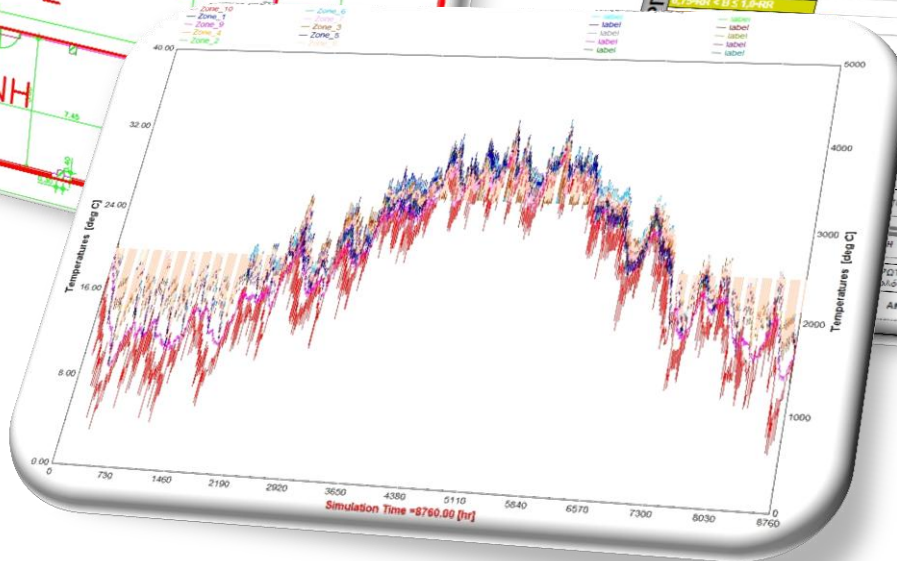
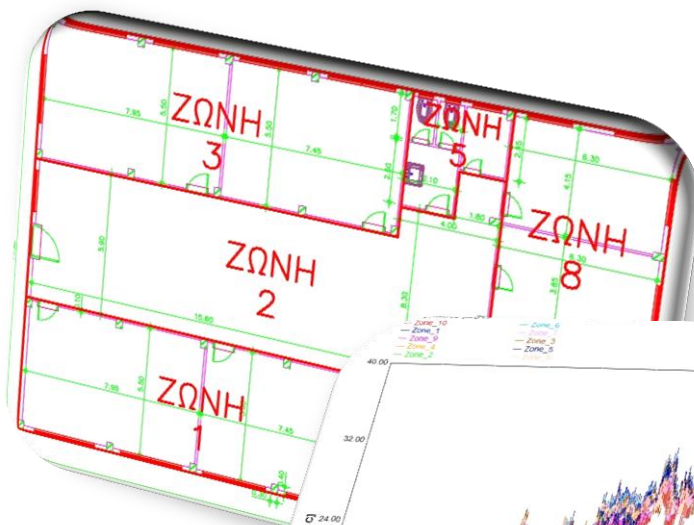




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ
ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΟΥ**



ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

ΑΡΧΗΝ: Τίτλος κτηρίου:
Αριθμός Φωτοκτύπων (για κτηρία κτηρίου):
Κλίμα: Τ.Κ.:
Διεύθυνση:
Πύλη:
Ετος κατασκευής:
Συνολική επιφάνεια (m²):
Προσέγγιση:

(Φωτογραφία κτηρίου)

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς)

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΛΛΑΞΗ

$A \leq 0.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$0.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 0.7 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$0.75 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 1.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$1.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 1.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$1.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 2.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$2.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 2.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$2.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 3.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$3.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 3.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$3.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 4.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$4.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 4.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$4.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 5.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$5.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 5.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$5.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 6.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$6.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 6.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$6.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 7.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$7.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 7.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$7.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 8.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$8.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 8.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$8.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 9.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$9.05 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 9.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

$9.55 \text{ kWh/m}^2 \leq A \leq 10.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ ετος}$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΚΑΤΑΛΛΑΞΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/m² ετος]

B

ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m²

ΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m² θερμαινόμενης

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m² θερμαινόμενης

ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m² κλιματισμού

ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m² κλιματισμού

ΓΙΑΠΡΑΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

**ΚΟΡΩΝΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.**

ΑΘΗΝΑ, 2010

.....

Γεώργιος Αθ. Γιαπρακάς

Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών μου στη σχολή των Μηχανολόγων Μηχανικών στον Τομέα Θερμότητας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου προς τη Λέκτορα κα. Ειρήνη Κορωνάκη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου αναθέτοντάς μου τη μελέτη και τη διεκπεραίωση της διπλωματικής αυτής εργασίας, αλλά και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

Γεώργιος Αθ. Γιαπρακάς

Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

*« Αφιερώνω αυτή την εργασία στη γυναίκα μου
που με στήριξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της »*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου που χρησιμοποιείται ως σχολή για την εκπαίδευση των αξιωματικών του Τεχνικού σώματος, στο 301 εργοστάσιο βάσεως, στους Αγίους Αναργύρους Αττικής.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων, στους στόχους και τα οφέλη που προσφέρει και παρουσιάζονται τα βήματα διενέργειας της. Επίσης, παρουσιάζεται η οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια τριτογενούς τομέα και αναφέρονται προτεινόμενα μέτρα στην Ελλάδα.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται πλήρως το κτίριο εφαρμογής. Συγκεκριμένα, το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά των τοίχων και ανοιγμάτων του, περιγράφεται η ψύξη και θέρμανσή του, οι ηλεκτρικές καταναλώσεις και τέλος αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής όπου βρίσκεται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, προσομοιώνεται θερμικά το κτίριο της σχολής των αξιωματικών τεχνικού με τη βοήθεια του λογισμικού TRNSYS και υπολογίζονται οι θερμικές απώλειές οι οποίες παρουσιάζονται σε διαγράμματα Excel.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων, εφαρμόζονται δύο τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο εφαρμογής και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.

Τέλος, στο τέλος κάθε κεφαλαίου αναφέρεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε, ενώ στο τέλος της εργασίας παρατίθεται παράρτημα όπου παρουσιάζονται οι κατόψεις του κτιρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	8
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2. ΣΤΟΧΟΙ, ΟΦΕΛΟΙ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	10
1.3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	13
1.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΕΣ	15
1.5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	18
1.6. ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	26
1.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	26
1.6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ	26
1.6.3 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ	27
1.6.4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ.....	29
1.6.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	30
1.6.6 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ 34	
1.6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	36
1.7. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	37
1.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
1.9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ	48
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	49
2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ – ΧΡΟΝΟ.....	50
2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	52
2.3.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.....	52
2.3.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..	54
2.3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	56
2.3.4 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	61
2.3.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ.....	69

2.4	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥΣ	72
2.5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		81
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	82
3.2	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	83
3.3	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	86
3.4	ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΝ	90
3.5	ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ	94
3.6	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	100
3.7	ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	102
3.8	ΑΕΡΙΣΜΟΣ	103
3.9	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	104
3.10	ΨΥΞΗ	106
3.11	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΡΔΗ	107
3.11.1	ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ	107
3.11.2	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	109
3.11.3	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	110
3.12	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	111
3.13	ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	112
3.14	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑΣ	115
3.15	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	119
3.16	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	120
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ TRNSYS		122
4.1	ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ TRNSYS	123
4.2	ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	124
4.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	127
4.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	149
4.4.1	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ TRNSYS	149
4.4.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	150
4.4.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ	158
4.5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		162
5.1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	163
5.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	165

5.2.1	ΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ.....	165
5.2.2	ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	171
5.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	176
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ		177
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100.....		178
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΖΩΝΕΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100...		179

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 1.2 ΣΤΟΧΟΙ, ΟΦΕΛΟΙ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ
- 1.3 ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ
- 1.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΕΣ
- 1.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ
- 1.6 ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ
 - 1.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
 - 1.6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ
 - 1.6.3 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ
 - 1.6.4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ
 - 1.6.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ
 - 1.6.6 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
 - 1.6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 1.7 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ
- 1.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 1.9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ενεργειακή επιθεώρηση ονομάζεται η εκτίμηση των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης σε ένα κτίριο σχηματίζεται σαφής εικόνα της κατάστασης του κτιρίου και προτείνονται μέτρα, που αν εφαρμοστούν θα μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, με άμεση συνέπεια το οικονομικό όφελος για τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

Ο όρος «ενεργειακή επιθεώρηση» χρησιμοποιείται γενικά για την περιγραφή μιας συστηματικής διαδικασίας που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μιας βιομηχανικής μονάδας. Αυτή έχει, επίσης, στόχο τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας στην εν λόγω μονάδα. Έτσι, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι αποφασιστικής σημασίας για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για την εξασφάλιση των στόχων της ενεργειακής διαχείρισης.

Ειδικά στην χώρα μας η ανάγκη για ενεργειακή επιθεώρηση στα κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής. Η Ελλάδα λόγω της γοργής βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου σε συνδυασμό με τις, μέτριας συχνά ποιότητας, κατασκευαστικές πρακτικές στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις των κτιρίων έχει άμεσα ανάγκη ένα ρεαλιστικό εθνικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας. Πράγμα που φανερώνεται και από το γεγονός ότι η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του 70.

1.2. ΣΤΟΧΟΙ, ΟΦΕΛΟΙ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων έχει ως στόχο την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση χρήσης της ενέργειας για τη βέλτιστη λειτουργία των κτιρίων και την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και ζεστού νερού χρήσης καθώς και την εξασφάλιση άνετων συνθηκών διαβίωσης. Γενικότερα οι **στόχοι** της ενεργειακής επιθεώρησης είναι:

- Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂.
- Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης.
- Αύξηση χρόνου ζωής εξοπλισμού, συστημάτων.
- Βελτίωση εσωτερικής ποιότητας κτιρίων.
- Μακροπρόθεσμα οικονομικό όφελος.

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας, σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

- Οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης. Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Λειτουργικά οφέλη, τα οποία βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας ή ενός κτιρίου να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της (ή των ενοίκων του κτιρίου) ή, διαφορετικά, να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.
- Περιβαλλοντικά οφέλη, που αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Το καθένα από τα παραπάνω οφέλη αναμένεται να εκπληρωθεί σταδιακά και να έχει αθροιστική επίπτωση. Τα κύρια οφέλη μπορεί να γίνουν άμεσα αισθητά, προερχόμενα από μέτρα μηδενικού κόστους, ή μετά από μία εύλογη περίοδο, απαιτούμενη για την αποπληρωμή των όποιων επενδύσεων. Κάποια άλλα οφέλη μπορεί να γίνουν αισθητά αρκετά αργότερα, μετά από την υλοποίηση κάποιων μακροπρόθεσμων μέτρων της ενεργειακής επιθεώρησης.

Ο τρόπος σύμφωνα με τον οποία πρέπει να διενεργούνται οι Ενεργειακές Επιθεωρήσεις, καθορίζεται με την Απόφαση Δ6/Β/οικ. 11038, ΦΕΚ 1526/Β/27.07.1999 «Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων». Σύμφωνα με την παραπάνω απόφαση, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις χωρίζονται στις παρακάτω δύο κύριες κατηγορίες:

- Η **συνοπτική** επιθεώρηση πρέπει να γίνεται με σύντομη αυτοψία στα κτίρια κάτω των 1000 m². Κομβικό σημείο για τη συνοπτική επιθεώρηση αποτελεί το **κτίριο αναφοράς**, το οποίο προβλέπεται στο προσχέδιο της CEN prENw1 1 + 3 : 2004. Το κτίριο αναφοράς είναι ένα κτίριο ίδιου σχήματος, μεγέθους, προσανατολισμού και χρήσης, το οποίο βρίσκεται στην ίδια κλιματική ζώνη με το υπό εξέταση κτίριο και πληροί τις υποχρεωτικές και τις πρότυπες απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης. Έτσι, κάθε εξεταζόμενο κτίριο θα συγκρίνεται με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς και ανάλογα με την απόκλιση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ τους, θα προκύπτει η βαθμολογία του εξεταζόμενου κτιρίου.
- Η **εκτενής** επιθεώρηση πρέπει να γίνεται στα κτίρια άνω των 1000 m² με την ακόλουθη διαδικασία :
 - α) Συλλογή πρωτογενών ενεργειακών στοιχείων (γενικές πληροφορίες για το κτίριο, στοιχεία κατανάλωσης και κόστους ενέργειας της τελευταίας πενταετίας, καθεστώς ενεργειακής διαχείρισης κ.λπ.).
 - β) Ανάλυση πρωτογενών ενεργειακών στοιχείων με σκοπό τον προσδιορισμό της μηνιαίας διακύμανσης της κατανάλωσης και του κόστους ενέργειας.
 - γ) Καταγραφή κατασκευαστικών και λειτουργικών στοιχείων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου (κέλυφος, θέρμανση, κλιματισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός, ηλεκτρική εγκατάσταση κ.λπ.), με τη χρήση κατάλληλων φορητών οργάνων (θερμόμετρο, υγρασιόμετρο, φωτόμετρο, θερμοκάμερα, αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ).

Η επιθεώρηση εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού απαιτεί αυτοψία και χρήση κατάλληλων φορητών οργάνων (αναλυτής καυσαερίων, ρομποτική βιντεοκάμερα, μανόμετρο, ανεμόμετρο κ.λπ) για τη διενέργεια μετρήσεων.

Σε κάθε περίπτωση η ενεργειακή επιθεώρηση οφείλει να ακολουθεί μία συστηματική προσέγγιση προσανατολισμένη προς το αποτέλεσμα. Θα πρέπει να αρχίζει πάντα από το

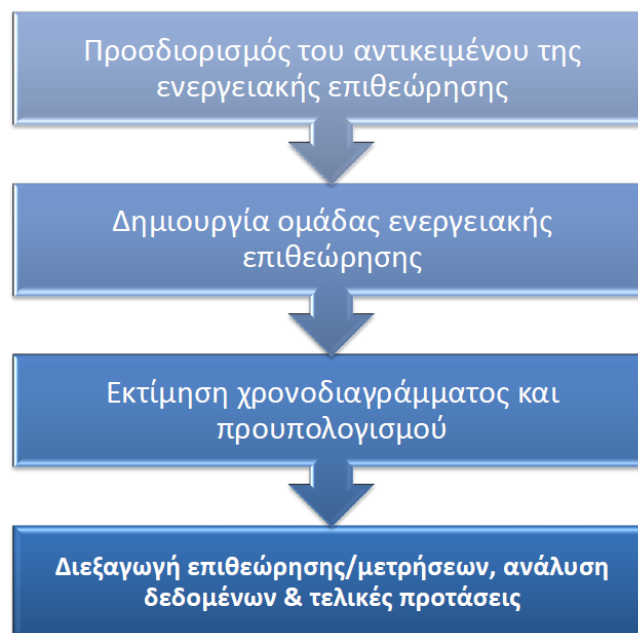
τέλος και να πορεύεται σταδιακά προς την αρχή. Δηλαδή, να ξεκινάει από την τεκμηρίωση των προφανών επεμβάσεων άμεσης οικονομικής απόδοσης και να τελειώνει στις επεμβάσεις μεσομακροπρόθεσμης απόδοσης. Για παράδειγμα η σωστή ρύθμιση του καυστήρα προηγείται της αντικατάστασής του με καινούργιο.

Με αυτόν το τρόπο, προσδιορίζονται τόσο τα συνολικά οφέλη όσο και το αναλογούν κόστος των πιθανών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που ικανοποιούν τα κριτήρια και τις απαιτήσεις των διαχειριστών της μονάδας. Παράλληλα, συντάσσεται ένας κατάλογος με τις δυνατές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν την επένδυση σημαντικού κεφαλαίου για να πραγματοποιηθούν, αλλά και πληρέστερη συλλογή και επεξεργασία σχετικών στοιχείων, μαζί με μια αναλυτική εκτίμηση οφέλους κόστους γι' αυτές.

1.3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Η ενεργειακή επιθεώρηση θα πρέπει να διενεργείται από κατάλληλα άτομα που έχουν εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις σε θέματα κτιριακών συστημάτων. Αυτά τα άτομα αναφέρονται ως «**ενεργειακοί επιθεωρητές**». Εκτενέστερη αναφορά στους ενεργειακούς επιθεωρητές γίνεται στη παράγραφο 1.4 του παρόντος κεφαλαίου. Ο αριθμός των ενεργειακών επιθεωρητών και ο χρόνος που απαιτείται για μια επιθεώρηση εξαρτάται από το αντικείμενο και το σκοπό της επιθεώρησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, ο ενεργειακός επιθεωρητής χρειάζεται βοήθεια και συνεργασία από το προσωπικό της επιχείρησης που ασχολείται με τις συσκευές τελικής χρήσης, τη συντήρηση, τη λειτουργία τους κτλ. Προκειμένου να αποκτήσουν καλύτερη γνώση του κτιρίου και των ενεργοβόρων συστημάτων, η ομάδα των επιθεωρητών πρέπει να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτιρίου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και των συστημάτων. Οι αποδόσεις τους πρέπει να προσδιοριστούν με τον έλεγχο των αρχείων συντήρησης και λειτουργίας, με επιτόπια επιθεώρηση και με τη διεξαγωγή μετρήσεων. Στη συνέχεια η ομάδα των Επιθεωρητών θα προσδιορίσει τα πεδία που μπορούν να βελτιωθούν και θα συντάξει έκθεση ενεργειακής επιθεώρησης με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης, για λόγους τήρησης αρχείου αλλά και για εφαρμογές που θα ακολουθήσουν.

Στο παρακάτω **σχεδιάγραμμα ροής** φαίνονται τα αρχικά στάδια για την διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης.



Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής για τη διεξαγωγή μιας ενεργειακής επιθεώρησης

1. Προσδιορισμός αντικείμενου της ενεργειακής επιθεώρησης.

Για τη διεξαγωγή μιας επιθεώρησης πρέπει να προσδιοριστεί κατ' αρχήν το ακριβές αντικείμενο της επιθεώρησης και οι διαθέσιμες πηγές, δηλ. το προσωπικό, ο χρόνος και ο προϋπολογισμός. Μετά τη διερεύνηση του μεγέθους της υποστήριξης από τη διαχείριση του κτιρίου, η ομάδα των επιθεωρητών θα πρέπει να προσδιορίσει το ακριβές αντικείμενο τις ενεργειακής επιθεώρησης, όπως, περιοχές που πρέπει να επιθεωρηθούν, βαθμό ανάλυσης της επιθεώρησης, αναμενόμενη εξοικονόμηση, χρήση των αποτελεσμάτων της επιθεώρησης ως βάση για τη βελτίωση της λειτουργίας και της συντήρησης, ανάγκη για συνέχεια σε επίπεδο εκπαίδευσης και προώθησης των αποτελεσμάτων κλπ. Η ενεργειακή επιθεώρηση θα διεξαχθεί μετά τον προσδιορισμό όλων των ανωτέρω.

2. Δημιουργία ομάδας ενεργειακής επιθεώρησης.

Μια ομάδα ενεργειακής επιθεώρησης δημιουργείται με: α)Τον καθορισμό των μελών της ομάδας επιθεώρησης και των καθηκόντων τους. β)Τη συμμετοχή του προσωπικού συντήρησης και λειτουργίας προκειμένου να συλλεχθούν πληροφορίες. γ)Τη διοργάνωση συναντήσεων για ανταλλαγή πληροφοριών και εξοικείωση μεταξύ των μελών.

3. Εκτίμηση χρονοδιαγράμματος και προϋπολογισμού.

Με βάση τις διαθέσιμες πηγές, μπορούν να καθοριστούν το χρονοδιάγραμμα των εργασιών και ο προϋπολογισμός. Ο προϋπολογισμός προκύπτει από το κόστος των ωρών επιθεώρησης που απαιτούνται για την συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών έως και τη συμπλήρωση της έκθεσης της επιθεώρησης. Η ομάδα επιθεώρησης πρέπει να ελέγξει εάν έχει αρκετά όργανα ελέγχου.

4. Διεξαγωγή επιθεώρησης/μετρήσεων, ανάλυση δεδομένων & τελικές προτάσεις.

Μια προτεινόμενη μεθοδολογία μιας ενεργειακής επιθεώρησης περιγράφεται στη παράγραφο 1.5 του παρόντος κεφαλαίου.

1.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΕΣ

Οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές πρέπει να είναι ανεξάρτητοι διαπιστευμένοι (πιστοποιημένοι) εμπειρογνώμονες καταχωρημένοι σε ειδικό μητρώο. Είναι προφανές ότι **δεν** είναι δυνατόν το ίδιο άτομο να είναι ταυτόχρονα Επιθεωρητής και Μελετητής ή Κατασκευαστής.

Η διαπίστευση (πιστοποίηση) πρέπει να γίνεται από αρμόδιους ελληνικούς ή ξένους διαπιστευμένους φορείς σύμφωνα με τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- ❖ Ακαδημαϊκά προσόντα (πτυχίο Πολυτεχνείου ή ΤΕΙ).
- ❖ Σεμινάρια εκπαίδευσης

Όσοι υποψήφιοι έχουν αποδεδειγμένη εργασιακή εμπειρία στο πεδίο των ενεργειακών συστημάτων και σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, πρέπει να απαλλάσσονται της υποχρεωτικής παρακολούθησης σεμιναρίων.

Θεωρείται απαραίτητη η διαπίστευση (πιστοποίηση) τριών Ενεργειακών Επιθεωρητών :

- Ενεργειακός Επιθεωρητής κελύφους.
- Ενεργειακός Επιθεωρητής εγκαταστάσεων θέρμανσης.
- Ενεργειακός Επιθεωρητής εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές θέρμανσης και κλιματισμού θα διενεργούν τις επιθεωρήσεις των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού αντίστοιχα σε όλα τα κτίρια. Η συνοπτική επιθεώρηση (κτίρια κάτω των 1000 m²) θα πραγματοποιείται από τον Ενεργειακό Επιθεωρητή κελύφους. Η εκτενής επιθεώρηση (κτίρια άνω των 1000 m²) πρέπει να γίνεται από πενταμελή ομάδα Ενεργειακών Επιθεωρητών με υποχρεωτική παρουσία Μηχανολόγου, Ηλεκτρολόγου και Αρχιτέκτονα.

Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής κελύφους πρέπει να παρακολουθήσει σεμινάρια εκπαίδευσης 110 ωρών. Το προτεινόμενο πρόγραμμα εκπαίδευσης είναι το ακόλουθο :

- Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας.
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.
- Θερμομόνωση κελύφους.

- Υγρομόνωση κελύφους.
- Υαλοστάσια.
- Τεχνητός φωτισμός.
- Βασικές αρχές συστημάτων θέρμανσης, παραγωγής ζεστού νερού και κλιματισμού.
- Εφαρμογές ΑΠΕ στα κτίρια (ηλιακοί συλλέκτες, φωτοβολταϊκά πλαίσια, ανεμογεννήτριες, γεωθερμία, βιομάζα).
- Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS).
- Ηλεκτρικά συστήματα.
- Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.
- Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου.
- Χειρισμός οργάνων ενεργειακής επιθεώρησης.

Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής των εγκαταστάσεων θέρμανσης πρέπει να παρακολουθήσει σεμινάρια εκπαίδευσης 30 ωρών. Το προτεινόμενο πρόγραμμα εκπαίδευσης είναι το ακόλουθο:

- 🚦 Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας.
- 🚦 Εγκαταστάσεις συστημάτων θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού.
- 🚦 Βασικές αρχές εφαρμογής ΑΠΕ στα κτίρια.
- 🚦 Διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης εγκαταστάσεων θέρμανσης.
- 🚦 Χειρισμός οργάνων ενεργειακής επιθεώρησης.

Ο ενεργειακός Επιθεωρητής των εγκαταστάσεων κλιματισμού πρέπει να παρακολουθήσει σεμινάρια εκπαίδευσης 30 ωρών. Το προτεινόμενο πρόγραμμα εκπαίδευσης είναι το ακόλουθο:

- 🚦 Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας.
- 🚦 Εγκαταστάσεις συστημάτων κλιματισμού.
- 🚦 Βασικές εφαρμογές ΑΠΕ στα κτίρια.
- 🚦 Διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης εγκαταστάσεων κλιματισμού.
- 🚦 Χειρισμός οργάνων ενεργειακής επιθεώρησης.

Είναι ευνόητο ότι θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα της τριπλής διαπίστευσης (πιστοποίησης) σε όποιον Μηχανικό το επιθυμεί και έχει παρακολουθήσει τα

αντίστοιχα σεμινάρια.

Πριν από 4 χρόνια το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), μέσω του Ινστιτούτου Εκπαίδευσης και Επιμόρφωσης των Μελών του (Ι.Ε.Κ.Ε.Μ. Τ.Ε.Ε.), ξεκίνησε την ενημέρωση των Μηχανικών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και χειρισμού των οργάνων της ενεργειακής επιθεώρησης, με 6 σεμινάρια συνολικής διάρκειας 140 ωρών. Μέχρι σήμερα ένα ή περισσότερα σεμινάρια έχουν παρακολουθήσει 2000 περίπου Μηχανικοί. Την πρώτη διετία τα σεμινάρια διεξάγονταν μόνο στην Αθήνα και στη συνέχεια άρχισαν να υλοποιούνται και στα Περιφερειακά Τμήματα του Τ.Ε.Ε. στην επαρχία.

1.5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Παρακάτω ακολουθεί μια αναλυτική, βήμα προς βήμα περιγραφή μιας προτεινόμενης μεθοδολογίας για τη διεξαγωγή μιας ενεργειακής επιθεώρησης σε κτίρια είτε του οικιακού είτε του τριτογενή τομέα. Στα παρακάτω βήματα ο διαχωρισμός τους πολλές φορές δεν είναι ευδιάκριτος αλλά γίνεται κυρίως λόγω της χρονικής ακολουθίας των διαδικασιών που πραγματοποιούνται κατά την διεξαγωγή της επιθεώρησης.

➤ Βήμα 1^ο: Εισαγωγή

Το αρχικό στάδιο της επιθεώρησης περιλαμβάνει μια εισαγωγή στη διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Αφού έχει προσδιοριστεί η ομάδα των ενεργειακών επιθεωρητών, έχουμε την πρώτη επαφή με το κτίριο με σκοπό την περιγραφή του από αρχιτεκτονικής και ενεργειακής άποψης, καθώς και τους λόγους που χρειάζεται να γίνει η επιθεώρηση. Τέλος, γίνεται μια σύντομη αναφορά στη συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση που θα εφαρμοστεί και που καλύπτει τις ανάγκες της συγκεκριμένης επιχειρησιακής μονάδας.

➤ Βήμα 2^ο: Προετοιμασία-Συλλογή πληροφοριών

Στο στάδιο αυτό οι ενεργειακοί επιθεωρητές μπορούν να μοιράσουν ερωτηματολόγια στους χρήστες του κτιρίου με σκοπό την ενημέρωσή τους σε βασικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο συλλέγονται πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με την υφιστάμενη και την παρελθούσα κατάσταση του. Ακόμα καταγράφονται το μέγεθος, η χρήση και η ηλικία του κάθε τμήματος καθώς και οι προσθήκες ή ανακαινίσεις που έχει υποστεί το κέλυφος και οι εγκαταστάσεις του.

Επίσης, συγκεντρώνονται πληροφορίες για την υπάρχουσα κατάσταση ενεργειακής διαχείρισης στη μονάδα, δηλαδή γνωστοποιείται στον επιθεωρητή τι είδους μέτρα βρίσκονται σε ισχύ και τι σχεδιάζεται. Πιο αναλυτικά ένα ερωτηματολόγιο πρέπει να έχει:

- Γενικές πληροφορίες για το κτίριο (τύπος κτιρίου, έτος κατασκευής, είδος χρήσης και παρεχόμενων υπηρεσιών, ιδιοκτησιακό καθεστώς, υπεύθυνος εκπρόσωπος, πιθανές προσθήκες ανακαινίσεις στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις του, όγκοι και επιφάνειες χώρων, πλήθος ατόμων, πλήθος προϊόντων και σχετικού εξοπλισμού υποστήριξης υπηρεσιών, καθεστώς λειτουργίας, σκαρίφημα τυπικού ορόφου).

- Στοιχεία κατανάλωσης και κόστους ενέργειας των τελευταίων πέντε (5) ετών (ετήσια εξέλιξη κατανάλωσης καυσίμων και ηλεκτρισμού, μηνιαία διακύμανση καταναλώσεων έτους ελέγχου).
- Καθεστώς ενεργειακής διαχείρισης και τυχόν υπάρχοντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Επιπλέον, πρέπει να συλλεχθούν τα ακόλουθα υποστηρικτικά στοιχεία :

- Λογαριασμοί και τιμολόγια αγοράς ενέργειας (ηλεκτρικού, καυσίμων) για την περίοδο ελέγχου και για τα 4 προηγούμενα (ή/και επόμενα) έτη.
- Σχέδια και μελέτες για το κτίριο και τις Η/Μ ενεργειακές εγκαταστάσεις του.
- Κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του βασικού εξοπλισμού.
- Κλιματικά δεδομένα περιόδων ενεργειακής ανάλυσης για την περιοχή.
- Τυχόν υπάρχοντα έγγραφα αρχείου με καταγραφές από υπάρχοντες μετρητές ή θεωρητικές εκτιμήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο.

Η συμπλήρωση του εντύπου και η συλλογή των υποστηρικτικών στοιχείων γίνονται από τον σχετικό υπεύθυνο για το κτίριο/μονάδα σε συνεργασία με τον υπεύθυνο για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι στην περίπτωση της αναλυτικής ενεργειακής επιθεώρησης γίνεται πολύ πιο ενδελεχή και λεπτομερειακή συλλογή στοιχείων από πληθώρα διαφορετικών σημείων. Έτσι, καταγράφονται:

- ✓ Τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους και των επί μέρους δωματίων, δαπέδων, οροφής και ανοιγμάτων.
- ✓ Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού χώρων, δηλαδή στοιχεία για τους λέβητες, τους καυστήρες, τα κεντρικά συγκροτήματα ψυκτών - αντλιών θερμότητας, την κατάσταση και θερμομόνωση του συστήματος διανομής όπως είναι τα δίκτυα σωληνώσεων, τη χρήση αυτοματισμών ελέγχου όπως χρονοδιακόπτες και θερμοστάτες, την ύπαρξη κεντρικού εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας και τέλος, στοιχεία τοπικών αυτόνομων μονάδων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού, τα οποία συνήθως σε μια συνοπτική επιθεώρηση παραλείπονται.

➤ **Βήμα 3^ο: Μετρήσεις και ενεργειακά πρότυπα.**

Στο στάδιο αυτό έχουμε έναν από τους κεντρικούς στόχους της ενεργειακής επιθεώρησης, και δη της εκτενούς, που είναι η διαμόρφωση ενεργειακών προτύπων τα οποία αφορούν την κατανάλωση αναφοράς ή την ειδική κατανάλωση αναφοράς ή το βαθμό απόδοσης αναφοράς για τις επιμέρους εγκαταστάσεις και συσκευές. Με τη χρήση των προτύπων αυτών υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας τόσο πριν όσο και μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Η εκτίμηση των ενεργειακών ή παραγωγικών παραμέτρων γίνεται με βάση κυρίως μετρητικές μεθόδους.

Τα ενεργειακά πρότυπα πρέπει να είναι ευαίσθητα στους καθοριστικούς παράγοντες όπως ο όγκος της παραγωγής, η ποιότητα και η σύνθεση των πρώτων υλών, το ωράριο λειτουργίας, η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επομένως για τη διαμόρφωση των προτύπων απαιτείται η σωστή μέτρηση και εκτίμηση ενός πλήθους παραμέτρων οι οποίοι δύναται να κατηγοριοποιηθούν ως ακολούθως:

α) **Παρεχόμενη ενέργεια τελικής χρήσης στο συγκρότημα**, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα. Για την περίπτωση των στερεών καυσίμων περιλαμβάνεται η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης, της υγρασίας, της τέφρας, του σταθερού άνθρακα και των πτητικών ουσιών. Σε περίπτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι μετρήσεις επεκτείνονται και σε φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την ένταση της ΑΠΕ (π.χ. ταχύτητα ανέμου).

β) **Ροή, μετατροπή και διαρροή ενέργειας** στις επιμέρους παραγωγικές και κτιριακές εγκαταστάσεις όπως οι ροές και διαρροές του ατμού, του θερμού νερού, της ηλεκτρικής ενέργειας, της θερμικής ακτινοβολίας και του πεπιεσμένου αέρα.

γ) **Ενεργειακές συνθήκες λειτουργίας** των παραγωγικών εγκαταστάσεων και των κτιριακών χώρων, όπως οι μέσες τιμές και η διακύμανση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, των πιέσεων, της ταχύτητας των ρευστών και του φωτισμού. Εδώ επίσης περιλαμβάνεται και η μέτρηση των ωρών λειτουργίας και της συχνότητας διακοπής.

δ) **Ροές πρώτων υλών**, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων όταν τα μεγέθη αυτά συσχετίζονται ευθέως με τις ενεργειακές ροές. Εδώ περιλαμβάνονται οι μετρήσεις βάρους, του αριθμού των παραγόμενων τεμαχίων και της σύστασης υλικών.

ε) **Μετρήσεις λειτουργίας και συντήρησης**, ειδικότερα για περιπτώσεις όπου η προληπτική συντήρηση συνδέεται ευθέως με την κατανάλωση ενέργειας. Εδώ περιλαμβάνονται οι μετρήσεις για το χρόνο διαθεσιμότητας ή μη των εγκαταστάσεων, καθώς και οι έλεγχοι καλής λειτουργίας και αξιοπιστίας των ατμοπαγίδων, των οργάνων μέτρησης, των καταγραφικών οργάνων, των ακροφυσίων (μπεκ) καυστήρα και της

λίπανσης των κινητήρων. Επίσης, περιλαμβάνονται και οι οπτικοί και ακουστικοί έλεγχοι διαρροών.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να επικεντρωθούν στον εξοπλισμό και τα συστήματα για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδοτικότητά τους.

Σε αυτό το στάδιο μέσω των σωστών μετρήσεων καταγράφονται πλήρως οι καταναλισκόμενες ποσότητες κάθε μορφής ενέργειας και το σημείο κατανάλωσής τους. Έπειτα διαμορφώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο, το οποίο αποτυπώνει τις εισροές και εκροές ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου.

➤ **Βήμα 4^ο: Ανάλυση και Επεξεργασία στοιχείων.**

Στο αμέσως επόμενο στάδιο ακολουθεί η επεξεργασία των ενεργειακών στοιχείων που συγκεντρώθηκαν. Αρχικά, ταξινομούνται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να φαίνεται η διαχρονική πορεία του κόστους ανάλογα με την ποσότητα της καταναλισκόμενης ενέργειας. Το χρονολογικό διάγραμμα κατανάλωσης ενέργειας από μία μονάδα ή συγκρότημα παριστάνει γραφικά την ισχύ μιας μορφής ενέργειας ως συνάρτηση του χρόνου, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τέτοια διαγράμματα είναι:

- Διάγραμμα ετήσιας κατανάλωσης και κόστους καυσίμου ή κόστους ηλεκτρικής ενέργειας την τελευταία 5ετία.
- Διάγραμμα ετήσιας ειδικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας την τελευταία 5ετία (σε kWh/m² ή σε kWh/άτομο ή kWh/προϊόν).
- Διάγραμμα της μηνιαίας διακύμανσης της κατανάλωσης καυσίμου ή ηλεκτρικής ενέργειας το τελευταίο χρόνο.
- Διάγραμμα της μηνιαίας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου το τελευταίο χρόνο.
- Διάγραμμα της μηνιαίας κατανάλωσης καυσίμου και βαθμοημερών θέρμανσης τον τελευταίο χρόνο.
- Διάγραμμα κατανομής των ετήσιων λειτουργικών δαπανών του κτιρίου.

Τα διαγράμματα αυτά κατασκευάζονται με βάση τα στοιχεία που καταγράφονται από τους μετρητές παροχής, παρέχουν άμεση πληροφόρηση και επιτρέπουν πρώτες εκτιμήσεις για τον τρόπο και τους κύριους τομείς χρήσης της ενέργειας σε ωριαία, ημερήσια και

εποχιακή βάση. Όλες οι καταναλισκόμενες ποσότητες ενέργειας εκφράζονται με βάση τις φυσικές μονάδες μέτρησής τους (π.χ. kg, lt, m³, kWh).

Στη συνοπτική επιθεώρηση τα διαγράμματα περιορίζονται σε επίπεδο των βασικών λειτουργικών μονάδων ενός συγκροτήματος όπως, οι κύριες βιομηχανικές μονάδες και τα μεγάλα κτίρια. Επίσης καλύπτουν τις βασικές διεργασίες στο συγκρότημα από πλευράς τελικής χρήσης της ενέργειας. Αντίθετα στην εκτενή επιθεώρηση τα διαγράμματα καταρτίζονται σε όλες τις ενεργοβόρες παραγωγικές διεργασίες και κτιριακές εγκαταστάσεις. Η κατανάλωση κάθε μορφής ενέργειας αναλύεται σε επιμέρους καταναλώσεις που αφορούν κύριες και βοηθητικές συσκευές και εγκαταστάσεις, καθώς και επιμέρους κτιριακούς χώρους.

Σε αυτό το στάδιο είναι σημαντικό να γίνεται αναφορά στις ειδικές καταναλώσεις καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας ή αλλιώς στους ενεργειακούς δείκτες κτιρίου. Για παράδειγμα μπορούν να υπολογιστούν: kWh ανά m² ή m² πωφέλιμου χώρου, kWh ανά μονάδα προϊόντος, παρεχόμενης υπηρεσίας ή εξοπλισμού υποστήριξής της και βέβαια kWh ανά άτομο.

Σύμφωνα με την οδηγία του 2002/91/EK και την έκδοση πιστοποιητικού Δ.Ε.Τ.Α. γίνεται σύγκριση μεταξύ των ενεργειακών δεικτών που υπολογίστηκαν και εκείνων παρόμοιων κτιρίων πρότυπης κατασκευής (κτίριο αναφοράς) και ορθολογικής χρήσης ενέργειας, όπως αυτοί έχουν προκύψει από μετρήσεις ή θεωρητικούς υπολογισμούς για κτίρια διαφόρων κατηγοριών. Έτσι, κάθε εξεταζόμενο κτίριο θα συγκρίνεται με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς και ανάλογα με την απόκλιση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ των δύο κτιρίων, θα προκύπτει η **οριστική** κατάταξη του εξεταζόμενου κτιρίου.

Παρατήρηση: Εκτενέστερη αναφορά στην οδηγία 2002/91/EK γίνεται στη παράγραφο 1.6 του παρόντος κεφαλαίου.

➤ **Βήμα 5^ο: Μέτρα ενεργειακής βελτίωσης**

Το πέμπτο βήμα είναι ίσως το πιο βασικό βήμα για την ενεργειακή επιθεώρηση αφού αποτελείται από τα μέτρα που πρέπει να προτείνει ο ενεργειακός επιθεωρητής με σκοπό να γίνουν οι απαραίτητες επεμβάσεις στο κτιριακό συγκρότημα. Οι προτάσεις αυτές σκοπό έχουν όχι μόνο τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας αλλά και των εκπεμπόμενων ρύπων, πετυχαίνοντας παράλληλα και την καλύτερη λειτουργία του κτιρίου.

Ανάλογα με τις προτάσεις και τις επεμβάσεις στο κτιριακό συγκρότημα για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας οι επιθεωρήσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες που εξηγήθηκαν νωρίτερα τις επεμβάσεις νοικοκυρέματος, τις επεμβάσεις χαμηλού κόστους και τις επεμβάσεις υψηλού κόστους ή αλλιώς επεμβάσεις ανακατασκευής.

Τα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης διαχωρίζονται ακόμη με βάση το χώρο ή το σύστημα στο οποίο θα εφαρμοστούν. Πιο συγκεκριμένα χωρίζονται σε δράσεις:

- Στο κτιριακό κέλυφος
- Στα συστήματα εξαερισμού και κλιματισμού
- Στα συστήματα ψύξης
- Στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό
- Στον φωτισμό
- Στα συστήματα θερμότητας
- Σε εναλλακτικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες λόγω της νέας τεχνολογίας τους δεν εντάσσονται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες.

➤ **Βήμα 6^ο: Χρηματοοικονομική ανάλυση**

Στόχος της χρηματοοικονομικής ανάλυσης των έργων ενεργειακής βελτίωσης είναι η εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Για τη χρηματοοικονομική ανάλυση θα χρειαστούν ορισμένες γνώσεις οικονομικών όρων όπως είναι **ο χρόνος απόσβεσης ή ΧΑ, ο συντελεστής προεξόφλησης, η καθαρή παρούσα αξία ΚΠΑ και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης.**

Γενικά στις περισσότερες εφαρμογές απαιτούνται αρχικές επενδύσεις για την υλοποίηση των μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης. Οι επενδύσεις αυτές πρέπει να δικαιολογηθούν μέσω της μείωσης των λειτουργικών εξόδων, που προκύπτουν από τη μείωση του κόστους ενέργειας.

Οι βελτιώσεις των ενεργειακών συστημάτων έχουν πάντοτε μια καθυστερημένη απόδοση, επειδή τα έξοδα γίνονται στην αρχή της επέμβασης και τα οφέλη προκύπτουν αργότερα. Για να είναι ένα έργο οικονομικά αξιόπιστο θα πρέπει να εξασφαλίζει το βέλτιστο όφελος με το μικρότερο επενδυτικό κίνδυνο. Η διαδικασία αυτή αφορά τα ενεργειακά έργα με μέτριο κόστος επένδυσης και πολύ περισσότερο εκείνα με υψηλό κόστος επένδυσης.

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν τα συνήθη κριτήρια για την οριοθέτηση του έργου της επιθεώρησης και την αξιολόγηση των επιμέρους επεμβάσεων και περιλαμβάνουν:

- Ύψος απαιτούμενων κεφαλαίων για την κάλυψη των δαπανών υλοποίησης του μέτρου.
- Οικονομική απόδοση της επένδυσης. Αξιολογείται το ετήσιο όφελος ως προς τη δαπάνη υλοποίησης του μέτρου.
- Ύψος χρηματοδότησης από τρίτους. Αξιολογείται η δυνατότητα τυχόν χρηματικής υποστήριξης η οποία διατίθεται μέσω αντίστοιχων προγραμμάτων.

Εξετάζοντας ορισμένες βασικές οικονομικές έννοιες που αφορούν την οικονομική αξιολόγηση των επεμβάσεων έχουμε:

- Ως μέτρο της οικονομικής απόδοσης συνήθως λαμβάνεται ο **χρόνος απόσβεσης (ΧΑ)** ή χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Ο χρόνος απόσβεσης αποτελεί τον απλούστερο δείκτη για μια πρώτη ένδειξη οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Βοηθά τον υποψήφιο επενδυτή στην εκτίμηση του οικονομικού κινδύνου μιας επένδυσης. Ορίζεται σαν ο λόγος της αρχικής δαπάνης σε Ευρώ δια το ετήσιο όφελος σε Ευρώ/έτος.
- Στα πιο σύνθετα μέτρα της οικονομικής απόδοσης συμπεριλαμβάνεται αυτό της **καθαρής παρούσας αξίας ή ΚΠΑ** μιας επένδυσης η οποία είναι το συνολικό καθαρό όφελος της επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της.
- Επίσης, χρησιμοποιείται και ο **εσωτερικός συντελεστής απόδοσης ή ΕΣΑ** ο οποίος είναι το επιτόκιο για το οποίο τα συνολικά έσοδα από την επένδυση είναι ίσα με το αρχικό της κόστος.

Πολλά ενεργειακά έργα έχουν κύκλο ζωής μεγαλύτερο από 5 έτη και απαιτούν σημαντικά επενδυτικά κεφάλαια. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να συνυπολογιστεί η διαχρονική μείωση της αξίας τού χρήματος. Διαχρονική μείωση έχουμε γιατί τα χρήματα της επένδυσης που αποδίδονται σήμερα, αξίζουν περισσότερα από τα ίδια χρήματα που θα αποδοθούν μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, αφού τα χρήματα που αποδίδονται σήμερα μπορούσαν να επενδυθούν με καλύτερη απόδοση μέχρι τη στιγμή που θα αποδοθεί το άλλο ίσης αξίας ποσό. Η διαχρονική μείωση της αξίας τού χρήματος εκφράζεται με το

συντελεστή προεξόφλησης ΣΠ του μελλοντικού κόστους και οφέλους, που υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Sigma\P=1/(1+r)^v$$

όπου r = επιτόκιο προεξόφλησης

v = αριθμός έτους από αρχική επένδυση

Στο στάδιο αυτό εξετάζεται επίσης η πιθανότητα χρηματοδοτικής ενίσχυσης από ευρωπαϊκά προγράμματα, καθώς και η χρήση σύγχρονων χρηματοδοτικών μηχανισμών, όπως είναι η χρηματοδότηση από τρίτους κυρίως μέσω εταιρειών παροχής ενεργειακών υπηρεσιών.

➤ **Βήμα 7^ο: Διαμόρφωση προτάσεων και τελικά συμπεράσματα**

Στο στάδιο αυτό παρουσιάζονται οι τελικές προτάσεις του ενεργειακού επιθεωρητή προς τη διαχείριση της επιχειρησιακής μονάδας, η οποία είναι αρμόδια να λάβει τις αποφάσεις. Μετά και την οικονομική αξιολόγηση των δράσεων ενεργειακής βελτίωσης επιλέγονται αυτές που συμφέρουν περισσότερο. Είναι προφανές ότι αυτό δε συνεπάγεται υποχρεωτικά ότι πρόκειται για τα μέτρα εκείνα που κοστίζουν λιγότερο. Ενδέχεται μια επένδυση να είναι πολύ υψηλού κόστους αλλά τα οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας να είναι τέτοια που να την καθιστούν ιδιαίτερα συμφέρουσα.

Ακόμα σχολιάζονται τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας και εξηγείται όχι μόνο η χρησιμότητα αλλά και η αναγκαιότητά της. Επίσης εντοπίζονται και διαπιστώνονται οι προοπτικές τις οποίες έχει η επιχειρησιακή μονάδα στον ενεργειακό τομέα και των οποίων η άμεση εφαρμογή είτε συναντά αντικειμενικές δυσκολίες είτε δεν είναι απαραίτητη.

Τέλος, δε θα πρέπει να παραλείψουμε ότι **οι ενεργειακές επιθεωρήσεις σκοπεύουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας αλλά όχι εις βάρος της ποιότητας και της εργονομίας**. Οι επεμβάσεις ενεργειακής διαχείρισης δε θα πρέπει να υποβιβάζουν την ποιότητα κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα. Υποβιβασμός των επιπέδων άνεσης μπορεί επί παραδείγματι να είναι η ρύθμιση σε υψηλή θερμοκρασία ψύξης ή χαμηλότερος αριθμός αλλαγών αέρα, σε σχέση με τις συνιστώμενες τιμές, υπερβολικός θόρυβος από τον εξοπλισμό και τα συστήματα που προκαλεί δυσφορία.

1.6. ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

1.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ


Με σκοπό και στόχο την εφαρμογή του ενεργειακού και βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ε.Ε εξέδωσαν στις 16 Δεκεμβρίου του 2002 την οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με την οποία έπρεπε τα κράτημέλη να συμμορφωθούν μέχρι τον Ιανουάριο του 2006.

Η συγκεκριμένη οδηγία ουσιαστικά αποτελεί μια δέσμη μέτρων που αποσκοπούν στην ορθολογική χρήση ορυκτών καυσίμων, τα οποία περιλαμβάνουν προϊόντα πετρελαίου, φυσικό αέριο και στερεά καύσιμα. Κύρια επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η δυνατότητα να επηρεάζει την παγκόσμια αγορά ενέργειας και κατά συνέπεια την μεσομακροπρόθεσμη ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού των κρατών μελών.

Στόχος της οδηγίας 2002/91/ΕΚ είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων, θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, αερισμό, συστήματα σκίασης και ηλιακής προστασίας καθώς και οικονομικά κριτήρια που εξαρτώνται από την σχέση κόστους-οφέλους.

1.6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ

Η οδηγία περιλαμβάνει 4 βασικά στοιχεία:

-  Κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η κοινή μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ενεργειακή απόδοση και όχι πλέον μόνον την ποιότητα της μόνωσης του κτιρίου. Στην εν λόγω ολοκληρωμένη προσέγγιση θα πρέπει να συνυπολογίζονται παράγοντες όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης, οι εγκαταστάσεις φωτισμού, η θέση και ο προσανατολισμός του κτιρίου, η ανάκτηση θερμότητας κ.λπ.

- ✚ Ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια καθώς και υφιστάμενα όταν αυτά υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση. Τα ελάχιστα πρότυπα για τα κτίρια υπολογίζονται βάσει της μεθοδολογίας που περιγράφεται ανωτέρω. Τα κράτη μέλη οφείλουν να θεσπίσουν ελάχιστα πρότυπα.
- ✚ Συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια και, σε δημόσια κτίρια, τοιχοκόλληση των πιστοποιητικών και άλλων σχετικών πληροφοριών. Τα πιστοποιητικά δεν πρέπει να είναι παλαιότερα των 5 ετών.
- ✚ Επιθεώρηση των λεβήτων και των κεντρικών εγκαταστάσεων κλιματισμού στα κτίρια σε τακτά χρονικά διαστήματα και, επιπλέον, αξιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης όταν οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

Στόχοι της οδηγίας:

- ✓ Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, δηλαδή μείωση της ποσότητας ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό και παροχή ζεστού νερού χρήσης ενός κτιρίου. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή με περισσότερους δείκτες, οι οποίοι υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, τους κλιματικούς παράγοντες και τις συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.
- ✓ Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και κυρίως της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση, ψύξη, φυσικό φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ενός κτιρίου.
- ✓ Περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος.
- ✓ Χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, τα οποία δεν απαιτούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας για την παραγωγή τους και δεν εκπέμπουν τοξικές ουσίες στον κύκλο ζωής τους.
- ✓ Σύγκλιση των κτιριακών προτύπων προς αυτά των κρατών μελών, που έχουν ήδη υψηλότερα επίπεδα απαιτήσεων.

1.6.3 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ

Η οδηγία αφορά τον τομέα της κατοικίας και τον τριτογενή τομέα (γραφεία, δημόσια κτίρια κ.λπ.). Ωστόσο, ορισμένα κτίρια εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής των διατάξεων

σχετικά με την πιστοποίηση, παραδείγματος χάρη τα ιστορικά κτίρια, ορισμένα βιομηχανικά κτίρια κ.λπ. Αφορά όλες τις πλευρές της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ώστε να διαμορφωθεί μια πραγματικά ολοκληρωμένη προσέγγιση.

Η οδηγία δεν προβλέπει μέτρα σχετικά με το μη μόνιμα εγκατεστημένο εξοπλισμό, όπως είναι οι οικιακές συσκευές. Μέτρα όπως η επισήμανση και η υποχρεωτική ελάχιστη απόδοση έχουν ήδη εφαρμοσθεί ή προβλέπονται στο σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση. Εξετάζοντας αναλυτικότερα την οδηγία, αυτή έχει υποχρεωτική εφαρμογή:

- ✚ Στην ανέγερση νέων κτιρίων κατοικίας, προσωρινής διαμονής, συνάθροισης κοινού, εκπαίδευσης, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας, σωφρονισμού, εμπορίου, γραφείων, βιοτεχνιών και βιομηχανιών.
- ✚ Στην επέκταση κτιρίων.
- ✚ Στην ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων, αποκατάσταση όψεων, αλλαγή χρήσης και αναβάθμιση εγκαταστάσεων.
- ✚ Στην εφαρμογή επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης υφιστάμενων κτιρίων.

