



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπανομήτσος Ι. Στέφανος

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2013





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπανομήτσος Ι. Στέφανος

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19<sup>η</sup> Ιουλίου 2013.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2013

.....

Σπανομήτσος Ι. Στέφανος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σπανομήτσος Ι. Στέφανος, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

Υπεύθυνος της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Ιωάννης Ψαρράς, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά καθώς με την ανάθεση αυτής της εργασίας μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με αυτό το εξαιρετικά ενδιαφέρον αντικείμενο.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιβλέπουσα της διπλωματικής, διδάκτορα κα. Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, για την υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε κατά τη συγγραφή της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Βαγγέλη Μαρινάκη για τη βοήθεια που μου παρείχε σχετικά με τη χρήση των μετρητικών οργάνων.

Ευχαριστίες αποδίδονται στη Διοίκηση του ΣΕΒ και ιδιαίτερα (αλφαβητικά) στον κ. Δεληγιάνη Φωκίωνα, στον κ. Κυριακού Ιωάννη και στον κ. Σαραϊντάρη Ιωάννη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και την άμεση ανταπόκρισή τους σε ότι απαιτήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους εργαζομένους του κτιρίου για την θερμή υποδοχή και την αμέριστη βοήθειά τους παρέχοντάς μου πολύτιμες πληροφορίες και πρόσβαση σε απαραίτητα στοιχεία για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ πολύ τους φίλους μου για τη δύναμη που μου έδιναν όλα αυτά τα χρόνια και που ήταν πάντα στο πλευρό μου. Αισθάνομαι επίσης έντονα την ανάγκη να ευχαριστήσω τους στενούς μου συγγενείς που πάντα υποστήριζαν τις αποφάσεις μου και με βοηθούσαν με ποικίλους τρόπους.



Αφιερωμένο στους γονείς μου  
Ιωάννη και Αναστασία





## Περίληψη

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και η μείωση των εκπομπών αερίων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ένα μείζον ζήτημα που απασχολεί σύσσωμη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ένας από τους τομείς με μεγάλες προοπτικές εφαρμογής δράσεων προς αυτή την κατεύθυνση είναι ο κτιριακός, ο οποίος σύμφωνα με μελέτες ευθύνεται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Στη χώρα μας, ο κτιριακός τομέας σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες βρίθκει προβλημάτων λόγω της απουσίας στοιχειωδών μέτρων στα περισσότερα κτίρια και ιδιαίτερα σε όσα ανεγέρθησαν πριν το 1979 όταν και τέθηκε σε εφαρμογή ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης. Σε μια προσπάθεια να αντιστραφεί αυτή η κατάσταση, το 2010 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) καθορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα. Παράλληλα τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (ευνοϊκά δάνεια, επιδοτήσεις/ επιχορηγήσεις κλπ).

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος παρατίθεται το ελληνικό πλαίσιο νομοθεσίας που αφορά τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις επί νεοκλασικών κτιρίων και αναδεικνύονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμόσιμες σε νεοκλασικά κτίρια. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο νεοκλασικό κτίριο γραφείων της Στέγης της Ελληνικής Βιομηχανίας. Η διαδικασία της επιθεώρησης αφορά την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, τη διεξαγωγή μετρήσεων με θερμοκάμερα, αναλυτή καυσαερίων και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο τρίτο μέρος προτείνονται δράσεις για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου και αξιολογούνται με οικονομικά κριτήρια.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ενεργειακή επιθεώρηση σε διατηρητέο κτίριο, Ενεργειακή αποδοτικότητα, Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους, Θερμοκάμερα, Αναλυτής καυσαερίων, Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης στα κτίρια

## Abstract

Ways of improving energy performance and ways to decrease gas emissions, both being causes of the “Greenhouse Effect” and amongst the top priorities in the E.U.. A sector that shows high perspective in implementing some solutions toward this goal is housing, which according to studies is responsible for 40% of total energy consumption in both national and European level.

In Greece, the building sector, compared to other European countries is of poor standards due to the lack of appropriate regulation in the past, especially for buildings erected before 1979 when thermal regulation was first implemented. In an effort to reverse this situation, the Regulation of Energy Performance of Buildings (KENAK) was issued in 2010 in order to define a formal energy audit procedure in Greece. Moreover, in recent years there are indications of growing interest from consumers to equip buildings with energy-saving technologies (RUE) and Renewable Energy Sources (RES) which is supported by various measures of economic aid from the state (favorable loans, grants/subsidies etc).

This thesis consists of three main parts. In the first part the Greek legislation is summarized about the permissible interventions on historic buildings and are introduced RUE and RES actions applicable on historic buildings. In the second part, the energy audit which was performed in the historic building of SEV in Athens, is thoroughly analyzed. The inspection process includes registering the and assessing the energy consumption of thw building, calculating the average U-value of the building envelope, conducting measurements with a thermal camera, a gas analyzer and an electric energy analyzer and studying the results. In the final part, measures are being proposed in order to improve the energy efficiency of the building and evaluating them according to several economic criteria.

**Keywords:** Energy Audit in historic building, Energy Efficiency, Thermal building envelope, Thermal Camera, Exhaust Analyzer, Electric Energy analyzer, Interventions of energy improvement in buildings

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	5
Περίληψη .....	9
Abstract.....	10
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	15
<i>Εισαγωγή</i> .....	15
1.1 Αντικείμενο – Σκοπός .....	17
1.2 Φάσεις υλοποίησης.....	17
1.3 Οργάνωση τόμου .....	20
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	23
<i>Πλαίσιο Νομοθεσίας για Επιτρεπόμενες Επεμβάσεις επί Νεοκλασικών Κτιρίων</i> .....	23
2.1 Εισαγωγή .....	25
2.2 Ελληνική Νομοθεσία για Επιτρεπόμενες Επεμβάσεις επί Νεοκλασικών Κτιρίων .....	25
2.3 Δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας επί Νεοκλασικών Κτιρίων .....	27
2.3.1 Δράσεις για Θερμομόνωση .....	27
2.3.2 Δράσεις για Ψύξη, Θέρμανση, Αερισμό και Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης .....	33
2.3.3 Δράσεις για Φωτισμό .....	39
2.3.4 Εποπτεία των Συστημάτων και Συμπεριφορά των Χρηστών .....	40
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	43
<i>Ενεργειακή Επιθεώρηση Νεοκλασικού Κτιρίου</i> .....	43
3.1 Περιγραφή του Κτιρίου .....	45
3.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	54
3.3 Κατανάλωση Πετρελαίου Θέρμανσης .....	56
3.4 Κατανομή Ενεργειακού Κόστους του Κτιρίου .....	57
3.5 Κατανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Χρήση.....	57
3.5.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό .....	58
3.5.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ψύξη-Θέρμανση .....	60
3.5.3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ηλεκτρικές Συσκευές .....	61
3.5.4 Κατανομή Καταναλώσεων ανά Είδος Χρήσης.....	63
3.5.5 Κατανομή Καταναλώσεων ανά Όροφο .....	64
3.6 Υπολογισμός Συντελεστή Θερμικής Περατότητας Κτιρίου .....	65
3.6.1 Μεθοδολογία Υπολογισμού .....	65

3.6.1.1	Συνοπτική Παρουσίαση Υπολογιστικής Διαδικασίας.....	65
3.6.1.2	Διευκρινίσεις – Παρατηρήσεις.....	69
3.6.2	Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας των Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων του Κτιρίου.....	70
3.6.3	Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας των Διαφανών Δομικών Στοιχείων του Κτιρίου	93
3.6.4	Υπολογισμός του Μέσου Συντελεστή Θερμοπερατότητας <b>U<sub>m</sub></b> του Κτιρίου.....	97
3.6.5	Συμπεράσματα.....	101
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> .....		103
<i>Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό.....</i>		103
4.1	Εισαγωγή.....	105
4.2	Παρουσίαση των Οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την Ενεργειακή Επιθεώρηση.....	106
4.2.1	Θερμοκάμερα.....	106
4.2.2	Αναλυτής Καυσαερίων και Ειδική Τρόμπα Δείκτη Αιθάλης.....	107
4.2.3	Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	108
4.3	Παρουσίαση μετρήσεων.....	109
4.3.1	Θερμογράφιση.....	109
4.3.1.1	Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας μιας Θερμοκάμερας.....	109
4.3.1.2	Ρύθμιση Παραγόντων κατά τη Διαδικασία Λήψης Φωτογραφιών.....	110
4.3.1.3	Ιδανικές Συνθήκες Θερμογράφισης.....	110
4.3.1.4	Εξωτερική Θερμογράφιση.....	111
4.3.1.5	Εσωτερική Θερμογράφιση.....	123
4.3.1.6	Συμπεράσματα.....	128
4.3.2	Ανάλυση Καυσαερίων.....	128
4.3.2.1	Ανάλυση Μετρούμενων Μεγεθών.....	128
4.3.2.2	Παρουσίαση Μετρήσεων.....	130
4.3.2.3	Συμπεράσματα.....	132
4.3.3	Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	134
4.3.3.1	Επεξεργασία Μετρήσεων.....	134
4.3.3.2	Συμπεράσματα.....	143
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> .....		145
<i>Πρόταση και Αξιολόγηση Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης.....</i>		145
5.1	Εισαγωγή.....	147
5.2	Κριτήρια Επιλογής.....	148

5.2.1	Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV).....	148
5.2.2	Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA- IRR).....	149
5.2.3	Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA-DPB).....	149
5.3	Προτεινόμενες Δράσεις Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας.....	150
5.3.1	Δράσεις για Φωτισμό .....	150
5.3.1.1	Εισαγωγή - Δράσεις Νοικοκυρέματος .....	150
5.3.1.2	Αντικατάσταση Μαγνητικών Διατάξεων Έναυσης (ballast) .....	151
5.3.1.3	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού T8 με T5 .....	153
5.3.1.4	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού T8 με LED .....	155
5.3.1.5	Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας.....	157
5.3.2	Δράσεις για την Ψύξη και Θέρμανση του Κτιρίου .....	159
5.3.2.1	Εισαγωγή – Δράσεις Νοικοκυρέματος .....	159
5.3.2.2	Θέρμανση μόνο με το VRV- Κατάργηση Λέβητα Πετρελαίου.....	160
5.3.2.3	Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (χωρίς Αντικατάσταση Λέβητα) .....	161
5.3.2.4	Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (με Αντικατάσταση Λέβητα).....	162
5.3.2.5	Θέρμανση με Αντλία Θερμότητας- Κατάργηση Λέβητα Πετρελαίου .....	163
5.3.3	Δράσεις για το Κτιριακό Κέλυφος.....	165
5.3.3.1	Εισαγωγή – Δράσεις Νοικοκυρέματος .....	165
5.3.3.2	Θερμομόνωση Εσωτερικής Τοιχοποιίας σε όλο το Κέλυφος.....	165
5.3.4	Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στο Δώμα.....	171
5.3.5	Εγκατάσταση Ηλιακού Συλλέκτη .....	174
5.3.6	Σύνοψη Προτάσεων.....	176
	Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> .....	181
	<i>Συμπεράσματα και Προοπτικές</i> .....	181
6.1	Συμπεράσματα .....	183
6.2	Προοπτικές .....	186
	Βιβλιογραφία.....	187
	Παράρτημα .....	189



# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## *Εισαγωγή*





## 1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας, με τα ελληνικά κτίρια να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό του και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων, ενώ παράλληλα ο ενεργειακός εξοπλισμός ενός κτιρίου θα πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και σύμφωνα με τους εκάστοτε ενεργειακούς κανονισμούς και τις μελέτες που τον προδιαγράφουν.

Γι' αυτό το λόγο θεσπίστηκε η ενεργειακή επιθεώρηση που στοχεύει στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση, στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου με την παράλληλη έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης και τέλος στη σύνταξη υποδείξεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η Ενεργειακή Επιθεώρηση ενός νεοκλασικού κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας με κύριο στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής του αποδοτικότητας. Η επιλογή του κτιρίου ως αντικείμενο μελέτης έγινε καθώς τα νεοκλασικά κτίρια έχουν ιδιαίτερο ύφος και οι εφαρμογές δράσεων τόσο εξοικονόμησης ενέργειας, όσο και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα χωρίς να επηρεάζουν την ακεραιότητα και την ιστορική αξία των κτιρίων.

Στα πλαίσια της μελέτης πραγματοποιήθηκε πλήρης καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου, θερμογράφηση με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας με στόχο τον εντοπισμό προβλημάτων στο κτιριακό κέλυφος, έλεγχος στον λέβητα με αναλυτή καυσαερίων, καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης με χρήση ηλεκτρικού αναλυτή και υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας).

Στη συνέχεια προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στο κτίριο, καθώς επίσης και δράσεις ΑΠΕ, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης και ελέγχθηκε η βιωσιμότητά τους με κριτήριο την Καθαρή Παρούσα Αξία, την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Νοέμβριος 2012 - Ιούλιος 2013. Η υλοποίησή της χωρίζεται σε 5 φάσεις οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια και απεικονίζονται εποπτικά στο Διάγραμμα 1.1.

**Φάση 1<sup>η</sup> : Βιβλιογραφική αναζήτηση πληροφοριών για πλαίσιο νομοθεσίας που αφορά τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις στα νεοκλασικά κτίρια και για δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας επί αυτών των κτιρίων.**

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης πραγματοποιήθηκε ενδελεχής διαδικτυακή έρευνα αρχικά για την αναζήτηση και εύρεση των κατάλληλων ΦΕΚ (Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως) που καθορίζουν το νομοθετικό πλαίσιο επιτρεπόμενων εργασιών επί νεοκλασικών κτιρίων. Υπήρξε επικοινωνία με εργαζομένους σε αρμόδια Υπουργεία με σκοπό την αποκόμιση πληροφοριών για πληρέστερη έρευνα. Στη συνέχεια έγινε μία συνοπτική, αλλά περιεκτική παράθεση του περιεχομένου των συγκεκριμένων ΦΕΚ. Επίσης πραγματοποιήθηκε συλλογή πληροφοριών από το διαδίκτυο με σκοπό την ανάδειξη δυνατοτήτων για εφαρμογή δράσεων ενεργειακής αποδοτικότητας σε νεοκλασικά κτίρια.

**Φάση 2<sup>η</sup> : Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του υπό μελέτη κτιρίου και συλλογή στοιχείων.**

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου αλλά και συλλογή πληροφοριών από τους εργαζομένους σχετικά με τις ώρες χρήσης και λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών, του φωτισμού και των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ούτως ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των πραγματικών καταναλώσεων κατά τον υπολογισμό του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Επίσης συλλέχθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου και όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διεξαγωγή του υπολογιστικού τμήματος της μελέτης: τιμολόγια ΔΕΗ και πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2010,2011,2012.

**Φάση 3<sup>η</sup> : Διεξαγωγή Μετρήσεων με μετρητικό εξοπλισμό και ανάλυσή τους**

Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης χρησιμοποιήθηκε επιστημονικός εξοπλισμός για τη διεξαγωγή μετρήσεων. Σε πρώτο στάδιο έγινε λεπτομερής έλεγχος του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας για τον εντοπισμό απωλειών, θερμογεφυρών ή άλλων προβλημάτων στα δομικά υλικά και τις ενώσεις τους. Κατόπιν οι θερμοφωτογραφίες αναλύθηκαν και επεξεργάστηκαν με κατάλληλο λογισμικό ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση του κτιρίου. Επίσης τοποθετήθηκε αναλυτής καυσαερίων στο λέβητα προκειμένου βάσει των μετρήσεων να αξιολογηθεί η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητά του. Τέλος τοποθετήθηκε σε δύο περιόδους μιας εβδομάδας περίπου αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας στον κεντρικό πίνακα του κτιρίου με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το ενεργειακό προφίλ του. Η χρήση των τριών οργάνων οδηγεί τελικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στο συγκεκριμένο κτίριο και σε πιθανά σημεία άσκοπης χρήσης της.

