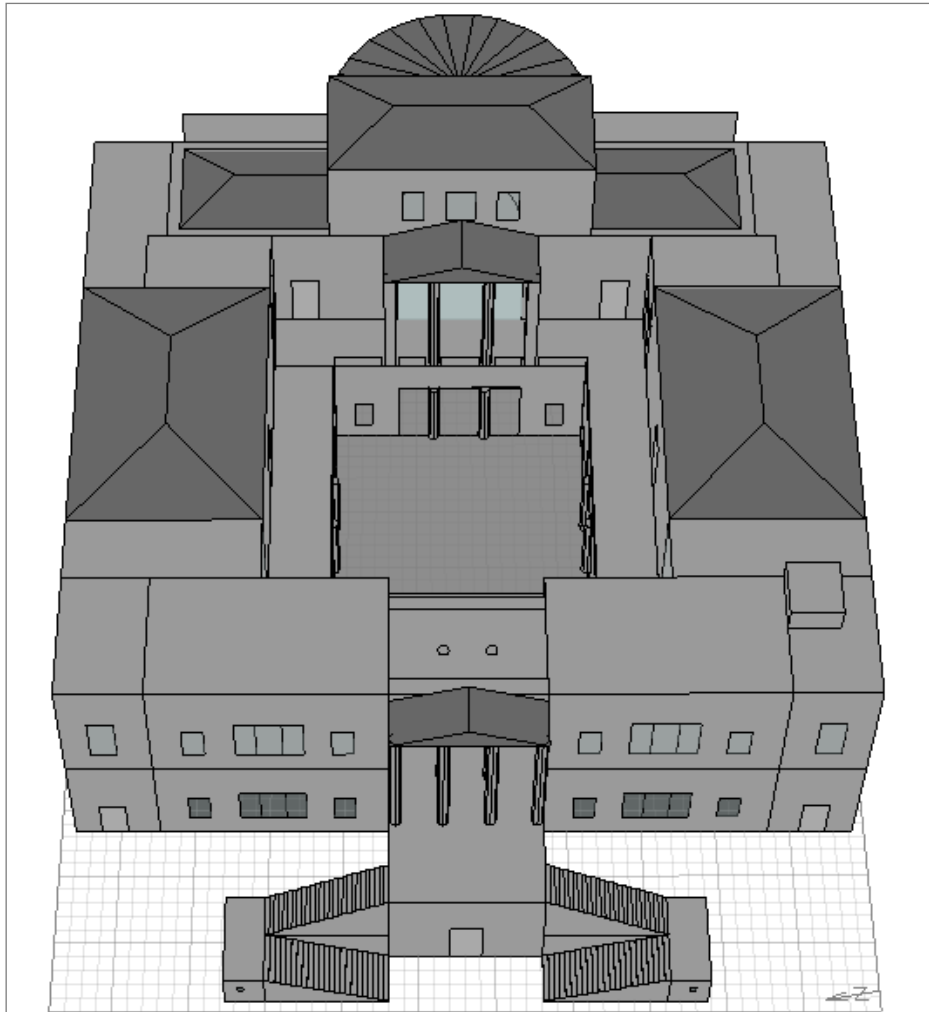
Σχήμα 34. Το μοντέλο του κτιρίου Αβέρωφ, όπως σχεδιάστηκε στο Ecotect



Σχήμα 35. Άποψη του κτιρίου Αβέρωφ από τη δύση



Σχήμα 36. Άποψη του κτιρίου Αβέρωφ από νοτιοανατολικά

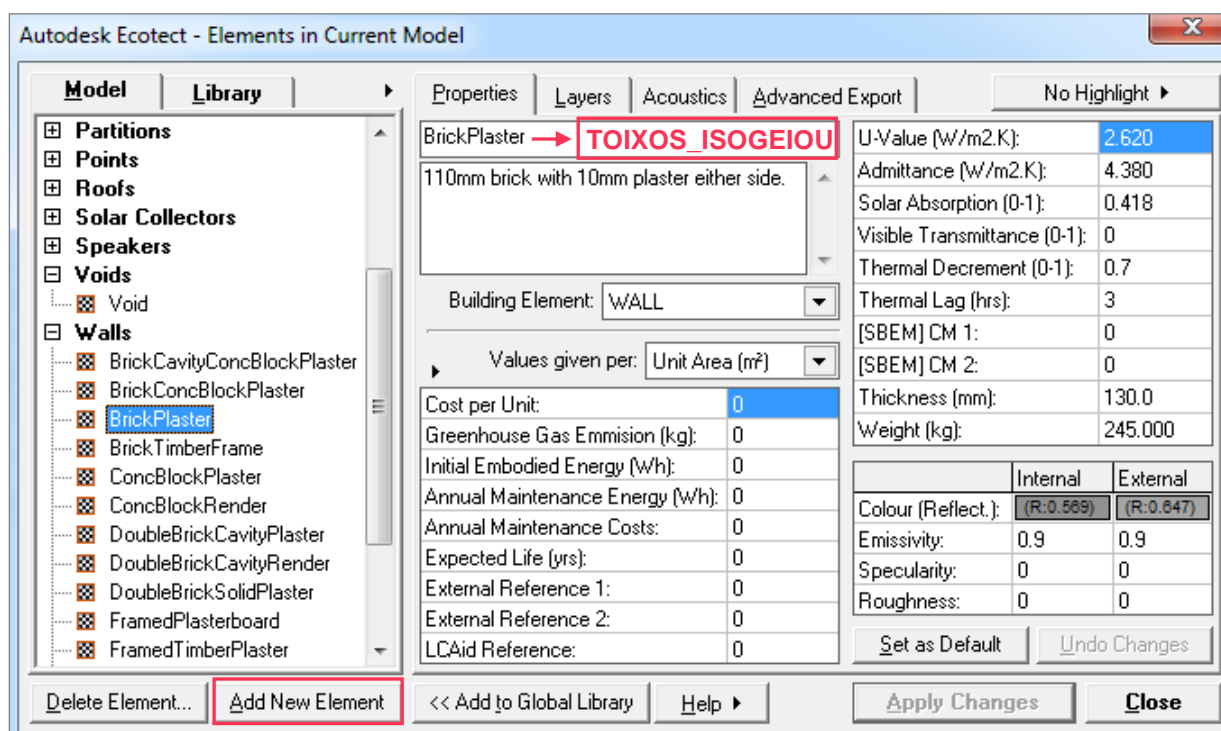


Σχήμα 37. Άποψη του αιθρίου του κτιρίου Αβέρωφ από πάνω και δυτικά

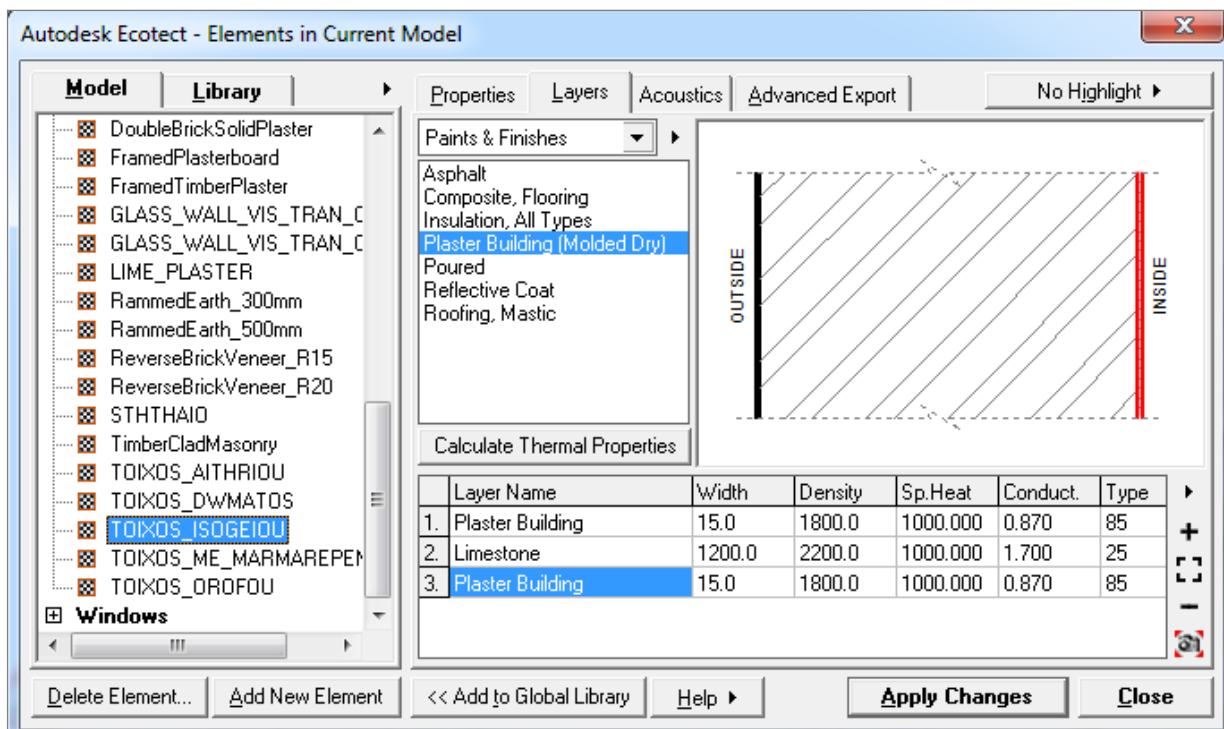
5.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΑΠΟ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το πρόγραμμα Ecotect διαθέτει ορισμένες διατομές από στρώσεις υλικών στις κατηγορίες δομικών στοιχείων που περιλαμβάνει. Στο μοντέλο του υπό μελέτη κτιρίου, εισήχθησαν νέες διατομές στα δομικά του στοιχεία, οι στρώσεις υλικών των οποίων περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 4.3. Η διαδικασία εισαγωγής μιας νέας διατομής στον κατάλογο των διατομών για το τρέχον μοντέλο, παρουσιάζεται μέσω του παραδείγματος εισαγωγής της διατομής του μέσου τοίχου του ισογείου του κτιρίου, οι στρώσεις υλικών της οποίας είναι λιθοδομή πάχους 1,20m και εκατέρωθεν επίχρισμα πάχους 1,5cm.

Επιλέγοντας *Model* → *Element Library*, εμφανίζεται το παράθυρο με τις κατηγορίες αντικειμένων στις οποίες περιέχονται ορισμένες διατομές. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα, αρχικά, από την κατηγορία *Walls* επιλέχθηκε μία από τις υπάρχουσες διατομές. Στην καρτέλα *Properties* δόθηκε η ονομασία της νέας διατομής, στο συγκεκριμένο παράδειγμα "*ΤΟΙΧΟΣ_ISOΓΕΙΟΥ*" (Σχήμα 38), και επιλέγοντας *Add New Element* προστέθηκε η νέα διατομή στην κατηγορία *Walls* για το τρέχον μοντέλο. Στη συνέχεια, έγιναν τροποποιήσεις στη νέα διατομή "*ΤΟΙΧΟΣ_ISOΓΕΙΟΥ*", ξεκινώντας από την καρτέλα *Layers* όπου τοποθετήθηκαν οι στρώσεις των υλικών της. Οι στρώσεις της παλιάς διατομής διαγράφηκαν πατώντας στα *Layers* δεξί κλικ και *Delete Layer*. Για τη νέα διατομή, επιλέχθηκε η στρώση του επιχρίσματος από *Paints & Finishes* → *Plaster Building (Molded Dry)* και πατώντας σε αυτή δεξί κλικ και *Add To Layers*, προστέθηκε στα *Layers*. Ομοίως, προστέθηκε στα *Layers* η στρώση της λιθοδομής από *Masonry & Stone* → *Limestone* και προστέθηκε ξανά η στρώση του επιχρίσματος (Σχήμα 39).



Σχήμα 38. Η διαδικασία εισαγωγής μιας νέας διατομής στον κατάλογο των διατομών για το τρέχον μοντέλο

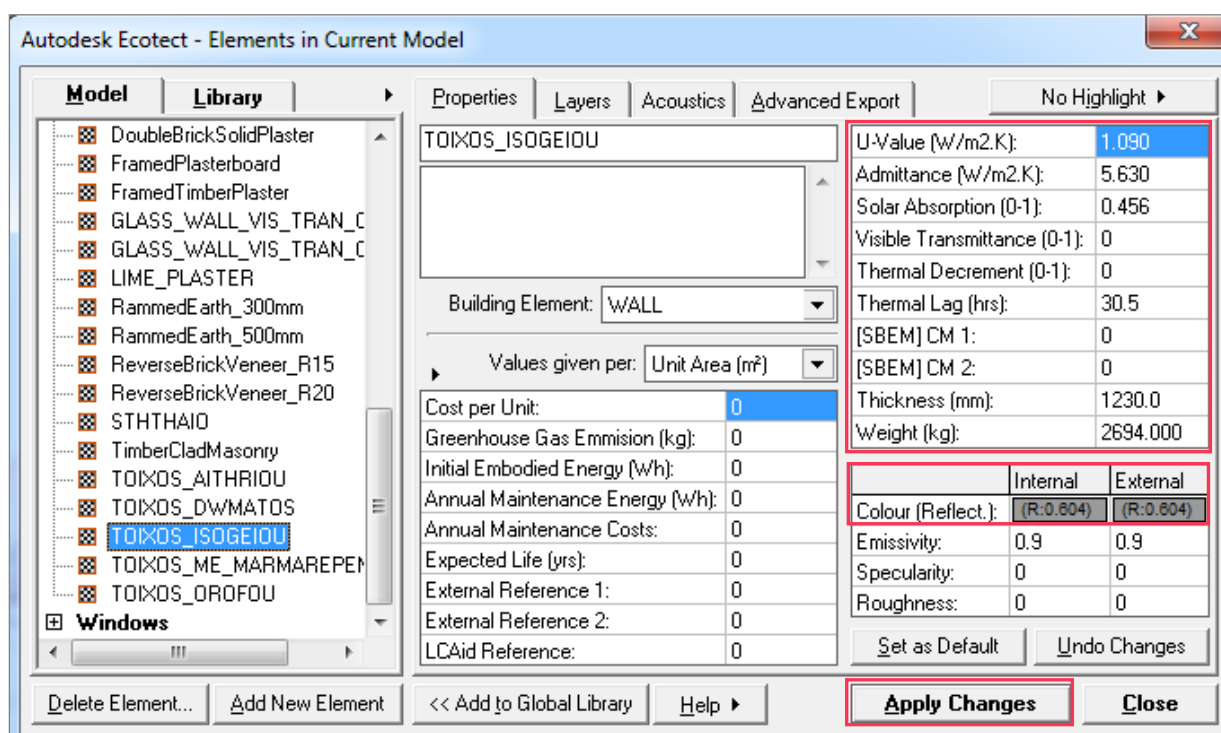


Σχήμα 39. Η εισαγωγή των στρώσεων των υλικών της νέας διατομής

Σε κάθε στρώση υλικού τέθηκε το πάχος του (*Width*), η πυκνότητά του (*Density*), η ειδική θερμοχωρητικότητά του (*Specific Heat*) και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς του (*Thermal Conductivity*). Για τις τρεις τελευταίες ιδιότητες, σε κάθε στρώση υλικού τέθηκαν οι τιμές που ορίζονται στον Πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 του Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2010). Στη συνέχεια, επιλέγοντας *Calculate Thermal Properties*, ανανεώθηκαν οι θερμικές ιδιότητες της νέας διατομής "TOIXOS_ISOGEIOU", οι οποίες εμφανίζονται στην καρτέλα *Properties* (Σχήμα 40). Ωστόσο, επειδή η χρονική υστέρηση μετάδοσης της θερμότητας (*Thermal Lag*) των διατομών δεν υπολογίζεται από το πρόγραμμα, υπολογίστηκε για κάθε διατομή με τη βοήθεια του Πίνακα 3.4 της Διπλωματικής εργασίας του Γιαννακόπουλου (2006) και τέθηκε στο πρόγραμμα.

Επιπλέον, ορίστηκαν οι τιμές της ανακλαστικότητας των επιφανειών των δομικών στοιχείων στα κουτιά *Internal* και *External* του *Colour (Reflect.)* (Σχήμα 40). Τροποποιώντας την ανακλαστικότητα της εξωτερικής επιφάνειας του δομικού στοιχείου, ανανεώνεται η τιμή του ποσοστού απορρόφησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (*Solar Absorption*) από την επιφάνειά του, ύστερα από ερώτημα που θέτει το πρόγραμμα. Για την ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα των επιφανειών των δομικών στοιχείων, αντλήθηκε πληροφορία από τον Πίνακα 3.14. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 του Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2012).

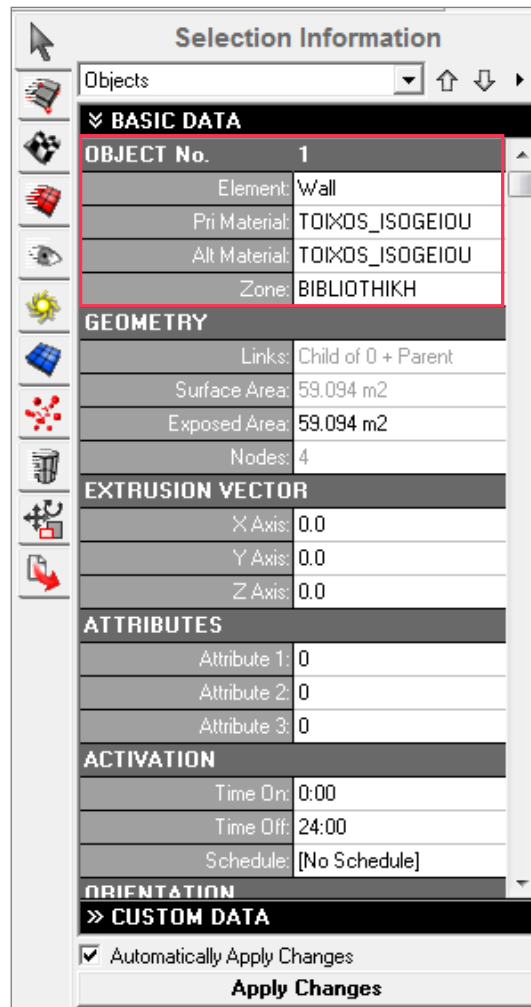
Αφού ορίστηκαν τα υλικά και προσδιορίστηκαν οι ανωτέρω ιδιότητες σε κάθε νέα διατομή, αποθηκεύτηκαν σε αυτή επιλέγοντας *Apply Changes*.



Σχήμα 40. Οι θερμικές ιδιότητες και η ανακλαστικότητα των επιφανειών της νέας διατομής

Στη συνέχεια, στην καρτέλα *Selection Information* που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του παραθύρου του προγράμματος, τέθηκαν οι διατομές στα αντικείμενα των ζωνών του κτιρίου (Σχήμα 41).

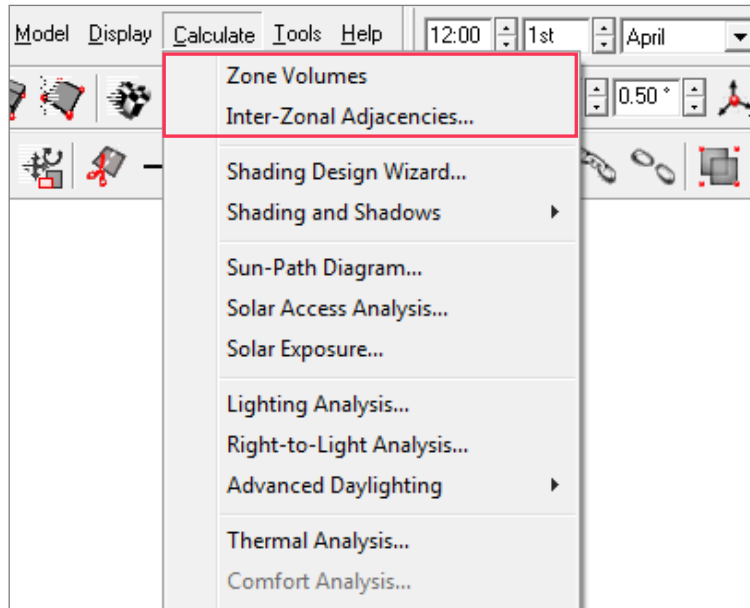
Στις οροφές (*Ceilings*) των ζωνών του ισογείου και στα δάπεδα (*Floors*) των ζωνών του ορόφου που επικαλύπτουν η μία επιφάνεια την άλλη, τέθηκε η ίδια διατομή υλικών που περιλαμβάνει τις στρώσεις υλικών του πατώματος του ορόφου, δηλαδή τις στρώσεις από την οροφή των χώρων του ισογείου μέχρι το δάπεδο των χώρων στην αντίστοιχη θέση στον όροφο. Ομοίως, στους τοίχους (*Walls*) μεταξύ γειτονικών ζωνών που επικαλύπτουν ο ένας τον άλλο, τέθηκε η ίδια διατομή υλικών που περιλαμβάνει τις στρώσεις υλικών του κοινού τοίχου των ζωνών.



Σχήμα 41. Το τμήμα, όπου ορίζεται η διατομή υλικών σε κάθε αντικείμενο του μοντέλου


5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΓΕΙΤΝΙΑΣΗΣ ΤΟΥΣ

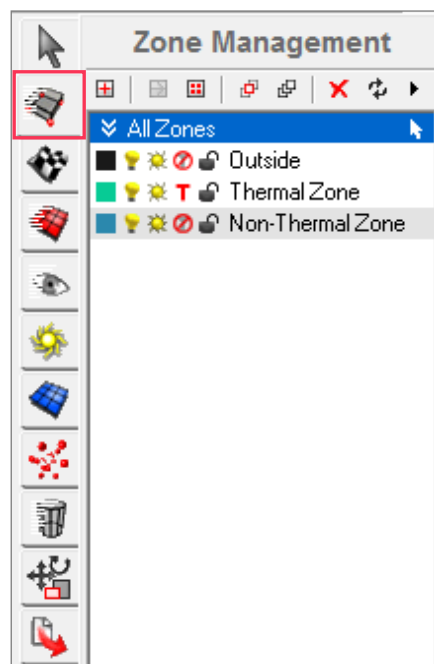
Ο υπολογισμός του όγκου των ζωνών έγινε, επιλέγοντας *Calculate* → *Zone Volumes* (Σχήμα 42). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του μοντέλου επιλέγοντας *Calculate* → *Inter-Zonal Adjacencies*, με τον οποίο ελέγχεται η γειτνίαση μεταξύ των ζωνών, ελέγχοντας αν δύο επιφάνειες σε διαφορετικές ζώνες επικαλύπτουν η μία την άλλη. Όταν κατά τη διάρκεια του ελέγχου το πρόγραμμα εντοπίζει κάποιο σφάλμα, αναφέρει τα αντικείμενα στα οποία εντοπίζεται το σφάλμα.



Σχήμα 42. Υπολογισμός του όγκου των ζωνών και έλεγχος της γειτνιάσής τους

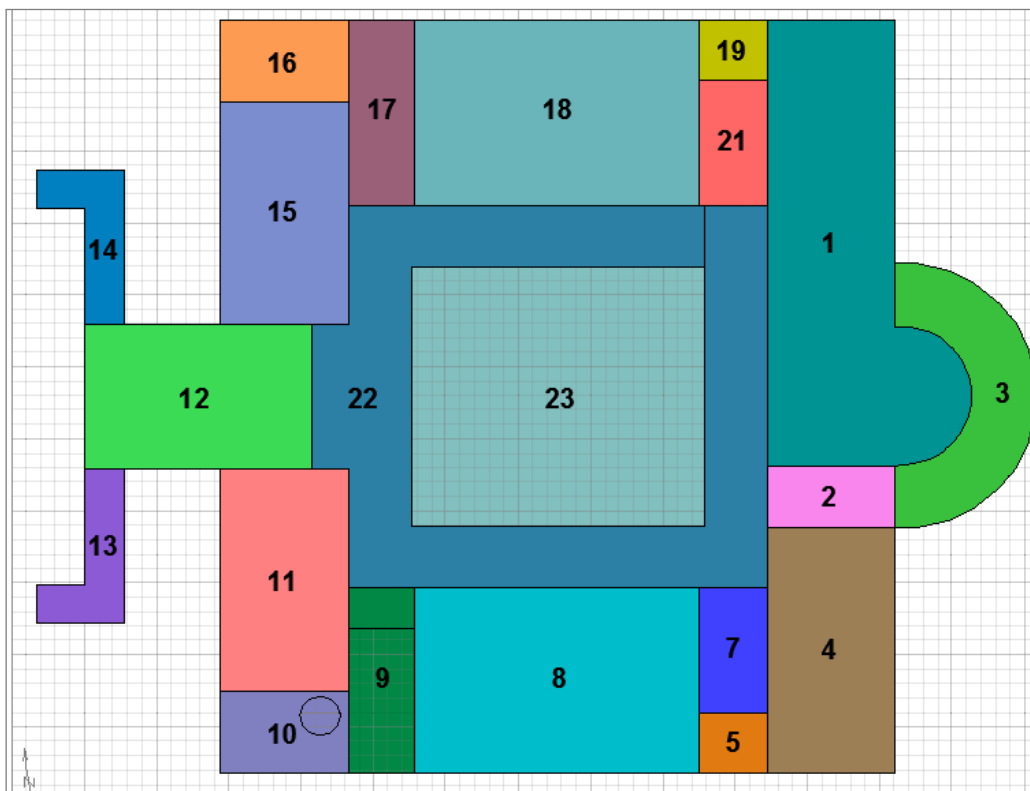
5.7 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΘΕΡΜΙΚΕΣ

Ο ορισμός κάθε ζώνης ως θερμική ή μη θερμική, έγινε στην καρτέλα *Zone Management* που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του παραθύρου του προγράμματος. Μια θερμική ζώνη υποδεικνύεται από το εικονίδιο **T**, ενώ μια μη θερμική από το εικονίδιο , όπως φαίνεται στο Σχήμα 43.



Σχήμα 43. Ο ορισμός μιας ζώνης ως θερμική (*Thermal*) ή μη θερμική (*Non - Thermal*)

Στο ισόγειο του κτιρίου δημιουργήθηκαν 23 ζώνες, από τις οποίες οι 15 ορίστηκαν θερμικές και οι 8 μη θερμικές. Μη θερμικές ορίστηκαν οι ζώνες, των οποίων δεν κρίθηκε σκόπιμος ο υπολογισμός της θερμοκρασίας. Στο Σχήμα 44 απεικονίζονται οι ζώνες στο ισόγειο του κτιρίου αριθμημένες και στον Πίνακα 1 υπάρχει η αντίστοιχη αρίθμηση, όπου για κάθε ζώνη αναφέρεται η χρήση της και χαρακτηρίζεται ως θερμική ή μη θερμική.

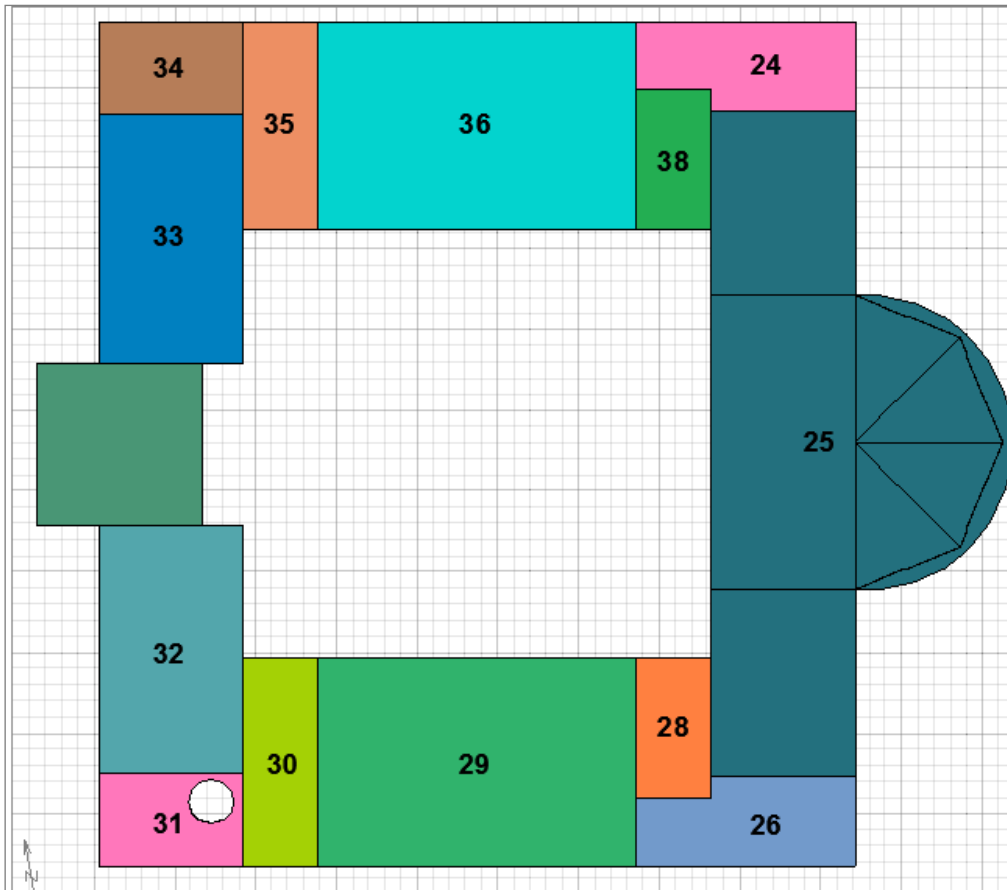


Σχήμα 44. Οι ζώνες στο ισόγειο του κτιρίου Αβέρωφ. Οι ζώνες 6 και 20 που δεν απεικονίζονται είναι οι χώροι υγιεινής, άνω των οποίων υπάρχουν οι ζώνες 7 και 21 αντίστοιχα, που αποτελούν μεσοπατώματα.

Αριθμός ζώνης	Χρήση	Θερμική / Μη θερμική	Αριθμός ζώνης	Χρήση	Θερμική / Μη θερμική
1	βιβλιοθήκη	θερμική	13	θυρωρείο	μη θερμική
2	διάδρομος	θερμική	14	θυρωρείο	μη θερμική
3	ημιυπαίθριος χώρος Ροτόντας	θερμική	15	αμφιθέατρο	θερμική
4	εργαστήριο προσομοίωσης	θερμική	16	βοηθητικός χώρος	μη θερμική
5	βοηθητικός χώρος	μη θερμική	17	διάδρομος με ανελκυστήρες	θερμική
6	χώρος υγιεινής	θερμική	18	σχεδιαστήριο	θερμική
7	μεσοπάτωμα	μη θερμική	19	βοηθητικός χώρος	μη θερμική
8	σχεδιαστήριο	θερμική	20	χώρος υγιεινής	θερμική
9	κλιμακοστάσιο	θερμική	21	μεσοπάτωμα	μη θερμική
10	βοηθητικός χώρος	μη θερμική	22	στοά περιμετρική του αιθρίου	θερμική
11	αμφιθέατρο	θερμική	23	αυλή αιθρίου	θερμική
12	δωρική στοά	θερμική			

Πίνακας 1. Ο χαρακτηρισμός των ζωνών στο ισόγειο του κτιρίου, ως θερμικές και μη θερμικές

Στον όροφο του κτιρίου δημιουργήθηκαν 15 ζώνες, από τις οποίες οι 9 ορίστηκαν θερμικές και οι 6 μη θερμικές. Στο Σχήμα 45 απεικονίζονται οι ζώνες στον όροφο του κτιρίου αριθμημένες, ως συνέχεια της αρίθμησης των ζωνών του ισογείου, και στον Πίνακα 2 υπάρχει η αντίστοιχη αρίθμηση, όπου για κάθε ζώνη αναφέρεται η χρήση της και χαρακτηρίζεται ως θερμική ή μη θερμική.



Σχήμα 45. Οι ζώνες στον όροφο του κτιρίου Αβέρωφ. Οι ζώνες 27 και 37 που δεν απεικονίζονται είναι οι χώροι υγιεινής, άνω των οποίων υπάρχουν οι ζώνες 28 και 38 αντίστοιχα, που αποτελούν μεσοπατώματα.

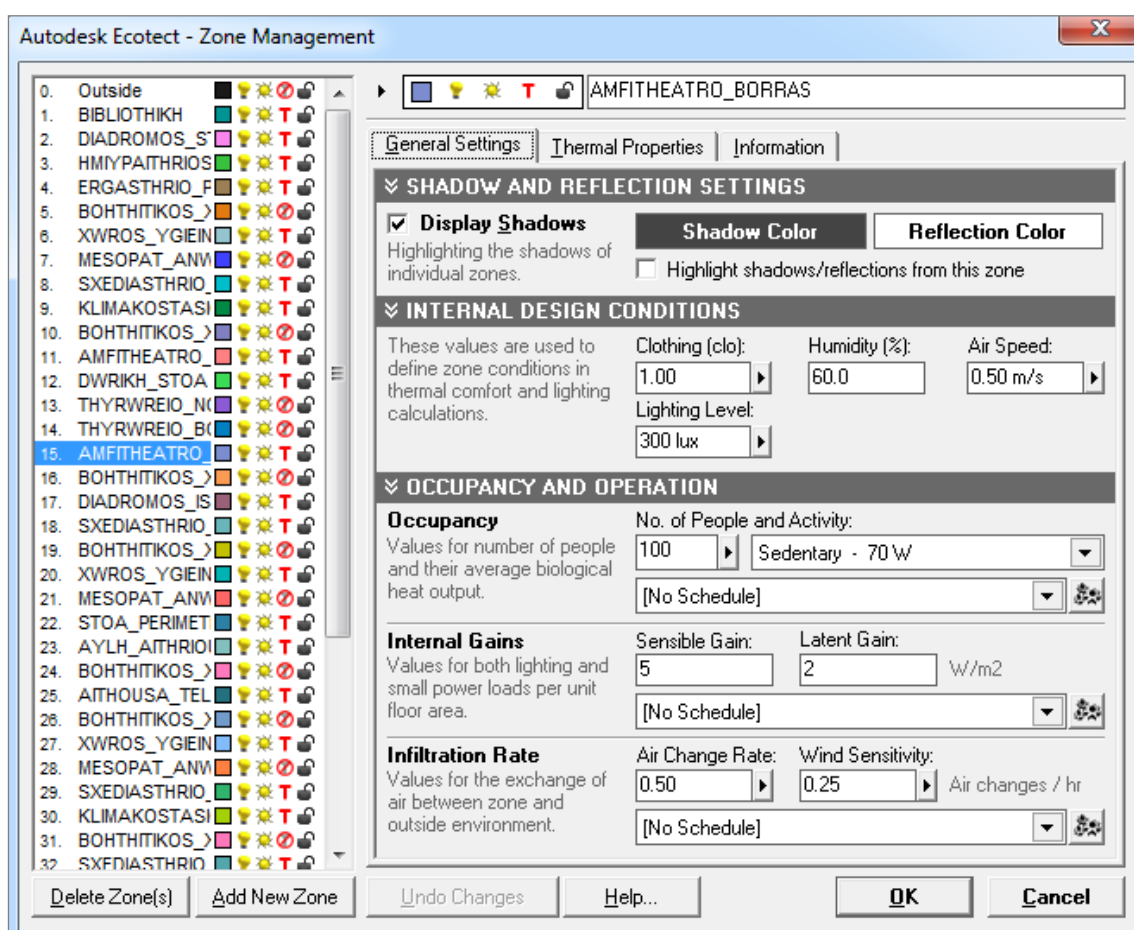
Αριθμός ζώνης	Χρήση	Θερμική / Μη θερμική	Αριθμός ζώνης	Χρήση	Θερμική / Μη θερμική
24	βοηθητικός χώρος	μη θερμική	32	σχεδιαστήριο	θερμική
25	αίθουσα τελετών	θερμική	33	σχεδιαστήριο	θερμική
26	βοηθητικός χώρος	μη θερμική	34	βοηθητικός χώρος	μη θερμική
27	χώρος υγιεινής	θερμική	35	διάδρομος με ανελκυστήρες	θερμική
28	μεσοπάτωμα	μη θερμική	36	σχεδιαστήριο	θερμική
29	σχεδιαστήριο	θερμική	37	χώρος υγιεινής	θερμική
30	κλιμακοστάσιο	θερμική	38	μεσοπάτωμα	μη θερμική
31	βοηθητικός χώρος	μη θερμική			

Πίνακας 2. Ο χαρακτηρισμός των ζωνών στον όροφο του κτιρίου, ως θερμικές και μη θερμικές

5.8 ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΖΩΝΕΣ

Οι ρυθμίσεις στις θερμικές ζώνες του κτιρίου πραγματοποιήθηκαν στο παράθυρο που εμφανίστηκε, επιλέγοντας το κουμπί *Zone Management* στο κάτω μέρος της καρτέλας *Zone Management*.

Στην καρτέλα *General Settings* του παραθύρου (Σχήμα 46) ορίζονται, οι συνθήκες που επικρατούν στη ζώνη (*Internal Design Conditions*) για τους υπολογισμούς θερμικής άνεσης και φωτισμού, ο μέγιστος αριθμός ατόμων που χρησιμοποιούν τη ζώνη και η μέση βιολογική παραγωγή θερμότητάς τους από τη δραστηριότητα που πραγματοποιούν (*Occupancy*), τα εσωτερικά θερμικά κέρδη εξαιτίας του φωτισμού και του εξοπλισμού της ζώνης, ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου (*Internal Gains*), και οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα ανάμεσα στη ζώνη και το εξωτερικό περιβάλλον (*Infiltration Rate*).