Εξαιρούνται της υποχρεωτικής εφαρμογής τα ακόλουθα είδη κτιρίων:

- ❖ Ανοιχτά κτίρια, δηλαδή κτίρια αποτελούμενα κατά μεγάλο ποσοστό από ημιυπαίθριους χώρους και κτίρια στα οποία δεν προβλέπεται μόνιμη ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση θέρμανσης ή ψύξης (θερινές εξοχικές κατοικίες, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης, αγροτικοί οικισμοί).
- ❖ Θρησκευτικά κτίρια.
- ❖ Κτίρια χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα για τα οποία η εφαρμογή της οδηγίας θα επέφερε αλλοίωση της φυσιογνωμίας τους.
- ❖ Νέες μικρές κατοικίες με ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη των 50m².
- ❖ Προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια με εμβαδόν προσθήκης μικρότερο των 30m².
- ❖ Κτίρια βιοτεχνιών ή βιομηχανιών που θερμαίνονται ή ψύχονται αποκλειστικά μέσω δικτύων των παραγωγικών τους διαδικασιών.
- ❖ Κτίρια εξειδικευμένης χρήσης τα οποία υπόκεινται σε ειδικές προδιαγραφές που επιβάλλονται από ειδική νομοθεσία, όπως χειρουργεία, χώροι μνημείων, νοσοκομεία και ειδικοί χώροι συνάθροισης.

1.6.4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ

Η οδηγία του 2002/91/ΕΚ θεσπίζει τις παρακάτω απαιτήσεις από τα κράτη τις Ε.Ε. η οποία θα έπρεπε ήδη από τον Ιανουάριο του 2006 να έχει εναρμονιστεί με το εθνικό μας δίκαιο.

- **Ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.** Η μέθοδος αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ακόλουθους παράγοντες:
 - Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (κέλυφος, εσωτερικούς χώρους κλπ.) τα οποία μπορούν να συμπεριλαμβάνουν και την αεροστεγανότητα.
 - Την εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας ζεστού νερού χρήσης, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων.
 - Την εγκατάσταση κλιματισμού.
 - Τον αερισμό.
 - Την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά την κατοικία).
 - Τη θέση και προσανατολισμό των κτιρίων.
 - Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία

Στον υπολογισμό αυτό θα πρέπει να συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση τεσσάρων παραγόντων:

- Ενεργών ηλιακών συστημάτων, άλλων συστημάτων θέρμανσης και ηλεκτρικών συστημάτων βασιζόμενων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
 - Ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΠΗΘ).
 - Συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου.
 - Συστημάτων φωτισμού.
- **Εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση νέων κτιρίων.**

Ειδικά για τα νέα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1000 m², μελετάται η σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων, όπως είναι τα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες

πηγές, οι αντλίες θερμότητας, τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και τα συστήματα θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου.

- **Εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφισταμένων κτιρίων (άνω των 1000 m²), στα οποία γίνεται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας (άνω του 25%).**

- **Τακτική επιθεώρηση λεβήτων.**
 - Ετήσια σε λέβητες ονομαστικής ισχύος 20100 kW.
 - Ανά διετία σε λέβητες ονομαστικής ισχύος άνω των 100 kW.
 - Οι λέβητες φυσικού αερίου μπορούν να επιθεωρούνται ανά τετραετία.
 - Γενική επιθεώρηση της εγκατάστασης και συστάσεις για μετατροπές σε λέβητες παλαιότητας μεγαλύτερης των 15 ετών.

- **Τακτική επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού.** Ετήσια σε συστήματα ονομαστικής ισχύος άνω των 12 kW.

- **Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων.**

1.6.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η οδηγία επιβάλλει την έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού για όλα τα νέα και υφιστάμενα κτίρια, εκτός περιορισμένων εξαιρέσεων. Στα μεγάλα κτίρια η ανάρτηση του πιστοποιητικού σε δημόσιο χώρο είναι δεσμευτική.

Το πιστοποιητικό αυτό ονομάζεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (ΠΕΑΚ), θεωρείται απαραίτητο και αναπόσπαστο στοιχείο της οικοδομικής άδειας κάθε κτιρίου και χωρίς αυτό είναι αδύνατη η ολοκλήρωση οποιασδήποτε δικαιοπραξίας (πώληση, ενοικίαση, μεταβίβαση κλπ.), που αφορά στο κτίριο. Είναι προφανές ότι η υποχρεωτική

έκδοση του ΠΕΑΚ αναμένεται να επηρεάσει τις τιμές στην αγορά ακινήτων και να συμβάλλει στην καλλιέργεια ενεργειακής συνείδησης.

Το ΠΕΑΚ θα συμπληρώνεται από το Μελετητή Μηχανικό μετά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και θα υποβάλλεται μαζί με το φάκελο αδείας στην Πολεοδομία. Ένα χρόνο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής θα γίνεται η ενεργειακή πιστοποίηση του κτιρίου και η οριστική κατάταξή του στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης. Η ενεργειακή πιστοποίηση θα γίνεται με την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου από ειδικευμένο επιστήμονα, που θα έχει τον τίτλο του Ενεργειακού Επιθεωρητή. Για τα υφιστάμενα κτίρια θα οριστεί μία περίοδος μερικών ετών για να ελεγχθούν.

Συνοψίζοντας, το ΠΕΑΚ, όπως φαίνεται στα σχήματα 1.2 και 1.3, θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ✓ Έχει ισχύ 10 ετών.
- ✓ Περιλαμβάνει συστάσεις για τη βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με το κόστος.
- ✓ Τοποθετείται σε ευδιάκριτη θέση σε μεγάλα δημόσια κτίρια.
- ✓ Επιτρέπει στους καταναλωτές να αξιολογήσουν την ενεργειακή επιθεώρηση.
- ✓ Σε όλες τις περιπτώσεις ενεργειακής επιθεώρησης το ΠΕΑΚ εκδίδεται από κατάλληλο προσωπικό.

Κομβικό σημείο της μεθοδολογίας πιστοποίησης αποτελεί η έννοια του κτιρίου αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς είναι ένα κτίριο ίδιων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ίδιου προσανατολισμού και ίδιας κλιματικής ζώνης με το εξεταζόμενο, το οποίο πληροί όλες τις υποχρεωτικές και πρότυπες απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό. Το άθροισμα των επί μέρους ενεργειακών καταναλώσεων δίνει τη συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε $[kWh/m^2]$. Έτσι, κάθε εξεταζόμενο κτίριο θα συγκρίνεται με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς και ανάλογα με την απόκλιση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ των δύο κτιρίων, θα προκύπτει η οριστική κατάταξη του εξεταζόμενου κτιρίου.

Αρ. Πρωτ.:		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ: Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) ----- Κλιματική Ζώνη: Διεύθυνση: ----- Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:	(Φωτογραφία κτιρίου)
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς)	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)]
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	A+ ≤ 0,33·RR	
	0,33·RR < A ≤ 0,5·RR	
	0,5·RR < B+ ≤ 0,75·RR	
	0,75·RR < B ≤ 1,0·RR	←
	1,0·RR < Γ ≤ 1,41·RR	
	1,41·RR < Δ ≤ 1,82·RR	
1,82·RR < E ≤ 2,27·RR		
2,27·RR < Z ≤ 2,73·RR		
2,73·RR ≤ H		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)]:	B	
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]:		
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]:		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]:		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]: με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]:		

Σχήμα 1.2 Δείγμα ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης
 (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής)

Αρ. Πρωτ.:						
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς						
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)	
Ηλεκτρική		Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
		Αερισμός	<input type="checkbox"/>	Φωτισμός	<input type="checkbox"/>	
		Συσκευές	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/>	
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
		Συσκευές	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/>	
	Βιομάζα	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
	Γεωθερμία	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση	<input type="checkbox"/>	Ψύξη	<input type="checkbox"/>	
	Συσκευές	<input type="checkbox"/>	ZNX	<input type="checkbox"/>	Φωτισμός	<input type="checkbox"/>
Σύνολο						
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)] ανά χρήση με βάση τους υπολογισμούς:						
Θέρμανση						
Ψύξη						
Αερισμός						
Φωτισμός						
Συσκευές						
Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)						
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
1.						
2.						
3.						
Αριθμός σύστασης	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας*		Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m ² ·έτος)]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)	
		(kWh/m ² ·έτος)	(%)			
1						
2						
3						
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.						
Ημερομηνία έκδοσης Πιστοποιητικού:						
Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή:						
Α.Μ. Επιθεωρητή:						
Υπογραφή:			Σφραγίδα:			

Σχήμα 1.3 Δείγμα ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (συνέχεια)
(Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής)

1.6.6 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έπρεπε να είχε μεταφερθεί στην Ελληνική νομοθεσία πριν την 4η/1/2006. Η Ελλάδα κάνοντας χρήση της 2ης παραγράφου του άρθρου 15 της Οδηγίας ζήτησε πρόσθετη περίοδο 36 μηνών για την εφαρμογή της, μέχρι την 4η/1/2009.

Το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ολοκλήρωσαν από το 2002 τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) για τα κτίρια, ο οποίος περιελάμβανε τις απαιτήσεις της Οδηγίας, με σκοπό να αντικαταστήσει από το 2006 τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων του 1979, που ισχύει μέχρι σήμερα. Επίσης το 2005 το ΥΠ.ΑΝ συστήνει επιτροπή με εκπροσώπους από ΥΠ.ΑΝ, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΤΕΕ, ΕΛΟΤ και ΚΑΠΕ με σκοπό την αξιοποίηση του ΚΟΧΕΕ, ενώ από το 2000 είχαμε τον εκσυγχρονισμό του Γ.Ο.Κ. (Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός)

Την 19^η Μαΐου του 2008 κατατέθηκε στην Ελληνική Βουλή το Σχέδιο Νόμου (Ν. 3661/2008) Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων». Μεταξύ άλλων, ο νόμος προβλέπει:

- Κατάρτιση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων, ο οποίος θα καθορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια, καθώς και για παλιά με επιφάνεια μεγαλύτερη των 1.000 τ.μ., στις περιπτώσεις που υφίστανται ριζική ανακαίνιση και το κόστος της υπερβαίνει το 25% της αξίας του κτιρίου.
- Έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια που έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη των 50 τ.μ. με ισχύ δέκα ετών.
- Υποβολή στην αρμόδια πολεοδομική αρχή μελέτης πριν από την κατασκευή για τη σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών πηγών ενέργειας σε νέα κτίρια που έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη των 1.000 τ.μ.
- Δημιουργία σώματος επιθεωρητών ενεργειακής απόδοσης, οι οποίοι θα εκδίδουν τα σχετικά πιστοποιητικά.
- Διεξαγωγή τακτικών επιθεωρήσεων στους λέβητες και στις εγκαταστάσεις κλιματισμού των κτιρίων, προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και να περιορισθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- Επιβολή προστίμων στην περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Έτσι με τη προαναφερθείσα Ευρωπαϊκή οδηγία και το Ν. 3661/2008, για πρώτη φορά γίνεται θεσμική προσπάθεια για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σύμφωνα με το νέο νόμο σε χρονικό διάστημα 6 μηνών θα εγκριθεί κανονισμός που θα καθορίζει τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που θα περιλαμβάνει:

- ✓ Την εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού
- ✓ Το φωτισμό και τον εξαερισμό
- ✓ Τα παθητικά ηλιακά συστήματα
- ✓ Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και διάφορα άλλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- ✓ Συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού
- ✓ Συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης

Στις 17 Ιουνίου 2008 πάρθηκε και η ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθμ.Δ6/Β/14826 από την Ελληνική Βουλή «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα». Η απόφαση αυτή με τη σειρά της προβλέπει:

- ✚ Σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου
- ✚ Μείωση άεργου ισχύος ηλεκτρικών καταναλώσεων
- ✚ Προληπτική συντήρηση κλιματιστικών εγκαταστάσεων
- ✚ Ρύθμιση θερμοκρασίας χώρων
- ✚ Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού
- ✚ Εγκατάσταση διατάξεων αυτοματισμού
- ✚ Ενεργειακή Σήμανση (συσκευές)
- ✚ Πρόσθετα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας όπως είναι:
 - Ψυχρές Βαφές
 - Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής
 - Νυχτερινός αερισμός
 - Σκίαση του κτιρίου
 - Φύτευση δωματίων

1.6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η οδηγία του 2002/91/ΕΚ αποτελεί το αποτέλεσμα μιας οργανωμένης προσπάθειας της Ε.Ε. που έχει αρχίσει από τα τέλη της δεκαετίας του '80 με σκοπό τόσο την προστασία του περιβάλλοντος όσο και τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Η δυσκολία όμως έγκειται στο κατά πόσο θα μπορέσει να εναρμονιστεί κάθε κράτος και να εφαρμόσει τις βασικές της απαιτήσεις.

Στη χώρα μας έπρεπε να είχε γίνει μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 πλήρη εναρμόνιση της οδηγίας με το Εθνικό μας δίκαιο αλλά έπειτα από παράταση 36 μηνών που ζήτησε η Ελλάδα, μόλις τον Απρίλιο του 2008 άρχισαν οι πρώτες διεργασίες. Δυστυχώς η Ελλάδα δεν έδωσε τη δέουσα σημασία στη σπουδαιότητα της οδηγίας αυτής και μόνο μετά από πιέσεις της Ε.Ε. πάρθηκαν οι απαραίτητες αποφάσεις. Ενδεικτικό είναι ότι χώρες που μπήκαν πρόσφατα στην Ε.Ε., όπως π.χ. η Κύπρος, έχουν ήδη εναρμονιστεί νομοθετικά με την οδηγία.

Η οδηγία του 2002 μαζί με αυτήν του 2006 αποτελούν ένα εφαλτήριο για την προστασία του πλανήτη από τις εκπομπές CO₂ και την αλόγιστη σπατάλη ενέργειας ενώ παράλληλα συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη και κυρίως στην ενεργειακή ασφάλεια των χωρών της Ένωσης.

1.7. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, βασικός παράγοντας στην ορθή και ολοκληρωμένη ενεργειακή επιθεώρηση είναι οι μετρήσεις για την εκτίμηση ενεργειακών παραμέτρων. Ενεργειακές μετρήσεις ονομάζονται οι διαδικασίες εκείνες, που επιτρέπουν των προσδιορισμό των παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με τη χρήση της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την εκτίμηση και τη μέτρηση των ζητούμενων παραμέτρων, απαιτούνται ακριβή και πλήρη δεδομένα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην πράξη, διαπιστώνεται ότι σπανίως είναι διαθέσιμα τέτοια στοιχεία. Επίσης, πολλές φορές τα διαθέσιμα μετρητικά όργανα δεν έχουν υποστεί τις προβλεπόμενες διαδικασίες συντήρησης και βαθμονόμησης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν χαμηλό βαθμό αξιοπιστίας. Ο επιθεωρητής διερευνά το καθεστώς λειτουργίας και συντήρησης των εγκατεστημένων οργάνων και προβαίνει σε εκτιμήσεις για το πιθανό μετρητικό τους σφάλμα.

Με βάση τις απαιτήσεις και τα κριτήρια της επιθεώρησης, ο επιθεωρητής καταστρώνει ένα πρόγραμμα μετρήσεων, αξιοποιώντας τόσο τα εγκατεστημένα μετρητικά όργανα όσο και φορητά. Το πρόγραμμα των μετρήσεων καταστρώνεται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης και, επομένως, είναι κατά κανόνα σύντομης διάρκειας. Για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις της επιθεώρησης γίνονται σε στιγμιαία και όχι σε εποχιακή ή ετήσια βάση.

Στην πραγματικότητα οι μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης αφορούν την ισχύ και όχι την ενέργεια αυτή καθαυτή. Η ισχύς ορίζεται ως η ενέργεια στη μονάδα του χρόνου και αποτελεί ένα στιγμιαίο μέγεθος, η μέτρηση του οποίου διαρκεί από μερικά δευτερόλεπτα έως λίγα λεπτά.

Κατά τη μέτρηση της ισχύος ο επιθεωρητής θα πρέπει να βεβαιώνεται ότι το σύστημα βρίσκεται σε μία κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας, η οποία πιστοποιείται από τη σταθερότητα των ενδείξεων των μετρητών. Συνεπώς, οι μετρήσεις με τα φορητά όργανα κατά τη διάρκεια της αυτοψίας δε δύναται ευθέως να δώσουν πλήρη εικόνα για τη μηνιαία ή ετήσια κατανάλωση ενέργειας μιας και δε μετράται ευθέως ο χρόνος.

Αντίθετα, με τις μετρήσεις αυτές διαπιστώνεται ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών εγκαταστάσεων και παρέχονται στοιχεία για την ανάπτυξη του προτύπου της κατανάλωσης αναφοράς. Επίσης ελέγχεται η ακρίβεια των εγκατεστημένων οργάνων μέτρησης.

Οι πλέον συνήθεις μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα μεγέθη:

- **Ηλεκτρικές μετρήσεις** (τάση, ένταση, ισχύς και συντελεστής ισχύος).
- **Παροχές υγρών ή αερίων καυσίμων.**
- **Θερμοκρασίες ρευστών και στερεών επιφανειών.**
- **Πιέσεις ρευστών σε σωλήνες,** κάμινους ή δοχεία (συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων κενού).
- **Συστάσεις και εκπομπές καυσαερίων** (CO₂, CO, O₂, καπνός).
- **Σχετική υγρασία.**
- **Εντάσεις φωτισμού.**

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές είναι αναγκαία η διαδικασία της «ενεργειακής παρακολούθησης» που απαιτεί τη συνεχή ή τακτική καταμέτρηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πριν και, κυρίως, μετά την εφαρμογή επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος και στις ενεργειακές εγκαταστάσεις. Συνεπώς, αποτελεί το μέσο εκτίμησης της αποδοτικότητας των τυχόν επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω της σύγκρισης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίουμονάδας πριν και μετά την εφαρμογή τους.

➤ **Ηλεκτρικές μετρήσεις**

Τα πιο συνηθισμένα όργανα για μετρήσεις ηλεκτρικών παραμέτρων είναι:
Αμπερόμετρο: Μετρά το ρεύμα συσκευών και κινητήρων.

Βολτόμετρο: Μετρά την τάση ή την πτώση τάσης στο δίκτυο ή ηλεκτρικά κυκλώματα.

Βατόμετρο: Μετρά τη στιγμιαία ζήτηση ισχύος σε κινητήρες συσκευές ή την απόδοση ισχύος από τις ηλεκτρογεννήτριες.

Μετρητής συνφ: Μετρά το συντελεστή ισχύος ή ελέγχει τα συστήματα διόρθωσης.

Πολύμετρο: Μετρά όλα τα ανωτέρω.

Όλα τα ανωτέρω όργανα είναι συνήθως φορητά. Τοποθετούνται με δαγκάνες πάνω στα καλώδια και δύναται να διαθέτουν καταγραφικό. Μετρήσεις καταναλώσεων ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας θα πρέπει να γίνεται σε όλα τα ενεργοβόρα τμήματα και εγκαταστάσεις. Δεδομένου ότι οι μετρητές αυτοί είναι φθινοί, θα πρέπει να εξετάζεται η εγκατάσταση μονίμων μετρητών στις ανωτέρω περιπτώσεις. Κατά τη μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών θα πρέπει να γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ της συνολικής ισχύος (μετρούμενη σε kVA) και

της ενεργούς ισχύος (συνήθως μετρούμενη σε kW) καθώς και του συντελεστού ισχύος (συνφ).

Εκτός από τα απλά, φορητά όργανα για διάφορες μετρήσεις υπάρχουν και όργανα που στηρίζονται στην **αρχή της ψηφιακής δειγματοληψίας** και επομένως δύναται να υποκατασταθούν από **μετρητικές διατάξεις βάσει υπολογιστή**. Αυτά τα όργανα είναι ιδιαίτερος χρήσιμα στις περιπτώσεις όπου έχουμε μεγάλη βάση δεδομένων και χρειάζεται σύγκριση των αποτελεσμάτων πριν και μετά τις επεμβάσεις εξοικονόμησης.

Όσον αφορά τις ηλεκτρικές μετρήσεις, τα ηλεκτρικά μεγέθη μπορούν να διεξαχθούν με τη χρήση ενός σύνθετου οργάνου, **του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος**. Εφόσον επιτευχθεί η σωστή συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος στον ηλεκτρικό πίνακα, οι μετρήσεις διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου. Αυτές περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο της τάσης, έντασης, φαινόμενης, άεργου και ενεργού ισχύος, του συντελεστή ισχύος (συνφ) και της ενέργειας. Οι στιγμιαίες μετρήσεις ανανεώνονται κάθε 20 δευτερόλεπτα. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη για μεγάλο χρονικό διάστημα.

➤ **Θερμικές μετρήσεις**

Οι μετρητές θερμοκρασίας βάσει υπολογιστή βρίσκονται πλέον στις προθήκες των εμπορικών καταστημάτων. Οι συνήθεις τεχνολογίες μέτρησης της θερμοκρασίας περιλαμβάνουν:

α) **Θερμοκρασιακούς Ανιχνευτές Αντιστάσεως** (Resistance Thermometer Detectors RTD). Από τα πλέον εξελιγμένα τεχνολογικά όργανα. Διαθέτουν εσωτερικά σήματα βαθμονόμησης και μηδενισμού. Είναι μεγάλης ακρίβειας και βρίσκουν χρήση στις περιπτώσεις μονίμων μετρητών.

β) **Θερμοστοιχεία**. Αποτελούν την πλέον συνήθη τεχνολογία και είναι σχετικά χαμηλού τιμήματος. Καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από μερικούς βαθμούς έως και 1000° C και είναι κατάλληλα ως φορητά όργανα. Χρειάζονται τακτική βαθμονόμηση με ειδικά όργανα. Το κύριό τους μειονέκτημα είναι ότι έχουν ασθενές σήμα το οποίο είναι ευάλωτο στον βιομηχανικό θόρυβο.

γ) **Θερμοκρασιακούς αισθητήρες ημιαγωγών (Thermistors)**. Χρησιμοποιούνται ως μόνιμοι μετρητές χαμηλού τιμήματος. Εμφανίζουν ισχυρό, γραμμικό με τη θερμοκρασία σήμα και έχουν δυνατότητα αυτόματου μηδενισμού.

δ) **Πυρόμετρα ακτινοβολίας.** Μετρούν εξ αποστάσεως την θερμοκρασία μέσω ανίχνευσης των θερμικών ακτινοβολιών των σωμάτων. Ανιχνεύουν ιδιαίτερα θερμά σημεία και εντοπίζουν προβλήματα της μόνωσης. Είναι φορητά και εύκολα στη χρήση. Έχουν περιορισμένη ακρίβεια και απαιτούν τη γνώση του συντελεστή θερμοεκπομπής.

Τα κλασικά απλά θερμόμετρα πλήρωσης (π.χ. θερμόμετρα υδραργύρου) έχουν καλή σχετικά ακρίβεια και μπορούν να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτούνται μεμονωμένες μετρήσεις. Αξίζει να γίνει αναφορά στη **θερμογραφική κάμερα** και τη σχετική με αυτή μεθοδολογία μετρήσεων, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην διαδικασία της επιθεώρησης.

Η θερμοφωτογράφιση ή θερμοδιάγνωση χρησιμοποιείται κλασικά ως μέθοδος για τον εντοπισμό των σημείων θερμικής απώλειας στα κτίρια. Οι θερμικές απώλειες στα κτίρια μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- απώλειες από το περίβλημα του κτιρίου,
- απώλειες από ανοίγματα που προκαλούν αερισμό,
- απώλειες από αποθήκες και δίκτυα μεταφοράς ρευστών (νερού, αέρα, ατμού)

Η αρχή της θερμογραφίας στηρίζεται στο γεγονός ότι κάθε σώμα, λόγω της θερμοκρασίας του, εκπέμπει θερμική (υπέρυθρη) ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από τη θερμοκρασία του σώματος και από το συντελεστή εκπεμπτικότητας της επιφάνειάς του. Η θερμογραφική κάμερα διαθέτει υπέρυθρο ανιχνευτή, ο οποίος μετατρέπει τη θερμική ακτινοβολία σε διαφορά δυναμικού και, στη συνέχεια, μέσω κατάλληλου λογισμικού, σε εικόνα χρώματος αντίστοιχου της ακτινοβολίας.

➤ **Μετρήσεις παροχής υγρών και αέριων.**

Για την εκτίμηση της ροής θερμότητας μέσω κάποιου ρευστού, απαιτείται συνήθως η μέτρηση της παροχής (μάζας ή όγκου). Τυπικές μετρήσεις περιλαμβάνουν μετρήσεις παροχής υγρών και αέριων καυσίμων, ατμού και θερμού/ψυχρού νερού ή αέρα.

Σε συνδυασμό με μέτρηση της διαφοράς θερμοκρασίας, η μέτρηση της παροχής επιτρέπει την θερμιδομέτρηση ρευμάτων και ροών ενέργειας. Η επιλογή του μετρητή για τις μετρήσεις παροχής πρέπει να γίνεται προσεκτικά με βάση το είδος του ρευστού, τις

προσμίξεις και τις διαβρωτικές ουσίες, το εύρος διακύμανσης των ταχυτήτων και τα διαθέσιμα κονδύλια. Οι αισθητήρες παροχής δύνανται να καταταχθούν ως ακολούθως:

α) **Μετρητές διαφορικής πίεσης** (τύπου διάτρητου διαφράγματος, σωλήνα Venturi ή σωλήνα Pilot)

β) **Παρεμβαλλόμενοι μετρητές** (τύπου μεταβλητής διατομής, θετικής μετατόπισης, στροβίλου ή δινομετρητή)

γ) **Μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές** (τύπου υπερήχων, μαγνητικού μετρητή)

δ) **Μετρητές μάζας** (τύπου μετρητές μάζας Coriolis ή στροφορμής).

➤ **Μετρήσεις υγρασίας του αέρα**

Οι μετρήσεις υγρασίας γίνονται κατά κανόνα με θερμόμετρα ξηρού και υγρού βολβού, είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και απαιτούν προσοχή κατά την προετοιμασία. Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί ηλεκτρονικοί μετρητές οι οποίοι έχουν μεν ταχεία απόκριση, περιορίζονται δε σε θερμοκρασίες μέχρι 60° C. Πιο συγκεκριμένα, σήμερα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα όργανα:

α. Ψυχρόμετρο

Το ψυχρόμετρο ή θερμόμετρο ξηρού και υγρού βολβού, είναι το πιο συνηθισμένο όργανο που χρησιμοποιείται για αυτές τις μετρήσεις και αποτελείται από δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, εκ των οποίων ο ένας έχει βαμβακερή επένδυση που έχει υγρανθεί με αποστειρωμένο νερό. Ο αισθητήρας αυτός καταγράφει μία θερμοκρασία πλησίον της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας υγρού βολβού. Γνωρίζοντας τις θερμοκρασίες του υγρού και ξηρού βολβού και τη βαρομετρική πίεση, μπορεί να καθοριστεί η σχετική υγρασία. Τα ψυχρόμετρα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι κάτω από 0o C. Χρειάζονται συχνό καθάρισμα και αντικατάσταση της βαμβακερής επένδυσης.

β. Κυψέλη χλωριούχου λιθίου

Η κυψέλη χλωριούχου λιθίου αποτελεί μια λύση εναλλακτική του ψυχρόμετρου. Είναι ένα απλό και σχετικά φθινό όργανο, με όρια λειτουργίας από 29 έως 70o C. Ταχύτητες αέρα πάνω από 10 m/s μπορεί να μετατοπίσουν τη βαθμονόμηση, παρόλο που η έκθεση σε υψηλό βαθμό υγρασίας με ταυτόχρονη απώλεια της ισχύος, π.χ. εξαιτίας πτώσης της τάσης, μπορεί να διαλύσει τα άλατα και να καταστήσει αναγκαία την αναμόρφωση του οργάνου.

γ. Υγρασιόμετρο με αισθητήρα ρητίνης εναλλαγής ιόντων

Είναι ένα άλλο σχετικά φθηνό υγρασιόμετρο. Ο τύπος αισθητήρα που περιέχει, εξαιτίας της γρήγορης απόκρισής του και της δυνατότητας διαρκούς μέτρησης, βρίσκεται συχνά σε υγρόμετρα για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας των σχετικά συνεχών ρευμάτων θερμοκρασίας αέρα. Ο αισθητήρας περιορίζεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 75ο C και είναι πολύ ευαίσθητος σε οργανικούς διαλύτες (π.χ. ατμό λαδιού) και τα συγκολλητικά πολυστερίνης.

δ. Ψηφιακό Υγρασιόμετρο

Το φορητό ψηφιακό μηχάνημα μέτρησης της υγρασίας δείχνει την υγρασία χώρων και την υγρασία που περιέχεται σε μεγάλη ποικιλία δομικών υλικών, όπως τούβλα, ξυλεία, επίχρισμα, άμμος κ.ά. Το μηχάνημα δε δίνει το ποσοστό υγρασίας που περιέχεται στα υλικά, αλλά μια ένδειξη του βαθμού ή του επιπέδου υγρασίας στο υλικό. Αποτελείται από την κυρίως συσκευή και το αισθητήριο της υγρασίας. Η χρήση του είναι απλή και όμοια με αυτή των ηλεκτρονικών θερμομέτρων.

ε. Θέρμο-υγρογράφος

Χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση και καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα. Το στοιχείο της θερμοκρασίας αποτελείται από διμεταλλική λωρίδα, κατάλληλα επεξεργασμένη, έτσι ώστε να παρέχει σταθερότητα κατά τη λειτουργία της. Η δυνατότητα μέτρησης είναι από 15 έως +65ο C για τη θερμοκρασία και από 0 έως 100% για την υγρασία.

➤ Άλλες μετρήσεις

Υπάρχουν και άλλα πολλά είδη μετρήσεων που μπορούν να γίνουν σε μια ενεργειακή επιθεώρηση. Τέτοια είναι:

- *Μετρήσεις καυσαερίων*

Αυτού του είδους οι μετρήσεις απαιτούνται για την ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης της καύσης σε λέβητες, κάμινους και καυστήρες. Περιλαμβάνουν τη μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα, του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του θείου και του αζώτου, την περιεκτικότητα σε αιθάλη και τη θερμοκρασία.

Παραδοσιακά οι μετρήσεις αυτές γίνονται με όργανα φορητά, χαμηλής αξίας. Σήμερα είναι διαθέσιμοι ηλεκτρονικοί αναλυτές καυσαερίων οι οποίοι επιτρέπουν την ταχεία μέτρηση

όλων των ανωτέρω παραμέτρων, υπολογίζοντας ταυτόχρονα και το βαθμό απόδοσης της καύσης.

- *Μέτρηση του χρόνου λειτουργίας*

Σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η συνεχής μέτρηση των ωρών λειτουργίας καθώς και των χρονικών περιόδων λειτουργίας μίας συσκευής ή εγκατάστασης. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται και η χρήση καταγραφικού. Η μέτρηση αυτή γίνεται για λόγους κυρίως προσδιορισμού της εξοικονομούμενης ενέργειας. Γι' αυτό οι μετρητές αυτοί είναι από τους πρώτους που προτείνει ο επιθεωρητής, ως μέτρο για την αναβάθμιση του υφιστάμενου μετρητικού συστήματος.

- *Οι μετρήσεις της έντασης φωτισμού,*

Οι μετρήσεις αυτές γίνονται με σκοπό τον εντοπισμό υπερβάσεων φωτισμού από τα ενδεδειγμένα όρια. Ένας μετρητής φωτεινότητας ενσωματώνει έναν αισθητήρα φωτός καθώς και μια διάταξη διόρθωσης του χρώματος και της γωνίας του φωτός. Στην καλύτερη περίπτωση, ο αισθητήρας θα πρέπει να συνδέεται μέσω εύκαμπτου καλωδίου με μία αναλογική ή ψηφιακή οθόνη. Αυτό ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο της σκίασης του αισθητήρα όταν λαμβάνονται οι ενδείξεις. Η μέτρηση πρέπει να γίνεται υπό σταθερές συνθήκες (πρέπει να επιτραπεί κάποιος χρόνος προθέρμανσης των λαμπτήρων). Θα πρέπει, επίσης, να επιβεβαιωθεί ότι ο φυσικός φωτισμός δεν επηρεάζει τη μέτρηση του ηλεκτρικού φωτός.

- *Μέτρηση συντελεστή θερμοπερατότητας,*

η οποία γίνεται με τη βοήθεια μονάδας που αποτελείται από την κυρίως συσκευή, από τα αισθητήρια θερμοκρασίας χώρου και επιφανείας και από το αισθητήριο θερμικής ροής, για τον καθορισμό της πυκνότητας θερμικής ροής q . Μια αντίσταση είναι εγκατεστημένη σε 16πολική πρίζα σύνδεσης των σημείων μέτρησης με σκοπό την παράλληλη αντιστάθμιση των σημείων. Η συσκευή υπολογίζει την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας επιλύοντας τη βασική σχέση $Q=k \cdot F \cdot \Delta T$.

- *Μετρήσεις απωλειών αερισμού,*

η ποσότητα αερισμού ενός χώρου είναι δύσκολο να υπολογιστεί αναλυτικά, γιατί εξαρτάται από την αεροπερατότητα του κελύφους, τη διάταξη των χωρισμάτων, τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, τη διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, το είδος

και την ποιότητα της κατασκευής, καθώς και από άλλες παραμέτρους. Συγκεντρωτικά τα τυπικά όργανα μετρήσεως παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1.

Εξοπλισμός	Παράμετροι μέτρησης/ Παρατηρήσεις
Ηλεκτρικός	
Βολτόμετρο	Τάση
Αμπερόμετρο	Ηλεκτρικό Ρεύμα
Ωμόμετρο	Αντίσταση
Βατόμετρο	Ισχύς (kW)
Πολύμετρο	Τάση, ηλεκτρικό ρεύμα, αντίσταση
Λουξόμετρο	Στάθμη φωτισμού σε lux
Μετρητής συντελεστή ισχύος	Συντελεστής ισχύος / υπολογισμός φαινόμενης ισχύος (kVA)
Θερμογραφικός σαρωτής/ κάμερα	Θερμοκρασία αγωγού σε °C / Εικόνα θερμοκρασίας σε υπερθερμασμένους αγωγούς (ειδικά στα σημεία σύνδεσης)
Αναλυτής ποιότητας ισχύος	Αρμονικές/ άλλες παράμετροι ηλεκτρισμού
Θερμοκρασία	
Θερμόμετρο	Θερμοκρασία ξηρού βολβού σε C
Ψυχρόμετρο	Θερμοκρασία ξηρού και υγρού βολβού σε C
Φορητό ηλεκτρονικό θερμόμετρο	
Τηλεχειριζόμενοι αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας	
Ψηφιακό θερμόμετρο	
Υγρασία	
Υγρόμετρο	Υγρασία/ θερμοκρασία υγρού βολβού
Ψηφιακό θερμόμετρο	Υγρασία/ θερμοκρασία υγρού βολβού
Πίεση και Ταχύτητα	
Μανόμετρο	Πίεση και ταχύτητα ροής αέρα
Ψηφιακό ανεμόμετρο	Πίεση και ταχύτητα ροής αέρα
Ανεμόμετρο κινητού πλαισίου	
Μετρητής πίεσης	Πίεση υγρών

Πίνακας 1.1 Τυπικός εξοπλισμός για μια ενεργειακή καταγραφή

Πολύ σημαντικό ρόλο για την αξιοποίηση των μετρήσεων παίζουν **τα σφάλματα** στα οποία μπορεί να υποπέσει ένας ενεργειακός επιθεωρητής. Δύο είναι οι τύποι των πιο συνηθισμένων σφαλμάτων που μπορούν να γίνουν:

1. Τα σφάλματα μέτρησης-εκτίμησης μίας παραμέτρου.

Κάθε αβεβαιότητα ως προς τα ποσοτικά ή ποιοτικά δεδομένα βάσει των οποίων αναπτύσσεται το πρότυπο, οδηγεί σε αβάσιμες προβλέψεις εξοικονόμησης. Σφάλματα τέτοια συμβαίνουν λόγω κακής βαθμονόμησης ορισμένων συσκευών και μη σωστής χρήσης ορισμένων συσκευών π.χ. για μια θερμογράφηση συγκροτημάτων παραγωγής θερμότητας (π.χ. λέβητες) θα πρέπει αυτά να λειτουργούν στις συνήθεις θερμοκρασίες, έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικές. Επίσης ορισμένα σφάλματα οφείλονται στην κακομεταχείριση των συσκευών και στην αλλοίωση τους.

2. Τα σφάλματα που προκύπτουν από την ίδια τη δομή του ενεργειακού προτύπου.

Τα σφάλματα αυτά προκύπτουν λόγω επιλογής μη κατάλληλης μαθηματικής συνάρτησης ή λόγω παράλειψης σημαντικών παραγόντων από τον τύπο του προτύπου. Συχνά η συνάρτηση που επιλέγεται εκφράζει μεν κάποιο φυσικό νόμο αλλά δεν περιέχει όρους οι οποίοι να περιλαμβάνουν όλους τους καθοριστικούς παράγοντες.

Καθήκον της επιθεώρησης είναι να ελαχιστοποιεί τόσο τα σφάλματα μέτρησης και εκτίμησης των παραμέτρων, όσο και εκείνα που οφείλονται σε πλημμελή διατύπωση του ενεργειακού προτύπου. Πάντως, από πλευράς σπουδαιότητας, η κύρια πηγή σφαλμάτων προέρχεται συνήθως από κακή εκτίμηση-μέτρηση των ρών ενέργειας και μάζας, καθώς και από ελλείψεις μετρήσεων ή στοιχείων για την κατάσταση των καθοριστικών παραγόντων.

1.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία μιας ενεργειακής επιθεώρησης δεν είναι ακριβής και προσδιορισμένη αλλά προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες. Το έργο της ενεργειακής επιθεώρησης αν και πολύ σημαντικό είναι αρκετά δύσκολο. Οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ένας ενεργειακός επιθεωρητής είναι πολλές και ευμετάβλητες, γι' αυτό χρειάζεται γνώσεις, εμπειρία και πολύ χρόνο ώστε να εκπονήσει μια σωστή μελέτη.

Τέλος, πρέπει να γίνει ειδική μνεία στο πλήθος των σχετικών λογισμικών που έχουν αναπτυχθεί από πολλούς φορείς της Ε.Ε., τα οποία βοηθούν τον επιθεωρητή, επιλέγοντας τα κατάλληλα μέτρα, να φτάνει απλά και γρήγορα σε χρήσιμα συμπεράσματα.

1.9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- 1) Σταμάτης Δ. Πέρδιος, « *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών* », ΤΣΕΛΚΑ4Δ Εκδοτική, Αθήνα, 2006.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- 2) Γρηγόρης Μαυρίδης, Χρήστος Μιχαηλίδης, « *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ* », Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, 2008.
- 3) Παυλίδου Α, « *Περιβαλλοντική και Οικονομική Αξιολόγηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Κτιρίου Τριτογενούς Τομέα* », Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 4) <http://www.cres.gr>
- 5) <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>
- 6) <http://www.epanr.org>
- 7) <http://www.epaed.org>
- 8) <http://www.energycon.org>

ΆΛΛΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 9) Σταμάτης Δ. Πέρδιος, « *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων ενεργειακοί επιθεωρητές* », Παρουσίαση στην ημερίδα του Ινστιτούτου Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (ΙΕΝΕ) στην Αθήνα (14/11/2008).
- 10) Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων.
- 11) Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως ΦΕΚ 89 Α', Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις, Προεδρικό Διάταγμα της 18.5.2008.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ

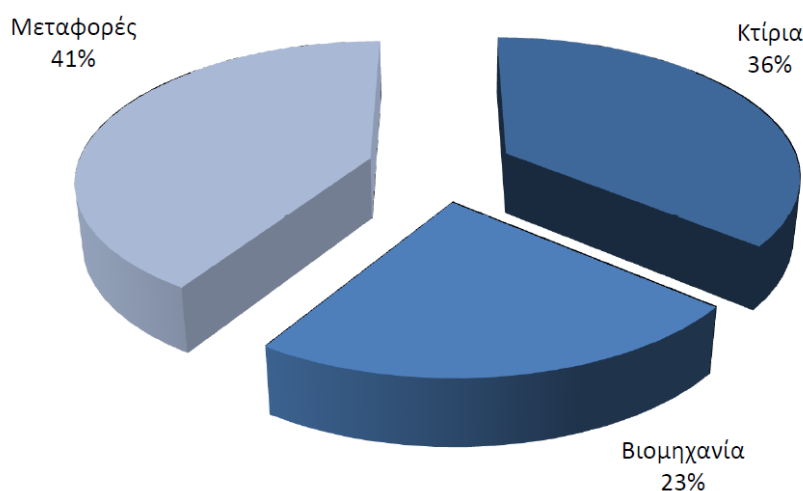
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 2.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ – ΧΡΟΝΟ
- 2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
 - 2.3.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ
 - 2.3.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
 - 2.3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
 - 2.3.4 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
 - 2.3.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ
 - 2.3.6 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ
- 2.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥΣ
- 2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στους τομείς της ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Όσον αφορά τα κτίρια η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας που γίνεται έχει σαν σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης θερμικής, ηλεκτρικής, ψυκτικής και εν γένει οποιασδήποτε άλλης μορφής ενέργειας με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση των λειτουργικών εξόδων. Η εξοικονόμηση αυτή της ενέργειας οδηγεί ταυτόχρονα και στην ελάττωση της εκπομπής ρύπων προς το περιβάλλον γεγονός πολύ σημαντικό στις μέρες μας. Έχει δε υπολογιστεί ότι με την καύση ενός τόνου ισοδύναμου πετρελαίου υγρού καυσίμου εκπέμπονται τουλάχιστον τρεις τόνοι CO₂ στο περιβάλλον με αποτέλεσμα την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά συνέπεια τα μέτρα και εν γένει η τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας, είναι από τις βασικές επεμβάσεις οι οποίες υποστηρίζουν τη διατήρηση καθαρού περιβάλλοντος συμβάλλοντας στην προστασία της δημόσιας υγείας ενώ συγχρόνως μειώνονται τα λειτουργικά έξοδα του κτιρίου.

Από το σχήμα 2.1 συμπεραίνουμε ότι ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται στα κτίρια (36%) και αυτό δείχνει πόσο σημαντική είναι η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας στο συγκεκριμένο τομέα. Ακόμα αν λάβουμε υπόψη μας πολλές ευρωπαϊκές μελέτες που υποδεικνύουν ότι υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, κυρίως μειώνοντας την κατανάλωση σε νοικοκυριά και σε κτίρια του τριτογενή τομέα, γίνεται αντιληπτό πόσο αναγκαία είναι η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.



Σχήμα 2.1 Κατανομή της καταναλωθείσας ενέργειας

Στη παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια τριτογενούς τομέα.

2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ – ΧΡΟΝΟ

Ανάλογα με το κόστος επεμβάσεων μπορούμε να διαχωρίσουμε τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια τριτογενούς τομέα σε τρεις κατηγορίες:

➤ Μέτρα νοικοκυρέματος

Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση, που εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Δεν απαιτείται αρχικό κόστος ούτε διακοπή της λειτουργίας της επιχείρησης. Συνήθως αφορά σε μέτρα όπως π.χ. κλείσιμο του κλιματισμού και του φωτισμού όταν οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται, διόρθωση της θερμοκρασίας ρύθμισης του κλιματισμού κλπ. Τα μέτρα αυτά συνδέονται άμεσα με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών ενός κτιρίου γι' αυτό για να εξασφαλιστεί η επιτυχία αυτών των μέτρων, θα πρέπει να υπάρξει συνεχής ενημέρωση των χρηστών σε ενεργειακά θέματα. Τέτοιες επεμβάσεις ενδεικτικά είναι:

- ✓ Περιοδική συντήρηση καυστήρα και έλεγχο βαθμού απόδοσης λέβητα, καθαρισμός επιφανειών θερμικής εναλλαγής λέβητα.
- ✓ Έλεγχος και επισκευή ρωγμών πλαισίων ανοιγμάτων, ρηγμάτων τοιχοποιίας, χαλασμένων μηχανισμών, φθαρμένων στοιχείων θερμομόνωσης και σφραγίσματος αρμών.
- ✓ Κλείσιμο διόδων θερμικής ροής σε φρεάτια και κλιμακοστάσια.
- ✓ Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του εκτεθειμένου, στην ηλιακή ακτινοβολία, ανοίγματος.
- ✓ Συστηματική χρήση των ανοιγμάτων, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύκτας, για ενίσχυση του φυσικού αερισμού δροσισμού στις θερμές περιόδους του χρόνου.

➤ Μέτρα χαμηλού κόστους

Είναι μέτρα που χρηματοδοτούνται από τον υπάρχοντα προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου και έχουν χρόνο απόσβεσης έως 24 μήνες. Συνδέονται με επενδύσεις χαμηλού κόστους και με περιορισμένες διακοπές της λειτουργίας του κτιρίου (π.χ. εγκατάσταση χρονοδιακοπών που τερματίζουν αυτόματα την λειτουργία των συστημάτων, αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες φθορισμού T5 κλπ.). Μερικά από αυτά είναι :

- ✓ Κατάργηση περιπτών ανοιγμάτων με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν.
- ✓ Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης.
- ✓ Αντικατάσταση υαλοπινάκων με νέους διπλούς
- ✓ Εφαρμογή έγχρωμων και ανακλαστικών φιλμ ή τοπικών διατάξεων εσωτερικής σκίασης (περσίδες, κουρτίνες) σε ανοίγματα με ανεπιθύμητα υψηλό θερινό ηλιακό κέρδος.
- ✓ Εφαρμογή μηχανισμών αυτόματης επαναφοράς θυρών.
- ✓ Αντικατάσταση θυρών, με άλλες νέου σχεδιασμού από υλικά με ειδική προστασία και μικρότερη θερμοπερατότητα.
- ✓ Προσθήκη θερμομονωτικού στρώματος σε τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας που βρίσκονται πίσω από θερμαντικά σώματα κεντρικής θέρμανσης.
- ✓ Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων στα θερμαντικά σώματα με δυνατότητα τοπικής ρύθμισης της θερμοκρασίας.

➤ **Μέτρα ανακατασκευής**

Είναι μέτρα σημαντικού αρχικού κόστους και έχουν συνήθως μεγάλο χρόνο απόσβεσης καθώς και μεγάλο χρόνο διακοπής της λειτουργία του κτιρίου (π.χ. προσθήκη κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας, εγκατάσταση εξοπλισμού διόρθωσης του συντελεστή ισχύος, αντικατάσταση ψυκτών κλπ.). Μερικά από αυτά:

- ✓ Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, οροφής, δαπέδων, πυλωτής
- ✓ Θερμομόνωση θερμογεφυρών (υποστυλώματα, δοκοί, τοιχία κλπ.)
- ✓ Μείωση του θερμαινόμενου κλιματιζόμενου όγκου σε χώρους υπερβολικού ύψους (ένταξη ψευδοροφών)
- ✓ Εφαρμογή εξωτερικών σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης (τέντες, παντζούρια, κατακόρυφα ή οριζόντια κινητά ή σταθερά σκίαστρα κλπ.)
- ✓ Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού (τοίχοι μάζας Trombe, θερμοσιφωνικά πάνελ, ηλιακοί χώροιθερμοκήπια, ανοίγματα για φυσικό φωτισμό, αγωγοί φυσικού φωτός κλπ.).

2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αμέσως παρακάτω αναλύουμε μία-μία τις μεθόδους που προαναφέραμε κατηγοριοποιώντας τες σύμφωνα με τον τομέα στον οποίο ανήκουν. Έτσι, έχουμε:

2.3.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Γενικά, τα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους είναι δαπανηρά, αφού απαιτούν επεμβάσεις έντασης εργασίας (π.χ. η προσθήκη θερμικής μόνωσης ή η αντικατάσταση παραθύρων). Έτσι, οι περίοδοι αποπληρωμής των περισσότερων επεμβάσεων στα κτιριακά κελύφη είναι μάλλον μεγάλης διάρκειας, που και πάλι μπορούν να αιτιολογηθούν.

Αναλυτικότερα έχουμε:

Μόνωση των ελλιπώς μονωμένων στοιχείων του.

Όταν ένα στοιχείο του κτιριακού κελύφους δεν είναι μονωμένο ή δεν επαρκεί η μόνωσή του μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική η προσθήκη μόνωσης με στόχο τη μείωση των απωλειών θερμότητας λόγω μετάδοσης. Όπως για παράδειγμα θερμομόνωση σε εξωτερικούς τοίχους και σε θερμογέφυρες όπως δοκοί και υποστυλώματα.

Βελτιώσεις στα ανοίγματα.

Οι σημαντικότερες βελτιώσεις στα παράθυρα είναι:

- ✓ Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων με νέα, που έχουν βελτιωμένες θερμικές και οπτικές ιδιότητες.
- ✓ Κατάργηση περιπτών ανοιγμάτων.
- ✓ Εγκατάσταση πολλαπλής επίστρωσης ή ταινιών για τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας μέσω ακτινοβολίας.
- ✓ Εισαγωγή αερίου αργού ή κρυπτού στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων, που μπορεί να μειώσει τη μεταφορά θερμότητας μέσω συναγωγής.
- ✓ Εφαρμογή εξωτερικών, σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης (τέντες, παντζούρια, σκίαστρα)

Οι βελτιώσεις στα παράθυρα, όπως είναι η τοποθέτηση υαλοπινάκων υψηλής απόδοσης, ταινιών και επιστρώσεων στα παράθυρα ή τα παράθυρα θυέλλης, μπορεί να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Οι βελτιώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν τόσο τη μεταφορά θερμότητας όσο και τα ηλιακά κέρδη. Εξάλλου, τα ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα δημιουργούν πιο άνετο περιβάλλον, με ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασιών και καλή ποιότητα φωτισμού.

Ελάττωση διείσδυσης του αέρα.

Η βελτίωση της στεγανότητας του κτιριακού κελύφους ως προς τον αέρα εξασφαλίζεται με τις παρακάτω τεχνικές:

- ✓ Σφράγισμα των διαφόρων χαραμάδων γύρω από τα πλαίσια των παραθύρων καθώς και κάθε διάβασης μέσω των τοίχων, όπως είναι οι οπές των σωληνώσεων του νερού, με θερμομονωτικές ταινίες και στεγανοποιητικά υλικά.
- ✓ Τη διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου με το φύτευμα δένδρων γύρω από το κτίριο για την ελάττωση των επιδράσεων του ανέμου και της διήθησης του αέρα.
- ✓ Τοποθέτηση στοιχείων αδιαπέραστων από τον αέρα που εγκαθίστανται στο εξωτερικό του κτιρίου ώστε να σχηματιστεί ένα συνεχές στρώμα γύρω από τους τοίχους του κτιρίου. Τα στοιχεία αυτά λέγονται ανεμοθραύστες και κατασκευάζονται από υγρή άσφαλτο, υγρό καουτσούκ, φύλλα πλαστικού.

Σε αρκετά μικρά κτίρια, τα θερμικά φορτία λόγω της διείσδυσης του αέρα μπορεί να είναι σημαντικά. Υπολογίζεται ότι σε καλά μονωμένα κτίρια κατοικιών, η διείσδυση μπορεί να συνεισφέρει έως και 40% στο συνολικό φορτίο του κτιρίου.