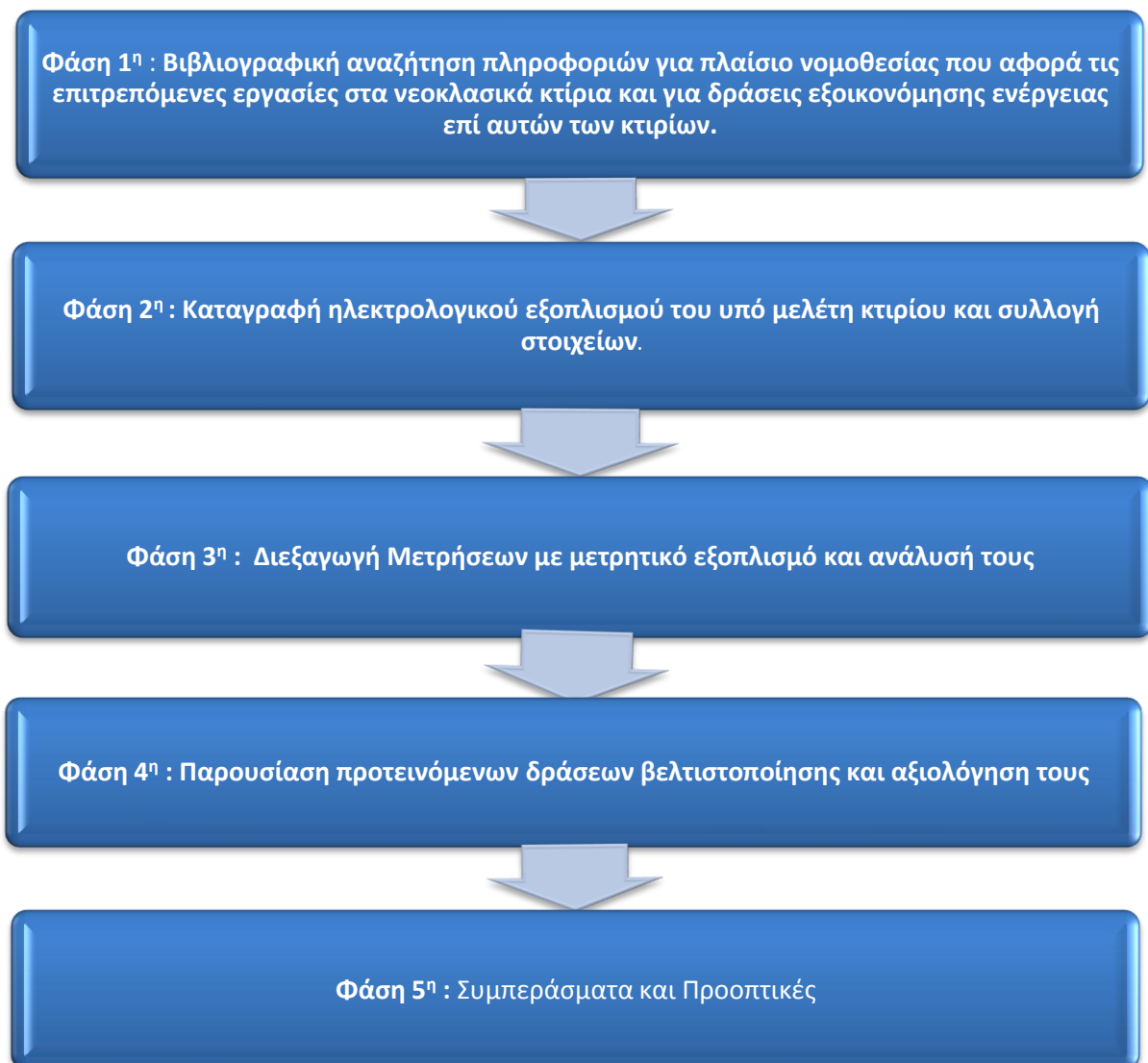
**Φάση 4<sup>η</sup> : Παρουσίαση προτεινόμενων δράσεων βελτιστοποίησης και αξιολόγησή τους**

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται διάφορες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και αξιολογούνται όσον αφορά τη δυνατότητα υλοποίησης και τη

βιωσιμότητά τους. Κατόπιν γίνεται σύγκριση των επί μέρους μέτρων και προτείνεται η βέλτιστη λύση από οικονομικής και ενεργειακής πλευράς.

#### **Φάση 5<sup>η</sup> : Συμπεράσματα και Προοπτικές**

Στην 5<sup>η</sup> φάση παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την οικονομοτεχνική μελέτη και εξετάζονται οι προοπτικές και οι δυνατότητες εφαρμογής των δράσεων σε πραγματικές συνθήκες.



**Διάγραμμα 1.1 :** Φάσεις ολοκλήρωσης διπλωματικής εργασίας

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Αρχικά παρατίθεται η περίληψη της εργασίας στα ελληνικά και στα αγγλικά και ακολουθεί ο πρόλογος και ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων.

Το παρόν **Κεφάλαιο 1** αποτελεί το εισαγωγικό κομμάτι της εργασίας όπου παρουσιάζονται ο σκοπός και το κυρίως αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και τέλος η δομή και η οργάνωση του τόμου.

Το **Κεφάλαιο 2** αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της διπλωματικής όπου γίνεται αναφορά στο συγκεκριμένο ΦΕΚ που χαρακτηρίζει το προς μελέτη κτίριο ως διατηρητέο και παρατίθενται επίσης στοιχεία νομοθεσίας που αφορούν αποδεκτές εργασίες επί νεοκλασικών κτιρίων. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναδεικνύονται οι πιθανές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε νεοκλασικά κτίρια που δεν αλλοιώνουν τον χαρακτήρα αυτών των κτιρίων. Οι δράσεις αφορούν την εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση του κελύφους, τα συστήματα σκίασης, τα συστήματα για τη θέρμανση, ψύξη, αερισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου, την ενσωμάτωση ΑΠΕ, τον φωτισμό. Τέλος, αναδεικνύεται ο ρόλος της εποπτείας των παραπάνω συστημάτων και τονίζεται η σημασία της συμβολής του ανθρώπινου παράγοντα.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται αναλυτική παρουσίαση του κτιρίου που μελετήθηκε στα πλαίσια της εργασίας και ανάλυση του ενεργειακού του προφίλ (καταγραφή καταναλώσεων τόσο ανά είδος ενέργειας όσο και ανά όροφο) με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τη βοήθεια των εργαζομένων του κτιρίου και την προσομοίωση των καταναλώσεων που υπολογίστηκε βάσει των στοιχείων λειτουργίας του κτιρίου όπως τα μετέφεραν οι εργαζόμενοι. Τέλος το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο θερμικής επάρκειας των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια ειδικού εξοπλισμού. Αρχικά παρουσιάζονται τα δεδομένα από τη θερμογράφηση των χώρων του κτιρίου (εσωτερικών και εξωτερικών) και γίνεται σχολιασμός και ανάλυση των θερμοφωτογραφιών, ενώ περιγράφεται διεξοδικά η λειτουργία της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα δεδομένα του αναλυτή καυσαερίων μαζί με μια σύντομη περιγραφή του μετρητικού οργάνου και ακολουθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις. Τέλος, γίνεται ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και μια σύντομη περιγραφή της λειτουργίας του.

Στο **Κεφάλαιο 5** προτείνονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου και κατόπιν αξιολογούνται βάσει των οικονομικών κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA) ώστε να διαπιστωθεί αν είναι υλοποιήσιμες και βιώσιμες.

Στο **Κεφάλαιο 6** που αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι της εργασίας είναι αφιερωμένο σε συμπεράσματα που προκύπτουν με βάση τη μελέτη, στην επιλογή των βέλτιστων προτάσεων και τις δυνατότητες του κτιρίου να ανταποκριθεί στις προτεινόμενες παρεμβάσεις.



## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>**

### ***Πλαίσιο Νομοθεσίας για Επιτρεπόμενες Επεμβάσεις επί Νεοκλασικών Κτιρίων***





## 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται στοιχεία της ελληνικής νομοθεσίας που καθορίζουν τα πλαίσια στα οποία είναι δυνατή η πραγματοποίηση εργασιών επί νεοκλασικών κτιρίων, εργασιών δηλαδή που δεν αλλοιώνουν τον χαρακτήρα και το ύφος αυτών των κτιρίων. Επίσης γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης των δυνατών δράσεων για ενεργειακή εξοικονόμηση σε διατηρητέα κτίρια. Η διατήρηση των νεοκλασικών κτιρίων δεν είναι μόνο μία πολιτισμική απαίτηση, αλλά και μία οικονομική και αναπτυξιακή αξίωση. Τα ιστορικά κτίρια αποτελούν ζωντανά σύμβολα πολιτισμού και δίνουν ένα μοναδικό χαρακτήρα σε κάθε πόλη.

## 2.2 Ελληνική Νομοθεσία για Επιτρεπόμενες Επεμβάσεις επί Νεοκλασικών Κτιρίων

Το κτίριο της Στέγης της Ελληνικής Βιομηχανίας που βρίσκεται στην οδό Ξενοφώντος 5 στην περιοχή της πλατείας Συντάγματος στο κέντρο της Αθήνας, έχει χαρακτηριστεί ως διατηρητέο σύμφωνα με το ΦΕΚ 241Δ/8.5.1991 από το τότε υπουργείο ΥΠΕΧΩΔΕ.[1] Οι αποφάσεις σύμφωνα με το ίδιο φύλλο που αφορούν τις επιτρεπόμενες εργασίες επί του κτιρίου είναι οι εξής:

- 1) Στα χαρακτηριζόμενα ως διατηρητέα κτίρια απαγορεύεται η αφαίρεση, αλλοίωση ή καταστροφή των επιμέρους αρχιτεκτονικών και διακοσμητικών στοιχείων τους.
- 2) Επιτρέπεται η επισκευή, ο εκσυγχρονισμός των εγκαταστάσεων, η ενίσχυση του φέροντα οργανισμού, η εσωτερική διαρρύθμιση, καθώς και επεμβάσεις για λόγους λειτουργικούς, εφόσον δεν αλλοιώνεται ο γενικός αρχιτεκτονικός χαρακτήρας των διατηρητέων κτιρίων.
- 3) Αιτήσεις για προσθήκες στα διατηρητέα κτίρια αποστέλλονται από την Πολεοδομική υπηρεσία στην αρμόδια υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ με γνώμη της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ) για ειδικές ρυθμίσεις σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4, παρ.2 του Ν.1577/1985(ΦΕΚ 210/Α) εφόσον δεν παραβλάπτεται το διατηρητέο κτίριο και ο χώρος που το περιβάλλει. [2]
- 4) Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση φωτεινών ή μη επιγραφών και διαφημίσεων στα διατηρητέα κτίρια. Επιτρέπεται μόνο η τοποθέτηση επιγραφών περιορισμένων διαστάσεων και πληροφοριών για την χρήση των χώρων του κτιρίου.
- 5) Για οποιαδήποτε επέμβαση στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό του κτιρίου, καθώς και για την τοποθέτηση επιγραφών, απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ).

Αργότερα σύμφωνα με το άρθρο 45, παρ.2α του Ν.4030/11 συγκροτούνται τα Συμβούλια Αρχιτεκτονικής (ΣΑ) σε κάθε περιφερειακή ενότητα και καταργείται η αντίστοιχη ΕΠΑΕ.[3] Με βάση το άρθρο 21, παρ.1β του ίδιου νόμου *το Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής (ΣΑ) πρέπει να δώσει έγκριση για κάθε οικοδομική εργασία σε κτίρια ή χώρους, που έχουν κηρυχθεί διατηρητέοι ή κατά την κρίση της Υπηρεσίας Δόμησης, του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ή του Γενικού Γραμματέα της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης ή άλλης αρμόδιας υπηρεσίας μπορούν να χαρακτηρισθούν διατηρητέοι, καθώς και σε κτίρια ή γήπεδα που είναι σε επαφή με κτίριο ή χώρο που έχει κηρυχθεί διατηρητέο.*

Επίσης στην περίπτωση επικείμενων εργασιών επί διατηρητέου κτιρίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι διατάξεις του άρθρου 6 του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού 4067 (Ν.Ο.Κ 4067).[4] Στην επόμενη παράγραφο δίνεται συνοπτικά το περιεχόμενο του συγκεκριμένου άρθρου δίνοντας βάση στα σημεία εκείνα που αφορούν εργασίες επί ήδη χαρακτηριζομένων διατηρητέων κτιρίων.

Σύμφωνα με το άρθρο 6 του Ν.Ο.Κ για επεμβάσεις ή προσθήκες σε διατηρητέα κτίρια ή κατασκευή νέων κτιρίων σε ακίνητα στα οποία υπάρχουν διατηρητέα κτίρια μπορούν να ορίζονται συμπληρωματικοί ειδικοί όροι και περιορισμοί δόμησης ή χρήσης κατά παρέκκλιση από κάθε γενική ή ειδική διάταξη εφόσον δεν αλλοιώνονται τα στοιχεία που συντέιναν στο χαρακτηρισμό τους ως διατηρητέων. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής μπορούν να καθορίζονται το είδος των επεμβάσεων, η διαδικασία και γενικότερα οι λεπτομέρειες εφαρμογής της διάταξης αυτής. Επίσης με απόφαση του ίδιου Υπουργού ύστερα από γνωμοδότηση του Κεντρικού Συμβουλίου Αρχιτεκτονικής μπορεί να καθορίζονται α) ειδικότεροι όροι και περιορισμοί ως προς τις δυνατότητες επέμβασης επί των διατηρητέων κατασκευών κατά κατηγορία, β) μεταβατικές διατάξεις ως προς το καθεστώς των ήδη χαρακτηρισμένων κατασκευών ως διατηρητέων, σε σχέση με την κατάταξη σε κατηγορίες και τις δυνατότητες επέμβασης επί αυτών.

Επίσης μπορεί να ορίζονται ειδικοί όροι και περιορισμοί δόμησης ή χρήσης κατά παρέκκλιση από κάθε γενική ή ειδική διάταξη και σε ακίνητα που είναι όμορα με τα διατηρητέα κτίρια ή σε ζώνες που συνεχονται με αυτά, για την προστασία και ανάδειξη των διατηρητέων κτιρίων. Εφόσον με τους παραπάνω όρους και περιορισμούς δεν μπορεί να εξαντληθεί ο ισχύων συντελεστής δόμησης των υπόψη ομόρων ακινήτων ή ακινήτων που εμπίπτουν στην παραπάνω ζώνη, εφαρμόζονται οι διατάξεις για τη μεταφορά συντελεστή δόμησης που ισχύουν για τα ακίνητα με διατηρητέα κτίρια.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7 του άρθρου 6 με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ή του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, μπορεί να αναστέλλεται για χρονικό διάστημα έως δύο έτη, σε οικισμούς ή τμήματα τους, σε περιοχές εκτός οικισμών ή σε μεμονωμένα ακίνητα εντός ή εκτός οικισμών, η έκδοση Αδειών Δόμησης, κάθε εργασία ανέγερσης νέων κτιρίων, κατεδάφισης, προσθήκης και διαμόρφωσης των κοινόχρηστων χώρων, ή να επιβάλλονται όροι για την εκτέλεση των εργασιών αυτών με σκοπό τη σύνταξη πολεοδομικής μελέτης ή και ειδικού κανονισμού δόμησης για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η αναστολή μπορεί να παραταθεί για ένα ακόμα έτος, εφόσον οι σχετικές μελέτες έχουν προοδεύσει σημαντικά και προκύπτει αυτό τεκμηριωμένα.

Τέλος, σε διατηρητέα κτίσματα μπορεί να δίνεται παρέκκλιση στο ποσοστό κάλυψης για προσθήκη ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, μετά από σύμφωνη γνώμη του Συμβουλίου Αρχιτεκτονικής. Σε περίπτωση επεμβάσεων σε υφιστάμενα κηρυγμένα διατηρητέα κτίρια ή κτίρια που είναι αξιόλογου αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος και έχουν ανεγερθεί προ της έναρξης ισχύος του Κανονισμού Θερμομόνωσης, επιτρέπεται, με σκοπό τη διατήρηση του χαρακτήρα, της μορφολογίας και της τυχόν ιστορικής σημασίας τους, η μη εφαρμογή εν όλω ή εν μέρει του ΚΕΝΑΚ, μετά από απόφαση του Συμβουλίου Αρχιτεκτονικής, η οποία εκδίδεται κατόπιν αίτησης του ιδιοκτήτη που συνοδεύεται από αιτιολογική και τεχνική έκθεση για τις απαιτούμενες επεμβάσεις που προκύπτουν από την ενεργειακή μελέτη.

## 2.3 Δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας επί Νεοκλασικών Κτιρίων

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο έχουν υλοποιηθεί διάφορα έργα, όπως για παράδειγμα το «3ENCULT» και το «NEW4OLD» που ως σκοπό έχουν να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ της προστασίας του ιδιαίτερου χαρακτήρα των κτιρίων και της προστασίας του κλίματος της γης. Μέσα από τα έργα αυτά αναδεικνύονται προτάσεις ενσωμάτωσης εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα διατηρητέα κτίρια, καθώς και άλλες προτάσεις που η πραγματοποίησή τους θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης ενέργειας. [5,6]

Γενικότερα οι κατευθυντήριες γραμμές είναι τέσσερις και αφορούν δράσεις για α)τη θερμομόνωση κτιρίου, β)την ψύξη, θέρμανση, αερισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, γ) τον φωτισμό και δ) την εποπτεία των συστημάτων και τη συμπεριφορά των χρηστών.

### 2.3.1 Δράσεις για Θερμομόνωση

#### Εξωτερικά

Το κέλυφος του οικοδομήματος πέρα από τις δομικές λειτουργίες του πρέπει να έχει αντοχή έναντι των φυσικών δυνάμεων (βροχή, χιόνι, άνεμο, ήλιο) και ταυτόχρονα να προσφέρει ασφάλεια και άνεση στους ενοίκους ή τους εργαζομένους. Συγκεκριμένα να αντιστέκεται στη μετάδοση θερμότητας μέσα από τον όγκο ελέγχου του, να μην αφήνει τον αέρα να διεισδύει, να προσφέρει την απαραίτητη ηχομόνωση, να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού και να αποτρέπει την εμφάνιση υγρασίας. Απώλειες ενέργειας μέσα από την τοιχοποιία, τα παράθυρα και τις πόρτες αντιπροσωπεύουν το 10% ως 25% της ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα περισσότερα κτίρια, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και την κατασκευή δομικών στοιχείων. Οι απώλειες ενέργειας διέπονται από δύο βασικές παραμέτρους:

- Τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος
- Την ικανότητα του περιβλήματος να αντισταθεί στη μεταφορά θερμότητας, για παράδειγμα μέσω απορρόφησης και διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επίσης ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την ένταξη νέων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού σε ιστορικά κτίρια, καθώς μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την φυσική ή οπτική υποβάθμιση των όψεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αποδυνάμωση του δομικού συστήματος από το βάρος και τις δονήσεις που προκαλούνται από μεγάλες συσκευές. Οπότε ο χώρος της εγκατάστασης εξοπλισμών θα πρέπει να έχει προβλεφθεί από την αρχή του έργου και το καλύτερο σημείο είναι οι επίπεδες οροφές ή το έδαφος.

Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την **εξωτερική θερμομόνωση**. Συνήθως όπως προαναφέρθηκε δεν επιτρέπεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης σε όψεις κτιρίων που έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα. Επίσης το μέγεθος των κουφωμάτων και το ύψος των κτιρίων περιορίζουν αρκετές φορές τον αριθμό των επιλογών, ενώ τα υλικά που εφαρμόζονται θα πρέπει να είναι χημικά και φυσικά συμβατά με τα υπάρχοντα υλικά. Για

παράδειγμα μόνωση κυτταρίνης με αλουμίνιο ή θειικό αμμώνιο ως επιβραδυντικό πρέπει να αποφεύγεται, καθώς το θειικό μπορεί να αντιδράσει με την υγρασία και σχηματίζοντας θειικό οξύ να αποσυνθέσει το δομικό υλικό.

Στην περίπτωση που η εξωτερική μόνωση δεν επιτρέπεται, με μία ειδική τεχνική είναι δυνατή η μόνωση της όψης. Πιο συγκεκριμένα αρχικά αποτυπώνεται σε σχέδια η αρχική δομή της όψης, καταγράφονται όλες οι διαστάσεις και έπειτα αφαιρούνται τα δομικά στοιχεία προσεχτικά. Στη συνέχεια αφού η όψη μονωθεί, επανατοποθετούνται τα δομικά στοιχεία. Είναι μια τεχνική περίπλοκη όμως που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Η διογκωμένη πολυστερίνη και ο ορυκτοβάμβακας είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά. Ο ορυκτοβάμβακας είναι άκαυστος, βελτιώνει την ακουστική απόδοση του τοιχώματος και με τη χρήση του μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης υδρατμών. Κατά την τοποθέτησή του το μονωτικό στρώμα του υλικού δε θα πρέπει να αφήνει κενά στην ένωσή του με τα κουφώματα, καθώς θα δημιουργηθεί θερμογέφυρα.

Η **εξωτερική σκίαση** είναι επίσης πολύ σημαντικό θέμα, καθώς περιορίζει για παράδειγμα την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Συνήθως πραγματοποιείται με τη χρήση περιελισσόμενων περσίδων οι οποίες τυλίγονται σε χώρο πάνω από το κούφωμα. Τις περισσότερες φορές, ειδικά αν δεν είναι προστατευόμενη η όψη, υπάρχει η δυνατότητα για τοποθέτηση παντζουριού με ανοιγόμενα προς τα έξω φύλλα. Κυρίως τα νοτίου και δυτικού προσανατολισμού παράθυρα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με διατάξεις σκίασης προκειμένου να αποφεύγεται η αντηλιά και η υπερθέρμανση των δωματίων. Το ιδανικό σύστημα σκίασης πρέπει να εμποδίζει την εισαγωγή της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο, αλλά να επιτρέπει τη διέλευση φωτός την ημέρα.

## **Εσωτερικά**

Όπως προαναφέρθηκε, στα διατηρητέα κτίρια υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία εσωτερικά για εφαρμογή δράσεων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την εξασφάλιση της αίσθησης της άνεσης στους χρήστες του κτιρίου. Παρακάτω αναδεικνύονται δυνατότητες για παράδειγμα στον τομέα της εσωτερικής θερμομόνωσης, της εσωτερικής σκίασης, της ενσωμάτωσης συστημάτων αερισμού κλπ.

Αρχικά κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί περιληπτικά η έννοια της άνεσης. Η αντίληψη αυτής της έννοιας είναι υποκειμενική και είναι σχεδόν αδύνατο να ικανοποιήσει τις ανάγκες κάθε ατόμου. Οι σχεδιαστές λοιπόν θα πρέπει να στοχεύουν σε συνθήκες που είναι αποδεκτές από την πλειοψηφία των χρηστών.

*Θερμική άνεση* είναι το αίσθημα ευημερίας σε σχέση με την θερμοκρασία και εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της θερμότητας που παράγεται από το σώμα και των απωλειών θερμότητας προς το περιβάλλον. Η δοθείσα δυνατότητα στους χρήστες να ελέγχουν τη σκίαση ή να ρυθμίζουν την ένταση του κλιματισμού βελτιώνει την αντίληψη της θερμικής άνεσης. Σε ιστορικά κτίρια η συντήρηση των αντικειμένων τέχνης είναι πολλές φορές πιο απαιτητική από τις ίδιες τις απαιτήσεις των χρηστών, ιδίως όσον αφορά τα επίπεδα υγρασίας.

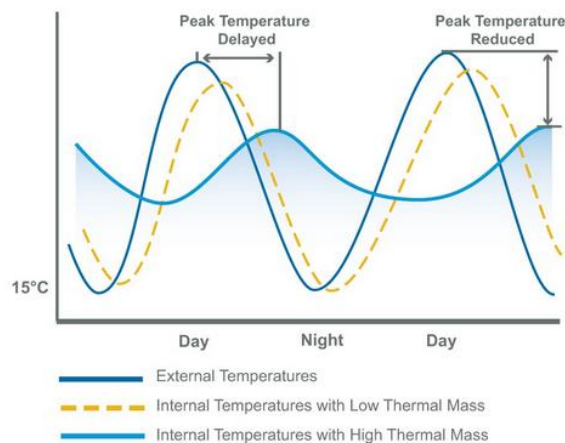
Η εσωτερική ποιότητα του αέρα εξαρτάται από την εξωτερική ποιότητα αέρα, τις εκπομπές ρύπων εντός του κτιρίου, τον ρυθμό αερισμού και τη συντήρηση των μηχανικών συστημάτων. Αυτές οι παράμετροι δεν επηρεάζουν μόνο το αίσθημα της άνεσης, αλλά και την υγεία των εργαζομένων ή των ενοίκων. Υπάρχουν για το λόγο αυτό διεθνή πρότυπα που καθορίζουν τις επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις (πχ πρότυπο MAC) στους χώρους εργασίας.

Η οπτική άνεση εξαρτάται από την ποσότητα, τη διανομή και την ποιότητα του διαθέσιμου φωτός. Η πηγή φωτός μπορεί να είναι φυσική, τεχνητή ή και τα δύο. Το απαιτούμενο επίπεδο φωτός καθορίζεται από διεθνή πρότυπα και εξαρτάται από την εκάστοτε δραστηριότητα.

Η ακουστική άνεση είναι επίσης σημαντική. Εξωτερικές ή εσωτερικές πηγές θορύβου δημιουργούν νευρικότητα και έλλειψη συγκέντρωσης στους χρήστες του κτιρίου. Οι θόρυβοι μεταδίδονται μέσω του αέρα, οπότε μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την κάλυψη κενών στο εξωτερικό κέλυφος και στα εσωτερικά χωρίσματα. Ο εξωτερικός θόρυβος περιορίζει τη δυνατότητα για φυσικό αερισμό μέσω ανοικτών παραθύρων. Γρίλιες αερισμού εσωτερικών χώρων πρέπει να παρέχονται με διαφράγματα ήχου. Η μετάδοση ήχου μπορεί επίσης να μειωθεί με την αύξηση της μάζας των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Τα βαρέα υλικά των διατηρητέων κτιρίων μπορούν να αντισταθούν στη διέλευση των θορύβων.

Κατά την ανακαίνιση ενός διατηρητέου κτιρίου θα πρέπει να μετρώνται τα ακουστικά χαρακτηριστικά. Οι μοκέτες για παράδειγμα αυξάνουν την απορρόφηση του ήχου και οι ψευδοροφές μειώνουν τη μετάδοση του ήχου. Επίσης οι αγωγοί αποστράγγισης δε θα πρέπει να υφίστανται δίπλα σε σαλόνια, κρεβατοκάμαρες και μεγαλύτερο μέγεθος ανεμιστήρα οροφής για παράδειγμα συνεπάγεται λειτουργία σε χαμηλότερη ταχύτητα και άρα μειωμένες εκπομπές θορύβου.

Ένα άλλο θέμα που χρήζει ανάλυσης είναι αυτό της θερμικής μάζας. Σε ιστορικά κτίρια η θερμική μάζα είναι μεγάλη, καθώς έχουν κατασκευαστεί με βαρέα υλικά όπως πέτρα και τούβλο. Τοιχοποιία με μεγάλη θερμική μάζα μπορεί να αποθηκεύσει και να απελευθερώσει ποσότητες θερμότητας με πιο αργό τρόπο από μία τοιχοποιία με μικρή θερμική μάζα.



**Εικόνα 2.1:** Διαμόρφωση εσωτερικής θερμοκρασίας κτιρίου με μικρή και μεγάλη θερμική μάζα [5]

Η μεγάλη θερμική μάζα είναι πλεονεκτική τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Κατά τον χειμώνα η ζήτηση αιχμής από το σύστημα θέρμανσης είναι χαμηλότερη και τα ηλιακά κέρδη χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά, καθώς η θερμότητα αποθηκεύεται στο σώμα της τοιχοποιίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και το βράδυ απελευθερώνεται στον εσωτερικό χώρο μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τις απαιτήσεις για θέρμανση. Το καλοκαίρι η θερμική μάζα του κτιρίου απορροφώντας μέρος της θερμότητας που συλλέγεται μέσα από το κτίριο συντελεί στη μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων. Επίσης εάν το κτίριο αερίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, δροσιά θα λέγαμε ότι «αποθηκεύεται» στην τοιχοποιία με αποτέλεσμα την επόμενη μέρα τη διατήρηση της θερμοκρασίας των χώρων σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Μεγάλη θερμική μάζα σε συνδυασμό με μια αποτελεσματική στρατηγική για σκίαση και αερισμό μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για μηχανική ψύξη. Ωστόσο η μεγάλη θερμική μάζα σε κτίρια που δε χρησιμοποιούνται συχνά ή έχουν διακοπτόμενη θέρμανση το χειμώνα μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα, καθώς στην περίπτωση αυτή χρειάζεται περισσότερος χρόνος για τη θέρμανση του κτιρίου.

Σε ιστορικά κτίρια το ερώτημα που τίθεται είναι το πώς θα διατηρηθεί η αρχική μεγάλη θερμική μάζα κατά τη διάρκεια της ανακαίνισης. Προκειμένου να δρα αποτελεσματικά η θερμική μάζα θα πρέπει να επιτρέπεται να αλληλεπιδρά θερμικά με το εσωτερικό. Η θερμική σύζευξη με όλες τις μορφές μεταφοράς θερμότητας είναι σημαντική. Στη μετάδοση θερμότητας με αγωγή η ύπαρξη υλικών με μικρή θερμική αγωγιμότητα μπορεί να αναιρέσει τη δράση υλικών υψηλής θερμικής θερμοχωρητικότητας. Για παράδειγμα μοκέτες ή ψευδοροφές απομονώνουν θερμικά την εξωτερική βαριά δομή από το εσωτερικό. Η *συναγωγή* μπορεί να βελτιωθεί αυξάνοντας τη ροή αέρα πάνω από μία επιφάνεια και η *ακτινοβολία* ενισχύεται σε σκούρες, ανάγλυφες επιφάνειες οι οποίες απορροφούν και ακτινοβολούν περισσότερη ενέργεια από τις φωτεινές, ομαλές ανακλαστικές επιφάνειες.

Η χρήση των *υλικών αλλαγής φάσης* δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία θερμικής μάζας. Τα υλικά αλλαγής φάσης (Phase Change Materials- PCM) είναι ειδικά υλικά για την αύξηση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας χωρίς την προσθήκη επιπλέον βάρους στη δομή. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται το υλικό αλλάζει φάση από στερεό σε υγρό και κατά τη διάρκεια αυτής της χημικής διεργασίας απορροφάται ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Σε μετέπειτα στάδιο, όταν η θερμοκρασία μειώνεται, το υλικό αλλάζει φάση από υγρό σε στερεό και διαχέει θερμότητα. Η θερμοκρασία των υλικών αλλαγής φάσης παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων και το σημείο αλλαγής φάσης εξαρτάται από τον τύπο του υλικού που χρησιμοποιείται.

Μικροκαψυλιωμένη παραφίνη μπορεί να αναμιχθεί στον εσωτερικό σοβά και να εφαρμοστεί στο κτίριο χωρίς κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις, αλλά όπως ακριβώς τα συμβατικά υλικά. Η ενθυλάκωση είναι σημαντική, καθώς το PCM δε πρέπει να είναι σε άμεση επαφή με άλλα υλικά λόγω της διαδικασίας τήξης που υφίσταται. Τρία εκατοστά επίστρωση σοβά με 30% PCM έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης θερμότητας ισοδύναμης χωρητικότητας με έως 18 εκατοστά πάχος σκυροδέματος. Η τεχνολογία των υλικών αλλαγής φάσης (PCM) είναι ακόμα υπό ανάπτυξη.

Η **εσωτερική θερμομόνωση** μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα ή τοπικά κατά την ανακαίνιση ενός νεοκλασικού κτιρίου. Η μη εφαρμογή θερμομόνωσης με ταυτόχρονη

αντικατάσταση κουφωμάτων και εκσυγχρονισμό του συστήματος κλιματισμού αυξάνει την πιθανότητα για ανάπτυξη μούχλας στις ψυχρές επιφάνειες.

Προφανώς το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι ότι δεν αλλάζει την εξωτερική εμφάνιση του κτιρίου. Ωστόσο αν οι εσωτερικοί χώροι είναι επίσης υψηλής αξίας (πχ ύπαρξη τοιχογραφιών), η εσωτερική θερμομόνωση δε μπορεί να εφαρμοστεί. Το κόστος είναι χαμηλότερο από την εξωτερική θερμομόνωση, όμως είναι επίσης χαμηλότερες οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Μελέτες έχουν δείξει πως με 4 εκατοστά εσωτερικής θερμομόνωσης μπορεί να επιτευχθεί 25-30 % εξοικονόμηση.

Τα προβλήματα και οι κίνδυνοι που συνδέονται με την εσωτερική θερμομόνωση αναφέρονται πιο κάτω:

- *Οι θερμογέφυρες* δεν εξαλείφονται τελείως με την εσωτερική θερμομόνωση.
- *Μείωση θερμικής μάζας*: η εσωτερική μόνωση απομονώνει τη εξωτερική δομή από τον εσωτερικό χώρο μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την αποθήκευση θερμότητας, στερώντας έτσι το πλεονέκτημα της μεγάλης θερμικής μάζας των νεοκλασικών κτιρίων.
- *Συμπύκνωση υδρατμών*: λόγω της γρήγορης μείωσης της θερμοκρασίας στο στρώμα της εσωτερικής μόνωσης, η φέρουσα τοιχοποιία γίνεται ψυχρότερη από ότι χωρίς μόνωση. Αυτό ίσως οδηγήσει σε συμπύκνωση υδρατμών στην επιφάνεια μεταξύ της μόνωσης και της δομής.
- *Υπολογισμός υδρατμών*: είναι απαραίτητος ο υπολογισμός υδρατμών, αλλά η συμπύκνωση υδρατμών δε συνεπάγεται πάντα προβληματική δομή, καθώς για παράδειγμα το κάθε υλικό έχει διαφορετική αποδεκτή τιμή περιεκτικότητας σε υγρασία.
- *Κίνδυνος παγώματος*: λόγω της πτώσης θερμοκρασίας στη δομή, το νερό που βρίσκεται στους θαμμένους σωλήνες της εξωτερικής τοιχοποιίας μπορεί να παγώσει.

Το μονωτικό υλικό μπορεί να κολληθεί άμεσα στην επιφάνεια ή να τοποθετηθεί μεταξύ σανίδων αναλόγως την ευκαμψία του. Επιπλέον η εγκατάσταση φράγματος υδρατμών εξαλείφει την υγρασία. Προϊόντα μόνωσης με ενσωματωμένο φράγμα υδρατμών διατίθενται στην αγορά αν και όταν το μονωτικό υλικό έχει μεγάλη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών το φράγμα υδρατμών μπορεί να παραλειφθεί. Τέλος η τοποθέτηση ψευδοροφής μειώνει το θερμαινόμενο όγκο του δωματίου, άρα και τις απαιτήσεις για θέρμανση, αλλάζοντας όμως τον χαρακτήρα του δωματίου.

*Η χρήση των πάνελ μόνωσης κενού (Vacuum Insulation Panels-VIP)* είναι μία καινοτόμος λύση, εφόσον ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος. Η θερμική αντίσταση αυτών των στοιχείων είναι μεγαλύτερη κατά 5 με 10 φορές σε σύγκριση με τα συμβατικά μονωτικά υλικά. Η θερμική αγωγιμότητα είναι περίπου 0,004 W/mK που σημαίνει πως 2 εκατοστά VIP ισούται με 15-20 εκατοστά ορυκτοβάμβακα ή μόνωση από πολυστερίνη. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 30-50 χρόνια.