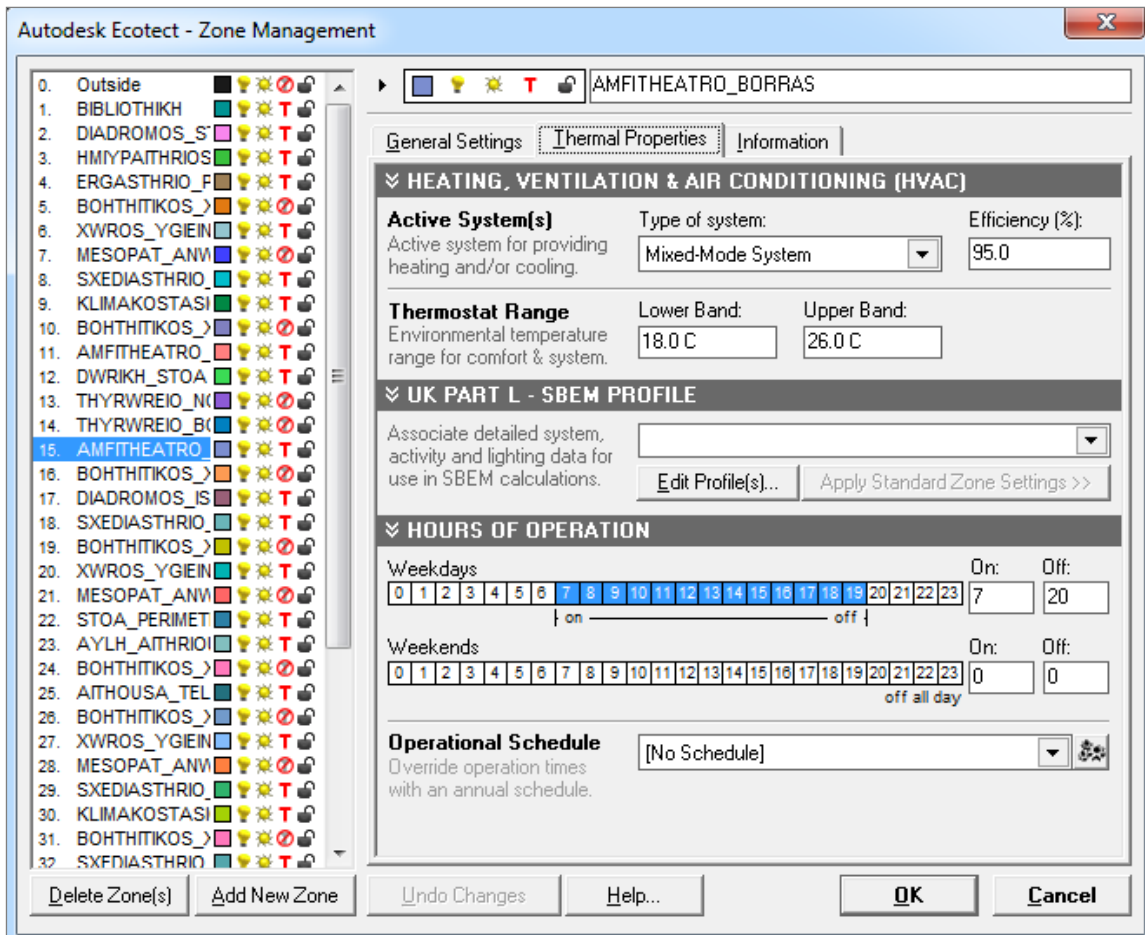


Σχήμα 46. Οι ρυθμίσεις στη ζώνη του βόρειου αμφιθεάτρου, στην καρτέλα *General Settings*

Στην καρτέλα *Thermal Properties* (Σχήμα 47) ορίζονται, ο τρόπος κλιματισμού της ζώνης (*Active System(s)*), τα όρια θερμικής άνεσης (*Comfort Band / Thermostat Range*) και στο τμήμα *Hours of Operation*, οι ώρες που ανοίγει και κλείνει το σύστημα κλιματισμού όταν η ζώνη είναι κλιματιζόμενη ή οι ώρες χρήσης της ζώνης όταν δεν κλιματίζεται.

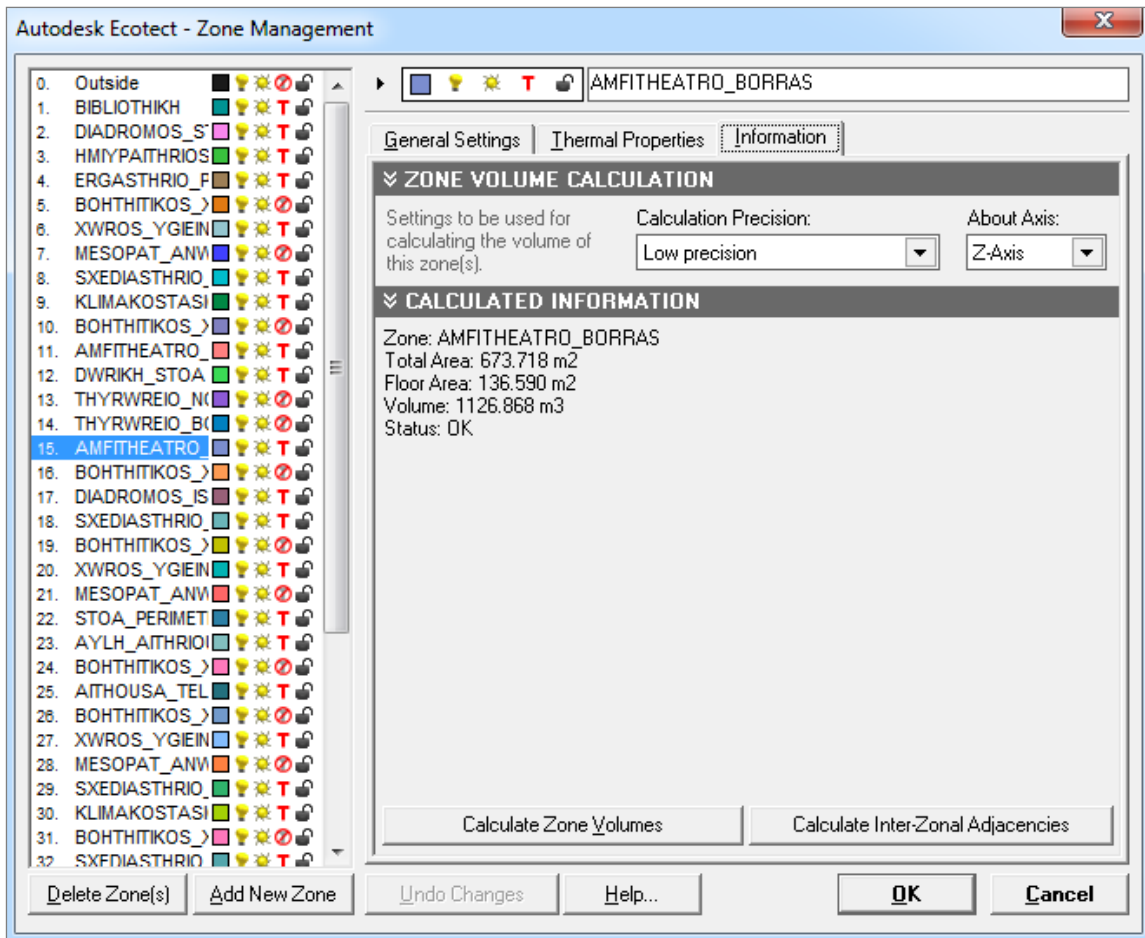
Λαμβάνοντας υπόψη το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού του κτιρίου που περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 4.4, τέθηκε μικτό σύστημα κλιματισμού (*Mixed-Mode System*) στη βιβλιοθήκη, στο εργαστήριο προσομοίωσης, στα σχεδιαστήρια, στα αμφιθέατρα και στην αίθουσα τελετών, όπου συνδυάζεται το σύστημα κλιματισμού με το φυσικό αερισμό. Πιο συγκεκριμένα, όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι εκτός των ορίων θερμικής άνεσης που έχουν οριστεί, ενεργοποιείται το σύστημα κλιματισμού στους χώρους, ενώ όταν οι εξωτερικές συνθήκες βρίσκονται εντός των ορίων θερμικής άνεσης που έχουν οριστεί, σταματά η λειτουργία του συστήματος κλιματισμού και ανοίγουν τα παράθυρα των χώρων, ώστε να υπάρχει φυσικός αερισμός. Για τον αερισμό πρέπει να σημειωθεί, ότι το Ecotect υποθέτει, ότι είτε το σύστημα συνεχίζει να λειτουργεί παρέχοντας μηχανικό αερισμό, είτε ανοίγουν τα παράθυρα. Στις υπόλοιπες θερμικές ζώνες, οι οποίες είναι, ο διάδρομος στην είσοδο από τη Ροτόντα, ο ημιυπαίθριος χώρος της Ροτόντας, οι χώροι υγιεινής, οι χώροι του κλιμακοστασίου στο ισόγειο και τον όροφο, η δωρική στοά, οι διάδρομοι με τους ανελκυστήρες στο ισόγειο και τον όροφο, ο χώρος του αιθρίου στο ισόγειο και η περιμετρική στοά του αιθρίου, οι οποίες διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, τέθηκε *Natural Ventilation*.

Το κατώτερο όριο θερμικής άνεσης ορίστηκε 18°C και το ανώτερο 26°C. Οι ώρες χρήσης των χώρων του κτιρίου, κάνοντας παραδοχή, ορίστηκαν για τις καθημερινές από τις 08:00 μέχρι τις 21:00 και για τη βιβλιοθήκη από τις 10:00 μέχρι τις 20:00. Στους κλιματιζόμενους χώρους, οι ώρες λειτουργίας του μικτού συστήματος κλιματισμού ορίστηκαν από τις 07:00 μέχρι τις 20:00 και στη βιβλιοθήκη από τις 09:00 μέχρι τις 19:00.




Σχήμα 47. Οι ρυθμίσεις στη ζώνη του βόρειου αμφιθεάτρου, στην καρτέλα *Thermal Properties*

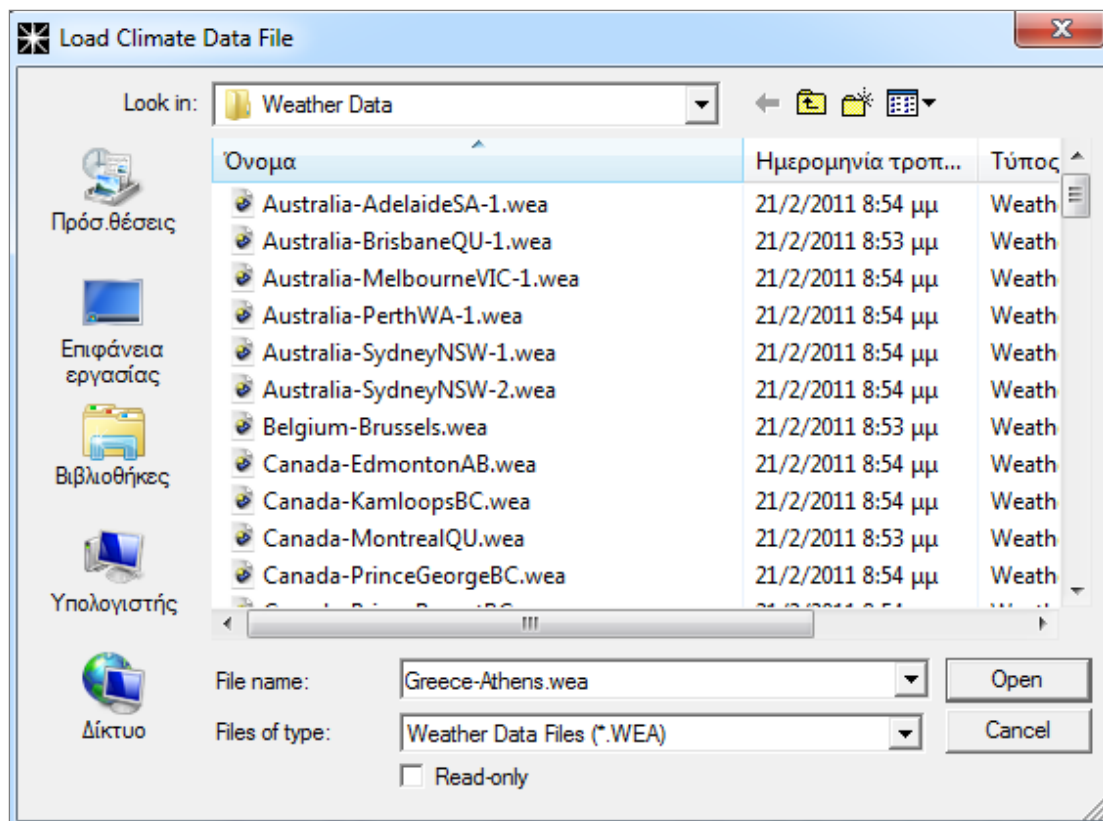
Στην καρτέλα *Information* (Σχήμα 48), παρέχεται πληροφορία που αφορά στη γεωμετρία της ζώνης.



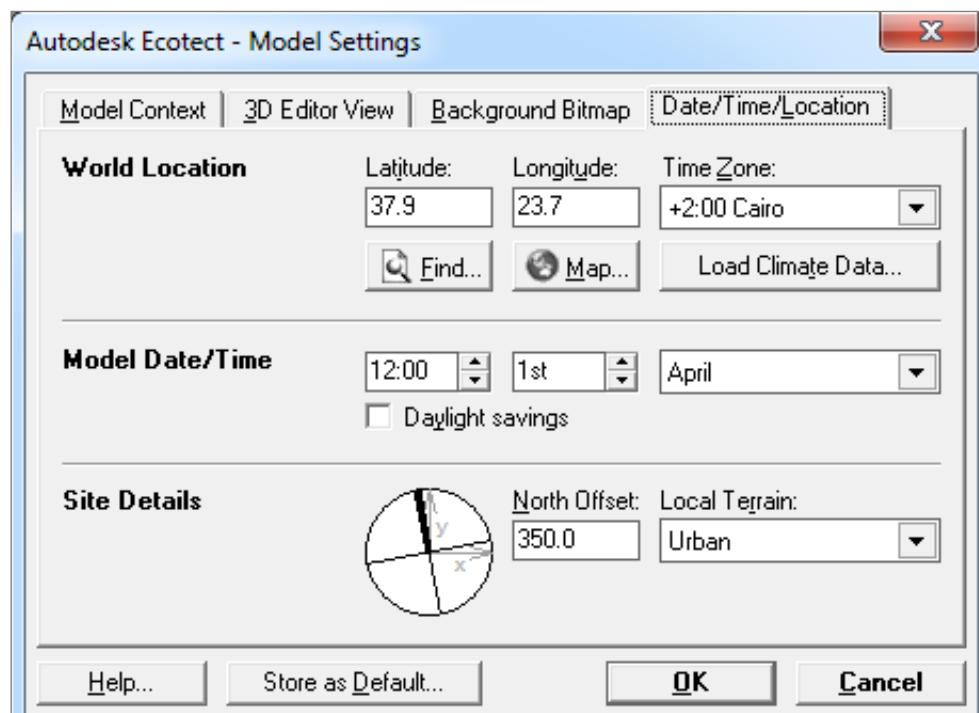
Σχήμα 48. Η καρτέλα *Information*, όπου παρέχεται πληροφορία που αφορά στη γεωμετρία της ζώνης του βόρειου αμφιθεάτρου

5.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η εισαγωγή του αρχείου κλιματικών δεδομένων της περιοχής έγινε, επιλέγοντας το κουμπί  που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων που περιλαμβάνει την ημερομηνία, ώρα και τοποθεσία, και στη συνέχεια επιλέγοντας *Load Weather File*. Στο παράθυρο που εμφανίστηκε (Σχήμα 49), επιλέχθηκε το αρχείο *Greece-Athens.wea*. Αφού έγινε η εισαγωγή του αρχείου κλιματικών δεδομένων της περιοχής, ενημερώθηκε η γεωγραφική της θέση που ορίζεται από το γεωγραφικό πλάτος (*Latitude*), το γεωγραφικό μήκος (*Longitude*) και τη ζώνη ώρας (*Time Zone*), ύστερα από ερώτημα που θέτει το πρόγραμμα. Επιπλέον, επιλέγοντας *Model* → *Model Settings* και στη συνέχεια την καρτέλα *Date/Time/Location* (Σχήμα 50), ορίστηκε ο προσανατολισμός του κτιρίου θέτοντας στο πεδίο *North Offset* τιμή 350°. Στην ίδια καρτέλα ορίστηκε η κατηγορία της περιοχής στο πεδίο *Local Terrain*, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι αστική (*Urban*).



Σχήμα 49. Η επιλογή του αρχείου κλιματικών δεδομένων της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο



Σχήμα 50. Η γεωγραφική θέση της Αθήνας, ο προσανατολισμός του κτιρίου και η κατηγορία της περιοχής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιείται η θερμική ανάλυση του κτιρίου Αβέρωφ στο πρόγραμμα Ecotect λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση, όπου υπάρχουν κλιματιζόμενοι χώροι των οποίων ο κλιματισμός ρυθμίζεται από το σύστημα BMS (Building Management System) και χώροι που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό. Συγκεκριμένα, προσδιορίζονται οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για περίοδο ενός 24ωρου, για μία καθημερινή το χειμώνα και μία το καλοκαίρι, οι οποίες επιλέχθηκε τυχαία να είναι η 15^η Ιανουαρίου και η 16^η Ιουλίου. Με βάση τις θερμοκρασίες που προκύπτουν, εξάγονται συμπεράσματα για τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι.

6.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΣΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Οι ρυθμίσεις που έγιναν στις θερμικές ζώνες του κτιρίου περιγράφηκαν αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 5.8. Εδώ πραγματοποιείται μια πιο συνοπτική παρουσίαση των ρυθμίσεων, προκειμένου στη συνέχεια να γίνει η ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν κατά τη διαδικασία θερμικής ανάλυσης του κτιρίου.

Από τις ζώνες που ορίστηκαν θερμικές, στη βιβλιοθήκη, στο εργαστήριο προσομοίωσης, στα σχεδιαστήρια, στα αμφιθέατρα και στην αίθουσα τελετών, τέθηκε μικτό σύστημα κλιματισμού *Mixed-Mode System*. Αυτό σημαίνει ότι, όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι εκτός των ορίων θερμικής άνεσης που έχουν οριστεί, ενεργοποιείται η θέρμανση των χώρων αν η θερμοκρασία είναι κάτω των ορίων θερμικής άνεσης και η ψύξη αν η θερμοκρασία είναι άνω των ορίων θερμικής άνεσης, ενώ όταν οι εξωτερικές συνθήκες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης, σταματά η λειτουργία του συστήματος κλιματισμού και ανοίγουν τα παράθυρα των χώρων, ώστε να υπάρχει φυσικός αερισμός. Στις υπόλοιπες θερμικές ζώνες, οι οποίες είναι, ο διάδρομος στην είσοδο από τη Ροτόντα, ο ημιυπαίθριος χώρος της Ροτόντας, οι χώροι υγιεινής, οι χώροι του κλιμακοστασίου στο ισόγειο και τον όροφο, η δωρική στοά, οι διάδρομοι με τους ανελκυστήρες στο ισόγειο και τον όροφο, ο χώρος του αιθρίου στο ισόγειο και η περιμετρική στοά του αιθρίου, οι οποίες διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, τέθηκε το σύστημα *Natural Ventilation*.

Το κατώτερο όριο θερμικής άνεσης ορίστηκε 18°C και το ανώτερο 26°C. Οι ώρες χρήσης των χώρων του κτιρίου, κάνοντας παραδοχή, ορίστηκαν για τις καθημερινές από τις 08:00 μέχρι τις 21:00 και για τη βιβλιοθήκη από τις 10:00 μέχρι τις 20:00. Στους κλιματιζόμενους χώρους, οι ώρες λειτουργίας του μικτού συστήματος κλιματισμού ορίστηκαν από τις 07:00 μέχρι τις 20:00 και στη βιβλιοθήκη από τις 09:00 μέχρι τις 19:00.

6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΩΡΙΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΝΟΣ 24ΩΡΟΥ

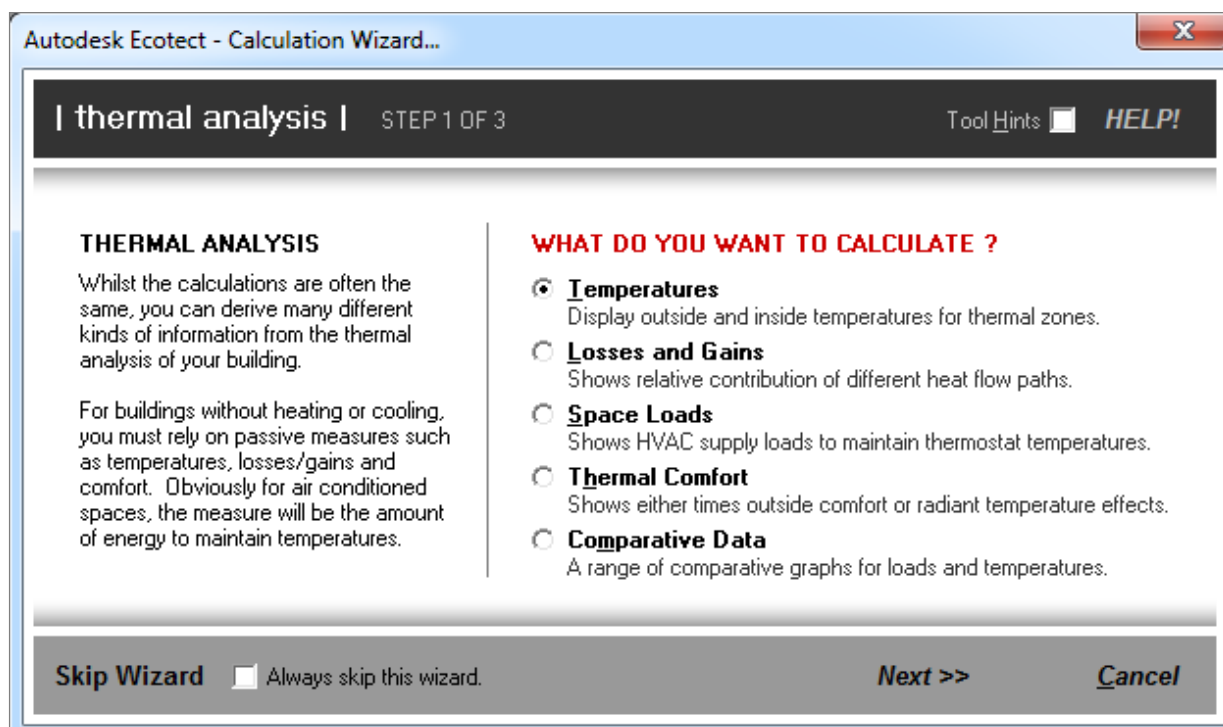
Για τον υπολογισμό των ωριαίων θερμοκρασιών των θερμικών ζωνών του κτιρίου για περίοδο ενός 24ωρου, τη 15^η Ιανουαρίου και τη 16^η Ιουλίου, πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη διαδικασία.

Αρχικά, επιλέχθηκε *Calculate* → *Thermal Analysis* και εμφανίστηκε το παράθυρο του Σχήματος 51α. Στο παράθυρο αυτό, επιλέγεται το είδος πληροφορίας που επιθυμεί ο χρήστης να αντλήσει από τη θερμική ανάλυση του κτιρίου. Από τη θερμική ανάλυση είναι δυνατό να προκύψουν, οι εσωτερικές θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών και οι θερμοκρασίες του εξωτερικού περιβάλλοντος (*Temperatures*), η σχετική συμβολή των διαφορετικών διαδρομών ροής θερμότητας στις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη (*Losses and Gains*), τα φορτία θέρμανσης και ψύξης που παρέχει το σύστημα κλιματισμού στην περίπτωση κλιματιζόμενων χώρων, ώστε να διατηρηθούν οι θερμοκρασίες των χώρων εντός των ορίων θερμικής άνεσης (*Space Loads*), μετρήσεις θερμικής άνεσης (*Thermal Comfort*), και μια σειρά από συγκριτικά γραφήματα για φορτία και θερμοκρασίες (*Comparative Data*). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχτηκε να υπολογιστούν οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών και του εξωτερικού περιβάλλοντος (*Temperatures*).

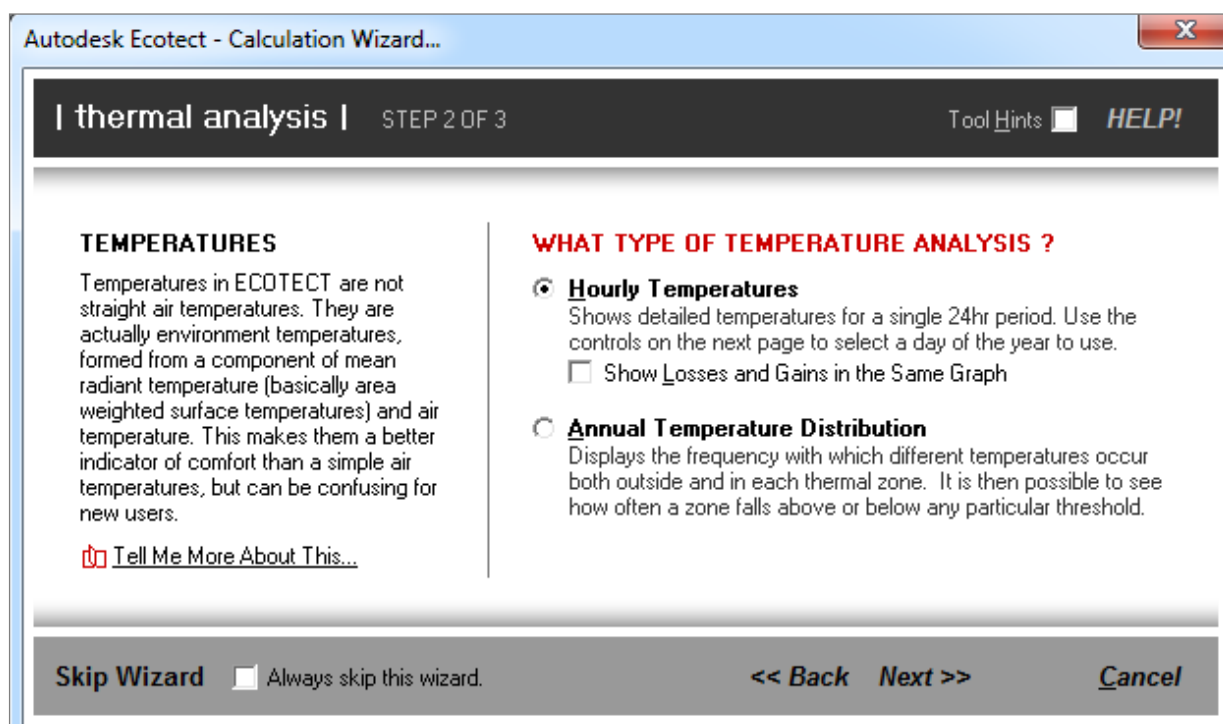
Στη συνέχεια, επιλέγοντας *Next*, εμφανίστηκε το παράθυρο του Σχήματος 51β, στο οποίο επιλέγεται ο τύπος ανάλυσης των θερμοκρασιών. Συγκεκριμένα, επιλέγοντας *Hourly Temperatures*, υπολογίζονται οι θερμοκρασίες για περίοδο ενός 24ωρου, ενώ επιλέγοντας *Annual Temperature Distribution*, υπολογίζεται η συχνότητα με την οποία διαφορετικές θερμοκρασίες προκύπτουν στον εξωτερικό χώρο και σε κάθε θερμική ζώνη, απ' όπου μετά διαπιστώνεται πόσο συχνά μια ζώνη βρίσκεται πάνω ή κάτω από οποιοδήποτε όριο θερμοκρασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκε *Hourly Temperatures*.

Ακολούθως, επιλέγοντας *Next*, εμφανίστηκε το παράθυρο, όπου επιλέγεται η ημέρα για την οποία θα υπολογιστούν οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών και του

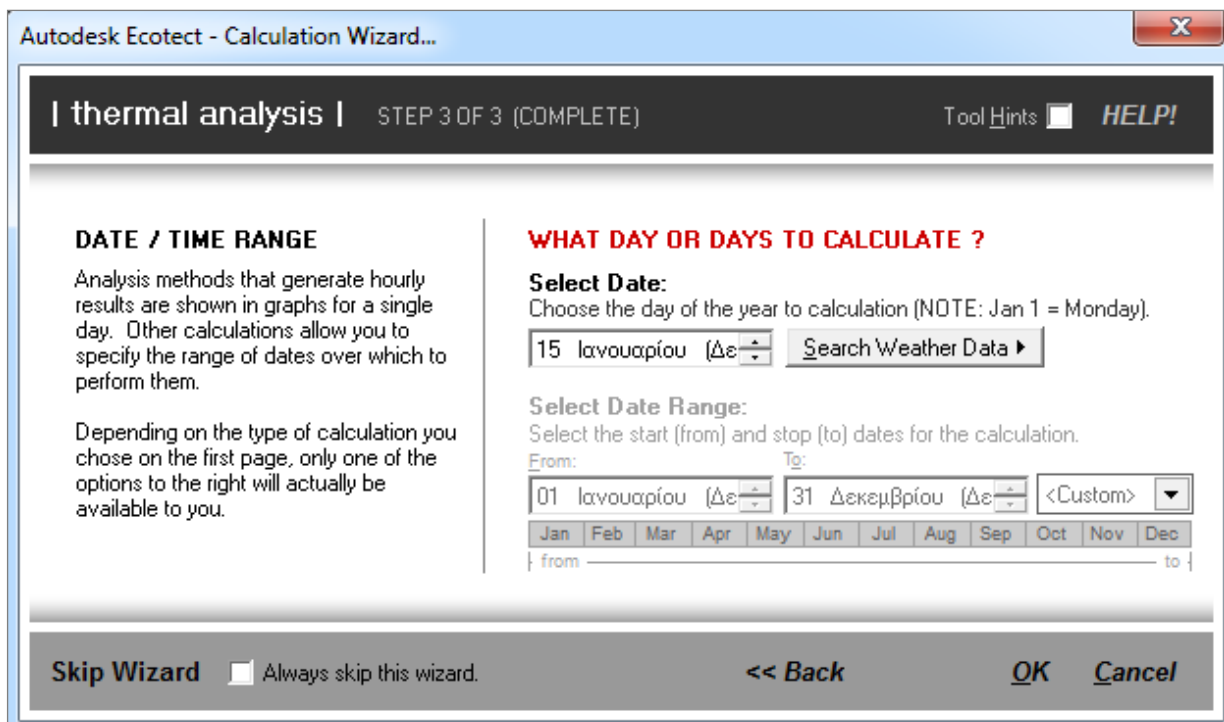
εξωτερικού περιβάλλοντος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για τη 15^η Ιανουαρίου (Σχήμα 51γ) και τη 16^η Ιουλίου. Η διαδικασία ολοκληρώνεται επιλέγοντας ΟΚ.



(α)



(β)



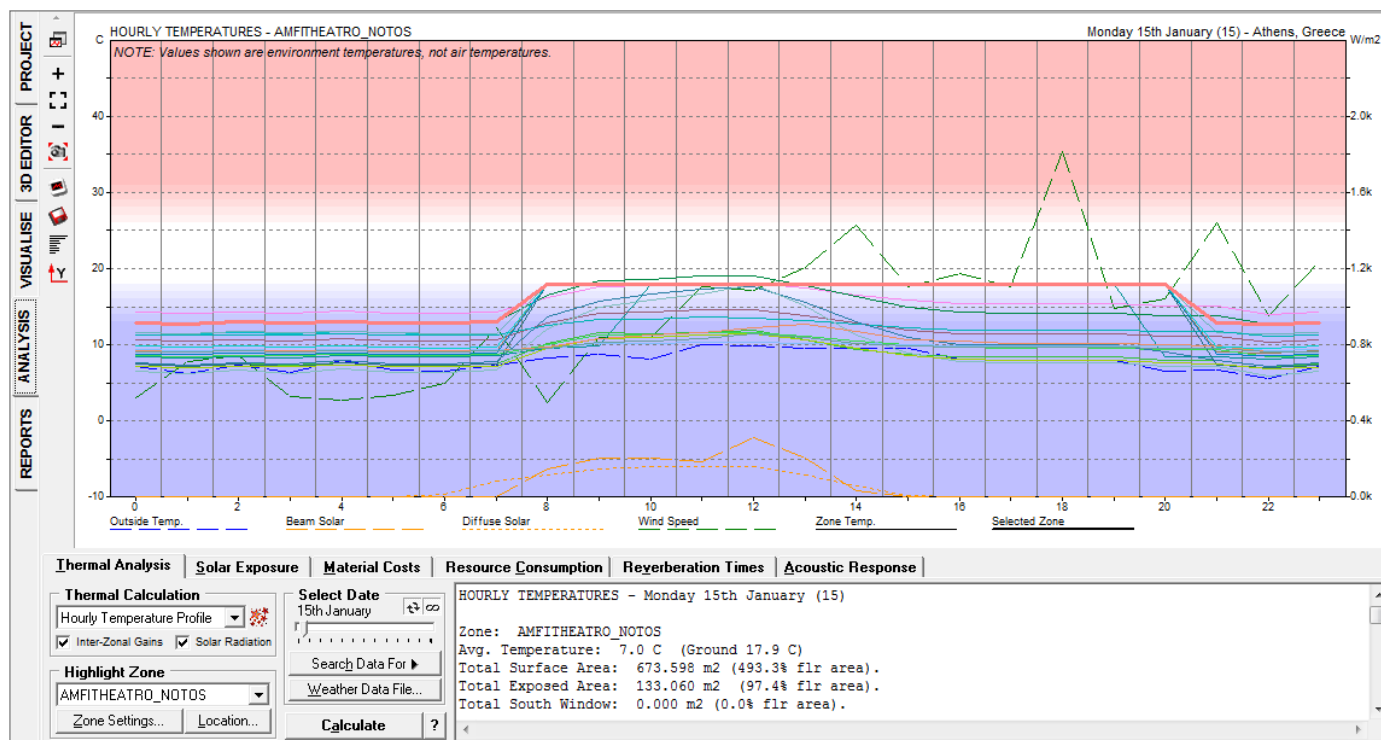
(γ)

Σχήμα 51. Η διαδικασία θερμικής ανάλυσης που περιλαμβάνει την επιλογή (α) του είδους πληροφορίας που θα προκύψει, (β) του τύπου ανάλυσης των θερμοκρασιών και (γ) της ημέρας που θα γίνει η θερμική ανάλυση

Τα γραφήματα στα οποία παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών για όλο το 24ωρο της επιθυμητής ημέρας, εμφανίζονται στη σελίδα *ANALYSIS*. Στο Σχήμα 52 παρουσιάζεται η επιφάνεια της σελίδας *ANALYSIS*, όπου απεικονίζεται για παράδειγμα, το γράφημα που προκύπτει από την ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου, στο οποίο επισημαίνεται με παχύτερη γραμμή η διακύμανση της θερμοκρασίας της ζώνης του νότιου αμφιθεάτρου στο ισόγειο. Στο γράφημα, εκτός από τις θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών, παρουσιάζονται με διακεκομμένες γραμμές, οι θερμοκρασίες του εξωτερικού περιβάλλοντος (*Outside Temp.*), η άμεση ηλιακή ακτινοβολία (*Beam Solar*), η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία (*Diffuse Solar*) και η ταχύτητα του ανέμου (*Wind Speed*). Στον οριζόντιο άξονα του γραφήματος αναγράφονται οι ώρες του 24ωρου μιας ημέρας, στον κατακόρυφο άξονα στην αριστερή πλευρά του γραφήματος αναγράφονται οι θερμοκρασίες σε °C και στον κατακόρυφο άξονα στη δεξιά πλευρά του γραφήματος αναγράφονται οι τιμές της άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m². Στο τμήμα *Highlight Zone* επιλέγεται οποιαδήποτε θερμική ζώνη, η οποία επισημαίνεται στο γράφημα με παχύτερη γραμμή. Επιπλέον, στο γράφημα παρουσιάζεται με άσπρο χρώμα η

περιοχή που βρίσκεται εντός των ορίων θερμικής άνεσης που έχουν οριστεί για την επιλεγμένη ζώνη, με μπλε χρώμα η περιοχή κάτω των ορίων θερμικής άνεσης και με ροζ χρώμα η περιοχή άνω των ορίων θερμικής άνεσης.

Για τη διαδικασία της θερμικής ανάλυσης αντλήθηκαν πληροφορίες από τις οδηγίες που παρέχει το πρόγραμμα στο μενού *Help*.



Σχήμα 52. Η επιφάνεια της σελίδας *ANALYSIS*, όπου στο γράφημα επισημαίνεται με παχύτερη ροζ γραμμή η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου αμφιθεάτρου στο ισόγειο (*Mixed-Mode System*) τη 15^η Ιανουαρίου

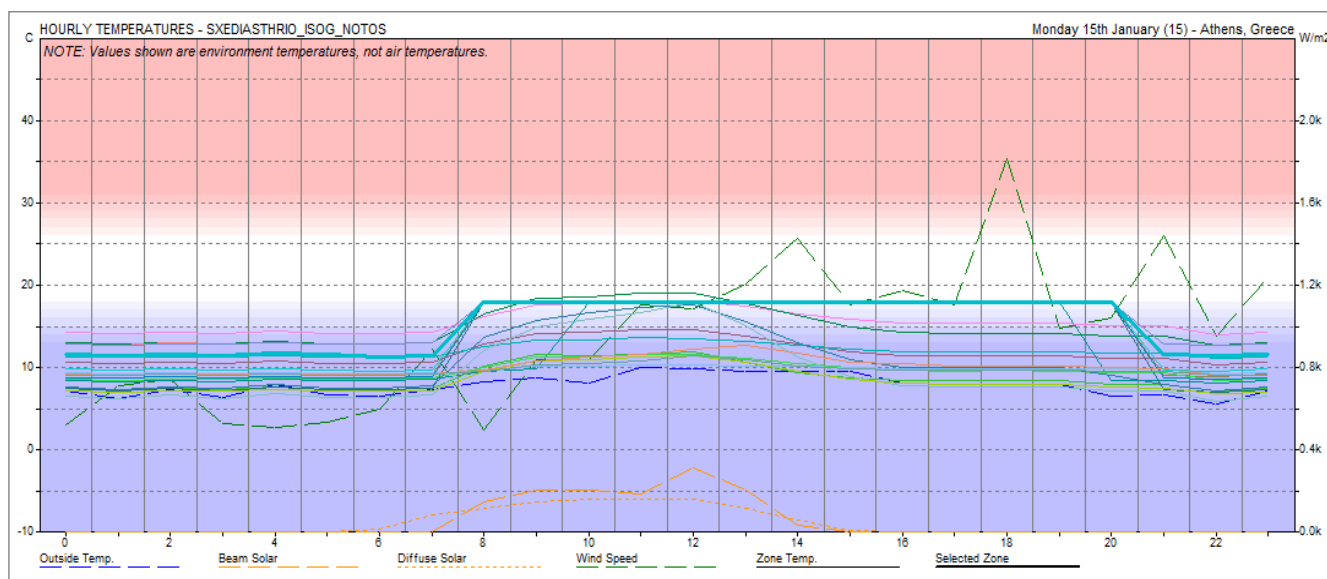
6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 15^{ΗΣ} ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

Τα γραφήματα στα οποία παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 15^{ης} Ιανουαρίου, με βάση το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι. Ωστόσο, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια γραφήματα και στη συνέχεια, κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, που βοηθούν στην εποπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Παρατηρώντας τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας που προκύπτουν για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου τη 15^η Ιανουαρίου, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που κλιματίζονται (Mixed-Mode System)

Στις ζώνες που κλιματίζονται (Mixed-Mode System), η θερμοκρασία κυμαίνεται με όμοιο τρόπο. Στο Σχήμα 53 παρουσιάζεται για παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο και στον Πίνακα 3, οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας της συγκεκριμένης ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Παρατηρείται, ότι για το χρονικό διάστημα που δε λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού, οι θερμοκρασίες της ζώνης βρίσκονται κάτω από τα όρια θερμικής άνεσης. Από τις 07:00 που ξεκινά η λειτουργία του μικτού συστήματος κλιματισμού, η θερμοκρασία ακολουθεί ανοδική πορεία μέχρι τις 08:00 που φτάνει το όριο θερμικής άνεσης, τους 18°C. Από τις 08:00 η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 18°C μέχρι τις 20:00 που σταματά να λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού. Από τις 20:00 η θερμοκρασία ακολουθεί καθοδική πορεία μέχρι τις 21:00, όπου βρίσκεται κάτω από τα όρια θερμικής άνεσης, και παραμένει στην περιοχή κάτω των ορίων θερμικής άνεσης μέχρι τις 07:00 της επόμενης ημέρας που ξεκινά πάλι η λειτουργία του μικτού συστήματος κλιματισμού.