2.3.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι βασικότερες επεμβάσεις είναι:

Βελτίωση του συντελεστή ισχύος

Τα ηλεκτρικά φορτία διακρίνονται σε στατικά (λαμπτήρες πυρακτώσεως, ηλεκτρικές αντιστάσεις κλπ.) και επαγωγικά (λαμπτήρες φθορισμού, ηλεκτρικοί κινητήρες, μετασχηματιστές). Στα στατικά φορτία η ισχύς P που απορροφάται από το δίκτυο είναι όλη ωφέλιμη. Στα επαγωγικά φορτία η ωφέλιμη ισχύς P_w (W) είναι μικρότερη από την ισχύ που απορροφάται από το ηλεκτρικό φορτίο. Το πηλίκο της ωφέλιμης ισχύς προς την ισχύ που απορροφάται από το δίκτυο ονομάζεται **συντελεστής ισχύος ($\cos\phi$)**. Είναι ευνόητο ότι ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος της μονάδας. Η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για την κάλυψη των επαγωγικών φορτίων ονομάζεται **άεργος ισχύς Q (VAr)**.

Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος απαιτεί ρεύμα μεγαλύτερης έντασης για την κάλυψη των φορτίων. Αυτό σημαίνει ότι οι αγωγοί πρέπει να έχουν μεγαλύτερη διατομή και ο μετασχηματιστής ισχύος να είναι μεγαλύτερος.

Για τους παραπάνω λόγους υπάρχει υψηλότερη μηνιαία χρέωση ισχύος και ενέργειας από την ΔΕΗ. Ο πιο εύκολος τρόπος βελτίωσης του συντελεστή ισχύος είναι η χρήση πυκνωτών που συνδέονται παράλληλα με το δίκτυο. Αυτοί οι πυκνωτές αντισταθμίζουν την άεργο ισχύ και γι' αυτό ονομάζονται **πυκνωτές αντιστάθμισης**. Η αντιστάθμιση μπορεί να γίνει στην τελική κατανάλωση οπότε ονομάζεται **τοπική** ή στον πίνακα διανομής και ονομάζεται **κεντρική**. Οι πυκνωτές διακρίνονται σε **στατικούς** και σε **αυτόματα ρυθμιζόμενους** ανάλογα με την κατάσταση του φορτίου και το επιθυμητό ύψος αντιστάθμισης. Οι στατικοί χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος (<50kVAr) και για τοπική αντιστάθμιση. Σε εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος με φορτία έντονης διακύμανσης χρησιμοποιούνται οι αυτόματοι πυκνωτές.

Χρησιμοποίηση κινητήρων βελτιωμένου βαθμού

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ηλεκτρικών κινητήρων σε χρήση στα κτίρια και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις: οι επαγωγικοί και οι σύγχρονοι κινητήρες. Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι οι συνηθέστεροι και αποτελούν το 90% της υπάρχουσας κινητήριας

ισχύος. Και οι δύο αυτοί τύποι έχουν ένα ακίνητο στάτη και ένα περιστρεφόμενο ρότορα για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική.

Μια βασική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων είναι ο τρόπος παραγωγής του μαγνητικού πεδίου του ρότορα. Στον επαγωγικό κινητήρα, το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη επάγει ένα ρεύμα, συνεπώς και ένα μαγνητικό πεδίο, στην περιέλιξη του ρότορα, που συνήθως είναι τύπου κλωβού. Επειδή το μαγνητικό πεδίο επάγεται, ο ρότορας δεν μπορεί να περιστραφεί όπως το πεδίο του στάτη (εάν γινόταν αυτό δεν θα μπορούσε να επάγεται ρεύμα στο ρότορα, διότι τότε το μαγνητικό πεδίο του στάτη παραμένει αμετάβλητο σε σχέση με το ρότορα). Η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας του ρότορα και της περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη ονομάζεται ολίσθηση. Στο σύγχρονο κινητήρα, το πεδίο του ρότορα παράγεται με την εφαρμογή συνεχούς ρεύματος στην περιέλιξη του ρότορα. Επομένως, ο ρότορας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με το μαγνητικό πεδίο του στάτη και έτσι τα μαγνητικά πεδία του ρότορα και του στάτη είναι σύγχρονα στην ταχύτητά τους.

Λόγω της κατασκευής του, ο επαγωγικός κινητήρας είναι βασικά ένα επαγωγικό φορτίο και έτσι έχει ένα συντελεστή ισχύος με υστέρηση, ενώ ο σύγχρονος κινητήρας μπορεί να εγκατασταθεί έτσι ώστε να έχει συντελεστή ισχύος με προπορεία (δηλαδή, δρα ως πυκνωτής). Επομένως, γίνεται αντιληπτό **ότι ένας σύγχρονος κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την απόδοση μηχανικής ενέργειας όσο και για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος** μιας συστοιχίας επαγωγικών κινητήρων. Αυτή η επιλογή μπορεί να είναι περισσότερο οικονομικά αποδοτική από την προσθήκη μιας συστοιχίας πυκνωτών.

Μία παράμετρος σημαντική για το χαρακτηρισμό ενός ηλεκτρικού κινητήρα υπό συνθήκες πλήρους φορτίου είναι η απόδοση μετατροπής του κινητήρα (η), δηλαδή ο λόγος της μηχανικής ισχύος προς την πραγματική ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνεται από τον κινητήρα: $\eta_M = P_M / P_{el}$.

Λόγω των διάφορων απωλειών (τριβές, απώλειες πυρήνα λόγω εναλλαγής του μαγνητικού πεδίου και απώλειες αντίστασης της περιέλιξης), η απόδοση του κινητήρα συνήθως κυμαίνεται από 75 έως 95%, ανάλογα με το μέγεθός του. Στον παραπάνω ορισμό, P είναι η παραγόμενη μηχανική ισχύς του κινητήρα, εκφραζόμενη σε kW ή ίππους (Hp), η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο κατά την επιλογή ενός κινητήρα.

Με βάση την απόδοσή τους, οι κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: **συνήθους απόδοσης** και **υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης** κινητήρες. Οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες είναι 2 έως 10 ποσοστιαίες μονάδες περισσότερο αποδοτικοί από τους συνήθους απόδοσης κινητήρες, ανάλογα με το μέγεθος. Η βελτιωμένη απόδοση των κινητήρων υψηλής/εξαιρετικής απόδοσης οφείλεται στον καλύτερο σχεδιασμό τους με χρήση καλύτερων υλικών για τη μείωση των απωλειών, η οποία πάντως συνοδεύεται από υψηλότερη τιμή (10 έως 30% περίπου μεγαλύτερη από αυτή των συνήθους απόδοσης κινητήρων). Τέλος το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι η μεγάλη απόδοση σε χαμηλή φόρτιση, ακόμα και όταν αυτή φθάνει το 25% του πλήρους φορτίου. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση κινητήρων βελτιωμένης απόδοσης είναι σημαντική.

2.3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο φωτισμός συμμετέχει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη χρήση της ενέργειας στα εμπορικά κτίρια. Για παράδειγμα, το 30 έως 50% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα γραφεία χρησιμοποιείται για φωτισμό. Επιπλέον, η θερμότητα που παράγεται από τον φωτισμό συμβάλλει στα θερμικά φορτία που πρέπει να απομακρυνθούν από το ψυκτικό σύστημα. Συνήθως, οι ενεργειακές μετατροπές των συσκευών φωτισμού είναι πολύ αποδοτικές οικονομικά, με περιόδους αποπληρωμής στις περισσότερες εφαρμογές μικρότερες από 2 έτη. Οι βασικότερες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα φωτισμού είναι οι ακόλουθες:

🔧 **Μείωση της ισχύος των φωτιστικών**, που περιλαμβάνει και τις φωτιστικές πηγές (λαμπτήρες) και τις διατάξεις μετασχηματισμού της τάσης (ballasts). Την τελευταία δεκαετία νέες τεχνολογίες, όπως είναι οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού και οι ηλεκτρονικές διατάξεις αντιστάθμισης έχουν αυξήσει την αποδοτικότητα των συστημάτων φωτισμού.

Τα φωτιστικά σώματα είναι οι συσκευές που αποτελούνται από λαμπτήρες και τις απαραίτητες διατάξεις για τις διαδικασίες έναυσης και λειτουργίας τους. Οι λαμπτήρες διακρίνονται στα παρακάτω είδη:

- ✓ Λαμπτήρες πυράκτωσης
- ✓ Λαμπτήρες αλογόνου
- ✓ Λαμπτήρες φθορισμού
- ✓ Λαμπτήρες ατμών νατρίου
- ✓ Λαμπτήρες ατμών υδρογόνου υψηλής πίεσης
- ✓ Επαγωγικοί λαμπτήρες

Οι βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση των συστημάτων φωτισμού παρέχουν ευκαιρίες για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια. Τρεις είναι οι παράγοντες που συνήθως καθορίζουν το σωστό επίπεδο φωτισμού ενός συγκεκριμένου χώρου: η ηλικία των ενοίκων, οι απαιτήσεις ταχύτητας και ακρίβειας, και η αντίθεση του φόντου (ανάλογα με τη δραστηριότητα που διεξάγεται). Είναι κοινή εσφαλμένη αντίληψη ότι ο υπερφωτισμός ενός χώρου συνεπάγεται και υψηλότερη οπτική ποιότητα. Πράγματι, έχει αποδειχθεί ότι ο υπερφωτισμός μπορεί να ελαττώσει την ποιότητα του φωτισμού και το επίπεδο οπτικής άνεσης σε ένα χώρο, πέρα από την όποια σπατάλη ενέργειας. Επομένως, είναι σημαντικό κατά την αναβάθμιση ενός συστήματος φωτισμού να καθορίζεται και να διατηρείται ένα επαρκές επίπεδο φωτισμού, όπως αυτό καθορίζεται από τα σχετικά πρότυπα.

Τα κριτήρια επιλογής λαμπτήρων είναι η φωτεινή απόδοση (lm/W), η καταναλισκόμενη ενέργεια (W), η διάρκεια ζωής, η απόδοση των χρωμάτων και το κόστος αγοράς. Δεν πρέπει επίσης να διαφεύγει ότι οι λαμπτήρες με χαμηλότερη κατανάλωση δεν είναι κατάλληλοι για όλες τις χρήσεις (π.χ. η χρήση των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι αναγκαία σε χώρους με μικρές διαστάσεις και μικρού κόστους, ή ότι οι λαμπτήρες με μεγάλη φωτεινή απόδοση δεν διαθέτουν καλή χρωματική απόδοση). Οι απαραίτητες διατάξεις για την έναυση και τη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων είναι οι ακόλουθες:

➤ Εκκινητές (starters)

Είναι απαραίτητα όργανα για την έναυση των λαμπτήρων φθορισμού επειδή η τάση του δικτύου δεν είναι ικανή να δημιουργήσει το ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των ηλεκτροδίων.

➤ Αντισταθμιστικές διατάξεις (ballasts μαγνητικά ή ηλεκτρονικά)

Είναι διατάξεις που συνδέονται σε σειρά με το λαμπτήρα και περιορίζουν το ρεύμα λειτουργίας του. Πριν από την εξέλιξη των ηλεκτρονικών ballasts στις αρχές της δεκαετίας του 80, χρησιμοποιούνταν μόνο μαγνητικά ή «πυρήναπηνίου» ballasts για τη λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού. Ενώ η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος διατηρείται στα 50 Hz από τα μαγνητικά ballasts, τα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούν την τεχνολογία στερεάς κατάστασης για να παράγουν ρεύμα υψηλής συχνότητας, το οποίο αυξάνει την ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών φθορισμού διότι το φως πάλλεται γρηγορότερα και φαίνεται λαμπρότερο. Όταν χρησιμοποιούνται με λαμπτήρες υψηλής απόδοσης (π.χ. T8), τα ηλεκτρονικά ballasts μπορούν να αποδώσουν 95 lumens/Watt, έναντι των 70 lumens/Watt των συμβατικών μαγνητικών. Πάντως, πρέπει να αναφερθεί ότι οι αποδοτικές μαγνητικές διατάξεις αντιστάθμισης μπορούν να αποδώσουν παρόμοια lumens/watt με τις ηλεκτρονικές.

Άλλα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών αντισταθμιστικών διατάξεων έναντι των αντιστοίχων μαγνητικών περιλαμβάνουν:

- Υψηλότερο συντελεστή ισχύος. Ο συντελεστής ισχύος των ηλεκτρονικών ballasts είναι συνήθως μεταξύ 0,90 και 0,98. Εντούτοις, τα συμβατικά μαγνητικά ballasts έχουν χαμηλό συντελεστή ισχύος (μικρότερο από 0,80), εκτός εάν προστεθεί ένας πυκνωτής.
- Λιγότερα προβλήματα τρεμοπαίγματος. Αφού τα μαγνητικά ballasts λειτουργούν με ρεύμα 50 Hz εναλλάσσουν το ηλεκτρικό τόξο περίπου 120 φορές ανά δευτερόλεπτο, με αποτέλεσμα το τρεμόπαιγμα να είναι αντιληπτό, ειδικά εάν ο λαμπτήρας είναι παλαιός ή όταν μειώνεται η λειτουργία του κάτω από το 50% της ισχύος του. Πάντως, η εναλλαγή του ηλεκτρικού τόξου στα ηλεκτρονικά ballasts είναι μερικές χιλιάδες φορές το δευτερόλεπτο και το τρεμόπαιγμα αποφεύγεται, ακόμα και όταν οι λαμπτήρες λειτουργούν στο 5% της ισχύος τους.
- Λιγότερα προβλήματα θορύβου. Τα μαγνητικά ballasts χρησιμοποιούν ηλεκτρικά πηνία και παράγουν ένα βόμβο, ο οποίος μπορεί να αυξηθεί με τη γήρανση. Αυτός ο θόρυβος δεν υπάρχει στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα των ηλεκτρονικών αντισταθμιστικών διατάξεων.

Χρήση ανακλαστήρων

Είναι τα εξαρτήματα που ρυθμίζουν την κατανομή της φωτεινής έντασης στο χώρο. Με τους ανακλαστήρες το παραγόμενο φως κατευθύνεται στο χώρο εργασίας και δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο.

Μείωση του χρόνου χρήσης των συστημάτων φωτισμού

Έχουν αναπτυχθεί αυτόματα συστήματα ελέγχου για τη μείωση της χρήσης των συστημάτων φωτισμού ώστε ο φωτισμός να παρέχεται μόνο όταν απαιτείται. Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με τη μη λειτουργία υπό πλήρη ισχύ του συστήματος φωτισμού στις περιπτώσεις που ο φωτισμός δεν είναι απαραίτητος. Ο έλεγχος λειτουργίας του συστήματος γίνεται με:

➤ Χειροκίνητους διακόπτες και ρυθμιστές (dimmers)

Με τη χειροκίνητη λειτουργία και ρύθμιση μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας, τα αποτελέσματά της είναι συνήθως απρόβλεπτα διότι εξαρτώνται από τη συμπεριφορά των ενοίκων.

➤ Προγραμματιζόμενα προγράμματα

Μια πιο αποτελεσματική μέθοδος για εξοικονόμηση ενέργειας παρέχουν τα προγραμματιζόμενα συστήματα ελέγχου του φωτισμού, που όμως μπορούν επίσης να επηρεασθούν από τις συχνές ρυθμίσεις των ενοίκων.

➤ Αυτόματα συστήματα ελέγχου

Μόνο τα αυτόματα συστήματα λειτουργίας ή/και ρύθμισης του φωτισμού μπορούν να ανταποκριθούν σε πραγματικό χρόνο στις αλλαγές λόγω παρουσίας ατόμων και στις κλιματικές αλλαγές. Ένα τέτοιο αυτόματο σύστημα ελέγχου του φωτισμού είναι οι ανιχνευτές παρουσίας. Αυτοί εξοικονομούν ενέργεια με το αυτόματο σβήσιμο των φώτων σε χώρους

που δεν είναι κατειλημμένοι. Γενικά, οι ανιχνευτές παρουσίας είναι κατάλληλοι για τις περισσότερες εφαρμογές ελέγχου του φωτισμού και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις αναβαθμίσεις των συστημάτων φωτισμού. Είναι σημαντικό να επιλέγονται και να εγκαθίστανται σωστά οι ανιχνευτές παρουσίας για να παρέχουν αξιόπιστο φωτισμό κατά τη διάρκεια ενοίκησης.

Δύο τύποι τεχνολογιών ανίχνευσης κίνησης είναι οι:

1. Ανιχνευτές υπερύθρων, που καταγράφουν την υπέρυθη ακτινοβολία από τις διάφορες επιφάνειες του χώρου καθώς και από το ανθρώπινο σώμα. Όταν ο επεξεργαστής που είναι συνδεδεμένος με τους ανιχνευτές υπερύθρων λάβει μια σταθερή μεταβολή στη θερμική κατάσταση του περιβάλλοντος (π.χ. όταν υπάρξει κίνηση στο χώρο), τότε ανάβουν τα φώτα. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα μέχρις ότου να μην καταγράφονται σημαντικές θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι ανιχνευτές υπερύθρων λειτουργούν ικανοποιητικά μόνον εάν υπάρχει άμεση οπτική επαφή με τους ενοίκους και συνιστάται η χρήση τους σε μικρούς κλειστούς χώρους με κανονικό σχήμα και χωρίς διαχωριστικά.

2. Ανιχνευτές υπερήχων, που λειτουργούν σύμφωνα με την αρχή του σονάρ, όπως τα ραντάρ των υποβρυχίων και των αεροδρομίων, εκπέμποντας έναν υψηλής συχνότητας (2540 kHz) ήχο που δεν είναι αντιληπτός από τον άνθρωπο, ο οποίος ανακλάται από τις επιφάνειες του χώρου (έπιπλα, ένοικοι, κ.λπ.) και καταγράφεται από ένα δέκτη. Όταν στο χώρο κινούνται άνθρωποι, η μορφή των ηχητικών κυμάτων μεταβάλλεται. Τα φώτα παραμένουν αναμμένα μέχρις ότου να μην ανιχνεύεται καμία κίνηση σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 5 λεπτά). Αντίθετα με την υπέρυθη ακτινοβολία, τα εμπόδια δεν παρενοχλούν τα ηχητικά κύματα. Όμως, οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να μη λειτουργούν σωστά σε μεγάλους χώρους, όπου υπάρχει τάση να δημιουργούνται ασθενείς ανακλάσεις.

Τακτική συντήρηση φωτιστικών σωμάτων.

Οι ρύποι του περιβάλλοντος επικάθονται στα φωτιστικά σώματα και στις επιφάνειες των χώρων, με αποτέλεσμα να έχουμε σημαντική υποβάθμιση της στάθμης φωτισμού. Η ρύπανση προκαλεί μείωση της απόδοσης των ανακλαστήρων και των υλικών κατασκευής, και μείωση της ανακλαστικότητας των επιφανειών.

2.3.4 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Το κεφάλαιο της θέρμανσης αποτελεί από τα πιο σημαντικά στην ενεργειακή επιθεώρηση των κτιριακών συγκροτημάτων. Για τη βελτίωση των εγκαταστάσεων πρέπει να λάβουμε υπόψη μερικές βασικές έννοιες.

Γενικά με τον όρο θέρμανση εννοούμε την παραγωγή ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων και την παραγωγή θερμού νερού για το κτίριο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων και συγκεκριμένα από:

- ✓ Τον καυστήρα
- ✓ Το λέβητα
- ✓ Τη δεξαμενή αποθήκευσης του ζεστού νερού με τις αντλίες κυκλοφορίας.
- ✓ Το υδραυλικό σύστημα με τις βαλβίδες ανάμειξης, τι ρυθμιστικές βαλβίδες και τις αντλίες.
- ✓ Τα σώματα θέρμανσης και τις (θερμοστατικές) βαλβίδες.

Το πιο σημαντικό μέρος των οργάνων είναι οι λέβητες. Οι λέβητες χρησιμοποιούνται στον οικιακό καθώς και στο τριτογενή τομέα για την παραγωγή ατμού ή ζεστού νερού. Η λειτουργία των λεβήτων απαιτεί σημαντικές καταναλώσεις καυσίμων για την παραγωγή θερμικής ενέργειας υπό μορφή ατμού ή ζεστού νερού. Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία τους με υψηλό βαθμό απόδοσης είναι σημαντική παράμετρος για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη λεβήτων: οι υδραυλωτοί και αεριαυλωτοί. Στους υδραυλωτούς το νερό κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς και τα καυσαέρια περνούν εξωτερικά, ενώ στους αεριαυλωτούς τα καυσαέρια κινούνται μέσα στους αυλούς που βρίσκονται μέσα σε νερό.

Σημαντικός παράγοντας είναι η **θερμική απόδοση** του λέβητα. Η καύση είναι μια χημική αντίδραση άνθρακα και οξυγόνου που παράγει θερμότητα. Το οξυγόνο προέρχεται από τον αέρα που παρέχεται στον καυστήρα για τη θέρμανση του λέβητα, ο οποίος περιέχει επίσης άζωτο που είναι άχρηστο για την καύση. Για να γίνει πλήρης καύση του καυσίμου υπό ιδανικές συνθήκες απαιτείται ένα συγκεκριμένο ποσό αέρα, γνωστό ως «στοιχειομετρικός αέρας». Εντούτοις, στις πραγματικές αντιδράσεις καύσης απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από την ιδανική για να επιτευχθεί η πλήρης καύση του καυσίμου.

Ο κύριος τρόπος για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας στους λέβητες είναι η παροχή της σωστής ποσότητας περίσσειας αέρα για την καύση του καυσίμου. Είναι γενικά παραδεκτό ότι 10% περίσσεια αέρα δίνει το βέλτιστο λόγο αέρα/καυσίμου για την πλήρη καύση. Η υπερβολική περίσσεια αέρα αυξάνει τις απώλειες καπνοδόχου και απαιτείται περισσότερο καύσιμο για την ανύψωση του εξωτερικού αέρα στη θερμοκρασία των καυσαερίων. Από την άλλη, εάν η τροφοδοσία του αέρα είναι ανεπαρκής, η καύση είναι ατελής και μειώνεται η θερμοκρασία της φλόγας.

Η ολική θερμική απόδοση ενός λέβητα ορίζεται ως ο λόγος της θερμότητας εξόδου (E_{out}) προς τη θερμότητα εισόδου (E_{in}). Η ολική απόδοση περιλαμβάνει την απόδοση της καύσης, τις απώλειες καπνοδόχου και τις απώλειες θερμότητας από τις εξωτερικές επιφάνειες του λέβητα. Η απόδοση της καύσης σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα του καυστήρα ώστε να παρέχει το βέλτιστο λόγο καυσίμου/αέρα για την πλήρη καύση του καυσίμου.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω γενικοί κανόνες για τη ρύθμιση της λειτουργίας του λέβητα:

- **Θερμοκρασία καμινάδας:** Όσο χαμηλότερη είναι αυτή, τόσο αποδοτικότερη είναι η καύση. Οι υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων σημαίνουν ότι δε γίνεται καλή μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών καυσαερίων και του νερού. Οι θάλαμοι και οι σωλήνες μέσα στο λέβητα πρέπει να καθαρίζονται για να απομακρύνονται η αιθάλη, οι επικαθίσεις και επιστρώσεις, που μπορούν να μειώσουν τη μεταφορά της θερμότητας. Πάντως, η θερμοκρασία αυτή δεν πρέπει να είναι πολύ χαμηλή, για την αποφυγή συμπίκνωσης των υδρατμών στην καμινάδα, οι οποίοι αναμιγνύονται με θείο και μπορεί να προκαλέσουν διάβρωσή της.
- **Επίπεδο CO_2 :** Όσο υψηλότερο είναι αυτό, τόσο αποδοτικότερη είναι η καύση. Τα αποδεκτά κάτω όρια για το επίπεδο του CO_2 είναι 10% για τους λέβητες αερίου και 14% για τους λέβητες πετρελαίου. Εάν τα επίπεδα του CO_2 είναι χαμηλότερα από αυτά τα όρια, πιθανότατα η καύση να είναι ατελής. Ο λόγος αέρα/καυσίμου θα πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να παρέχεται μεγαλύτερη περίσσεια αέρα.
- **Επίπεδο CO:** Δεν πρέπει να υφίσταται CO στα καυσαέρια. Πράγματι, τυχόν ίχνος CO υποδεικνύει ότι η αντίδραση της καύσης είναι ατελής, δηλαδή ότι δεν υπάρχει αρκετή περίσσεια αέρα. Η παρουσία του CO στα καυσαέρια μπορεί να ανιχνευθεί από την ύπαρξη καπνού, που οδηγεί στην απόθεση αιθάλης στους σωλήνες και τους θαλάμους του λέβητα.

- **Επίπεδο O₂:** Όσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο του O₂ τόσο πιο αποδοτική είναι η καύση. Το υψηλό επίπεδο O₂ αποτελεί ένδειξη υπερβολικής περίσσειας αέρα. Το αποδεκτό άνω όριο για το O₂ είναι 10% και, όταν υφίστανται επίπεδα μεγαλύτερα από αυτό, πρέπει να μειώνεται η περίσσεια αέρα.

Βελτίωση της απόδοσης του λέβητα

Υπάρχουν αρκετά μέτρα με τα οποία μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση του λέβητα μιας υφιστάμενης εγκατάστασης, με εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμων από την εγκατάσταση. Ανάμεσα σε αυτά τα μέτρα περιλαμβάνονται:

A) Η ρύθμιση του υφιστάμενου λέβητα.

Η θερμική απόδοση του λέβητα μπορεί να υπολογιστεί με την ανάλυση της σύστασης και της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Εάν βρεθεί χαμηλή απόδοση λόγω λανθασμένης περίσσειας του αέρα, ο λέβητας μπορεί να ρυθμιστεί και να βελτιωθεί η απόδοσή του. Για το σκοπό αυτό απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός, π.χ. ένας αναλυτής καυσαερίων και μία συσκευή μέτρησης της θερμοκρασίας. Τρόποι για τη βελτίωση απόδοσης του υφιστάμενου λέβητα είναι:

- ✚ **Εγκατάσταση ελατηρίων στους φλογοσωλήνες** για τη δημιουργία περισσότερης τύρβης, ώστε να αυξηθεί έτσι η μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών αερίων της καύσης και του νερού. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα μπορεί να καθοριστεί με τη μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, η οποία θα μειωθεί όταν εγκατασταθούν τα ελατήρια.

Πρακτικά, αναμένεται αύξηση κατά 2,5% της απόδοσης του λέβητα για κάθε μείωση της θερμοκρασίας καμινάδας κατά 50° C.

- ✚ **Μόνωση του περιβλήματος του λέβητα** για τη μείωση των απωλειών. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του.
- ✚ **Εγκατάσταση φουσητήρων αιθάλης** για την απομάκρυνση των επικαθίσεων στους σωλήνες, που μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των θερμών αερίων της

καύσης και του νερού. Η βελτίωση στην απόδοση του λέβητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία των καυσαερίων.

- ✚ **Χρήση εξοικονομητών** για τη μεταφορά ενέργειας από τα καυσαέρια στο νερό τροφοδοσίας. Η θερμοκρασία των καυσαερίων δεν πρέπει να μειωθεί κάτω από ορισμένα όρια για την αποφυγή προβλημάτων διάβρωσης. Πρακτικά, αναμένεται αύξηση κατά 1% της απόδοσης του λέβητα για κάθε αύξηση κατά °C της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας.
- ✚ **Χρήση προθερμαντήρων** του αέρα για τη μεταφορά ενέργειας από τα καυσαέρια της καμινάδας στον αέρα της καύσης.

Ο εξοπλισμός ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια (δηλαδή, οι εξοικονομητές και οι προθερμαντήρες αέρα) είναι συνήθως ο πιο οικονομικά αποδοτικός βοηθητικός εξοπλισμός που μπορεί να προστεθεί για τη βελτίωση της ολικής θερμικής απόδοσης του συστήματος του λέβητα.

B) Η αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα με άλλον λέβητα υψηλής απόδοσης.

Οι κατασκευαστές των λεβήτων συνεχώς βελτιώνουν τόσο την απόδοση της καύσης όσο και την ολική απόδοσή τους. Σήμερα, οι εμπορικού μεγέθους μονάδες μπορούν να επιτύχουν απόδοση καύσης μεγαλύτερη από 95%. Για τους συμβατικούς λέβητες, κατά παράδοση θεωρείται ικανοποιητική απόδοση πάνω από 85%. Μία από τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες καύσης που διατίθεται σήμερα στην αγορά είναι οι **λέβητες αερίου παλμικής καύσης**. Αυτή η τεχνολογία εφαρμόστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 80 σε οικιακούς θερμαντήρες νερού και σήμερα υφίσταται σε αρκετούς λέβητες εμπορικού μεγέθους, για θέρμανση χώρων και νερού χρήσης.

Οι λέβητες παλμικής καύσης λειτουργούν ουσιαστικά όπως οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Ο αέρας και το αέριο καύσιμο εισάγονται σε ένα στεγανό θάλαμο καύσης σε κατάλληλες ποσότητες. Στη συνέχεια, το μίγμα αναφλέγεται με σπινθήρα και, όταν καεί πλήρως, απάγεται μέσω ενός σωλήνα εξαγωγής. Σχεδόν όλη η θερμότητα της καύσης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού του λέβητα, αφού τα καυσαέρια έχουν σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, της τάξης των 50°C. Όταν θερμανθεί πλήρως ο θάλαμος καύσης, τα επόμενα μίγματα αέρα/καυσίμου (οι «παλμοί») αναφλέγονται αυτόματα (χωρίς ανάγκη

ηλεκτρικού σπινθήρα). Έτσι, δεν απαιτείται ούτε καυστήρας που καταναλώνει καύσιμο, ούτε φλόγα που να διατηρείται συνεχώς αναμμένη.

Η απόδοση των λεβήτων παλμικής καύσης μπορεί να φθάσει το 95 έως 99%. Όταν συνδυαστούν με άλλες υψηλής απόδοσης διατάξεις μεταφοράς της θερμότητας, η ολική θερμική απόδοση του συστήματος θέρμανσης μπορεί να ανέλθει στο 90%. Εξάλλου, οι λέβητες αυτοί μπορούν να φθάσουν στη θερμοκρασία λειτουργίας τους στο μισό χρόνο από αυτόν των συμβατικών, ενώ εκπέμπουν σαφώς λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα.

Γ) Η χρήση λεβήτων με υπομονάδες.

Σχεδόν όλα τα συστήματα θέρμανσης είναι πιο αποδοτικά όταν λειτουργούν σε πλήρη ισχύ. Βελτιώσεις της απόδοσης στα φορτία αιχμής έχουν ως αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου. Πάντως, η μείωση στην κατανάλωση καυσίμου δεν είναι απαραίτητα ανάλογη με τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης. Εξάλλου, στις εγκαταστάσεις αυτές σπανίως υφίστανται φορτία αιχμής και ο λέβητας συνηθέστερα λειτουργεί υπό συνθήκες μερικού φορτίου. Μερικοί λέβητες μπορεί να λειτουργούν αναγκαστικά με κυκλικό ρυθμό εκκίνησης διακοπής, που είναι όμως μια μη αποδοτική μορφή λειτουργίας, αφού όταν διακόπτεται χάνεται θερμότητα μέσω των καμινάδας προς το περιβάλλον και ψύχεται το νερό στους σωλήνες διανομής.

Αυτές οι απώλειες πρέπει να αναπληρωθούν κατά την επανεκκίνηση του λέβητα. Εάν η δυναμικότητα του λέβητα είναι υψηλότερη από το φορτίο, η κυκλική αυτή λειτουργία μπορεί να είναι συχνή και οι απώλειες σημαντικές, μειώνοντας έτσι την εποχιακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης. Αντί της λειτουργίας του λέβητα με εκκίνηση διακοπή, μπορούν να καθορισθούν έλεγχοι που χρησιμοποιούν βηματικούς (υψηλός/ χαμηλός/μηδενικός) ή μεταβλητούς ρυθμούς καύσης (από 100 μέχρι 15%). Ένα άλλο αποτελεσματικό μέτρο για την αποφυγή της κυκλικής λειτουργίας των λεβήτων είναι η εγκατάσταση ενός αριθμού μικρότερων λεβήτων ή λεβήτων με υπομονάδες.

Σε μια εγκατάσταση λέβητα με υπομονάδες, αρχικά εκκινεί ένας λέβητας για την κάλυψη των μικρών θερμικών φορτίων. Κατόπιν, καθώς αυξάνεται το φορτίο, νέοι λέβητες εκκινούν και μπαίνουν σε σειρά ώστε να αυξηθεί σταδιακά το δυναμικό του συστήματος θέρμανσης. Αντίστοιχα, καθώς μειώνεται το φορτίο, οι λέβητες βγαίνουν εκτός ο ένας μετά

τον άλλον. Οι λέβητες αυτοί μπορούν να αυξήσουν την ολική εποχιακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης κατά 15 έως 30%.

Τέλος μπορούμε να κάνουμε μια **αποτίμηση των τεχνικών μέτρων** ενεργειακής εξοικονόμησης:

1. Βελτιστοποίηση των ρυθμίσεων
2. Βελτιώσεις του συστήματος παροχής θερμότητας
3. Εκπαίδευση των χρηστών για καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά
4. Επιλογή ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού (καυστήρας, αντλίες, καλοριφέρ, βαλβίδες)
5. Μόνωση του δικτύου θέρμανσης, του λέβητα και των βαλβίδων
6. Μόνωση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως οι λέβητες ξύλου

Φυσικά, η πραγματοποίηση συγκεκριμένων μέτρων και το πόσο αυτά μπορεί να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση χρημάτων εξαρτάται από το μέγεθος και την ιδιαίτερη φύση του κάθε κτιρίου. Μόνο μια αποτίμηση του συστήματος και των αναγκών του κτιρίου μπορεί να καθορίσει ποια μέτρα είναι τόσο εφαρμόσιμα όσο και επικερδή. Αυτό μπορεί να γίνει από έναν αρμόδιο ενεργειακό σύμβουλο. Τα συμπεράσματα της αποτίμησης θα ορίσουν τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν στα συστήματα θέρμανσης του κτιρίου και θα συμπεριλαμβάνουν μια εκτίμηση της εξοικονόμησης, το κόστος επένδυσης καθώς και τον χρόνο αποπληρωμής.

Οι ακόλουθοι πίνακες δείχνουν τα πιθανά μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης που μπορούν να εφαρμοστούν στο σύστημα θέρμανσης. Σε κάθε πίνακα παρουσιάζονται τόσο τα μέτρα, όσο και η πιθανή εξοικονόμηση:

Επιλογή ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού:

Περιγραφή των μέτρων	Πιθανή εξοικονόμηση
Εγκατάσταση βοηθητικού ανεμιστήρα για το λέβητα χαμηλής θερμοκρασίας	Πάνω από 20%
Εγκατάσταση λέβητα συμπύκνωσης για να μειωθούν οι απώλειες του καυστήρα και της παροχής	Πάνω από 32%
Εγκατάσταση σωστά διαστασιολογημένων αντλιών	Πάνω από 5% και πρόσθετη εξοικονόμηση ηλεκτρισμό

κυκλοφορίας με ηλεκτρονική ρύθμιση ισχύος	
Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων στα σώματα	Πάω από 10%
Εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής που παράγει θερμότητα από το βασικό φορτίο και ηλεκτρισμό από τη δική του κατανάλωση	Δε γίνεται εξοικονόμηση θερμότητας αλλά υπάρχουν οφέλη από την παραγωγή ηλεκτρισμού
Εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών όπως λέβητες βιομάζας, ηλιακά συστήματα για παραγωγή ζεστού νερού	Πάνω από 50%

Πίνακας 2.1 Επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού και εξοικονόμηση

Βελτίωση της ρύθμισης:

Περιγραφή των μέτρων	Πιθανή εξοικονόμηση
Περιορισμός του σημείου αναφοράς των θερμοστατικών βαλβίδων των καλοριφέρ	Πάνω από 5%
Βελτιστοποίηση της ρύθμισης στους λέβητες (ρύθμιση της εξωτερικής θερμοκρασίας)	Πάνω από 15%
Βελτίωση της ρύθμισης στο δευτερεύον σύστημα παροχής (αντλίες, βαλβίδες ανάμειξης κτλ.)	10-20%
Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας για τη παροχή ζεστού νερού	10%
Ενεργοποίηση συστήματος διακοπής της παροχής τη νύχτα και τα Σ/Κ	Πάνω από 15%

Πίνακας 2.2 Μέτρα βελτίωσης της ρύθμισης και πιθανή εξοικονόμηση

Βελτίωση του συστήματος παροχής θερμότητας:

Περιγραφή των μέτρων	Πιθανή εξοικονόμηση
Εφοδιασμός με καλά μονωμένο σύστημα παροχής (ειδικά στους υπόγειους χώρους)	Πάνω από 10%
Μείωση της θερμοκρασίας του λέβητα ζεστού νερού σε 55-60° C	Πάνω από 5%
Βελτίωση του υδραυλικού συστήματος (υδραυλική ρύθμιση)	Πάνω από 20%
Βελτίωση της διαίρεσης του κύκλου θερμότητας, π.χ. βόρεια και νότια διαίρεση	Πάνω από 20%

Πίνακας 2.3 Βελτίωση του συστήματος παροχής θερμότητας και πιθανή εξοικονόμηση

Βελτίωση του συστήματος παροχής θερμότητας:

Περιγραφή των μέτρων	Πιθανή εξοικονόμηση
Κλείσιμο των θερμοστατικών βαλβίδων όταν φεύγουν από το χώρο εργασίας	Πάνω από 5%
Ενίσχυση της επίγνωσης σε μεθόδους που αφορούν τον αερισμό	10%

Πίνακας 2.4 Πιθανή εξοικονόμηση λόγω εκπαίδευσης των χρηστών

2.3.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

Τα συστήματα ψύξης χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό εσωτερικών χώρων έχοντας την ικανότητα να διατηρούν τη θερμοκρασία ενός χώρου σε προκαθορισμένο επίπεδο, αφαιρώντας θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα αυτόνομα κλιματιστικά συστήματα και τα κεντρικά ψυκτικά συστήματα. Τα πρώτα είναι εργοστασιακά συναρμολογημένες μονάδες που εγκαθίστανται σε κατοικίες και μικρά εμπορικά κτίρια. Εδώ ανήκουν τα ατομικά κλιματιστικά, οι αντλίες θερμότητας και οι ολοκληρωμένες κλιματιστικές μονάδες (συστήματα οροφής, κάθετα και διαιρούμενα συστήματα). Συγκριτικά με τα κεντρικά συστήματα, τα αυτόνομα έχουν μικρότερη απόδοση και διάρκεια ζωής. Η δεύτερη κατηγορία, τα κεντρικά ψυκτικά συστήματα, χρησιμοποιούνται σε μεγάλα κτίρια όπου μέσω ηλεκτρικών κινητήρων, ατμού, στροβιλοκινητήρων ή κινητήρων συμβατικών καυσίμων, ψύχουν νερό για τον κλιματισμό των χώρων.

Προτεινόμενες επεμβάσεις στα συστήματα ψύξης

➤ ***Αντικατάσταση υφιστάμενου συστήματος με σύστημα υψηλής απόδοσης***

Συστήματα άνω των 15 ετών πρέπει να αντικαθίστανται με ψυκτικά συστήματα δύο συμπιεστών, συμπιεστών μεταβλητής ταχύτητας ή ελικοειδών συμπιεστών. Πολλές φορές τα παλαιά συστήματα είναι υπερδιαστασιοποιημένα με αποτέλεσμα τη μειωμένη απόδοση τους και το αυξημένο κόστος λειτουργίας.

➤ ***Βελτιστοποίηση της μόνωσης***

Η τοποθέτηση καλύτερων μονωτικών υλικών στους ψυκτικούς θαλάμους και τα δίκτυα σωληνώσεων, σε συνδυασμό με τον περιορισμό των απωλειών από το ανοιγοκλείσιμο των θυρών, εξασφαλίζει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από 10% έως 20%.

➤ **Σχεδιασμός κτιρίου**

Όπως στη θέρμανση, το κέλυφος του κτιρίου είναι πολύ σημαντικό και έχει μεγάλη επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση της εγκατάστασης κλιματισμού. Μεγάλη σημασία θα πρέπει να δοθεί στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας (με τον περιορισμό των γυάλινων επιφανειών ή βελτιώνοντας την αποδοτικότητα του γυαλιού), την αύξηση της θερμικής μόνωσης (αύξηση της θερμικής αδράνειας) και τη μείωση της διείσδυσης του αέρα (μείωση των θερμικών φορτίων).

➤ **Εσωτερικά φορτία**

Οι απαιτήσεις για κλιματισμό εξαρτώνται από το κλίμα (ήλιος, θερμοκρασία, υγρασία), το βαθμό πληρότητας του κτιρίου, το περίβλημα του κτιρίου, το βαθμό εξαερισμού, τον τεχνικό φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Τα εσωτερικά φορτία είναι δύσκολο να μετρηθούν γιατί οι περισσότερες ενέργειες με σκοπό τη μείωση της ψυκτικής κατανάλωσης το καλοκαίρι έχουν αντίθετο αποτέλεσμα στη θερμική κατανάλωση το χειμώνα. Πράγματι, είναι σημαντικό να αυξηθεί ο φωτισμός και η αποδοτικότητα των πληροφοριακών συστημάτων (H/Y) προκειμένου να μειωθούν τα φορτία που μπορεί να είναι χρήσιμα το χειμώνα.

➤ **Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης κλιματισμού**

Ο βαθμός ενεργειακής αποδοτικότητας της λειτουργίας ενός κλιματιστικού συστήματος σε μερικά φορτία, είναι συνήθως χαμηλότερος από τον αντίστοιχο του πλήρες φορτίου. Γι' αυτόν τον λόγο δεν προτείνεται η υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος. Οι κύριοι λόγοι υπερδιαστασιολόγησης είναι οι ανάγκες άνεσης (αποδεκτή θερμοκρασία και υγρασία σε μικρούς χρόνους απόκρισης) ακόμα και κατά τη διάρκεια του πλήρους φορτίου και πιθανή μελλοντική αύξηση της δραστηριότητας που θα οδηγήσει σε αύξηση των ψυκτικών απαιτήσεων.

➤ **Επιλογή του συστήματος παραγωγής ψύξης**

Οι κατασκευαστές δίνουν το λόγο ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων. Όταν επιλέγεται το σύστημα, επιλέγεται ο εξοπλισμός με το μεγαλύτερο λόγο ενεργειακής

αποδοτικότητας. Ωστόσο, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η αποδοτικότητα των μερικών φορτίων είναι συχνά αρκετά διαφορετική από αυτή σε πλήρες φορτίο που δίνεται από τους κατασκευαστές. Αν η αποδοτικότητα σε μερικά φορτία είναι διαθέσιμη πρέπει να επιλεγεί ο εξοπλισμός που ελαχιστοποιεί την ενεργειακή κατανάλωση.

➤ **Διαστασιολόγηση του δικτύου και επιλογή των περιφερειακών μονάδων**

Για κάποιες εγκαταστάσεις, οι περιφερειακές μονάδες (ανεμιστήρες, αντλίες) μπορεί να αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό κομμάτι (περισσότερο από 50%) του λογαριασμού ρεύματος. Είναι επομένως σημαντικό να σχεδιαστούν σωστά τα δίκτυα μεταφοράς αέρα, νερού ή ψυκτικού μέσου προκειμένου να μειωθεί η πτώση πίεσης και η κατανάλωση των περιφερειακών συστημάτων. Τα περιφερειακά συστήματα θα πρέπει να επιλεγούν σε συμφωνία με τα δίκτυα και τις απαιτήσεις του συστήματος. Συστήνεται να επιλεγεί εξοπλισμός με τη μέγιστη αποδοτικότητα στις συνθήκες κανονικής λειτουργίας.

➤ **Λειτουργία και συντήρηση**

Οι μεμονωμένες τεχνικές βελτιώσεις δεν μπορούν από μόνες τους να οδηγήσουν σε υψηλές μακροπρόθεσμες αποδόσεις. Η συντήρηση και λειτουργία είναι απαραίτητη γιατί επιτρέπει την αύξηση ή τη διατήρηση των αποδόσεων, της διαθεσιμότητας, της αξιοπιστίας και κατά επέκταση τη μείωση ή τη διατήρηση των λειτουργικών δαπανών.

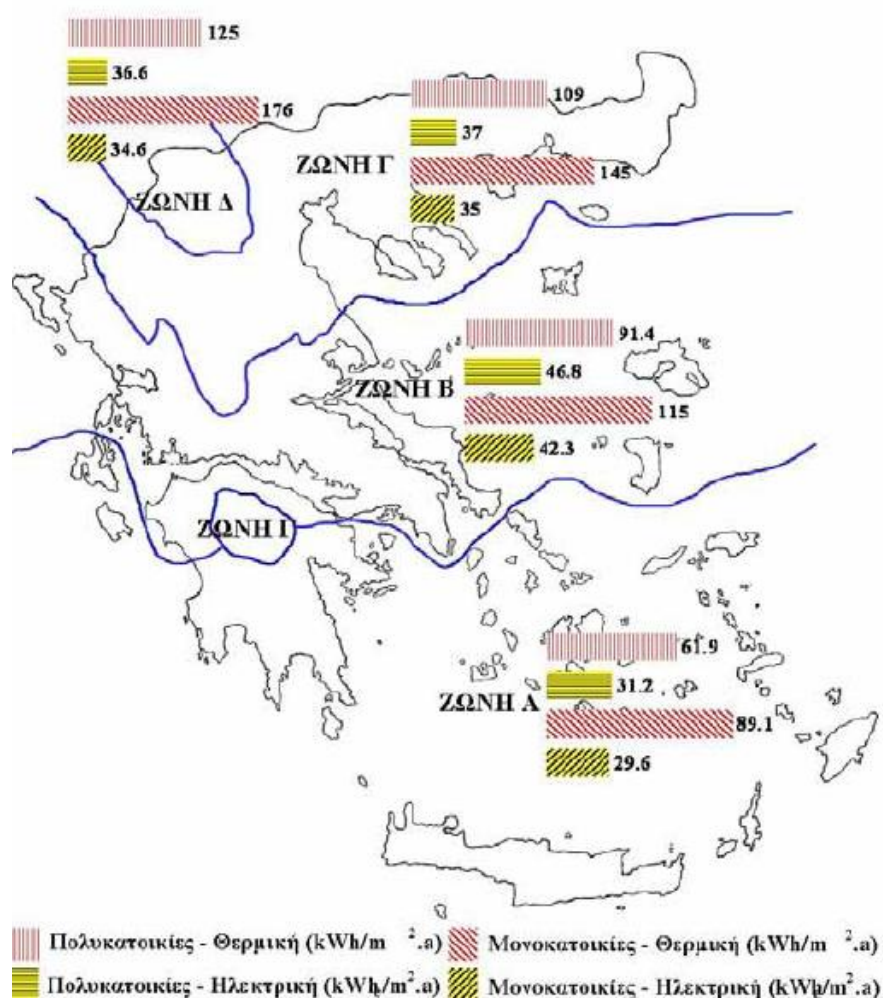
➤ **Συνεχής παρακολούθηση της απόδοσης**

Η παρακολούθηση της απόδοσης βασισμένη στην καλή μέτρηση είναι απαραίτητη για την εγκατάσταση γιατί επιτρέπει την παρακολούθηση τεχνικών βλαβών ή ενεργειακών εξελίξεων πολύ γρήγορα. Χωρίς μετρήσεις, τα προβλήματα ανακαλύπτονται πολύ αργά, όταν το πρόβλημα ήδη έχει προκαλέσει ορατά αποτελέσματα. Η εποπτεία μπορεί να συμπεριλαμβάνεται σε ένα συνολικό σύστημα ελέγχου που ονομάζεται "σύστημα ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου" (BEMS) που επιτρέπει για παράδειγμα την διαχείριση των μονάδων φωτισμού, θέρμανσης, κλιματισμού και του συστήματος συμπαραγωγής.

2.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥΣ

Σε κάθε χώρα της Ε.Ε. υπάρχουν αρκετές προτάσεις εξοικονόμησης που είναι κοινές αλλά υπάρχουν και προτάσεις που διαφέρουν. Οι κλιματικές και αρχιτεκτονικές διαφορές σε συνδυασμό με τα οικονομικά κριτήρια της κάθε χώρας οδηγούν τους ενεργειακούς επιθεωρητές στη λήψη διαφορετικών μέτρων για την ικανοποίηση των στόχων τους.

Στη χώρα μας συγκεκριμένα η αποδοτικότητα των μέτρων που εφαρμόζονται εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματολογικές διαφορές που υπάρχουν. Η Ελλάδα χωρίζεται σε 4 ζώνες ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο κάθε περιοχής. Η ζώνη στην οποία βρίσκεται μια κατοικία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση της, όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.2:



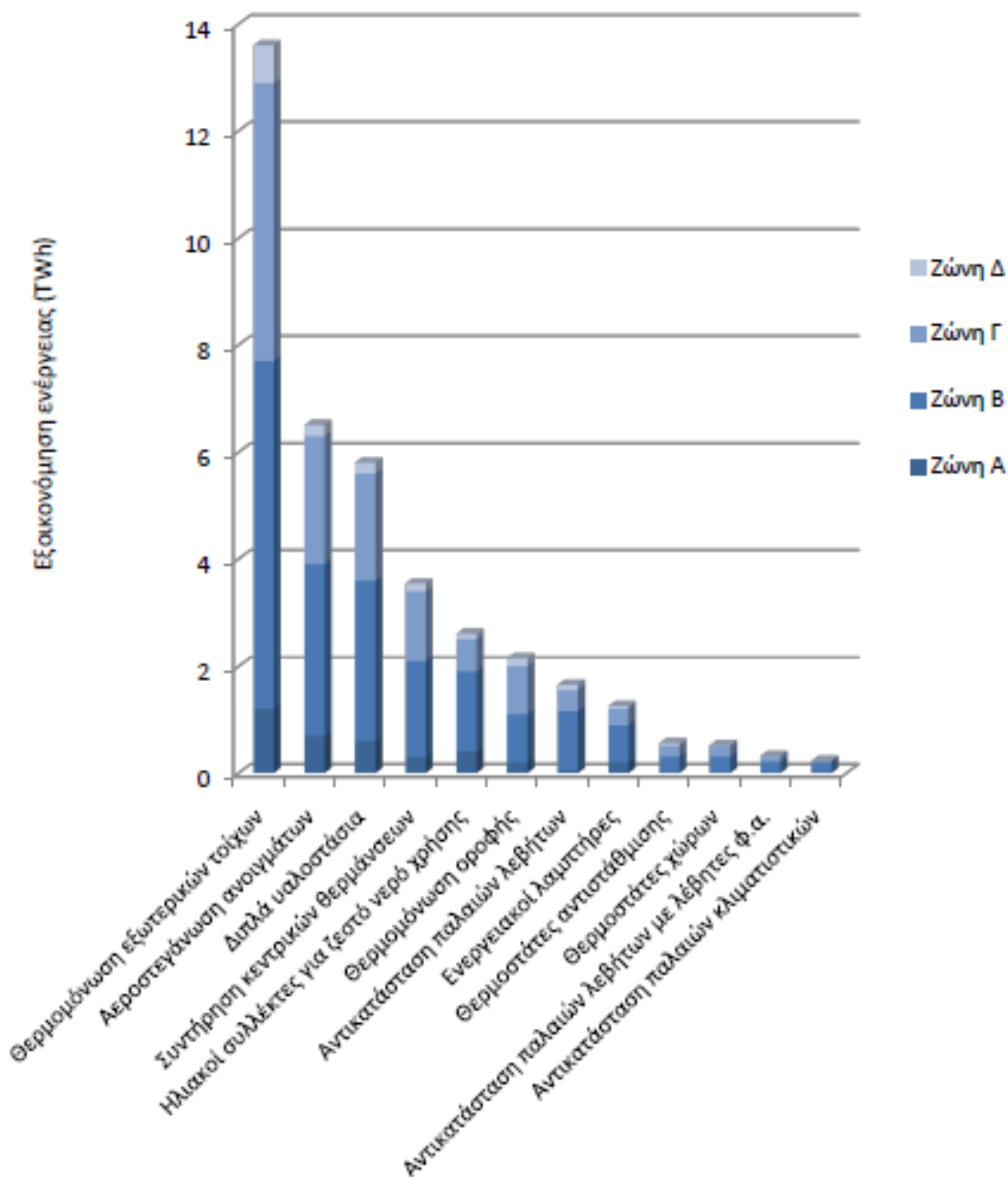
Σχήμα 2.2 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά ζώνη

Η Β. Ελλάδα έχει μεγάλες απαιτήσεις θερμικής ενέργειας λόγω πιο ψυχρού κλίματος ενώ όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια έχουμε ελάχιστα μεγαλύτερη κατανάλωση στην κεντρική Ελλάδα.