Τα **συστήματα εσωτερικής σκίασης** παρέχουν οπτική άνεση περιορίζοντας ταυτόχρονα τη διέλευση του μεγαλύτερου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας. Συμβάλλουν επίσης στον εσωτερικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του διατηρητέου κτιρίου χωρίς να επηρεάζουν την εξωτερική πρόσοψη του κτιρίου. Λόγω του ότι η απορρόφηση θερμότητας από τον ήλιο

συμβαίνει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου τα εσωτερικά σκίαστρα δεν είναι τόσο αποτελεσματικά όσο τα εξωτερικά.

Περσίδες σε οριζόντια ή κάθετη διάταξη με δυνατότητα αυξομείωσης της κλίσης, κουρτίνες, ρολά που τυλίγονται πάνω από το κούφωμα αποτελούν λύσεις για εσωτερική σκίαση. Η απόδοση των εσωτερικών συστημάτων σκίασης μπορεί να βελτιωθεί με τη χρησιμοποίηση υλικών υψηλής αντανakλαστικότητας, όπως υλικά με μεταλλικές επιστρώσεις που αντανakλούν άμεσα προς τα έξω το φως του ηλίου πριν μετατραπεί σε θερμότητα.

### **Ανοίγματα**

Στα παλιά κτίρια τα μεγάλα ανοίγματα εξασφαλίζουν το φωτισμό των εσωτερικών χώρων το καλοκαίρι και συμβάλουν στη μείωση της ζήτησης θερμότητας τον χειμώνα. Ωστόσο δεν έχουν μόνο θετικές επιπτώσεις στο εσωτερικό περιβάλλον.

Δεδομένου ότι έχουν από τη φύση τους υψηλότερες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από την τοιχοποιία αποτελούν τα «αδύναμα» στοιχεία του κελύφους όσον αφορά τη διέλευση θερμότητας μέσω του υλικού τους. Οικοδομικά υλικά και τεχνικές που εγγυώνται στεγανές συνδέσεις μεταξύ των κουφωμάτων και του κελύφους δεν εφαρμόζονταν μέχρι πριν λίγες δεκαετίες. Ως εκ τούτου, ειδικά τους χειμερινούς μήνες, μέσω των παλιών ανοιγμάτων στα ιστορικά κτίρια παρατηρούνταν πολλές απώλειες θερμότητας. Το καλοκαίρι αντίστοιχα μέσω των ανοιγμάτων εισέρχεται μεγάλη ποσότητα ακτινοβολίας που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου.

Ο πιο αποτελεσματικός και ευκολότερος τρόπος για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων αποτελεί η αντικατάσταση του συνόλου των παραθύρων, κάτι το οποίο όμως δε μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διατηρητέα κτίρια. Επομένως πρέπει να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι για τον περιορισμό των θερμοαπωλειών μέσω των ανοιγμάτων.

Στην περίπτωση που ευρεθεί πως το κούφωμα είναι σε καλή κατάσταση, αλλά ο υαλοπίνακας δε πληροί τα όρια θερμομόνωσης, μπορεί να αντικατασταθεί με *διπλό υαλοπίνακα*, υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας με απόσταση των δύο υαλοπινάκων 10 ως 16 mm. Στον ενδιάμεσο αυτό χώρο εισάγονται αδρανή αέρια όπως Αργό και Κρυπτό που αυξάνουν τη μονωτική ικανότητα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη φέρουσα ικανότητα του υπάρχοντος πλαισίου (κουφώματος), λόγω του μεγαλύτερου βάρους του νέου υαλοπίνακα. Αν επιτραπεί βάσει κανονισμών μπορεί να τοποθετηθεί ημιδιαφανής υαλοπίνακας, ο οποίος περιορίζει την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Βέβαια η εγκατάσταση του συγκεκριμένου είδους υαλοπίνακα αποτελεί πλεονέκτημα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά τον χειμώνα περιορίζει τα ηλιακά κέρδη.

Μία άλλη λύση που συνεισφέρει στη βελτίωση της μονωτικής ικανότητας των ανοιγμάτων αποτελεί η *εγκατάσταση ενός πρόσθετου παραθύρου* με υψηλής απόδοσης υαλοπίνακα και πλαίσιο μέσα από το αρχικό παράθυρο. Με αυτόν τον τρόπο δεν αλλοιώνεται η εξωτερική όψη του οικοδομήματος, βελτιώνεται όμως σημαντικά η θερμική και η ηχομονωτική ικανότητα του κελύφους. Πρέπει να σημειωθεί πως με την τοποθέτηση του πρόσθετου παραθύρου



περιορίζεται η χρήση του πρεβαζιού. Παρακάτω απεικονίζεται ένα παλιό παράθυρο με την πρόσθετη εγκατάσταση του εσωτερικού φύλλου.



Εικόνα 2.2: Παράθυρο με πρόσθετη εγκατάσταση εσωτερικού φύλλου [5]

### 2.3.2 Δράσεις για Ψύξη, Θέρμανση, Αερισμό και Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης

#### *Εγκατάσταση συστήματος ηλιοθερμίας*

Η ηλιοθερμία αποτελεί καινοτόμο τεχνολογία εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας η οποία παρέχει εξαιρετικές λύσεις στον τομέα της θέρμανσης, όπως επίσης παρέχει ζεστό νερό χρήσης και δίνει λύσεις στον τομέα της ψύξης το καλοκαίρι. Ένα ενεργό σύστημα ηλιοθερμίας αποτελείται συνήθως από:

- Ένα πεδίο ηλιακών συλλεκτών που απορροφά την ηλιακή ενέργεια
- Έναν εναλλάκτη θερμότητας
- Μία δεξαμενή αποθήκευσης
- Συστήματα ασφάλειας και ελέγχου

*Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν στην ταράτσα ενός νεοκλασικού κτιρίου χωρίς να αλλοιώνουν την εξωτερική του όψη. Χρειάζεται προσοχή κατά την εγκατάσταση ώστε να τοποθετηθούν οι συλλέκτες με κατάλληλο προσανατολισμό και σε σημείο που δε σκιάζονται από δέντρα, καμινάδες κλπ. Επίσης η διάρκεια ζωής των ηλιακών συλλεκτών είναι περίπου 25 χρόνια και χρειάζονται συντήρηση κάθε 2 χρόνια περίπου.*

Οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε με κλίση ως προς την οροφή με στόχο την επίτευξη βέλτιστης κλίσης για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η τοποθέτηση σε οριζόντια διάταξη κάνει πιο διακριτή την ύπαρξη των ηλιακών συλλεκτών και αποτελεί μία έξυπνη λύση για διατηρητέα κτίρια. Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών στην όψη ενός νεοκλασικού κτιρίου συνήθως δεν επιτρέπεται.

Υπάρχουν δύο κυρίως τύποι ηλιακών συλλεκτών: α) συλλέκτες που χρησιμοποιούν ένα υγρό μέσο μεταφοράς θερμότητας (συνήθως νερό με γλυκόλη για την αποφυγή παγώματος) και β) συλλέκτες που χρησιμοποιούν τον αέρα ως μέσο μεταφοράς θερμότητας.

Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο είδος είναι αυτό που χρησιμοποιεί υγρό για τη μεταφορά θερμότητας από τους ηλιακούς συλλέκτες προς τη δεξαμενή αποθήκευσης. Αν και οι επίπεδοι συλλέκτες είναι οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενοι στην Ευρώπη, οι συλλέκτες κενού μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες, είναι πιο αποτελεσματικοί, αλλά συνάμα και πιο ακριβοί. Οι σωλήνες κενού αποτελούνται από ένα εξωτερικό και ένα εσωτερικό γυάλινο σωλήνα που στο ενδιάμεσο αυτών υπάρχει κενό αέρος. Ο εσωτερικός σωλήνας καλύπτεται με μία ειδική συλλεκτική επιστρώση που έχει τις ιδιότητες της άριστης απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και της ελάχιστης θερμικής αντανάκλασης. Η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με στόχο τη θέρμανση του θερμαντικού μέσου. Η παρουσία του κενού αέρος ανάμεσα στα τοιχώματα αποτρέπει την εμφάνιση απωλειών θερμότητας.

Οι συλλέκτες που χρησιμοποιούν τον αέρα ως μέσο μεταφοράς θερμότητας σε συνδυασμό με ελεγχόμενο σύστημα αερισμού μπορούν να αποτελέσουν εξαιρετική λύση θέρμανσης. Το σύστημα υποστηρίζει το υπάρχον σύστημα θέρμανσης και βελτιώνει την ατμόσφαιρα σε όλο το κτίριο. Επίσης με μία επιπλέον εγκατάσταση εναλλάκτη θερμότητας αέρος-νερού γίνεται δυνατή η παρασκευή ζεστού νερού χρήσης.

### **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών**

Ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι μία συσκευή που μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Το υλικό κατασκευής τους είναι κατά κύριο λόγο το πυρίτιο, αλλά υπάρχουν και άλλες φωτοβολταϊκές κυψέλες κατασκευασμένες πχ από CdTe (Κάδμιο-Τελλούριο) ή από CIS (διαμμινοδιχλωρολευκόχρυσος). Πολλές φωτοβολταϊκές κυψέλες σε σύνδεση μεταξύ τους αποτελούν ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Όταν το φως πέφτει επί του κυττάρου δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο προκαλώντας ροή ηλεκτρονίων. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί τοπικά σε συσσωρευτές ή να μεταφερθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Λόγω του ότι η τάση που παράγεται είναι συνεχής είναι απαραίτητη στη διάταξη η ύπαρξη αντιστροφέα, δηλαδή μιας συσκευής που μετατρέπει από συνεχή σε εναλλασσόμενη την τάση.

Σε κτιριακές εφαρμογές διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν: άκαμπτα πλαίσια, ημιεύκαμπτα, εύκαμπτα, διαφανή, χρωματιστά κλπ. Όπως και στην περίπτωση των συλλεκτών ηλιοθερμίας έτσι και στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών κυψελών είναι περιορισμένες οι δυνατότητες τοποθέτησης σε διατηρητέα κτίρια. Η εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου συνήθως επιτρέπεται, αλλά απαγορεύεται η τοποθέτηση πλαισίων στην όψη του κτιρίου λόγω της αλλοίωσης της εξωτερικής όψης. Επίσης χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή να δοθεί στις τεχνικές λεπτομέρειες τοποθέτησης. Παραδείγματος χάρη πρέπει να είναι εύκολη η πρόσβαση στο χώρο εγκατάστασης για συντήρηση και επισκευή, να επιλεγθεί κατάλληλος προσανατολισμός και να μη σκιάζονται τα πλαίσια. Η διάρκεια ζωής των πλαισίων είναι περίπου 25 χρόνια.

### **Εγκατάσταση ανεμογεννητριών**

Τα σύγχρονα αιολικά πάρκα σκόπιμα βρίσκονται μακριά από αστικά περιβάλλοντα , καθώς το αιολικό δυναμικό είναι μεγαλύτερο σε μία περιοχή ανοιχτή όπου δεν υπάρχουν για παράδειγμα ψηλά κτίρια. Ωστόσο η ενσωμάτωση ανεμογεννητριών σε κατοικημένες περιοχές επιτρέπει στην ενέργεια να καταναλώνεται στο σημείο που παράγεται μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τις απώλειες μεταφοράς.

Υπάρχουν σημαντικά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας σε ένα κτίριο. Για παράδειγμα ο θόρυβος που δημιουργείται λόγω ροής αέρα γύρω από τα πτερύγια της γεννήτριας, είναι δυνατό να προκαλέσει αντιδράσεις από το ανθρώπινο περιβάλλον. Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας είναι ένα απαιτητικό έργο, καθώς θα πρέπει να ενσωματωθεί οπτικά με την ιστορική κληρονομιά του κτιρίου.



**Εικόνα 2.3:** Ανεμογεννήτρια εγκατεστημένη σε οροφή κτιρίου [7]

### **Παθητική ηλιακή θέρμανση**

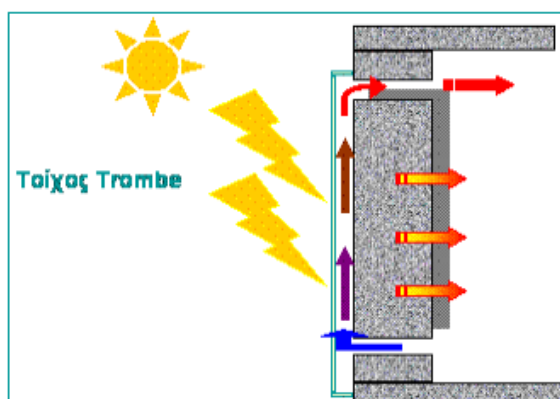
Στόχος των συστημάτων παθητικής ηλιακής θέρμανσης είναι να συλλάβουν τη θερμότητα του ηλίου στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε να μειωθούν οι ανάγκες θέρμανσης. Βελτιστοποιημένα συστήματα απελευθερώνουν αυτή τη θερμότητα όταν ο ήλιος δε λάμπει ελαχιστοποιώντας τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου.

Η αρχή της παθητικής ηλιακής θέρμανσης είναι απλή: μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τα διαφανή στοιχεία του κτιρίου, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και στη συνέχεια μετατρέπεται σε μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας θερμότητας (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Η χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα κερδοφόρα σε κτίρια με μεγάλη θερμική μάζα που μπορεί να απορροφήσει, να αποθηκεύσει και να διανείμει τη θερμότητα. Υπάρχουν κάποια σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής: κατά την εκτίμηση ηλιακών κερδών, σκιές από γειτονικά κτίρια θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως και το ότι τα παράθυρα με δυτικό ή ανατολικό προσανατολισμό δύσκολα μπορούν να εμποδίσουν τη διέλευση της ηλιακής

ακτινοβολίας λόγω χαμηλής γωνίας πρόσπτωσης, κάτι που συχνά αποτελεί αιτία υπερθέρμανσης. Οπότε ο αριθμός των παραθύρων με βόρειο, δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό πρέπει να είναι περιορισμένος

Στην περίπτωση του τοίχου *Trombe*, μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο. Οι θυρίδες που βρίσκονται στο άνω και κάτω τμήμα του κατά τη διάρκεια της ημέρας του χειμώνα παραμένουν ανοικτές, οπότε μέρος της θερμικής ενέργειας που συσσωρεύεται στο διάκενο μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από τις πάνω θυρίδες προς τον εσωτερικό χώρο. Ομοίως ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου όπου και θερμαίνεται και ανέρχεται δημιουργώντας έτσι συνεχή ροή κυκλοφορίας του αέρα. Η ύπαρξη ενός τοίχου *Trombe* σε όψη νεοκλασικού συνήθως αλλοιώνει το ύφος του.



Εικόνα 2.4: Τοίχος *Trombe* [5]

### **Ενεργητική ηλιακή θέρμανση**

Ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα παρέχουν τη θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες ανάγκες του κτιρίου: ζεστό νερό, θέρμανση και ψύξη χώρων.

Ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί παράδειγμα ενός ενεργητικού ηλιακού θερμικού συστήματος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Μπορεί να καλύψει το 60% της ετήσιας ζήτησης ζεστού νερού με τη βοήθεια της ηλιακής θερμικής ενέργειας. Επιτρέπεται κάλλιστα να τοποθετηθεί στην οροφή ενός διατηρητέου κτιρίου για την κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.

### **Ηλιακή θερμική ψύξη**

Τα ηλιακά συστήματα ψύξης έχουν το πλεονέκτημα ότι οι απαιτήσεις ψύξης ενός κτιρίου συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με το υψηλό επίπεδο ηλιακής ακτινοβολίας. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν σχετικά αβλαβή ρευστά, όπως διαλύματα ορισμένων αλάτων και νερό. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας του εσωτερικού χώρου των κτιρίων. Αν και υπάρχει μια μεγάλη δυνητική αγορά τα διαθέσιμα συστήματα ηλιακής ψύξης δεν είναι άμεσα ανταγωνιστικά σε οικονομικό επίπεδο λόγω του υψηλού πάγιου κόστους τους και των χαμηλών τιμών των συμβατικών καυσίμων. Η μείωση του κόστους των επιμέρους εξαρτημάτων (ηλιακοί συλλέκτες, ψύκτες) με παράλληλη βελτίωση της απόδοσής τους, θα αλλάξει εντυπωσιακά την κατάσταση, έστω κι αν είναι ακόμα δύσκολο να προβλεφθεί η χρονική στιγμή που οι συγκεκριμένες ηλιακές τεχνολογίες θα γίνουν πιο ανταγωνιστικές. Μπορούν ομοίως κάλλιστα να εγκατασταθούν στην οροφή ενός διατηρητέου κτιρίου.

### **Βιομάζα**

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί μέσω πολυάριθμων διαδικασιών σε διάφορες χρήσιμες μορφές ενέργειας. Τυπικές εφαρμογές είναι η καύση στερεάς βιομάζας σε φούρνους, η χρήση καθαρού φυτικού ελαίου σε μονάδες συμπαραγωγής με κινητήρες εσωτερικής καύσης και η ζύμωση στερεών και υγρών βιοενεργειακών πηγών σε μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Για οικιακές εφαρμογές της βιομάζας το καύσιμο είναι συνήθως υπό τη μορφή pellets ξύλου, ροκανίδια και κορμούς ξύλου.