Σχήμα 53. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (Mixed-Mode System) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15^η Ιανουαρίου

Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 15 ^η Ιανουαρίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	11,6	7,1	4,5	12	18,0	9,9	8,1
01	11,5	6,2	5,3	13	18,0	9,5	8,5
02	11,7	7,3	4,4	14	18,0	9,6	8,4
03	11,5	6,4	5,1	15	18,0	9,6	8,4
04	11,8	8,0	3,8	16	18,0	8,1	9,9
05	11,6	6,7	4,9	17	18,0	7,9	10,1
06	11,4	6,6	4,8	18	18,0	7,9	10,1
07	11,5	7,4	4,1	19	18,0	7,9	10,1
08	18,0	8,3	9,7	20	18,0	6,6	11,4
09	18,0	8,7	9,3	21	11,6	6,7	4,9
10	18,0	8,1	9,9	22	11,4	5,6	5,8
11	18,0	10,1	7,9	23	11,6	7,1	4,5

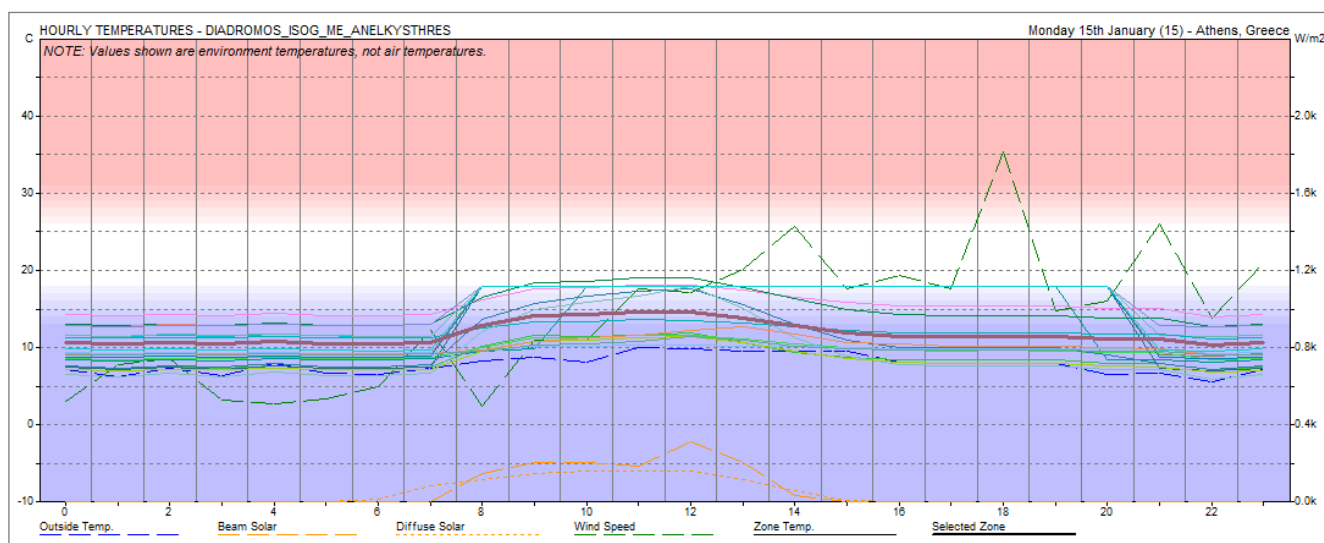
Πίνακας 3. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (*Mixed-Mode System*), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15^η Ιανουαρίου

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*)

Από τις ζώνες του κτιρίου που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*), στους διαδρόμους με τους ανελκυστήρες στο ισόγειο και τον όροφο, στη δωρική στοά και στους χώρους υγιεινής, οι θερμοκρασίες όλο το 24ωρο βρίσκονται κάτω από τα όρια θερμικής άνεσης και είναι υψηλότερες από τις εξωτερικές. Στο Σχήμα 54 παρουσιάζεται για παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες και στον Πίνακα 4, οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας της συγκεκριμένης ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Όσον αφορά στο διάδρομο στην είσοδο από τη Ροτόντα και το χώρο του κλιμακοστασίου στο ισόγειο, παρατηρείται, ότι οι θερμοκρασίες από τις 09:00 μέχρι τις 13:00 βρίσκονται ή πλησιάζουν την περιοχή θερμικής άνεσης. Για το χώρο του κλιμακοστασίου στον όροφο, οι θερμοκρασίες πλησιάζουν πολύ τις εξωτερικές και κάποιες ώρες προκύπτουν χαμηλότερες από αυτές. Κάνοντας σύγκριση των θερμοκρασιών για το κλιμακοστάσιο, μεταξύ ισόγειου και ορόφου, οι θερμοκρασίες

του ορόφου προκύπτουν χαμηλότερες από του ισόγειου με διαφορά που κυμαίνεται από 5,7 - 7,8°C, η οποία θεωρείται μεγάλη λαμβάνοντας υπόψη ότι το κλιμακοστάσιο αποτελεί ενιαίο χώρο και δεν μπορεί να ερμηνευθεί.

Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων του κτιρίου που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό προκύπτει μικρότερο ή ίσο των 4,6°C, εκτός από το χώρο του κλιμακοστασίου στο ισόγειο που το εύρος προκύπτει 6,4°C, το χώρο του αιθρίου στο ισόγειο και την περιμετρική στοά του αιθρίου, για τους οποίους γίνεται αναφορά παρακάτω. Επιπλέον, παρατηρώντας τη διακύμανση της θερμοκρασίας των χώρων διαπιστώνεται, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται στο διάστημα που μεσολαβεί από τις 07:00 μέχρι τις 15:00, με μέγιστες τιμές από τις 11:00 μέχρι τις 12:00, το οποίο οφείλεται στην αύξηση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας αυτό το χρονικό διάστημα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 54. Ακόμη διαπιστώνεται, ότι γενικά οι θερμοκρασίες των χώρων μεταβάλλονται, ακολουθώντας τη μεταβολή της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.



Σχήμα 54. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, με έντονη μωβ γραμμή, τη 15^η Ιανουαρίου

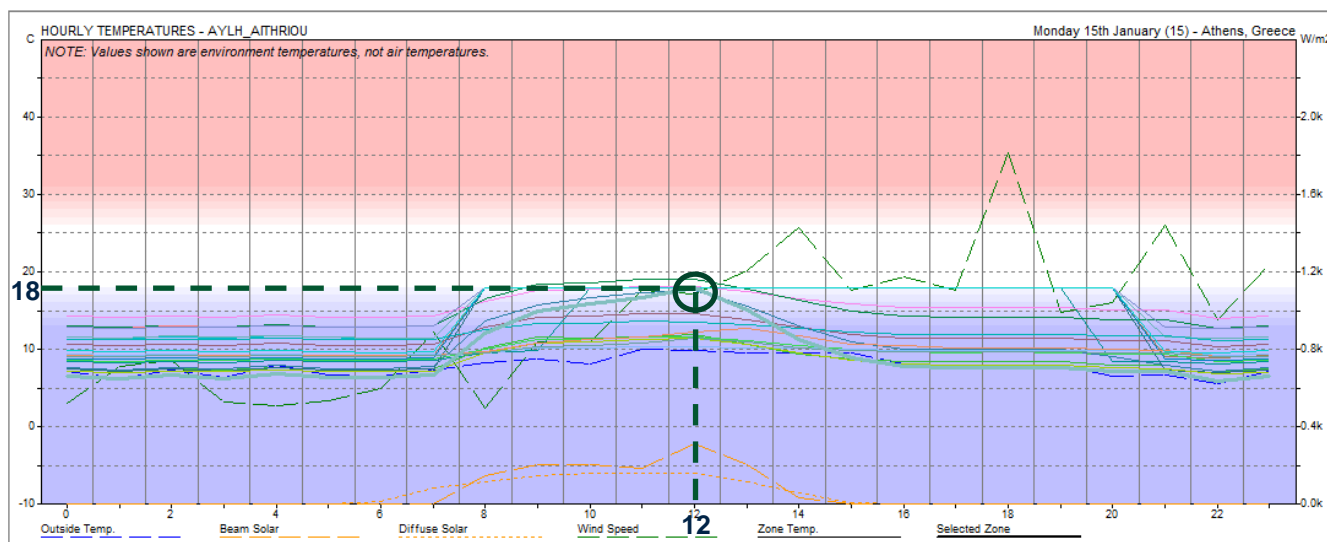
Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 15 ^η Ιανουαρίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	10,6	7,1	3,5	12	14,6	9,9	4,7
01	10,4	6,2	4,2	13	13,8	9,5	4,3
02	10,6	7,3	3,3	14	12,8	9,6	3,2
03	10,5	6,4	4,1	15	11,9	9,6	2,3
04	10,7	8,0	2,7	16	11,5	8,1	3,4
05	10,5	6,7	3,8	17	11,4	7,9	3,5
06	10,5	6,6	3,9	18	11,4	7,9	3,5
07	10,6	7,4	3,2	19	11,4	7,9	3,5
08	12,9	8,3	4,6	20	11,2	6,6	4,6
09	14,2	8,7	5,5	21	11,2	6,7	4,5
10	14,3	8,1	6,2	22	10,3	5,6	4,7
11	14,6	10,1	4,5	23	10,6	7,1	3,5

Πίνακας 4. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανελκυστήρες, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15^η Ιανουαρίου

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στο αίθριο και την περιμετρική στοά του αιθρίου (Natural Ventilation)

Για τη ζώνη του αιθρίου στο ισόγειο, η διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 55 και οι αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 5. Παρατηρείται, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες του αιθρίου εμφανίζονται στο διάστημα που μεσολαβεί από τις 07:00 μέχρι τις 15:00, με μέγιστη τιμή τους 18°C στις 12:00, το οποίο οφείλεται στην αύξηση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας το ίδιο χρονικό διάστημα. Συγκρίνοντας τις καμπύλες θερμοκρασίας γι' αυτό το χρονικό διάστημα μεταξύ του αιθρίου και των υπόλοιπων χώρων που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό παρατηρείται, ότι η καμπύλη του αιθρίου παρουσιάζει μεγαλύτερες κλίσεις που σημαίνει, ότι η θερμοκρασία του αιθρίου παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβολή στο ίδιο χρονικό διάστημα σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους, το οποίο οφείλεται στη μεγαλύτερη έκθεση του αιθρίου στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες και συνεπώς στην ηλιακή ακτινοβολία. Από τις 15:00 μέχρι τις 07:00, οι θερμοκρασίες του αιθρίου πλησιάζουν πολύ τις εξωτερικές και παρουσιάζονται κυρίως χαμηλότερες από τις εξωτερικές. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο προκύπτει 12,1°C.

Με όμοιο τρόπο κυμαίνεται η θερμοκρασία στην περιμετρική στοά του αιθρίου, φτάνοντας τους 17,6°C στις 12:00, και οι θερμοκρασίες της στοάς προκύπτουν υψηλότερες ή ίσες με τις εξωτερικές όλο το 24ωρο. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας της περιμετρικής στοάς του αιθρίου προκύπτει 10,5°C.



Σχήμα 55. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15^η Ιανουαρίου

Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 15 ^η Ιανουαρίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	6,5	7,1	-0,6	12	18,0	9,9	8,1
01	6,2	6,2	-0,0	13	15,1	9,5	5,6
02	6,6	7,3	-0,7	14	11,3	9,6	1,7
03	6,3	6,4	-0,1	15	8,9	9,6	-0,7
04	6,9	8,0	-1,1	16	7,8	8,1	-0,3
05	6,4	6,7	-0,3	17	7,7	7,9	-0,2
06	6,3	6,6	-0,3	18	7,7	7,9	-0,2
07	6,7	7,4	-0,7	19	7,7	7,9	-0,2
08	12,0	8,3	3,7	20	7,2	6,6	0,6
09	15,0	8,7	6,3	21	7,2	6,7	0,5
10	15,8	8,1	7,7	22	5,9	5,6	0,3
11	16,7	10,1	6,6	23	6,5	7,1	-0,6

Πίνακας 5. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15^η Ιανουαρίου

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο και των παρακείμενων χώρων που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό

Οι θερμοκρασίες της περιμετρικής στοάς του αιθρίου προκύπτουν υψηλότερες από τις θερμοκρασίες του αιθρίου σχεδόν όλο το 24ωρο, με μέγιστη διαφορά τους 2,3°C. Όσον αφορά στους παρακείμενους χώρους της στοάς που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, για τους περισσότερους, περίπου από τις 08:00 μέχρι τις 14:00, οι θερμοκρασίες προκύπτουν χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες του αιθρίου και της στοάς, διότι το αίθριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης αυτό το χρονικό διάστημα. Από τις 15:00 μέχρι τις 07:00, οι θερμοκρασίες των παρακείμενων χώρων του αιθρίου προκύπτουν υψηλότερες από τις θερμοκρασίες του αιθρίου, το οποίο οφείλεται στην αποτελεσματικότερη μετάδοση θερμότητας από το αίθριο στο εξωτερικό περιβάλλον αυτό το χρονικό διάστημα. Επιπλέον, στους παρακείμενους χώρους επιβραδύνεται η πτώση της θερμοκρασίας, λόγω της θερμότητας που μεταδίδεται σε αυτούς από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, στα οποία αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ενέργεια.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ ισογείου και ορόφου

Οι θερμοκρασίες των κλιματιζόμενων ζωνών του ορόφου προκύπτουν την ίδια ώρα χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες των ζωνών στην αντίστοιχη θέση στο ισόγειο, συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες στο χρονικό διάστημα που δε λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού, και οι διαφορές που συναντώνται κυμαίνονται περίπου από 1 - 4°C. Περίπου το ίδιο εύρος τιμών παρατηρείται και για τις ζώνες που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, αναφέροντας ωστόσο, ότι για το κλιμακοστάσιο μεταξύ ισογείου και ορόφου προκύπτει μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας, η οποία επισημάνθηκε στην ενότητα που αφορά στη διακύμανση της θερμοκρασίας των ζωνών που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση

Οι θερμοκρασίες των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση, είτε προκύπτουν ίδιες, είτε παρουσιάζουν μικρές διαφορές έως 1°C. Ωστόσο, μεταξύ του κλιμακοστασίου και των διαδρόμων με τους ανελκυστήρες, παρατηρείται μέγιστη διαφορά 4,5°C στο ισόγειο και 2,4°C στον όροφο.

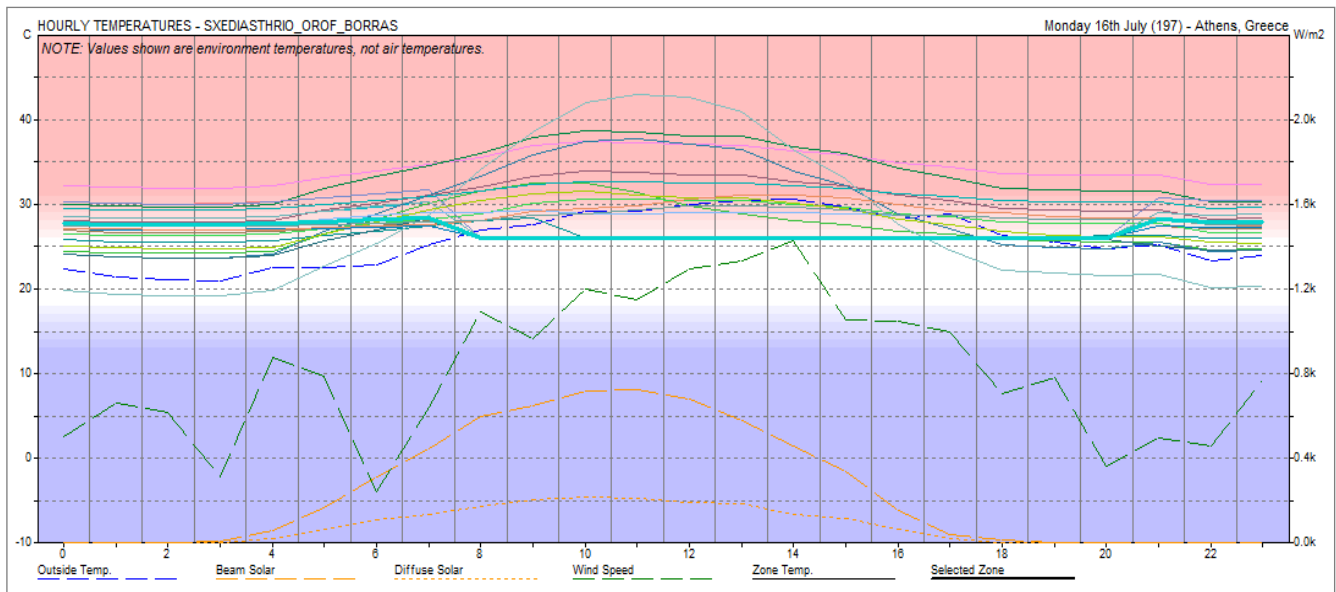
6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 16^{ΗΣ} ΙΟΥΛΙΟΥ

Τα γραφήματα στα οποία παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 16^{ης} Ιουλίου, με βάση το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού, παρουσιάζονται στο Παράρτημα II. Ωστόσο, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια γραφήματα και στη συνέχεια, κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, που βοηθούν στην εποπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Παρατηρώντας τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας που προκύπτουν για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου τη 16^η Ιουλίου, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που κλιματίζονται (*Mixed-Mode System*)

Για τις περισσότερες από τις ζώνες που κλιματίζονται (*Mixed-Mode System*), η θερμοκρασία κυμαίνεται με όμοιο τρόπο. Στο Σχήμα 56 παρουσιάζεται για παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο και στον Πίνακα 6, οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας της συγκεκριμένης ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Παρατηρείται, ότι για το χρονικό διάστημα που δε λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού, οι θερμοκρασίες της ζώνης βρίσκονται άνω των ορίων θερμικής άνεσης. Από τις 07:00 που ξεκινά η λειτουργία του μικτού συστήματος κλιματισμού, η θερμοκρασία ακολουθεί καθοδική πορεία μέχρι τις 08:00 που φτάνει το όριο θερμικής άνεσης, τους 26°C. Από τις 08:00 η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 26°C μέχρι τις 20:00 που σταματά να λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού. Από τις 20:00 η θερμοκρασία ακολουθεί ανοδική πορεία μέχρι τις 21:00, όπου βρίσκεται πάνω από τα όρια θερμικής άνεσης και παραμένει στην περιοχή άνω των ορίων θερμικής άνεσης μέχρι τις 07:00 της επόμενης ημέρας που ξεκινά πάλι η λειτουργία του μικτού συστήματος κλιματισμού. Όσον αφορά στη βιβλιοθήκη και την αίθουσα τελετών προκύπτει, ότι οι θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης και κάποια χρονικά διαστήματα εκτός των ωρών λειτουργίας του μικτού συστήματος κλιματισμού.



Σχήμα 56. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (Mixed-Mode System) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 16^η Ιουλίου

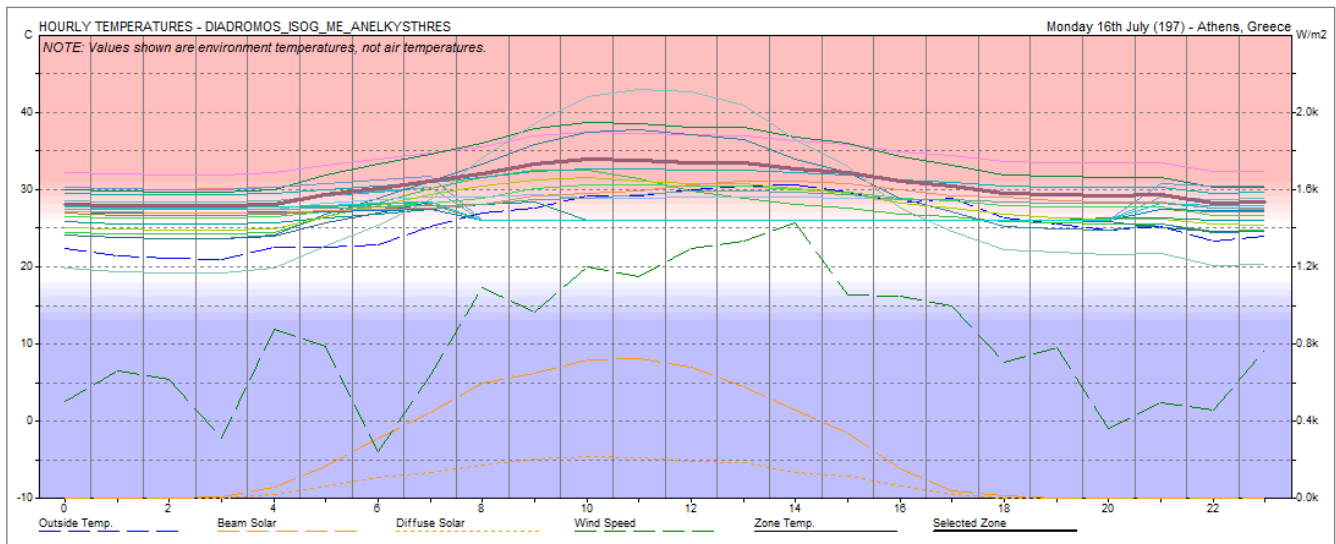
Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 16 ^η Ιουλίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	27,8	22,4	5,4	12	26,0	29,9	-3,9
01	27,6	21,5	6,1	13	26,0	30,5	-4,5
02	27,6	21,1	6,5	14	26,0	30,6	-4,6
03	27,6	20,9	6,7	15	26,0	29,7	-3,7
04	27,7	22,5	5,2	16	26,0	28,3	-2,3
05	27,9	22,5	5,4	17	26,0	28,8	-2,8
06	28,2	22,8	5,4	18	26,0	26,3	-0,3
07	28,5	25,2	3,3	19	26,0	25,6	0,4
08	26,0	26,9	-0,9	20	26,0	24,8	1,2
09	26,0	27,6	-1,6	21	28,2	25,2	3,0
10	26,0	29,2	-3,2	22	27,9	23,4	4,5
11	26,0	29,2	-3,2	23	28,0	23,9	4,1

Πίνακας 6. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (Mixed-Mode System), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16^η Ιουλίου

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (Natural Ventilation)

Για τις περισσότερες από τις ζώνες που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (Natural Ventilation) παρατηρείται, ότι οι θερμοκρασίες όλο το 24ωρο βρίσκονται άνω των ορίων θερμικής άνεσης, ακόμη και το χρονικό διάστημα από τις 19:00 μέχρι τις 07:00, όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης. Στο Σχήμα 57 παρουσιάζεται για παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισόγειου με τους ανεγκυστήρες και στον Πίνακα 7, οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίες της συγκεκριμένης ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ένας από τους παράγοντες που συντελούν στην παρουσία υψηλών θερμοκρασιών στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι, είναι η εισαγωγή στις ζώνες του κατ' εκτίμηση μέγιστου αριθμού ατόμων που χρησιμοποιεί τους χώρους, με αποτέλεσμα σημαντικό ποσό θερμότητας να παράγεται από την παρουσία ατόμων. Όσον αφορά στο χώρο του κλιμακοστασίου στον όροφο και τον ημιυπαίθριο χώρο της Ροτόντας προκύπτει, ότι κάποια χρονικά διαστήματα οι θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης. Για το χώρο του αιθρίου στο ισόγειο και την περιμετρική στοά του αιθρίου, γίνεται αναφορά παρακάτω.

Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων του κτιρίου που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, προκύπτει μικρότερο ή ίσο των $6,8^{\circ}\text{C}$, εκτός από το χώρο του κλιμακοστασίου στο ισόγειο που το εύρος προκύπτει 9°C , το χώρο του αιθρίου στο ισόγειο και την περιμετρική στοά του αιθρίου, για τους οποίους γίνεται αναφορά παρακάτω. Επιπλέον, παρατηρείται, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες των χώρων εμφανίζονται στο χρονικό διάστημα που οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αυξημένες, με τις μέγιστες τιμές θερμοκρασίας να παρουσιάζονται γύρω στις 10:00 - 13:00.



Σχήμα 57. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισογείου με τους ανελκυστήρες, με έντονη μωβ γραμμή, τη 16^η Ιουλίου

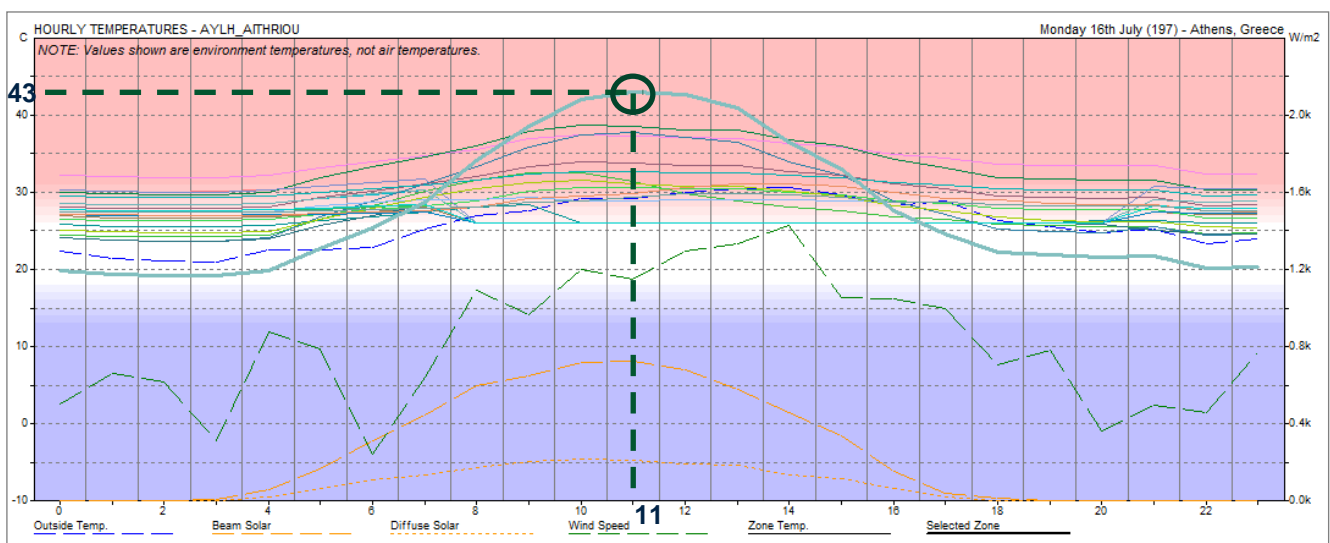
Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 16 ^η Ιουλίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	28,1	22,4	5,7	12	33,5	29,9	3,6
01	27,9	21,5	6,4	13	33,5	30,5	3,0
02	27,9	21,1	6,8	14	32,7	30,6	2,1
03	27,9	20,9	7,0	15	32,2	29,7	2,5
04	28,1	22,5	5,6	16	31,0	28,3	2,7
05	29,3	22,5	6,8	17	30,4	28,8	1,6
06	30,2	22,8	7,4	18	29,5	26,3	3,2
07	31,0	25,2	5,8	19	29,4	25,6	3,8
08	32,0	26,9	5,1	20	29,2	24,8	4,4
09	33,3	27,6	5,7	21	29,3	25,2	4,1
10	33,9	29,2	4,7	22	28,3	23,4	4,9
11	33,8	29,2	4,6	23	28,4	23,9	4,5

Πίνακας 7. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του διαδρόμου του ισογείου με τους ανελκυστήρες, του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16^η Ιουλίου

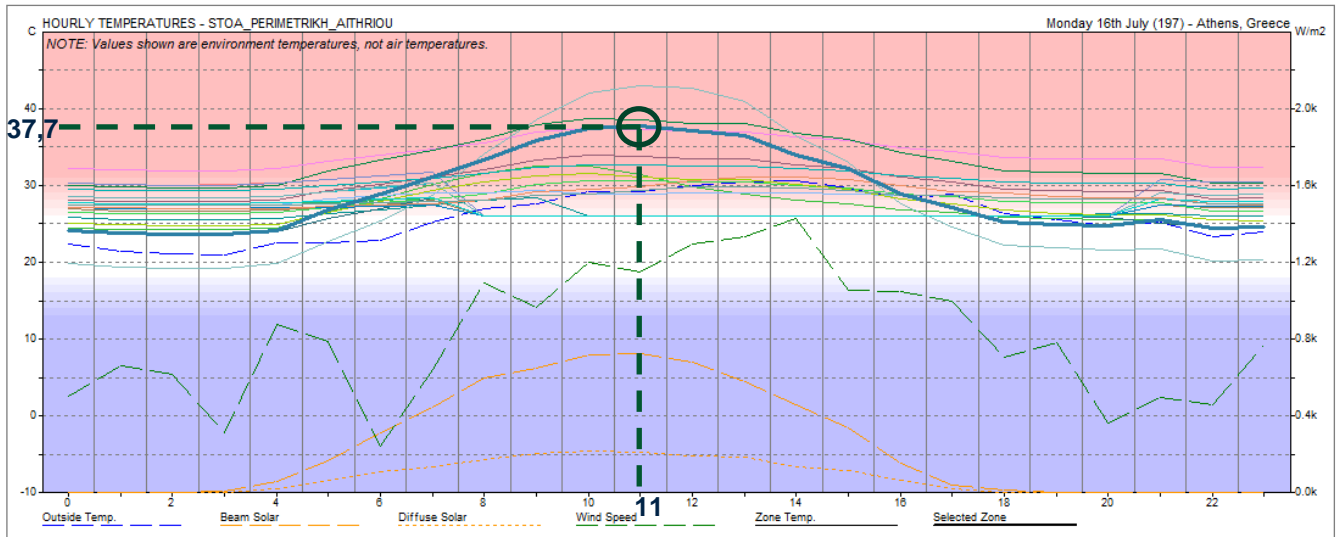
- Διακύμανση της θερμοκρασίας στο αίθριο και την περιμετρική στοά του αιθρίου (Natural Ventilation)

Για τη ζώνη του αιθρίου στο ισόγειο, η διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 58α. Παρατηρείται, ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας ακολουθεί τη διακύμανση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας, οι θερμοκρασίες βρίσκονται άνω των ορίων θερμικής άνεσης από τις 07:00 μέχρι τις 16:00 και η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας παρουσιάζεται στις 11:00 ίση με 43°C. Συγκρίνοντας τις καμπύλες θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα από τις 04:00 μέχρι τις 18:00 μεταξύ του αιθρίου και των υπόλοιπων χώρων που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, παρατηρείται, ότι η καμπύλη του αιθρίου παρουσιάζει μεγαλύτερες κλίσεις που σημαίνει ότι η θερμοκρασία του αιθρίου παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβολή στο ίδιο χρονικό διάστημα σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους, το οποίο οφείλεται στη μεγαλύτερη έκθεση του αιθρίου στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες και συνεπώς στην ηλιακή ακτινοβολία. Από τις 17:00 μέχρι τις 06:00, οι θερμοκρασίες του αιθρίου βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης και παρουσιάζονται κυρίως χαμηλότερες από τις εξωτερικές. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο προκύπτει 23,8°C.

Για την περιμετρική στοά του αιθρίου, η διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 58β. Παρατηρείται, ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας ακολουθεί τη διακύμανση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας και η μέγιστη θερμοκρασία παρουσιάζεται στις 11:00 ίση με 37,7°C. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας της στοάς προκύπτει 14,1°C.



(α)



(β)

Σχήμα 58. Η διακύμανση της θερμοκρασίας (α) του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο με έντονη γαλάζια γραμμή και (β) της περιμετρικής στοάς με έντονη μπλε γραμμή, τη 16^η Ιουλίου

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο και των παρακείμενων χώρων που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό

Όσον αφορά στους παρακείμενους χώρους του αιθρίου που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, για τους περισσότερους, από τις 08:00 μέχρι τις 15:00, οι θερμοκρασίες προκύπτουν χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες του αιθρίου, διότι το αίθριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης αυτό το χρονικό διάστημα. Αντίθετα, το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, οι θερμοκρασίες των παρακείμενων χώρων του αιθρίου προκύπτουν γενικά υψηλότερες από τις θερμοκρασίες του αιθρίου, με μεγαλύτερη διαφορά τις νυχτερινές ώρες, το οποίο οφείλεται στην αποτελεσματικότερη μετάδοση θερμότητας από το αίθριο στο εξωτερικό περιβάλλον αυτό το χρονικό διάστημα. Επιπλέον, στους παρακείμενους χώρους επιβραδύνεται η πτώση της θερμοκρασίας, λόγω της θερμότητας που μεταδίδεται σε αυτούς από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, στα οποία αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ενέργεια.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ ισόγειου και ορόφου

Οι θερμοκρασίες των κλιματιζόμενων ζωνών του ορόφου προκύπτουν την ίδια ώρα χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες των ζωνών στην αντίστοιχη θέση στο ισόγειο, συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες στο χρονικό διάστημα που δε λειτουργεί το μικτό σύστημα κλιματισμού, και οι διαφορές που συναντώνται κυμαίνονται περίπου από 0,5 - 4,5°C. Το ίδιο εύρος τιμών παρατηρείται και για τις ζώνες που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, αναφέροντας ωστόσο, ότι για το κλιμακοστάσιο μεταξύ ισόγειου και ορόφου, και σε αυτή την ανάλυση προκύπτει μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας, με μέγιστη τιμή τους 7,5°C, η οποία θεωρείται μεγάλη λαμβάνοντας υπόψη ότι το κλιμακοστάσιο αποτελεί ενιαίο χώρο και δεν μπορεί να ερμηνευθεί.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση

Οι θερμοκρασίες των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση, είτε προκύπτουν ίδιες, είτε παρουσιάζουν μικρές διαφορές έως 1°C. Ωστόσο, μεταξύ του κλιμακοστασίου και των διαδρόμων με τους ανελκυστήρες, παρατηρείται μέγιστη διαφορά 4,7°C στο ισόγειο και 2,3°C στον όροφο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΟΤΙ ΟΛΟΙ ΟΙ ΧΩΡΟΙ ΔΙΑΘΕΤΟΥΝ ΜΟΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΣΜΟ - ΣΕΝΑΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιείται η θερμική ανάλυση του κτιρίου Αβέρωφ θεωρώντας ότι όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό. Επομένως, στους χώρους που στην πραγματικότητα ο κλιματισμός ρυθμίζεται από το σύστημα BMS και στις αναλύσεις του προηγούμενου κεφαλαίου τέθηκε μικτό σύστημα κλιματισμού (*Mixed-Mode System*), στις αναλύσεις του παρόντος κεφαλαίου τίθεται μόνο φυσικός αερισμός (*Natural Ventilation*). Οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών προσδιορίζονται για περίοδο ενός 24ωρου, τη 15^η Ιανουαρίου και τη 16^η Ιουλίου, και με βάση τις θερμοκρασίες που προκύπτουν, εξάγονται συμπεράσματα και γίνονται συγκρίσεις με τις αναλύσεις του προηγούμενου κεφαλαίου. Επιπλέον, στο κεφάλαιο αυτό, πραγματοποιούνται κάποια σενάρια με σκοπό τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι, χωρίς τη χρήση συστήματος κλιματισμού, περιορίζοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας, και διερευνάται η συμβολή τους στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής άνεσης.

7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

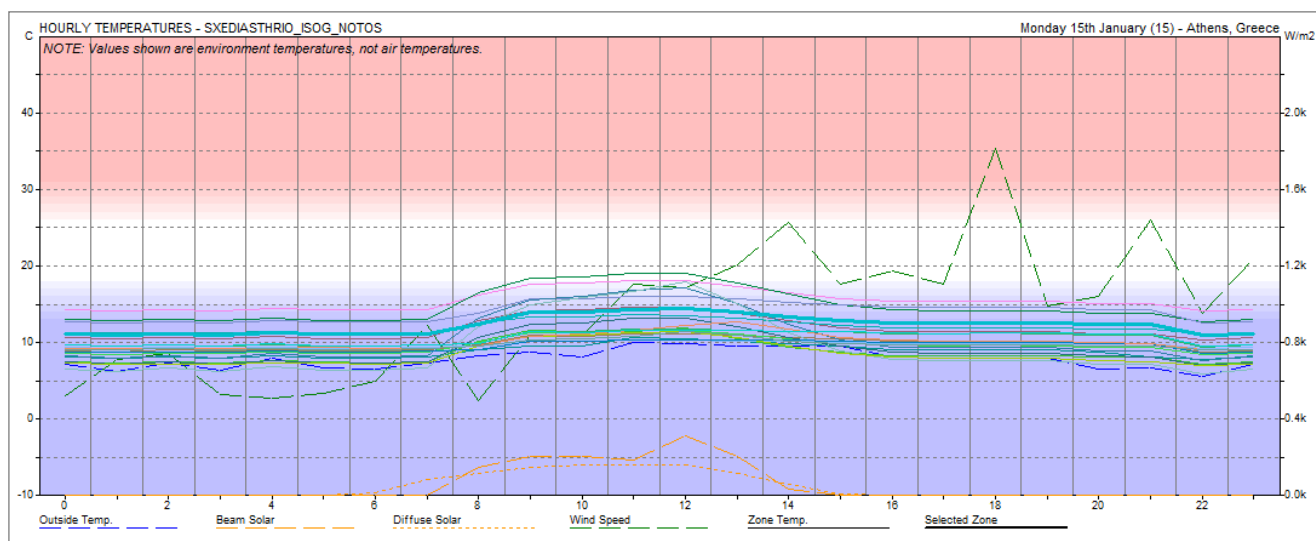
7.1.1 Θερμική ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου

Τα γραφήματα στα οποία παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας για όλο το 24ωρο της 15^{ης} Ιανουαρίου, των θερμικών ζωνών που στην παρούσα ανάλυση διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό και στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού, παρουσιάζονται στο Παράρτημα III. Τα γραφήματα των θερμικών ζωνών που διαθέτουν στην παρούσα, όπως και στην προηγούμενη ανάλυση, μόνο φυσικό αερισμό, δεν παρουσιάζονται στο Παράρτημα III, διότι οι θερμοκρασίες των ζωνών παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ των δύο αναλύσεων και επομένως, τα γραφήματα προκύπτουν παρόμοια με αυτά που παρουσιάζονται στο Παράρτημα I.