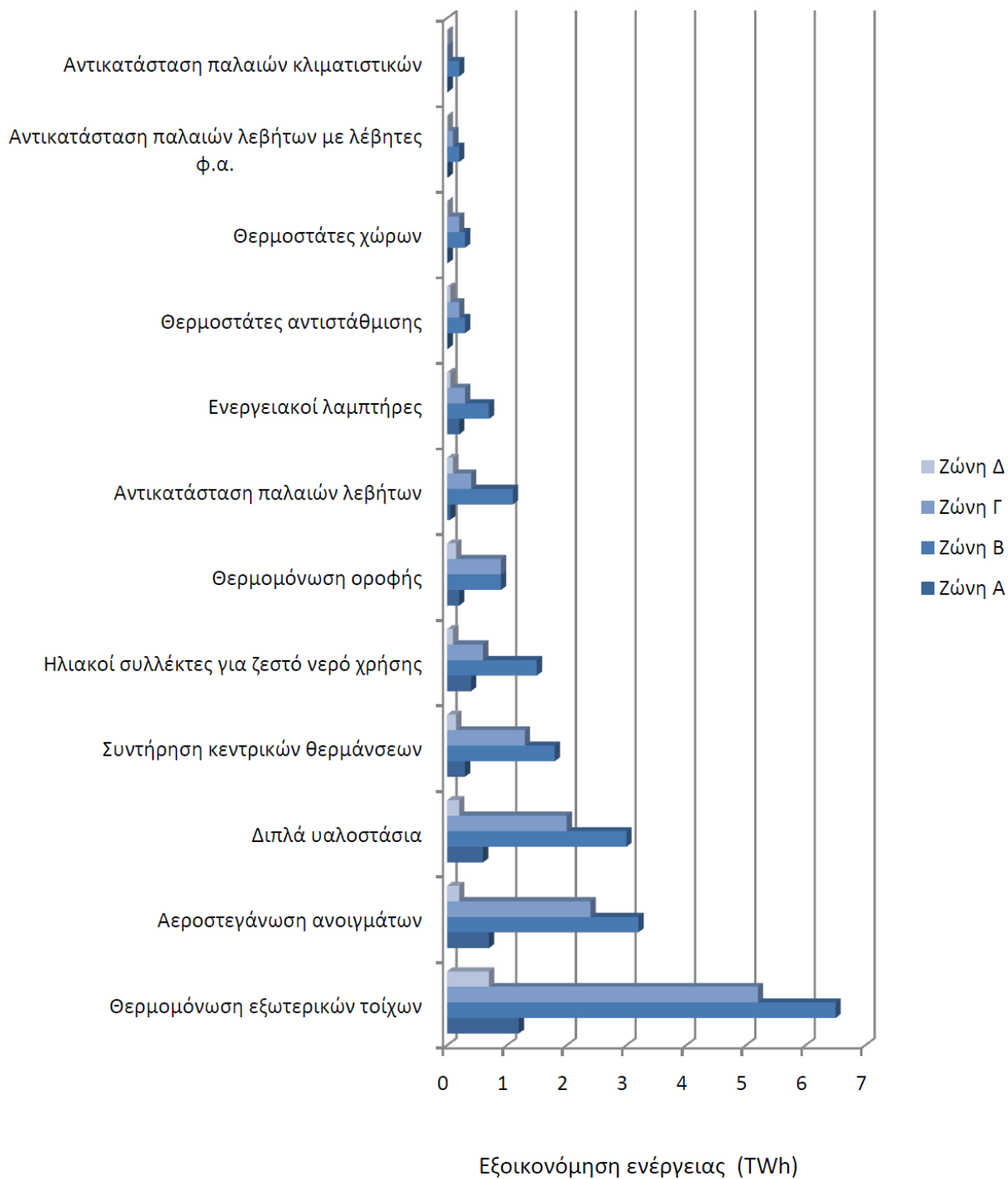
Τα πιο συχνά μέτρα εξοικονόμησης που συνηθίζονται στον Ελλαδικό τομέα είναι:

- ✚ Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων
- ✚ Θερμομόνωση οροφής
- ✚ Διπλά υαλοστάσια
- ✚ Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων
- ✚ Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων
- ✚ Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες
- ✚ Θερμοστάτες αντιστάθμισης
- ✚ Θερμοστάτες χώρων
- ✚ Εξωτερικός σκιασμός
- ✚ Ανεμιστήρες οροφής
- ✚ Νυχτερινός αερισμός
- ✚ Ηλιακοί συλλέκτες
- ✚ Ενεργειακοί λαμπτήρες
- ✚ Κεντρικά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων BMS
- ✚ Αεροστεγάνωση ανοιγμάτων
- ✚ Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει να δούμε πόσο αποτελεσματική ενεργειακά είναι κάθε παρέμβαση που μπορεί να γίνει σε κάθε μια από τις 4 κλιματικές ζώνες.



Σχήμα 2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας αναλόγως το μέτρο εφαρμογής και την κλιματική ζώνη (αθροιστικά)



Σχήμα 2.4 Εξοικονόμηση ενέργειας αναλόγως το μέτρο εφαρμογής και την κλιματική ζώνη

Παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας την έχουμε κυρίως θερμομονώνοντας το κτίριο. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην ελλιπή μελέτη θερμομόνωσης αφού μόνο το 10% των υφιστάμενων κτιρίων στην Ελλάδα έχουν μελετηθεί σωστά. Επίσης σημαντική επέμβαση είναι η συντήρηση ή η αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης. Πιο αναλυτικά η εξοικονόμηση κάθε μέτρου σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια φαίνεται στον πίνακα 2.5.

Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας	Εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας	Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας	Μείωση εκπομπών CO₂ (kg)
Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων	33 - 60 %		3573.6
Αεροστεγάνωση ανοιγμάτων	16 - 21 %		1712.2
Διπλά υαλοστάσια	14 - 20 %		1539.2
Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	10 - 12 %		951.4
Ηλιακοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης		50 - 80 %	2709.7
Θερμομόνωση οροφής	2 - 14 %		549.6
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων	15 - 17 %		438.6
Ενεργειακοί λαμπτήρες		60%	817.3
Θερμοστάτες αντιστάθμισης	2 - 3 %		156.8
Θερμοστάτες χώρων	2 - 3 %		146.9
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες φ.α.	19 - 21 %		144
Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών		65 - 75 %	93
Ανεμιστήρες οροφής		60%	78.2
Εξωτερικός σκιασμός		10 20 %	

Πίνακας 2.5 Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας και θετικές επιδράσεις τους

Εξίσου σημαντική παράμετρος είναι η οικονομική αξιολόγηση των μέτρων αυτών. Η θερμομόνωση και η αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης μπορεί να είναι τα πιο αποδοτικά μέτρα αλλά ανήκουν στις παρεμβάσεις υψηλού κόστους και οικονομικά προϋποθέτουν αρκετά χρόνια απόσβεσης. Η οικονομική αξιολόγηση τους παρουσιάζεται στον πίνακα 2.6:

Μ.Ε.Ε	Διάρκεια ζωής επένδυσης	Μέσο κόστος επένδυσης στον τριτογενή τομέα	Μέσο κόστος επένδυσης στον οικιακό τομέα
Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων	30 χρόνια	31.9 €/m ² μόνωσης	33 €/ m ² μόνωσης
Θερμομόνωση οροφής	30 χρόνια	27.1 €/ m ² μόνωσης	28 €/ m ² μόνωσης
Διπλά υαλοστάσια	30 χρόνια	156 €/ m ² υαλοστασίου	160 €/ m ² υαλοστασίου
Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	Ετήσια συντήρηση Σ.Θ.	170 - 500 €/κτίριο (για 1000 - 5000 m ²)	110 €
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων	Λέβητας πετρελαίου: 25 χρόνια	1700 - 6000 €/κτίριο (για 1000 - 5000 m ²)	1180 €/Μον. 2935 €/Πολ.
Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες Φ.Α.	25 χρόνια	1300 - 6000 €/κτίριο (για 500 - 5000 m ²)	1180€/Μον. 2935 €/Πολ.
Θερμοστάτες αντιστάθμισης	20 χρόνια	800 - 2600 €/κτίριο (για 1000 - 5000 m ²)	880 €/κτίριο
Θερμοστάτες χώρων	15 χρόνια	29.3 €/θερμοστάτη	290 €/Μον. 1500 €/Πολ.
Εξωτερικός σκιασμός	10 χρόνια	24.2 €/ m ² σκίασης	20 €/ m ² σκιάστρου
Ανεμιστήρες οροφής	10 χρόνια	48 €/ανεμιστήρα	20 €/ανεμιστήρα
Νυχτερινός αερισμός	Νυχτερινός αερισμός	0.08 €/kWh	
Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ	10 χρόνια	290 €/ m ² ηλιακό συλλέκτη	740 €/ m ² ηλιακό συλλέκτη
Ενεργειακοί λαμπτήρες	Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης: 10	0.6 €/ m ² επιφάνειας κτιρίου	1 €/ m ² επιφάνειας κτιρίου

	χρόνια		
Κεντρικά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων BMS	BMS: 10 χρόνια	14.5 €/ m ² επιφάνειας κτιρίου	
Αεροστεγάνωση ανοιγμάτων	2 χρόνια		20 €/κατοικία
Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών	Νέα κλιματιστικά: 10 χρόνια		700 €/κλιματιστικό

Πίνακας 2.6 Οικονομική αξιολόγηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας

2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- 1) Σταμάτης Δ. Πέρδιος, «Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας», ΤΣΕΛΚΑ4Δ Εκδοτική, Αθήνα.
- 2) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), «Βιοκλιματικές Εφαρμογές στην Ελλάδα».

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- 3) Γρηγόρης Μαυρίδης, Χρήστος Μιχαηλίδης, «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ», Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, 2008.
- 4) Παρασκευή Βερβέρη, «Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια», ΕΜΠ, Αθήνα, 2008.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 5) <http://www.cres.gr>
- 6) <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>
- 7) <http://www.noa.gr>
- 8) <http://www.anatoliki.gr>
- 9) <http://www.epanr.org>
- 10) <http://www.epaed.org>
- 11) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- 12) <http://www.technicalreview.gr>
- 13) <http://www.energycon.org>
- 14) <http://www.iea.org>
- 15) <http://www.buildingsplatform.eu>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- 16) Μπαλαράς Κ., «Οδηγός για εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες», Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, 2008.
- 17) Προεδρικό διάταγμα: «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα». Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ,Τεύχος Βο, Αρ. Φύλλου 1122, 17/6/2008.
- 18) Προεδρικό διάταγμα: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ,Τεύχος Αο, Αρ. Φύλλου 89, 19/5/2008.
- 19) Προεδρικό διάταγμα: «Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την Θερμομόνωσιν των κτιρίων». Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ,Τεύχος _ο, Αρ. Φύλλου 362, 4/7/1979.

ΆΛΛΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 20) Στέγγου - Σαγιά Α., Αντωνόπουλος Κ., Αγγελοπούλου Χ., «Θερμική άνεση και ενεργειακή χρήση», Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων. Αθήνα: Μάρτιος 28-30, 2008.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 3.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ
- 3.3 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
- 3.4 ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΝ
- 3.5 ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ
- 3.6 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ
- 3.7 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ
- 3.8 ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- 3.9 ΘΕΡΜΑΝΣΗ
- 3.10 ΨΥΞΗ
- 3.11 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΡΔΗ
 - 3.11.1 ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ
 - 3.11.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
 - 3.11.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ
- 3.12 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ
- 3.13 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
- 3.14 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑΣ
- 3.15 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ
- 3.16 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κτίριο τριτογενούς τομέα το οποίο θα μελετήσουμε είναι η Σχολή τεχνικής εκπαίδευσης αξιωματικών Τεχνικού στο 301 εργοστάσιο βάσεως στους Αγίους Αναργύρους Αττικής.

Το κτίριο της σχολής βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του στρατοπέδου και αποτελείται από το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Ο σκελετός του αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ οι τοίχοι του αποτελούνται από τούβλα με τριπλά επιχρίσματα. Η στέγη αποτελείται επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ το κράσπεδο από γκρο-μπετόν.

Τα δάπεδα είναι υπενδεδυμένα με μωσαϊκό, ενώ τα παράθυρα αποτελούνται από διπλά τζάμια με αλουμίνιο πλαίσιο και οι πόρτες, οι μεν εξωτερικές είναι από αλουμίνιο πλαίσιο με διπλά τζάμια, ενώ οι εσωτερικές είναι ξύλινες.

Αναλυτικότερα στοιχεία, όσων αφορά των αριθμό των πορτών και των παραθύρων σε κάθε αίθουσα θα δοθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου, συμπεριλαμβανομένου, των αριθμό και το είδος των φώτων σε κάθε τμήμα και τον αριθμό των ατόμων που απασχολούνται.

3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού λογισμικού AutoCAD της AutoDesk, σχεδιάζουμε τις κατόψεις των δύο ορόφων. Στις επόμενες δύο σελίδες, παρατίθενται τα σχέδια του πρώτου ορόφου και του ισογείου αντίστοιχα.

Για λόγους πληρότητας, τα σχέδια παρατίθενται και στο Παράρτημα «Α» σε μέγεθος χαρτιού A3 και κλίμακα 1:100.

Στο ισόγειο, υπάρχει το κλιμακοστάσιο και αποθήκες εγγράφων, ενώ στον πρώτο όροφο που μας ενδιαφέρει και περισσότερο, υπάρχουν οι αίθουσες διδασκαλίας, οι αίθουσες συγκεντρώσεως, τα γραφεία των καθηγητών και προσωπικού καθώς και τουαλέτες και κουζίνα.

Όλα τα παράθυρα είναι από αλουμίνιο με διπλά τζάμια και διαστάσεις:

- ✓ 2,80 m x 1,45 m (0,75 m από το έδαφος) → (αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες συγκεντρώσεως, χώρος συγκεντρώσεως, αποθήκες ισογείου)
- ✓ 1,76 m x 1,40 m (0,75 m από το έδαφος) → (Γραφεία καθηγητών και προσωπικού)
- ✓ 1,15 m x 0,8 m (1,4 m από το έδαφος) → (Κουζίνα, κλιμακοστάσιο και φωτοτυπικό πρώτου ορόφου)
- ✓ 0,6 m x 0,45 m (1,75 m από το έδαφος) → Τουαλέτες

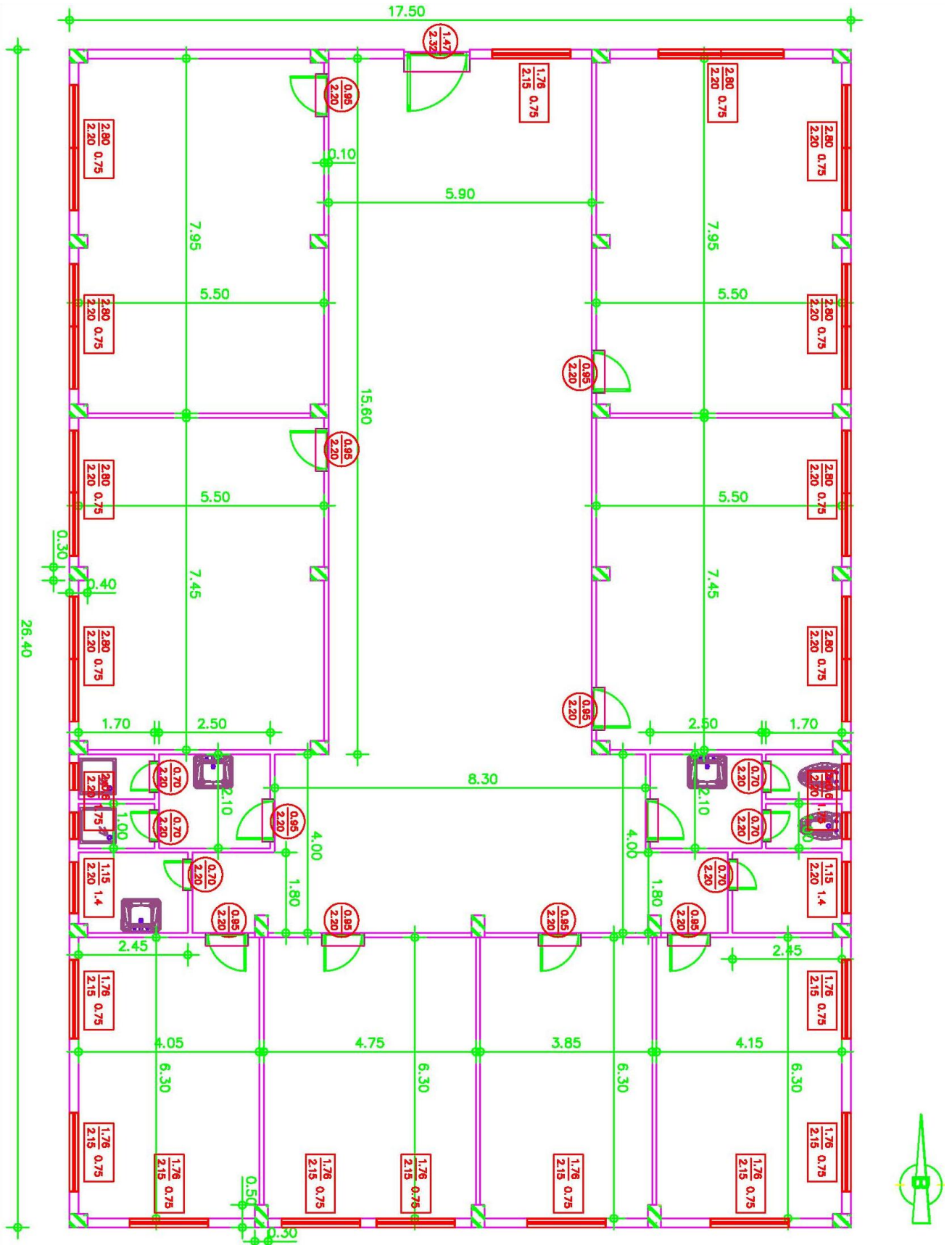
Οι εξωτερικές πόρτες είναι από αλουμίνιο με διπλά τζάμια και διαστάσεις:

- ✓ 1,47 m x 2,32 m

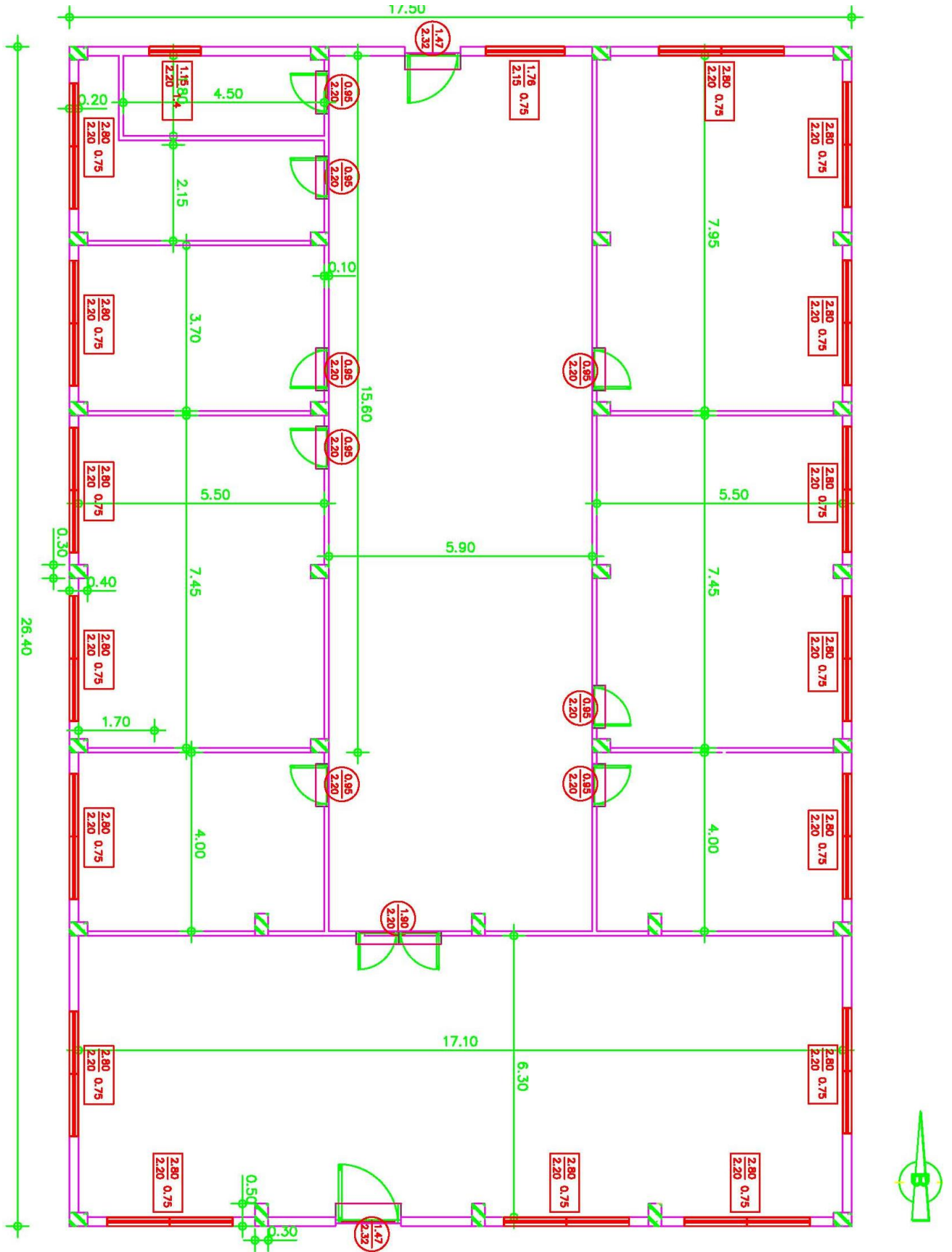
Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες χωρίς παράθυρα, και διαστάσεις:

- ✓ 0,95 m x 2,20 m → (Παντού εκτός των τουαλετών)
- ✓ 0,70 m x 2,20 m → (Στην είσοδο των τουαλετών)

Τα παραπάνω φαίνονται πιο αναλυτικά στις κατόψεις του πρώτου ορόφου και του ισογείου που ακολουθούν.



Σχήμα 3.1 Κάτοψη 1^{ου} ορόφου



Σχήμα 3.2 Κάτοψη ισογείου

3.3 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Προκειμένου να γίνει προσομοίωση του κτιρίου, το χωρίζουμε σε δέκα θερμικές ζώνες, οι οποίες αναφέρονται αναλυτικότερα παρακάτω:

α. Η ζώνη 1 αντιστοιχεί στις αίθουσες διδασκαλίας 1 & 2.

β. Η ζώνη 2 αντιστοιχεί στο χώρο συγκεντρώσεως της σχολής.

γ. Η ζώνη 3 αντιστοιχεί σε μια αίθουσα συγκεντρώσεως και στην αίθουσα των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

δ. Η ζώνη 4 αντιστοιχεί στις WC ανδρών και την κουζίνα.

ε. Η ζώνη 5 αντιστοιχεί στις WC γυναικών και το φωτοτυπικό.

ζ. Η ζώνη 6 αντιστοιχεί στην αίθουσα των καθηγητών.

στ. Η ζώνη 7 αντιστοιχεί στο γραφείο του Διοικητή της σχολής.

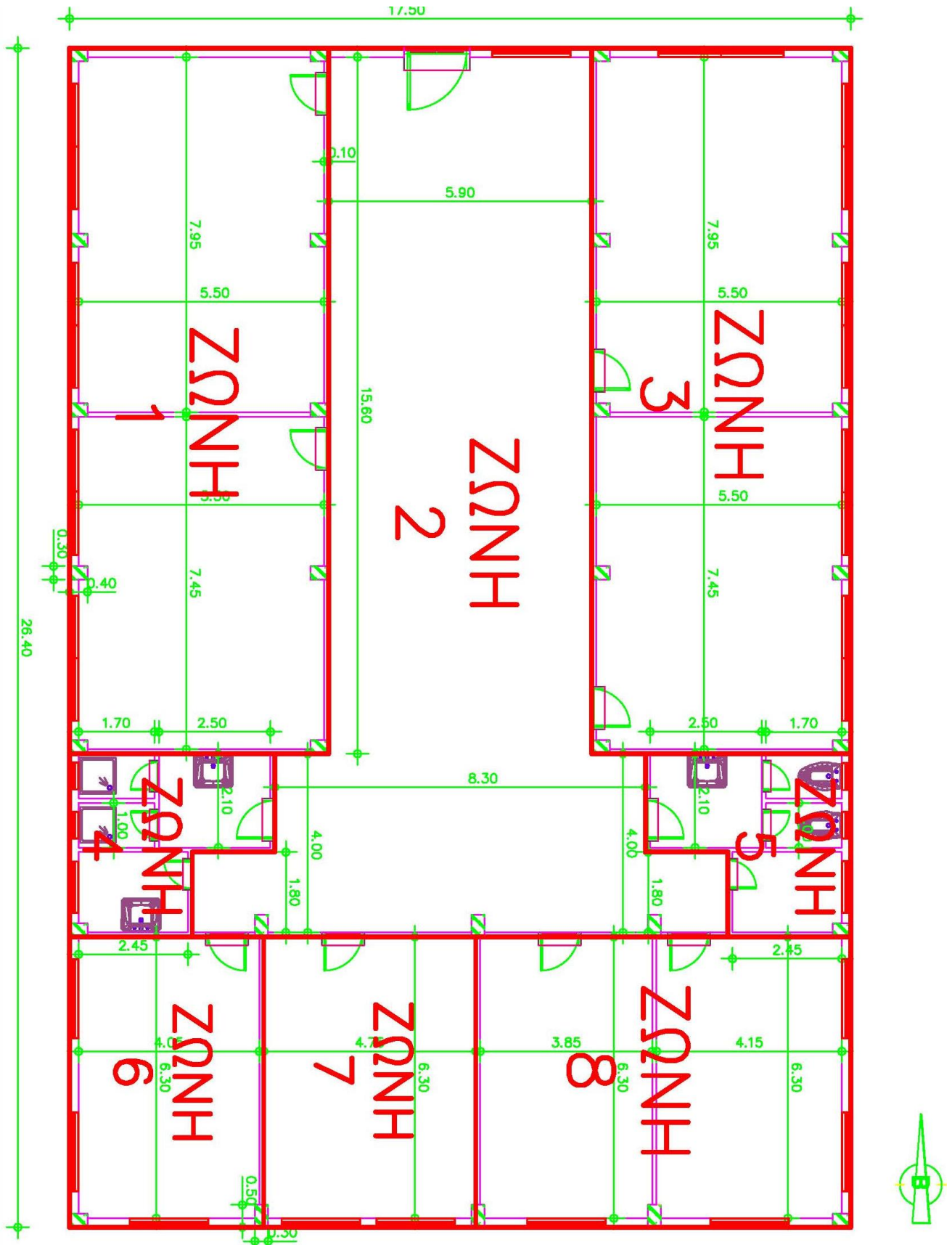
η. Η ζώνη 8 αντιστοιχεί στα γραφεία προσωπικού και εκπαίδευσης.

ι. Η ζώνη 9 αντιστοιχεί σε αποθήκες εγγράφων του ισογείου.

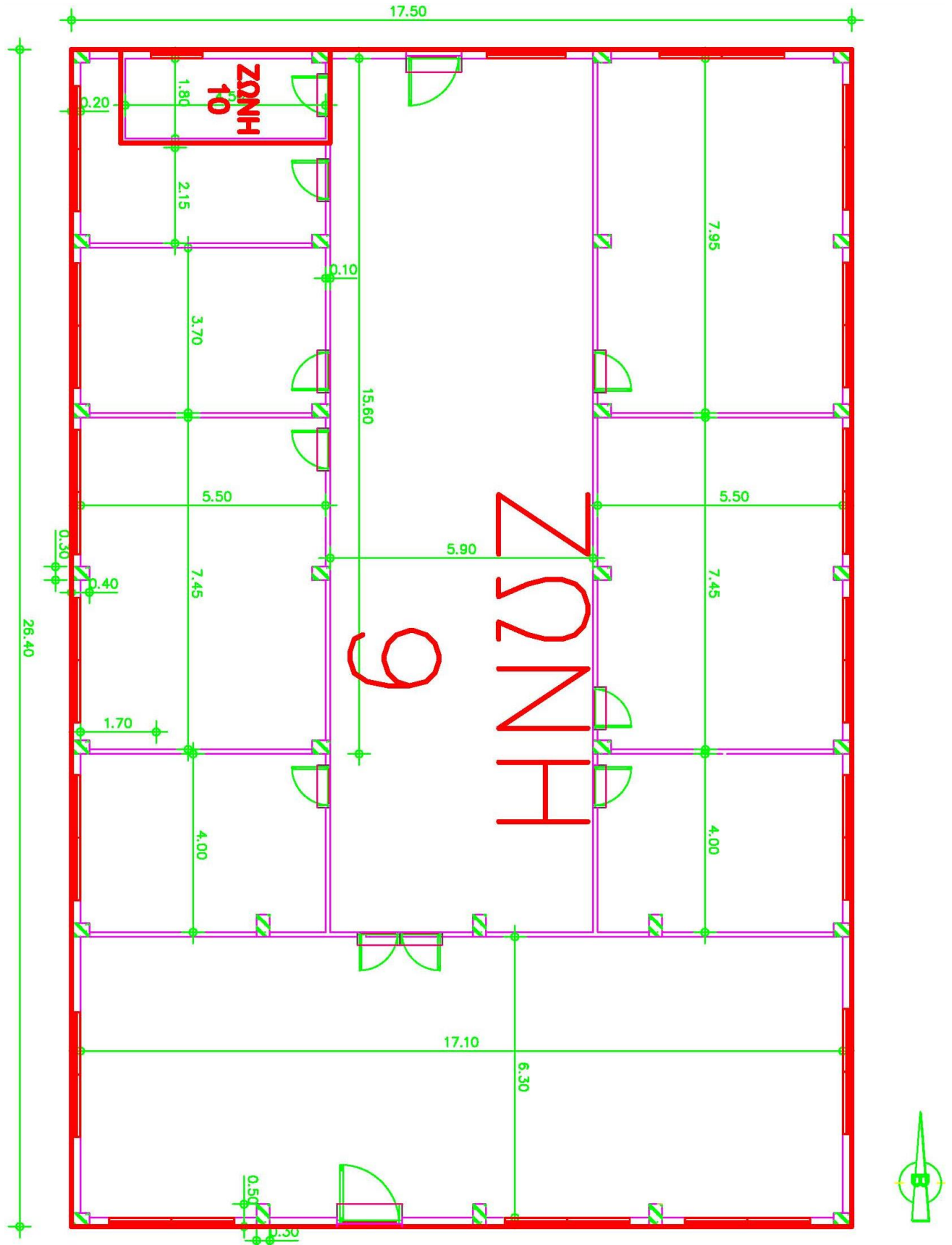
θ. Η ζώνη 10 αντιστοιχεί στο κλιμακοστάσιο.

Στις επόμενες δύο σελίδες, παρατίθενται τα σχέδια του πρώτου ορόφου και του ισογείου αντίστοιχα όπου έχουν ορισθεί με κόκκινο, έντονο χρώμα οι ζώνες του κτιρίου.

Για λόγους πληρότητας, τα σχέδια με τις θερμικές ζώνες παρατίθενται και στο Παράρτημα «Β» σε μέγεθος χαρτιού A3 και κλίμακα 1:100.



Σχήμα 3.1 Κάτοψη 1^{ου} ορόφου και ορισμός ζωνών



Σχήμα 3.2 Κάτοψη ισογείου και ορισμός ζωνών

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δέκα θερμικών ζωνών.

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΒΑΣΕΩΣ (m²)	ΚΑΘΑΡΟ ΥΨΟΣ (m)	ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΑ ΖΩΝΗΣ (m³)
ΖΩΝΗ 1	84,7	3,5	296,45
ΖΩΝΗ 2	120,9	3,5	423,15
ΖΩΝΗ 3	84,7	3,5	296,45
ΖΩΝΗ 4	13,44	3,5	47,04
ΖΩΝΗ 5	13,44	3,5	47,04
ΖΩΝΗ 6	25,5	3,5	89,25
ΖΩΝΗ 7	29,92	3,5	104,72
ΖΩΝΗ 8	50,4	3,5	176,4
ΖΩΝΗ 9	453,9	3,5	1588,65
ΖΩΝΗ 10	8,1	3,5	28,35

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά θερμικών ζωνών

3.4 ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΝ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι τοίχοι και τα στρώματα υλικών που τους αποτελούν καθώς και οι θερμικές τους ιδιότητες (Αντωνόπουλος 2007, TRNSYS 16, Volume 6, 2004, Antonopoulos 1995 και Κανονισμός Θερμομόνωσης, 1979). Η περιγραφή των υλικών γίνεται από το εσωτερικό της ζώνης προς το εξωτερικό.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΜΩΣΑΙΚΟ (MOSAIC) 0,050 m	0,72	2	800						
AIRSPACE				0,044					
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,020 m	0,1368	0,84	32		0,833	0	0	25,2	25,2
ΠΛΑΚΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (CONCRETE) 0,200 m	7,56	0,8	2400						

Πίνακας 3.2 Θερμικά χαρακτηριστικά δαπέδου (GROUND) 0,270 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ

						ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΜΩΣΑΙΚΟ (MOSAIC) 0,050 mm	0,72	2	800		0,840	0	0	25,2	25,2
AIRSPACE				0,044					
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,020 mm	0,1368	0,84	32						
ΠΛΑΚΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (CONCRETE) 0,150 mm	7,56	0,8	2400						
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,020 mm	5	1	2000						

Πίνακας 3.3 Θερμικά χαρακτηριστικά εσωτερικού δαπέδου (INTFLOOR) 0,240 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,010 mm	5	1	2000		1,206	0	0,6	25,2	72
ΠΛΑΚΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (CONCRETE) 0,150 mm	7,56	0,8	2400						
ΜΟΝΩΤΙΚΟ	0,1368	0,84	32						

ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,020 mm									
ΓΑΡΜΠΙΛΟΔΕΜΑ (G_CONCRETE) 0,060 mm	3,96	0,88	1900						

Πίνακας 3.4 Θερμικά χαρακτηριστικά οροφής (ROOF) 0,240 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,015 mm	5	1	2000		1,172	0	0	25,2	25,2
ΤΟΥΒΛΟ (BRICK) 0,060 mm	3,2	1	1800						
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,020 mm	0,1368	0,84	32						
ΤΟΥΒΛΟ (BRICK) 0,060 mm	3,2	1	1800						
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,015 mm	5	1	2000						

Πίνακας 3.5 Θερμικά χαρακτηριστικά εσωτερικού τοίχου (INTWALL) 0,170 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,015 mm	5	1	2000		1,061	0	0,6	25,2	72
ΤΟΥΒΛΟ (BRICK) 0,100 mm	3,2	1	1800						
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,020 mm	0,1368	0,84	32						
ΤΟΥΒΛΟ (BRICK) 0,100 mm	3,2	1	1800						
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,015 mm	5	1	2000						

Πίνακας 3.6 Θερμικά χαρακτηριστικά εξωτερικού τοίχου (OUTWALL) 0,250 m

3.5 ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

Αναλυτικά τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης των θερμικών ζωνών ανά κατηγορία τοίχου και ανοίγματος παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
NORTH	5,5	3,5	19,25
WEST	15,4	3,5	53,9
HORIZONTAL	-	-	84,7
ADJACENT ZONE 2	16,6	3,5	58,1
ADJACENT ZONE 4	4,2	3,5	14,7
ADJACENT ZONE 9	-	-	79,8
ADJACENT ZONE 10	-	-	8,1

Πίνακας 3.7 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 1

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
NORTH	5,9	3,5	20,65
HORIZONTAL	-	-	120,9
ADJACENT ZONE 1	16,6	3,5	58,1
ADJACENT ZONE 3	16,6	3,5	58,1

ADJACENT ZONE 4	5,75	3.5	20,13
ADJACENT ZONE 5	5,75	3.5	20,13
ADJACENT ZONE 6	1,6	3.5	5,6
ADJACENT ZONE 7	4,74	3.5	16,6
ADJACENT ZONE 8	5,41	3.5	18,95
ADJACENT ZONE 9	-	-	129

Πίνακας 3.8 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m²)
NORTH	5,5	3,5	19,25
EAST	15,4	3,5	53,9
HORIZONTAL	-	-	84,7
ADJACENT ZONE 2	16,6	3,5	58,1
ADJACENT ZONE 5	4,2	3,5	14,7
ADJACENT ZONE 9	-	-	84,7

Πίνακας 3.9 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
WEST	4	3,5	14
HORIZONTAL	-	-	13,44
ADJACENT ZONE 1	4,2	3,5	14,7
ADJACENT ZONE 2	5,75	3,5	20,13
ADJACENT ZONE 6	2,6	3,5	9,1
ADJACENT ZONE 9	-	-	13,44

Πίνακας 3.10 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 4

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
EAST	4	3,5	14
HORIZONTAL	-	-	13,44
ADJACENT ZONE 3	4,2	3,5	14,7
ADJACENT ZONE 2	5,75	3,5	20,13
ADJACENT ZONE 8	2,46	3,5	8,6
ADJACENT ZONE 9	-	-	13,44

Πίνακας 3.11 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 5

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
SOUTH	4,05	3,5	14,17
WEST	6,3	3,5	22,05
HORIZONTAL	-	-	25,5
ADJACENT ZONE 2	1,6	3,5	5,6
ADJACENT ZONE 4	2,6	3,5	9,1
ADJACENT ZONE 7	6,43	3,5	22,5
ADJACENT ZONE 9	-	-	25,5

Πίνακας 3.12 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 6

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
SOUTH	4,75	3,5	16,62
HORIZONTAL	-	-	29,92
ADJACENT ZONE 2	4,74	3,5	16,6
ADJACENT ZONE 6	6,43	3,5	22,5
ADJACENT ZONE 8	6,3	3,5	22,05
ADJACENT ZONE 9	-	-	29,92

Πίνακας 3.13 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 7

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m²)
SOUTH	8	3,5	28
EAST	6,3	3,5	22,05
HORIZONTAL	-	-	50,4
ADJACENT ZONE 2	5,41	3,5	18,95
ADJACENT ZONE 5	2,46	3,5	8,6
ADJACENT ZONE 7	6,3	3,5	22,05
ADJACENT ZONE 9	-	-	50,4

Πίνακας 3.14 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 8

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m²)
NORTH	13	3,5	45,5
WEST	26,4	3,5	92,4
EAST	26,4	3,5	92,4
SOUTH	17,5	3,5	61,25
BOUNDARY	-	-	453,9
ADJACENT ZONE 1	-	-	79,8

ADJACENT ZONE 2	-	-	129
ADJACENT ZONE 3	-	-	84,7
ADJACENT ZONE 4	-	-	13,44
ADJACENT ZONE 5	-	-	13,44
ADJACENT ZONE 6	-	-	25,5
ADJACENT ZONE 7	-	-	29,92
ADJACENT ZONE 8	-	-	50,4
ADJACENT ZONE 10	6,3	3,5	22,05

Πίνακας 3.15 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 9

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)
NORTH	4,5	3,5	15,75
BOUNDARY	-	-	8,1
ADJACENT ZONE 1	6,3	3,5	22,05
ADJACENT ZONE 9	-	-	79,8

Πίνακας 3.16 Εμβαδομέτρηση θερμικής ζώνης 10

3.6 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Τα ανοίγματα του κτιρίου περιλαμβάνουν όλα τα τμήματα των επιφανειών του όπου διακόπτεται η συνεχής τοιχοποιία και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από πόρτα ή παράθυρο.

Για τους ενεργειακούς υπολογισμούς της παρούσας προσομοίωσης λαμβάνονται υπόψη μόνο τα ανοίγματα που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτά είναι η οι κύριες είσοδοι του ισογείου και πρώτου ορόφου, η “πίσω” είσοδος του ισογείου και τα παράθυρα του πρώτου ορόφου.

Όλα τα παράθυρα και οι πόρτες έχουν τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα. Από τη σχετική βιβλιοθήκη του TRNBuild, βρίσκουμε τον διπλό υαλοπίνακα Pilkington OPTITHERM S Coating #3 4/16/4, με αργό, με τις παρακάτω θερμικές ιδιότητες.

Συντελεστής Θερμοπερατότητας u-value (W/m²K)	1.06
Συνολική Διαπερατότητα Ηλιακής Ενέργειας g-value	0.586
Οπτική Διαπερατότητα T_{sol}	0.485
Ανακλαστικότητα T_{Rsol}	0.269
Ορατή Οπτική Διαπερατότητα T_{vis}	0.769

Πίνακας 3.17 Θερμικές ιδιότητες υαλοπίνακα

που αποτελεί μια ικανοποιητική παραδοχή για τη δεδομένη προσομοίωση.

Το πλαίσιο του παραθύρου αποτελεί το 15% του ανοίγματος, ενώ της πόρτας το 20% και είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο (ID spacer: Aluminum ASHRAE metallic).

Στη συνέχεια, παραθέτουμε έναν πίνακα με το ποσοστό κάλυψης των ανοιγμάτων σε σχέση με τους εξωτερικούς τοίχους.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (m²)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ (m²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ (%)
ΒΟΡΡΑΣ (N)	122,5	13,3448	10,89
ΔΥΣΗ (W)	184,8	23,548	12,74
ΝΟΤΟΣ (S)	122,5	15,7304	12,84
ΑΝΑΤΟΛΗ (E)	184,8	22,628	12,24

Πίνακας 3.18 Ποσοστό κάλυψης ανοιγμάτων

3.7 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ

Με τον όρο διείσδυση αέρα προσδιορίζουμε την ανεξέλεγκτη κίνηση του εξωτερικού αέρα προς το εσωτερικό ενός κτιρίου μέσα από αρμούς κουφωμάτων, τοίχων, δαπέδων και οροφών. Η διείσδυση αυτή είναι συνεχής όλο το εικοσιτετράωρο και αναφέρεται στην εισροή ψυχρού αέρα το χειμώνα και θερμού το καλοκαίρι.

Στο TRNBuild η διείσδυση έχει μονάδα μέτρησης την αλλαγή αέρα ανά ώρα (air change per hour - ach). Η μονάδα αυτή δείχνει πόσες φορές άλλαξε ο αέρας που περιέχεται στο χώρο με νωπό αέρα μέσα σε μια ώρα. Έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα (ASHRAE, 1997 και TRNSYS 16, Volume 6, 2004) στην παρούσα προσομοίωση τίθεται ίδια διείσδυση του αέρα ανά ζώνη (0,5 1/h).

Οι τιμή αυτή είναι σταθερή (constant value) για όλη τη διάρκεια της ημέρας και αποτελεί μια ικανοποιητική παραδοχή για τη δεδομένη προσομοίωση.

Στην πράξη όμως, η τιμή της διείσδυσης του αέρα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και η μεταβολή της εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως διακύμανση της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του ανέμου, κλπ.

3.8 ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Η έννοια αερισμός αναφέρεται στη διαδικασία παροχής ή αφαίρεσης αέρα με φυσικά ή μηχανικά μέσα προς και από οποιοδήποτε χώρο. Ο αέρας αυτός μπορεί να κλιματίζεται ή όχι. Το παρόν κτίριο έχει μόνο φυσικό αερισμό οπότε η θερμοκρασία της ροής του αέρα και η σχετική του υγρασία τίθενται ίσες με αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Όπως και η διείσδυση έτσι και ο αερισμός στο TRNBuild έχει μονάδα μέτρησης την αλλαγή αέρα ανά ώρα (air change per hour - ach).

Ο αερισμός των θερμικών ζωνών μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή και παρουσιάζεται αμέσως παρακάτω:

ΑΕΡΙΣΜΟΣ		
ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	07:00	0.00
07:00	15:00	2.00
15:00	24:00	0.00

Πίνακας 3.19 Αερισμός

3.9 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Ο όρος θέρμανση αναφέρεται στο σύστημα ή τα συστήματα που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να αυξήσουν τη θερμική ενέργεια όλων ή ορισμένων χώρων του, προκειμένου να διατηρούνται σε αυτούς κάποιες επιλεγμένες θερμοκρασίες που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν λόγω ροής θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Στο κτίριο μας, ο λέβητας που βρίσκεται στο κλιμακοστάσιο (Ζώνη 10) έχει ονομαστική ισχύ 180 KW και είναι τύπου «ΘΕΡΜΙΣ» ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3.3 Τύπος λέβητα κτιρίου

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κατανομές των KW στις θερμικές ζώνες, λαμβάνοντας υπόψη ότι για θέρμανση διατίθενται 150 KW και επιπλέον 10 KW σε θερμοσίφωνο στην κουζίνα του πρώτου ορόφου. Άρα, επιβεβαιώνεται ότι ο λέβητας επαρκεί για τη κάλυψη των αναγκών και έχει ένα πλεόνασμα της τάξης των 20 KW.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (KW)	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (KJ/h)
1	25	90000
2	40	144000
3	25	90000
4	20	72000
5	10	36000
6	10	36000
7	10	36000
8	20	72000
9	0	0
10	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	160	576000

Πίνακας 3.20 Θέρμανση κτιρίου

Η θέρμανση των θερμικών ζωνών μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή με παρόμοιο τρόπο με τον αερισμό των θερμικών ζωνών από τις 7:00 έως και τις 15:00. Η εντολή που χρησιμοποιούμε είναι η "USE".

3.10 ΨΥΞΗ

Ο όρος ψύξη, κατά αντιστοιχία με τον όρο θέρμανση, αναφέρεται στο σύστημα ή τα συστήματα που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να μειώσουν τη θερμική ενέργεια όλων ή ορισμένων χώρων του προκειμένου να διατηρούνται σε αυτούς κάποιες επιλεγμένες θερμοκρασίες που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν λόγω ροής θερμότητας από τις εσωτερικές πηγές και το εξωτερικό περιβάλλον.

Στο παρόν κτίριο έχουμε ψύξη σε συγκεκριμένες θερμικές ζώνες με κλιματιστικά, η οποία παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΨΥΞΗ (BTU/h)	ΨΥΞΗ (KJ/h)
1	4 x 9000 = 36000	37951
3	3 x 9000 + 1 x 12000 = 39000	41114
6	2 x 9000 = 18000	18976
7	1 x 9000 = 9000	9488
8	1 x 12000 = 12000	12650
ΣΥΝΟΛΟ	114000	120179

Πίνακας 3.21 Ψύξη κτιρίου

Ορίζουμε με παρόμοιο τρόπο με την θέρμανση, όπου τα κλιματιστικά λειτουργούν όταν η θερμοκρασία των χώρων υπερβαίνει τους 26 °C και η σχετική υγρασία θα έχει τιμή 50%.

Η ψύξη των θερμικών ζωνών μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή με παρόμοιο τρόπο με τη θέρμανση των θερμικών ζωνών από τις 7:00 έως και τις 15:00. Η εντολή που χρησιμοποιούμε είναι η "USE".

3.11 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Τα εσωτερικά κέρδη προσδιορίζουν τα ποσά θερμότητας που εισέρχονται σε ένα κτίριο από τις εσωτερικές του πηγές. Οι εσωτερικές θερμικές πηγές διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: το μεταβολισμό των ενοίκων και των επισκεπτών του κτιρίου, τον τεχνητό φωτισμό, τις ηλεκτρικές συσκευές και τα μηχανήματα που λειτουργούν μέσα σε αυτό.

3.11.1 ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολισμός είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο σώμα. Οι αντιδράσεις αυτές προωθούνται από βιολογικούς καταλύτες και τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται ή απελευθερώνονται είναι μικρά. Σκοπός τους είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 36.7°C . Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του χώρου οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν συνεχώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον (αισθητή θερμότητα). Οι τρόποι συναλλαγής θερμότητας ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον του περιλαμβάνουν αγωγή (πατάει στο έδαφος), μεταφορά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ακτινοβολία και λανθάνουσα θερμότητα (λόγω ιδρώτα, αναπνοής και διαπνοής).

Έτσι στο TRNBuild μοντελοποιούμε το κέρδος λόγω του μεταβολισμού εισάγοντας το ωράριο της παρουσίας των ανθρώπων στη ζώνη και το είδος της δραστηριότητας που συνήθως εκείνοι εκτελούν μέσα σε αυτή κατά ISO 7730. Τα μοντέλα που προσομοιώνουν τα κέρδη του μεταβολισμού στην παρούσα μελέτη, για κάθε ζώνη, παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (TOTAL ADJUSTED HEAT) W	ΑΙΣΘΗΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (SENSIBLE HEAT) W	ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (LATENT HEAT) W
1	20	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΙ ΕΛΑΦΡΑ ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΓΡΑΦΟΝΤΑΣ	120	65	55
2	2	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΙ ΕΛΑΦΡΑ ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΔΑΚΤΥΛΟΓΡΑΦΩΝΤΑΣ	150	75	75

3	8	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΙ ΕΛΑΦΡΑ ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΓΡΑΦΟΝΤΑΣ	120	65	55
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	1	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΣ ΞΕΚΟΥΡΑΣΤΑ	100	60	40
7	1	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΣ ΕΛΑΦΡΑ ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΓΡΑΦΟΝΤΑΣ	120	65	55
8	4	ΚΑΘΙΣΜΕΝΟΙ ΕΛΑΦΡΑ ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΔΑΚΤΥΛΟΓΡΑΦΩΝΤΑΣ	150	75	75
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-

Πίνακας 3.22 Μεταβολισμός θερμικών ζωνών

Ο μεταβολισμός των θερμικών ζωνών μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή με παρόμοιο τρόπο με τη θέρμανση των θερμικών ζωνών από τις 7:00 έως και τις 15:00. Η εντολή που χρησιμοποιούμε είναι η "USE".

3.11.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Με τον όρο τεχνητός φωτισμός εννοείται το σύνολο των στοιχείων (λαμπτήρες, διακόπτες, καλώδια κλπ.) που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να αυξήσουν την οπτική ικανότητα του ανθρώπου μέσα σε αυτό. Το επίπεδο της οπτικής άνεσης σε ένα χώρο καθορίζεται με βάση τα διεθνή πρότυπα.