Τα συσσωματώματα ξύλου αποθηκεύονται συνήθως σε κλειστούς χώρους και η παράδοση μεγάλων ποσοτήτων μπορεί να γίνει με βυτιοφόρα οχήματα. Αυτό συνεπάγεται τη διασφάλιση αρκετού χώρου για την αποθήκευση του καυσίμου, την κατάλληλη πρόσβαση στο λέβητα και την ύπαρξη τοπικού προμηθευτή καυσίμου. Επίσης είναι απαραίτητη η συχνή συντήρηση του λέβητα και η αφαίρεση τέφρας από το εσωτερικό του. Η εγκατάσταση ενός συστήματος βιομάζας είναι δυνατή στο λεβητοστάσιο ενός διατηρητέου κτιρίου.

### **Αντλίες θερμότητας**

Μία αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή που μεταφέρει θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας, όπως ατμοσφαιρικό αέρα ή το έδαφος σε υψηλότερη θερμοκρασία με τη χρήση πρόσθετης ενέργειας. Οι αντλίες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση, τη ψύξη χώρων καθώς και για τη παραγωγή ζεστού νερού.

Η σχέση μεταφερόμενη θερμότητα προς καταναλισκόμενο έργο αποτελεί τον ειδικό βαθμό απόδοσης της αντλίας (COP, coefficient of performance) ο οποίος εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αντλίας και από τις ιδιότητες του ψυκτικού μέσου. Οι σύγχρονες αντλίες θερμότητας έχουν COP μεγαλύτερο του 3 γεγονός που τις κατατάσσει στις συσκευές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών. Τιμή COP ίση με 3 σημαίνει ότι η αντλία καταναλώνει μία ποσότητα ενέργειας (συνήθως ηλεκτρική) και μεταφέρει τριπλάσια ποσότητα θερμότητας. Μπορεί να τοποθετηθεί σε σημείο ενός ιστορικού κτιρίου που να μην αλλοιώνει την εξωτερική του εμφάνιση και να συνδεθεί με τους υπάρχοντες θερμοπομπούς (σώματα καλοριφέρ) ή στοιχεία fan-coil αν επιτρέπεται η εγκατάσταση αυτών εντός του κτιρίου. Η αντλία θερμότητας έχει τη

δυνατότητα να συνδυαστεί με ενδοδαπέδια θέρμανση, αλλά είναι μία λύση κυρίως για νεοαναγειρόμενα κτίρια.

### **Παθητική ψύξη**

Η παθητική ψύξη ξεχωρίζει μεταξύ των τεχνολογιών ψύξης καθώς για τη λειτουργία της δε χρησιμοποιείται συμπιεστής κλιματιστικού εξοπλισμού. Οι τεχνικές παθητικής ψύξης εφαρμοσμένες σε κτίρια μπορούν να μειώσουν ή ακόμα και να εξαλείψουν την ανάγκη για μηχανική ψύξη με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων.

Για παράδειγμα ο νυχτερινός αερισμός είναι ένα είδος παθητικής ψύξης. Χρησιμοποιεί στρατηγικές σχεδιασμού που αφήνει την αποθηκευμένη θερμότητα του κτιρίου να εξαχθεί στο περιβάλλον. Η θερμική μάζα του κτιρίου χρησιμεύει ως θερμοδοχείο κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά απελευθερώνει τη θερμότητα τη νύχτα, ενώ ταυτόχρονα οι εσωτερικοί χώροι ψύχονται με αέρα τη νύχτα. Ο νυχτερινός αερισμός μπορεί να μειώσει κατά 3 βαθμούς κελσίου τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας σε κτίρια με μεγάλη θερμική μάζα όπως τα νεοκλασικά.

### **Γεωθερμία**

Γεωθερμία ονομάζεται η αποθηκευμένη ενέργεια υδρολογικών και γεωλογικών σχηματισμών του φλοιού της γης σε μορφή θερμότητας όταν η θερμοκρασία του σχηματισμού υπερβαίνει τους 25 βαθμούς κελσίου. Δυνατότητα όμως εκμετάλλευσης ενέργειας γεωλογικού ή υδρολογικού σχηματισμού υπάρχει και όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 25 βαθμούς κελσίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή δροσισμού, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης.

Σημαντικό πλεονέκτημα του γεωθερμικού συστήματος είναι το μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (55-70 %) σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Επειδή δε χρησιμοποιεί καύσιμα δεν υπάρχει επίσης ο κίνδυνος ανάφλεξης ή φωτιάς και δε συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αποτελεί μία φιλική λύση προς το περιβάλλον. Αν το έδαφος είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση ενός συστήματος γεωθερμίας στο περιβάλλον ενός διατηρητέου κτιρίου και ταυτόχρονα επιτρέπονται οι εργασίες για την τοποθέτηση αυτού, τότε αποτελεί μία εναλλακτική λύση για την κάλυψη αναγκών του κτιρίου που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

### **Τεχνητός αερισμός**

Τεχνητός αερισμός είναι ο αερισμός ενός χώρου με τη βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων. Είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις που ο φυσικός αερισμός είναι ανεπαρκής είτε δυσχερής. Επίσης συνιστάται για χρήσεις χώρων στους οποίους απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα

είτε για λόγους θερμικούς είτε για λόγους ποιότητα αέρα και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Ο τεχνητός αερισμός μπορεί να συμβάλει αισθητά στις εσωτερικές συνθήκες μικροκλίματος, ανεξάρτητα των εξωτερικών καιρικών συνθηκών, παρέχει επίσης την επιλογή για παροχή προθερμασμένου, υγρού αέρα ή αέρα που έχει αφυγρανθεί ή έχει προψυχθεί. Όταν για την εγκατάσταση του συστήματος απαιτούνται αναδιαμορφώσεις των χώρων ενός κτιρίου και αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις, τότε η τοποθέτησή του σε διατηρητέα κτίρια είναι ακατάλληλη.

### **Εγκατάσταση συστήματος HVAC**

Το HVAC είναι ένα αρκτικόλεξο που αντιπροσωπεύει τη θέρμανση (H), τον εξαερισμό (V) και τον κλιματισμό (AC) και περιλαμβάνει ποικίλα ενεργά μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί ο θερμικός έλεγχος των κτιρίων. Ένα σύστημα κλιματισμού σύμφωνα με την ASHRAE (Αμερικάνικη Ομοσπονδία Μηχανικών Θέρμανσης, Κατάψυξης και Κλιματισμού) είναι μία συνάθροιση συνιστωσών που πρέπει να ελέγχει:

- Τη θερμοκρασία του αέρα
- Την υγρασία του αέρα
- Τη κυκλοφορία του αέρα
- Τη ποιότητα του αέρα

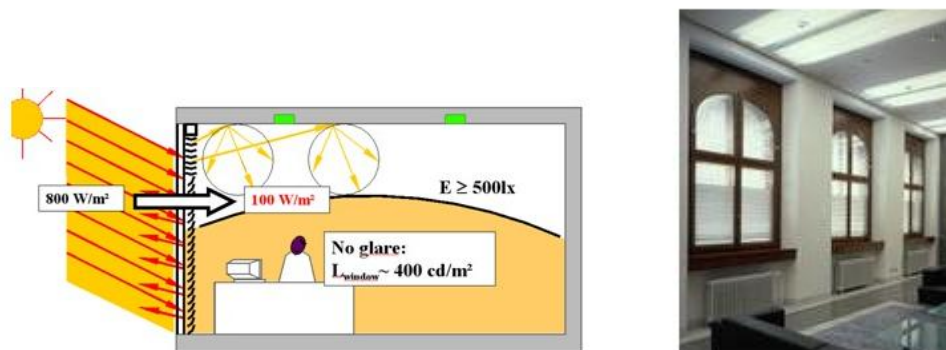
Ένα σύστημα HVAC πρέπει να σχεδιαστεί σωστά ώστε να περιορίζει στο ελάχιστο δυνατό το κόστος και τις ενεργειακές ανάγκες. Τέλος η ενσωμάτωσή του σε ένα σύστημα ελέγχου ενέργειας του κτιρίου (BEMS) το βοηθά στη βελτίωση της απόδοσής του μέσω του καλύτερου ελέγχου του.

### **2.3.3 Δράσεις για Φωτισμό**

Δημόσια κτίρια και κτίρια γραφείων συχνά ξοδεύουν πάνω από το 50% της καταναλισκόμενης ενέργειας σε φωτισμό. Δεδομένου ότι τα δημόσια κτίρια λειτουργούν κυρίως την ημέρα το παραπάνω ποσοστό μπορεί να μειωθεί πολύ αξιοποιώντας πιο αποδοτικά το φυσικό φως. Η υποκατάσταση του τεχνητού φωτός με αποτελεσματικές τεχνικές φυσικού φωτισμού οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας ως 75%. Προϋποθέτεται βέβαια η ύπαρξη ενεργειακά αποδοτικού και ελεγχόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού. Επίσης το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1:2002 καθορίζει τις απαιτήσεις φωτισμού για εσωτερικούς χώρους εργασίας με σκοπό την εξασφάλιση της οπτικής άνεσης και την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων, όπως πολύ χαμηλή ή υψηλή φωτεινότητα.

**Φυσικός φωτισμός** είναι ο φωτισμός με τη βοήθεια του φωτός του ηλίου. Τα ιστορικά διατηρητέα κτίρια λόγω των μεγάλων διαστάσεων ανοιγμάτων που διαθέτουν μπορούν να επωφεληθούν από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός και να μειώσουν τις ανάγκες τους για τεχνητό φωτισμό.

Το «Duo-curtain» σύστημα φυσικού φωτισμού βρίσκει κάλλιστα εφαρμογή σε διατηρητέα κτίρια. Αποτελείται από δύο κάτοπτρα, τα οποία μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα μεταξύ τους. Το ένα κάτοπτρο, τοποθετημένο στην εσωτερική ή στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου ή στο διάκενο ενός διπλού υαλοπλάκα αντανακλά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς να προκαλεί θάμπωμα ή μεταφορά θερμότητας, στο άλλο κάτοπτρο που είναι τοποθετημένο οριζοντίως στην οροφή του κτιρίου. Με τη βοήθεια και άλλων κατόπτρων το φυσικό φως μπορεί να διανεμηθεί σε όλον τον χώρο. Στην πρώτη εικόνα πιο κάτω διακρίνεται η αρχή λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος και δίπλα απεικονίζεται μία πρακτική εφαρμογή του.



Εικόνα 2.5: Αρχή λειτουργίας και πρακτική εφαρμογή του συστήματος «Duo-curtain»[5]

Ο **τεχνητός φωτισμός** εφαρμόζεται όταν η ποσότητα του φυσικού φωτός δεν επαρκεί για να καλύψει τις οπτικές απαιτήσεις των χώρων. Προτείνεται η χρήση τεχνολογίας λαμπτήρων με μεγάλο σχετικά συντελεστή απόδοσης lumen/watt, που κυκλοφορούν ευρέως στο εμπόριο, δηλαδή με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να παρέχουν υψηλά επίπεδα φωτεινότητας. Παράδειγμα αποτελούν οι λαμπτήρες LED. Η εγκατάσταση επιπλέον ενός συστήματος διαχείρισης φωτισμού βοηθά στην οργάνωση και τον καλύτερο έλεγχο του φωτισμού. Επιτρέπει την ανεξάρτητη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων, την αυξομείωση της φωτεινότητας τους και την ενεργοποίησή τους ή μη, βάσει την παρουσία ατόμου στο χώρο. Τα συστήματα μπορούν να ελέγχονται είτε τοπικά είτε κεντρικά και μπορούν τοποθετηθούν κάλλιστα σε ένα διατηρητέο κτίριο. Ύστερα από την εγκατάσταση του συστήματος, ειδικά σε ιστορικά κτίρια, χρειάζεται να ρυθμιστούν κάποιες προκαθορισμένες τιμές παραμέτρων που αφορούν το ύψος τοποθέτησης, τους συντελεστές ανάκλασης κλπ.

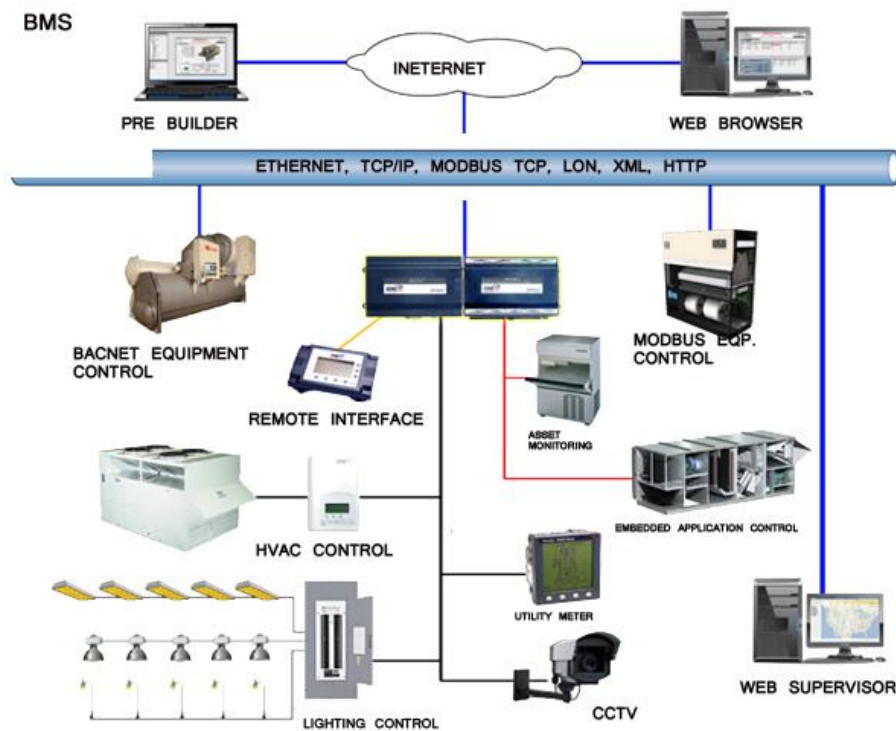
### 2.3.4 Εποπτεία των Συστημάτων και Συμπεριφορά των Χρηστών

Εκτός από τις παραπάνω δράσεις, υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής δράσεων που αφορούν την εποπτεία των εγκατεστημένων συστημάτων και οδηγούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως ένα σύστημα ελέγχου έχει τη δυνατότητα ρύθμισης της επιθυμητής θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου, με τη βοήθεια τοποθετημένων στο κτίριο αισθητήρων, μέσω των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και αερισμού. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ορισμού ενός χρονοδιαγράμματος για τις ώρες λειτουργίας των συστημάτων HVAC



ώστε να εξασφαλίζονται οι συνθήκες άνεσης στο χώρο με ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω μπορεί να ελέγχεται η λειτουργία του φωτισμού, των συστημάτων σκίασης, αλλά και το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

Το **BMS (Building Management System)** είναι ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια (και σε διατηρητέα) με στόχο την εποπτεία και τον έλεγχο όλων των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου. Αποτελείται από λογισμικό (software) και υλικό (hardware) και χρησιμοποιεί ανοιχτά πρωτόκολλα όπως BACnet, Lon, Modbus. Κτίρια με συστήματα BMS παρουσιάζουν 40-70% εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 2.6: Οργάνωση Συστήματος BMS [8]

Η υπεύθυνη **συμπεριφορά των χρηστών** είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας στα κτίρια. Μπορούν να έχουν είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη συμπεριφορά τους σε σχέση με τη θέρμανση, τη ψύξη, τον φωτισμό και άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνικών και συστημάτων θα πρέπει να συμπληρωθεί με δράσεις που καλλιεργούν μία συμπεριφορά υπεύθυνη σχετικά με τη χρήση της ενέργειας.

Για να είναι επιτυχής η ορθολογική χρήση της ενέργειας πρέπει να ενσωματώνει τις αξίες και τα συμφέροντα των χρηστών και απαιτεί την ενεργό συμμετοχή όλων. Ένα πρόγραμμα ευαισθητοποίησης μπορεί να προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Να κάνει πιο σαφή τα οφέλη της ενεργειακής εξοικονόμησης

- Να δημιουργεί ένα δεσμό μεταξύ των δραστηριοτήτων και της ατομικής συμπεριφοράς με τη σωστή χρήση της ενέργειας και των πιθανών εξοικονομήσεων
- Να ενθαρρύνει τους χρήστες να τροποποιούν τη συμπεριφορά τους που επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας
- Να οδηγεί σε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και άρα των εξόδων
- Να αυξάνει την παραγωγικότητα και να τονώνει το ηθικό των χρηστών χάρη σε ένα κοινό σχέδιο για την επίτευξη ενός στόχου.
- Να βελτιώνει τη φήμη ενός οργανισμού ή μιας εταιρίας

Επίσης ένας σύμβουλος ενέργειας μπορεί να παρέχει ένα πλήρες φάσμα υπηρεσιών, το οποίο να περιέχει συμβουλές εξοικονόμησης ενέργειας , όπως επίσης να παρέχει συμβουλές σχετικά με την υιοθέτηση κινήτρων και αντικινήτρων από την επιχείρηση, είτε είναι οικονομικά είτε μη οικονομικά με στόχο την ορθολογική χρήση της ενέργειας.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

# *Ενεργειακή Επιθεώρηση Νεοκλασικού Κτιρίου*



### 3.1 Περιγραφή του Κτιρίου

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε η ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο του ΣΕΒ/Στέγη της Ελληνικής Βιομηχανίας. Πρόκειται για ένα νεοκλασικό κτίριο που βρίσκεται επί της οδού Ξενοφώντος 5 σε απόσταση εκατό μέτρων από την πλατεία Συντάγματος στο κέντρο της Αθήνας με γεωγραφικό πλάτος  $37^{\circ} 9'40,29''\text{B}$  και γεωγραφικό μήκος  $23^{\circ} 73'46,26''$ . [9]



Εικόνα 3.1 : Η θέση του κτιρίου από δορυφόρο [10]

Κατασκευάστηκε στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα και αποτελούσε αρχικά το αρχοντικό της οικογένειας Αφεντούλη. Από το 1909 μέχρι και σήμερα στεγάζεται ο ΣΕΒ. Το κτίριο διέθετε αρχικά ισόγειο, μεσοπάτωμα και 2 ορόφους. Το 1960 δομήθηκαν επιπλέον ένας όροφος και δώμα. Έχει χαρακτηριστεί ως διατηρητέο. Σήμερα στον χώρο εργάζονται περίπου 50 άτομα.

Τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κτιρίου την καταλαμβάνουν γραφεία. Πιο αναλυτικά στο ισόγειο βρίσκονται γραφεία εργαζομένων, ένα στούντιο μοντάζ, δωμάτιο με κεντρικό εκτυπωτικό μηχάνημα, αποθήκες, καθώς επίσης και το λεβητοστάσιο. Ακόμα στο ισόγειο και σε κάθε όροφο υπάρχει μία μικρή κουζίνα και τουαλέτες. Στο μεσοπάτωμα βρίσκεται το control room και ένας χώρος που έχουν τοποθετηθεί τα UPS(Uninterruptible Power Supply). Στον πρώτο όροφο βρίσκεται η αίθουσα συνελεύσεων, ένας μεγάλος προθάλαμος, το θυρωρείο και γραφεία εργαζομένων. Στον δεύτερο όροφο βρίσκονται γραφεία εργαζομένων και μία μικρότερη αίθουσα συνελεύσεων. Τέλος στον νεώτερης κατασκευής τρίτο όροφο βρίσκονται γραφεία εργαζομένων.



Εικόνα 3.2 : Το κτίριο της Στέγης της Ελληνικής Βιομηχανίας

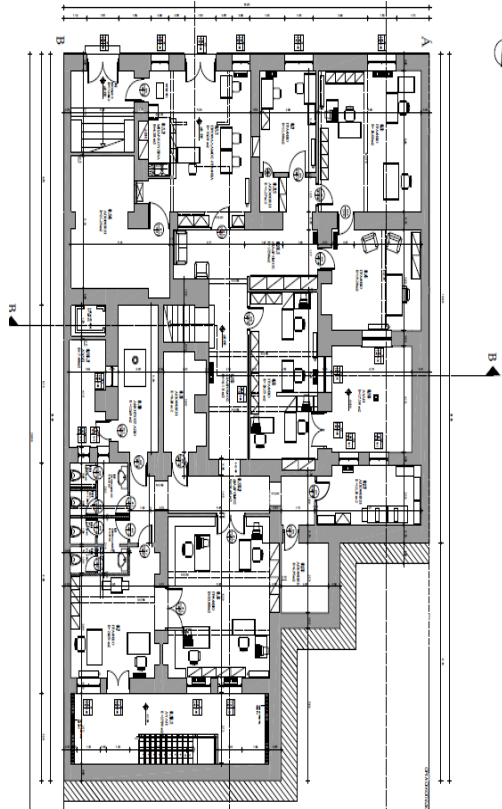
Ο συνολικός όγκος του κτιρίου είναι  $5.834,91 \text{ m}^3$  και η συνολική επιφάνεια των εσωτερικών χώρων είναι  $1.482,77 \text{ m}^2$ . Συγκεκριμένα τα γραφεία καταλαμβάνουν το 46,5% των χώρων, δηλαδή επιφάνεια  $690 \text{ m}^2$ , οι διάδρομοι και τα κλιμακοστάσια  $345 \text{ m}^2$ , δηλαδή επιφάνεια 23,3% και οι λοιποί χώροι (δώμα, αίθουσα συνελεύσεων, αποθήκες, κουζίνες, τουαλέτες)  $448 \text{ m}^2$ , δηλαδή επιφάνεια 30,2%.

Αναλυτικά όλες οι επιφάνειες και οι όγκοι των ορόφων, δίνονται στον πιο κάτω πίνακα:

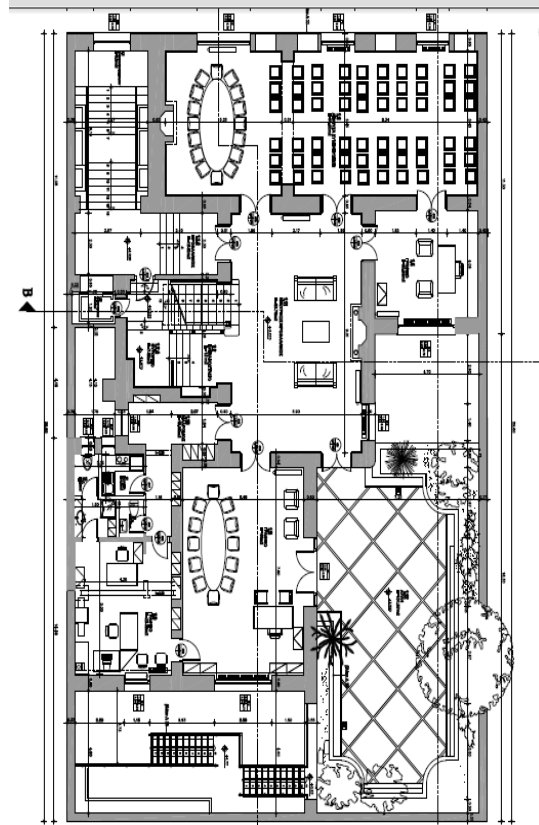
Πίνακας 3.1 : Κατανομή επιφανειών και όγκων κτιρίου ΣΕΒ

Χώρος	Επιφάνεια ( $\text{m}^2$ )	Ύψος(m)	Όγκος( $\text{m}^3$ )
Ισόγειο	385,00	3,27	1.258,95
1 <sup>ος</sup> όροφος	359,00	4,76	1.708,84
Μεσοπάτωμα	28,77	2,50	71,93
2 <sup>ος</sup> όροφος	359,00	4,27	1.532,93
3 <sup>ος</sup> όροφος	314,00	3,69	1.158,66
Δώμα	37,00	2,80	103,60
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.482,77</b>		<b>5.834,91</b>

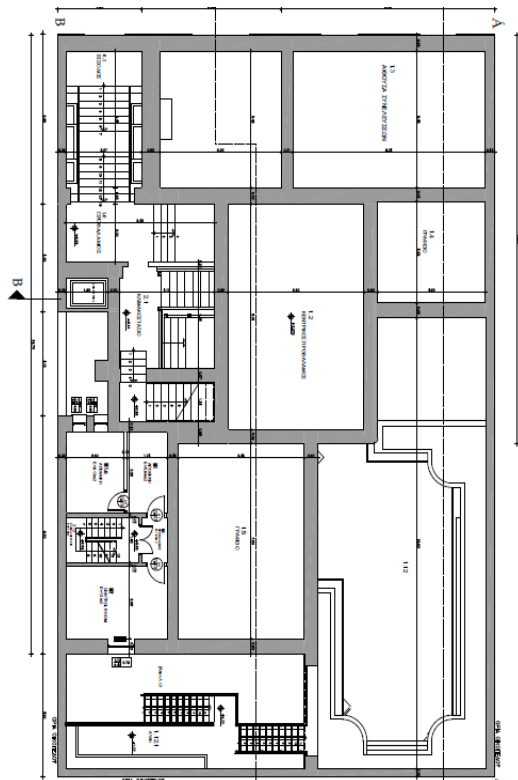
Πιο κάτω δίνονται οι κατόψεις του κτιρίου:



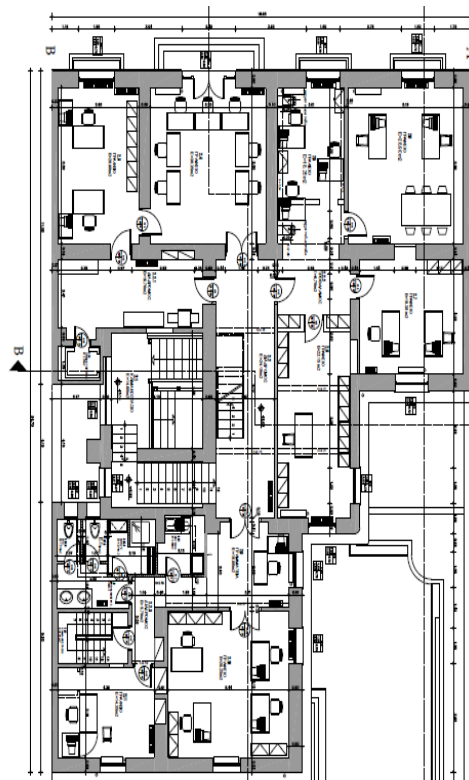
Σχήμα 3.1 : Κάτοψη ισογείου



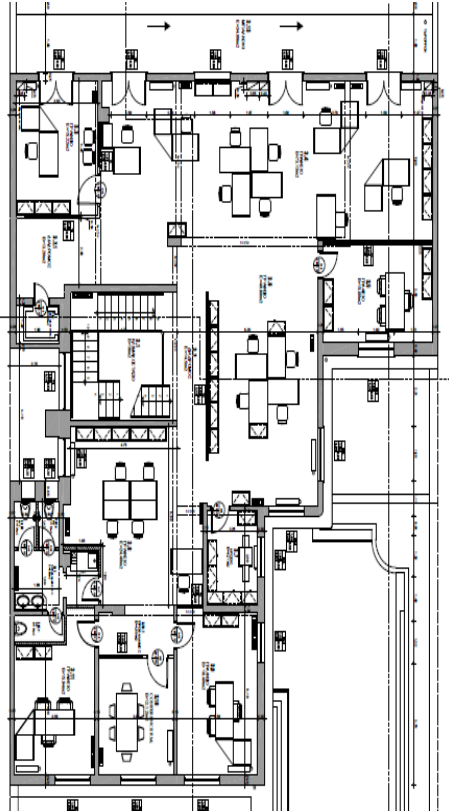
Σχήμα 3.2: Κάτοψη πρώτου ορόφου



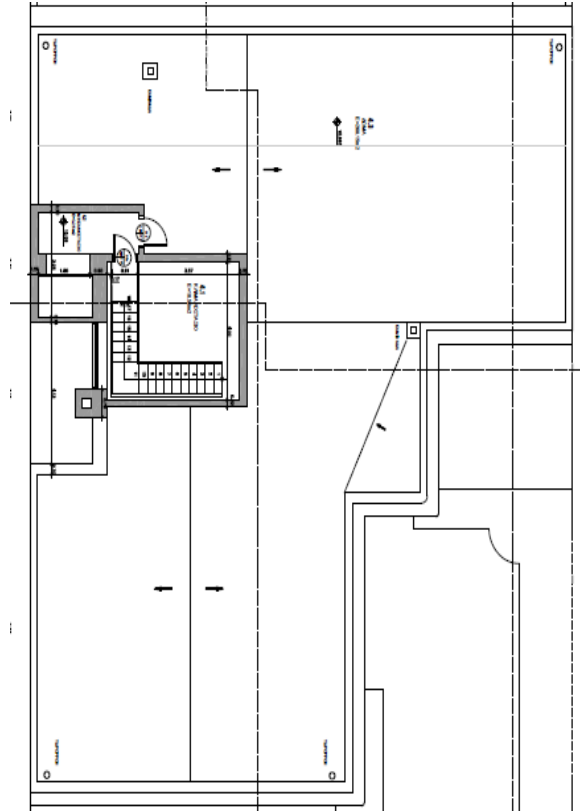
Σχήμα 3.3 : Κάτοψη μεσοπατώματος



Σχήμα 3.4 : Κάτοψη δευτέρου ορόφου



Σχήμα 3.5 : Κάτοψη τρίτου ορόφου



Σχήμα 3.6 : Κάτοψη δώματος

Το 2001 πραγματοποιήθηκε γενική ανακαίνιση. Τοποθετήθηκαν υαλοπίνακες διπλού τύπου και τα κουφώματα είναι κατασκευασμένα από ξύλο. Όσον αφορά τις σκιάσεις, στα περισσότερα παράθυρα υπάρχει χειροκίνητα ρυθμιζόμενη κάθετη εσωτερική σκίαση(στόρια) και εξωτερικά έχει τοποθετηθεί επίσης χειροκίνητα ρυθμιζόμενη κάθετη εξωτερική σκίαση(παντζούρι). Σε τέσσερα παράθυρα της βόρειας πλευράς του κτιρίου(κύριας όψης) έχουν τοποθετηθεί για λόγους ασφαλείας επιπλέον αλεξίσφαιροι υαλοπίνακες που αποτελούνται από έξι διαφορετικές στρώσεις γυαλιού και από ειδική μεμβράνη. Στην πάνω και στην κάτω πλευρά των αλεξίσφαιρων υαλοπινάκων υπάρχει ένα κενό περίπου 2 εκατοστών που εξυπηρετεί στον αερισμό του χώρου.

Στο ημερολόγιο εργασιών έχουν καταγραφεί τα έτη 2001 και 2002 ακόμα οι παρακάτω εργασίες: τοποθέτηση γύψινων χωρισμάτων και ψευδοροφών, αποκατάσταση σκυροδέματος κύριας όψης κτιρίου, εργασίες μόνωσης σε επτά χώρους του κτιρίου ύστερα από την εμφάνιση υγρασίας στην τοιχοποιία, εργασίες τσιμεντενέσεων , επιχρισμάτων, καθαρισμού σιδήρου οπλισμού και επάλειψή του με αντιδιαβρωτικό υλικό, τοποθέτηση μονωτικών πλακών και αφρομπετόν στο δώμα.

Στη γενική ανακαίνιση εντάσσονται και η εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού και αγορά νέου εξοπλισμού λεβητοστασίου. Όσον αφορά το σύστημα κλιματισμού, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση του χώρου, τοποθετήθηκε το πολυδιαιρούμενο – πολυζωνικό σύστημα VRV(Variable Refrigerant Volume) τύπου Y της MITSUBISHI ELECTRIC με



χρήση ψυκτικού μέσου R407c, το οποίο αποτελείται από 8 ξεχωριστά αυτόνομα κυκλώματα συνολικής ψυκτικής απόδοσης 766.700 Btu/h.

Το κάθε αυτόνομο κύκλωμα αποτελείται από μία εξωτερική μονάδα(outdoor unit), η οποία όμως είναι συνδεδεμένη με πολλαπλές εσωτερικές μονάδες(indoor unit) που έχουν τη δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας ανάλογα με τις απαιτήσεις του προς κλιματισμού χώρου. Οι εξωτερικές μονάδες έχουν τοποθετηθεί στο δώμα του κτιρίου χωρίς να δημιουργούν αισθητικά ή λειτουργικά προβλήματα και τροφοδοτούνται από ηλεκτρικό πίνακα που είναι τοποθετημένος στο δώμα εντός στεγανού κυτίου τύπου pillar.



**Εικόνα 3.3 :** Εξωτερικές μονάδες κλιματισμού/θέρμανσης



**Εικόνα 3.4 :** Πίνακας εξωτερικών μονάδων

Οι εσωτερικές μονάδες είναι τύπου δαπέδου (floor standing units), επιτοίχιες (wall mounted units) και κρυφού τύπου ψευδοροφής(ceiling concealed units) και τροφοδοτούνται από τους ηλεκτρικούς πίνακες των ορόφων. Αναλυτικά τα μηχανήματα που έχουν τοποθετηθεί, η ποσότητα και οι δυναμικότητές δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.2: Κλιματιστικές μονάδες κτιρίου

ΕΙΔΟΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΨΥΞΗ(KW)	ΘΕΡΜΑΝΣΗ(KW)	TEM
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	PUHY-P250YMF	28	31,5	8
ΟΡΟΦΗΣ	PEFY-P32VMM	3,6	4,0	1
	PEFY-P40VMM	4,5	5,0	2
	PEFY-P125VMM	14	16	2
ΔΑΠΕΔΟΥ	PFFY-P63VLRM	7,1	8,0	1
	PFFY-P20VLEM	2,2	2,5	1
	PFFY-P25VLEM	2,8	3,2	1
	PFFY-P32VLEM	3,6	4,0	3
	PFFY-P40VLEM	4,5	5,0	11
	PFFY-P63VLEM	7,1	8,0	6
ΕΠΙΤΟΙΧΙΑ	PKFY-P32VGM	3,6	4,0	2
	PKFY-P40VGM	4,5	5,0	10
	PKFY-P50VGM	5,6	6,3	2
	PKFY-P63VGM	7,1	8,0	1

Ακόμα υπάρχουν έξι κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου τα οποία δεν ανήκουν στο κεντρικό σύστημα κλιματισμού και η κάθε εσωτερική μονάδα τροφοδοτείται από μία εξωτερική. Τα δύο χρησιμοποιούνται για την ψύξη του χώρου που βρίσκονται τα UPS, είναι 18.000Btu/h και 12000Btu/h αντίστοιχα και λειτουργούν παράλληλα. Τα άλλα δύο χρησιμοποιούνται για την ψύξη του control room, κυρίως για την απαγωγή θερμότητας που εκπέμπουν οι server και είναι της ίδιας δυναμικότητας με τα προηγούμενα. Ακόμα ένα κλιματιστικό 12.000Btu/h έχει τοποθετηθεί στον χώρο που βρίσκεται το κεντρικό εκτυπωτικό μηχάνημα και ένα μικρότερης ισχύος 9.000Btu/h τεχνολογίας inverter είναι τοποθετημένο σε μία αποθήκη του ισογείου, στην οποία βρίσκεται και ο γενικός πίνακας του κτιρίου. Τέλος υπάρχουν δύο fan-coil, ένα στον προθάλαμο του κτιρίου που βρίσκεται ο φύλακας και ένα στο θυρωρείο στον πρώτο όροφο.