Παρατηρώντας τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας που προκύπτουν για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου τη 15^η Ιανουαρίου, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που διαθέτουν στην παρούσα ανάλυση μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*) και στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού (*Mixed-Mode System*)

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των ζωνών μεταξύ της παρούσας και της προηγούμενης ανάλυσης παρατηρείται, ότι στην παρούσα ανάλυση οι θερμοκρασίες των ζωνών βρίσκονται κάτω από τα όρια θερμικής άνεσης όλο το 24ωρο, ενώ στην προηγούμενη ανάλυση βρίσκονταν στο όριο θερμικής άνεσης (18°C) από τις 08:00 μέχρι τις 20:00 και στη βιβλιοθήκη από τις 10:00 μέχρι τις 19:00, λόγω της λειτουργίας του μικτού συστήματος κλιματισμού. Στο Σχήμα 59 παρουσιάζεται για παράδειγμα, η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο και στον Πίνακα 8, οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας της συγκεκριμένης ζώνης και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας των ζωνών προκύπτει μικρότερο ή ίσο των 3,6°C, εκτός από την αίθουσα τελετών που προκύπτει 6,3°C. Ακόμη διαπιστώνεται, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται στο διάστημα που μεσολαβεί περίπου από τις 07:00 μέχρι τις 15:00, με μέγιστες τιμές από τις 11:00 μέχρι τις 12:00, το οποίο οφείλεται στην αύξηση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας αυτό το χρονικό διάστημα. Επιπλέον παρατηρείται, ότι γενικά οι θερμοκρασίες των χώρων μεταβάλλονται, ακολουθώντας τη μεταβολή της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.



Σχήμα 59. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (*Natural Ventilation*) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 15^η Ιανουαρίου

Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 15 ^η Ιανουαρίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	11,2	7,1	4,1	12	14,4	9,9	4,5
01	11,0	6,2	4,8	13	13,9	9,5	4,4
02	11,2	7,3	3,9	14	13,4	9,6	3,8
03	11,1	6,4	4,7	15	12,9	9,6	3,3
04	11,3	8,0	3,3	16	12,6	8,1	4,5
05	11,1	6,7	4,4	17	12,6	7,9	4,7
06	11,1	6,6	4,5	18	12,6	7,9	4,7
07	11,2	7,4	3,8	19	12,6	7,9	4,7
08	12,3	8,3	4,0	20	12,4	6,6	5,8
09	14,0	8,7	5,3	21	12,4	6,7	5,7
10	14,0	8,1	5,9	22	10,9	5,6	5,3
11	14,4	10,1	4,3	23	11,2	7,1	4,1

Πίνακας 8. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του νότιου σχεδιαστηρίου στο ισόγειο (*Natural Ventilation*), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 15^η Ιανουαρίου

- Σύγκριση των θερμοκρασιών των ζωνών που στην παρούσα, όπως και στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου, διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*)

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των ζωνών μεταξύ της παρούσας και της προηγούμενης ανάλυσης παρατηρείται, ότι οι θερμοκρασίες είναι ίδιες ή διαφέρουν κατά 0,1°C, εκτός από την περιμετρική στοά του αιθρίου που προκύπτει λίγο μεγαλύτερη διαφορά, μέχρι 0,9°C. Επομένως, για τις ζώνες αυτής της κατηγορίας ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις και συμπεράσματα που έγιναν στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου, παρατηρώντας μια μικρή διαφοροποίηση σε κάποιες τιμές.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ ισόγειου και ορόφου

Όσον αφορά στους χώρους που διαθέτουν στην παρούσα ανάλυση μόνο φυσικό αερισμό και στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού, προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες στον όροφο την ίδια ώρα είναι χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες των χώρων στην αντίστοιχη θέση στο ισόγειο, και οι διαφορές που συναντώνται κυμαίνονται περίπου από 1 - 6°C.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση, προκύπτουν οι ίδιες παρατηρήσεις που έγιναν στην προηγούμενη ανάλυση της 15^{ης} Ιανουαρίου.

7.1.2 Θερμική ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου

Τα γραφήματα στα οποία παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας για όλο το 24ωρο της 16^{ης} Ιουλίου, των θερμικών ζωνών που στην παρούσα ανάλυση διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό και στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού, παρουσιάζονται στο Παράρτημα IV. Τα γραφήματα των θερμικών ζωνών που διαθέτουν στην παρούσα, όπως και στην προηγούμενη ανάλυση, μόνο φυσικό αερισμό, δεν παρουσιάζονται στο Παράρτημα IV, διότι οι θερμοκρασίες των ζωνών παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ των δύο αναλύσεων, και επομένως, τα γραφήματα προκύπτουν παρόμοια με αυτά που παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

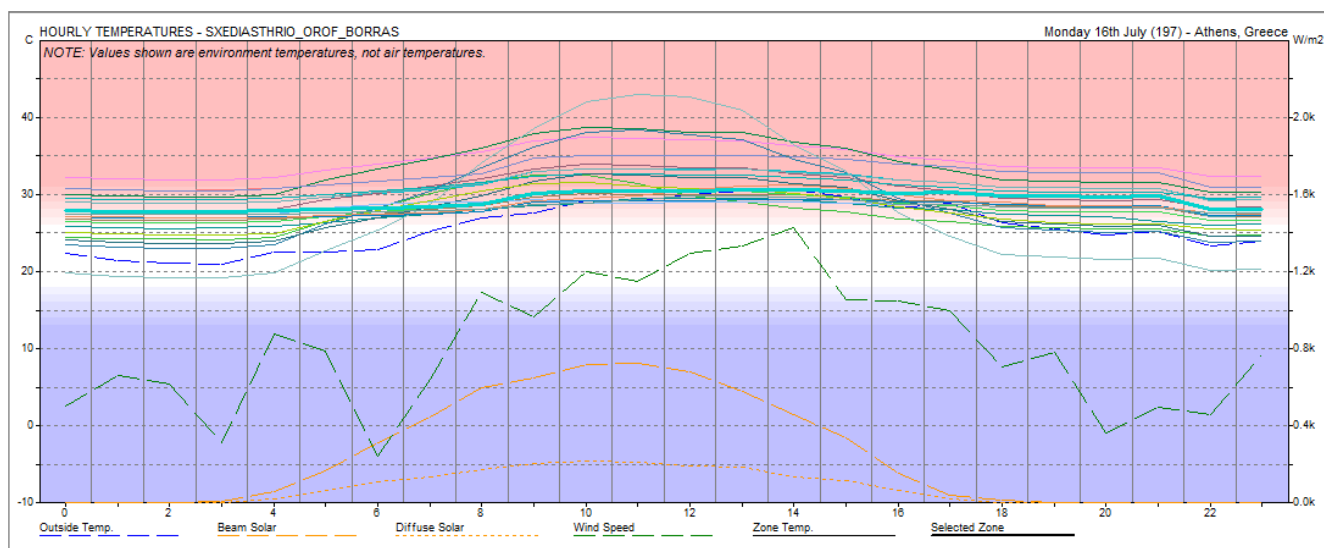
Παρατηρώντας τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας που προκύπτουν για τις θερμικές ζώνες του κτιρίου τη 16^η Ιουλίου, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Διακύμανση της θερμοκρασίας στις ζώνες που διαθέτουν στην παρούσα ανάλυση μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*) και στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού (*Mixed-Mode System*)

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των ζωνών μεταξύ της παρούσας και της προηγούμενης ανάλυσης παρατηρείται, ότι στην παρούσα ανάλυση οι θερμοκρασίες των ζωνών βρίσκονται άνω των ορίων θερμικής άνεσης όλο το 24ωρο, ενώ στην

προηγούμενη ανάλυση βρίσκονταν στο όριο θερμικής άνεσης (26°C) τις ώρες λειτουργίας του μικτού συστήματος κλιματισμού. Το χρονικό διάστημα από τις 19:00 μέχρι τις 07:00 παρατηρείται, ότι παρόλο που οι εξωτερικές θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης, οι θερμοκρασίες των ζωνών προκύπτουν άνω των ορίων θερμικής άνεσης. Αυτό συμβαίνει, διότι τις νυχτερινές και πρώτες πρωινές ώρες που μειώνονται οι εξωτερικές θερμοκρασίες, καθυστερεί η πτώση της θερμοκρασίας στις ζώνες, λόγω της θερμότητας που μεταδίδεται από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, στα οποία αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον, ένας παράγοντας που συντελεί στην παρουσία υψηλών θερμοκρασιών στις ζώνες, είναι η εισαγωγή του κατ' εκτίμηση μέγιστου αριθμού ατόμων που χρησιμοποιεί τους χώρους, με αποτέλεσμα σημαντικό ποσό θερμότητας να παράγεται από την παρουσία ατόμων.

Στο Σχήμα 60 και στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα διακύμανσης της θερμοκρασίας για τις ζώνες της συγκεκριμένης κατηγορίας, που αφορά στο βόρειο σχεδιαστήριο του ορόφου. Όσον αφορά στη βιβλιοθήκη και την αίθουσα τελετών προκύπτει, ότι κάποια χρονικά διαστήματα οι θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης. Το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας των ζωνών προκύπτει μικρότερο ή ίσο των 4,6°C, εκτός από την αίθουσα τελετών που προκύπτει 9°C. Ακόμη διαπιστώνεται, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες των χώρων εμφανίζονται στο χρονικό διάστημα που οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αυξημένες, με τις μέγιστες τιμές θερμοκρασίας να παρουσιάζονται από τις 10:00 μέχρι τις 15:00.



Σχήμα 60. Η διακύμανση της θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (Natural Ventilation) με έντονη γαλάζια γραμμή, τη 16^η Ιουλίου

Ωριαίες Θερμοκρασίες (°C) τη 16 ^η Ιουλίου							
Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά	Ωρα	Εσωτερικό ζώνης	Εξωτερικό περιβάλλον	Διαφορά
00	27,9	22,4	5,5	12	30,5	29,9	0,6
01	27,8	21,5	6,3	13	30,6	30,5	0,1
02	27,7	21,1	6,6	14	30,6	30,6	0,0
03	27,7	20,9	6,8	15	30,4	29,7	0,7
04	27,9	22,5	5,4	16	30,2	28,3	1,9
05	28,0	22,5	5,5	17	30,2	28,8	1,4
06	28,2	22,8	5,4	18	29,9	26,3	3,6
07	28,4	25,2	3,2	19	29,8	25,6	4,2
08	28,7	26,9	1,8	20	29,7	24,8	4,9
09	30,2	27,6	2,6	21	29,7	25,2	4,5
10	30,4	29,2	1,2	22	28,1	23,4	4,7
11	30,4	29,2	1,2	23	28,1	23,9	4,2

Πίνακας 9. Οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του βόρειου σχεδιαστηρίου στον όροφο (*Natural Ventilation*), του εξωτερικού περιβάλλοντος και η διαφορά τους, τη 16^η Ιουλίου

- Σύγκριση των θερμοκρασιών των ζωνών που στην παρούσα, όπως και στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου, διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*)

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των ζωνών μεταξύ της παρούσας και της προηγούμενης ανάλυσης παρατηρείται, ότι οι θερμοκρασίες είναι ίδιες ή διαφέρουν κατά 0,1°C, εκτός από την περιμετρική στοά του αιθρίου που προκύπτει λίγο μεγαλύτερη διαφορά, μέχρι 0,7°C. Επομένως, για τις ζώνες αυτής της κατηγορίας ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις και συμπεράσματα που έγιναν στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου, παρατηρώντας μια μικρή διαφοροποίηση σε κάποιες τιμές.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ ισόγειου και ορόφου

Όσον αφορά στους χώρους που διαθέτουν στην παρούσα ανάλυση μόνο φυσικό αερισμό και στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου διέθεταν μικτό σύστημα κλιματισμού, προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες στον όροφο την ίδια ώρα είναι χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες των χώρων στην αντίστοιχη θέση στο ισόγειο, και οι διαφορές που συναντώνται κυμαίνονται περίπου από 1 - 6°C.

- Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες μεταξύ των συμμετρικών χώρων ως προς τον άξονα ανατολή - δύση, προκύπτουν οι ίδιες παρατηρήσεις που έγιναν στην προηγούμενη ανάλυση της 16^{ης} Ιουλίου.

- Προσδιορισμός της άνοδου της θερμοκρασίας από την παρουσία του κατ' εκτίμηση μέγιστου αριθμού ατόμων στους χώρους του κτιρίου

Προκειμένου να προσδιοριστεί η άνοδος της θερμοκρασίας που οφείλεται στην παρουσία του κατ' εκτίμηση μέγιστου αριθμού ατόμων στους χώρους του κτιρίου, έγινε σύγκριση για τη 16^η Ιουλίου και την κατάσταση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, μεταξύ της περίπτωσης που υπάρχει ο μέγιστος αριθμός ατόμων στους χώρους και της περίπτωσης που δεν υπάρχουν άτομα. Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει, ότι η άνοδος της θερμοκρασίας διαφέρει από χώρο σε χώρο και κυμαίνεται από 0,5 - 8°C. Σε κάθε χώρο, η άνοδος της θερμοκρασίας παρουσιάζει μικρή διακύμανση κατά τη διάρκεια του 24ωρου, με εύρος που φτάνει το πολύ τους 1,5°C.

7.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

7.2.1 Εισαγωγή θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου

Η εισαγωγή θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου συμβάλλει στη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας, η οποία το χειμώνα έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το εσωτερικό του κτιρίου προς τα έξω και την παγίδευση της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας ηλιακής θερμότητας, ενώ το καλοκαίρι μειώνει το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτιρίου.

Η θερμομονωτική στρώση που εισήχθησε στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, είναι διογκωμένη πολυστερίνη (EPS - Expanded polystyrene) πάχους 7cm και τοποθετήθηκε στην εξωτερική πλευρά των τοίχων, στο δώμα σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια, στις στέγες και στα πατώματα μεταξύ ισογείου και ορόφου. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετήθηκε στην εξωτερική επιφάνεια των

δομικών στοιχείων ή σε θέση πλησιέστερη σε αυτή, με σκοπό την επαύξηση της θερμοχωρητικότητάς τους, διότι αν τοποθετούνταν σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνειά τους, θα περιόριζε τη θερμοχωρητικότητά τους, δηλαδή την ικανότητά τους να αποθηκεύουν θερμότητα στη μάζα τους (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2010).

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου για τη 15^η Ιανουαρίου και την κατάσταση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, μεταξύ της περίπτωσης που δεν υπάρχει θερμομόνωση και της περίπτωσης που υπάρχει, παρατηρείται, ότι με την εισαγωγή θερμομόνωσης, η άνοδος της θερμοκρασίας σε κάποιους χώρους φτάνει τους 1,5°C, σε άλλους προκύπτει γύρω στον 1°C, ενώ σε κάποιους παρουσιάζεται μικρότερη, ακόμη και μέχρι 0,2 - 0,3°C. Γενικά παρατηρείται, ότι η εισαγωγή θερμομόνωσης δεν επέφερε σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα, το οποίο οφείλεται στο ότι το πάχος των δομικών στοιχείων του κτιρίου είναι μεγάλο και συνεπώς, η θερμοπερατότητά τους είναι μικρή και πριν την εισαγωγή θερμομόνωσης, και επομένως, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης μείωσε μεν το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, αλλά η συνεισφορά της δεν ήταν τόσο μεγάλη ώστε να επιφέρει σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας.

Πραγματοποιώντας την ίδια σύγκριση για τη 16^η Ιουλίου παρατηρείται, ότι η εισαγωγή θερμομόνωσης δεν οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας των χώρων, αλλά αντίθετα επιφέρει αύξηση της θερμοκρασίας τους, η οποία σε κάθε χώρο προκύπτει σχεδόν ίδια με αυτή που προέκυψε τη 15^η Ιανουαρίου για τον αντίστοιχο χώρο. Η αύξηση της θερμοκρασίας των χώρων με την εισαγωγή θερμομόνωσης ήταν αναμενόμενη, διότι οι θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου τη 16^η Ιουλίου στην περίπτωση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, προκύπτουν κυρίως υψηλότερες από τις εξωτερικές, με αποτέλεσμα η εισαγωγή θερμομόνωσης να παγιδεύει τις υψηλές θερμοκρασίες των χώρων προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας τους. Επομένως, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η εφαρμογή θερμομόνωσης πρέπει να συνδυαστεί με τη λήψη άλλων μέτρων βελτίωσης της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι, ώστε να επιφέρει επωφελή αποτελέσματα τη θερινή περίοδο. Παρακάτω, παρουσιάζονται κάποιες παρεμβάσεις, οι οποίες επιφέρουν μείωση της θερμοκρασίας στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι.

7.2.2 Εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e)

Στις προηγούμενες αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, τέθηκε η χρήση παραθύρων από δύο υαλοπίνακες τοποθετημένους σε ξύλινο πλαίσιο, όπως υφίσταται στην πραγματικότητα στο κτίριο. Στο σενάριο αυτό, εφαρμόζονται βελτιωμένοι διπλοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), οι οποίοι εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται (ΚΑΠΕ, 2014).

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου για τη 15^η Ιανουαρίου και την κατάσταση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, μεταξύ των περιπτώσεων εφαρμογής διπλών υαλοπινάκων Low-e και κοινών διπλών υαλοπινάκων, παρατηρείται, ότι η χρήση υαλοπινάκων Low-e επιφέρει πολύ μικρή άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι 0,1 - 0,2°C στους χώρους που διαθέτουν παράθυρα. Η μικρή άνοδος της θερμοκρασίας οφείλεται στη μικρή αναλογία της επιφάνειας των παραθύρων κάθε χώρου προς την επιφάνεια του δαπέδου του αντίστοιχου χώρου.

Πραγματοποιώντας την ίδια σύγκριση για τη 16^η Ιουλίου παρατηρείται, ότι η χρήση υαλοπινάκων Low-e δεν οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας των χώρων που διαθέτουν παράθυρα, αλλά αντίθετα επιφέρει πολύ μικρή αύξηση της θερμοκρασίας τους μέχρι 0,1 - 0,2°C, το οποίο ήταν αναμενόμενο, όπως αναφέρθηκε και στο σενάριο εισαγωγής θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, εξαιτίας της παρουσίας κυρίως υψηλότερων θερμοκρασιών στους χώρους του κτιρίου σε σχέση με τις εξωτερικές. Επομένως, η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων Low-e, όπως και η εφαρμογή θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, πρέπει να συνδυαστεί με τη λήψη άλλων μέτρων βελτίωσης της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι, μερικά από τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια, ώστε να επιφέρει επωφελή αποτελέσματα τη θερινή περίοδο.

7.2.3 Εισαγωγή παραθύρων στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο - Ανοιχτά παράθυρα όλο το 24ωρο για τη θερινή περίοδο

Το σενάριο αυτό αποτελείται από δύο σκέλη. Το πρώτο, αφορά στην εισαγωγή παραθύρων που αποτελούνται από δύο υαλοπίνακες τοποθετημένους σε ξύλινο πλαίσιο, στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο. Στο Σχήμα 61 παρουσιάζεται μια νότια άποψη του κτιρίου Αβέρωφ, όπου φαίνονται τα παράθυρα που εισήχθησαν στα σχεδιαστήρια του ορόφου, στην πλευρά τους που "βλέπει" στο αίθριο. Ομοίως, εισήχθησαν παράθυρα και στους υπόλοιπους χώρους του ισόγειου και του ορόφου. Το δεύτερο σκέλος του σεναρίου αφορά, στη διατήρηση όλων των παραθύρων του κτιρίου ανοιχτών για όλο το 24ωρο τη θερινή περίοδο, και εφαρμόζεται, διότι οι θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου τη 16^η Ιουλίου για την περίπτωση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, προκύπτουν κυρίως υψηλότερες από τις εξωτερικές.



Σχήμα 61. Νότια άποψη του κτιρίου Αβέρωφ, μετά την εισαγωγή παραθύρων στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο

Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου για τη 15^η Ιανουαρίου και την κατάσταση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, μεταξύ της περίπτωσης που δεν υπάρχουν παράθυρα στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο και της περίπτωσης που υπάρχουν, παρατηρείται, ότι η εισαγωγή παραθύρων επιφέρει πτώση της θερμοκρασίας στους χώρους στους οποίους τοποθετήθηκαν. Η πτώση της θερμοκρασίας σε κάποιους χώρους φτάνει τους 2°C, σε άλλους κυμαίνεται γύρω στον 1,5°C, ενώ στους υπόλοιπους παρουσιάζει μικρότερες τιμές. Η πτώση της θερμοκρασίας οφείλεται, στο ότι ο διπλός υαλοπίνακας παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμοπερατότητα από την τοιχοποιία και επομένως, τη χειμερινή περίοδο, οι θερμικές απώλειες από το εσωτερικό των χώρων προς τα έξω αυξάνονται με την εισαγωγή των πρόσθετων παραθύρων.

Όσον αφορά στη θερινή περίοδο και συγκεκριμένα τη 16^η Ιουλίου, παρατηρείται, ότι η εισαγωγή των πρόσθετων παραθύρων και η διατήρηση όλων των παραθύρων του κτιρίου ανοιχτών για όλο το 24ωρο, επιφέρουν πτώση της θερμοκρασίας των χώρων στους οποίους τοποθετήθηκαν τα παράθυρα. Η πτώση της θερμοκρασίας σε κάποιους χώρους φτάνει τους 2,5°C, σε άλλους φτάνει τους 2°C ή 1,5°C, ενώ στους υπόλοιπους χώρους παρουσιάζει μικρότερες τιμές. Οι παρεμβάσεις αυτές συμβάλλουν στην πτώση της θερμοκρασίας, διότι διευκολύνουν τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό των χώρων προς τα έξω, εφόσον οι θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου τη 16^η Ιουλίου για την περίπτωση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό προκύπτουν κυρίως υψηλότερες από τις εξωτερικές. Ειδικά το χρονικό διάστημα από τις 19:00 μέχρι τις 07:00, όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες βρίσκονται στην περιοχή θερμικής άνεσης, η μεταφορά θερμότητας είναι αποτελεσματικότερη και επιπλέον, υφίσταται διαμπερής αερισμός των χώρων μέσω των παραθύρων τους και του αιθρίου, που συμβάλλει στην πτώση της θερμοκρασίας των χώρων και τη φυσική ψύξη των δομικών τους στοιχείων.

7.2.4 Υλοποίηση παρεμβάσεων στην ευρύτερη περιοχή του κτιρίου και στο αίθριό του - Συνδυασμός της χρήσης των προγραμμάτων Ecotect και ENVI-met

Στο σενάριο αυτό, προτείνεται η υλοποίηση παρεμβάσεων στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή, οι οποίες θα δημιουργήσουν ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής άνεσης στο συγκρότημα κατά τη θερινή περίοδο και συνεπώς, θα βελτιώσουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου Αβέρωφ. Επιπλέον, γίνονται προτάσεις για την αξιοποίηση του αιθρίου του κτιρίου, με σκοπό τη δημιουργία συνθηκών ευχάριστης δροσιάς στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι.

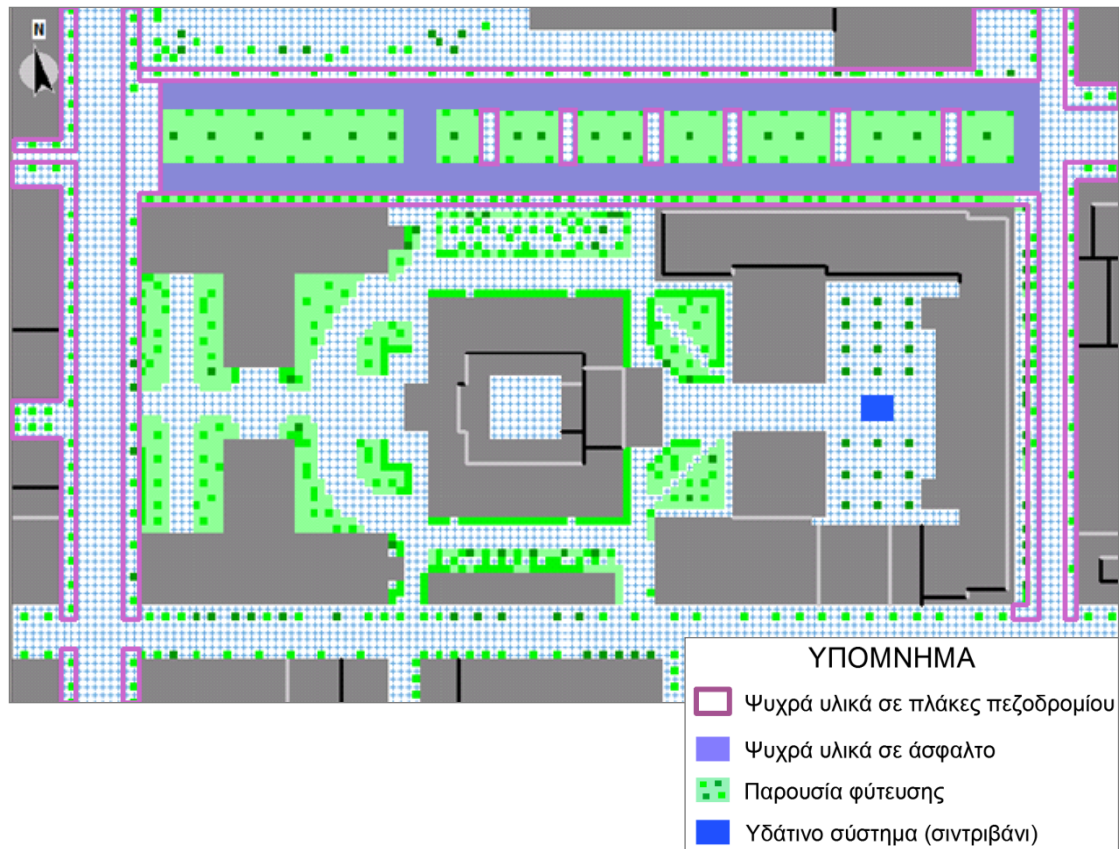
Ακόμη, αναφέρεται, πως μπορεί να συνδυαστεί η χρήση των προγραμμάτων Ecotect και ENVI-met, προκειμένου οι θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου να διαμορφωθούν σε επιθυμητά επίπεδα τη θερινή περίοδο.

7.2.4.α Παρεμβάσεις στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή

Η υλοποίηση κάποιων παρεμβάσεων στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή, με σκοπό τη δημιουργία ευνοϊκότερων κλιματικών συνθηκών και τη βελτίωση της θερμικής άνεσης, παρουσιάστηκε στη Μεταπτυχιακή εργασία της Εμμανουήλ (2014), με τη χρήση του προγράμματος ENVI-met. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών του συγκροτήματος του ΕΜΠ και της ευρύτερης περιοχής στη διαμόρφωση των μικροκλιματικών συνθηκών, και υλοποιήθηκαν παρεμβάσεις μικρής κλίμακας, με σκοπό τη δημιουργία ευνοϊκότερων κλιματικών συνθηκών και τη βελτίωση της θερμικής άνεσης.

Αρχικά, αποτυπώθηκε η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης που περιλαμβάνει, τη θέση και το ύψος των κτιρίων του συγκροτήματος και των γειτονικών κτιρίων, τη θέση και το είδος βλάστησης, την κατανομή των υλικών επίστρωσης των επιφανειών των υπαίθριων χώρων, τους τύπους εδάφους, τη θέση των πηγών εκπνεόμενων στοιχείων, και ορίστηκε η γεωγραφική θέση και ο προσανατολισμός της περιοχής. Επιπλέον, ορίστηκε η θέση υποδοχέων στο συγκρότημα, τοποθετώντας έναν υποδοχέα και στο αίθριο του κτιρίου Αβέρωφ, στους οποίους προέκυψαν οι τιμές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου και τα επίπεδα θερμικής άνεσης για την 20.07.2013. Για τις αναλύσεις την 20.07.2013, χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα που παρείχε η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, τα οποία αφορούσαν σε μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή τη συγκεκριμένη ημέρα.

Στη συνέχεια, προκειμένου να βελτιωθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες του συγκροτήματος και να εξασφαλιστούν καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο, προτάθηκε η υλοποίηση παρεμβάσεων στην περιοχή μελέτης, οι οποίες αφορούν στην εφαρμογή ψυχρών υλικών σε πλάκες πεζοδρομίου και σε ασφαλτικό οδόστρωμα, στη φύτευση επιπλέον δέντρων και θάμνων στο συγκρότημα και την ευρύτερη περιοχή, και στη δημιουργία υδάτινου συστήματος (σιντριβάνι) στο αίθριο του συγκροτήματος που περιβάλλεται από τα κτίρια Τοσίτσα, Μπουμπουλίνας και Γκίνη. Οι παρεμβάσεις αυτές παρουσιάζονται στο Σχήμα 62. Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για την προτεινόμενη κατάσταση διαπιστώθηκε, ότι οι παρεμβάσεις συνέβαλαν στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων περιβαλλοντικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης και όσον αφορά στη θερμοκρασία, η μέση μείωση διαμορφώθηκε στους 0,28°C, ενώ τις μεσημεριανές ώρες προσέγγισε τους 0,40°C.



Σχήμα 62. Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή (Εμμανουήλ, 2014)

7.2.4.β Προτεινόμενες παρεμβάσεις στο αίθριο του κτιρίου

Για την αξιοποίηση του αιθρίου του κτιρίου Αβέρωφ, με σκοπό τη δημιουργία συνθηκών ευχάριστης δροσιάς στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι, προτείνεται η δημιουργία σιντριβανιού στο αίθριο, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που θα διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση και συνεπώς να μπαίνει πιο δροσερός στους χώρους του κτιρίου. Ακόμη, η δημιουργία φύτευσης (δέντρα, θάμνοι, καλλωπιστικά κλπ.) στο αίθριο, θα συνέβαλε στο δροσισμό του περιβάλλοντος χώρου λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

7.2.4.γ Συνδυασμός της χρήσης των προγραμμάτων Ecotect και ENVI-met

Λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, διαπιστώνεται, ότι η χρήση του Ecotect μπορεί να συνδυαστεί με τη χρήση του ENVI-met για την πραγματοποίηση θερμικής ανάλυσης που συνδυάζει κτιριακό και υπαίθριο χώρο σε αστικό περιβάλλον. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας το Ecotect, προσδιορίστηκαν οι θερμοκρασίες των χώρων του κτιρίου Αβέρωφ για όλο το 24ωρο της 15^{ης} Ιανουαρίου και της 16^{ης} Ιουλίου. Όσον αφορά στη θερινή

περίοδο, οι θερμοκρασίες των χώρων για την κατάσταση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, προέκυψαν κυρίως άνω των ορίων θερμικής άνεσης.

Με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί το ENVI-met για την υλοποίηση παρεμβάσεων στο συγκρότημα του ΕΜΠ και την ευρύτερη περιοχή, όπως πραγματοποιήθηκε στη Μεταπτυχιακή εργασία της Εμμανουήλ (2014), οι οποίες θα συνέβαλαν στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων περιβαλλοντικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης και συνεπώς, θα δημιουργούσαν ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το καλοκαίρι. Μέσω ενός υποδοχέα που θα τοποθετούνταν στο αίθριο του κτιρίου Αβέρωφ στο πρόγραμμα ENVI-met, θα ήταν δυνατό να προσδιοριστεί η μείωση της θερμοκρασίας στο αίθριο από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις. Η μείωση της θερμοκρασίας του αιθρίου και της ευρύτερης περιοχής του κτιρίου, θα οδηγούσε σε συμπεράσματα για τη μείωση της θερμοκρασίας στους χώρους του κτιρίου. Επομένως, οι παρεμβάσεις στην περιοχή μελέτης θα υλοποιούνταν, μέχρις ότου οι θερμοκρασίες του αιθρίου και της ευρύτερης περιοχής θα έφταναν τις επιθυμητές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα και διατυπώνονται κάποιες προτάσεις για έρευνα σε επόμενες εργασίες.

- Από τις θερμικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για το κτίριο Αβέρωφ τη 15^η Ιανουαρίου και τη 16^η Ιουλίου διαπιστώνεται, ότι η εισαγωγή θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, η τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), η δημιουργία συνθηκών ενίσχυσης του φυσικού αερισμού και η διαμόρφωση του μικροκλίματος του περιβάλλοντος χώρου ενός κτιρίου μέσω παρεμβάσεων, συμβάλλουν στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου το χειμώνα ή / και το καλοκαίρι, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια, εφόσον περιορίζεται η χρήση του συστήματος κλιματισμού. Ωστόσο, για την εισαγωγή θερμομόνωσης και την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-e, απαιτείται να επικρατεί η κατάλληλη σχέση θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, έτσι ώστε οι παρεμβάσεις αυτές να μην επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα, όπως αναφέρεται σε επόμενα συμπεράσματα.
- Η εισαγωγή θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, επέφερε μικρή άνοδο της θερμοκρασίας τη 15^η Ιανουαρίου για την περίπτωση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, μέχρι 1,5°C. Η μικρή άνοδος της θερμοκρασίας αποδόθηκε στο μεγάλο πάχος των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που είχε ως αποτέλεσμα, η εισαγωγή θερμομόνωσης να μειώσει το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους, αλλά η συνεισφορά της να μην είναι τόσο μεγάλη, ώστε να επιφέρει σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας. Τη 16^η Ιουλίου, η εισαγωγή θερμομόνωσης δεν οδήγησε σε μείωση της θερμοκρασίας των χώρων, αλλά αντίθετα επέφερε αύξηση της θερμοκρασίας τους, η οποία ήταν αναμενόμενη λόγω της παρουσίας στους χώρους κυρίως υψηλότερων θερμοκρασιών σε σχέση με τις εξωτερικές. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω και δεδομένου του αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος του κτιρίου Αβέρωφ και του κόστους εισαγωγής θερμομόνωσης, κρίνεται ότι η παρέμβαση αυτή δεν είναι κατάλληλη για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου.

- Η χρήση διπλών υαλοπινάκων χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), συνέβαλε τη 15^η Ιανουαρίου σε άνοδο της θερμοκρασίας των χώρων που διαθέτουν παράθυρα μέχρι 0,1 - 0,2°C, σε σχέση με τη χρήση κοινών διπλών υαλοπινάκων. Η μικρή άνοδος της θερμοκρασίας αποδόθηκε στη μικρή αναλογία της επιφάνειας των παραθύρων κάθε χώρου προς την επιφάνεια του δαπέδου του αντίστοιχου χώρου. Για τη 16^η Ιουλίου παρατηρήθηκε, ότι η χρήση υαλοπινάκων Low-e επέφερε την ίδια άνοδο θερμοκρασίας, το οποίο ερμηνεύτηκε, όπως στην περίπτωση εισαγωγής θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Επομένως, διαπιστώνεται, ότι η χρήση διπλών υαλοπινάκων Low-e σε σχέση με τη χρήση κοινών διπλών υαλοπινάκων, δεν αποτελεί αποδοτική παρέμβαση για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου.
- Η συμβολή του αιθρίου στο φυσικό αερισμό και δροσισμό των χώρων αξιοποιήθηκε με την εισαγωγή πρόσθετων παραθύρων στην πλευρά των χώρων που "βλέπει" στο αίθριο και τη διατήρηση όλων των παραθύρων του κτιρίου ανοιχτών για όλο το 24ωρο τη θερινή περίοδο. Τη 16^η Ιουλίου παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας των χώρων στους οποίους τοποθετήθηκαν τα παράθυρα, μέχρι 2,5°C. Το αίθριο συνέβαλε στην ενίσχυση του φυσικού αερισμού και δροσισμού, λόγω των θερμοκρασιακών διαφορών που δημιουργούνται στο εσωτερικό του κτιρίου και του διαμπερούς αερισμού που δημιουργείται μέσω των παραθύρων των χώρων και του ανοίγματος του αιθρίου.
- Η χρήση του Ecotect μπορεί να συνδυαστεί με τη χρήση του ENVI-met για την πραγματοποίηση θερμικής ανάλυσης που συνδυάζει κτιριακό και υπαίθριο χώρο σε αστικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του ENVI-met μπορούν να υλοποιηθούν παρεμβάσεις μικρής κλίμακας σε μια αστική περιοχή και να διερευνηθεί η επίδρασή τους στις τοπικές κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Έχοντας πραγματοποιήσει θερμική ανάλυση του υπό μελέτη κτιρίου με το Ecotect και συνεπώς γνωρίζοντας τις θερμοκρασίες των χώρων του και του εξωτερικού περιβάλλοντος, η διαμόρφωση των μικροκλιματικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή του κτιρίου, θα οδηγούσε σε συμπεράσματα για τη διαμόρφωση των θερμοκρασιών στους χώρους του υπό μελέτη κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο, η χρήση των δύο προγραμμάτων μπορεί να συνδυαστεί, προκειμένου να βελτιωθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης στους χώρους ενός κτιρίου, μέσω της διαμόρφωσης του μικροκλίματος του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου.

- Όσον αφορά στη θερμική συμπεριφορά του αιθρίου, οι υψηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και το καλοκαίρι προέκυψαν το χρονικό διάστημα περίπου από τις 08:00 μέχρι τις 14:00, ενώ το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, οι θερμοκρασίες του προέκυψαν κυρίως χαμηλότερες από τις εξωτερικές. Συγκρίνοντας τις θερμοκρασίες του χώρου του αιθρίου στο ισόγειο και των παρακείμενων χώρων που διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό, γενικά παρατηρήθηκε, ότι περίπου από τις 08:00 μέχρι τις 14:00, οι θερμοκρασίες του αιθρίου είναι υψηλότερες, διότι το αίθριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης αυτό το χρονικό διάστημα. Το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, οι θερμοκρασίες του αιθρίου προέκυψαν χαμηλότερες, διότι είναι αποτελεσματικότερη η μετάδοση θερμότητας από το αίθριο στο εξωτερικό περιβάλλον και επιπλέον, στους παρακείμενους χώρους επιβραδύνεται η πτώση της θερμοκρασίας, λόγω της θερμότητας που μεταδίδεται σε αυτούς από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, στα οποία αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ενέργεια.
- Κατά την ανάλυση των θερμοκρασιών των ζωνών, κάποιες φορές προέκυψαν μη ερμηνεύσιμες θερμοκρασίες, όπως στην περίπτωση του κλιμακοστασίου που παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ισογείου και ορόφου (βλ. σελ. 86 - 87, 97). Για το λόγο αυτό, προτείνεται να πραγματοποιηθεί η θερμική ανάλυση του κτιρίου Αβέρωφ χρησιμοποιώντας και κάποιο άλλο πρόγραμμα, όπως το Energy Plus, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν τα δύο προγράμματα παρέχουν όμοια αποτελέσματα.
- Επιπλέον, προτείνεται σε επόμενη εργασία να διερευνηθεί η επίδραση της στέγασης του αιθρίου με υαλοστάσιο, στη διαμόρφωση των θερμοκρασιών των χώρων του κτιρίου και να πραγματοποιηθεί σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

- **ΒΙΒΛΙΑ - ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ / ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΕΓΓΡΑΦΑ**

Goulding J., Lewis O. and Steemers T. (1994),

«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες», Ελληνική Έκδοση του βιβλίου «ENERGY CONSCIOUS DESIGN - A PRIMER FOR ARCHITECTS», Μετάφραση Αγγλικού Κειμένου: Ερωτόκριτος Π. Τσίγκας, Εκδοτικός Οίκος: ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ Α. - ΠΑΙΔΕΙΑ Α.Ε.