Στο κτίριο μας υπάρχουν λαμπτήρες που θα λειτουργούν κατά τις πρωινές ώρες που θα λειτουργεί και η σχολή (7:00 – 15:00) σε ποσοστό 10 % για τον πρώτο όροφο και σε ποσοστό 2% για το ισόγειο που χρησιμοποιείται ελάχιστα.

Τα μοντέλα που προσομοιώνουν τον τεχνητό φωτισμό στην παρούσα μελέτη, για κάθε ζώνη, παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ (W/m ²)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΛΥΨΗΣ (m ²)
1	10	84,7
2	10	120,9
3	10	84,7
4	5	13,44
5	5	13,44
6	10	25,5
7	10	29,92
8	10	50,4
9	5	100
10	5	8,1

Πίνακας 3.23 Τεχνητός φωτισμός θερμικών ζωνών

3.11.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

Οι ηλεκτρικές συσκευές που λαμβάνουμε υπόψη μας στη μελέτη είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι εκτυπωτές και το φωτοτυπικό που υπάρχει στη ζώνη 5. Αναλυτικά έχουμε τον ακόλουθο πίνακα:

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ
3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΜΕ ΜΟΝΙΤΟΡ 140 W	12
5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΜΕ ΕΓΧΡΩΜΟ ΜΟΝΙΤΟΡ 230 W	1
6	ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ 50 W	1
7	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΜΕ ΕΓΧΡΩΜΟ ΜΟΝΙΤΟΡ 230 W	1
8	ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ 80 W	4

Πίνακας 3.24 Ηλεκτρικές συσκευές θερμικών ζωνών

Η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών των θερμικών ζωνών μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή με παρόμοιο τρόπο με τη θέρμανση και τη ψύξη των θερμικών ζωνών από τις 7:00 έως και τις 15:00. Η εντολή που χρησιμοποιούμε είναι η "USE".

3.12 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η άνεση ορίζεται ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας του ανθρώπου. Το αίσθημα κάθε ανθρώπου για θερμική άνεση είναι βέλτιστο όταν η παραγωγή της εσωτερικής θερμότητας ισούται με τις θερμικές απώλειες του σώματος. Στον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης συμμετέχουν τα εξής μεγέθη: παράγοντας ένδυσης, μεταβολικός ρυθμός, εξωτερική εργασία και σχετική ταχύτητα αέρα.

Η ένδυση παρέχει στον άνθρωπο θερμική μόνωση από το περιβάλλον του η οποία μετράται σε clo δηλαδή m^2K/W .

Η τιμή του μεταβολισμού είναι το ποσό της ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου κατά την καύση της τροφής και επηρεάζεται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου. Η μονάδα μέτρησης του μεταβολισμού είναι το met δηλαδή watt ανά m^2 του σώματος. Ένα met είναι η τιμή μεταβολισμού ενός καθιστού ανθρώπου που αναπαύεται και ισούται με $58 W/m^2$.

Η εξωτερική εργασία λαμβάνει συνήθως τιμές κοντά στο μηδέν.

Η κίνηση του αέρα επιδρά επίσης στο αίσθημα της θερμικής άνεσης μέσα σε ένα εσωτερικό χώρο. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος κάθε αύξηση της ταχύτητας του αέρα συμβάλλει προς την κατεύθυνση της άνεσης.

Στον επόμενο πίνακα παρατίθεται το μοντέλο άνεσης που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση. Οι τιμές ορίζονται κατά ISO 7730 μέσα από τη βιβλιοθήκη του TRNBuild.

Μοντέλα Θερμικής Άνεσης για το Χειμώνα	
Παράγοντας Ένδυσης Clothing factor (clo)	0,8
Μεταβολικός Ρυθμός Metabolic rate (met)	1,6
Εξωτερική Εργασία External work (met)	0
Σχετική Ταχύτητα Αέρα Relative air velocity (m/s)	0,3

Πίνακας 4.1 Θερμική άνεση

3.13 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο παρόν κτίριο βρίσκεται στους Αγίους Αναργύρους, στην ευρύτερη περιοχή στην Αθήνα. Η περιοχή της Αθήνας ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Τα απαιτούμενα κλιματικά δεδομένα προσδιορίζονται με χρήση του προγράμματος METEONORM. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των Σταθμών που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για τον υπολογισμό των τιμών των επιθυμητών παραμέτρων καθώς και η κλιματική ζώνη της κάθε πόλης σύμφωνα με αυτό. Έτσι η κατηγορία III,3 αναφέρεται σε ήπιο ηπειρωτικό κλίμα και η κατηγορία IV,1 σε μεσογειακό κλίμα με υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια.

Πόλη	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Υψόμετρο	Κλιματική Ζώνη του METEONORM
Αθήνα	37.967	23.717	107	IV,1

Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες του Μετεωρολογικού Σταθμού στη Αθήνα του METEONORM

Από την επιλογή Μετεωρολογικοί Σταθμοί (Stations) και αναζητώντας την πόλη Αθήνα εμφανίζονται δύο επιλογές Athinai και Athinai/Hellenkion. Από αυτές επιλέγεται η πρώτη καθώς προσδιορίζει καλύτερα τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής προσομοίωσης. Επίσης, στο πεδίο τοποθεσίας (Situation) δίνεται η επιλογή city, δηλαδή αυτή που μοντελοποιεί τις κλιματικές συνθήκες κέντρου πόλεως με περισσότερους από 100.000 κατοίκους.

Προσδιορίζεται έτσι μια τοποθεσία ορισμένη από τον χρήστη (Userdefined site). Το μοντέλο που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια είναι του Perez, ενώ η μορφή που σώζονται τα αποτελέσματα του προγράμματος (Outputs) είναι αυτή που συμβαδίζει με το TRNSYS και συγχρόνως εξυπηρετεί τους σκοπούς της προσομοίωσης. Έτσι επιλέγεται η μορφή TMY2. Το τελικό πλαίσιο διαλόγου που ολοκληρώνει τη διαδικασία εικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 3.3 Κλιματικά δεδομένα Αθήνας, METEONORM
(Πηγή: METEONORM)

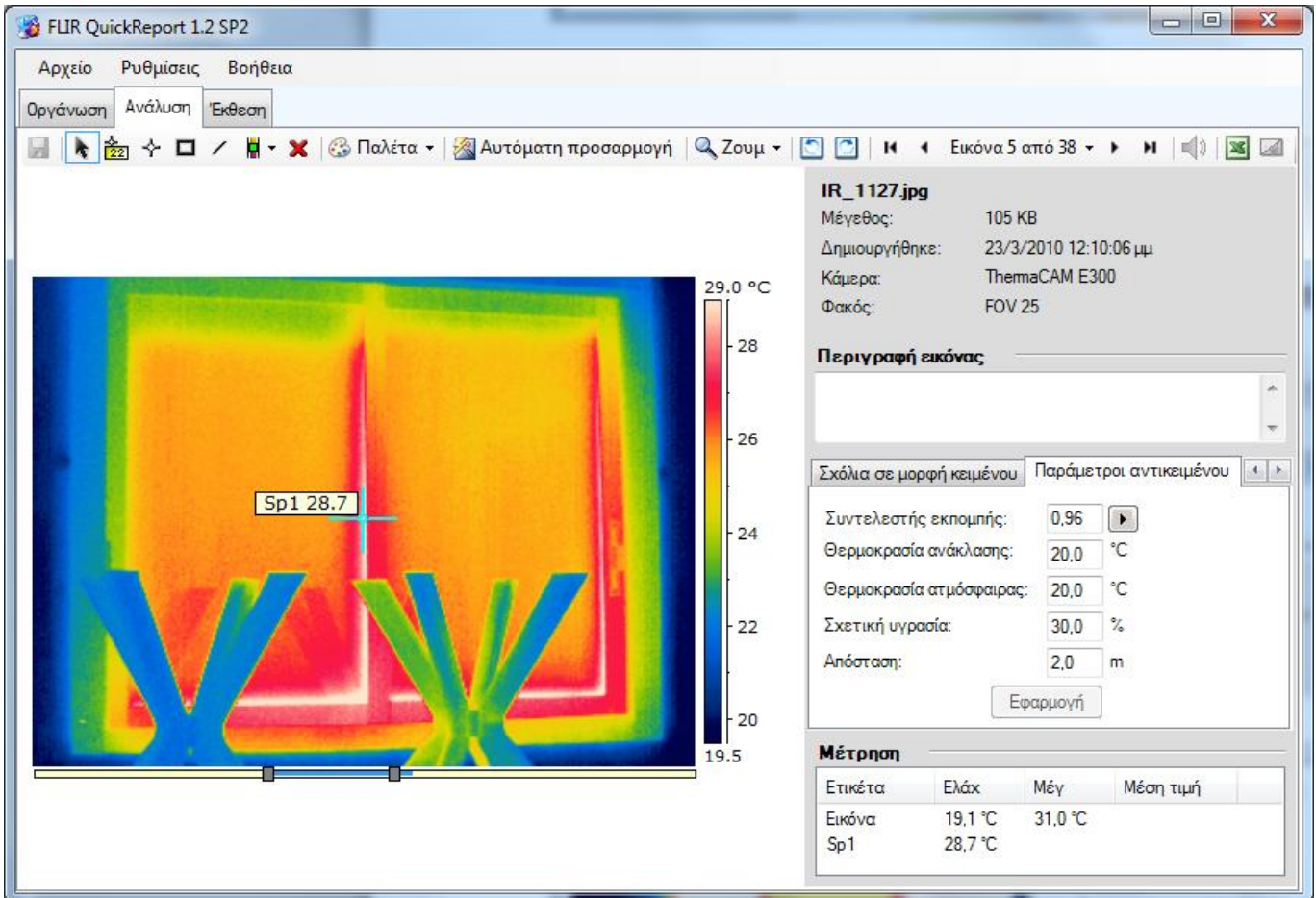
Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των παραμέτρων όπως υπολογίζονται από το πρόγραμμα.

Μήνας	Ολική Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Global horizontal (W/m^2)	Διάχυτη Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Diffuse horizontal (W/m^2)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος Temperature ambient ($^{\circ}C$)	Ταχύτητα Αέρα Wind Speed (m/s)	Σχετική Υγρασία Relative Humidity (%)
Ιανουάριος	82	45	9.3	5.1	70
Φεβρουάριος	114	58	9.8	6.7	69
Μάρτιος	164	82	11.7	5.1	66
Απρίλιος	219	106	15.5	4.6	59
Μάιος	269	104	20.2	4.1	54
Ιούνιος	297	112	24.6	4.6	49
Ιούλιος	299	101	27	4.6	46
Αύγουστος	271	91	26.6	4.6	47
Σεπτέμβριος	216	82	23.3	4.6	54
Οκτώβριος	148	63	18.3	6.2	64
Νοέμβριος	99	48	14.4	4.6	71
Δεκέμβριος	74	38	11.1	5.1	71
Ετήσιος Μέσος Όρος	188	78	17.7	5.0	60

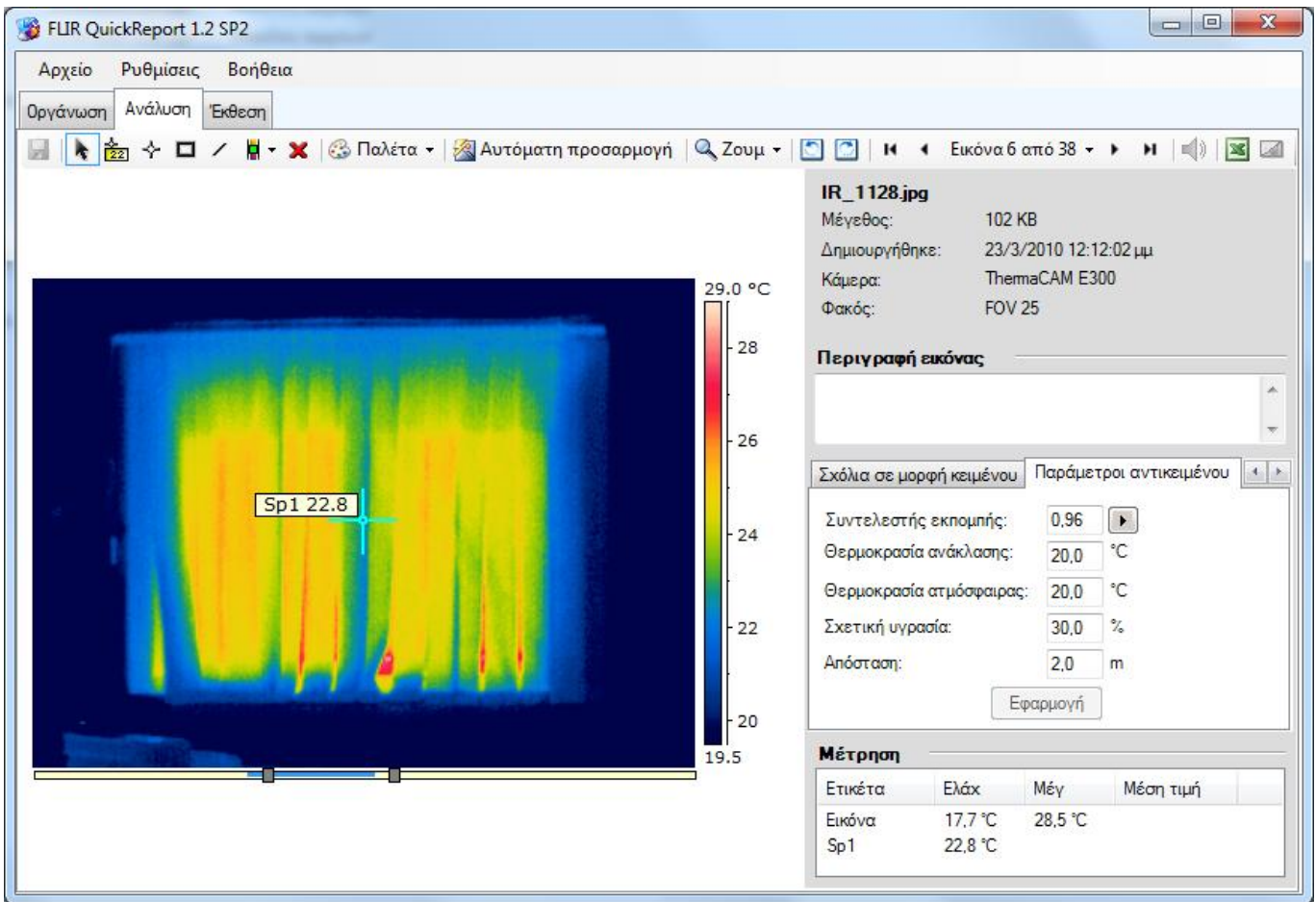
Πίνακας 4.3 Συντεταγμένες του Μετεωρολογικού Σταθμού στη Αθήνα του ΜΕΤΕΟΝΟΡΜ

3.14 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑΣ

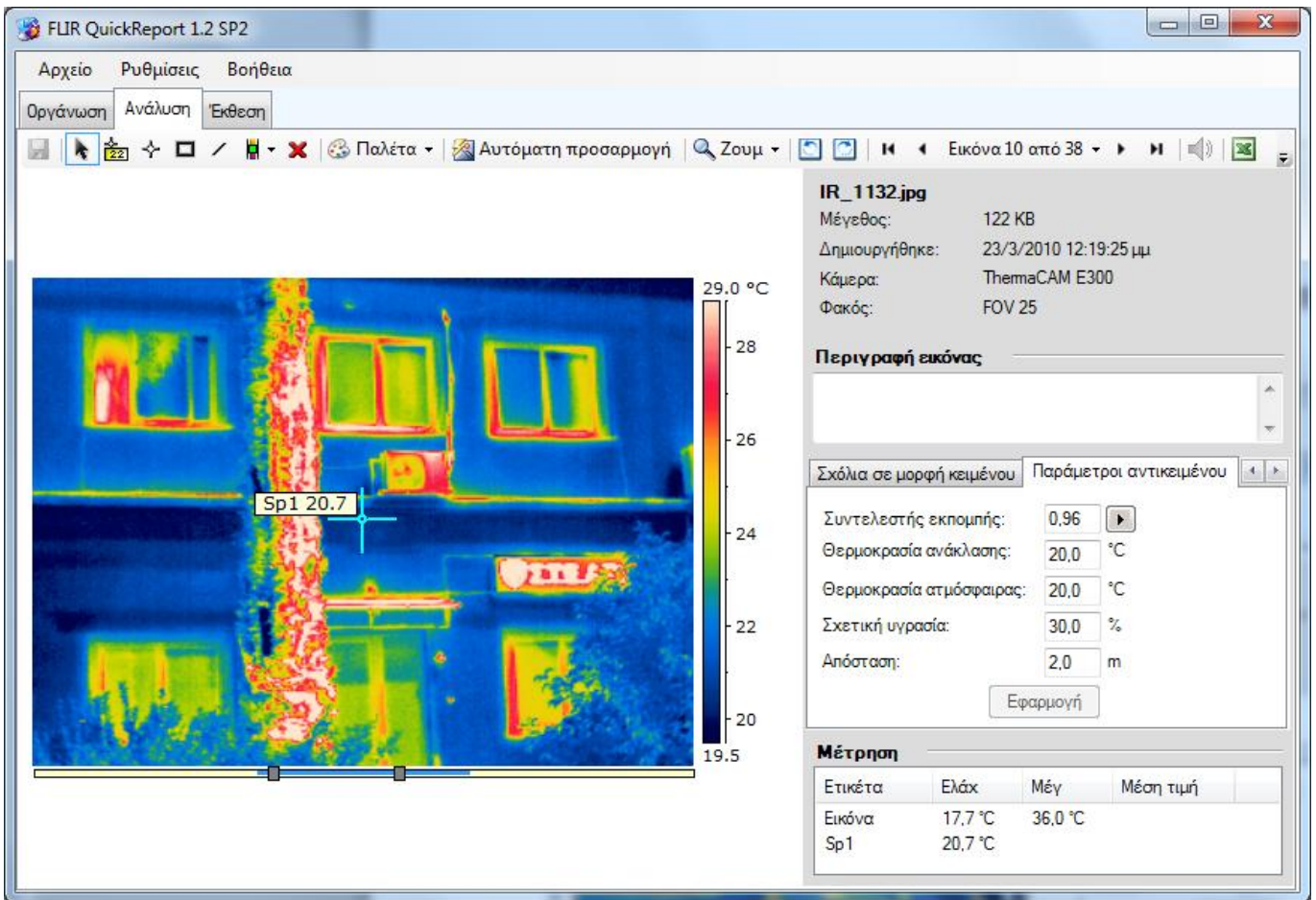
Στις 13/03/2010 λήφθηκαν φωτογραφίες θερμοκάμερας του κτιρίου στις ώρες 12:10 – 12:21. Οι φωτογραφίες αυτές επεξεργάζονται με το πρόγραμμα QuickReport v1.2 της FLIR Systems. Αμέσως παρακάτω παρατίθενται οι συγκεκριμένες φωτογραφίες:



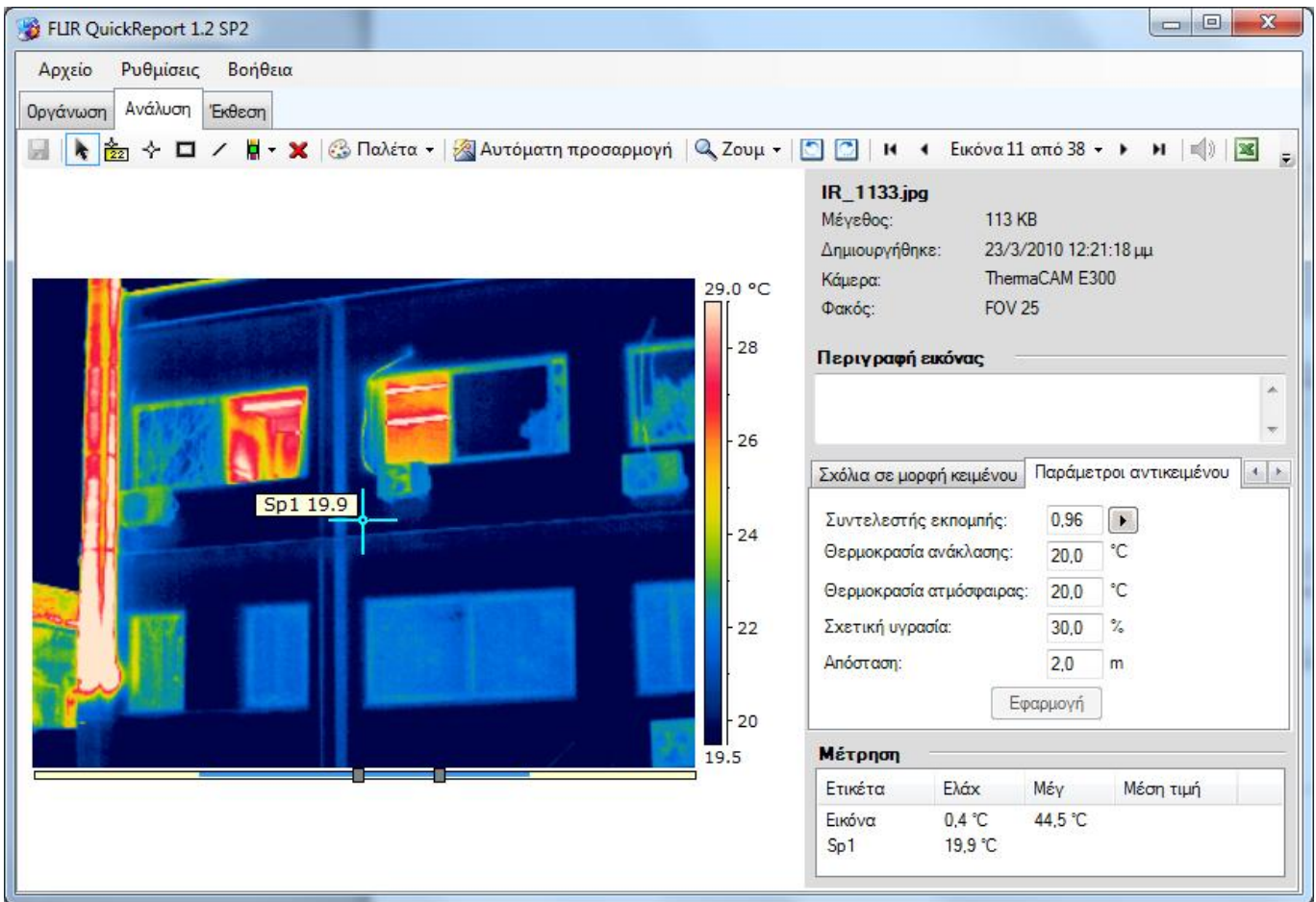
Σχήμα 3.4 Φωτογραφία θερμοκάμερας εξωτερικού παραθύρου



Σχήμα 3.5 Φωτογραφία θερμοκάμερας εξωτερικού παραθύρου με κουρτίνα



Σχήμα 3.6 Φωτογραφία θερμοκάμερας της εισόδου του κτιρίου



Σχήμα 3.7 Φωτογραφία θερμοκάμερας της δυτικής πλευράς του κτιρίου

3.15 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ

Οι ηλεκτρικές καταναλώσεις όλου του στρατοπέδου αλλά και του κτιρίου που μας ενδιαφέρει, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

ΜΗΝΑΣ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟΥ (KWh)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ (2%) (KWh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	81600	1632
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100800	2016
ΜΑΡΤΙΟΣ	91200	1824
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	98400	1986
ΜΑΙΟΣ	55200	1104
ΙΟΥΝΙΟΣ	72000	1440
ΙΟΥΛΙΟΣ	84000	1680
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	79200	1584
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	64800	1296
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	62400	1248
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	81600	1632
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	86000	1720
ΣΥΝΟΛΟ	957200	19144

Πίνακας 4.4 Ηλεκτρικές καταναλώσεις όλου του στρατοπέδου και του κτιρίου
(Πηγή: ΔΕΗ, 2009)

Το συνολικό κόστος για όλο το στρατόπεδο είναι: 120.635 €. Ενώ για το κτίριο μας είναι: 2.412,7 €

3.16 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- 1) Χρ. Τζιβανίδης, «Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων», Καθηγητής ΕΜΠ.
- 2) Κ. Αντωνόπουλος, «Κλιματισμός – Μέρος πρώτο», Καθηγητής ΕΜΠ.
- 3) Antonopoulos K., Tzivanidis C. (1995). «*Energy – The International Journal. Time constants of Greek buildings*», 20: 789-802.
- 4) Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D. (2007). «*Building and Environment. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*», 42:1298-1314.
- 5) Στέγγου - Σαγιά Α. (2008). Διαχείριση Ενέργειας. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ. Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Sagia Z., Papanikolaou I. (2007). «*Energy Performance in Buildings. Proceedings of 20th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2007*». Padova, Italy: June 25-28.
- 6) Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Angelopoulou C., Kotsiovelos G. (2006). «*The impact of Glazing on Energy Consumption and Comfort. Proceedings of 19th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2006*». Aghia Pelagia, Crete: July 12-14.
- 7) Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Angelopoulou C. (2005). «*Thermal comfort and energy use. Proceedings of 18th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2005*». Trondheim: June 20-23.
- 8) Στέγγου - Σαγιά Α., Αντωνόπουλος Κ., Αγγελοπούλου Χ. (2005). «*Θερμική άνεση και ενεργειακή χρήση. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων*». Αθήνα: Μάρτιος 28-30.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- 9) Σαγιά Ζωή, «Παραμετρικός προσδιορισμός Ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων για Θέρμανση και Ψύξη υπό διάφορες συνθήκες με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης TRNSYS», ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», ΕΜΠ, Αθήνα, 2009.
- 10) Κάλτσας Αλέξανδρος, «Συγκριτική εξέταση υπολογισμού φορτίων κλιματισμού στρατιωτικού συνεργείου με δύο διαφορετικά ευρέως διαδεδομένα λογισμικά», ΕΜΠ, Αθήνα, 2009.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 11) <http://www.ypan.gr>
- 12) <http://www.cres.gr>
- 13) <http://www.buildingsplatform.eu>

ΑΛΛΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 14) Τεύχος 2421/85 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. , (Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας).
ASHRAE, (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ TRNSYS





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ TRNSYS
- 4.2 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
- 4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
- 4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ
 - 4.4.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ TRNSYS
 - 4.4.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
 - 4.4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ
- 4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ TRNSYS

Το TRNSYS (Transient System Simulation program), αποτελεί ένα ευέλικτο και επεκτάσιμο υπολογιστικό περιβάλλον για την προσομοίωση μεταβαλλόμενων συστημάτων στο χρόνο, συμπεριλαμβανομένων των πολυζωνικών κτιρίων. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς και ερευνητές παγκοσμίως για την αξιολόγηση νέων ενεργειακών συστημάτων για διάφορες χρήσεις. Από ένα απλό σύστημα θέρμανσης νερού μέχρι τον σχεδιασμό και την προσομοίωση κτιρίων και του εξοπλισμού τους, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών ελέγχου, την συμπεριφορά κατοίκων και συστήματα εναλλακτικών πηγών ενέργειας (άνεμος, ήλιος, φωτοβολταϊκά, συστήματα υδρογόνου κτλ).

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του TRNSYS είναι το γεγονός ότι ο πηγαίος κώδικας, ο πυρήνας του προγράμματος καθώς και ο κώδικας των διαφόρων μοντέλων που περιλαμβάνει το TRNSYS, δίνονται στον χρήστη ο οποίος μπορεί να τα τροποποιήσει κατάλληλα ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τις δικές του ανάγκες. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής νέων μοντέλων που μπορεί να κατασκευάσει ο ίδιος ο χρήστης ή άλλοι προγραμματιστές χρησιμοποιώντας κοινές γλώσσες προγραμματισμού (C, C++, PASCAL, FORTRAN κ.α.). Αυτό είναι δυνατόν χάρη στην αρχιτεκτονική του προγράμματος η οποία είναι βασισμένα στα αρχεία DLL. Επιπλέον, το TRNSYS μπορεί να συνδεθεί εύκολα με πολλές άλλες εφαρμογές για επεξεργασία πριν, μετά ή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (π.χ. Microsoft Excel, Matlab, COMIS κτλ.). Το TRNSYS συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες εφαρμογές:

-  Ηλιακά συστήματα (θερμικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά)
-  Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
-  Συμπαγωγή. Κυψέλες καυσίμου
-  Οτιδήποτε απαιτεί δυναμική προσομοίωση

Το TRNSYS αποτελείται από το σύνολο των ακόλουθων προγραμμάτων: Το στούντιο προσομοίωσης (TRNSYS Simulation Studio) και το εκτελέσιμο αρχείο του (TRNExe.exe), το γραφικό περιβάλλον διεπαφής κτιρίου, για την εισαγωγή των δεδομένων κτιρίων (TRNBuild.exe), και τον επεξεργαστή με τον οποίο μπορούν να δημιουργηθούν αυτόνομα προγράμματα, γνωστά ως “TRNSED εφαρμογές” (TRNEdit.exe).

4.2 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το κεντρικό γραφικό περιβάλλον του TRNSYS αποτελεί το στούντιο προσομοίωσης: **TRNSYS Simulation Studio**. Σε αυτό δημιουργούνται τα προγράμματα της προσομοίωσης “ρίχνοντας” με το ποντίκι στο παράθυρο εργασίας τα επιλεγόμενα μοντέλα, συνδέοντάς τα και θέτοντας τις μεταβλητές της προσομοίωσης. Τα μοντέλα παριστάνονται με τα εικονίδια τους στο παράθυρο εργασίας.

Το στούντιο προσομοίωσης δημιουργεί το αρχείο με τα δεδομένα του προγράμματος προσομοίωσης του χρήστη (*.trf). Επίσης δημιουργεί αρχείο εισόδου, το οποίο είναι ένα αρχείο κειμένου που περιέχει όλες τις πληροφορίες της προσομοίωσης.

Το **TRNBuild** είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κτιριακών εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα το μοντέλο 56 (Type 56) και το TRNBuild εφαρμόζονται σε μονοζωνικά ή πολυζωνικά κτιριακά συγκροτήματα. Στα πολυζωνικά κάθε υποχώρος μπορεί έχει διαφορετικές συνθήκες και πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά. Παρέχεται, λοιπόν η δυνατότητα να υπολογίζουμε τα θερμικά φορτία σε κάθε θερμική ζώνη και για κάθε ώρα του έτους. Δηλαδή, υπολογισμοί με χρονικό βήμα 1h. Μπορούμε όμως και να το μεταβάλουμε ανάλογα με τις απαιτήσεις της μελέτης.





Το πρόγραμμα **TRNEdit** είναι ένας εξειδικευμένος επεξεργαστής (editor) ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροποποίηση των αρχείων εισόδου του TRNSYS (decks). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αυτόνομων εφαρμογών οι οποίες είναι γνωστές ως TRNSED εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διανεμηθούν ελεύθερα μεταξύ των χρηστών που δεν έχουν άδεια χρήσης του TRNSYS με σκοπό να τους παραχθεί ένα απλοποιημένο εργαλείο προσομοίωσης. Το πρόγραμμα TRNEdit παρέχεται με ένα κατάλληλο γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το αρχείο εισόδου του TRNSYS εισάγοντας ειδικές εντολές ώστε να προστεθούν στο πρόγραμμα που κατασκευάζεται στοιχεία όπως πολλαπλά παράθυρα και ενεργές εικόνες.




Με την εντολή Run Simulation ή F8 το πρόγραμμα εκτελεί τους υπολογισμούς θερμοκρασιών για κάθε θερμική ζώνη, και τους παρουσιάζει στο **TRNEXE** με μορφή διαγράμματος. Οριζόντιος άξονας είναι αυτός του χρόνου ενώ στον κατακόρυφο είναι οι θερμοκρασίες. Τις κλίμακες του χρόνου και της θερμοκρασίας μπορεί να τις ρυθμίζει ο χειριστής (ακραίες τιμές και υποδιαιρέσεις). Συνήθως για χρονική διάρκεια επιλέγουμε τις 8760 ώρες και θερμοκρασίες ώστε να έχουμε ένα ευκρινές διάγραμμα. Κατά την εκτέλεση των υπολογισμών το πρόγραμμά αποθηκεύει αυτόματα σε WordPad και στον ίδιο φάκελο τα αποτελέσματα όλων των θερμοδυναμικών.

Στην παρούσα μελέτη θα υπολογίσουμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας για τις δώδεκα (12) θερμικές ζώνες. Επίσης, μεταβάλλοντας κάποιες παραμέτρους (τρόπο κατασκευής του κτιρίου) θα δούμε πως μεταβάλλεται η εσωτερική θερμοκρασία.

Μοντέλα της προσομοίωσης

Κατά την ανάπτυξη του προγράμματος θα χρησιμοποιήσουμε κάποια σύμβολα, η σημασία και τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

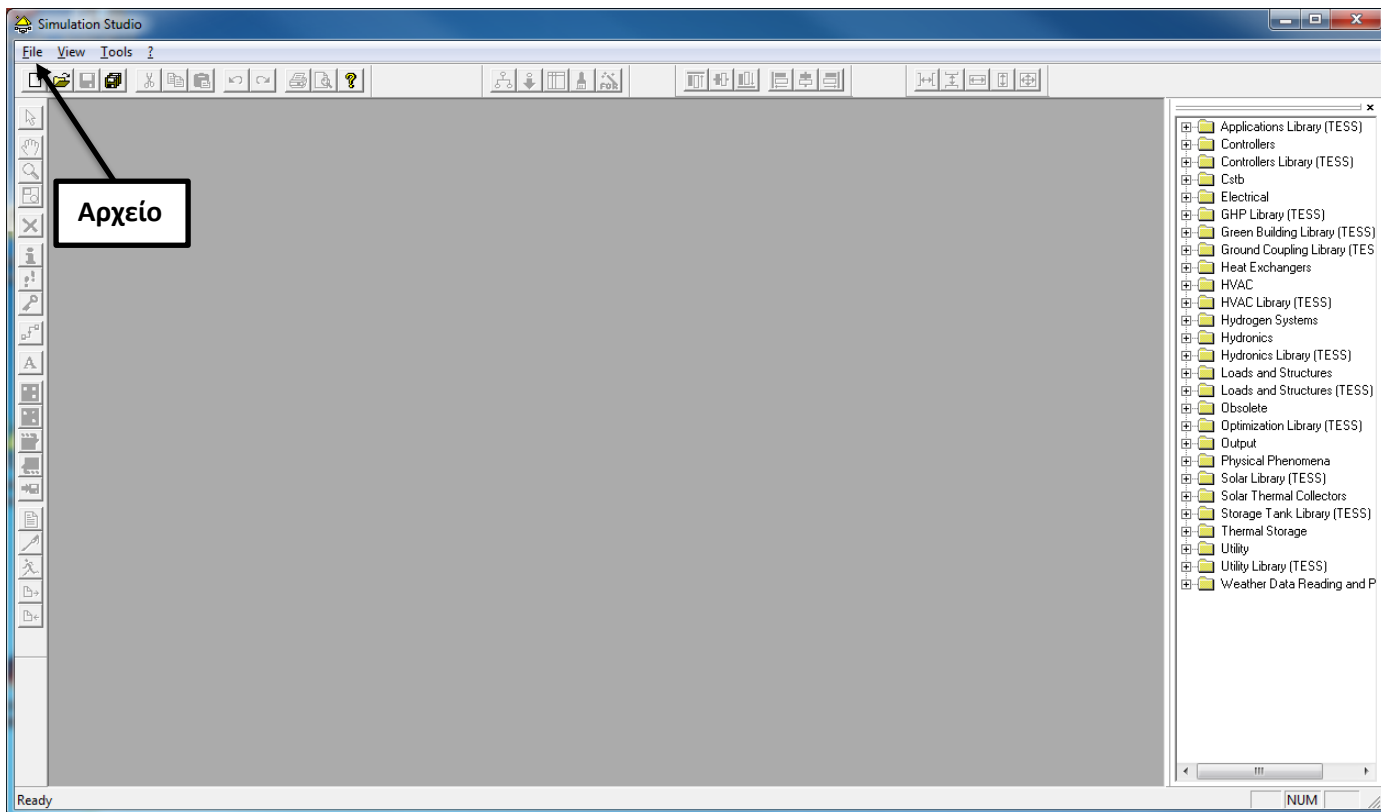
<u>ΣΥΜΒΟΛΟ</u>	<u>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</u>
 Building	<p><u>Type 56</u>. Με το σύμβολο αυτό περιγράφεται η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Με αυτό συνδέονται όλες οι ρυθμίσεις και μπορεί να έχει ως και 25 θερμικές ζώνες. Η επιλογή των χαρακτηριστικών του περιγράφεται από μία λεπτομερή διαδικασία. Μπορούμε να έχουμε σε εξωτερικά αρχεία συγκεντρωτικά δεδομένα ανά μήνα ή ώρα.</p>
 Temperature	<p><u>Type 65</u>. Με το σύμβολο αυτό περιγράφεται η άμεση σύνδεση του παραγωγού διαγραμμάτων με τις θερμικές ζώνες, για να απεικονίσει ορισμένες μεταβλητές του συστήματος. Αυτό μπορεί να συμβαίνει ενώ το πρόγραμμα βρίσκεται σε λειτουργία. Τα επιλεγμένα στοιχεία μπορεί να εμφανιστούν σε ένα διαφορετικό παράθυρο στην οθόνη.</p>
 Weather data	<p><u>Type 109</u>. Το εικονίδιο αυτό αντιπροσωπεύει τα μετεωρολογικά δεδομένα για κάθε περιοχή και για κάθε χρονική στιγμή, και εισάγει στο σύστημα μας τις τιμές όπως αυτές έχουν καταχωρηθεί από στατιστικές μελέτες. Δέχεται αρχεία τύπου *tm2, και τα δεδομένα συλλέγονται – επεξεργάζονται και καταγράφονται από το λογισμικό πρόγραμμα Meteororm.</p>
 Sky temp	<p><u>Type 69</u>. Το σύμβολο αυτό ορίζει τα δεδομένα της θερμοκρασίας του ουρανού και συμβάλλει στο υπολογισμό της συναλλασσόμενης θερμότητας με μορφή ακτινοβολίας του περιβάλλοντος με την επιφάνεια της θερμικής ζώνης. Γνωρίζουμε ότι η πραγματική θερμοκρασία του ουρανού είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.</p>

 Psychrometrics	<p><u>Type 33</u>. Το σύμβολο αυτό αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του ατμοσφαιρικού αέρα (θερμοκρασία υγρή και ξηρής σφαίρας, σχετική υγρασία κλπ.) και εισάγει τις αντίστοιχες τιμές στο σύστημα.</p>
 Lights	<p><u>Type 2</u>. Το εικονίδιο αυτό αντιπροσωπεύει ένα διαφορικό διακόπτη που θα ελέγχει αυτόματα το φωτισμό και θα παίρνει τιμές 0 (κλειστός) και 1 (ανοιχτός).</p>
 Nat. Vent. 1	<p>Όπως και ο παραπάνω διαφορικός διακόπτης, που θα ελέγχει όμως τη θερμοκρασία της θερμικής ζώνης και θα ανοίγο-κλείνει το σύστημα ψύξης ή θέρμανσης.</p>

Πίνακας 4.1 Μοντέλα προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκαν

4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η δημιουργία ενός Σχεδίου (Project) γίνεται ανοίγοντας το αρχείο TRNSYS16/studio/exe/TrnsysStudio, όπου εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

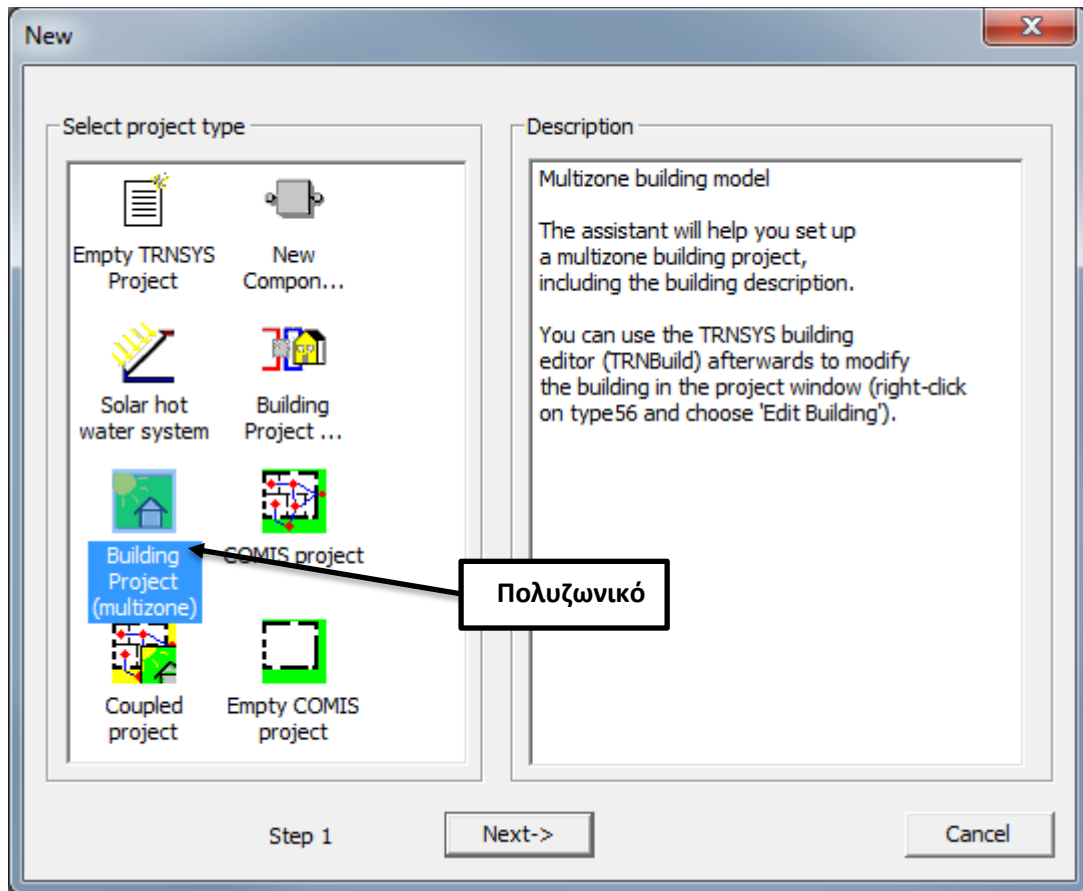


Σχήμα 4.1 Δημιουργία νέου σχεδίου στο στούντιο προσομοίωσης

Η δημιουργία του Σχεδίου γίνεται σε δέκα βήματα. Με την εντολή «next» μεταβαίνουμε στο επόμενο βήμα. Το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα μέσω «previous» να επιστρέψουμε σε προηγούμενα βήματα και να κάνουμε διορθώσεις.

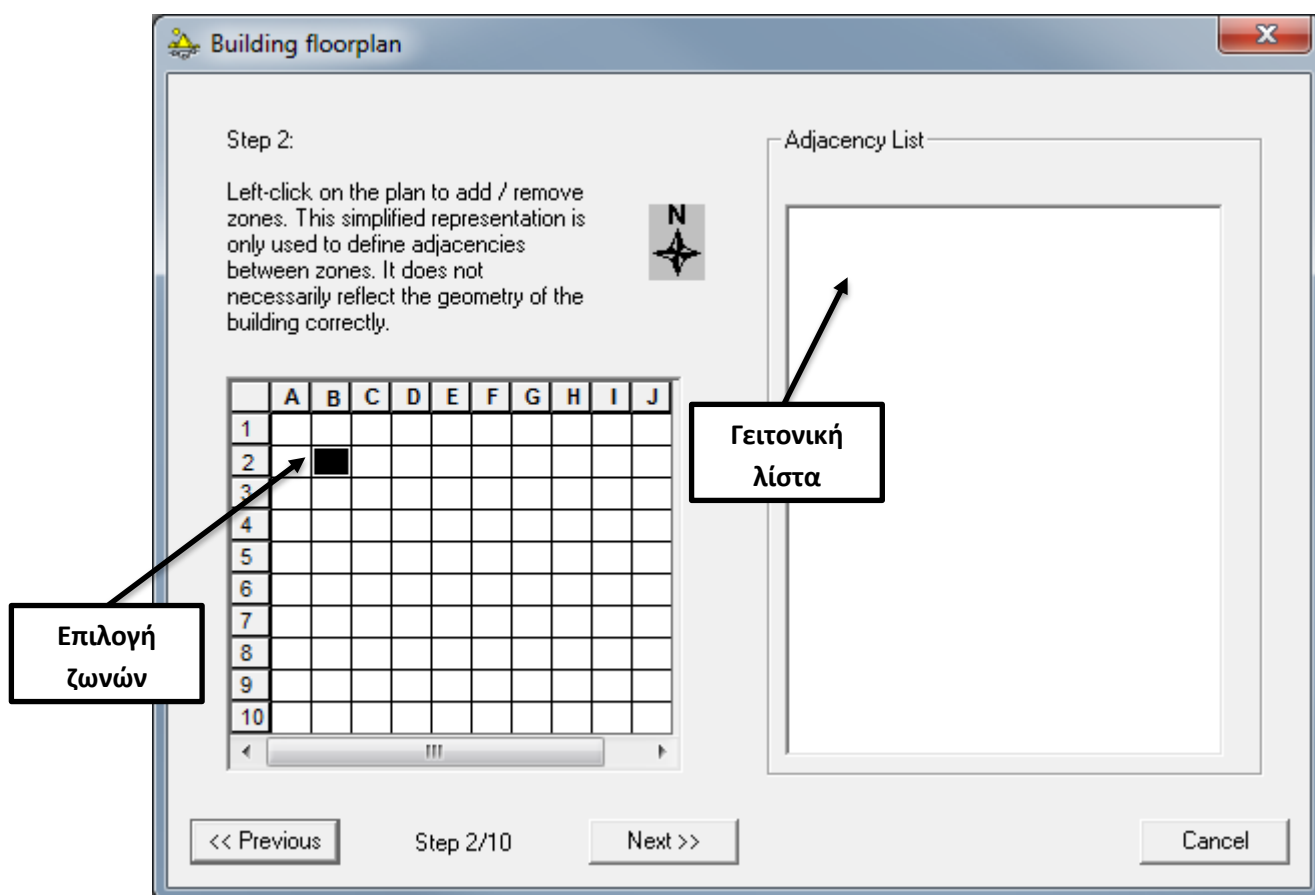
Παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα αναλυτικότερα:

Βήμα 1. Ανοίγοντας το αρχείο (file) επιλέγουμε νέα εργασία (New) και στο νέο παράθυρο επιλεγούμε το Building Project Multizone.



Σχήμα 4.2 Ορισμός πολυζωνικού κτιρίου

Βήμα 2. Επιλέγουμε το B2, το οποίο θα αντιπροσωπεύει τη θερμική μας Ζώνη.



Σχήμα 4.3 Ορισμός θερμικής ζώνης

Η γειτονική λίστα εμφανίζει τη σχέση των θερμικών ζωνών για πολυζωνικό σύστημα.

Βήμα 3. Επιλέγουμε την ονομασία της ζώνης και τις διαστάσεις. Στην τελευταία σειρά ο όγκος της ζώνης υπολογίζεται αυτόματα.

Zone properties

Step 3: Define zone dimensions

Select the zone you want to modify in the plan and edit the values below.

Name

Zone dimension

Height [m] ·

Width [m] -->

Depth [m] ^

Volume [m³]

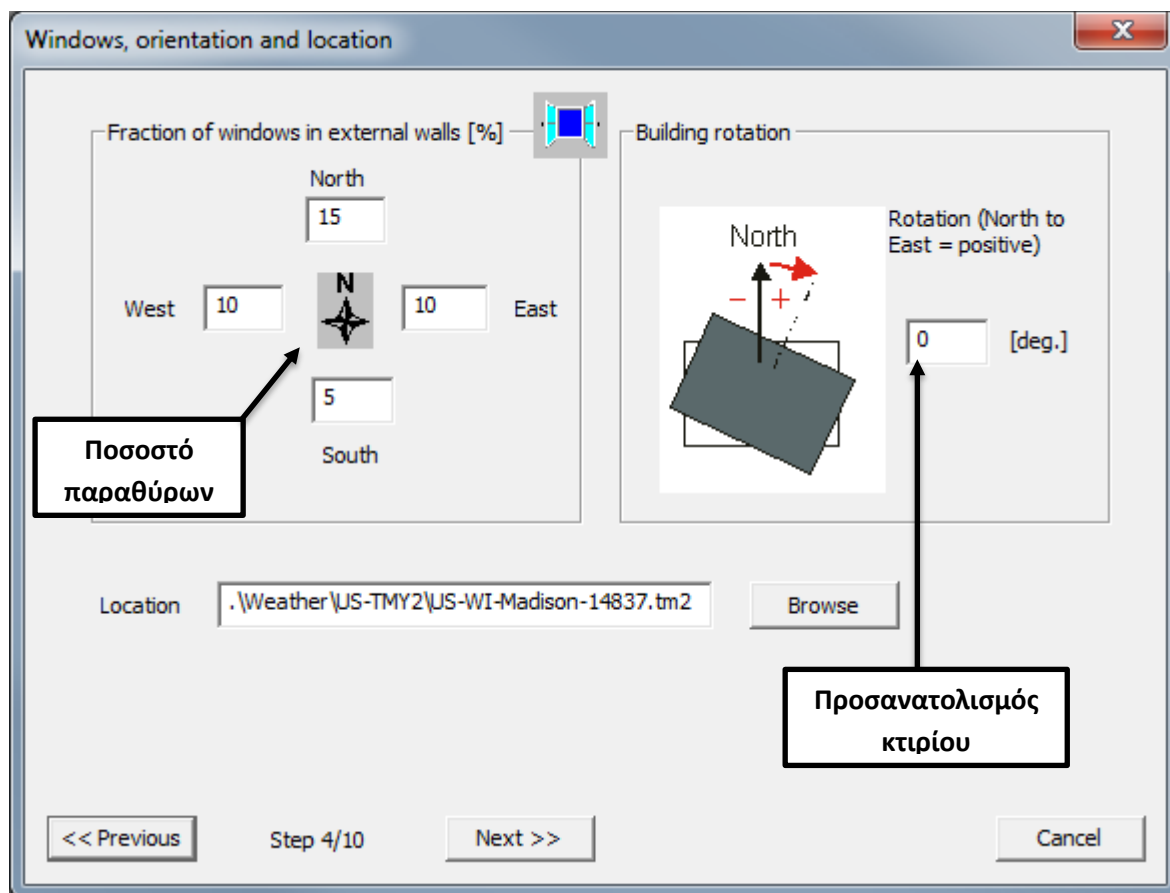
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

<< Previous Step 3/10 Next >> Cancel

Σχήμα 4.4 Ορισμός ονομασίας και διαστάσεων θερμικής ζώνης

Ονομάσαμε τη ζώνη Zone_B2 (αφήσαμε αυτή που έβγαλε το σύστημα μόνο του), και υποθέσαμε διαστάσεις ύψος 3,00 m, πλάτος 4,00 m και βάθος 4,00 m. Άρα ο συνολικός όγκος υπολογίστηκε 48,00 m³.

Βήμα 4. Στο επόμενο βήμα επιλέγουμε το ποσοστό (%) των παραθύρων σε σχέση με τον προσανατολισμό του κτιρίου.