Όσον αφορά το σύστημα θέρμανσης, στο κτίριο είναι εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα θέρμανσης με νερό. Ο λέβητας STERN της εταιρίας FYROGENIS ABE είναι κατασκευής 2002 και ονομαστικής ισχύος 245-280 KW, 178 λίτρων νερού. Ακόμα ο καυστήρας είναι πετρελαίου ονομαστικής ισχύος 370W. Τα σώματα καλοριφέρ που υπάρχουν σε όλο το κτίριο, εξαιρουμένου

αυτά του τρίτου ορόφου, είναι μαντεμένα, παλιάς κατασκευής και έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα, οπότε απαγορεύεται η αντικατάστασή τους με πιο εξελιγμένα νεότερης τεχνολογίας.



**Εικόνα 3.5 :** Λεβητοστάσιο



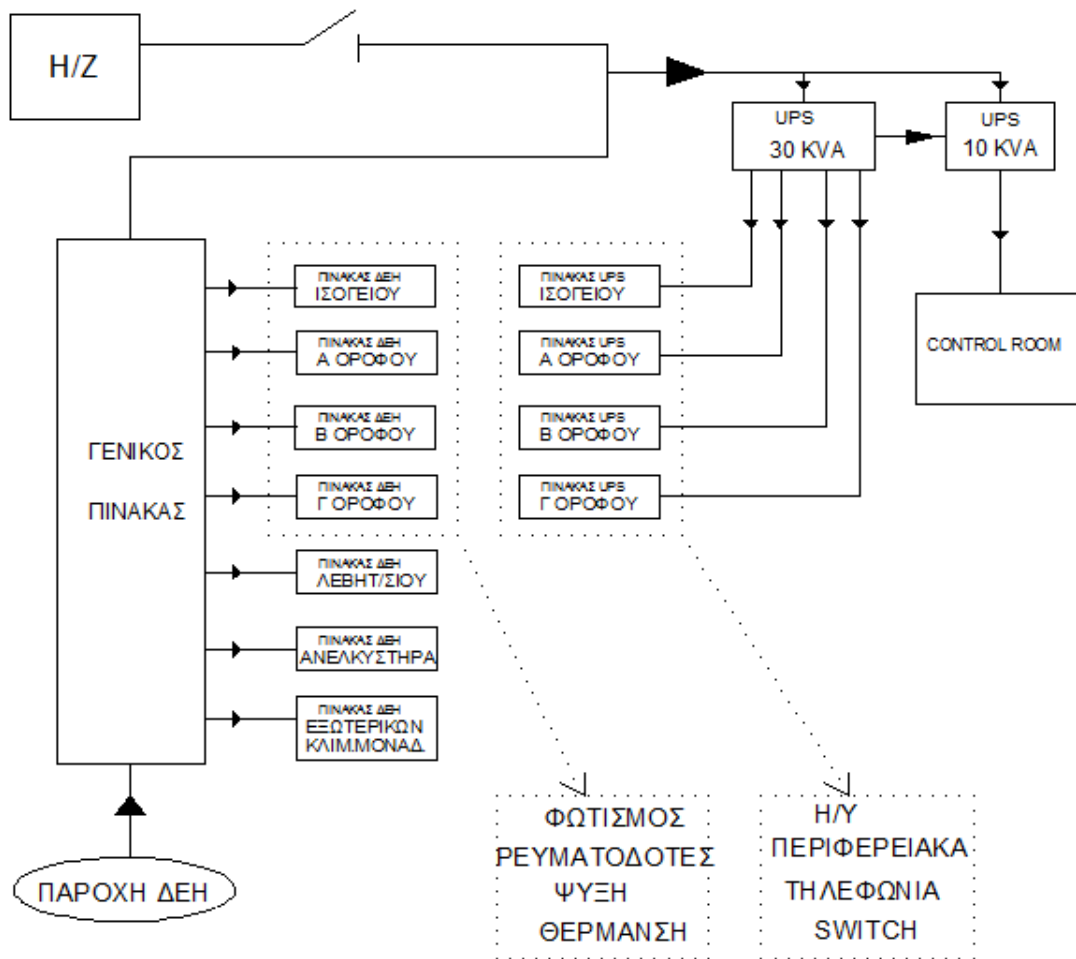
**Εικόνα 3.6 :** Καυστήρας



**Εικόνα 3.7 :** Κυκλοφορητής

Για ζεστό νερό χρήσης υπάρχει σε κάθε κουζίνα και μπάνιο, ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνα χωρητικότητας 10 λίτρων και ισχύος 1,5KW που τροφοδοτείται από τον πίνακα του κάθε ορόφου.

Στο κτίριο καταναλώνονται δύο μορφές ενέργειας: ηλεκτρική ενέργεια και πετρέλαιο. Πιο κάτω δίνεται σε block διάγραμμα η οργάνωση των πινάκων και των UPS.



Σχήμα 3.7 : Block διάγραμμα οργάνωσης ηλεκτρικών πινάκων

Από τον γενικό πίνακα τροφοδοτούνται οι πίνακες φωτισμού-ρευματοδοτών του ισόγειου και κάθε ορόφου, ο πίνακας λεβητοστασίου, ο πίνακας του ανελκυστήρα που βρίσκεται στο μηχανοστάσιο στο δώμα και ο πίνακας τροφοδοσίας των εξωτερικών κλιματιστικών μονάδων.

Ακόμα από τον γενικό πίνακα υπάρχει μία αναχώρηση προς τα UPS που βρίσκονται στο μεσοπάτωμα του κτιρίου. Το κτίριο διαθέτει ένα UPS 30KVA το οποίο τροφοδοτεί τους υποπίνακες UPS που υπάρχουν σε κάθε όροφο και στο ισόγειο. Το UPS αυτό είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των περιφερειακών συσκευών τους, των καταναμητών του ορόφου και των συστημάτων τηλεφωνίας. Το UPS των 10KVA τροφοδοτεί το control room ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής λειτουργία των server. *Να σημειωθεί πως τα UPS είναι σε on-line σύνδεση. Αυτό σημαίνει πως οι συσκευές είναι συνεχώς συνδεδεμένες στη μπαταρία και πως ο μηχανισμός του UPS χρειάζεται να λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο.*

Σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος τίθεται σε λειτουργία όπου προς το παρόν τροφοδοτεί μόνο τα UPS. Προβλέπεται στο άμεσο μέλλον το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος να δίνει τροφοδοσία επιπλέον σε εφεδρικό φωτισμό και στην αίθουσα

συνελεύσεων του πρώτου ορόφου. Τέλος υπάρχει μεταγωγός σε ηλεκτρικό πίνακα στο μεσοπάτωμα, ο οποίος δίνει την επιλογή ώστε το μικρότερο σε ισχύ UPS των 10KVA να λαμβάνει είσοδο είτε από το δίκτυο είτε από το μεγαλύτερο UPS των 30KVA.



**Εικόνα 3.8 :** Τα δύο UPS στο μεσοπάτωμα του κτιρίου



**Εικόνα 3.9 :** Μεταγωγέας

Για την καλύτερη οργάνωση των πληροφοριακών δομών, στο δωμάτιο ελέγχου (control room) είναι εγκατεστημένο σύστημα IBM Blade Center. Στο σασί του IBM Blade Center μπορούν να τοποθετηθούν πολλοί servers και πολλοί δίσκοι αποθήκευσης δεδομένων και ο κάθε server

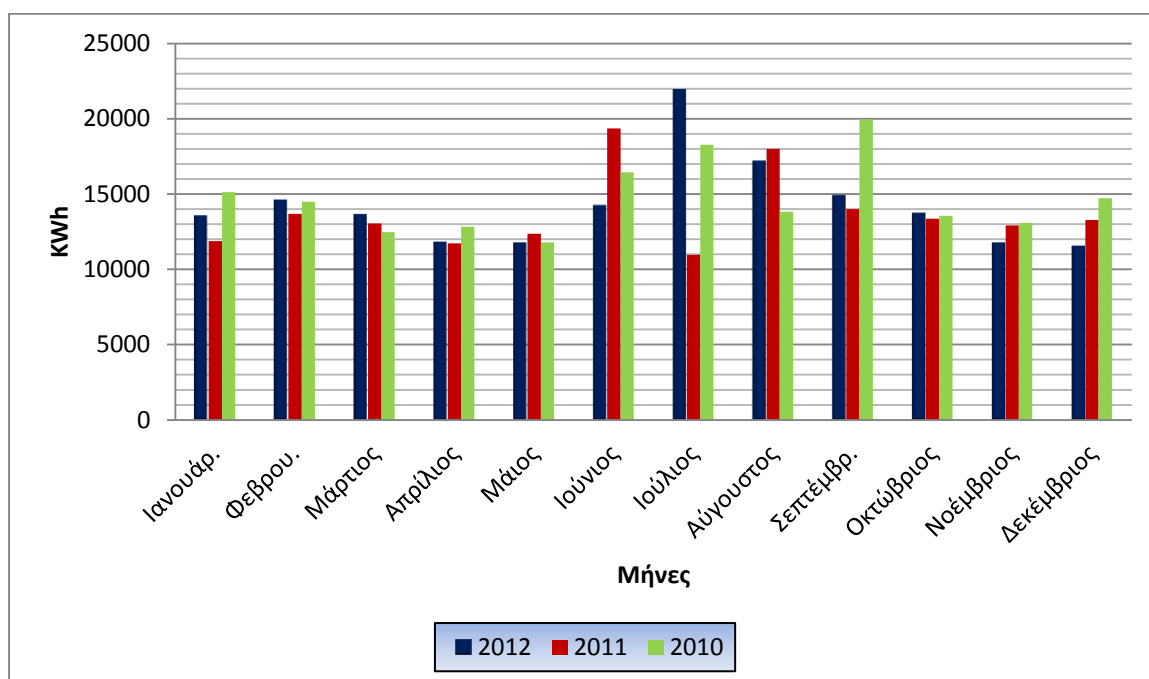
μπορεί να συνδυαστεί με οποιονδήποτε δίσκο δίνοντας έτσι ευελιξία στην δομή της πληροφορικής του κτιρίου. Με την συγκεκριμένη οργάνωση επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, χώρου και χρημάτων μέσω της ενοποίησης περισσότερων server.



Εικόνα 3.10 : IBM Blade Center

### 3.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Πραγματοποιήθηκε η συλλογή των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ για τα τρία τελευταία έτη, δηλαδή το 2010,2011 και 2012. Το κτίριο του ΣΕΒ είναι καταναλωτής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ και ανήκει στο τιμολόγιο κατηγορίας εμπορικό Γ22. Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η μηνιαία ανάλυση των λογαριασμών για τα τρία παραπάνω έτη :

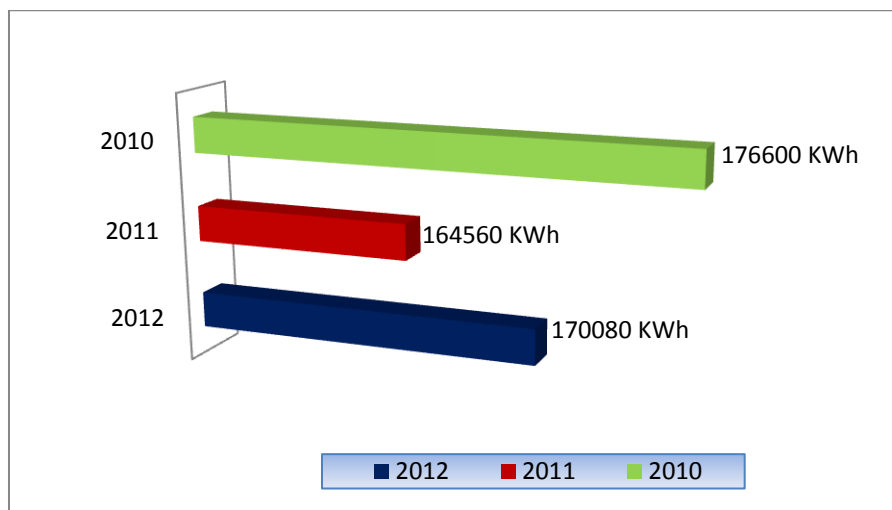


Διάγραμμα 3.1 : Μηνιαία ανάλυση λογαριασμών βάσει τιμολογίων ΔΕΗ για τρία έτη

Πίνακας 3.3 : Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο (kWh)

Μήνες	2012	2011	2010
Ιανουάριος	13.520	11.880	15.120
Φεβρουάριος	14.560	13.680	14.480
Μάρτιος	13.600	13.040	12.480
Απρίλης	11.760	11.720	12.840
Μάιος	11.720	12.360	11.800
Ιούνιος	14.200	19.360	16.440
Ιούλιος	21.840	10.960	18.280
Αύγουστος	17.120	18.000	13.840
Σεπτέμβρης	14.840	14.000	19.960
Οκτώβρης	13.680	13.360	13.560
Νοέμβρης	11.720	12.920	13.080
Δεκέμβρης	11.520	13.280	14.720
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>170.080</b>	<b>164.560</b>	<b>176.600</b>

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τα τιμολόγια της ΔΕΗ είναι:



Διάγραμμα 3.2: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας βάσει τιμολογίων ΔΕΗ

Παρατηρούμε πως το 2011 η κατανάλωση είναι αισθητά μικρότερη κατά 6.000 kWh από το 2010 και 12000kWh από το 2012. Αυτή η διαφορά υπάρχει, επειδή τον Ιούλιο του 2011 στα τιμολόγια φαίνεται πως για κάποιο λόγο η κατανάλωση ήταν κοντά στις 11.000 kWh, δηλαδή 7.000 και 11.000 kWh μικρότερη από τον αντίστοιχο μήνα του 2010 και 2012. Κάποια επίσημη απάντηση από τους εργαζομένους του κτιρίου δε δόθηκε για τη δικαιολόγηση αυτής της διαφοράς, όπως για παράδειγμα κάποια βλάβη του συστήματος ψύξης. Επίσης τον Σεπτέμβριο του 2010 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη κατά 5.000 και 6.000 kWh από τον αντίστοιχο μήνα του 2012 και 2011. Πιθανόν αυτή η διαφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση του κλιματισμού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που παρουσιάστηκαν τον συγκεκριμένο μήνα. Ακόμα από τη μηνιαία ανάλυση εξάγεται επίσης το συμπέρασμα πως τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβρη υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας η οποία δικαιολογείται από τη χρήση του συστήματος ψύξης. Μάλιστα τους μήνες αυτούς παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις των καταναλώσεων μεταξύ των αντίστοιχων μηνών κάθε έτους.

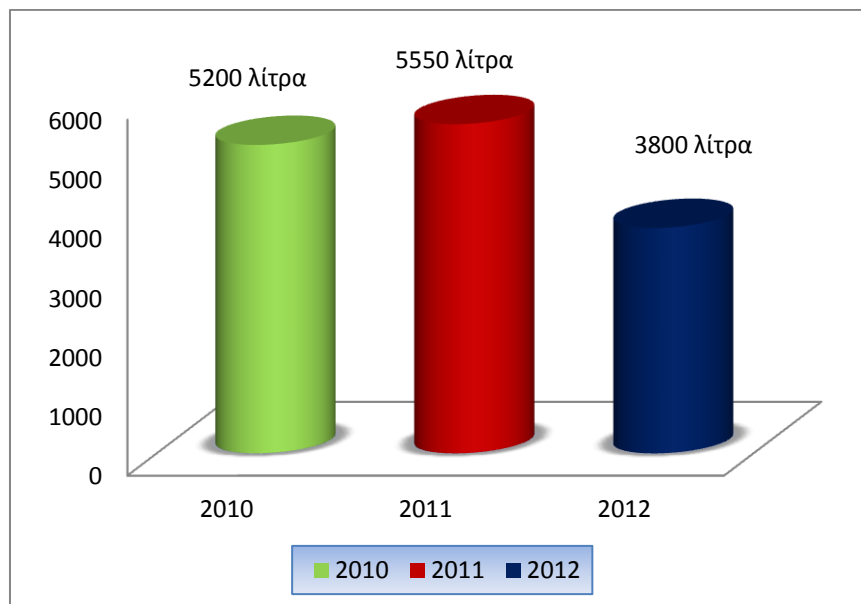
### 3.3 Κατανάλωση Πετρελαίου Θέρμανσης

Σύμφωνα με τα τιμολόγια κατανάλωσης πετρελαίου η κατανάλωση σε λίτρα για τα έτη 2010,2011 και 2012 ήταν:

**Πίνακας 3.4 :** Κατανάλωση πετρελαίου βάσει τιμολογίων για τρία έτη

Έτος	2010	2011	2012
Λίτρα	5.200	5.550	3.800

Και το αντίστοιχο διάγραμμα είναι:



**Διάγραμμα 3.3:** Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου βάσει τιμολογίων



Από το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι η κατανάλωση για τα δύο πρώτα έτη κινήθηκε στα ίδια περίπου επίπεδα, ενώ το 2012 αγοράστηκε λιγότερο πετρέλαιο κατά 25% σε σχέση με τις πρώτες χρονιές. Πρέπει να επισημανθεί εδώ πως το πετρέλαιο που έμενε μέσα στη δεξαμενή στο τέλος κάθε έτους καταναλωνόταν την επόμενη χρονιά, οπότε δεν είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός της πραγματικής κατανάλωσης, αλλά ο υπολογισμός γίνεται με βάση τις ημερομηνίες αγοράς του πετρελαίου.