Ανδρεαδάκη Ε. (2006),

«ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS.

Γιαννακόπουλος Ι. (2006),

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ TROMBE ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.

Εμμανουήλ Α. (2014),

«ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΔΟ ΠΑΤΗΣΙΩΝ-ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENVI-met», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ: "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", ΕΜΠ, Αθήνα.

Καλογεράς Ν., Κιρπότην Χ., Μακρής Γ., Παπαϊωάννου Ι., Ραυτόπουλος Σ., Τζίτζας Μ. και Τουλιάτος Π. (1999), «ΘΕΜΑΤΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗΣ», Αθήνα: εκδόσεις Συμμετρία.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.) (2011),

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΔΕ3 «ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ», Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, Α. Επιθεώρηση Κτηρίων, Α΄ έκδοση, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) (2010), «ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ», Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, Α΄ έκδοση, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) (2011),
«ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ», Τεχνική Οδηγία Τεχνικού
Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010, Α΄ έκδοση, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) (2012),
«ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ»,
Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.
20701-1/2010, Β΄ έκδοση, Αθήνα.

• ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

ΚΤΙΡΙΟ (2003),

Αφιέρωμα: «ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ», Τεύχος 157, σελ. 92 - 94,
Νοέμβριος - Δεκέμβριος.

ΚΤΙΡΙΟ (2004),

Αφιέρωμα: «ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ», Τεύχος 159, σελ. 62, 93, Μάρτιος.

ΚΤΙΡΙΟ (2006),

Αφιέρωμα: «ΣΤΕΓΑΣΜΕΝΑ ΑΙΘΡΙΑ», Τεύχος 183, σελ. 96 - 97,
Οκτώβριος.

ΥΛΗ & κτίριο (2006),

Τεύχος 76, σελ. 100, 113, Ιούλιος - Σεπτέμβριος.

• ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Google Maps (2013),

<https://maps.google.gr/>, [πρόσβαση 20/10/2013].

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ),

«Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων»,

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopinakon.htm, [πρόσβαση 9/7/2014].

ΜΟΥΣΕΙΟ ΜΠΕΝΑΚΗ,

«Το κτήριο της οδού Πειραιώς»,

<http://www.benaki.gr/index.asp?id=40202>, [πρόσβαση 26/6/2014].

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ (2013),

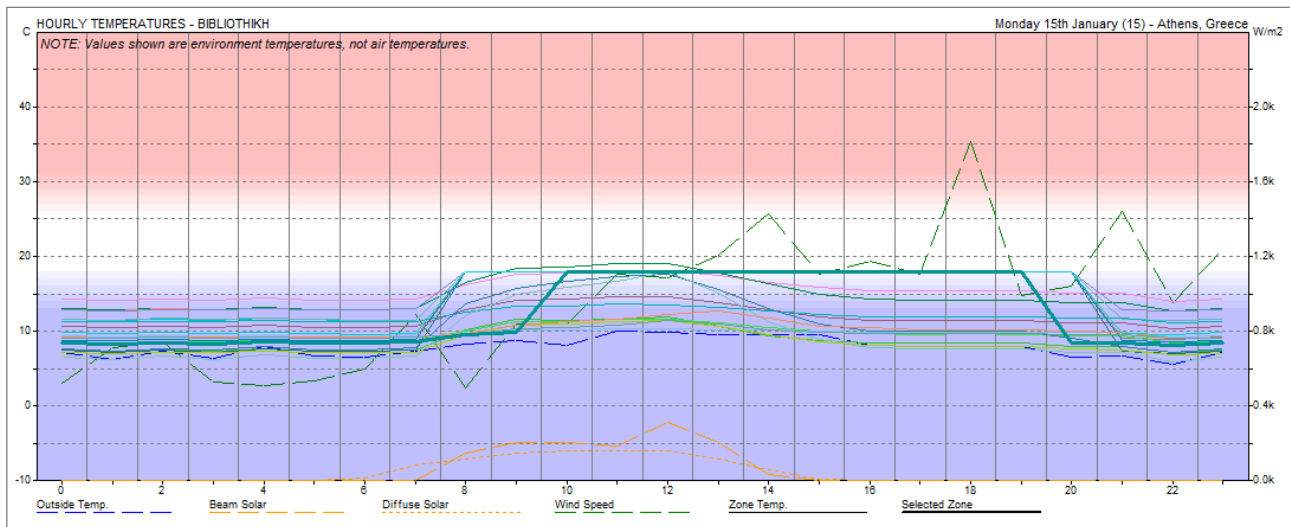
«Το κτίριο Αβέρωφ», <http://www.arch.ntua.gr/page/28>, [πρόσβαση 16/6/2014].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

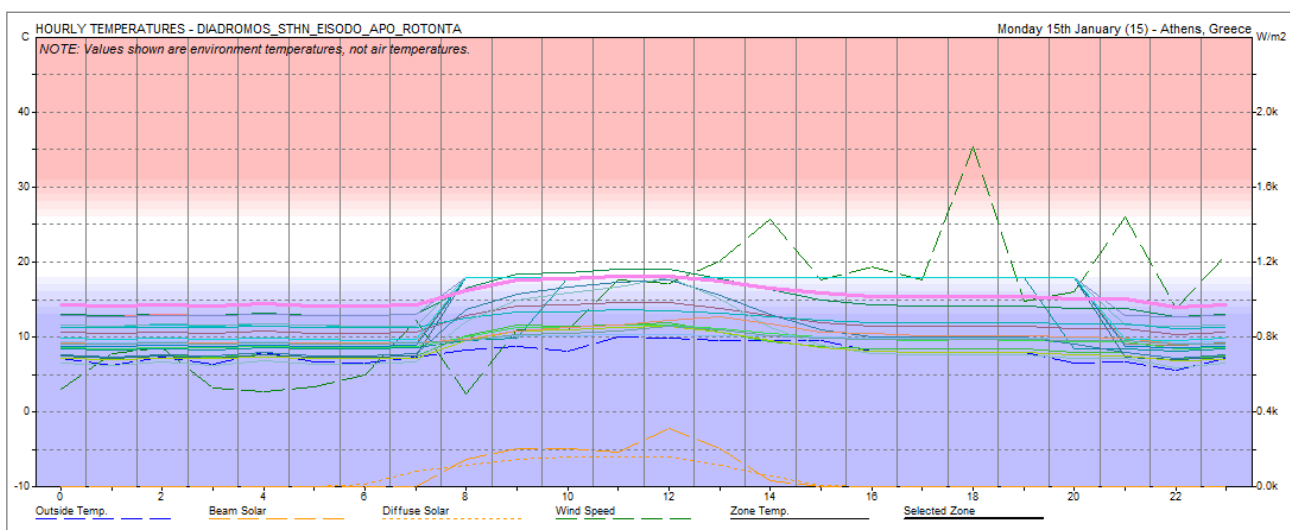
I. Διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 15^{ης} Ιανουαρίου, με βάση το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού

➤ Ζώνες ισογείου

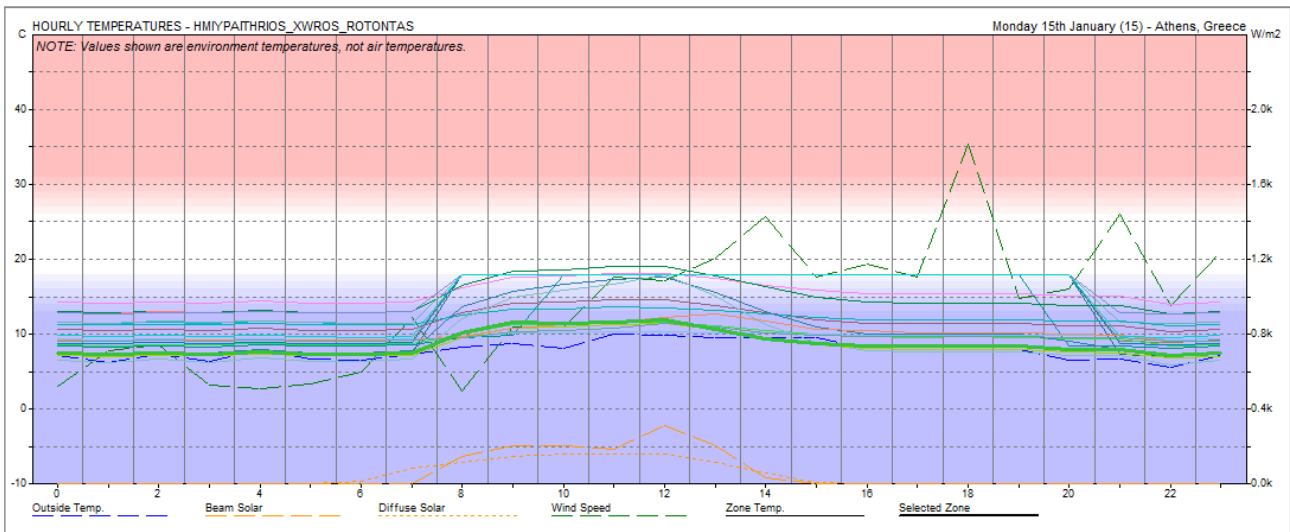
- Βιβλιοθήκη (Mixed-Mode System): —————



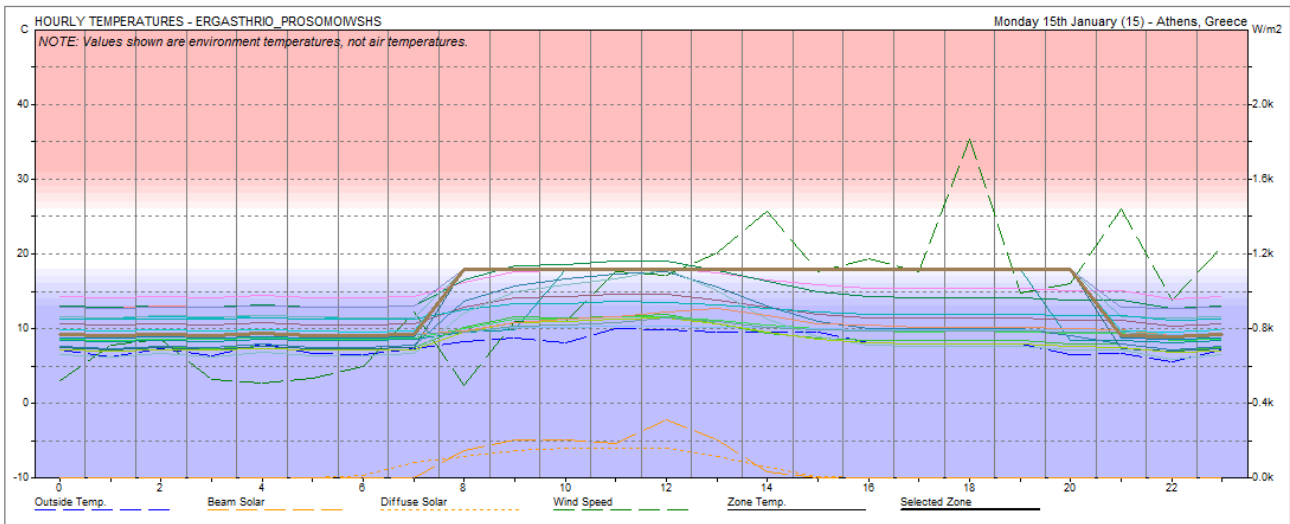
- Διάδρομος στην είσοδο από τη Ροτόντα (Natural Ventilation): —————



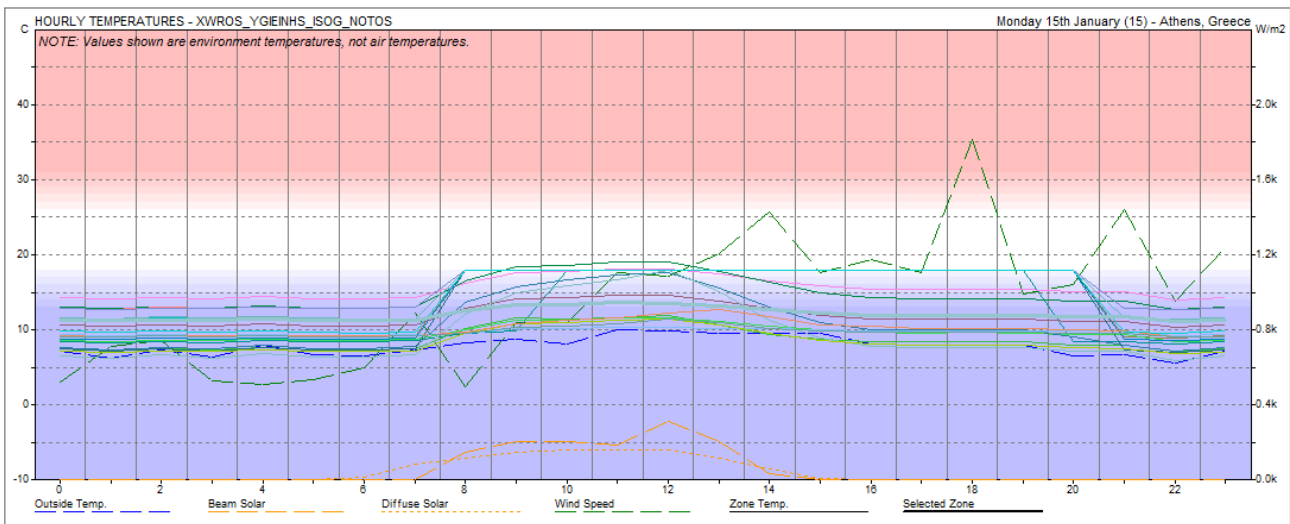
- **Ημιυπαίθριος χώρος Ροτόντας (Natural Ventilation):** —————



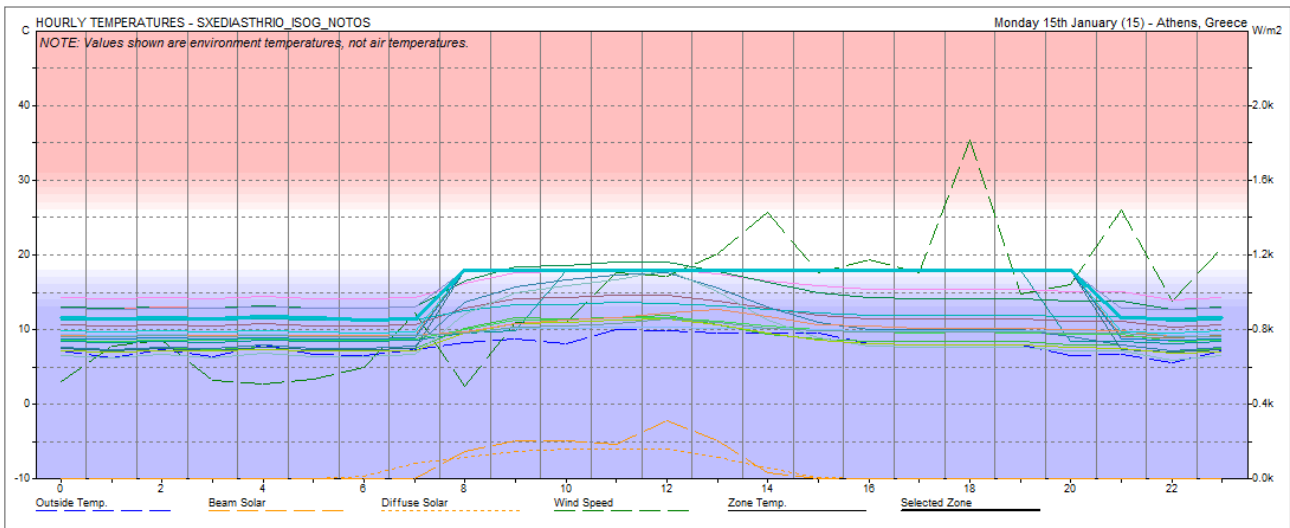
- **Εργαστήριο προσομοίωσης (Mixed-Mode System):** —————



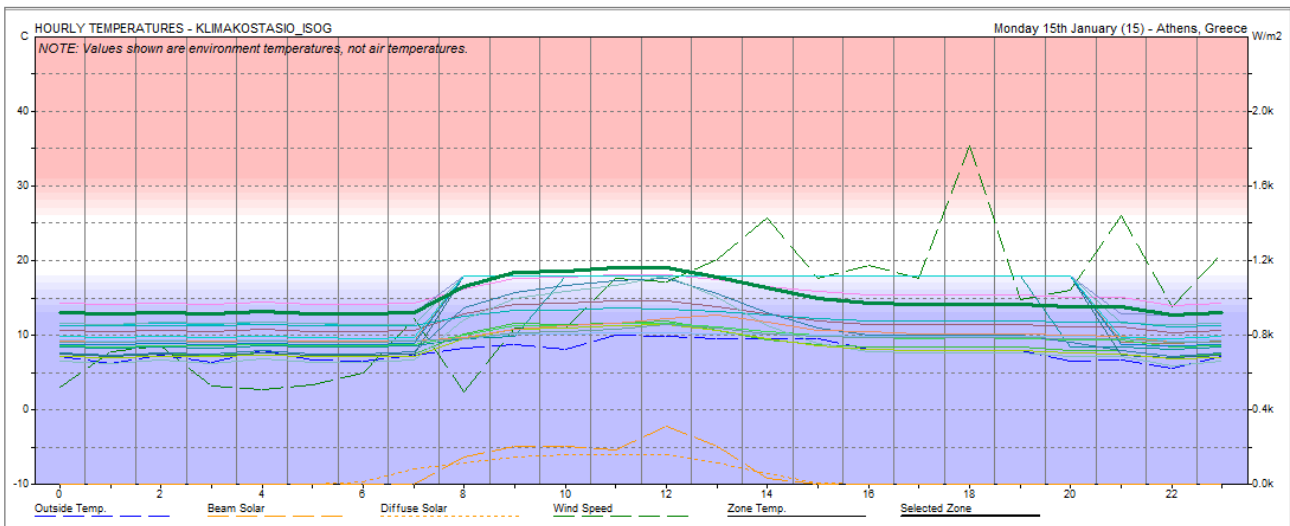
- **Νότιος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



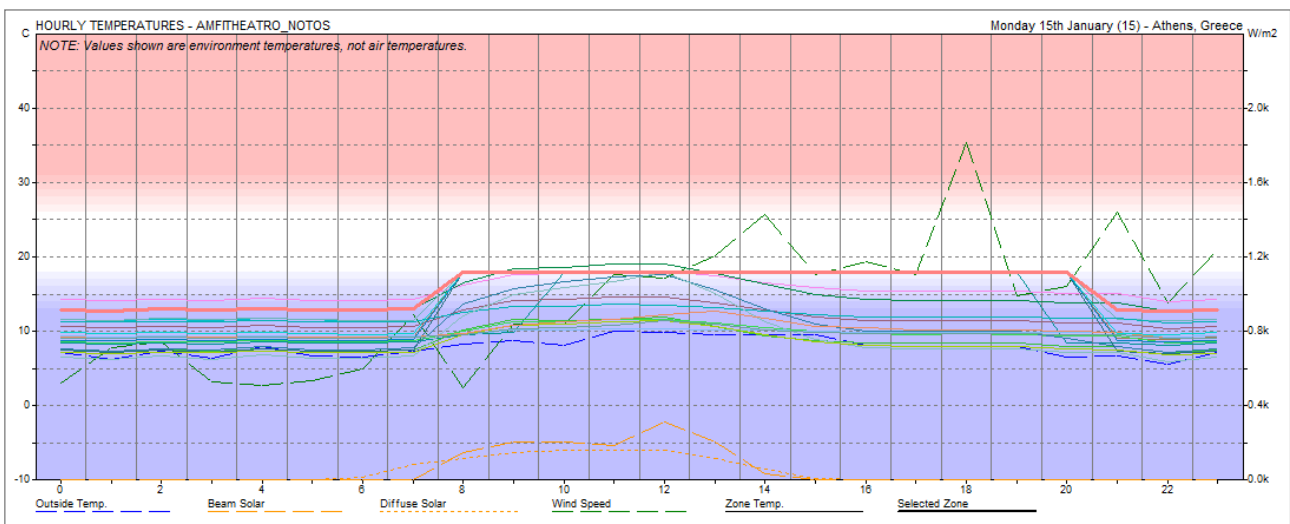
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



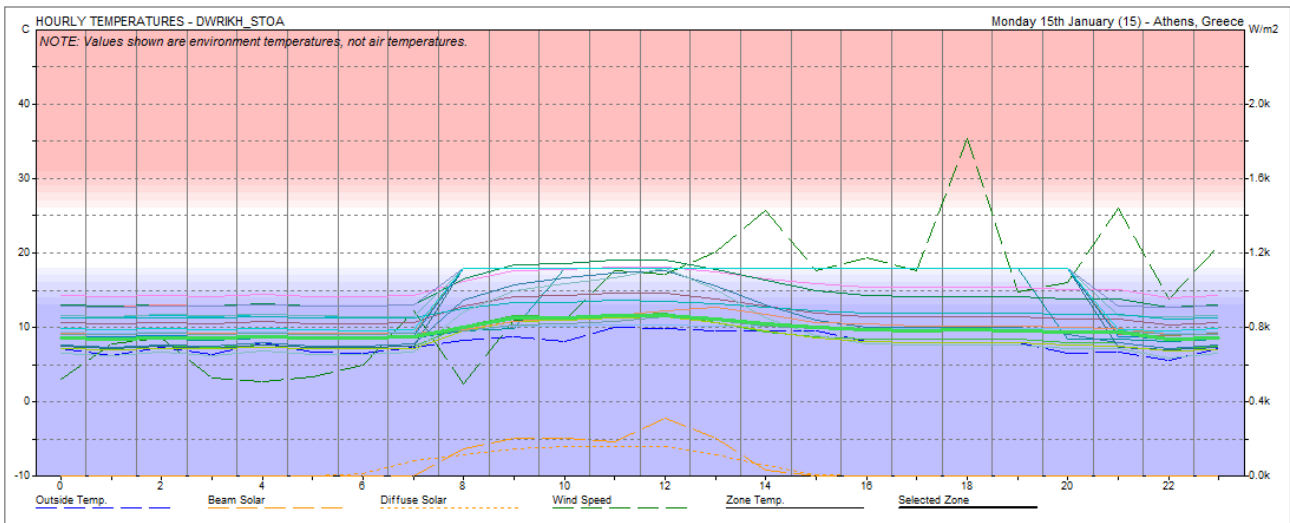
- **Κλιμακοστάσιο (Natural Ventilation):** —————



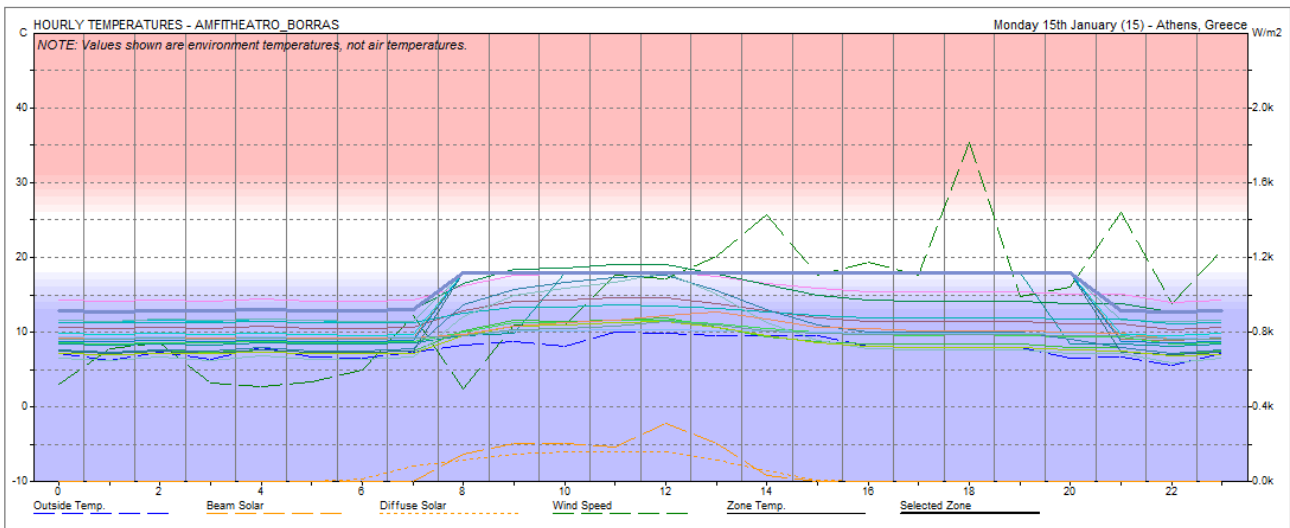
- **Νότιο αμφιθέατρο (Mixed-Mode System):** —————



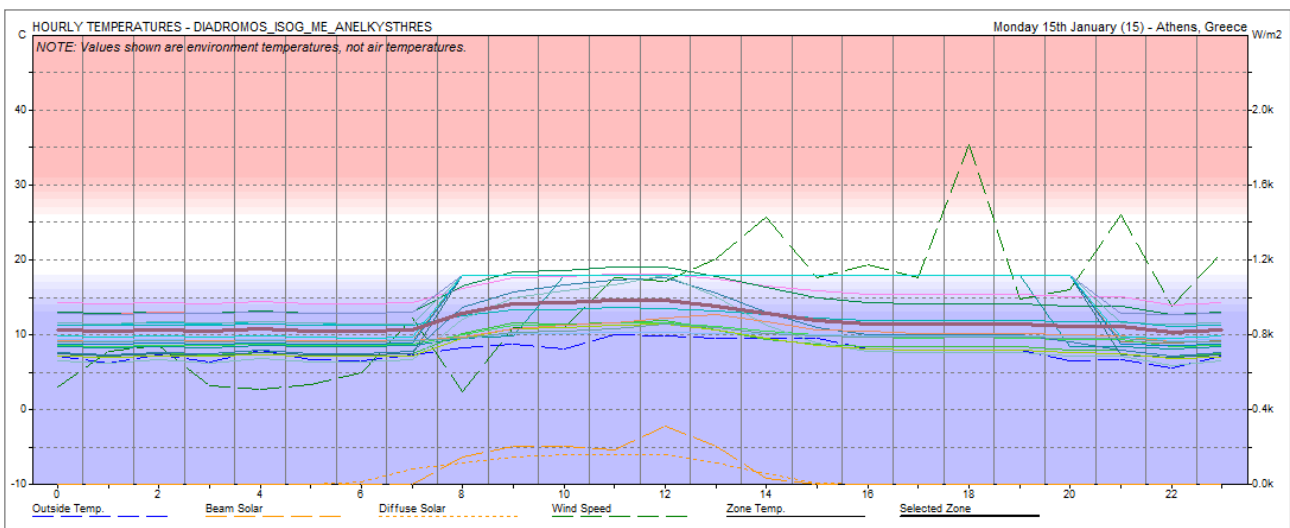
- Δωρική στοά (Natural Ventilation): —————



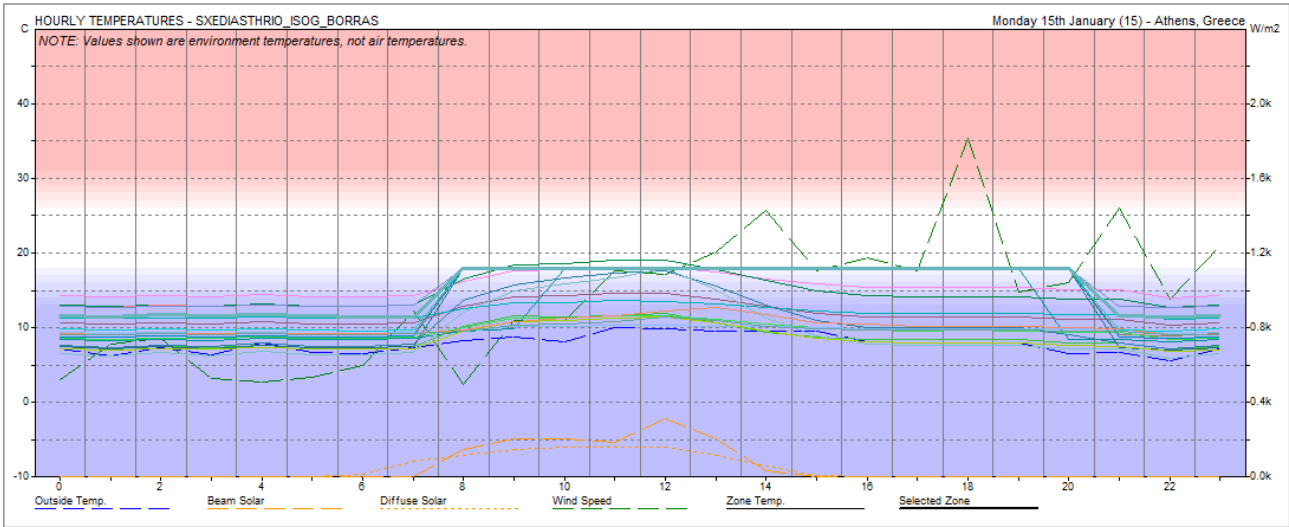
- Βόρειο αμφιθέατρο (Mixed-Mode System): —————



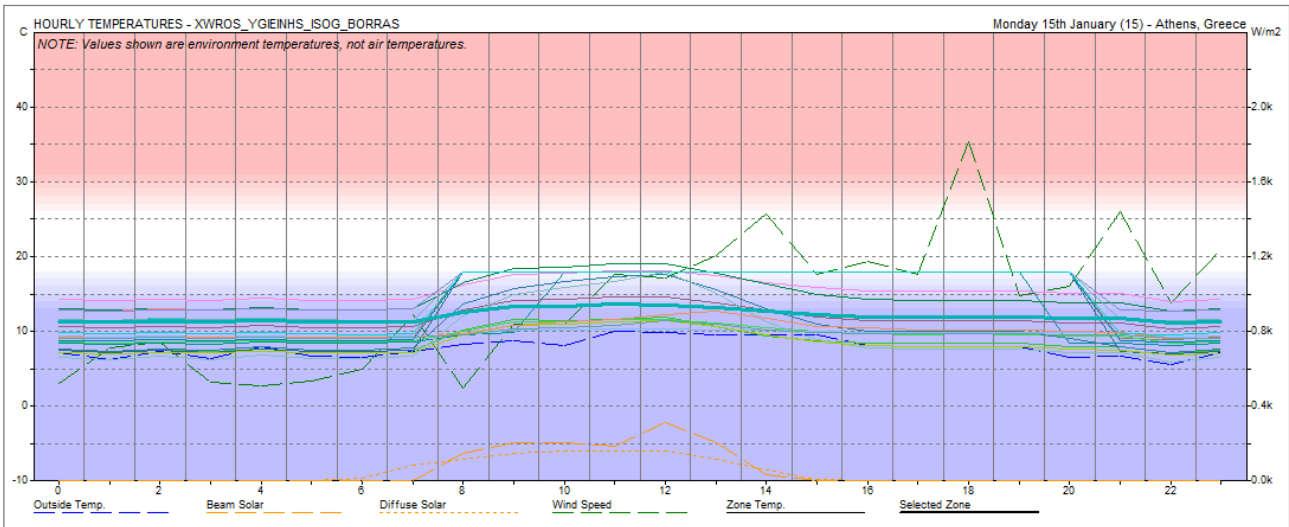
- Διάδρομος με ανελκυστήρες (Natural Ventilation): —————



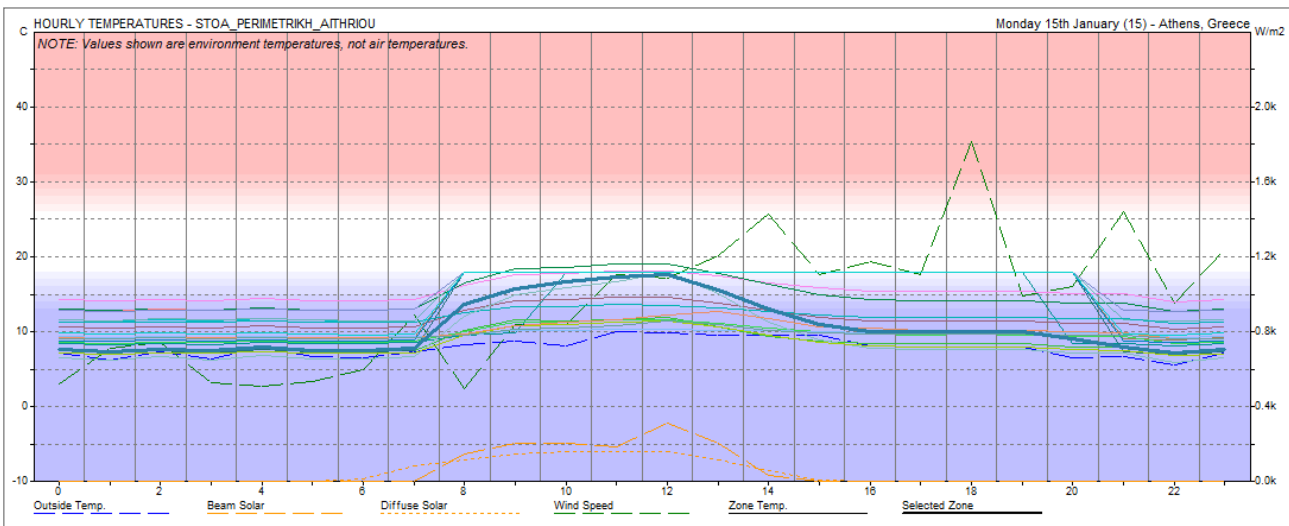
- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



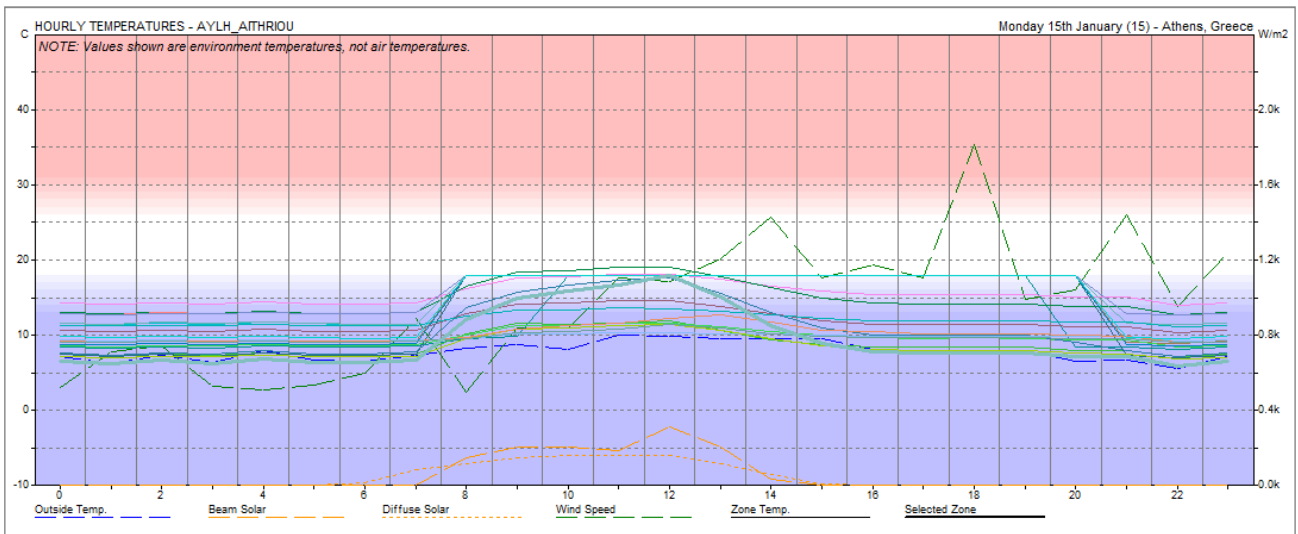
- **Βόρειος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