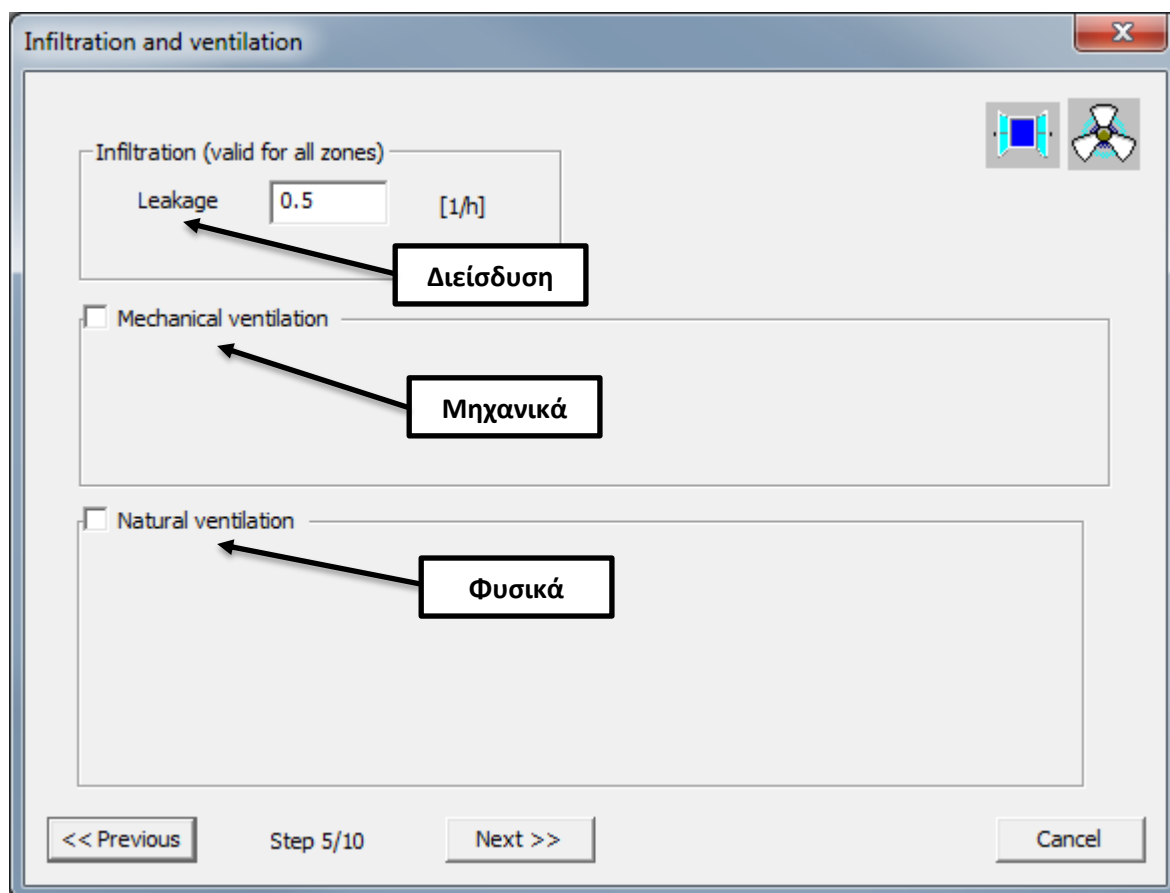


Σχήμα 4.5 Ορισμός του ποσοστού των παραθύρων και του προσανατολισμού του κτιρίου

Έστω:

Βόρεια πλευρά (N) = 15 %
 Ανατολική πλευρά (E) = 10 %
 Νότια πλευρά (S) = 5 %
 Δυτική πλευρά (W) = 10 %

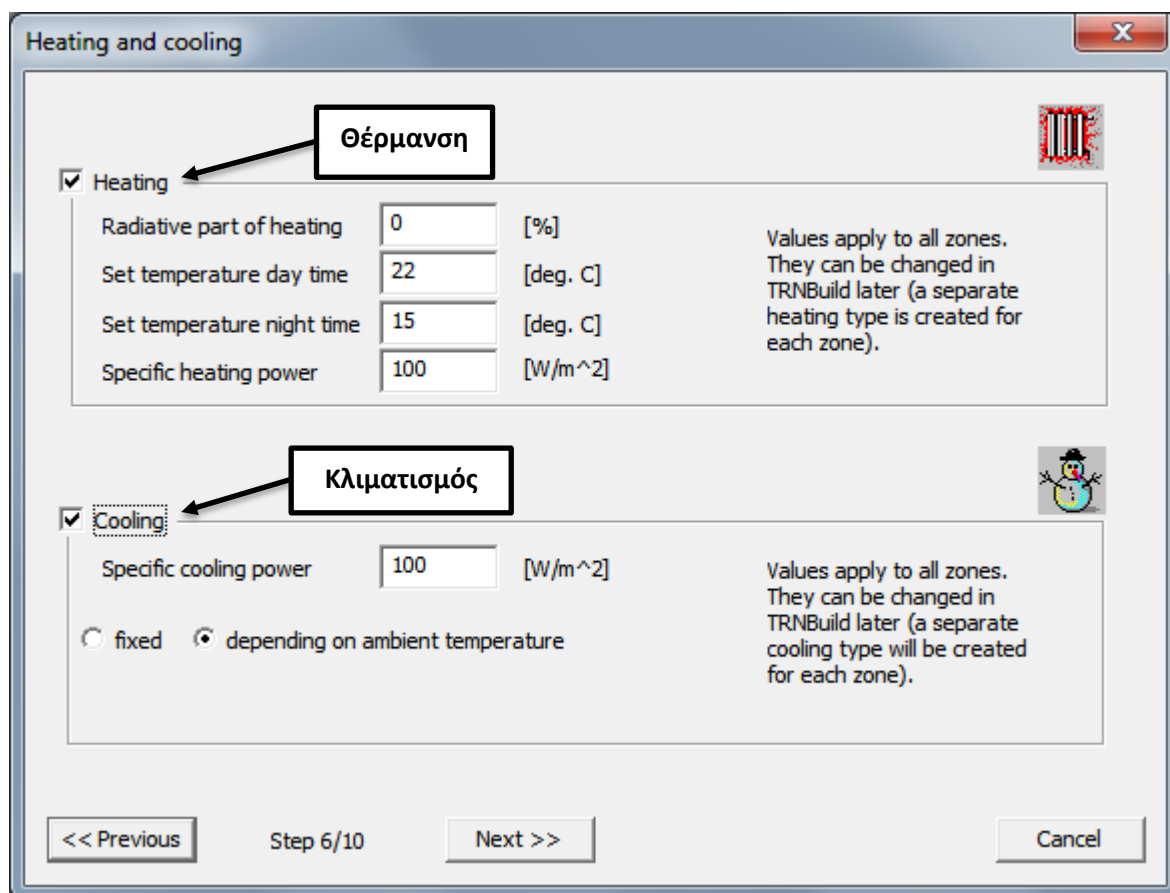
Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι μηδέν.

Βήμα 5. Αερισμός του κτιρίου.**Σχήμα 4.6** Ορισμός του αερισμού του κτιρίου

Διείσδυση του αέρα. Έστω ότι λόγω κατασκευής έχουμε σημαντική διείσδυση του αέρα, και η τιμή (0.5 V/h).

Μηχανικός εξαερισμός. Δεν επιλέγουμε.

Φυσικός εξαερισμός. Δεν επιλέγουμε.

Βήμα 6. Συστήματα θέρμανσης και ψύξης.**Σχήμα 4.7** Συστήματα ψύξης και θέρμανσης

Θέρμανση. Επιλέγουμε σύστημα θέρμανσης ισχύος 100 W/m^2 .

Κλιματισμός. Επιλέγουμε σύστημα κλιματισμού ισχύος 100 W/m^2 .

Εξάλλου έχουμε παρακάτω, κατά τη λειτουργία του προγράμματος, τη δυνατότητα τροποποιήσουμε τα δεδομένα.

Βήμα 7. Εσωτερικές πηγές ενέργειας και φωτισμός.

Εσωτερικές πηγές

Internal gains

Specific gains [W/m²]

Occupant density [occupants/m²]

Values apply to all zones. They can be changed in TRNBuild later.

Φωτισμός

Lighting

Light ON if total horizontal rad < [W/m²]

Light OFF if total horizontal rad > [W/m²]

Specific light [W/m²]

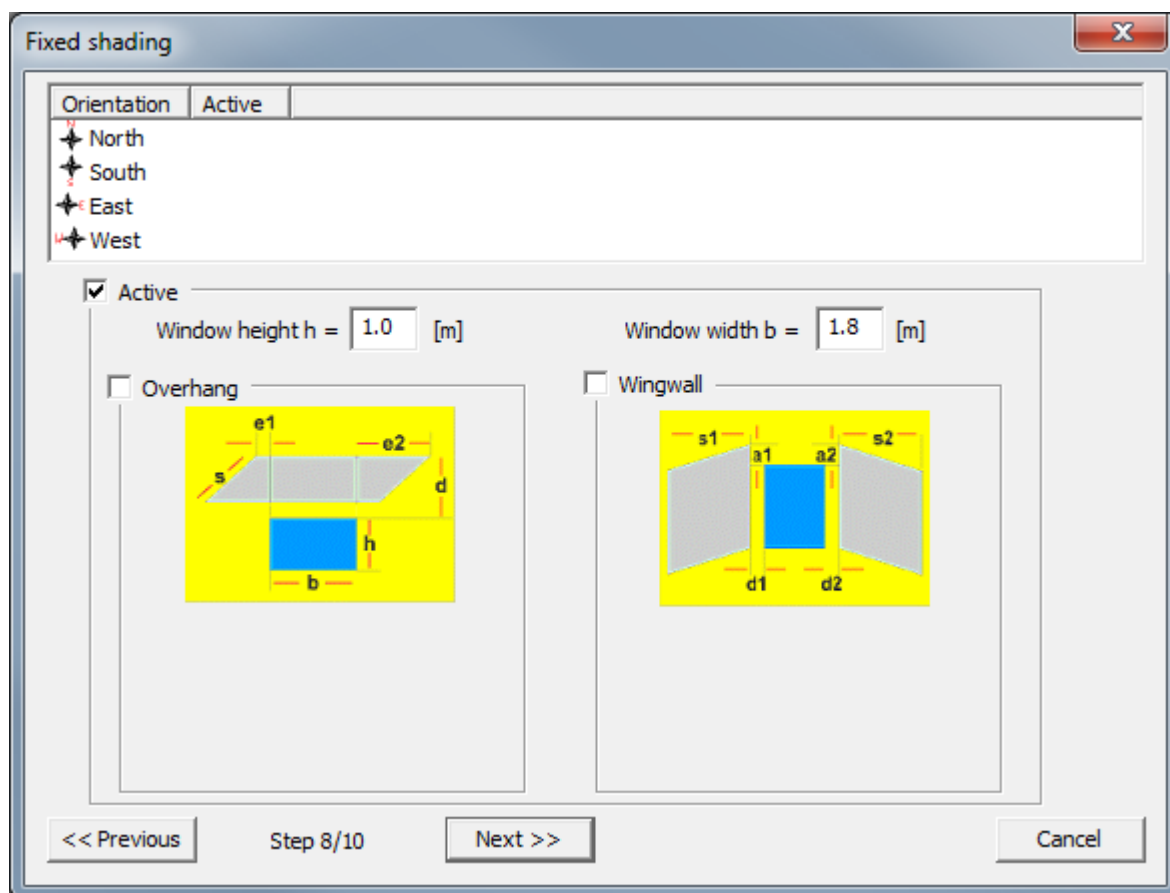
Values apply to all zones. They can be changed in TRNBuild later.

<< Previous Step 7/10 Next >> Cancel

Σχήμα 4.8 Ορισμός εσωτερικών πηγών ενέργειας και φωτισμού

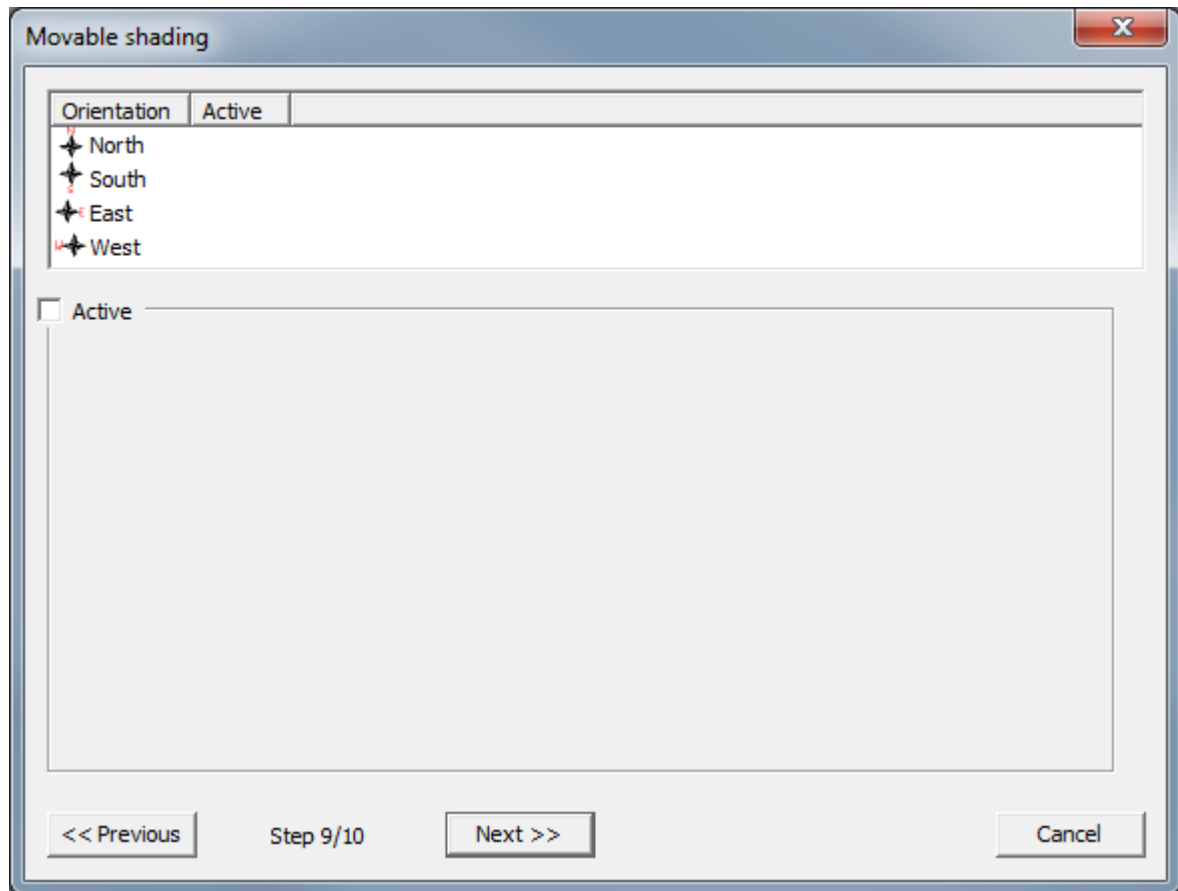
Στις πηγές ενέργειας υπολογίζουμε όλα τα φορτία (ανθρώπων, φώτων και άλλων πηγών) και τα ανάγουμε στην ολική επιφάνεια. Σε πρώτη φάση επιλέγουμε 14 W/m² (την προτεινόμενη από το σύστημα)

Για τον φωτισμό, επειδή θα λειτουργεί αυτόματα, υπολογίζουμε ότι η ειδική ενέργεια για μας είναι στα 10 W/m², επιλέγουμε ότι ο φωτισμός θα ανάβει στην τιμή 120 W/m² και θα κλείνει στην τιμή των 200 W/m².

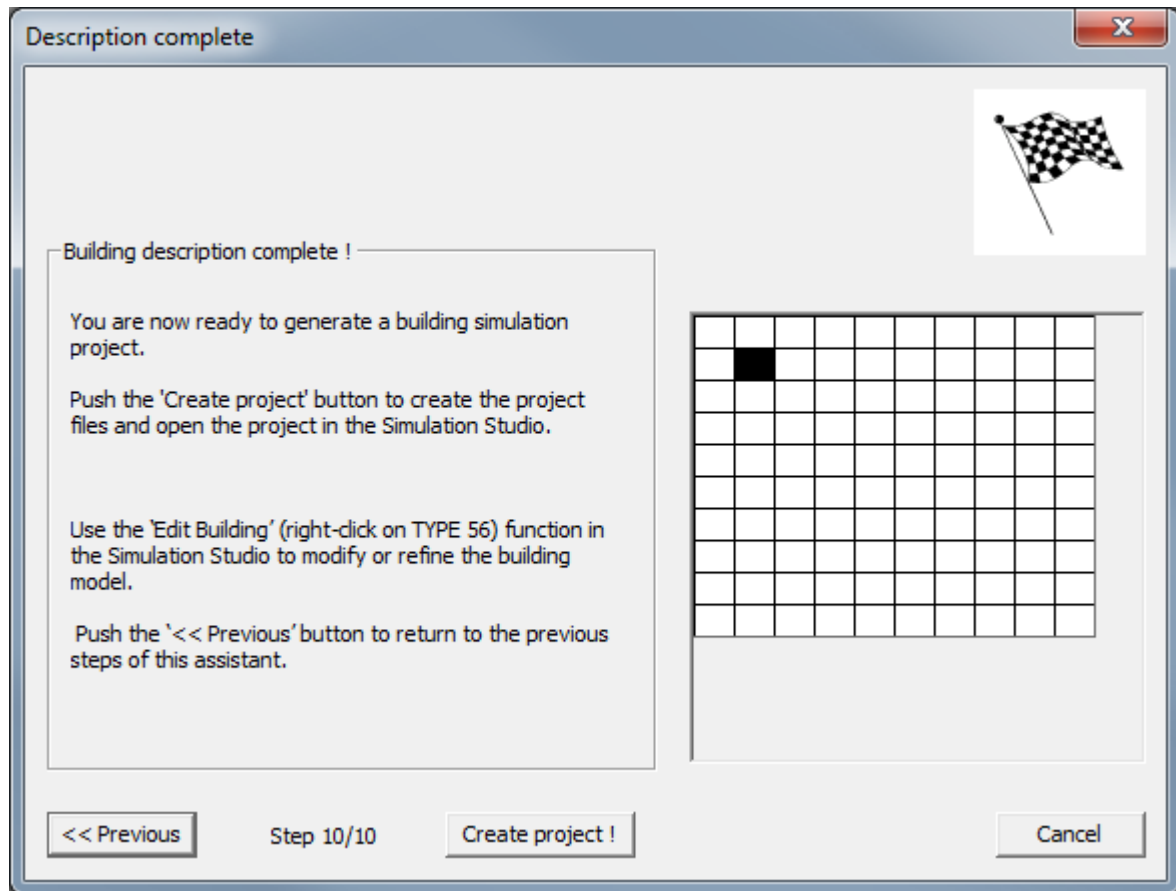
Βήμα 8. Διαστάσεις παραθύρων και μόνιμη (σταθερή) σκίαση τους.**Σχήμα 4.9** Ορισμός διαστάσεων παραθύρων και σκιάσής τους

Για κάθε πλευρά περνάμε τις διαστάσεις των παραθύρων και στη φάση αυτή δεν έχουμε μόνιμη σκίαση. Δηλαδή:

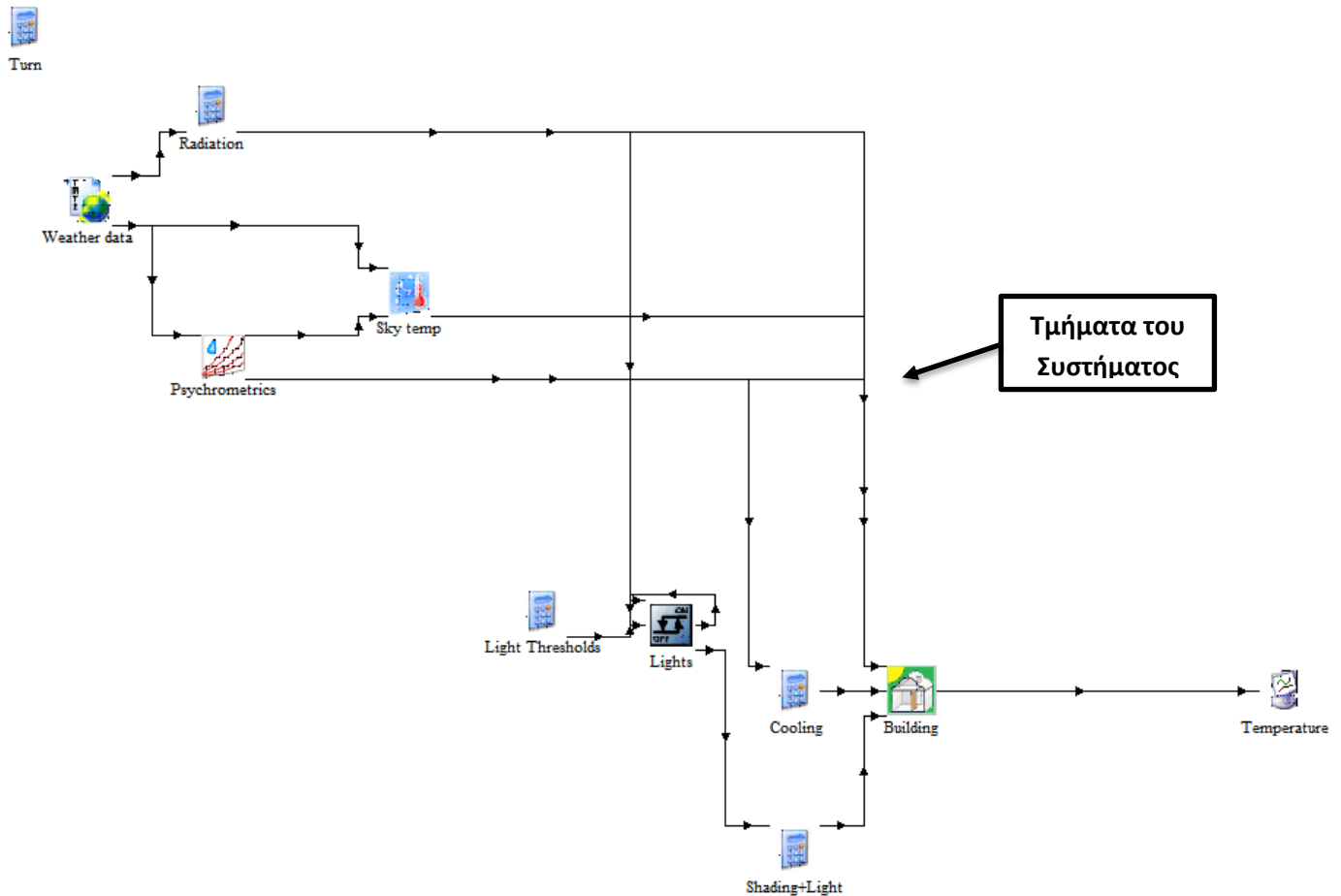
- Βόρεια (N) → πλάτος 1,80 m και ύψος 1,00 m
- Ανατολικά (E) → πλάτος 1,20 m και ύψος 1,00 m
- Νότια (S) → πλάτος 1,00 m και ύψος 0,60 m
- Δυτικά (W) → πλάτος 1,20 m και ύψος 1,00 m

Βήμα 9. Μεταβλητή (μετακινούμενη) σκίαση**Σχήμα 4.10** Ορισμός μεταβλητής σκίασης

Δεν επιλέγουμε καμία κινούμενη σκίαση. Μας παρέχεται η δυνατότητα να επιλέξουμε πότε θα ανοίγει ή θα κλείνει σκίαση και επίσης να ορίσουμε τι ποσοστό θα είναι εσωτερική και τι εξωτερική σκίαση.

Βήμα 10. Δημιουργία του Σχεδίου και αποθήκευση του.**Σχήμα 4.11** Ολοκλήρωση του σχεδίου και αποθήκευσή του

Με την εντολή «Create project» δημιουργείται το σχέδιο του κτιρίου που έχει την παρακάτω μορφή:



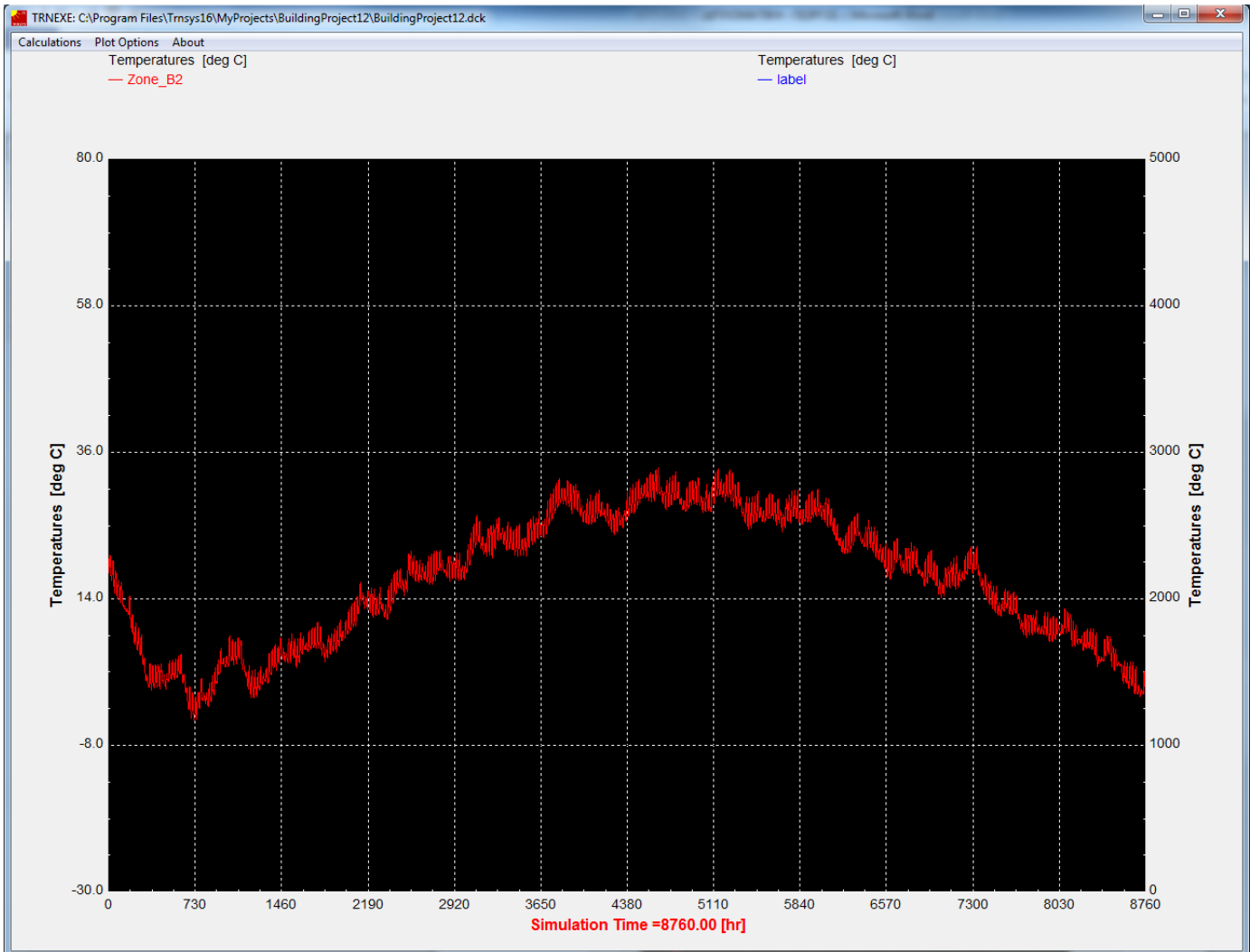
Σχήμα 4.12 Σχέδιο στο στούντιο προσομοίωσης

Με την εντολή δεξί κλικ/zoom/zoom to fit, μπορούμε να βλέπουμε όλο το σχέδιο στο μέγιστο δυνατό μέγεθος.

Δεξιά υπάρχει μια κατάσταση με ρυθμιστές, όργανα ελέγχου, συσκευές και εξαρτήματα που μπορούμε να προσθέσουμε στο σχέδιο μας.

Με την εντολή F8 δημιουργείται το διάγραμμα θερμοκρασιών για όλη τη διάρκεια του έτους με χρονικό βήμα την 1 ώρα (8760 ώρες).

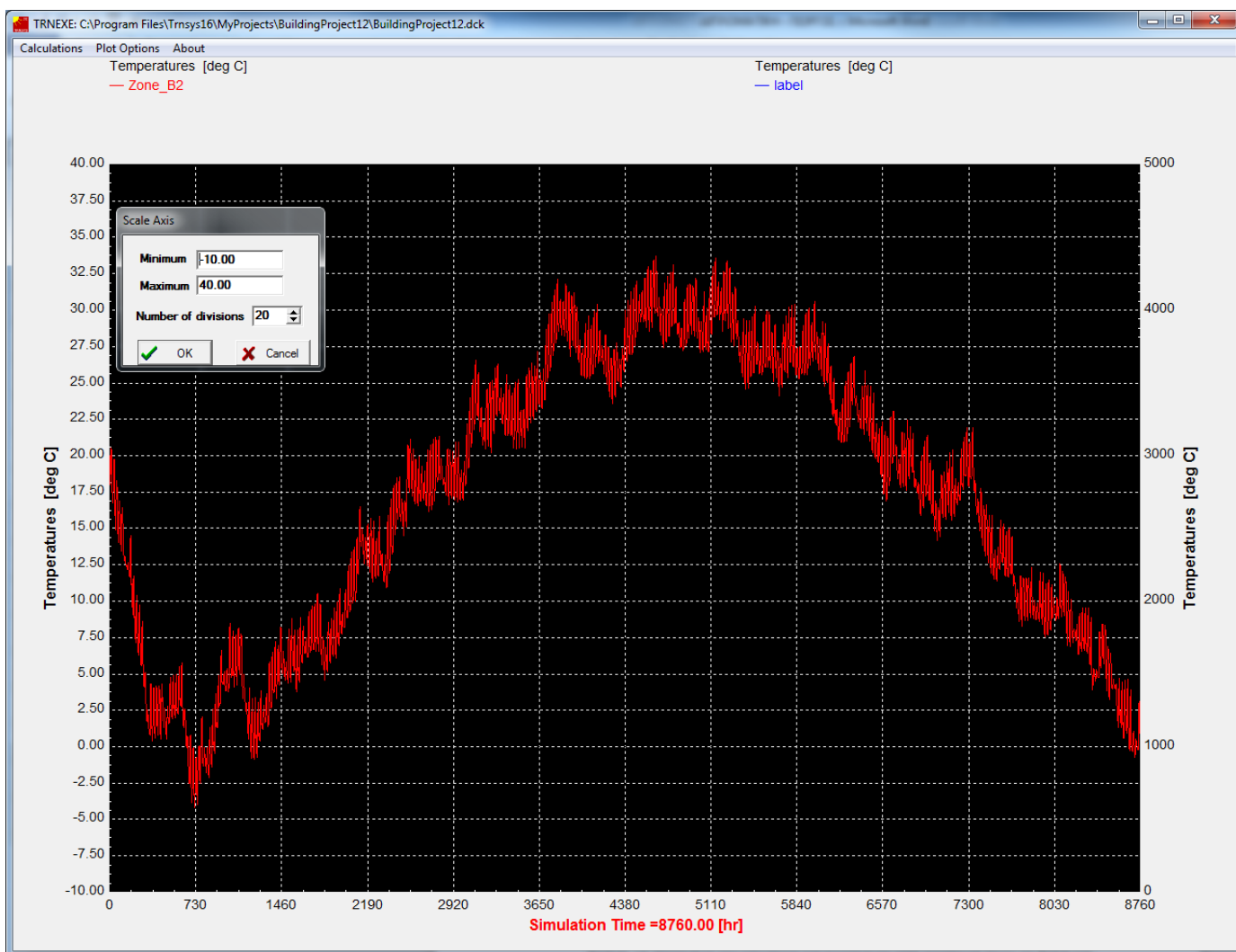
Για την μία απλή περίπτωση χωρίς ενεργοποίηση των εντολών κλιματισμού και ψύξης και χωρίς σκίαση των παραθύρων η διακύμανση της θερμοκρασία είναι:



Σχήμα 4.13 Διακύμανση των θερμοκρασιών για ένα χρόνο

Με αριστερό κλικ επί του άξονα y , των θερμοκρασιών εμφανίζεται η κλίμακα του άξονα και μπορούμε να ρυθμίσουμε τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή του άξονα καθώς και το σύνολο των υποδιαιρέσεων.

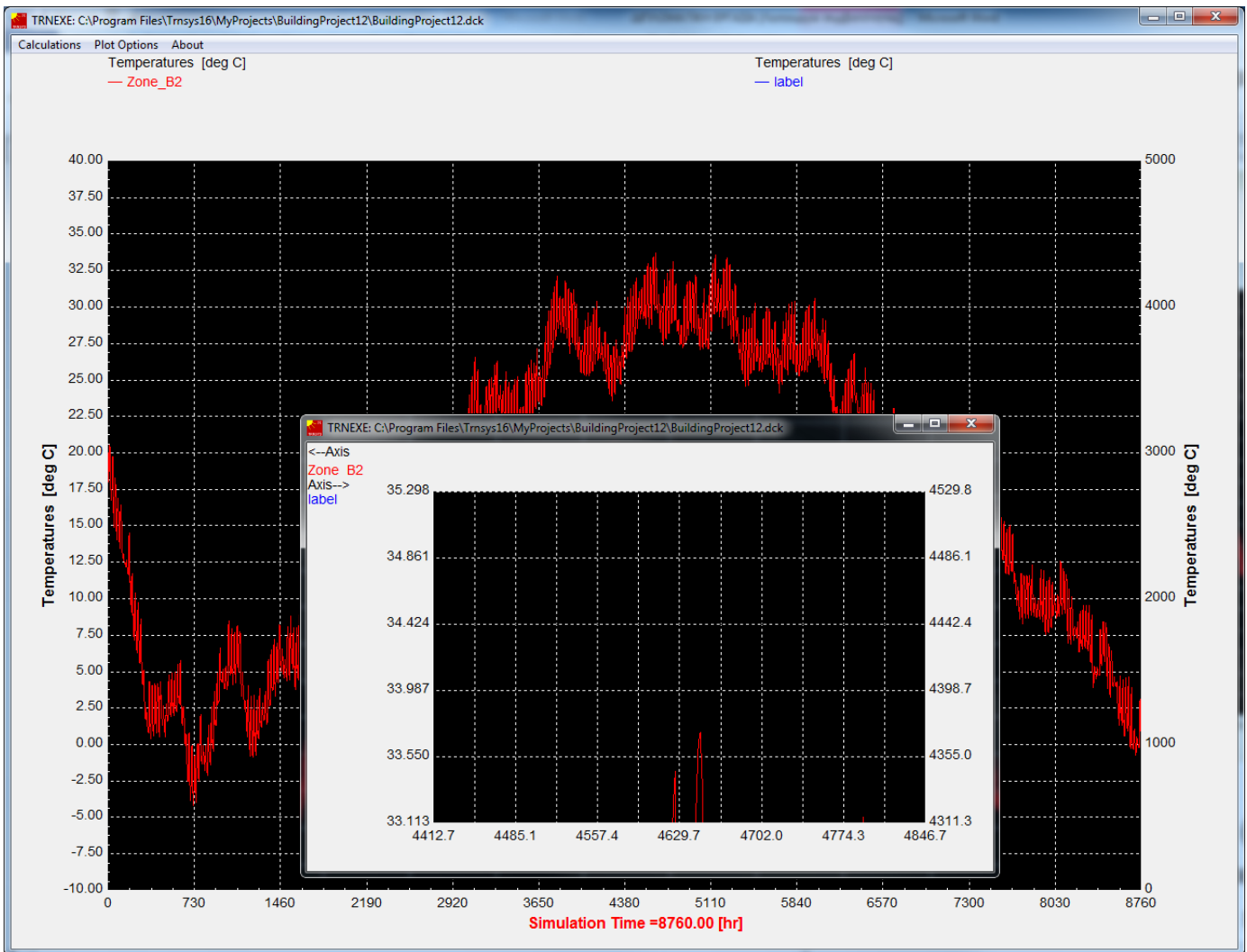
Επιλέγοντας ελάχιστη θερμοκρασία τους -10°C , μέγιστη του $+40^{\circ}\text{C}$ και σύνολο υποδιαιρέσεων 20, τότε το διάγραμμα μας θα έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 4.14 Τροποποίηση του άξονα των θερμοκρασιών

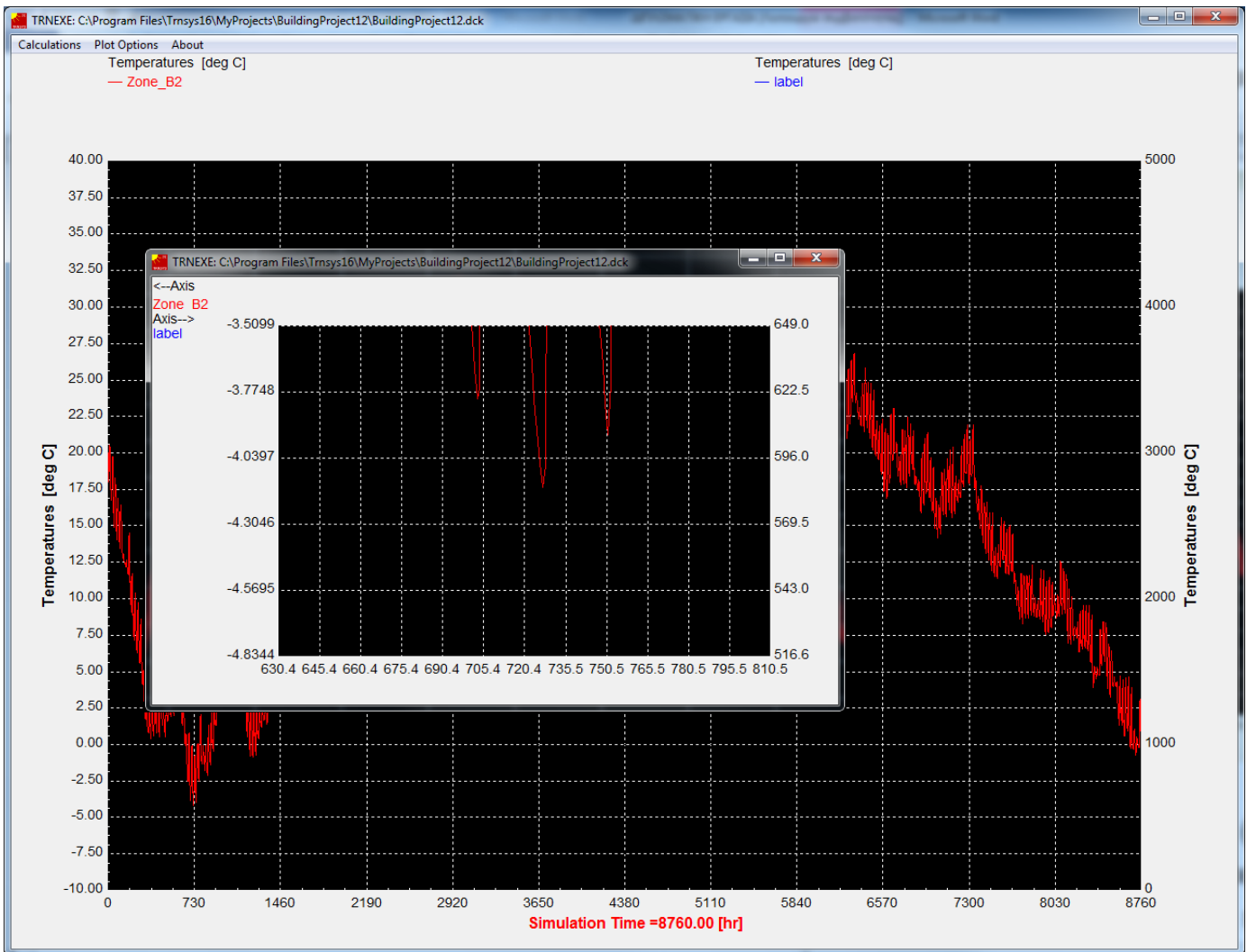
Το ίδιο συμβαίνει και με την άξονα – x, του χρόνου.

Ακόμα, με πατημένο τον κέρσορα και κινούμενοι από αριστερά προς τα δεξιά και πάνω προς τα κάτω, μπορούμε να εστιάσουμε (zoom) σε συγκεκριμένη περιοχή για μεγαλύτερη ευκρίνεια. Τότε προκύπτει:



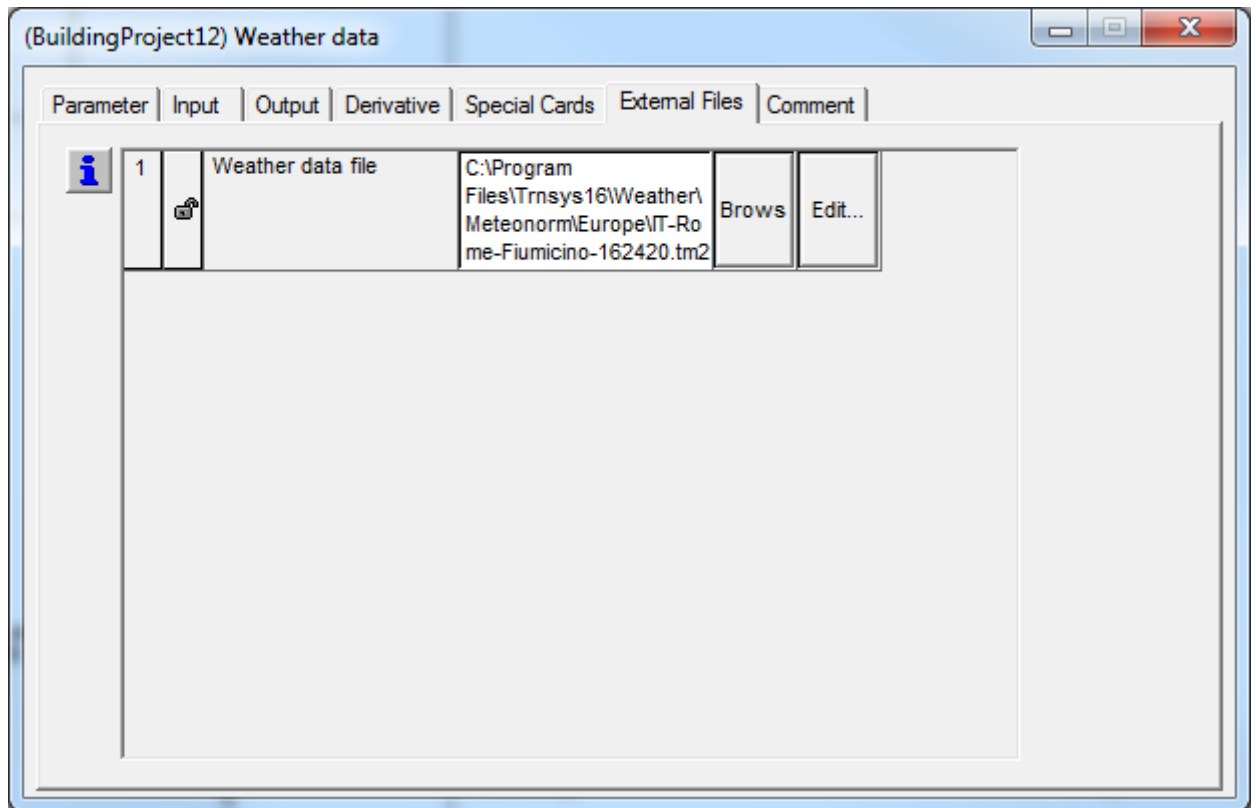
Σχήμα 4.15 Εστίαση στις μέγιστες θερμοκρασίες

Παρατηρούμε ότι για την συγκεκριμένη περιοχή, πόλη Μάντισον (Madison) – ΗΠΑ, η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας είναι $33,72^{\circ}\text{C}$, και παρατηρείτε τη ώρα 4649 του έτους δηλαδή: την 13 Ιουλίου και ώρα 15:00. Ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία έχει τιμή $-4,19^{\circ}\text{C}$, και παρατηρείται την ώρα 727 του έτους, δηλαδή: την 31 Ιανουαρίου και ώρα 07:00.



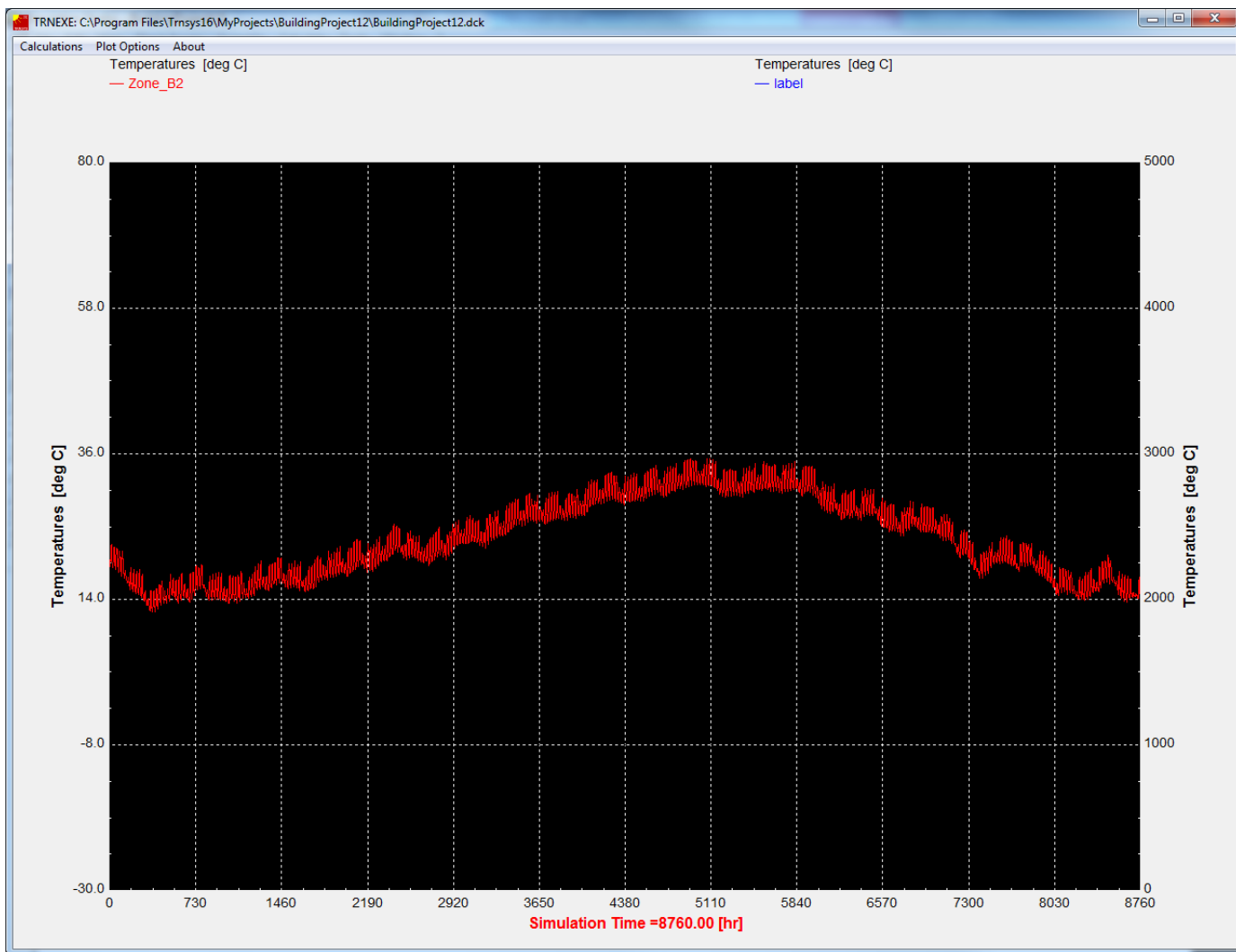
Σχήμα 4.16 Εστίαση στις ελάχιστες θερμοκρασίες

Όπως προαναφέραμε οι παραπάνω θερμοκρασίες ισχύουν για συγκεκριμένη περιοχή (Madison – USA). Με διπλό κλικ επί του εικονιδίου των “μετεωρολογικών δεδομένων” (Weather data) και επιλέγοντας τα “εξωτερικά αρχεία” (External Files) και στη συνέχεια “ψάξε” (Browse), επιλέγουμε από τον φάκελο “καιρός” (Weather), που ανήκει στο λογισμικό του TRNSYS, μία άλλη πόλη έστω Ρώμη (Europe/IT – Rome):



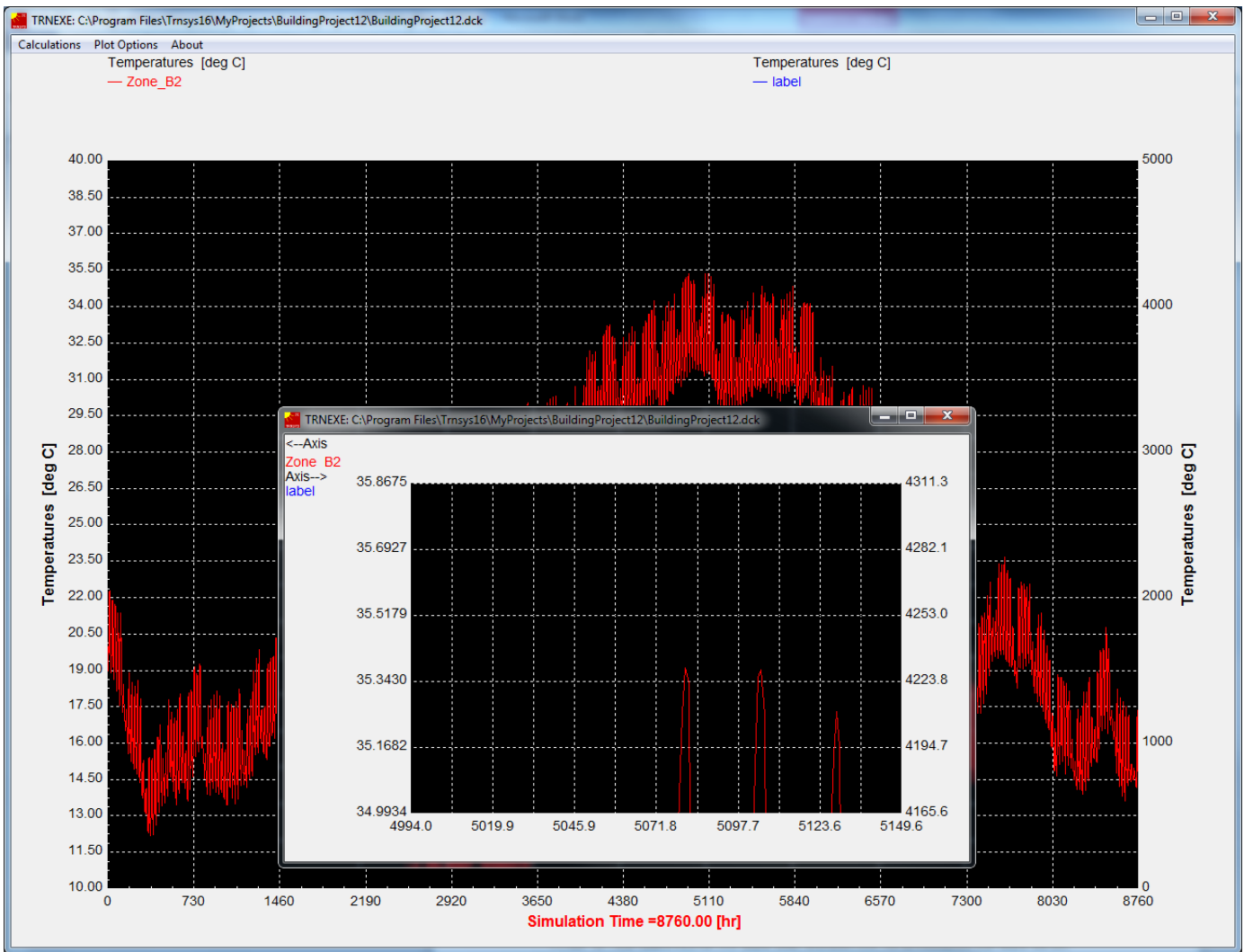
Σχήμα 4.17 Αλλαγή μετεωρολογικών δεδομένων

Τότε επιλέγοντας την εντολή F8 προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:

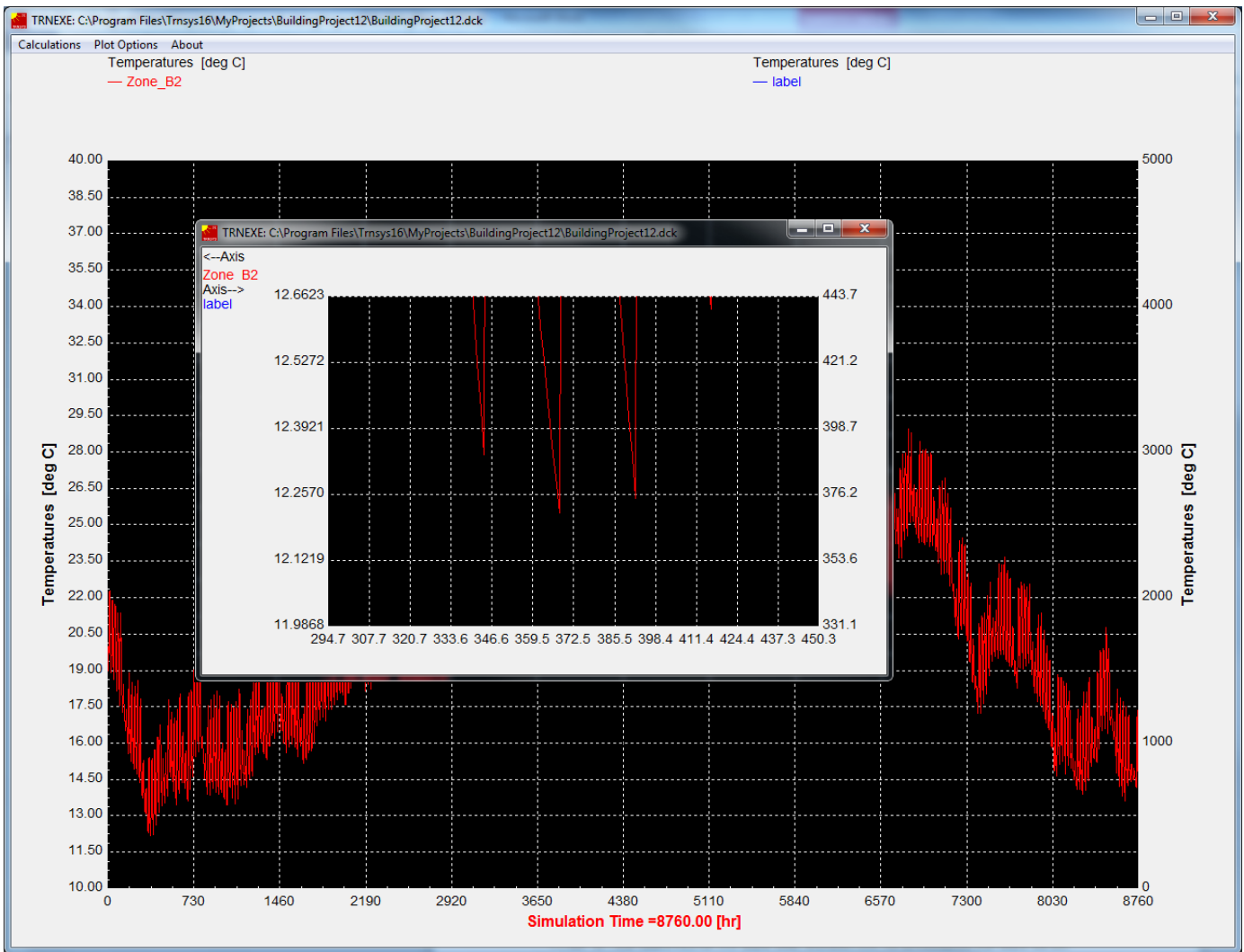


Σχήμα 4.18 Νέο σχέδιο στο στούντιο προσομοίωσης

Για τη Ρώμη η μέγιστη θερμοκρασία έχει τιμή $35,40^{\circ}\text{C}$, και εμφανίζεται την ώρα 5082 του έτους, δηλαδή την 25 Ιουλίου και ώρα 15:00. Ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία έχει τιμή $12,20^{\circ}\text{C}$, και εμφανίζεται την ώρα 365, δηλαδή την 16 Ιανουαρίου και ώρα 08:00.



Σχήμα 4.19 Εστίαση στις μέγιστες θερμοκρασίες του νέου σχεδίου



Σχήμα 4.20 Εστίαση στις ελάχιστες θερμοκρασίες του νέου σχεδίου

Επειδή ο άξονας του χρόνου δίνεται σε ώρες για όλο το έτος (από 0 έως 8760), μέσω του παρακάτω πίνακα μπορούμε εύκολα με γρήγορη ματιά να καταλάβουμε για πιο μήνα και ημέρα γίνεται λόγος.

	<u>Months</u>	<u>Days</u>	<u>Hours</u>
1	January	i	24 * i
2	February	31+i	744+24 * i
3	March	59+i	1416+24 * i
4	April	90+i	2160+24 * i
5	May	120+i	2880+24 * i
6	June	151+i	3624+24 * i
7	July	181+i	4344+24 * i
8	August	212+i	5088+24 * i
9	September	243+i	5832+24 * i
10	October	273+i	6552+24 * i
11	November	304+i	7296+24 * i
12	December	334+i	8016+24 * i

Πίνακας 4.2 Υπολογισμός ωρών, ημερών και μηνών

Παράδειγμα Υπολογισμού Ημέρας:

Ένας απλός τρόπος για τον υπολογισμό της ημέρας του έτους που αντιστοιχεί η κάθε ώρα.

Έστω Ω η ώρα του έτους. Διαιρούμε το Ω με το 24 (από το 24ώρο). Το ακέραιο μέρος (**A**) από το πηλίκο (**Π**), που προκύπτει το πολλαπλασιάζω με το 24 και προκύπτει μία άλλη ώρα, έστω Ω' , ίση ή μικρότερη της Ω . Προφανώς ο **A** είναι το σύνολο των ημερών του έτους που έχουμε διανύσει. Από τον πίνακα 4.2 και από τη στήλη των Ημερών (Days) αφαιρούμε

τον αμέσως μικρότερο του **A**. Έτσι βρίσκουμε το μήνα που ανήκει αυτή η μέρα. Στη συνέχεια αφαιρούμε την **Ω'** από την **Ω**, και το υπόλοιπο που προκύπτει και είναι μικρότερο του 24, είναι η ώρα της επόμενης ημέρας.

Αριθμητική εφαρμογή: έστω η ώρα είναι 7345. Δηλαδή **Ω**=7345 τότε:

$$\Omega = 7345 \Rightarrow 7345 \div 24 = 306,04167 \Rightarrow A = 306 \cdot 24 = 7344 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Omega' = 7344 \quad \Omega - \Omega' = 7345 - 7344 = 1h$$

$$\text{Άρα, για τον Νοέμβριο έχουμε: } 306 - 304 = 2$$

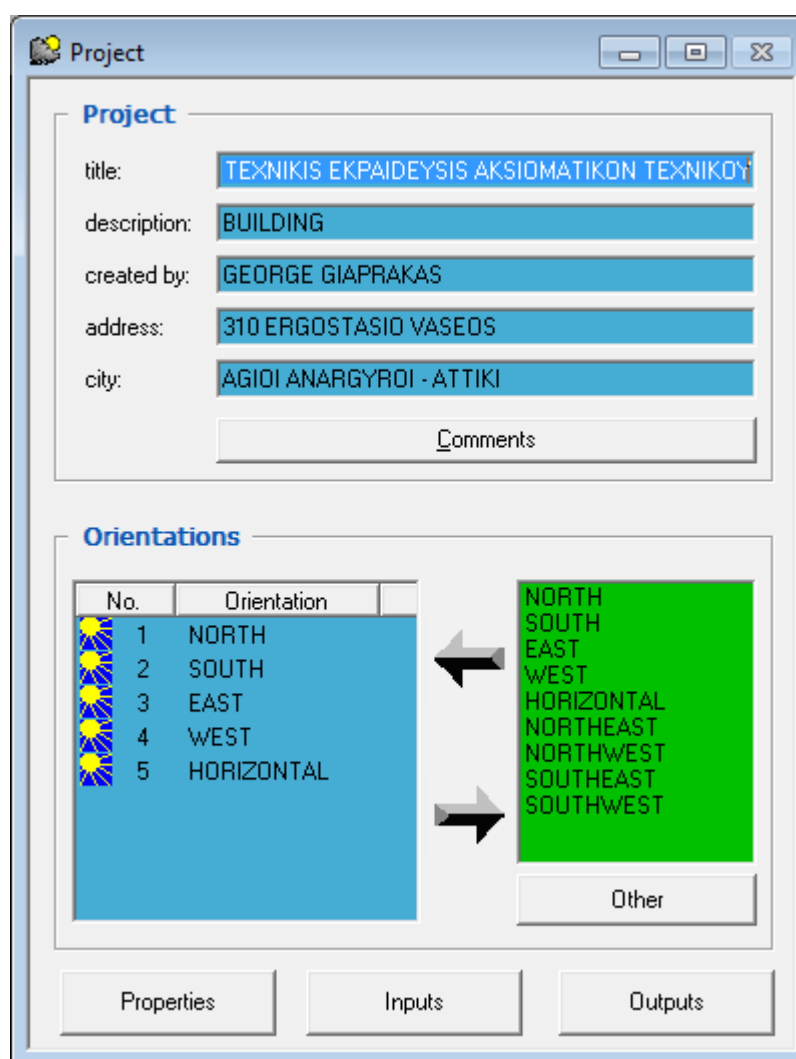
Δηλαδή συμπληρώσαμε 2 ημέρες του Νοεμβρίου, συνεπώς η ώρα 7345 του έτους αντιστοιχεί στις 3 Νοεμβρίου και την 1 ώρα του 24ώρου.

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

4.4.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ TRNSYS

Αφού γνωρίσαμε σε βασικές γραμμές πως λειτουργεί το TRNSYS, θα προχωρήσουμε την εργασία συγκεκριμενοποιώντας της εντολές και δημιουργώντας το δικό μας Σχέδιο (Project), για τη σχολή τεχνικής εκπαίδευσης αξιωματικών Τεχνικού.

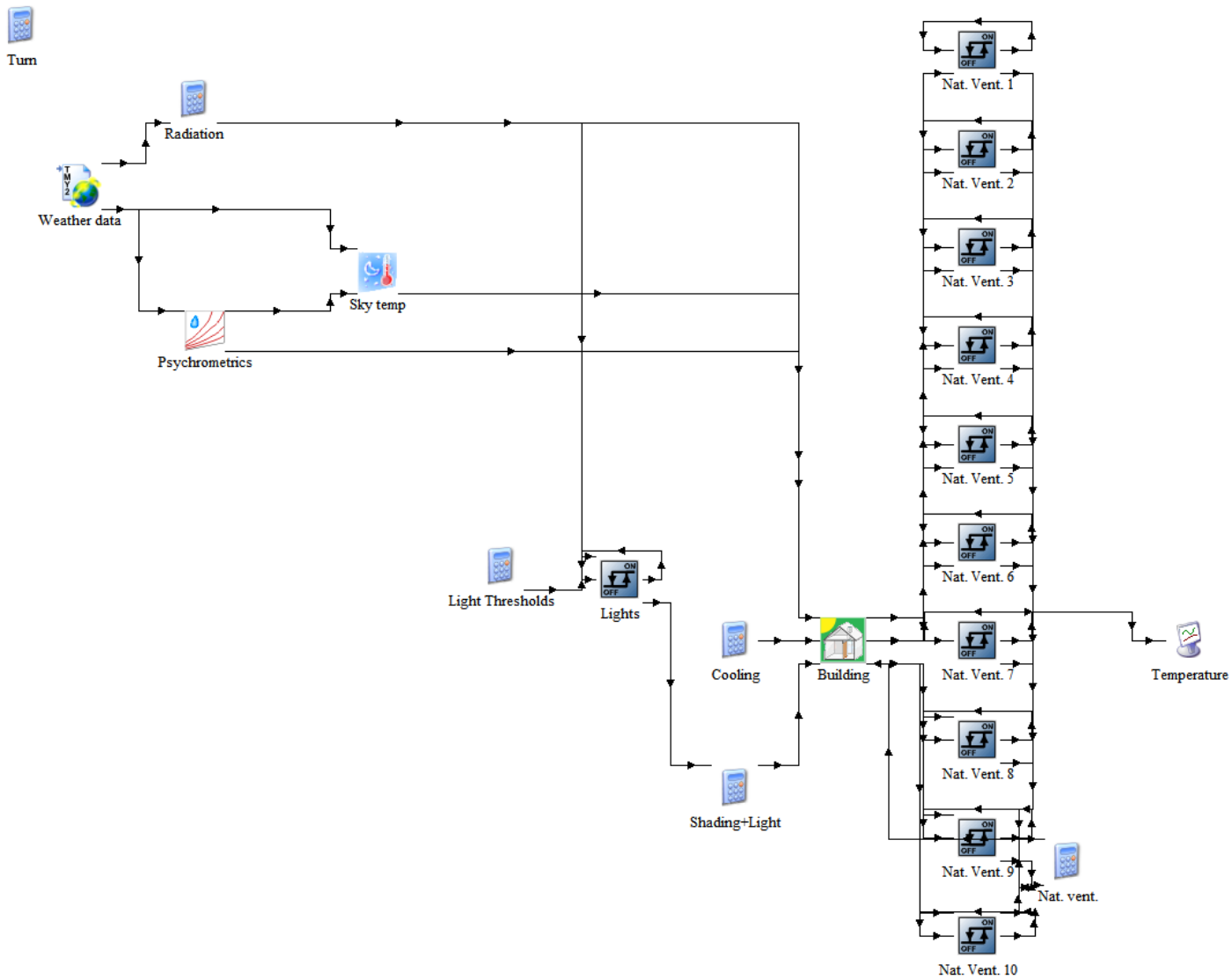
Βασιζόμενοι στο κεφάλαιο 3 όπου περιγράφεται το κτίριο εφαρμογής αναλυτικά, δημιουργούμε το TRNBuild με τα εξής στοιχεία:



Σχήμα 4.21 Στοιχεία του σχεδίου

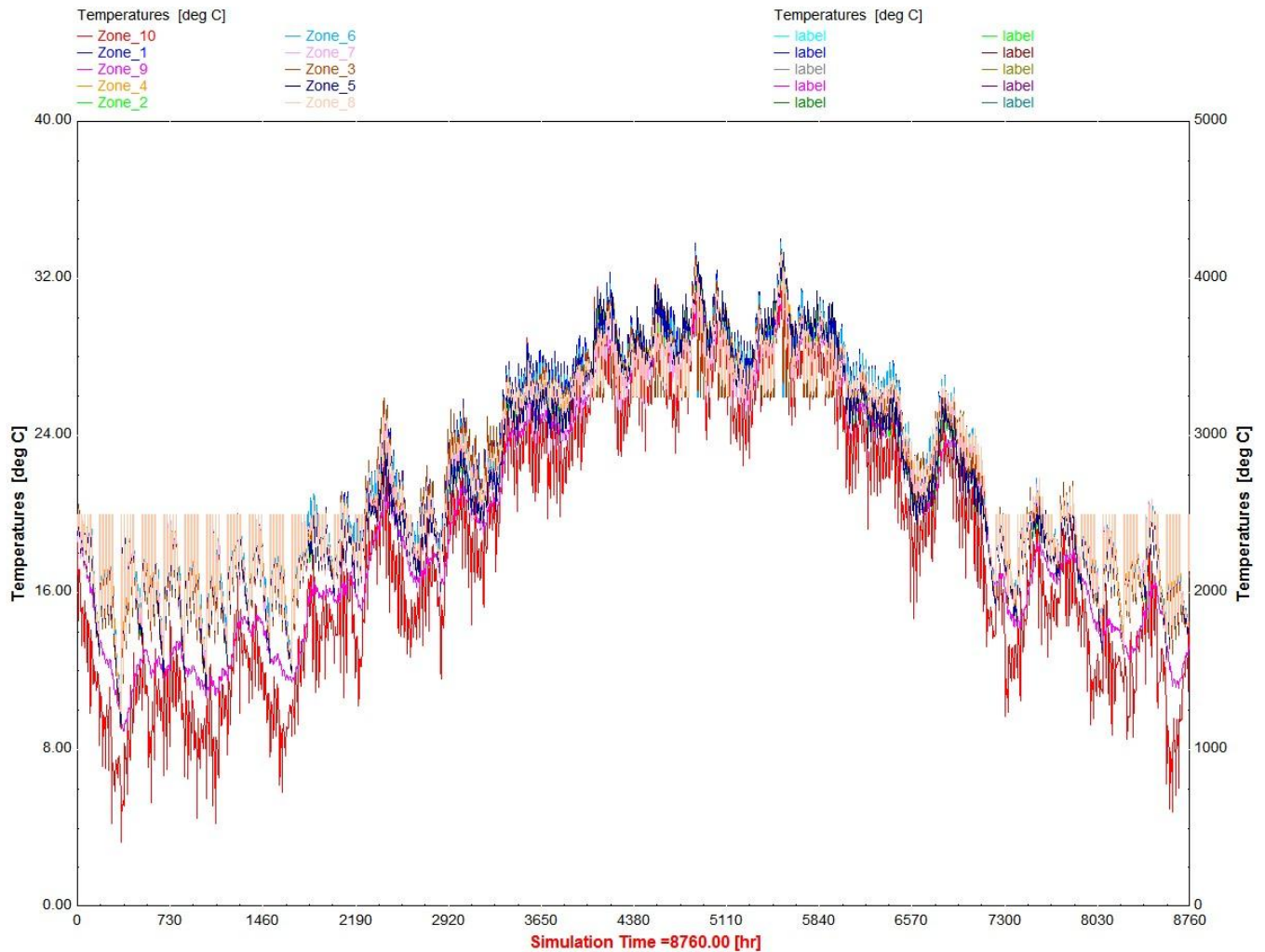
4.4.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Αφού ολοκληρώσουμε την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα, παίρνουμε το παρακάτω σχέδιο προσομοίωσης:



Σχήμα 4.22 Τελικό σχέδιο κτιρίου στο Simulation Studio

Επιλέγουμε την εντολή F8 και προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:

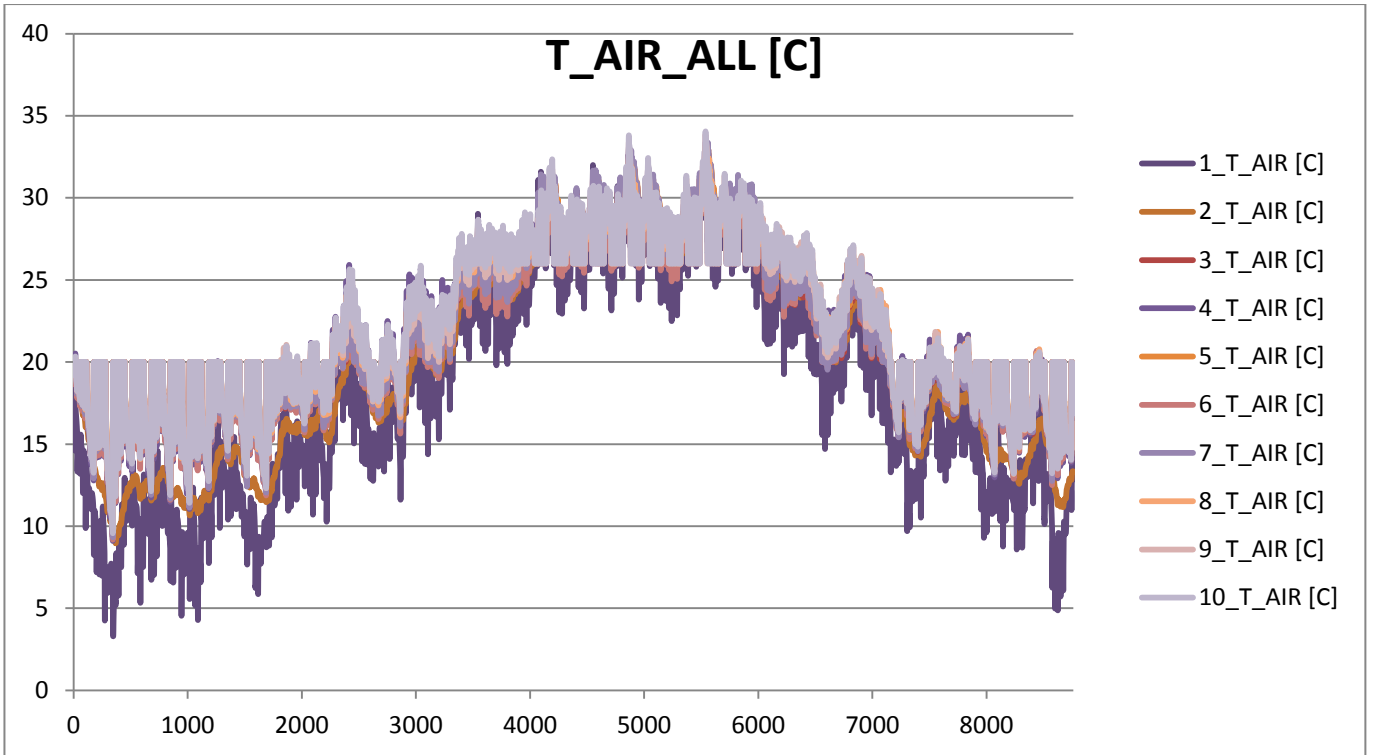


Σχήμα 4.23 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος

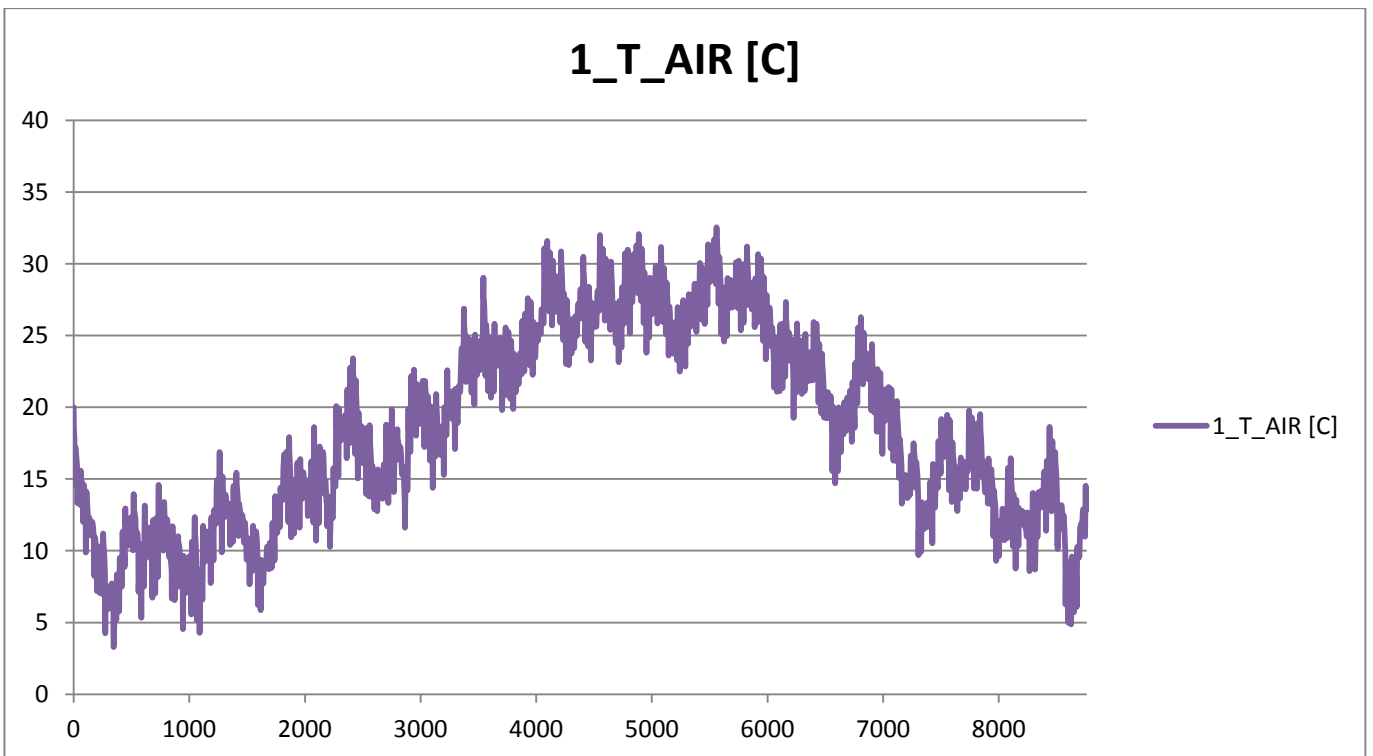
Το συγκεκριμένο διάγραμμα μας δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας για κάθε χρονική στιγμή και για ένα έτος.

Στη συνέχεια θα επεξεργαστούμε τα δεδομένα του Simulation Studio χρησιμοποιώντας το Microsoft Excel. Εισάγουμε τις θερμοκρασίες όλων των θερμικών ζωνών, τα ποσά θερμότητας και τα μηνιαία αθροίσματα.

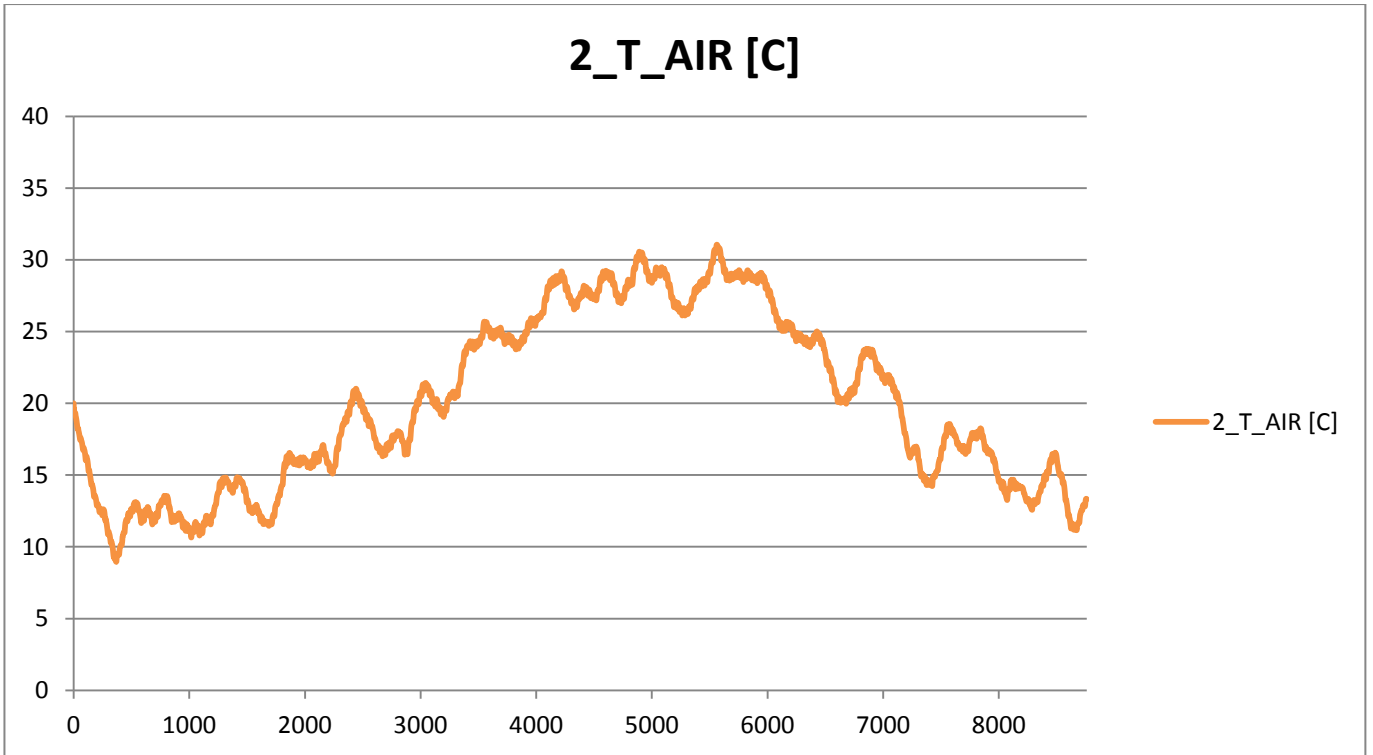
Έτσι, μπορούμε να ξανασχεδιάσουμε το διάγραμμα των θερμοκρασιών εκ νέου και να δείξουμε ξεχωριστά τη κάθε ζώνη. Έτσι, έχουμε:



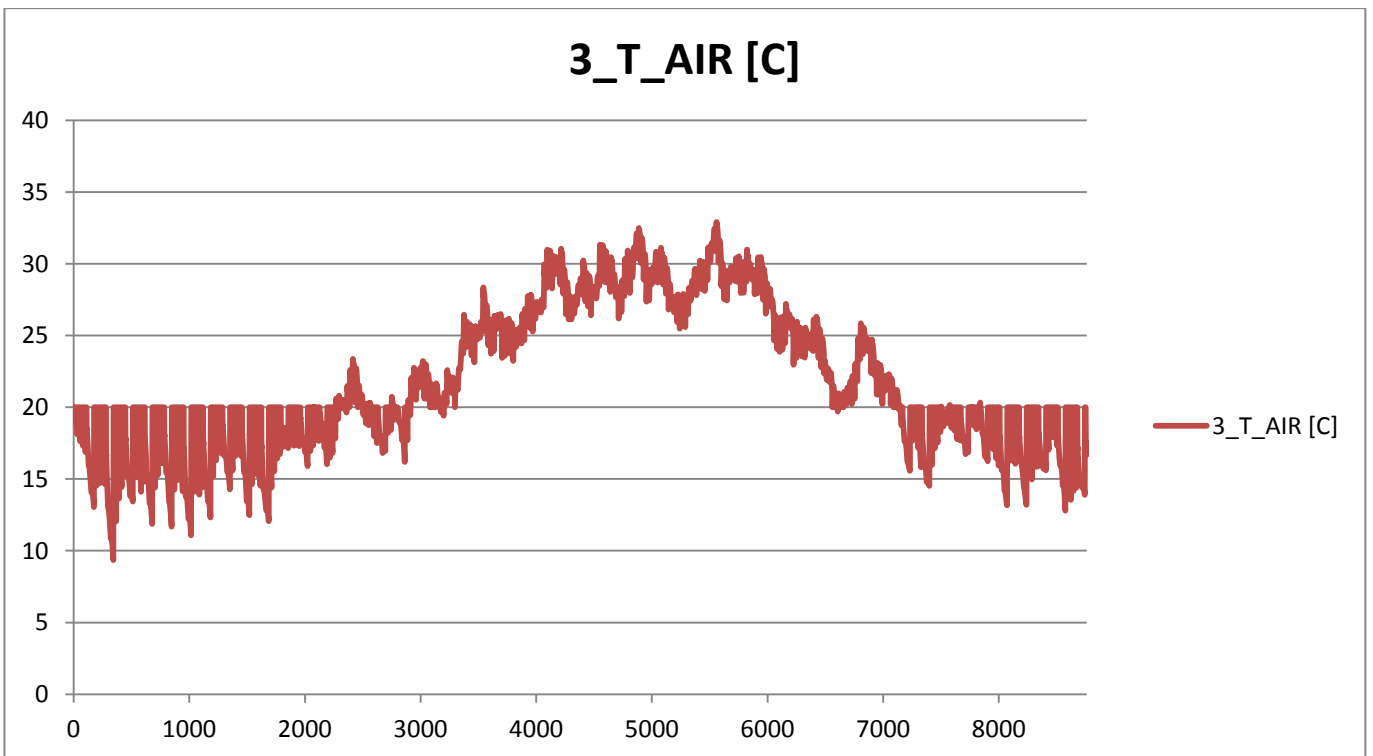
Σχήμα 4.24 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (όλες οι ζώνες)



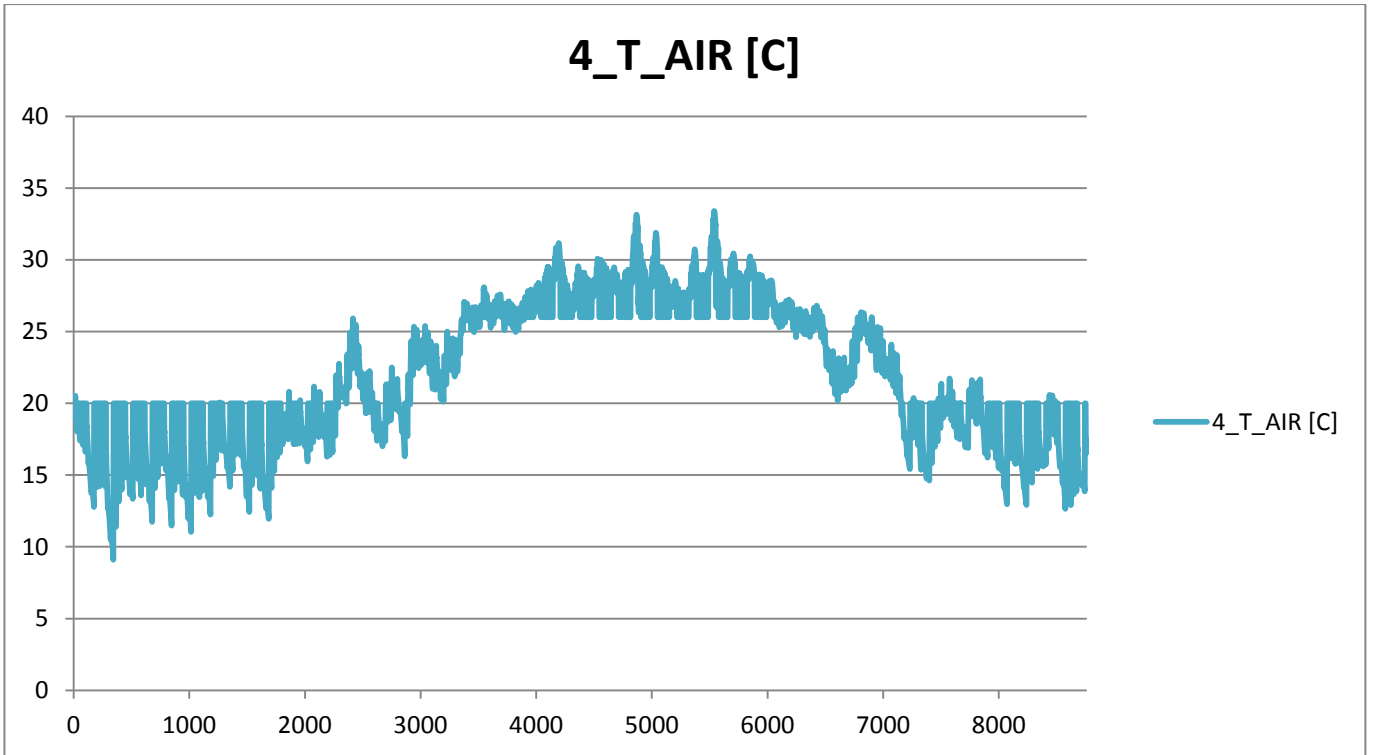
Σχήμα 4.25 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 1)



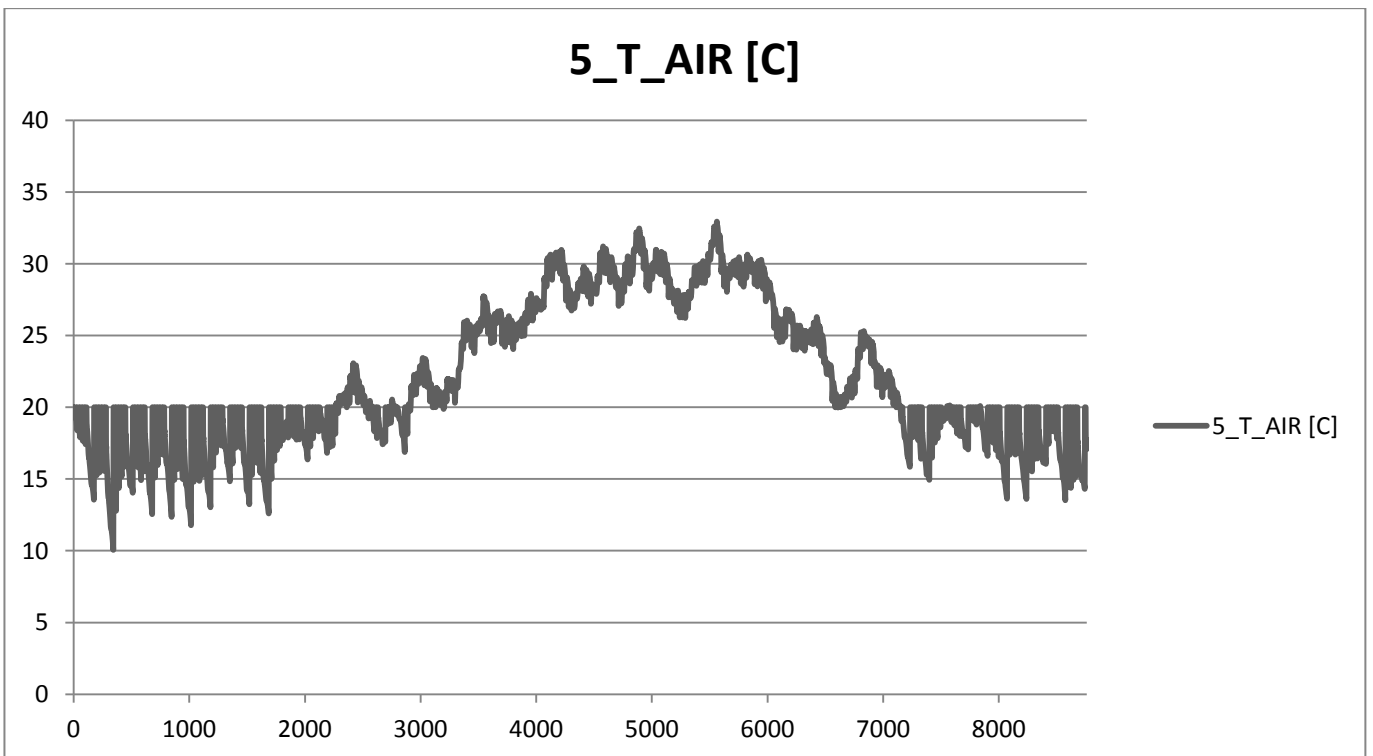
Σχήμα 4.26 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 2)



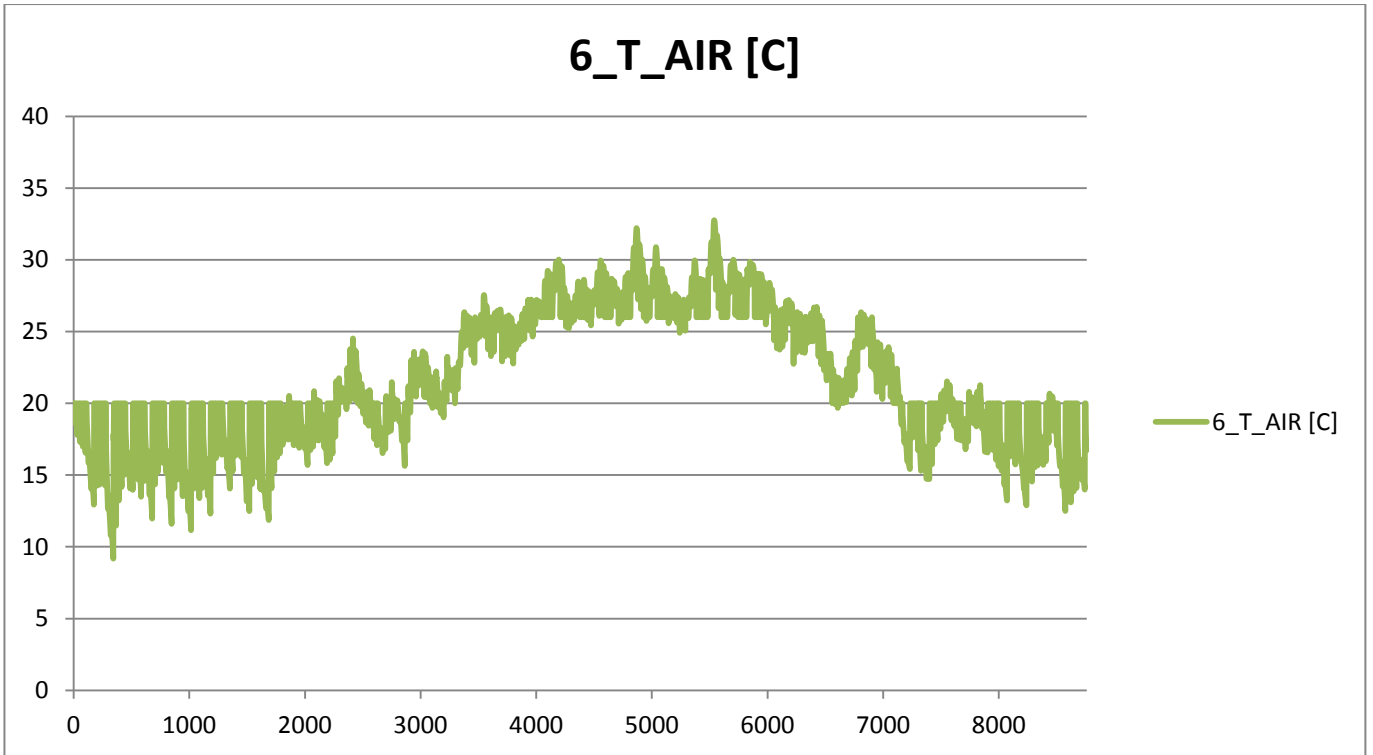
Σχήμα 4.27 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 3)



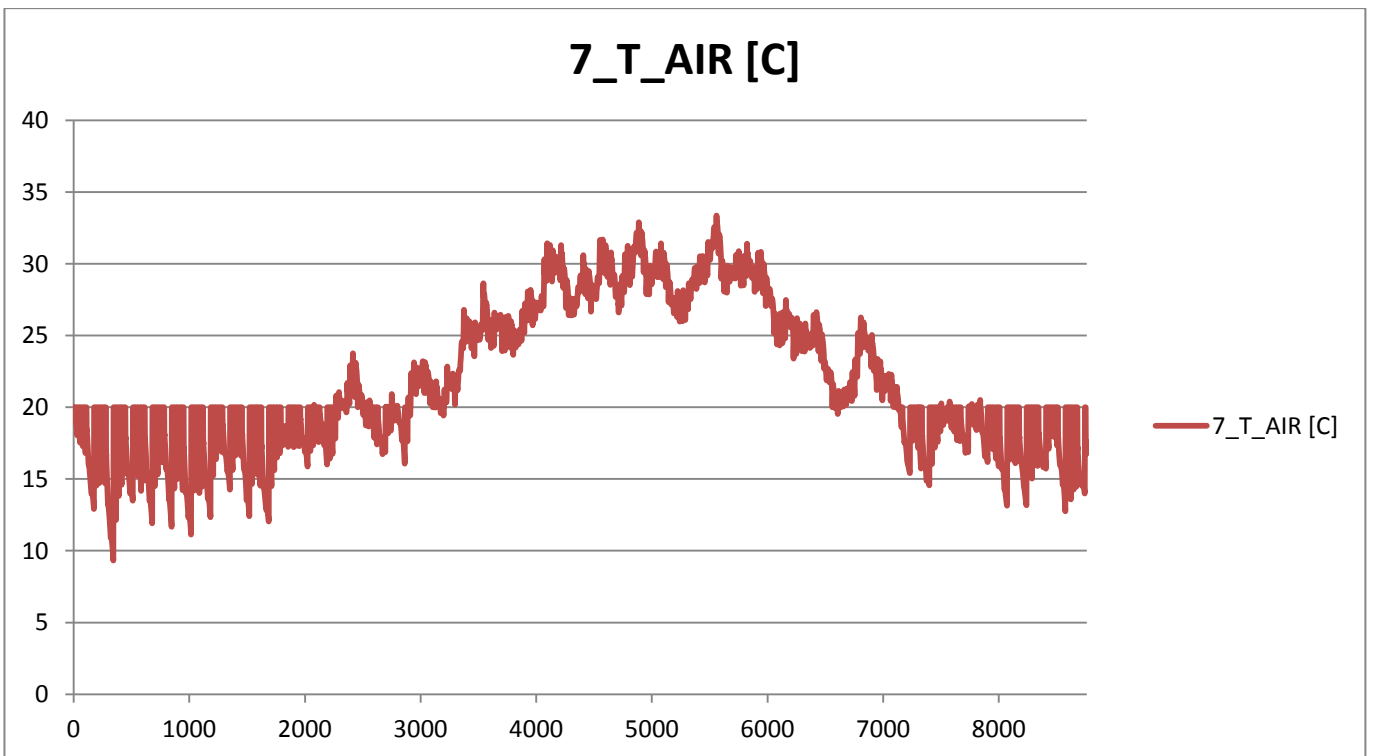
Σχήμα 4.28 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 4)



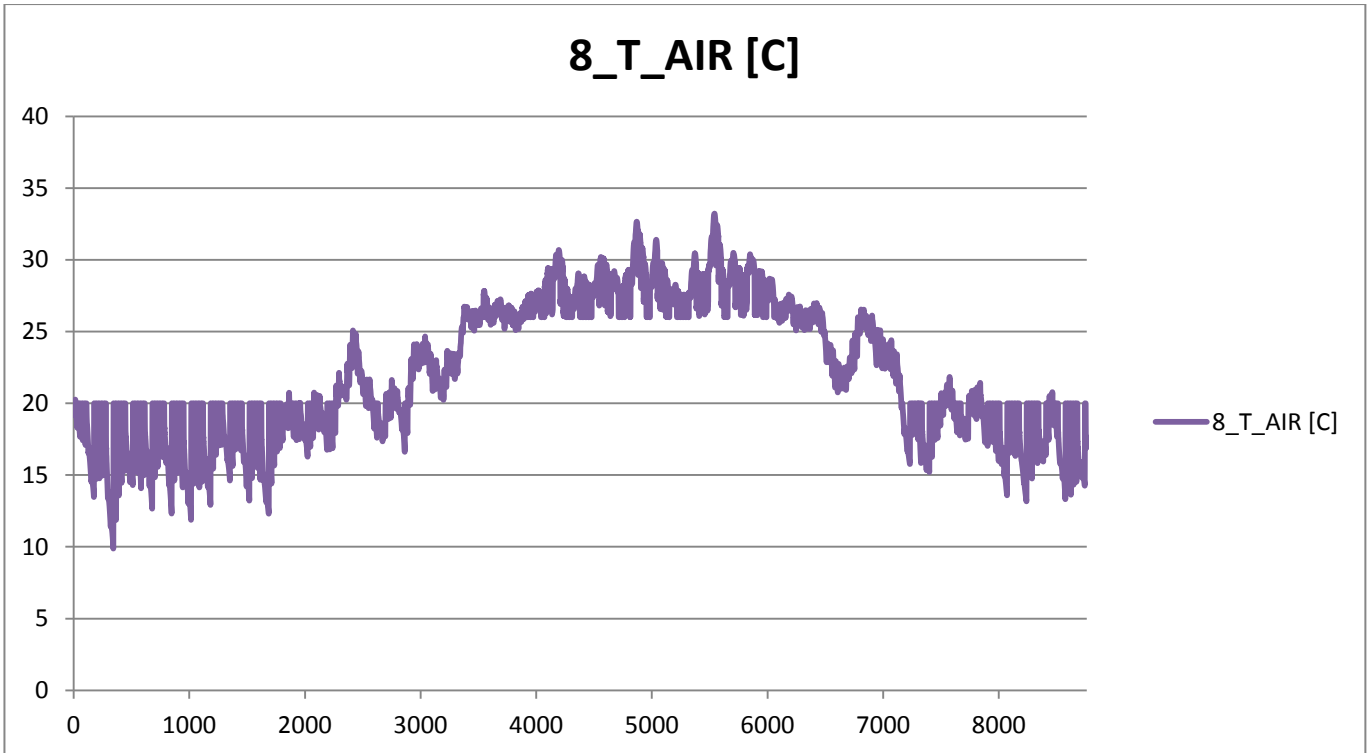
Σχήμα 4.29 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 5)



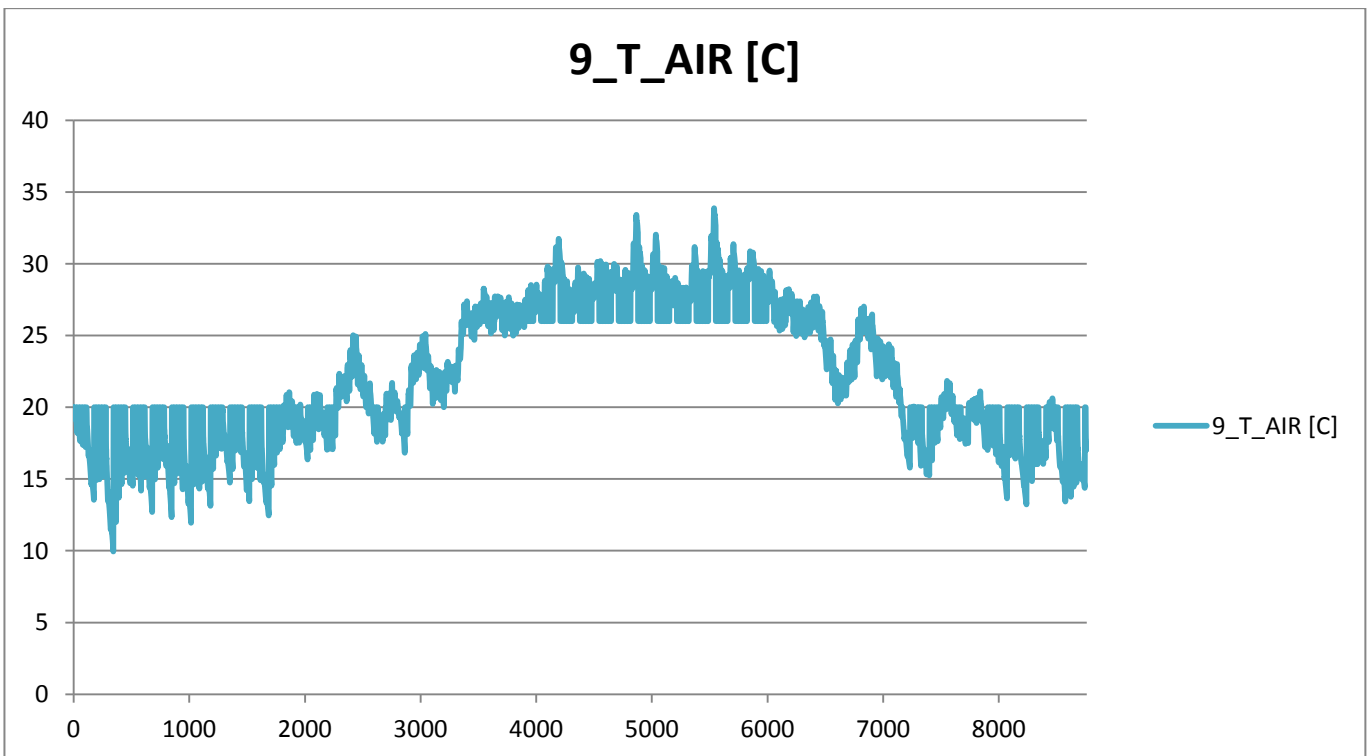
Σχήμα 4.30 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 6)