- **Στοά περιμετρική του αιθρίου (Natural Ventilation):** —————

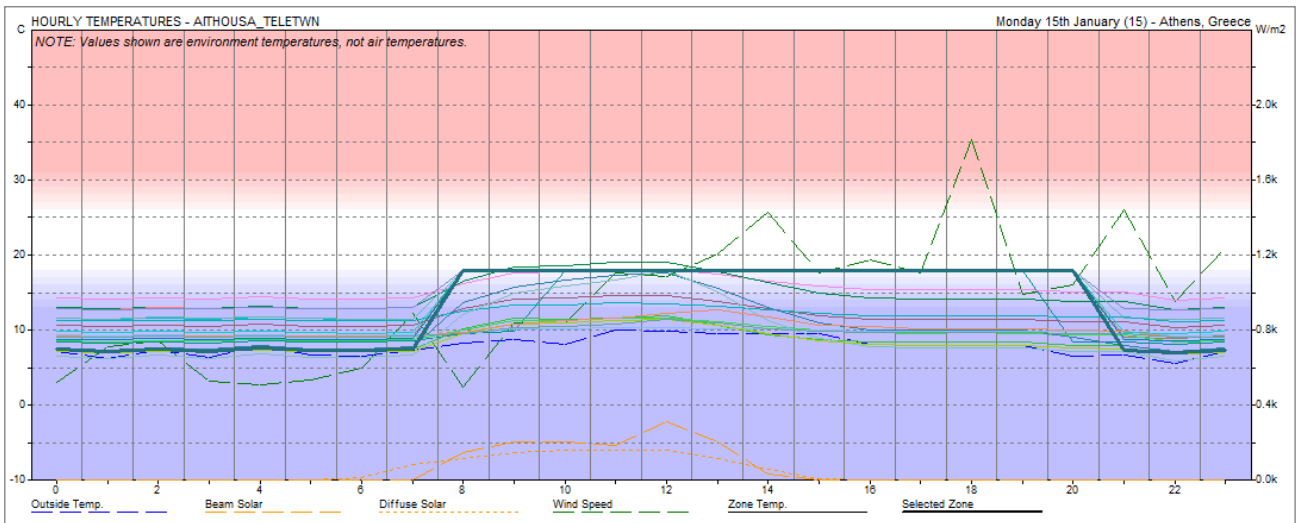


- Αίθριο (Natural Ventilation): _____

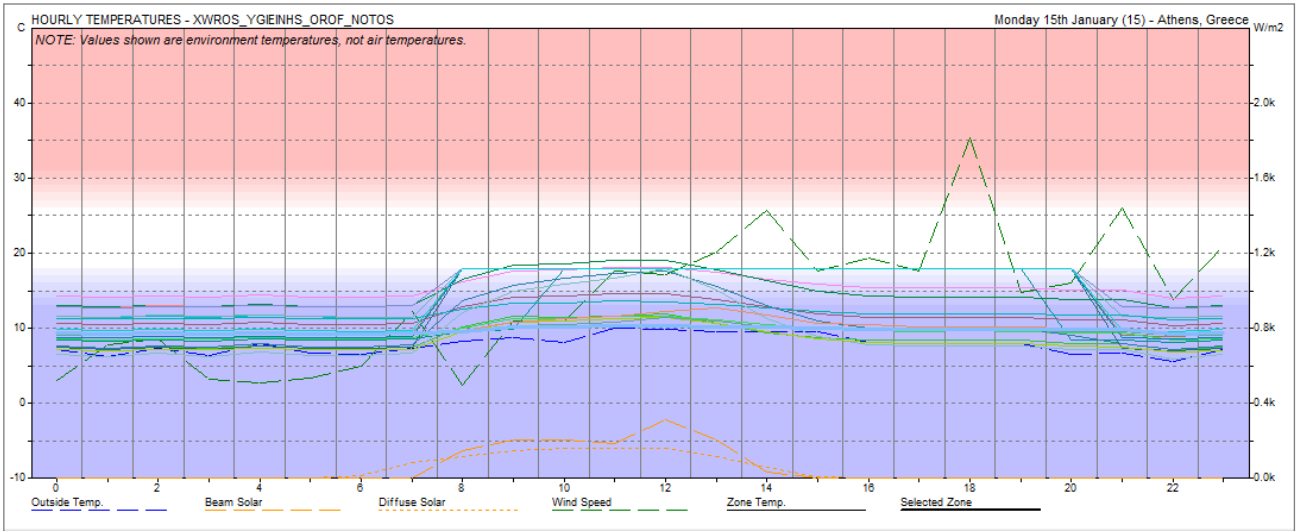


➤ Ζώνες ορόφου

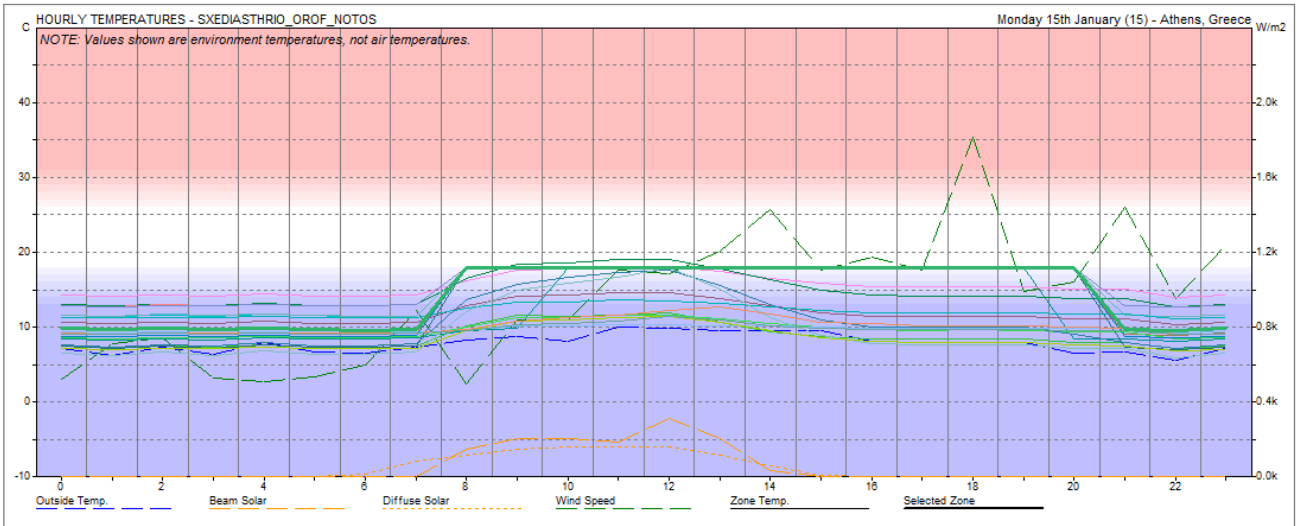
- Αίθουσα τελετών (Mixed-Mode System): _____



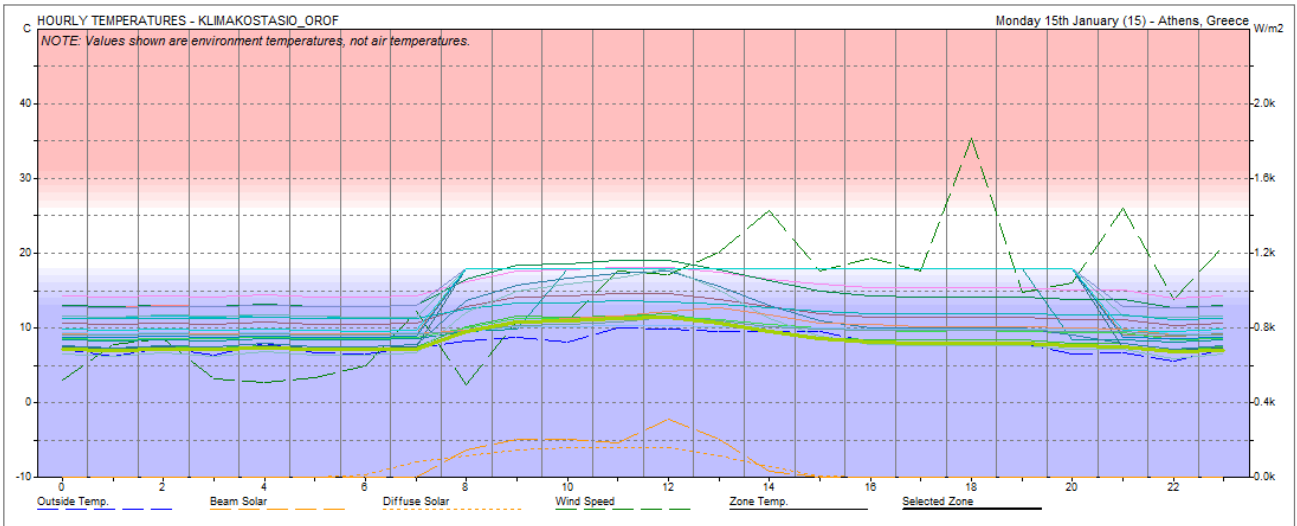
- **Νότιος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



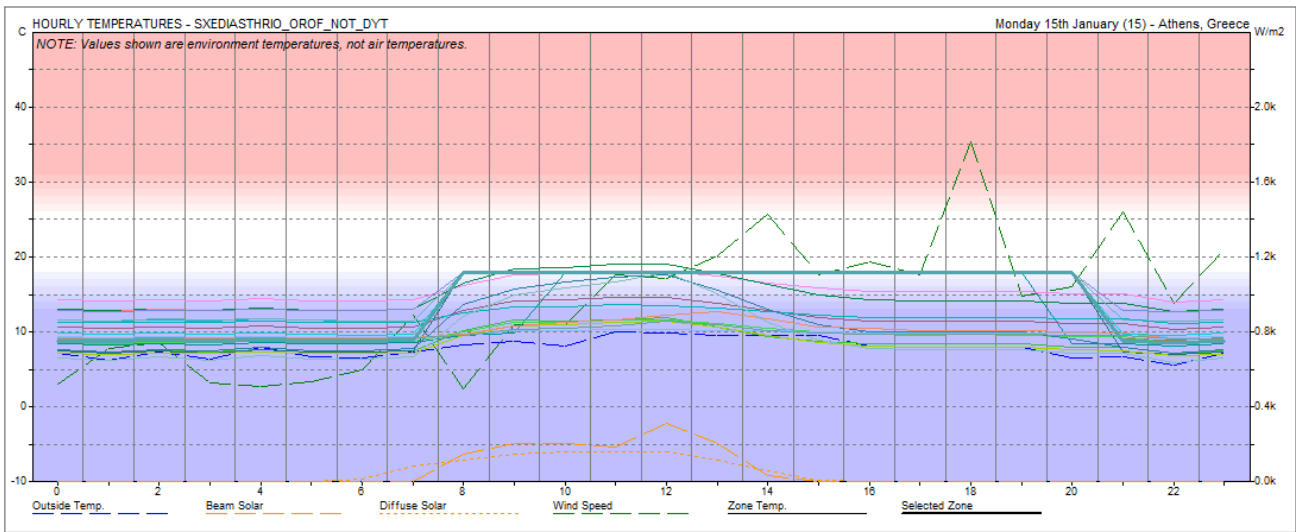
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



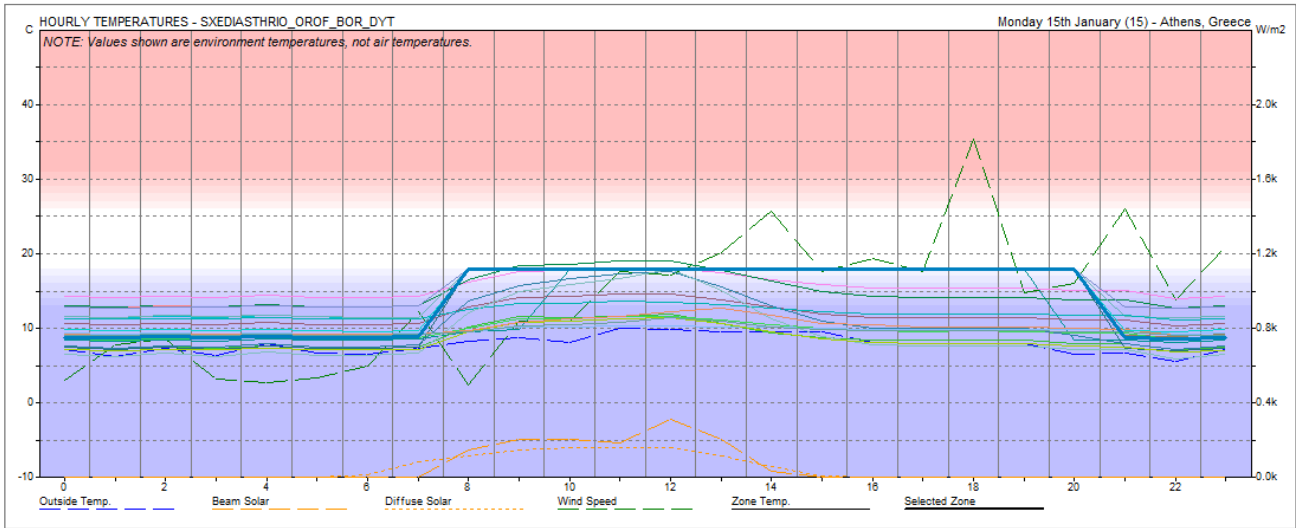
- **Κλιμακοστάσιο (Natural Ventilation):** —————



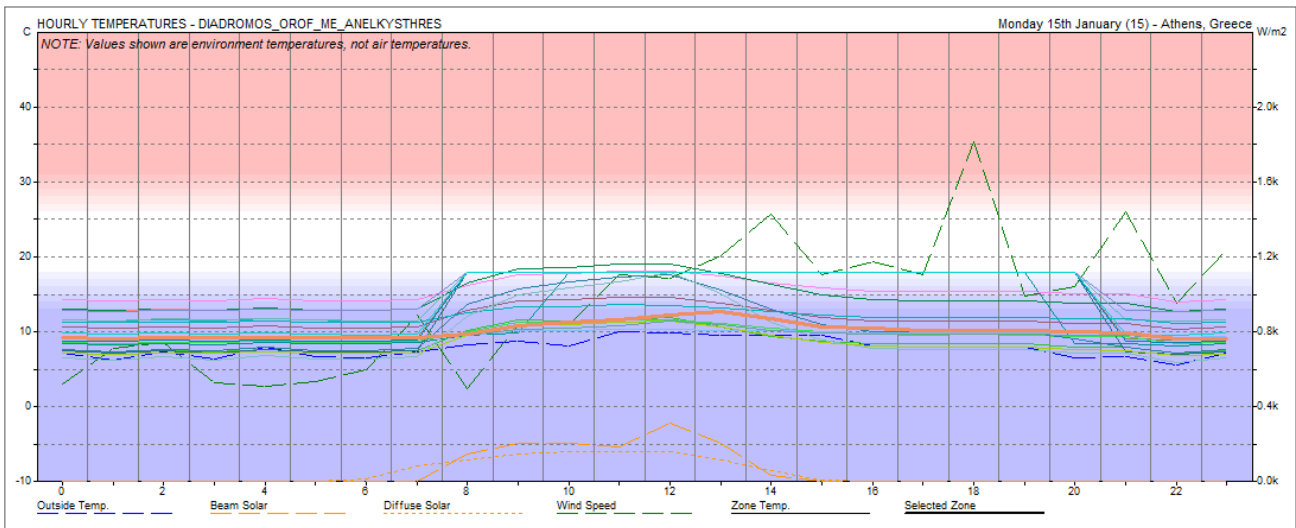
- **Νοτιοδυτικό σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



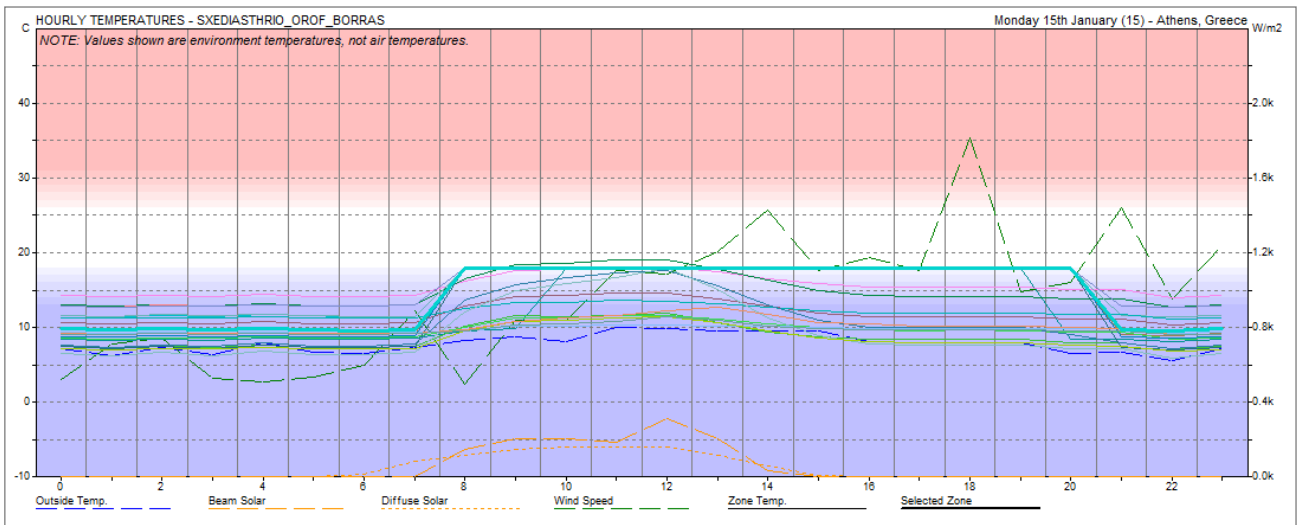
- **Βορειοδυτικό σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



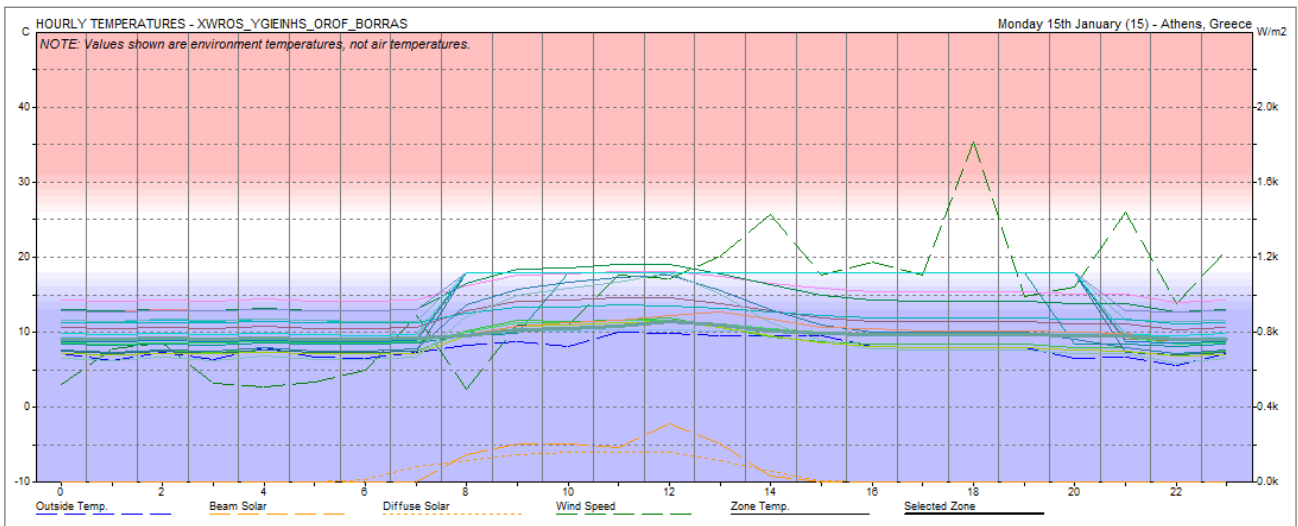
- **Διάδρομος με ανελκυστήρες (Natural Ventilation):** —————



- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



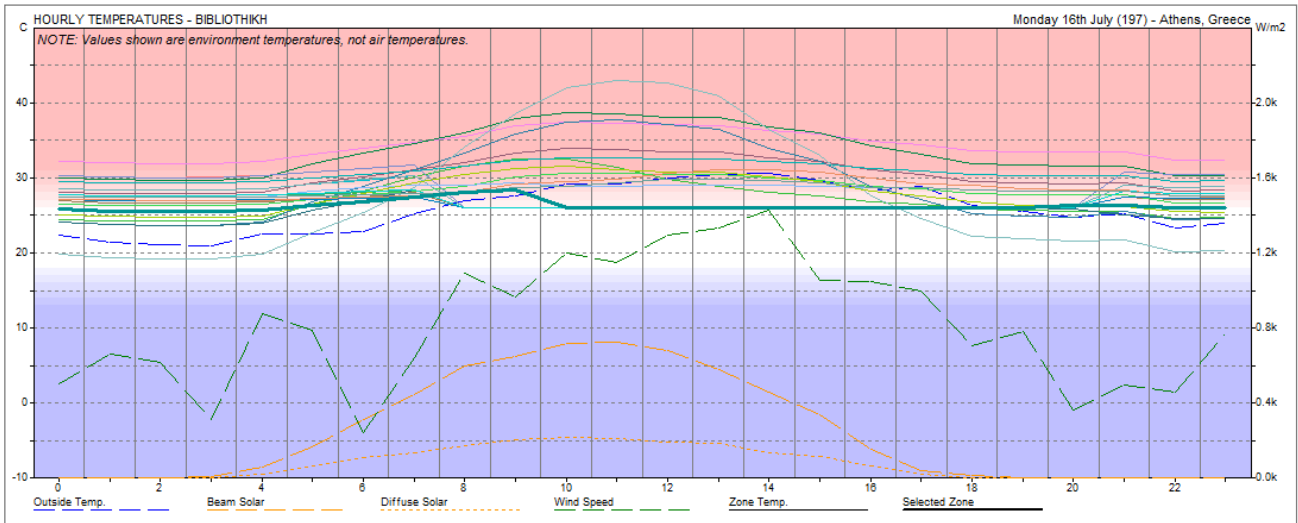
- **Βόρειος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



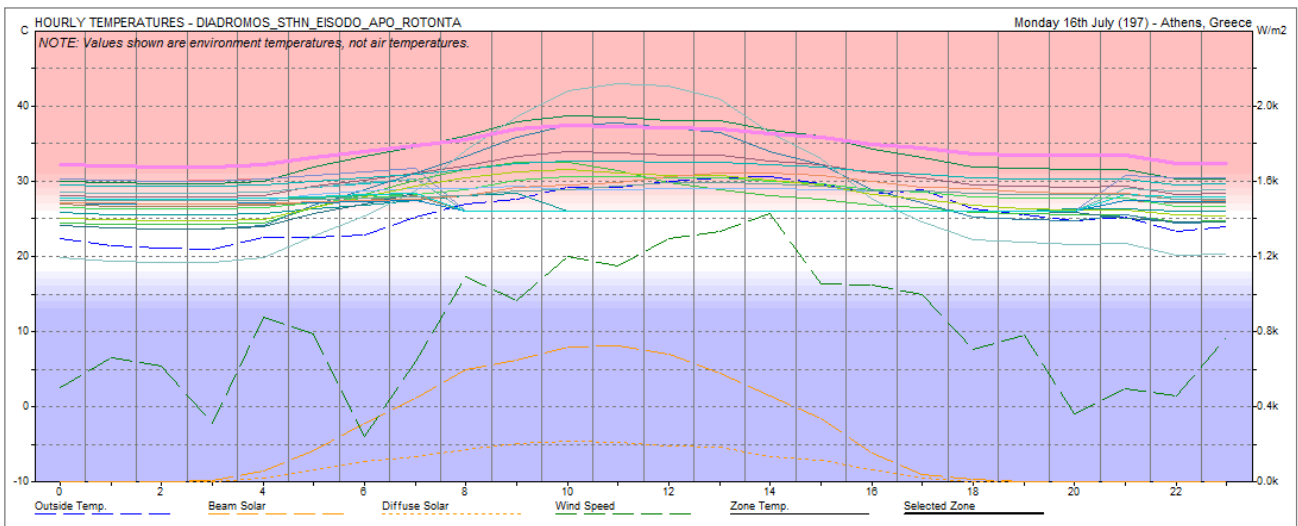
II. Διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 16^{ης} Ιουλίου, με βάση το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού

➤ Ζώνες ισογείου

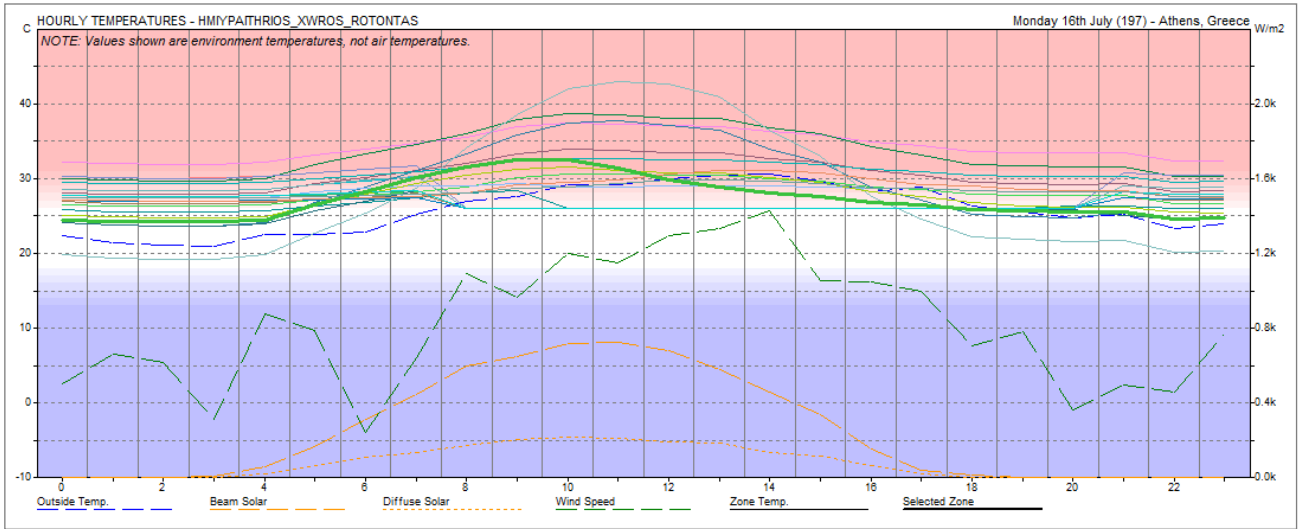
- Βιβλιοθήκη (Mixed-Mode System): —————



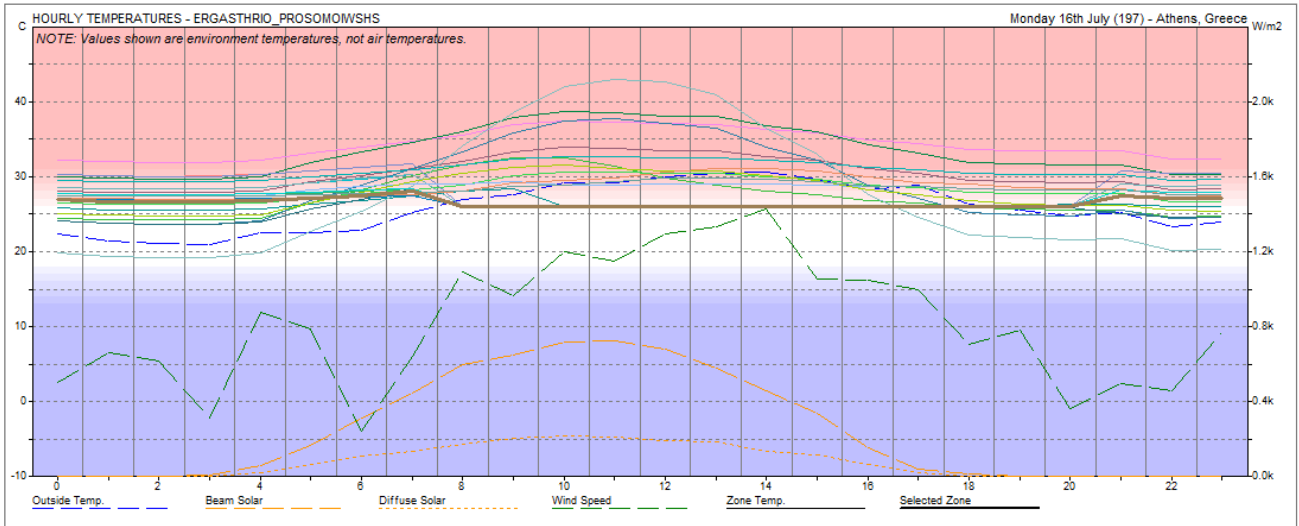
- Διάδρομος στην είσοδο από τη Ποτόντα (Natural Ventilation): —————



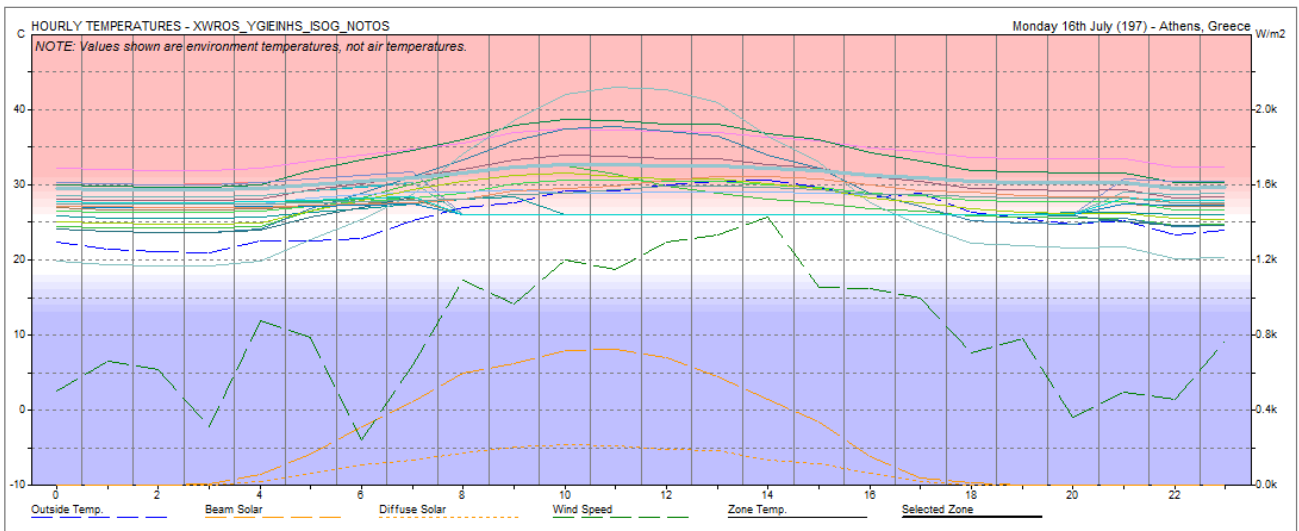
- **Ημιυπαίθριος χώρος Ροτόντας (Natural Ventilation):** —————



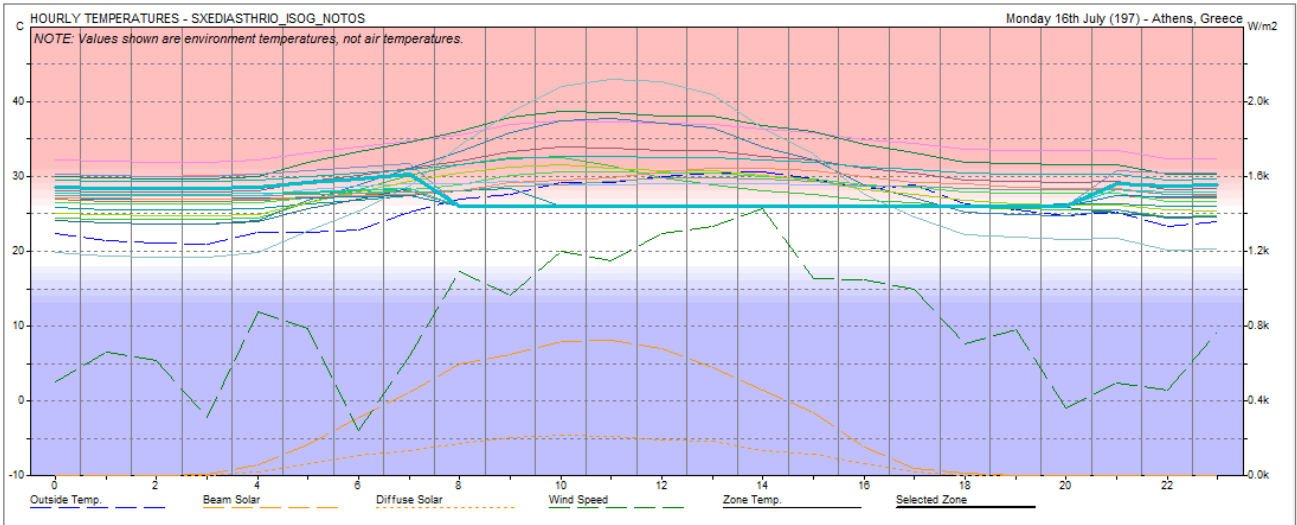
- **Εργαστήριο προσομοίωσης (Mixed-Mode System):** —————



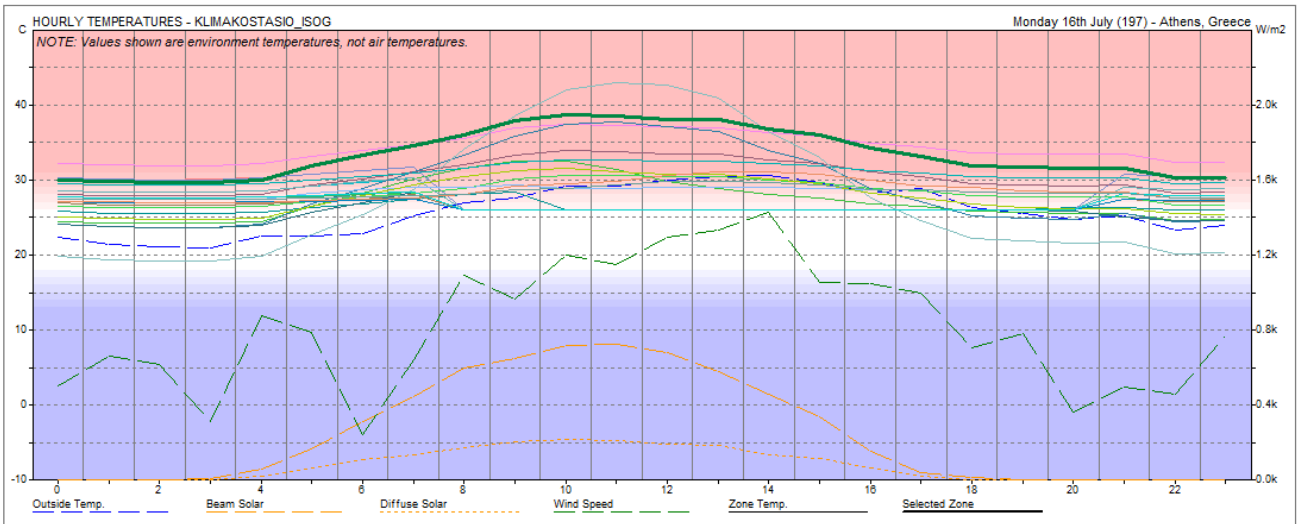
- **Νότιος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



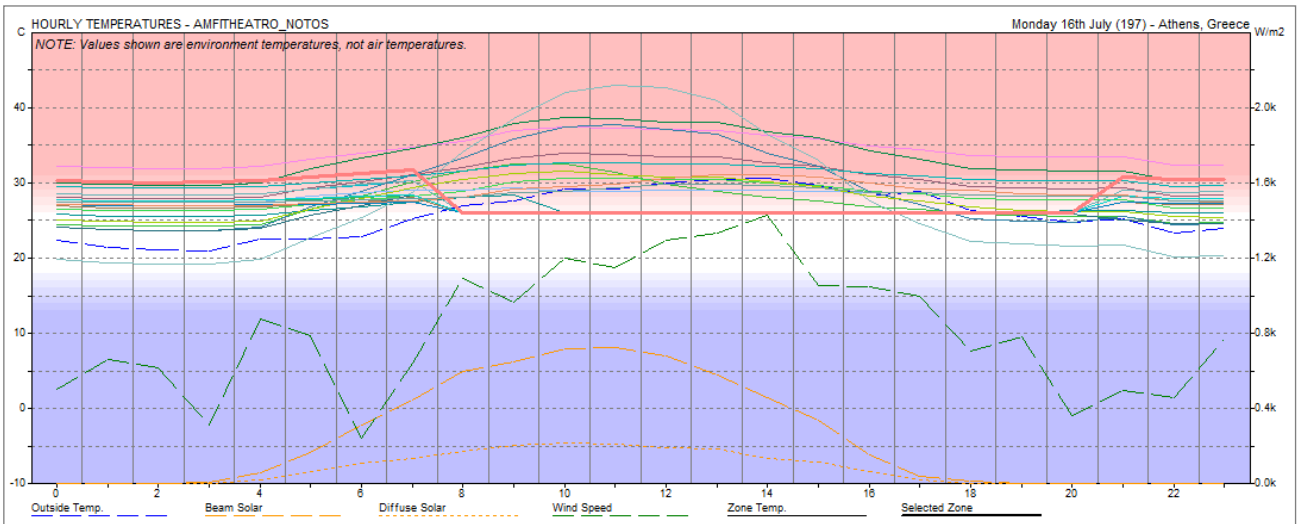
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



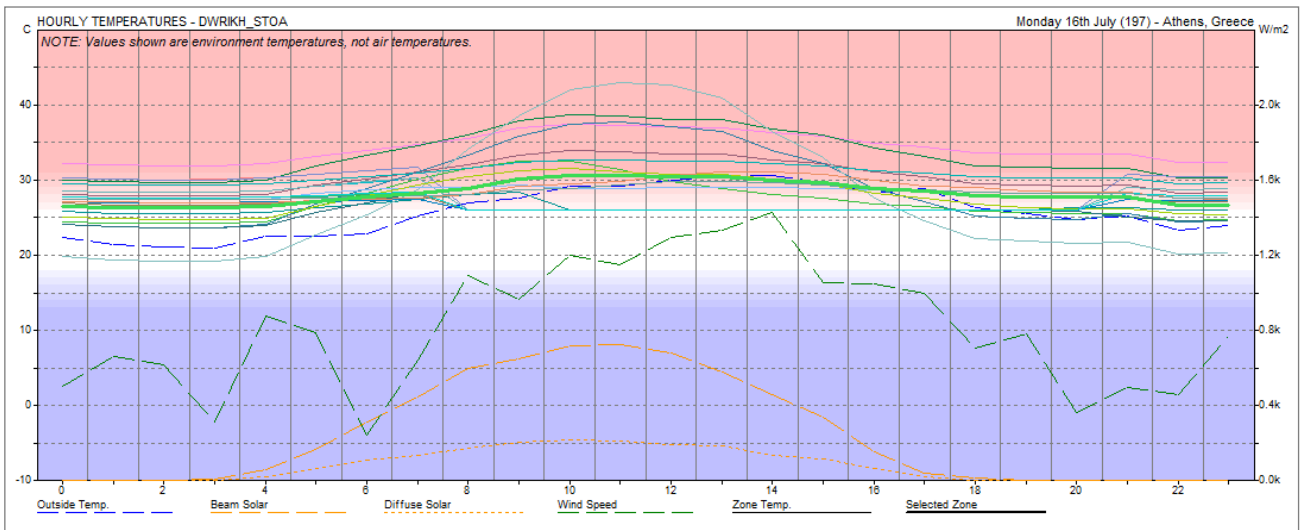
- **Κλιμακοστάσιο (Natural Ventilation):** —————



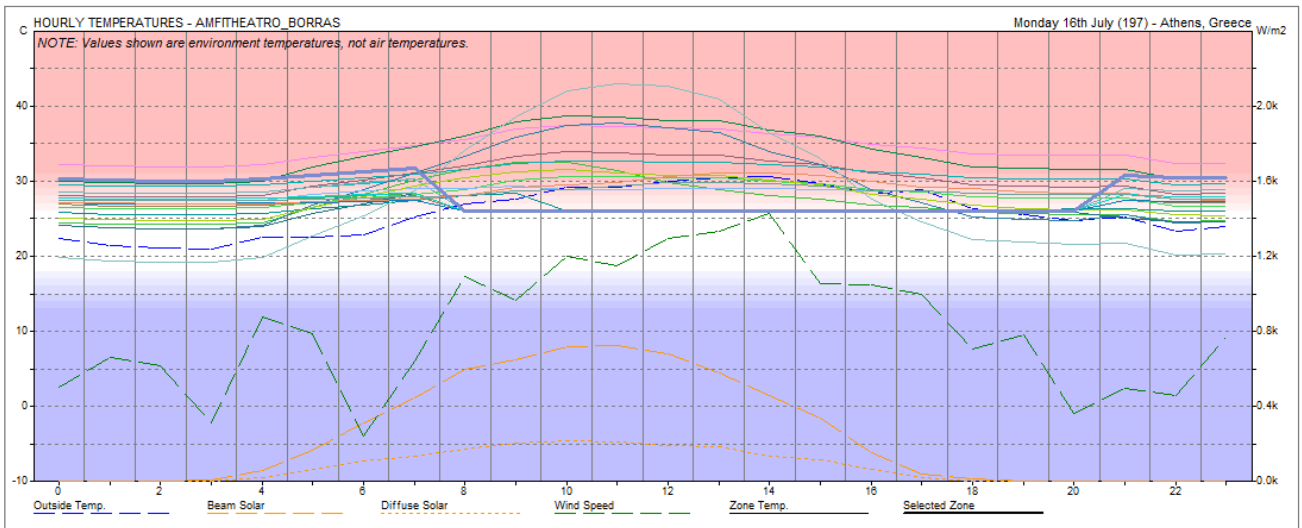
- **Νότιο αμφιθέατρο (Mixed-Mode System):** —————



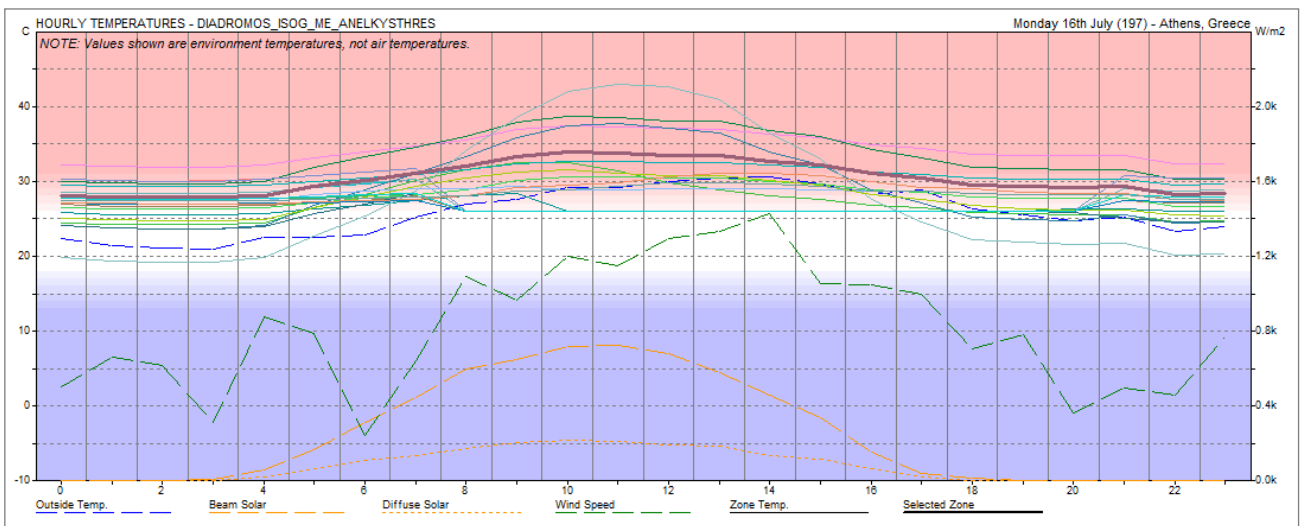
- Δωρική στοά (Natural Ventilation): —————



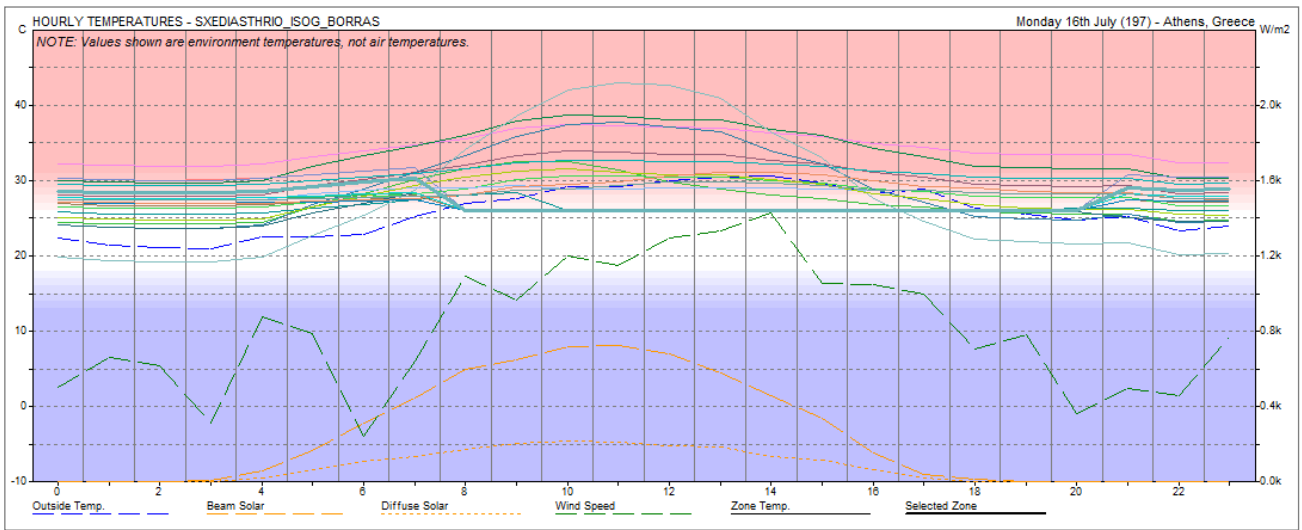
- Βόρειο αμφιθέατρο (Mixed-Mode System): —————



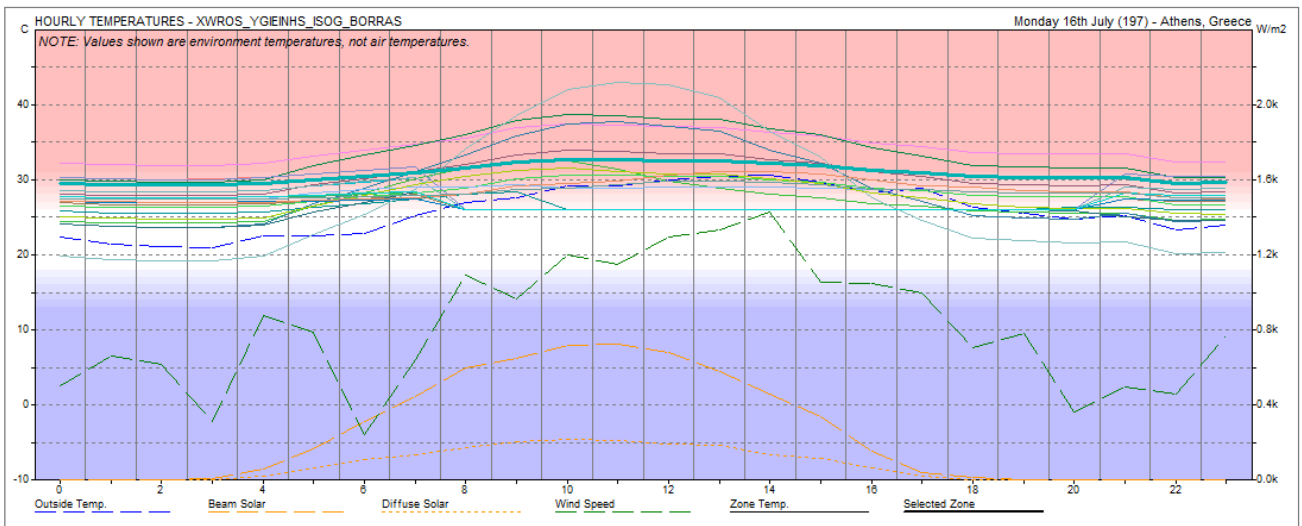
- Διάδρομος με ανελκυστήρες (Natural Ventilation): —————



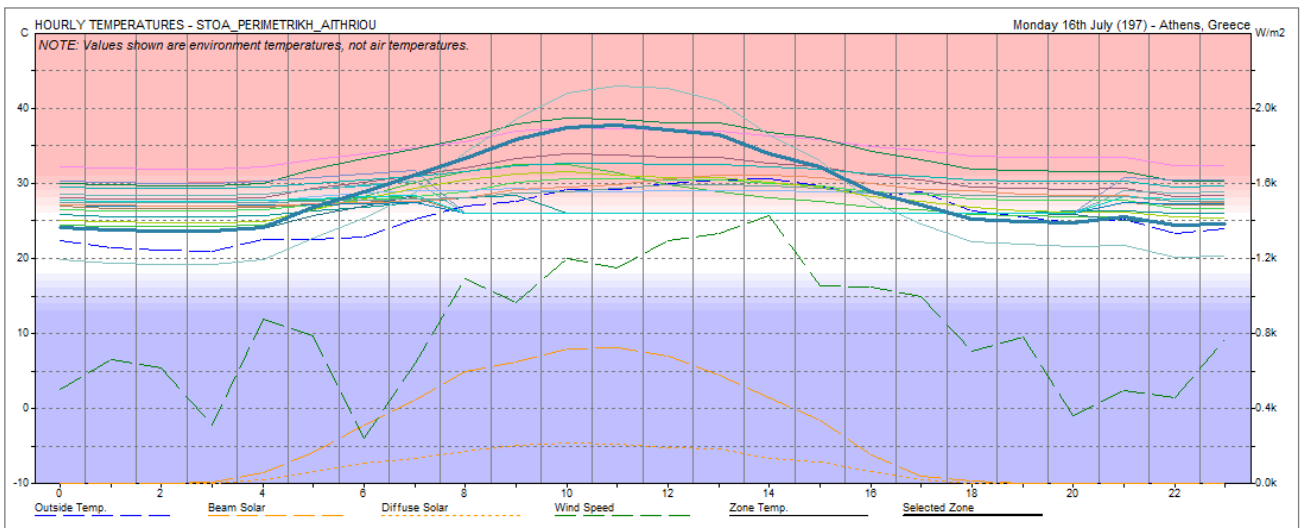
- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



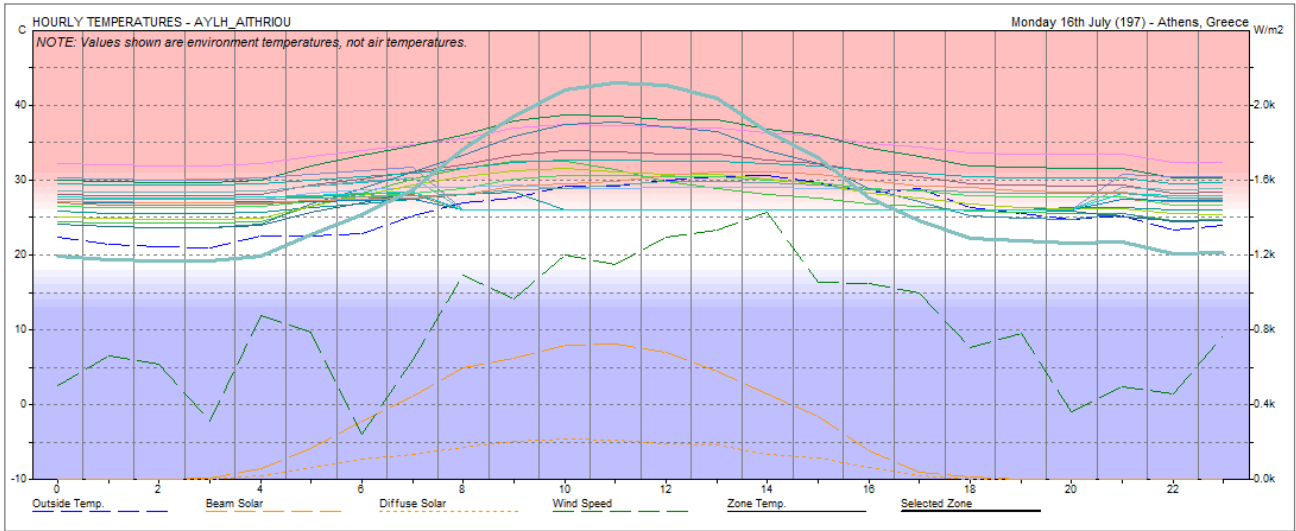
- **Βόρειος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



- **Στοά περιμετρική του αιθρίου (Natural Ventilation):** —————

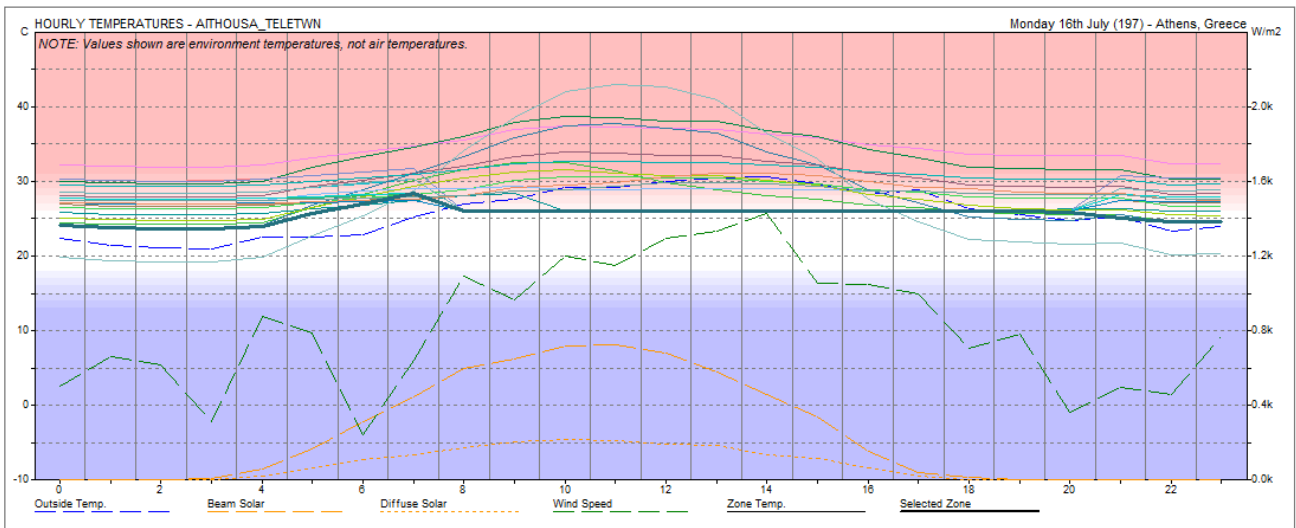


- Αίθριο (Natural Ventilation): —————

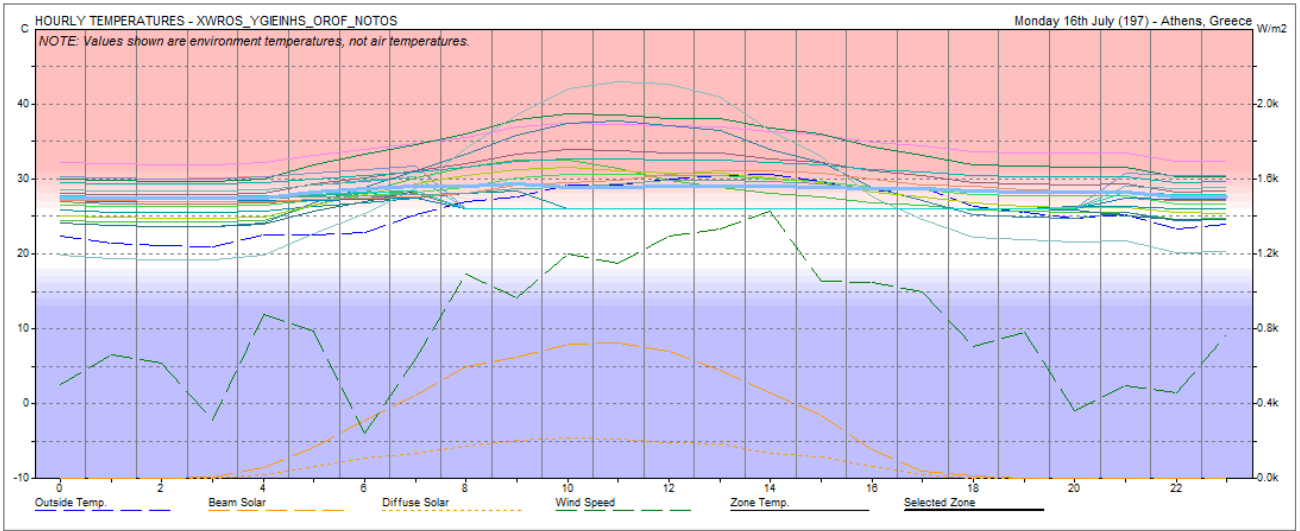


➤ Ζώνες ορόφου

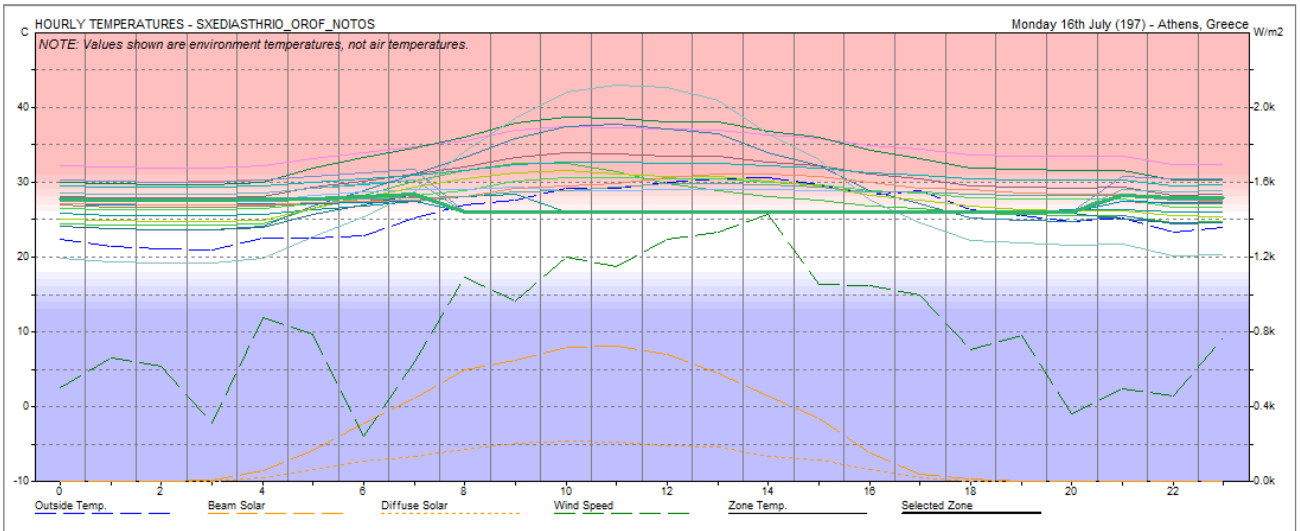
- Αίθουσα τελετών (Mixed-Mode System): —————



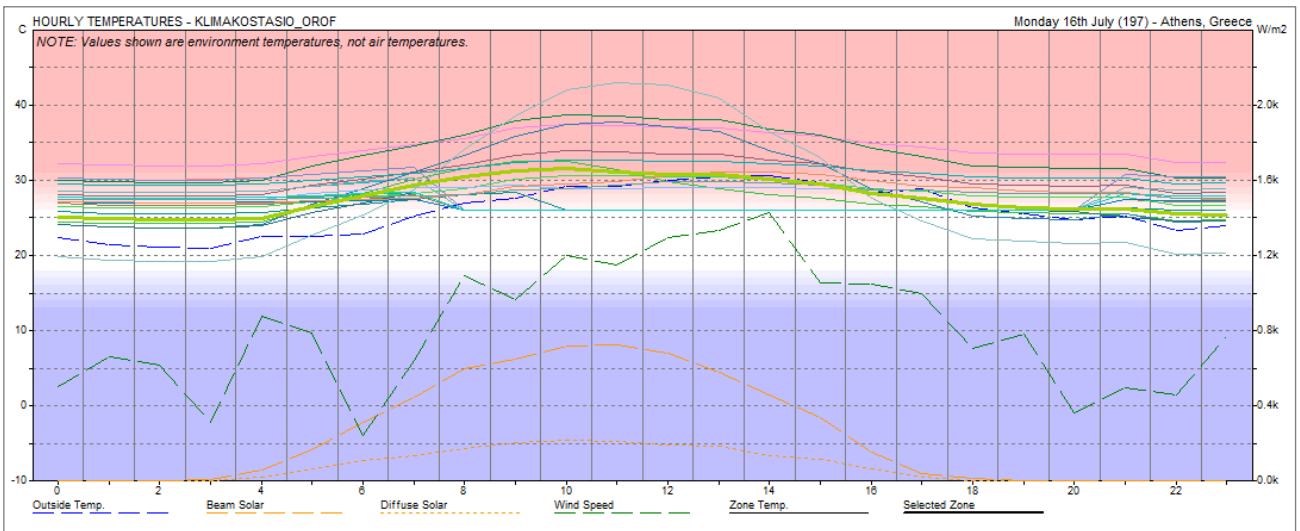
- **Νότιος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



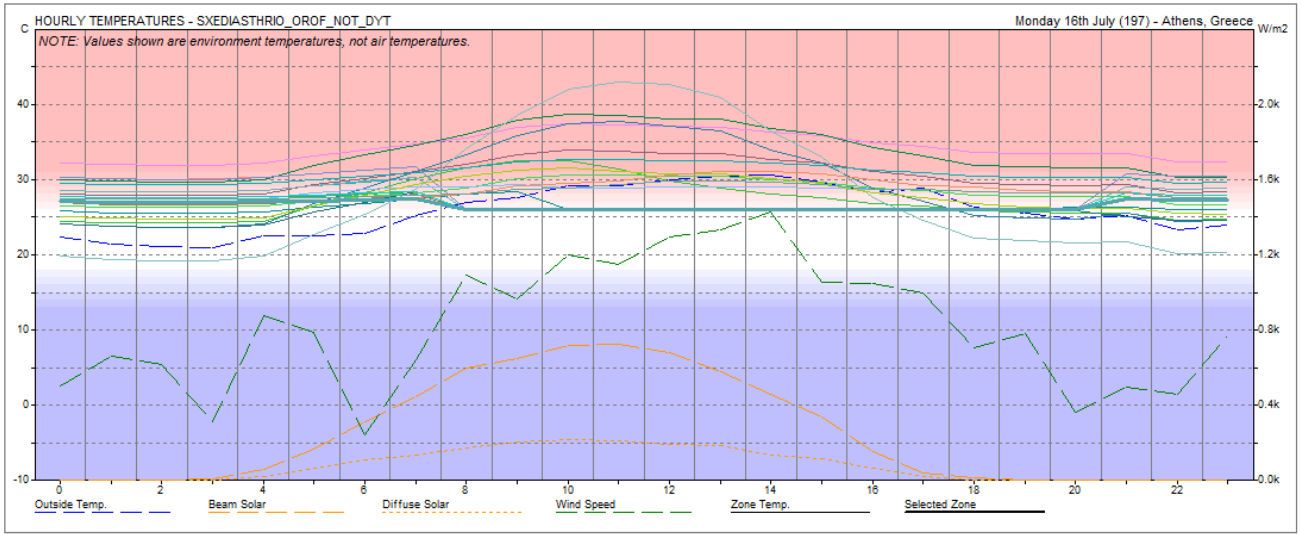
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



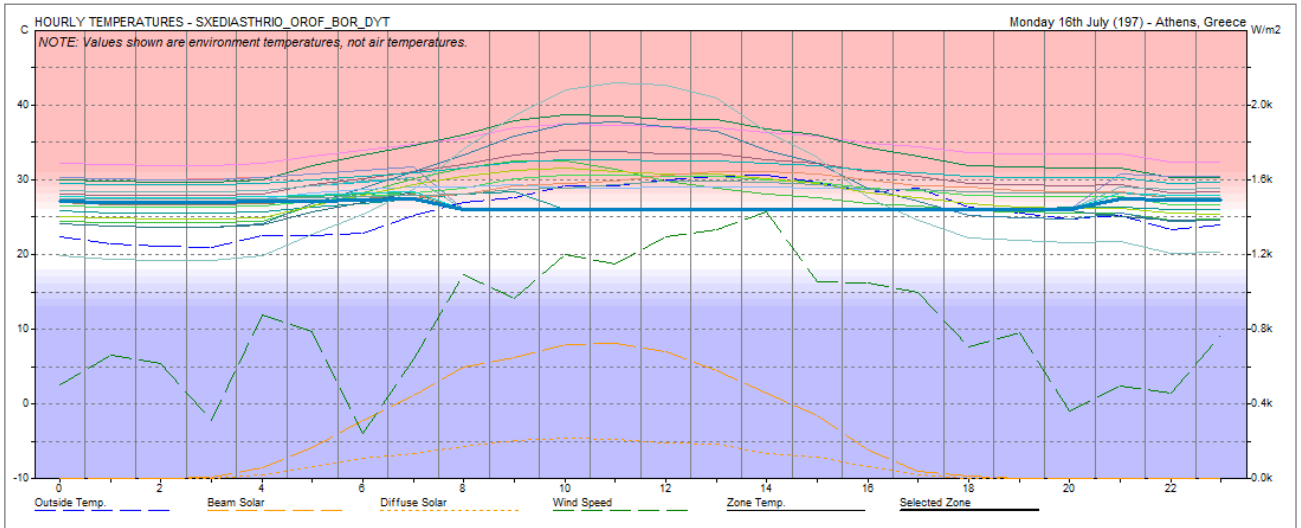
- **Κλιμακοστάσιο (Natural Ventilation):** —————



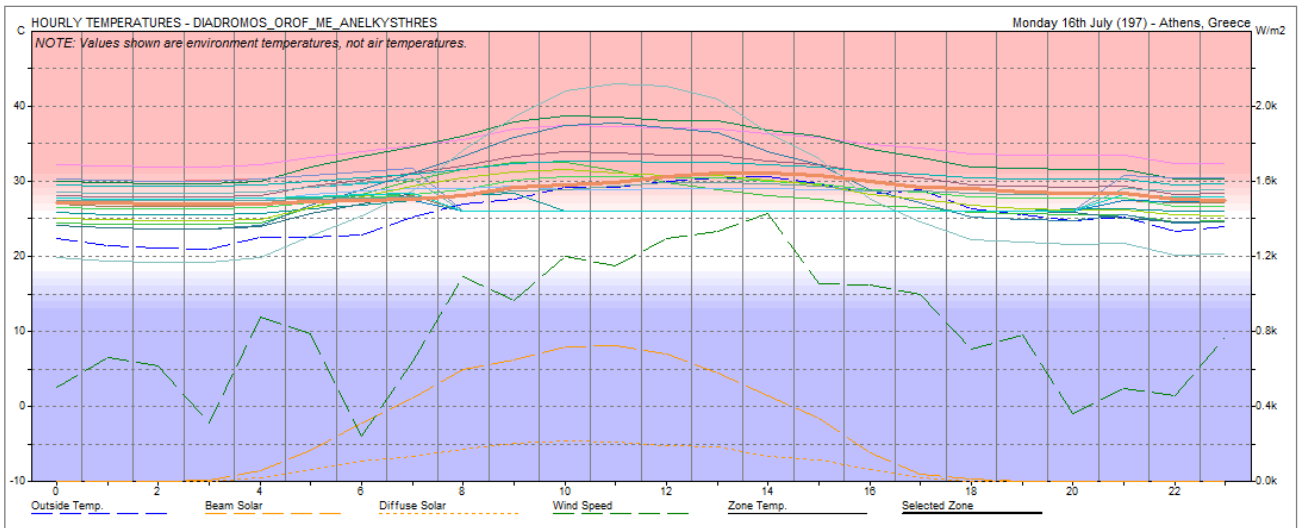
- **Νοτιοδυτικό σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



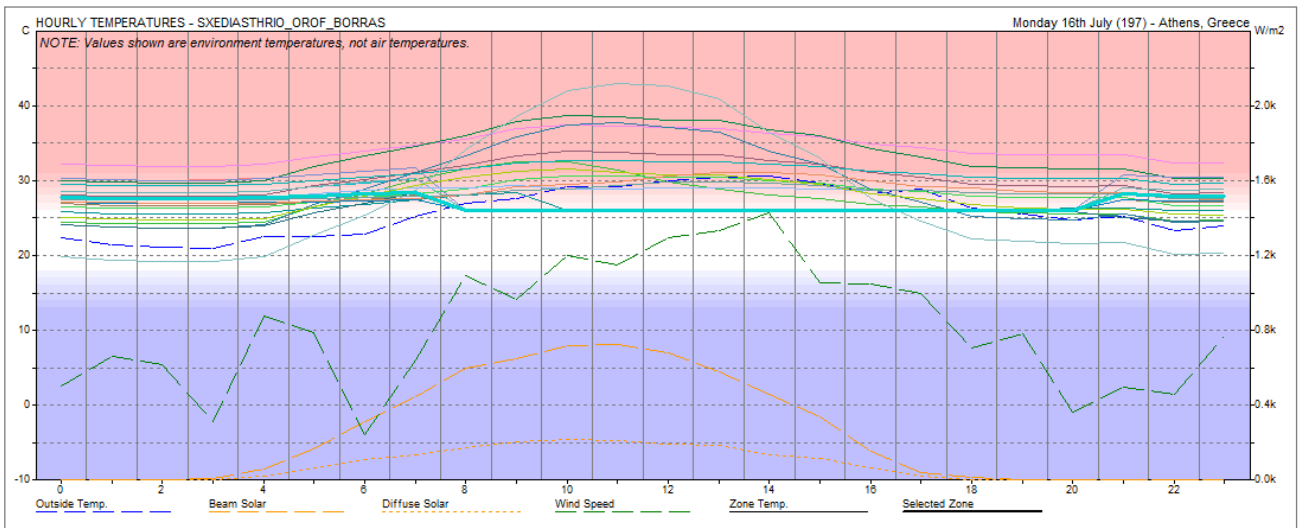
- **Βορειοδυτικό σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



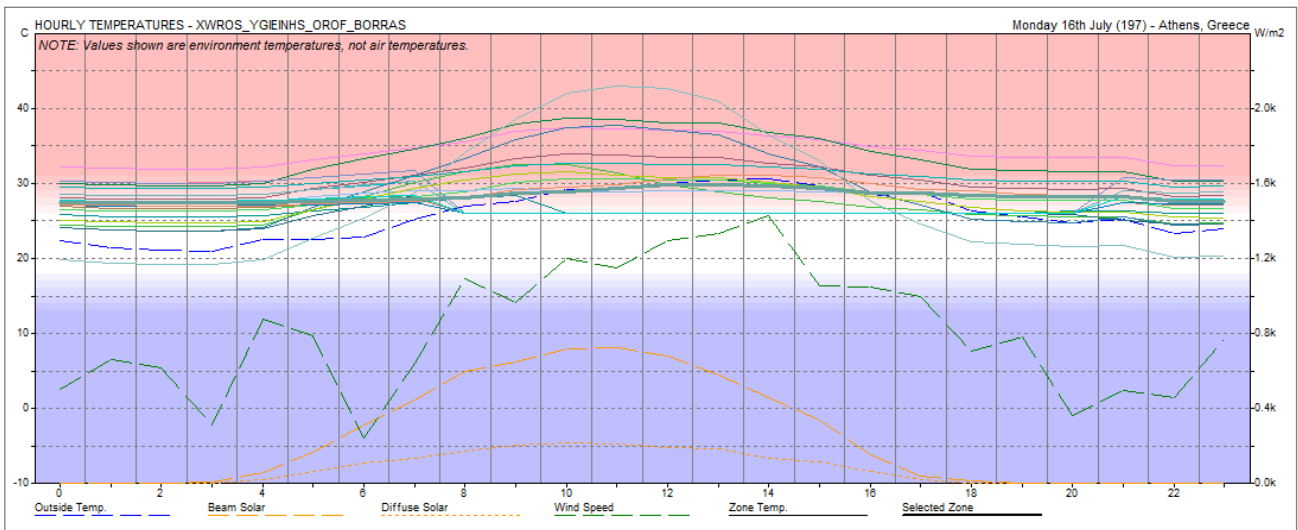
- **Διάδρομος με ανελκυστήρες (Natural Ventilation):** —————



- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Mixed-Mode System):** —————



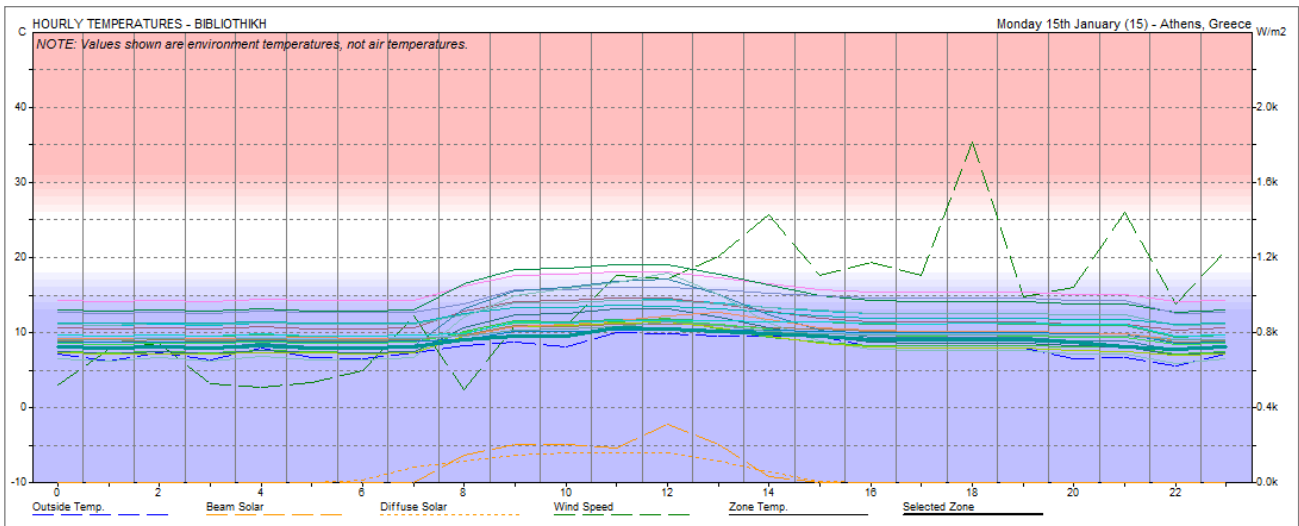
- **Βόρειος χώρος υγιεινής (Natural Ventilation):** —————



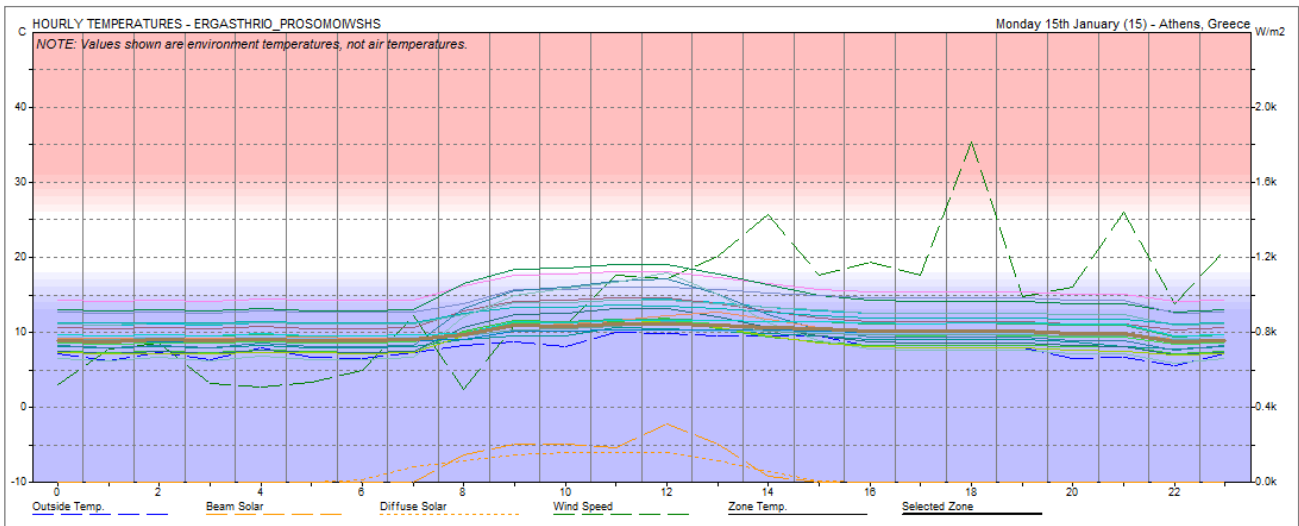
III. Διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 15^{ης} Ιανουαρίου, για την ανάλυση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (*Natural Ventilation*).