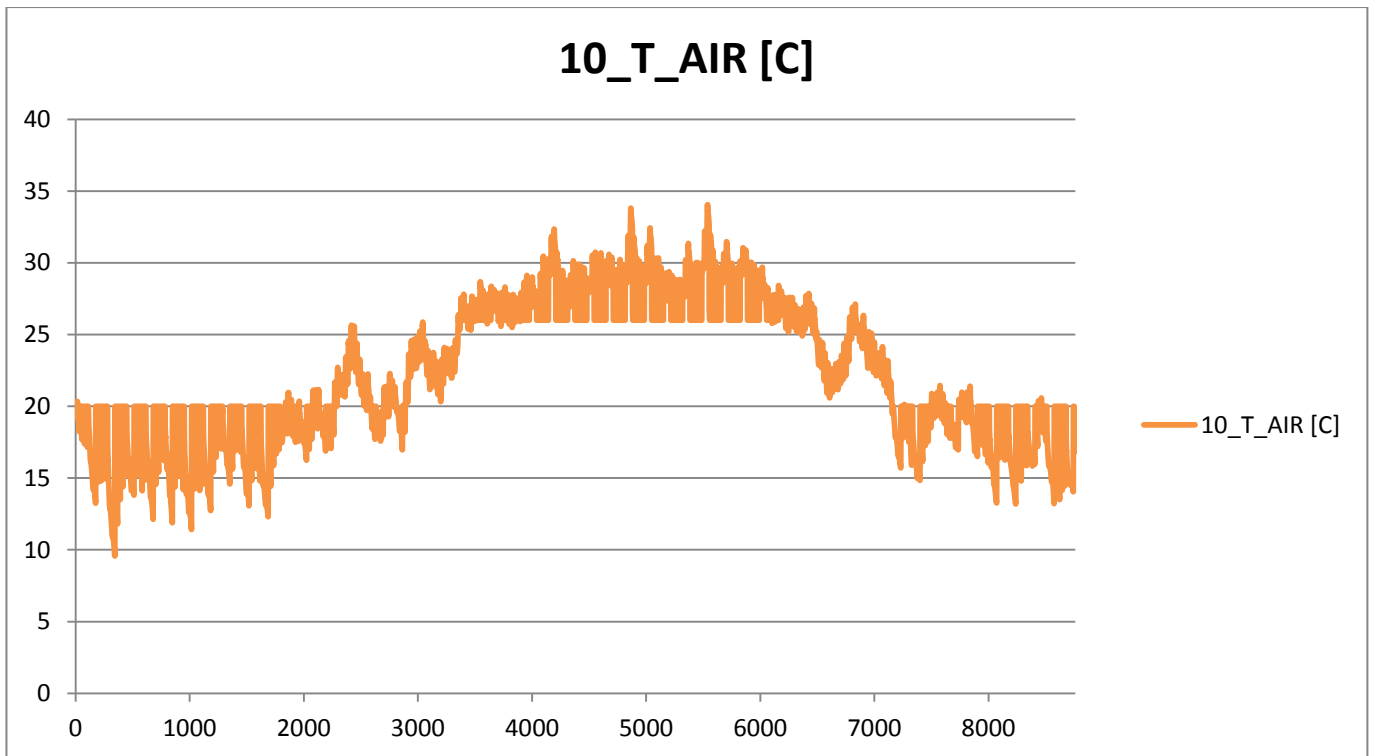
Σχήμα 4.31 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 7)



Σχήμα 4.32 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 8)



Σχήμα 4.33 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 9)



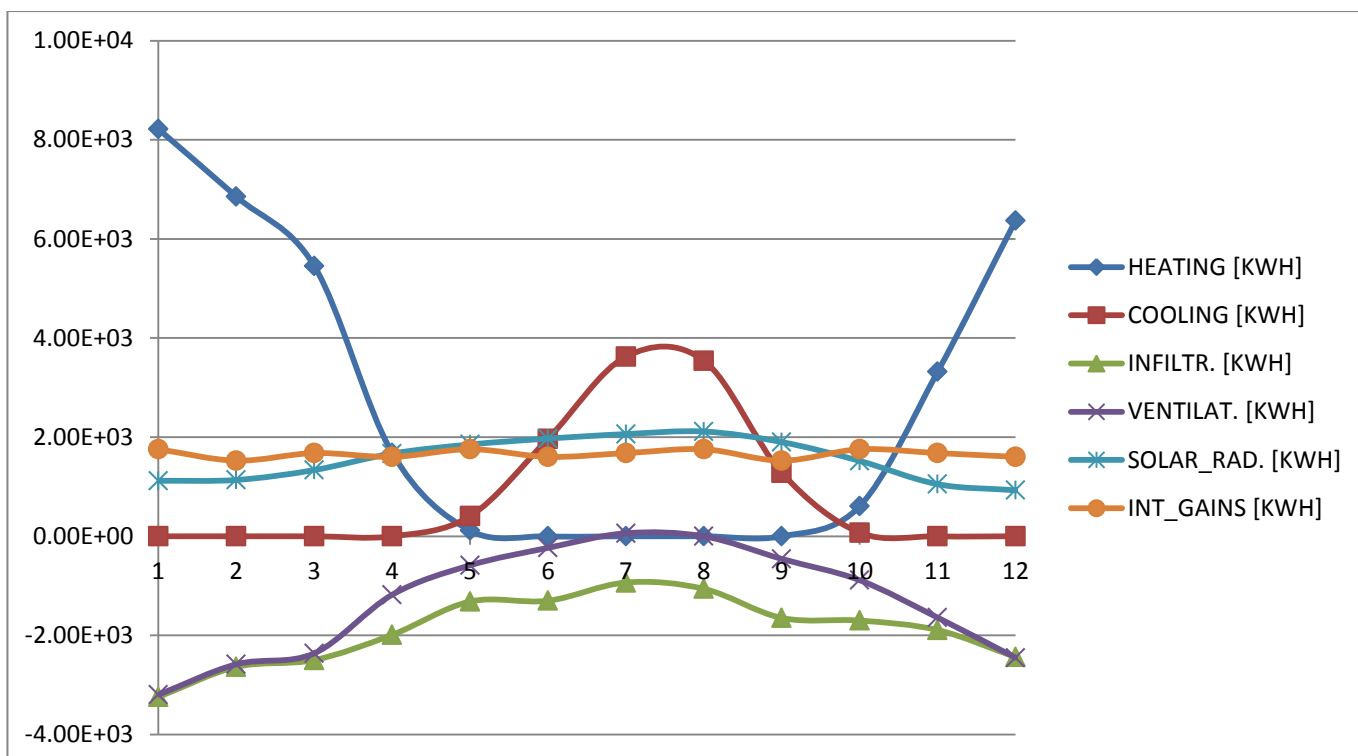
Σχήμα 4.34 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (Ζώνη 10)

4.4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ

▪ Τα συνολικά ποσά ενέργειας που εκλύονται - απορροφούνται συνολικά κάθε μήνα παρουσιάζονται παρακάτω:

SUMMARY VALUES FOR ALL ZONES COMBINED						
MONTH	HEATING	COOLING	INFILTR.	VENTILAT.	SOLAR_RAD.	INT_GAINS
-	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]	[KWH]
JAN	8216	0	-3240	-3196	1120	1756
FEB	6854	0	-2635	-2582	1137	1527
MAR	5454	0	-2496	-2361	1337	1679
APR	1681	0	-1988	-1179	1670	1603
MAY	116	407	-1316	-585	1853	1756
JUN	0	1968	-1300	-233	1971	1603
JUL	0	3625	-932	62	2063	1679
AUG	0	3543	-1060	-1	2114	1756
SEP	0	1282	-1648	-457	1901	1527
OCT	610	74	-1700	-886	1521	1756
NOV	3320	0	-1892	-1641	1051	1679
DEC	6372	0	-2436	-2450	928	1603
SUM	32620	10900	-22640	-15510	18670	19920

Πίνακας 4.1 Σύνοψη ποσών ενέργειας ανά μήνα



Σχήμα 4.35 Διάγραμμα ποσών ενέργειας ανά μήνα

4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- 1) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Getting Started*, Volume 1. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 2) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Using the Simulation Studio*, Volume 2. CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- 3) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Standard Component Library Overview*, Volume 3. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 4) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Input – Output – Parameter Reference*, Volume 4. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 5) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Mathematical Reference*, Volume 5. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 6) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Multizone Building modeling with Type 56 and TRNBuild*, Volume 6. University of Wisconsin-Madison.
- 7) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *TRNEdit: Editing the Input File and Creating TRNSED Applications*, Volume 7. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 8) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Programmer's Guide*, Volume 8. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 9) TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Weather Data*, Volume 9. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.
- 10) Χρ. Τζιβανίδης, «Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων», Καθηγητής ΕΜΠ.
- 11) Κ. Αντωνόπουλος, «Κλιματισμός – Μέρος πρώτο», Καθηγητής ΕΜΠ.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ

- 12) Στεργίου Χρήστος, «Προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίου γραφείων στην Αθήνα με χρήση του υπολογιστικού πακέτου TRNSYS», ΕΜΠ, Αθήνα, 2007.

- 13) Σαγιά Ζωή, «Παραμετρικός προσδιορισμός Ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων για Θέρμανση και Ψύξη υπό διάφορες συνθήκες με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης TRNSYS», ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», ΕΜΠ, Αθήνα, 2009.
- 14) Κάλτσας Αλέξανδρος, «Συγκριτική εξέταση υπολογισμού φορτίων κλιματισμού στρατιωτικού συνεργείου με δύο διαφορετικά ευρέως διαδεδομένα λογισμικά», ΕΜΠ, Αθήνα, 2009.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 15) <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>
- 16) <http://www.buildingsplatform.eu>

ΆΛΛΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 17) TRNSYS 16.00 Manual : TRANSSOLAR Energietechnik GmbH.
- 18) Τεύχος 2421/85 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. , (Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας).
- 19) ASHRAE, (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
- 5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
 - 5.2.1 ΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ
 - 5.2.2 ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- 5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

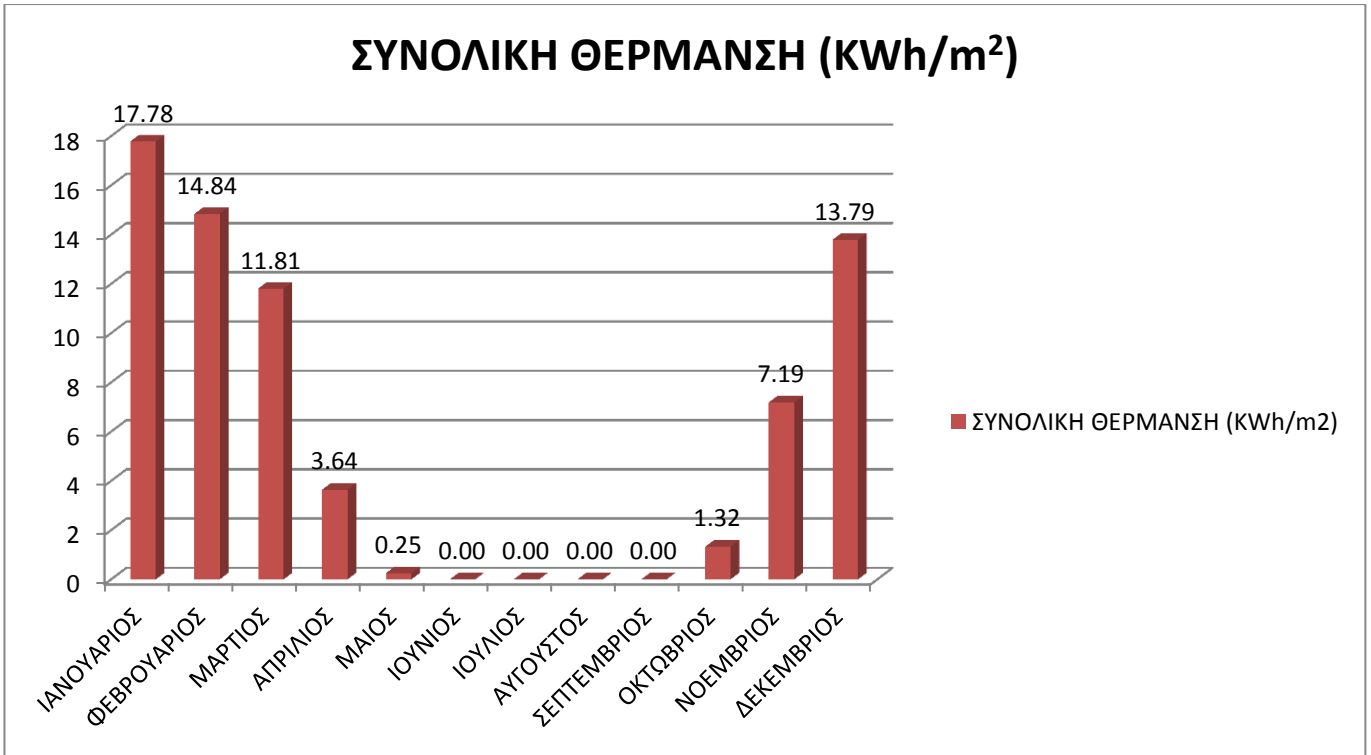
5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα, παραθέτουμε τα συνολικά ποσά θέρμανσης για κάθε μήνα σε KWh/m², δεδομένου ότι το κτίριο εφαρμογής έχει εμβαδόν 462 m².

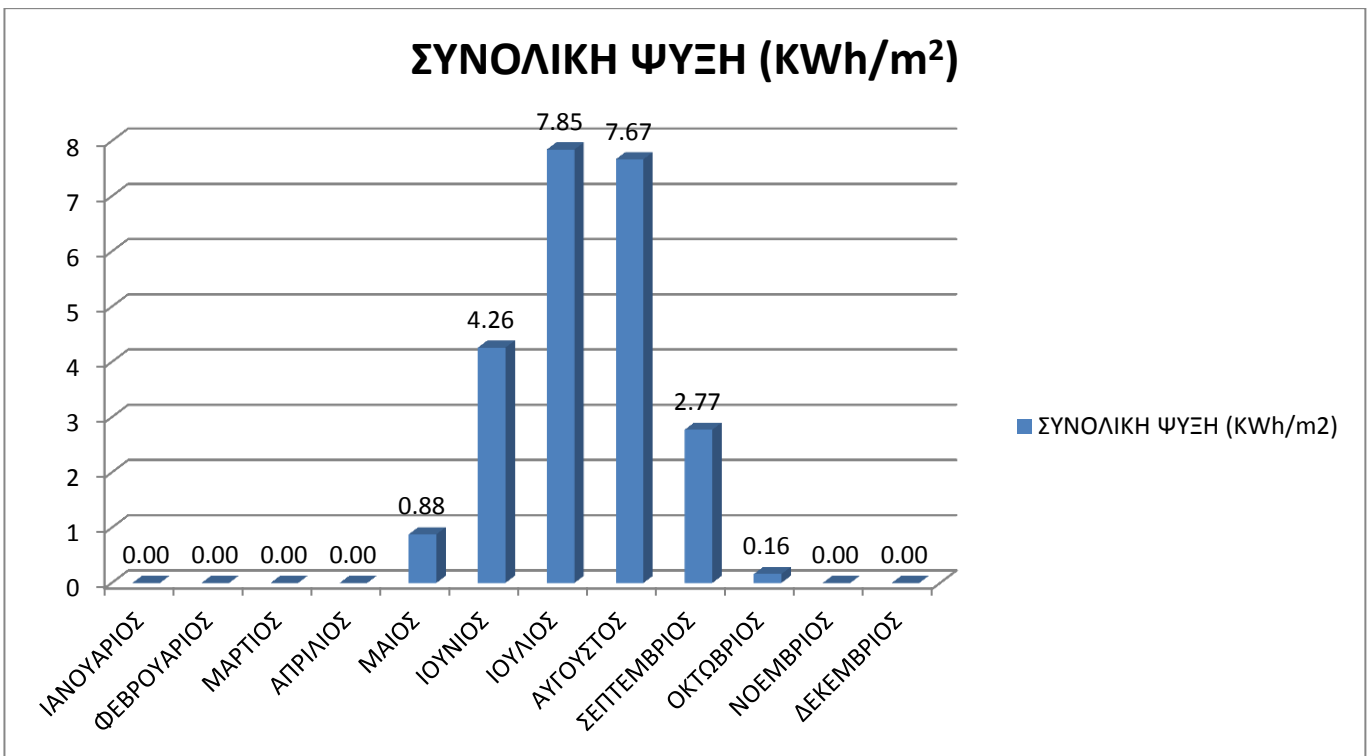
ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (KWh/m ²)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΞΗ (KWh/m ²)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	17.784	0.000
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	14.835	0.000
ΜΑΡΤΙΟΣ	11.805	0.000
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.639	0.000
ΜΑΙΟΣ	0.251	0.880
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.000	4.260
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.000	7.846
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.000	7.669
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.000	2.775
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.321	0.161
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7.186	0.000
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13.792	0.000
ΣΥΝΟΛΟ	70.606	23.593

Πίνακας 5.1 Σύνοψη ποσών θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουμε τη συνολική θέρμανση και ψύξη ανά m² για κάθε μήνα:



Σχήμα 5.1 Διάγραμμα συνολικής θέρμανσης ανά μήνα



Σχήμα 5.2 Διάγραμμα συνολικής ψύξης ανά μήνα

5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάσαμε τις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια τριτογενούς τομέα, όπως αυτό που εξετάζουμε. Ειδικά στη παράγραφο 2.4, παρουσιάζονται τα μέτρα που προτείνονται για την Ελλάδα.

Στη παρούσα μελέτη θα εφαρμόσουμε 2 μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας:

- ✚ Τη καλύτερη μόνωση της οροφής και του δαπέδου
- ✚ Τον νυχτερινό αερισμό

τα οποία παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω.

5.2.1 ΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ

Στο υφιστάμενο κτίριο, η μόνωση στην οροφή και το δάπεδο δεν ξεπερνά τα 0,020 m πάχος. Θα αυξήσουμε τη μόνωση σε 0,030 m και έτσι παίρνουμε τα νέα χαρακτηριστικά δαπέδου και οροφής:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΜΩΣΑΙΚΟ (MOSAIC) 0,050 m	0,72	2	800		0,683	0	0	25,2	25,2
AIRSPACE				0,044					
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,030 m	0,1368	0,84	32						
ΠΛΑΚΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	7,56	0,8	2400						

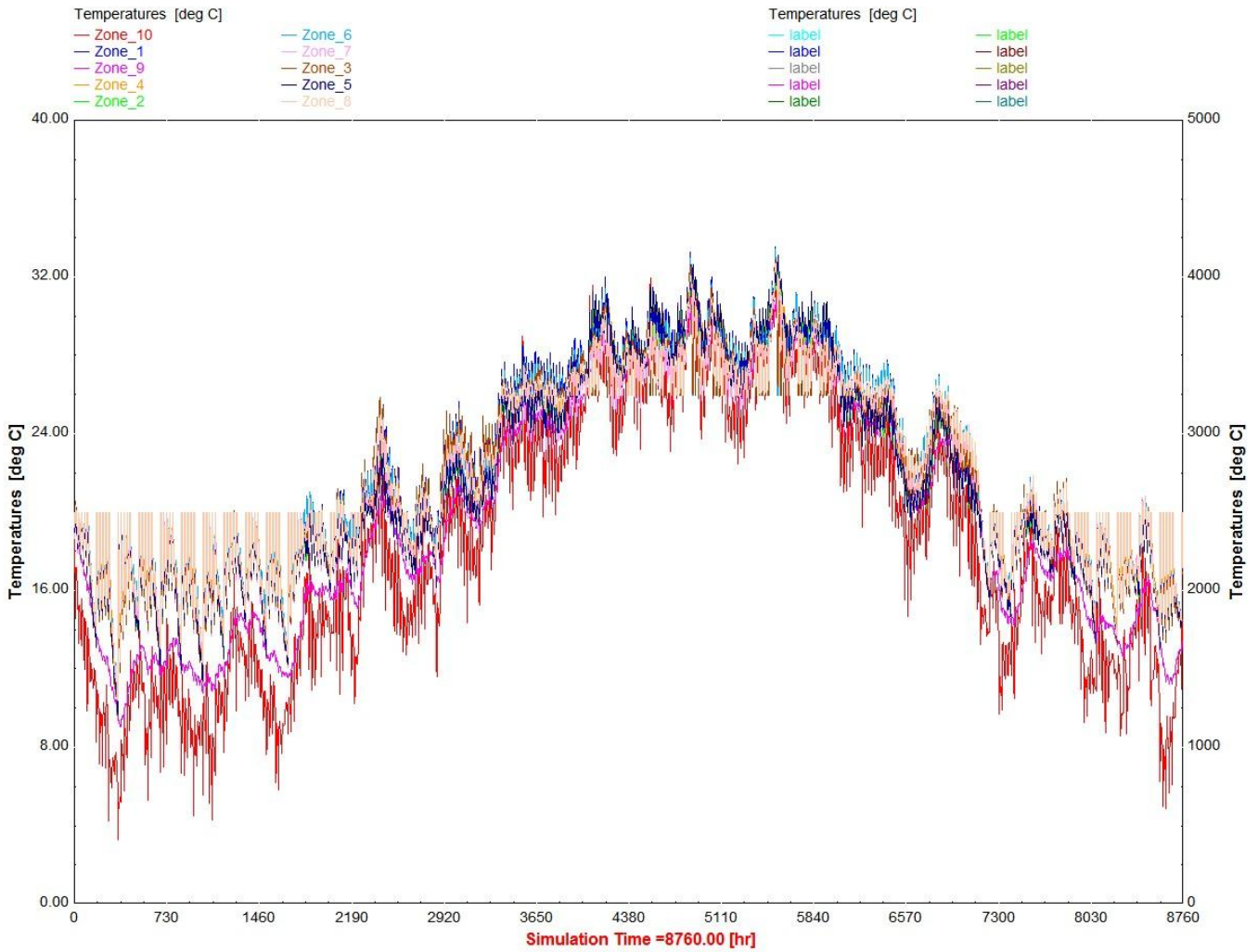
(CONCRETE) 0,200 m									
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 5.1 Θερμικά χαρακτηριστικά νέου δαπέδου (GROUND) 0,280 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚ. ΑΓΩΓΙΜ. (kJ/hmK)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜ. (kJ/kgK)	ΠΥΚΝ. (kg/m ³)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣ (hm ² K/kJ)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. (W/m ² K)	ΗΛΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦ.		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ (kJ/hm ² K)	
						ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΣΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)	ΕΞΩΤ. ΠΛΕΥΡΑ ΖΩΝΗΣ (FRONT)
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ (PLASTER) 0,010 mm	5	1	2000		0,915	0	0,6	25,2	72
ΠΛΑΚΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (CONCRETE) 0,150 mm	7,56	0,8	2400						
ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (INSULATION) 0,030 mm	0,1368	0,84	32						
ΓΑΡΜΠΙΛΟΔΕΜΑ (G_CONCRETE) 0,060 mm	3,96	0,88	1900						

Πίνακας 5.2 Θερμικά χαρακτηριστικά νέας οροφής (ROOF) 0,250 m

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω αλλαγών στο TRNBuild με την εντολή F8 παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 5.3 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (με καλύτερη μόνωση)

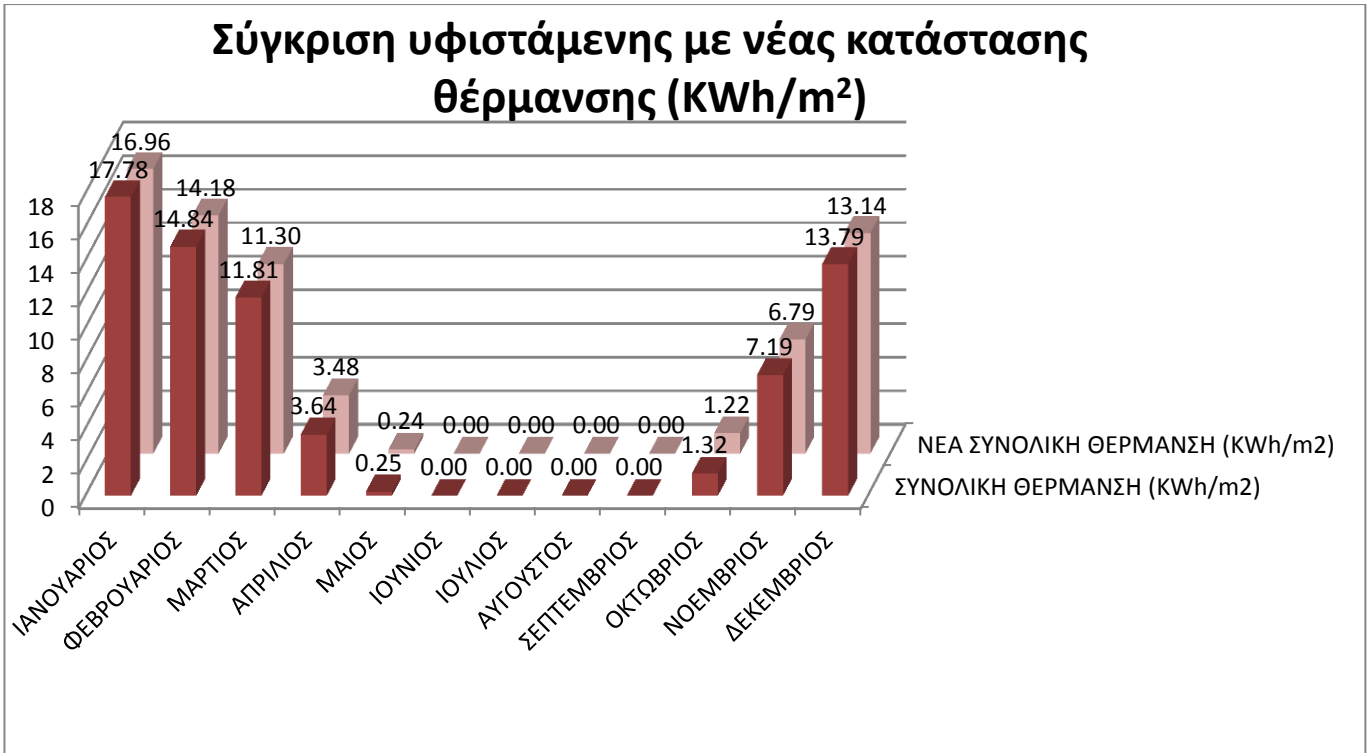
Το συγκεκριμένο διάγραμμα μας δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας για κάθε χρονική στιγμή και για ένα έτος αφού έχουμε εφαρμόσει καλύτερη μόνωση στο δάπεδο και την οροφή.

Στον παρακάτω πίνακα, παραθέτουμε τα νέα συνολικά ποσά θέρμανσης για κάθε μήνα σε kWh/m².

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (KWh/m ²)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΞΗ (KWh/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΨΥΞΗΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	16.957	0.000	0.83%	0.00%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	14.184	0.000	0.65%	0.00%
ΜΑΡΤΙΟΣ	11.303	0.000	0.50%	0.00%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.478	0.000	0.16%	0.00%
ΜΑΙΟΣ	0.245	0.833	0.01%	0.05%
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.000	4.134	0.00%	0.13%
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.000	7.626	0.00%	0.22%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.000	7.494	0.00%	0.18%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.000	2.771	0.00%	0.00%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.219	0.157	0.10%	0.00%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6.786	0.000	0.40%	0.00%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13.143	0.000	0.65%	0.00%
ΣΥΝΟΛΟ	67.316	23.009	3.29%	0.58%

Πίνακας 5.2 Σύνοψη νέων ποσών θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα (με καλύτερη μόνωση)

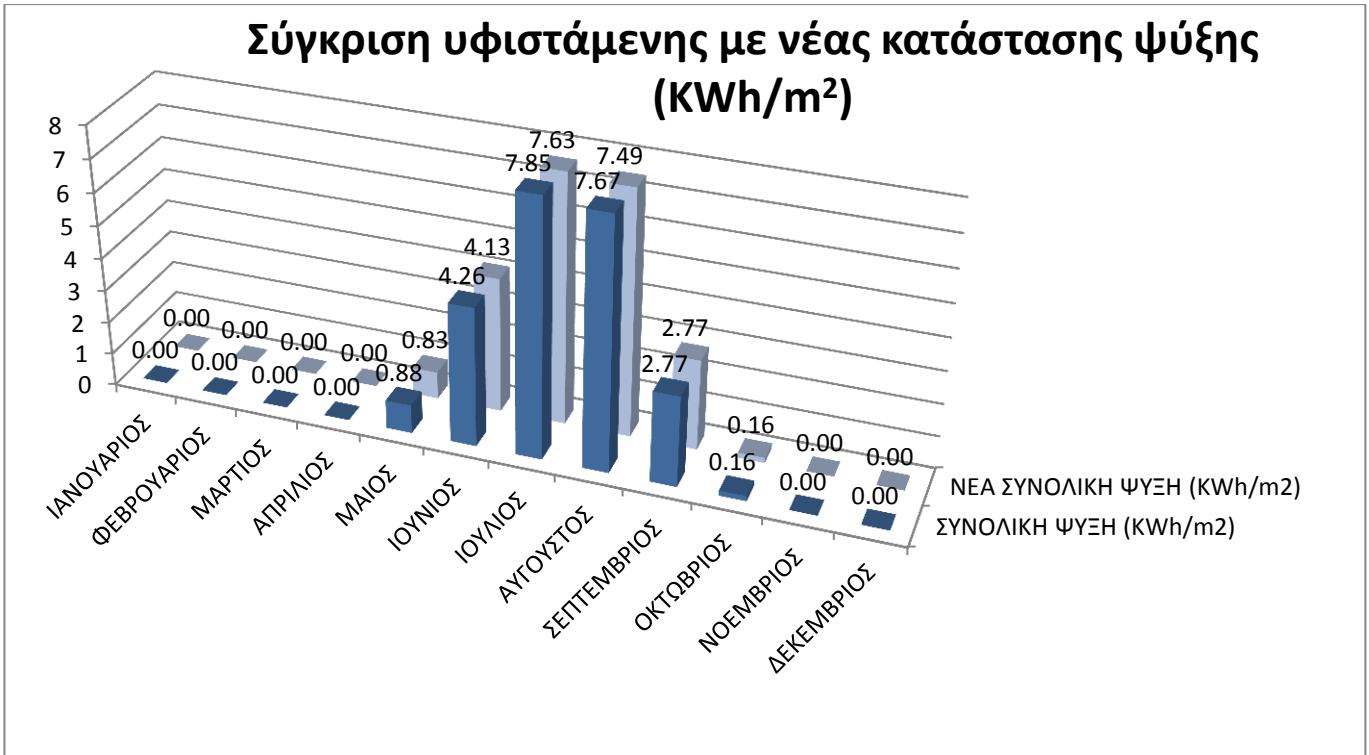
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουμε τη νέα συνολική θέρμανση και ψύξη ανά m² για κάθε μήνα σε σχέση με την υφιστάμενη:



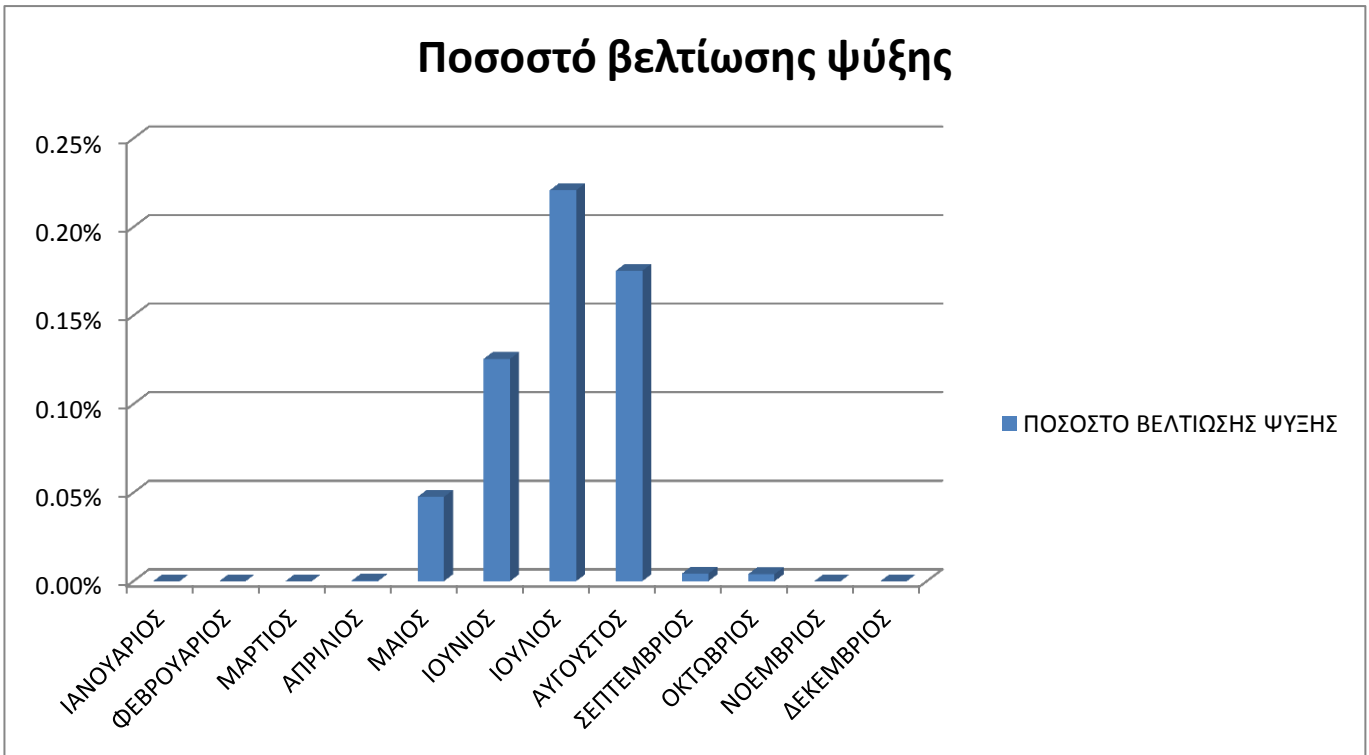
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα σύγκρισης υφιστάμενης με νέας κατάστασης θέρμανσης ανά μήνα (με καλύτερη μόνωση)



Σχήμα 5.5 Ποσοστό βελτίωσης θέρμανσης ανά μήνα (με καλύτερη μόνωση)



Σχήμα 5.6 Διάγραμμα σύγκρισης υφιστάμενης με νέας κατάστασης ψύξης ανά μήνα (με καλύτερη μόνωση)



Σχήμα 5.7 Ποσοστό βελτίωσης ψύξης ανά μήνα (με καλύτερη μόνωση)

5.2.2 ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Στο υφιστάμενο κτίριο έχουμε φυσικό αερισμό που μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί η σχολή και παρουσιάζεται αμέσως παρακάτω:

ΑΕΡΙΣΜΟΣ		
ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	08:00	0.00
07:00	15:00	2.00
15:00	24:00	0.00

Πίνακας 5.3 Υφιστάμενος φυσικός αερισμός

Για να εξοικονομήσουμε ενέργεια, θα εφαρμόσουμε και νυχτερινό αερισμό τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο για να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας από τη ψύξη, ο οποίος μοντελοποιείται παρακάτω:

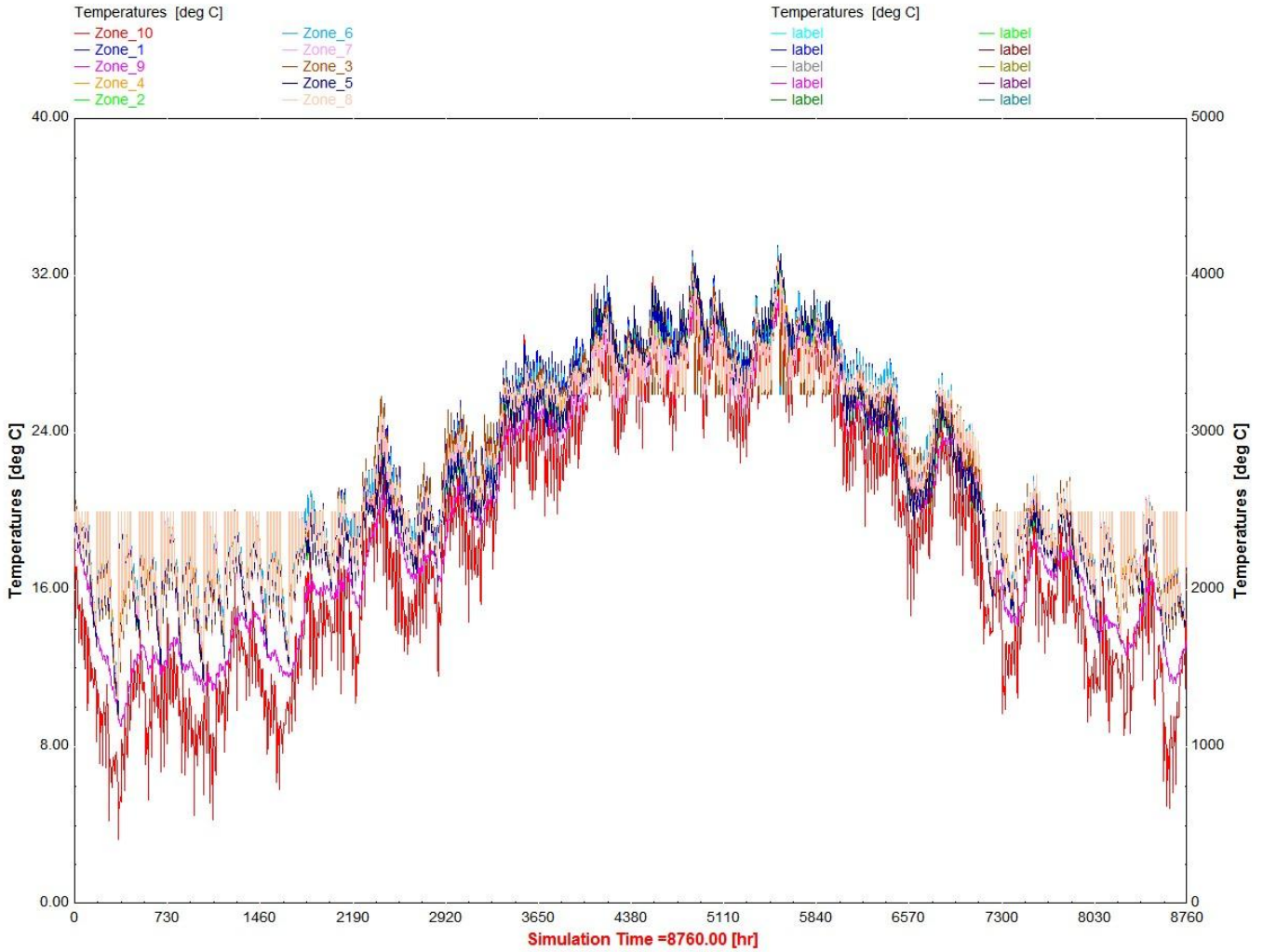
ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ		
ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	07:00	3.00
07:00	24:00	0.00

Πίνακας 5.4 Νυχτερινός αερισμός

Ο νυχτερινός αερισμός θα εφαρμοστεί στις θερμικές ζώνες 1 έως 8 του 1^{ου} ορόφου όπου γίνονται και τα μαθήματα της σχολής.

Παράλληλα όμως τους υπόλοιπους μήνες Ιανουάριο έως Απρίλιο και Οκτώβριο έως Δεκέμβριο, αυξάνεται η διείσδυση αέρα από 0,5 1/h σε 0,6 1/h σε όλες τις θερμικές ζώνες.

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω αλλαγών στο TRNBuild με την εντολή F8 παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 5.8 Διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασιών για ένα έτος (με νυχτερινό αερισμό)

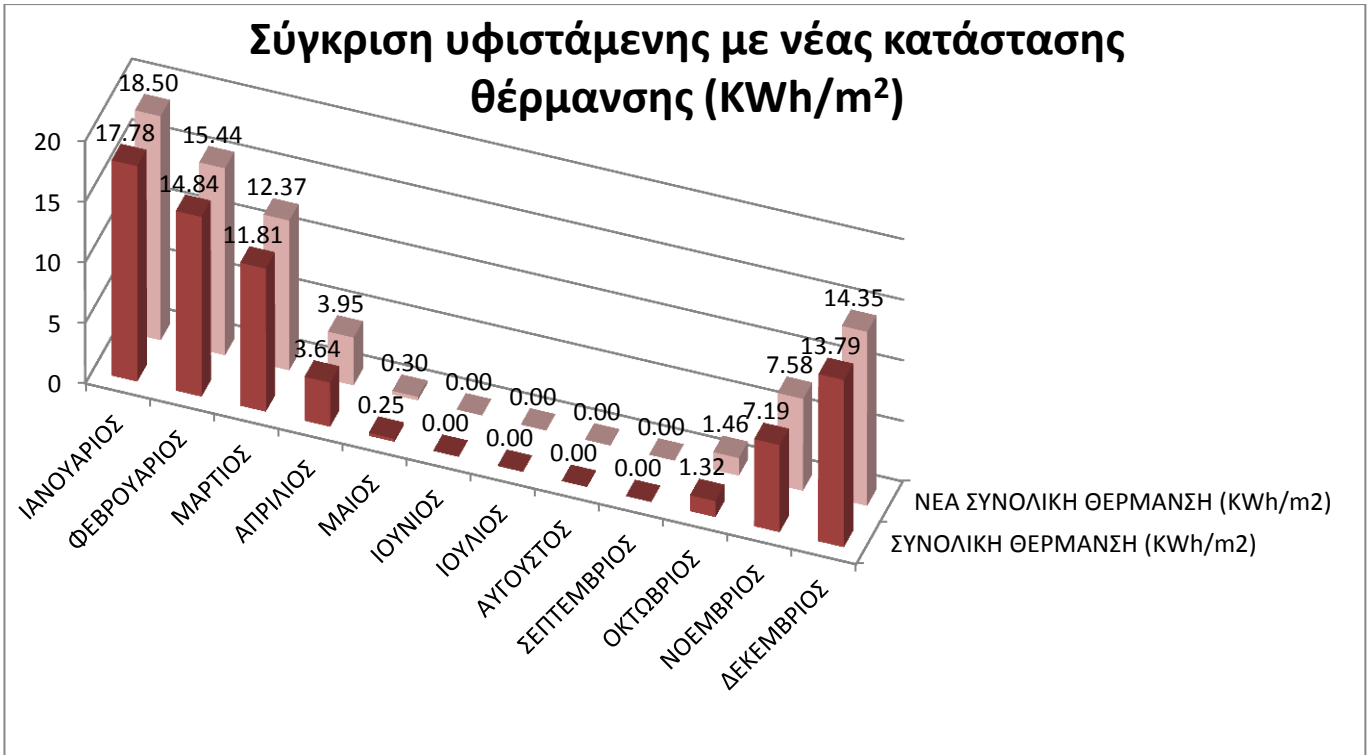
Το συγκεκριμένο διάγραμμα μας δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας για κάθε χρονική στιγμή και για ένα έτος αφού έχουμε εφαρμόσει νυχτερινό αερισμό.

Στον παρακάτω πίνακα, παραθέτουμε τα νέα συνολικά ποσά θέρμανσης για κάθε μήνα σε KWh/m^2 .

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (KWh/m ²)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΞΗ (KWh/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΨΥΞΗΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	18.496	0.000	-0.71%	0.00%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	15.442	0.000	-0.61%	0.00%
ΜΑΡΤΙΟΣ	12.368	0.000	-0.56%	0.00%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.946	0.000	-0.31%	0.00%
ΜΑΙΟΣ	0.299	0.422	-0.05%	0.46%
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.000	3.000	0.00%	1.26%
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.000	6.556	0.00%	1.29%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.000	6.409	0.00%	1.26%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.000	1.790	0.00%	0.98%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.462	0.062	-0.14%	0.10%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7.582	0.000	-0.40%	0.00%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	14.353	0.000	-0.56%	0.00%
ΣΥΝΟΛΟ	73.939	18.238	-3.33%	5.35%

Πίνακας 5.5 Σύνοψη νέων ποσών θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα (με νυχτερινό αερισμό)

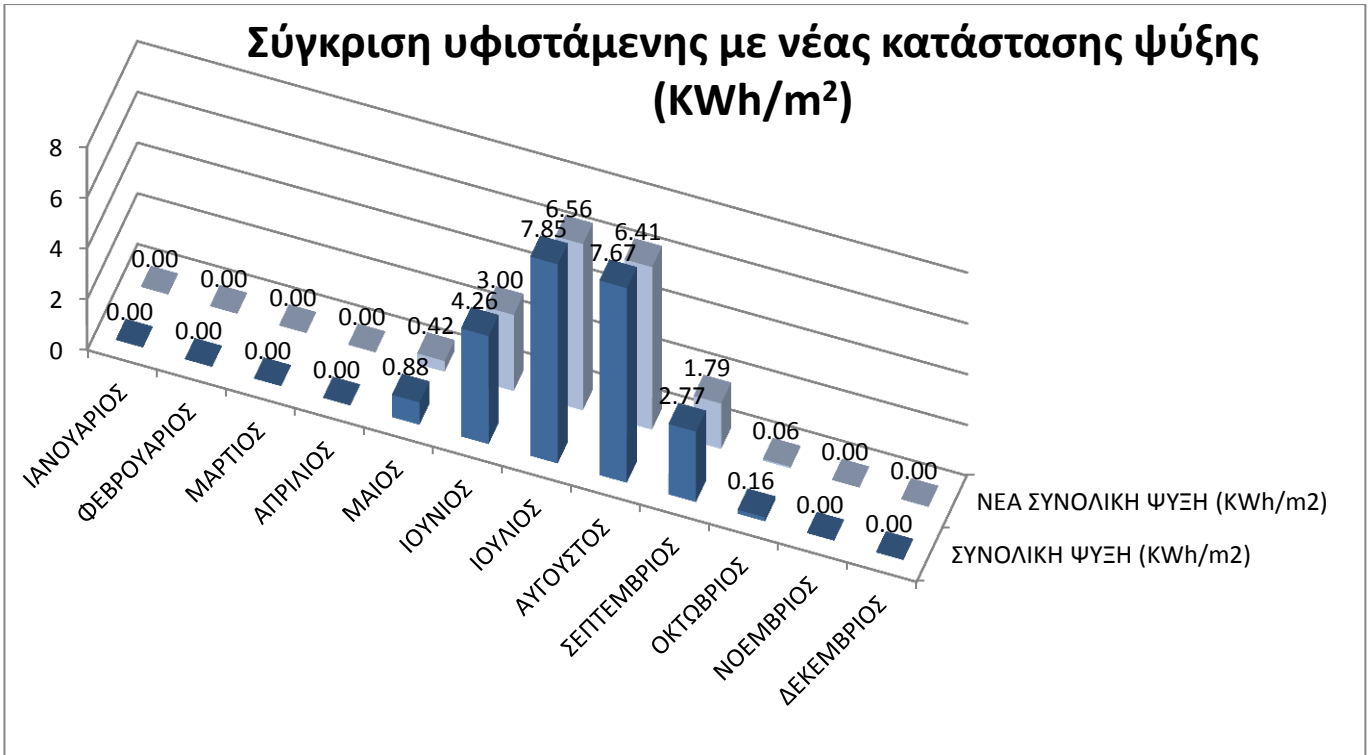
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουμε τη νέα συνολική θέρμανση και ψύξη ανά m² για κάθε μήνα:



Σχήμα 5.9 Διάγραμμα σύγκρισης υφιστάμενης με νέας κατάστασης θέρμανσης ανά μήνα (με νυχτερινό αερισμό)



Σχήμα 5.10 Ποσοστό βελτίωσης θέρμανσης ανά μήνα (με νυχτερινό αερισμό)



Σχήμα 5.11 Διάγραμμα σύγκρισης υφιστάμενης με νέας κατάστασης ψύξης ανά μήνα (με νυχτερινό αερισμό)



Σχήμα 5.12 Ποσοστό βελτίωσης ψύξης ανά μήνα (με νυχτερινό αερισμό)

5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διαγράμματα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου παρατηρούμε ότι θέρμανση έχουμε τους μήνες Ιανουάριο έως Απρίλιο και Οκτώβριο έως Δεκέμβριο, ενώ ψύξη έχουμε τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο. Τα αποτελέσματα είναι φυσιολογικά για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.

Η μέγιστη τιμή της θέρμανσης παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο, στη “καρδιά του χειμώνα” και ισούται με 17,78 KWh/m². Επίσης, υψηλές τιμές παρουσιάζει τους μήνες Φεβρουάριο και Δεκέμβριο όπου και έχουμε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες σε όλο το έτος.

Η μεγαλύτερες τιμές στη ψύξη παρατηρούνται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και είναι της τάξης των 7,85 – 7,67 KWh/m², κάτι εντελώς φυσιολογικό, αφού τους συγκεκριμένους μήνες οι θερμοκρασίες της Αθήνας είναι πολύ υψηλές.

Όσον αφορά την αύξηση του πάχους της μόνωσης από 0,020 m σε 0,030 m, παρατηρούμε ότι έχουμε βελτίωση και στη κατανάλωση της θέρμανσης αλλά και της ψύξης. Συγκεκριμένα, η συνολική θέρμανση για ένα έτος βελτιώθηκε κατά 3,29%, ενώ η ψύξη κατά 0,58%.

Από τη άλλη, ο νυχτερινός αερισμός βελτίωσε την συνολική ψύξη κατά 5,35% σε ετήσια βάση, ενώ η συνολική θέρμανση παρουσίασε αρνητική αλλαγή κατά -3,33%, κάτι που είναι φυσιολογικό αφού ο ψυχρός αέρας που εισέρχεται το χειμώνα αυξάνει τις ανάγκες για θέρμανση.

Από τις δύο τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελεσματικότερη στη θέρμανση είναι η βελτίωση της μόνωσης, ενώ αποτελεσματικότερη στη ψύξη είναι εμφανώς ο νυχτερινός αερισμός. Ο συνδυασμός των δύο, μαζί με την ελαχιστοποίηση της διείσδυσης του αέρα, θα ήταν η ιδανικότερη τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας στο συγκεκριμένο κτίριο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Στις επόμενες δύο σελίδες παρουσιάζονται οι κατόψεις του ισογείου και του πρώτου ορόφου του κτιρίου εφαρμογής σε κλίμακα 1:100 σε χαρτί A3 σχεδιασμένες με το λογισμικό πακέτο AutoCAD.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΖΩΝΕΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Στις επόμενες δύο σελίδες παρουσιάζονται οι κατόψεις του ισογείου και του πρώτου ορόφου του κτιρίου εφαρμογής χωρισμένου στις θερμικές ζώνες σε κλίμακα 1:100 σε χαρτί A3 σχεδιασμένες με το λογισμικό πακέτο AutoCAD.