➤ Ζώνες ισογείου

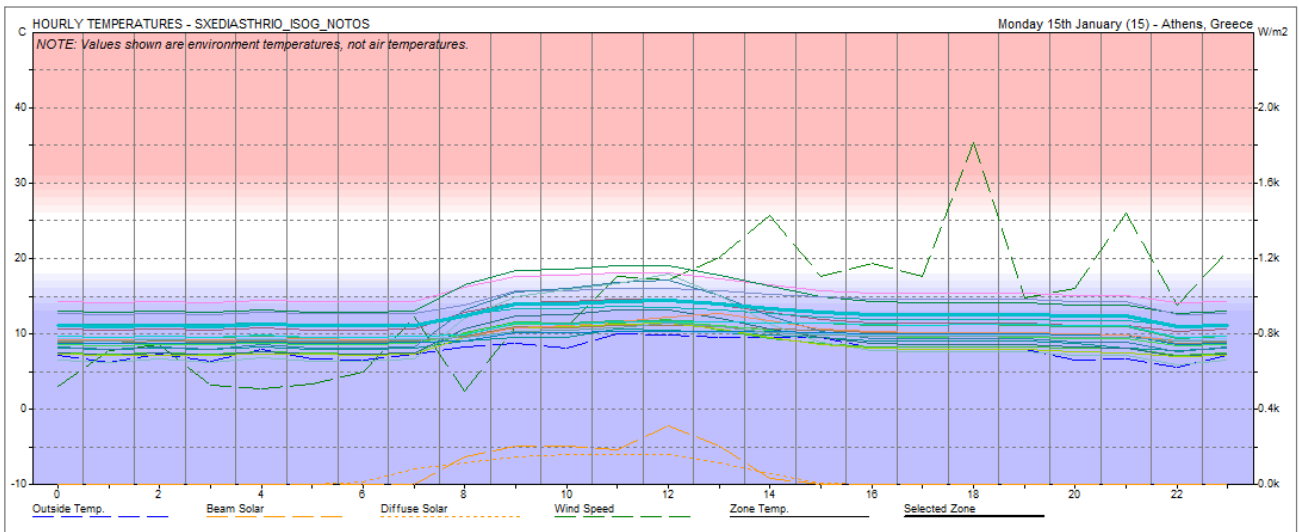
- Βιβλιοθήκη (*Natural Ventilation*):



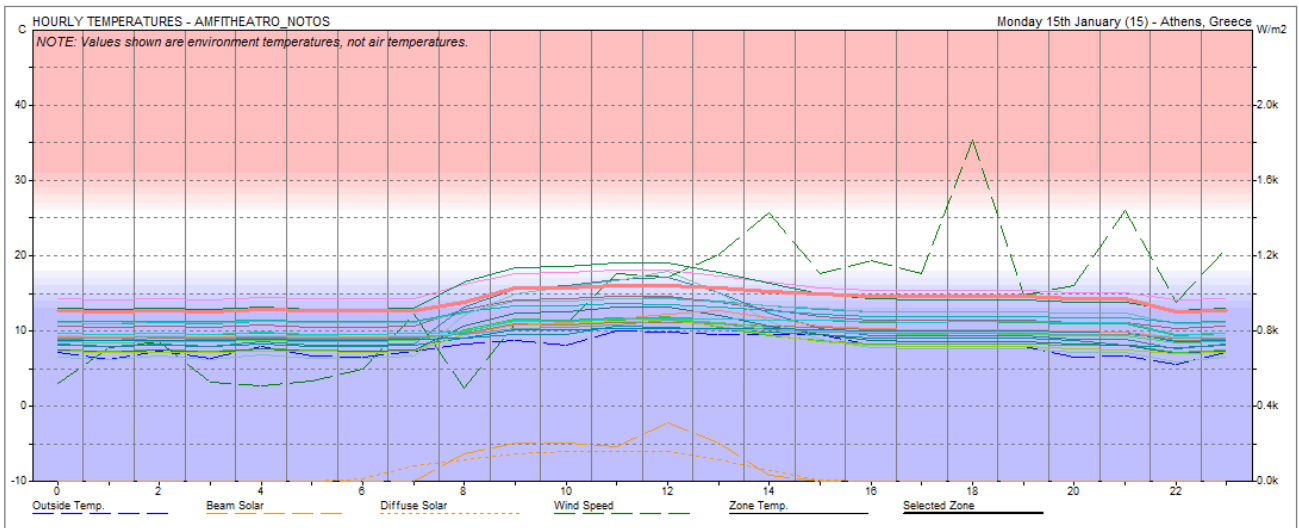
- Εργαστήριο προσομοίωσης (*Natural Ventilation*):



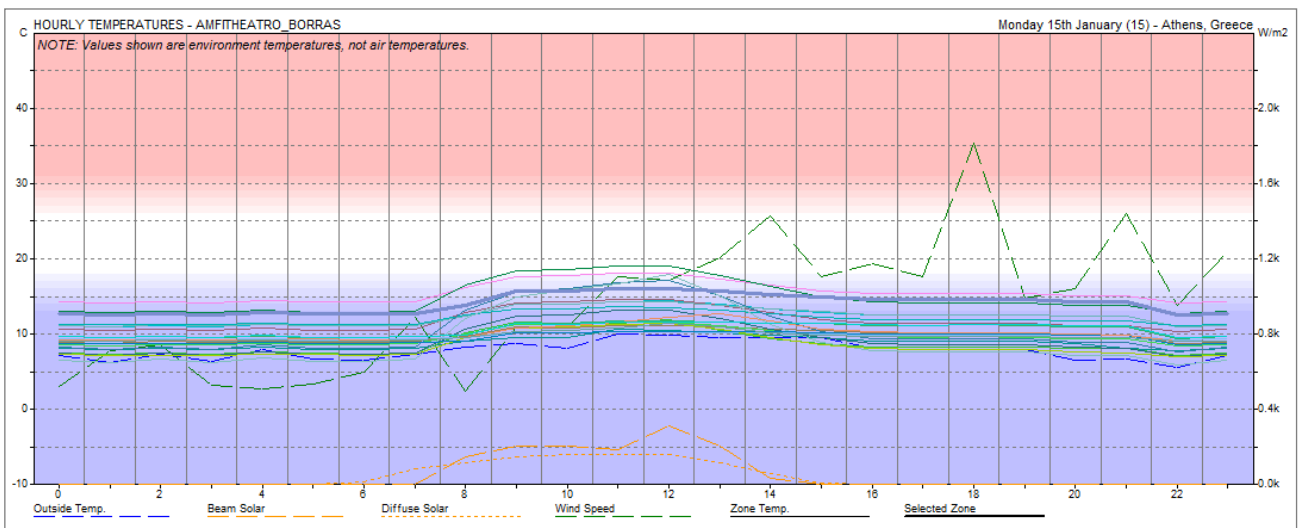
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



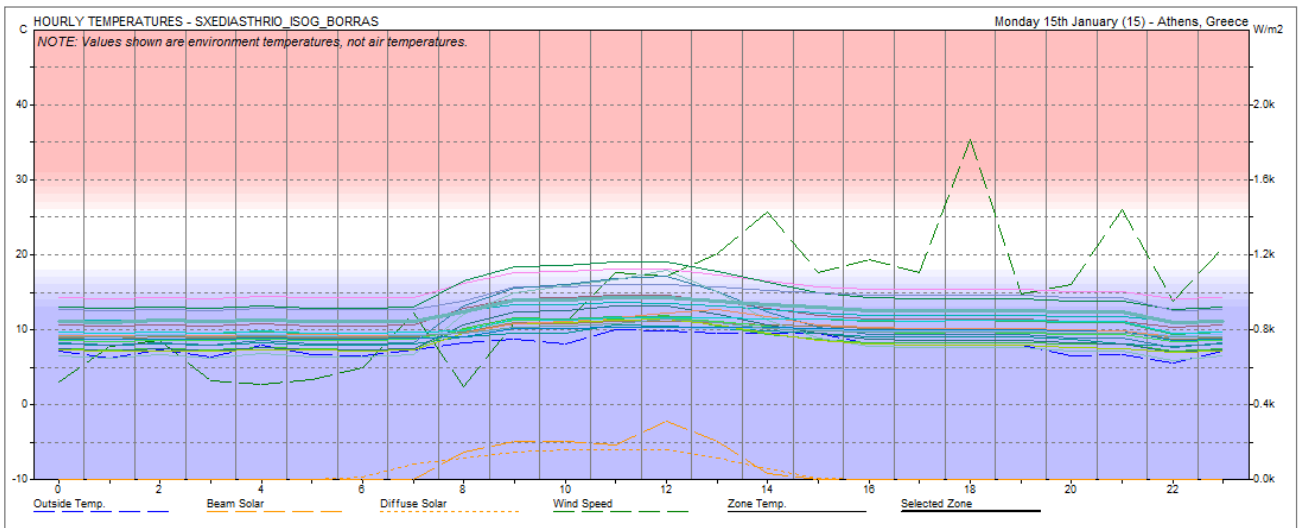
- **Νότιο αμφιθέατρο (Natural Ventilation):** —————



- **Βόρειο αμφιθέατρο (Natural Ventilation):** —————

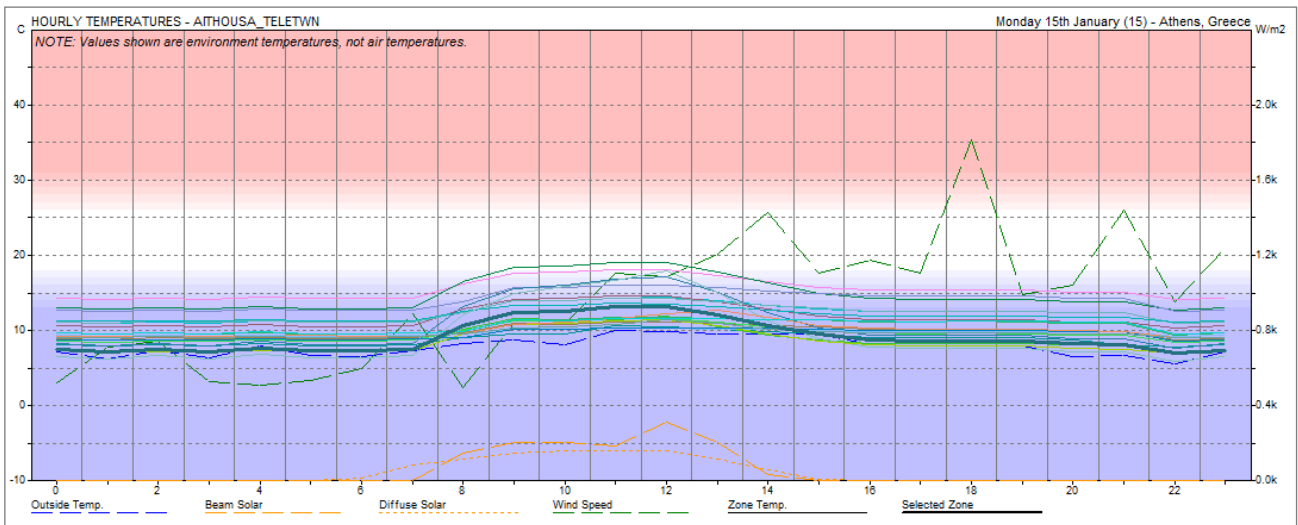


- Βόρειο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):

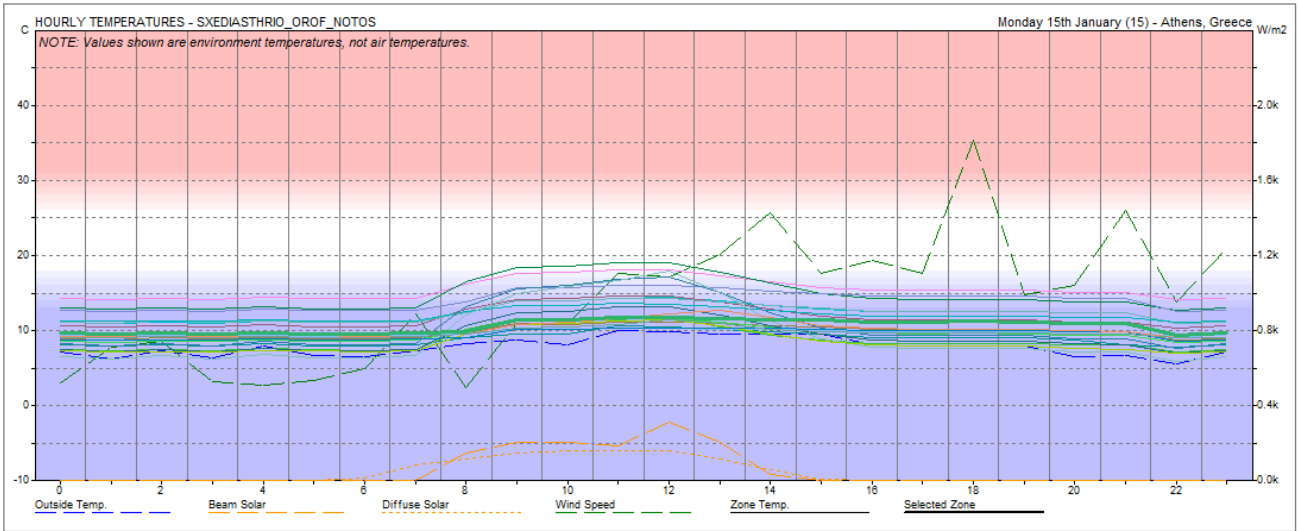


➤ Ζώνες ορόφου

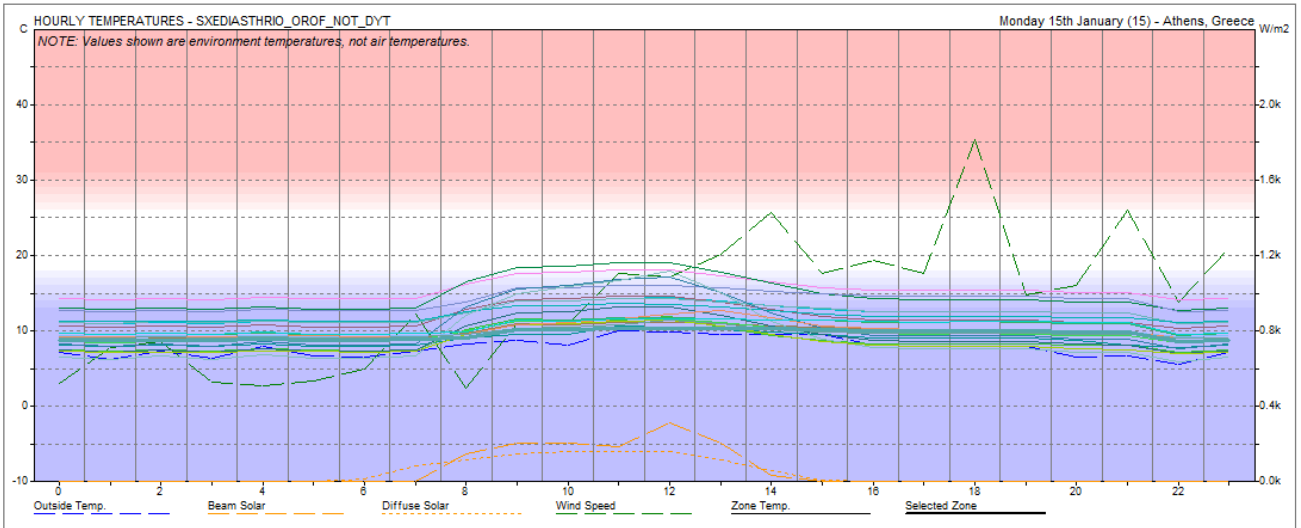
- Αίθουσα τελετών (Natural Ventilation):



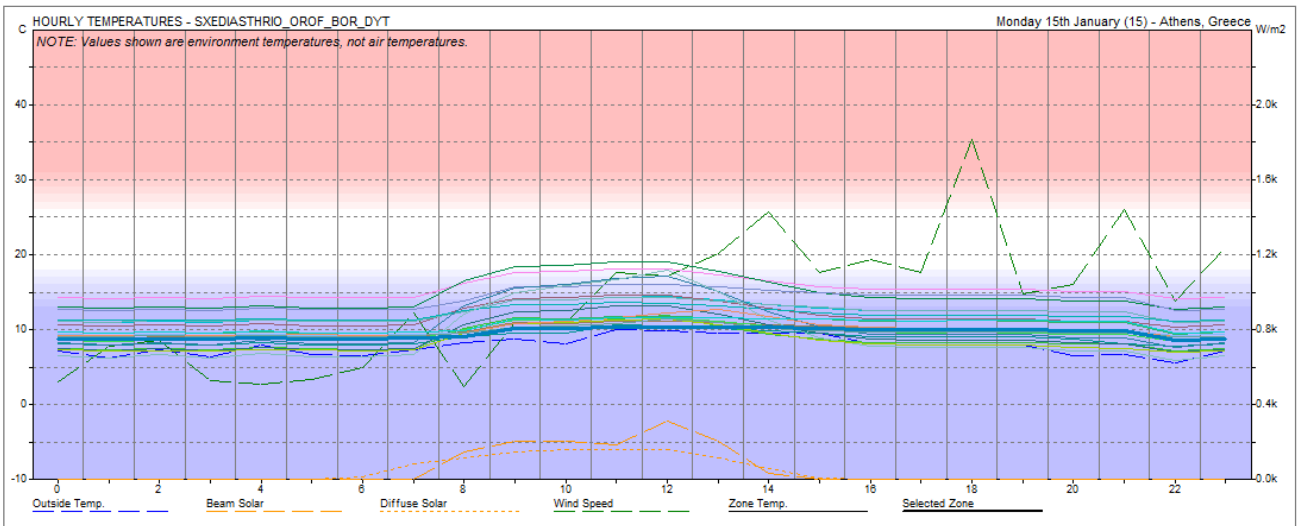
- **Νότιο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



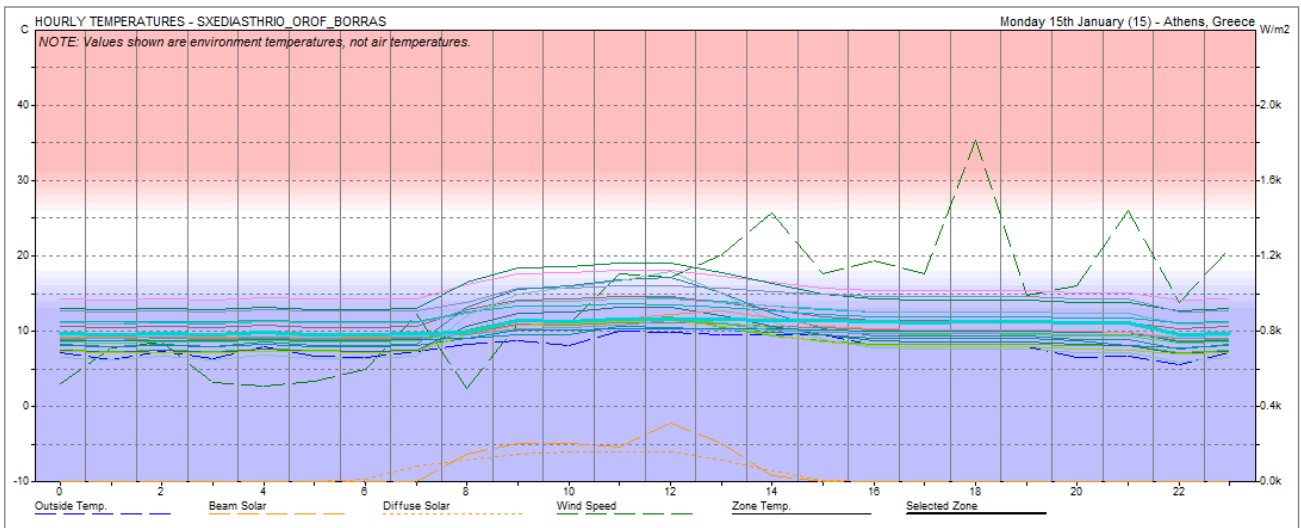
- **Νοτιοδυτικό σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



- **Βορειοδυτικό σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



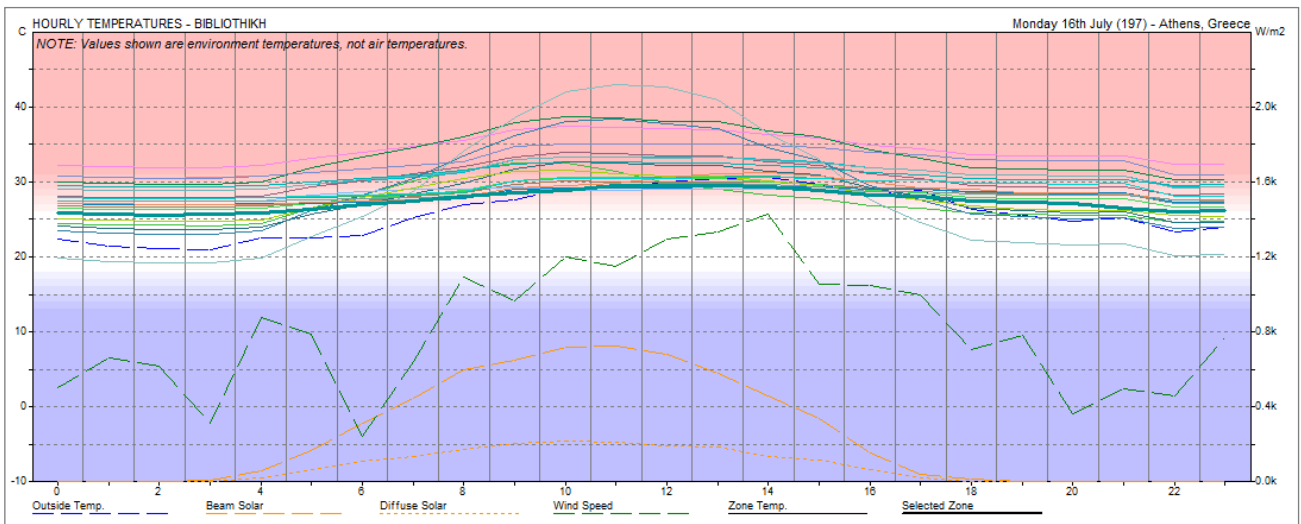
- Βόρειο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation): —————



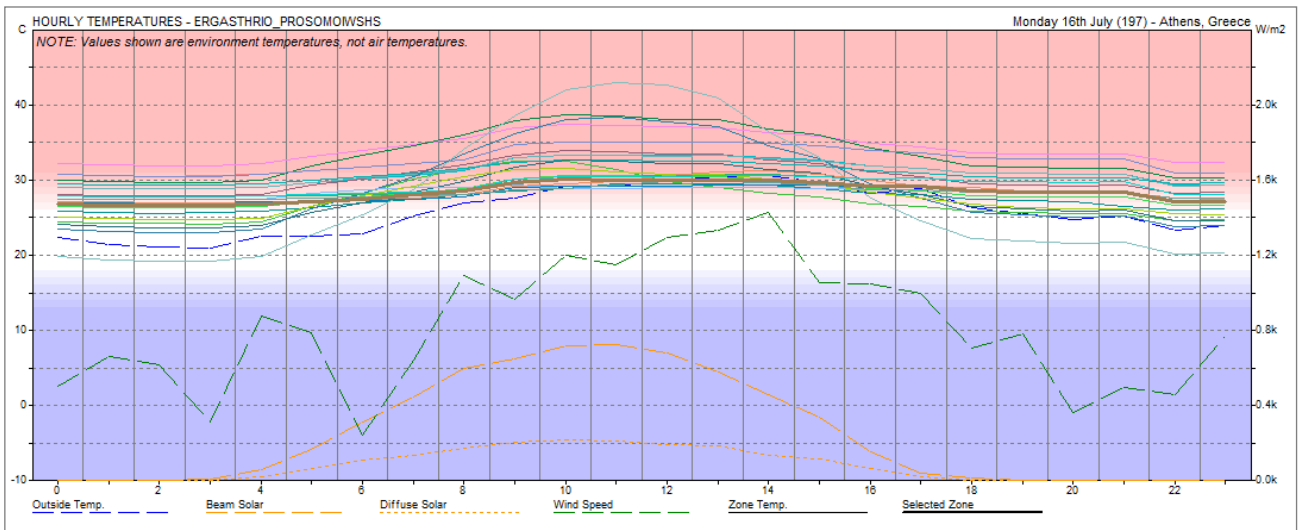
IV. Διακύμανση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου για όλο το 24ωρο της 16^{ης} Ιουλίου, για την ανάλυση που όλοι οι χώροι διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό (Natural Ventilation).

➤ Ζώνες ισογείου

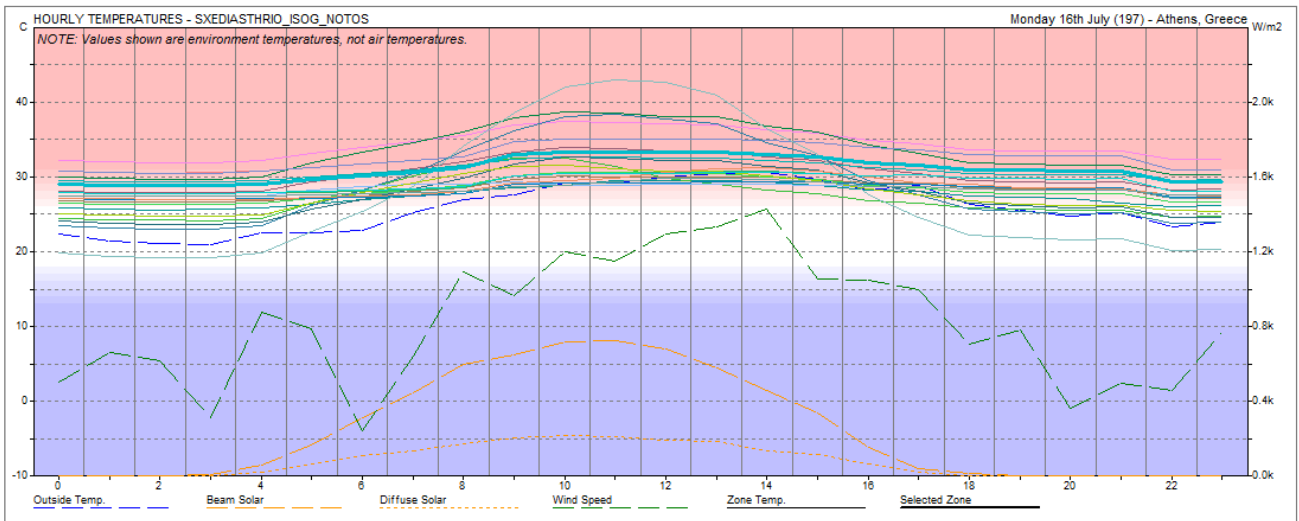
- Βιβλιοθήκη (Natural Ventilation): —————



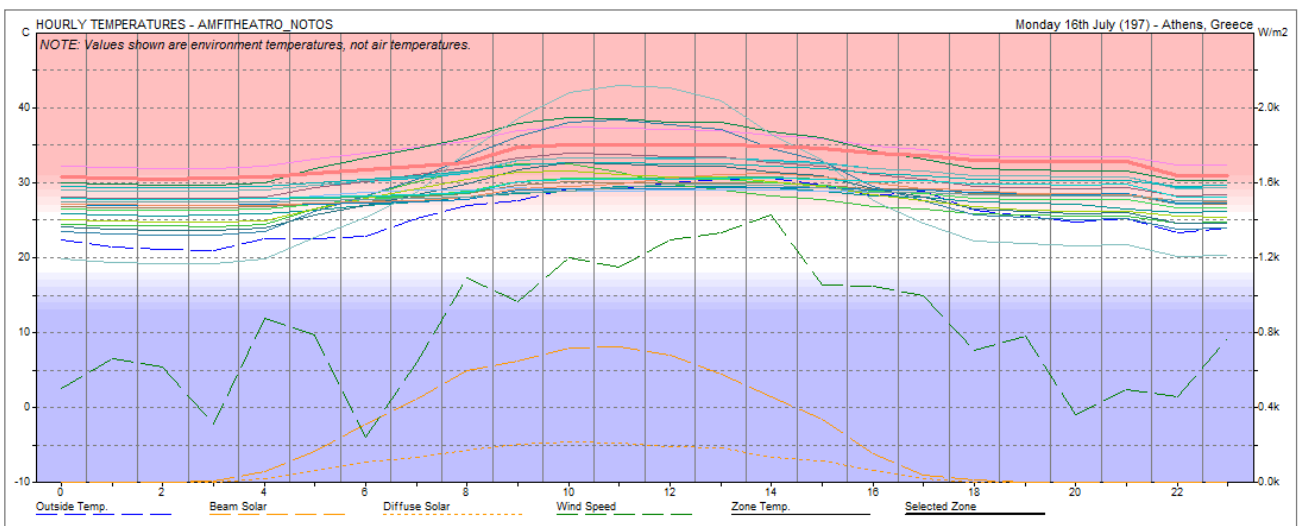
- Εργαστήριο προσομοίωσης (Natural Ventilation):



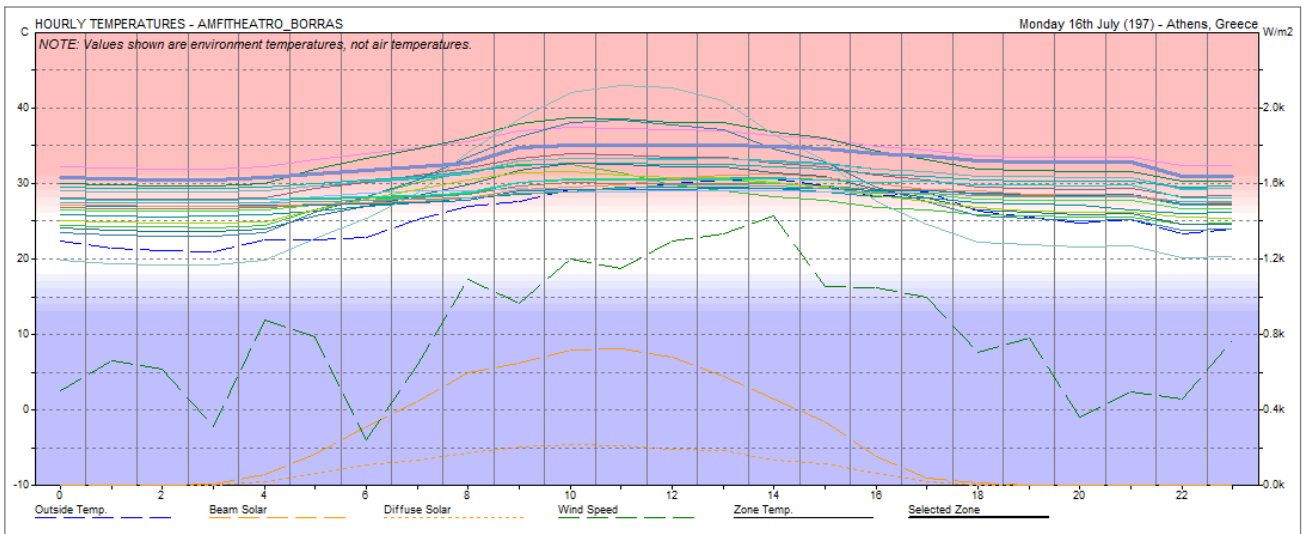
- Νότιο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):



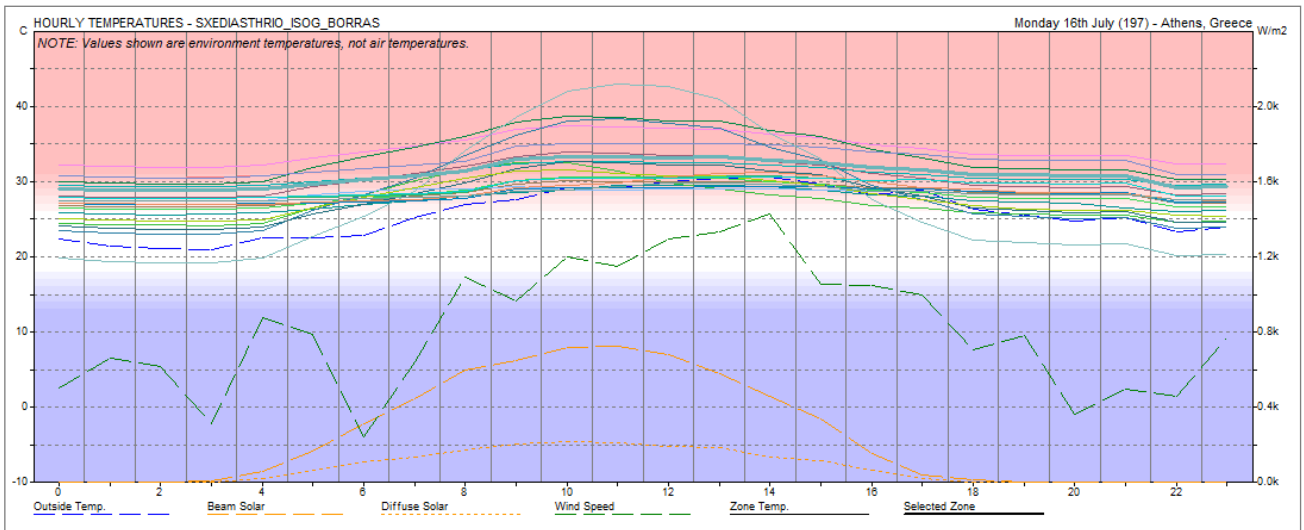
- Νότιο αμφιθέατρο (Natural Ventilation):



- **Βόρειο αμφιθέατρο (Natural Ventilation):** _____

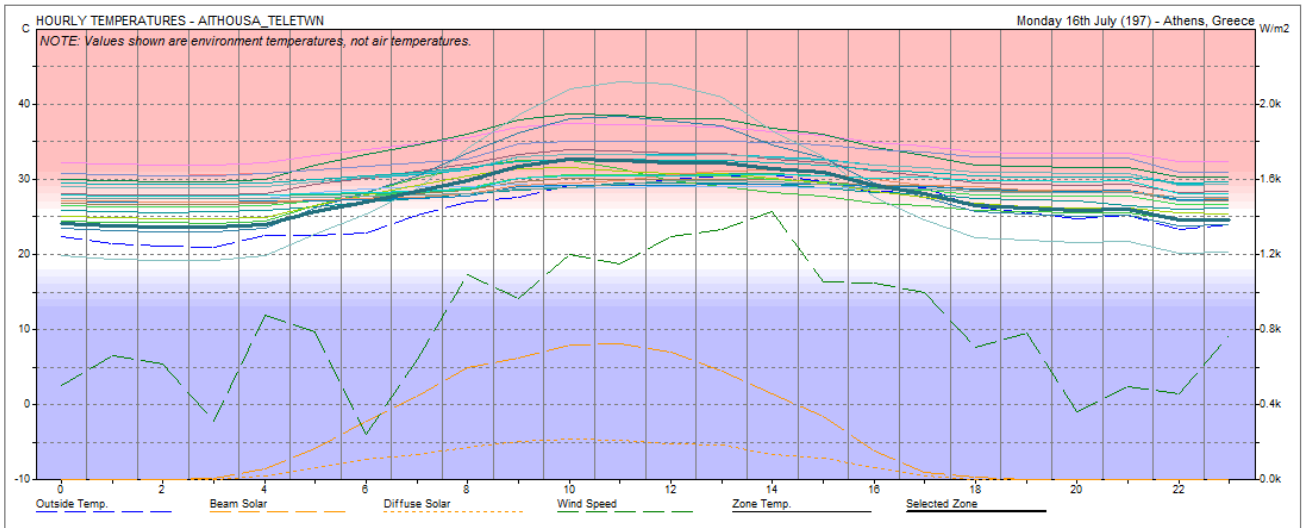


- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** _____

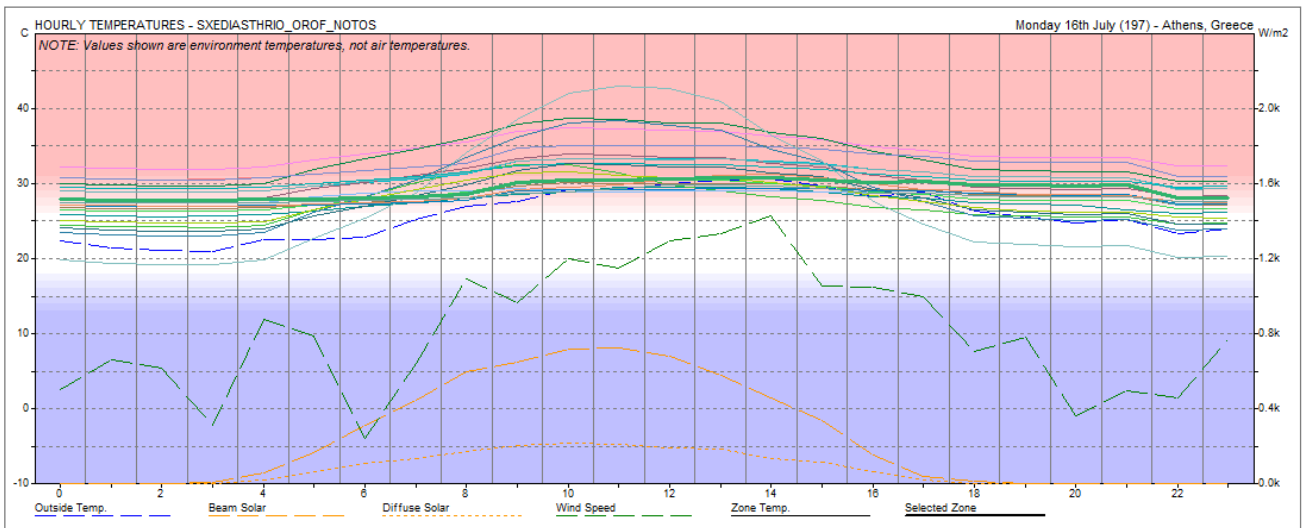


➤ Ζώνες ορόφου

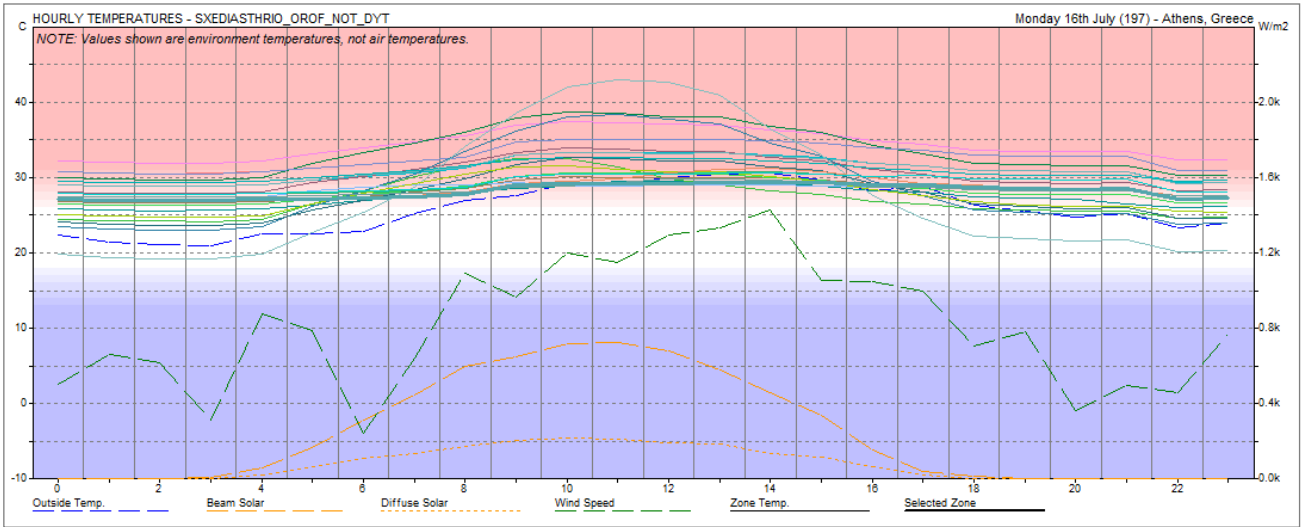
- Αίθουσα τελετών (Natural Ventilation): —————



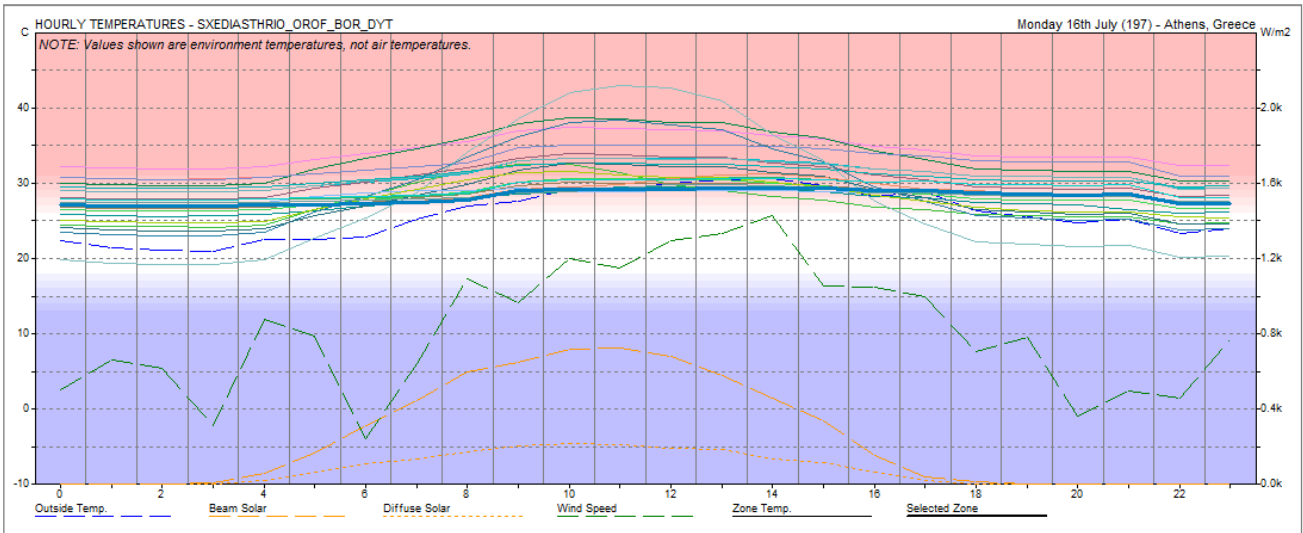
- Νότιο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation): —————



- **Νοτιοδυτικό σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



- **Βορειοδυτικό σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————



- **Βόρειο σχεδιαστήριο (Natural Ventilation):** —————