### 3.4 Κατανομή Ενεργειακού Κόστους του Κτιρίου

Πιο κάτω δίνονται συγκεντρωτικά σε πίνακα τα κόστη σε ευρώ για αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου για τα τρία έτη. (\*Το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι χωρίς ΦΠΑ, δημοτικά τέλη και αφορά καθαρά τη χρέωση της ηλεκτρικής καταναλισκόμενης ενέργειας\*):

**Πίνακας 3.5 :** Κόστη για αγορά πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας

ΣΕ ΕΥΡΩ	2010	2011	2012	Σύνολο ανά πηγή
Ηλ.Ενέργεια	20.398	17.630	19.741	57.769
Πετρέλαιο	3.500	4.909	3.727	12.136
Σύνολο ανά έτος	23.898	22.539	23.468	69.905

Παρατηρείται πως κάθε χρόνο το ενεργειακό κόστος είναι περίπου ίδιο και κυμαίνεται γύρω στις 23000 ευρώ. Οπότε για τα τρία έτη 2010, 2011, 2012 που συλλέχθηκαν τα τιμολόγια, το συνολικό κόστος για την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας και του πετρελαίου είναι **69.905 ευρώ**.

### 3.5 Κατανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Χρήση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η καταγραφή όλων των φωτιστικών σωμάτων του κτιρίου, των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης και των ηλεκτρικών συσκευών. Έπειτα ύστερα από συνέντευξη με τους εργαζομένους του κτιρίου καταγράφηκαν οι ώρες λειτουργίας κάθε συσκευής με σκοπό την προσομοίωση της κατανάλωσης και τη σύγκριση με τις επίσημες καταναλώσεις με βάση τα τιμολόγια της ΔΕΗ, αλλά και τη σύγκριση με τα δεδομένα που κατέγραψε ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάλυση και η προσομοίωση γίνεται ξεχωριστά για τους ακόλουθους τομείς: φωτισμού, ψύξης-θέρμανσης και ηλεκτρικών συσκευών. *Να σημειωθεί ότι σε τέσσερα γραφεία του κτιρίου δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση ώστε να γίνει η ακριβής καταγραφή του εξοπλισμού. Οπότε για αυτούς τους χώρους έγινε καταγραφή συγκρίνοντάς τους με άλλους όμοιους σε*

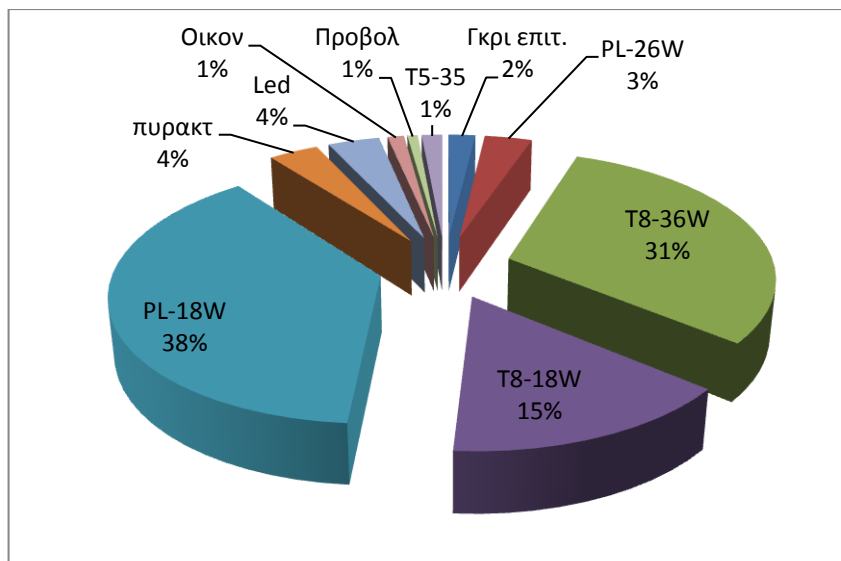
διαστάσεις και ίδιας χρήσης χώρους του κτιρίου στους οποίους είχε προηγηθεί ακριβής καταγραφή ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

(\*Όλοι οι πίνακες για τους τρεις τομείς που δείχνουν αναλυτικά το πλήθος, την ισχύ και τις ώρες λειτουργίας κάθε συσκευής δίνονται στο παράρτημα στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου γίνεται η παρουσίαση της καταγραφής κυρίως με διαγράμματα για την πιο σαφή κατανόηση της κατανομής των καταναλώσεων\*)

### 3.5.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο καταγράφηκαν οι ακόλουθοι λαμπτήρες: 210 τύπου T8 φθορισμού των 36watt η καθεμία , 104 τύπου T8 φθορισμού των 18watt, 285 τύπου PL των 18watt και των 26watt, 24 πυρακτώσεως ποικίλων μεγεθών ισχύος, 25 λαμπτήρες led των 4 watt, 10 τύπου T5 φθορισμού των 35watt η καθεμία, 21 λαμπτήρες οικονομίας των 20 watt και 4 λάμπες προβολέα 150watt έκαστη.

Δίνεται το διάγραμμα κατανομής φωτιστικών σωμάτων για όλο το κτίριο:



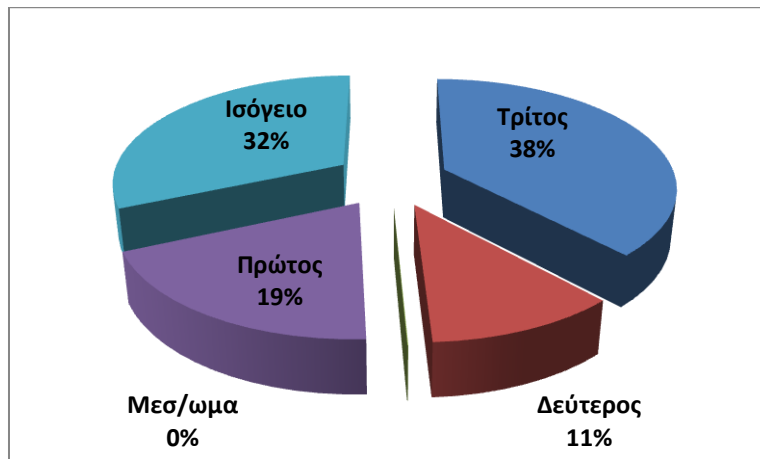
**Διάγραμμα 3.4 :** Κατανομή φωτιστικών σωμάτων στο κτίριο

Ο φωτισμός εξυπηρετείται κυρίως με λαμπτήρες φθορισμού T8 των 36 watt (31% του συνολικού αριθμού των λαμπτήρων) και των 18 watt (15% του συνολικού αριθμού των λαμπτήρων). Επίσης οι λαμπτήρες τύπου PL που βρίσκονται στους διαδρόμους του κτιρίου αποτελούν το 38% του συνολικού αριθμού των λαμπτήρων (οι λαμπτήρες στην παρούσα φάση είναι 130 καθώς από κάθε φωτιστικό έχει αφαιρεθεί ένας λαμπτήρας). Στο κλιμακοστάσιο του πρώτου ορόφου, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν έχουν αντικατασταθεί διότι δεν υφίσταται στο εμπόριο λαμπτήρας οικονομίας με την αντίστοιχη απόδοση και μέγεθος ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί μέσα στον

γλόμπο του φωτιστικού που υπάρχει στους συγκεκριμένους διαδρόμους. Επίσης οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που είναι τοποθετημένοι στον πολυέλιαιο της αίθουσας συνελεύσεως δε γίνεται να αντικατασταθούν για λόγους αισθητικής.

Η κάθε κατανάλωση που αφορά τον φωτισμό πολλαπλασιάστηκε με έναν συντελεστή ταυτοχρονισμού ίσο με 0,6 , διότι κατά την καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων, αλλά και γενικότερα κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων επισκέψεων στο κτίριο, παρατηρήθηκε ότι ειδικά στους διαδρόμους και στα γραφεία των εργαζομένων ένας σημαντικός αριθμός λαμπτήρων δεν ήταν σε λειτουργία εκείνη τη στιγμή. Οπότε η επιλογή αυτού του συντελεστή προσομοιάζει πιο σωστά τα αποτελέσματα. Επίσης στο άθροισμα των καταναλώσεων των λαμπτήρων φθορισμού έγινε προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast που υπάρχουν μέσα στα φωτιστικά σώματα φθορισμού και καταναλώνουν ενέργεια.

Το διάγραμμα κατανομής της καταναλισκόμενης ενέργειας των φωτιστικών σωμάτων ανά όροφο δίνεται πιο κάτω.



**Διάγραμμα 3.5 :** Εκτιμώμενη κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας φωτιστικών σωμάτων ανά όροφο

Παρατηρείται ότι στον τρίτο όροφο με συμμετοχή 38% και στο ισόγειο με 32% υπάρχει η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας αφού βρίσκονται και οι περισσότεροι εργαζόμενοι και οι απαιτήσεις σε φωτισμό είναι μεγαλύτερες. Το ποσοστό συμμετοχής του μεσοπατώματος είναι πάρα πολύ μικρό, επειδή υπάρχει ελάχιστος αριθμός λαμπτήρων που λειτουργούν λίγες ώρες τον χρόνο.

Συνολικά η καταναλισκόμενη ενέργεια για φωτισμό για κάθε όροφο του κτιρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.6 :** Εκτιμώμενη Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας φωτιστικών σωμάτων ανά όροφο

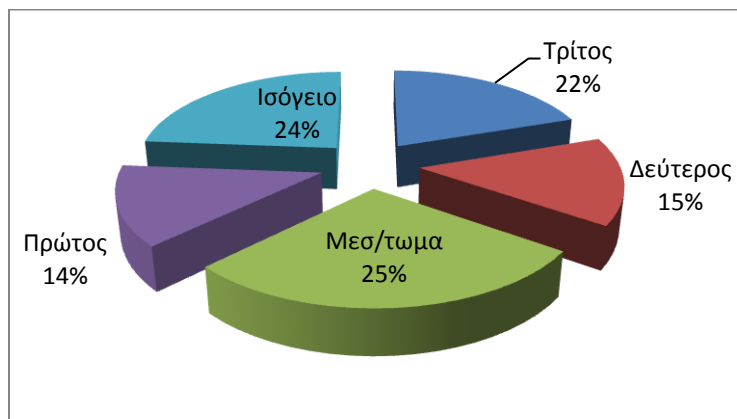
Όροφος	Τρίτος	Δεύτερος	Μεσ/ωμα	Πρώτος	Ισόγειο	Σύνολο
KWh	10.079	2.952	12	5.074	8.353	26.470

Η συνολική ετήσια εκτιμώμενη ενέργεια για φωτισμό που καταναλώνεται είναι 26.470 KWh.

### 3.5.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ψύξη-Θέρμανση

Στο κτίριο όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω υπάρχουν 43 εσωτερικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για ψύξη-θέρμανση και τροφοδοτούνται από το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV. Θεωρήθηκε ότι κάθε κλιματιστικό καταναλώνει 1200 Watt ηλεκτρική ισχύ. Στο datasheet της μονάδας PKFY-P40VGM-E αναγράφεται πως η ισχύς της συσκευής για ψύξη είναι 4,7 KW και η ισχύς της συσκευής για θέρμανση 5,0 KW. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος ψύξης EER=3,9 προκύπτει  $4700/3,9 = 1200$  Watt ηλεκτρική ισχύς κατανάλωσης για ψύξη. Αυτή η τιμή κατανάλωσης θεωρήθηκε για όλες τις συσκευές κλιματισμού για ψύξη και για θέρμανση. Υπάρχει ακόμα ένα αυτόνομο κλιματιστικό 9000BTU/h στον τρίτο όροφο. Ακόμα θεωρήθηκε πως τα κλιματιστικά λειτουργούν 6 ώρες την ημέρα, διότι τους χειμερινούς μήνες λειτουργούν για 3-4 ώρες περίπου ημερησίως, αφού υπάρχει παράλληλα και το σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο που εξυπηρετεί στην θέρμανση των χώρων. Όμως τους καλοκαιρινούς μήνες τα κλιματιστικά λειτουργούν για περίπου 8-9 ώρες την ημέρα, οπότε η επιλογή των 6 ωρών προκύπτει ως μέσος όρος των ωρών λειτουργίας για τις δύο περιόδους.

Πιο κάτω δίνεται το διάγραμμα που δείχνει την κατανομή στους ορόφους με βάση την καταναλισκόμενη ενέργεια.



**Διάγραμμα 3.6 :** Εκτιμώμενη Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας για κλιματισμό ανά όροφο

Στο μεσοπάτωμα με 25% υφίσταται τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας της 24ωρης λειτουργίας των 4 κλιματιστικών, δηλαδή των δύο για τη ψύξη του χώρου των UPS και των δύο για τη ψύξη του χώρου των server. Όπως και στο φωτισμό, το ίδιο ισχύει και για τον κλιματισμό, δηλαδή στο ισόγειο με ποσοστό 24% και έπειτα στον τρίτο όροφο με ποσοστό 22% υπάρχουν οι μεγαλύτερες καταναλώσεις. Οι απαιτήσεις για κλιματισμό για τον πρώτο και δεύτερο όροφο εμφανίζονται μειωμένες και αντικατοπτρίζουν ποσοστά 14% και 15% της συνολικής κατανάλωσης αντίστοιχα, αφού υπάρχει μικρότερος αριθμός εργαζομένων. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται στην πραγματικότητα στο δώμα όπου και είναι εγκατεστημένες οι εξωτερικές μονάδες. Όμως η ενέργεια αυτή έχει κατανομηθεί στις εσωτερικές μονάδες που βρίσκονται μέσα σε κάθε χώρο.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται για κάθε όροφο, αλλά και συνολικά η κατανάλωση για κλιματισμό.

**Πίνακας 3.7 :** Εκτιμώμενη κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας για κλιματισμό ανά όροφο

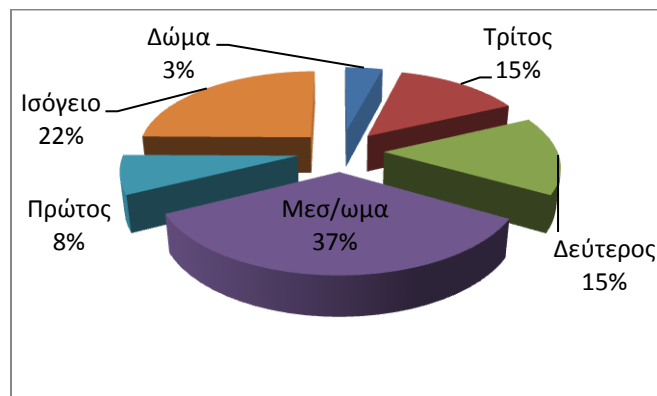
Όροφος	Τρίτος	Δεύτερος	Μεσ/τωμα	Πρώτος	Ισόγειο	Σύνολο
KWh	18.240	12.960	21.600	11.602	20.746	<b>81.147</b>

Η συνολική ετήσια ενέργεια για κλιματισμό που καταναλώνεται είναι 81.147 KWh.

### 3.5.3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ηλεκτρικές Συσκευές

Οι ηλεκτρικές συσκευές που υπάρχουν στο κτίριο είναι κυρίως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι περιφερειακές συσκευές αυτών, δηλαδή εκτυπωτές και πολυμηχανήματα, ηλεκτρικές συσκευές στις κουζίνες, ο δικτυακός κόμβος που μάλιστα αποτελεί σημαντικό φορτίο, ο κινητήρας του ανελκυστήρα και ο εξοπλισμός του λεβητοστασίου, ο οποίος θα μπορούσε βέβαια να συνυπολογιστεί στον τομέα κλιματισμού, αλλά στην παρούσα διπλωματική εργασία, οι ηλεκτρικές καταναλώσεις του καυστήρα και του κυκλοφορητή καταχωρήθηκαν στις ηλεκτρικές συσκευές.

Πιο κάτω δίνεται το διάγραμμα που δείχνει την κατανομή των ηλεκτρικών συσκευών στους ορόφους με βάση την καταναλισκόμενη ενέργεια. Αξιοσημείωτο είναι πως στο μεσοπάτωμα καταναλώνεται το 37% της συνολικής ενέργειας που αφορά τις συσκευές λόγω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους server . Στο ισόγειο λαμβάνει χώρα η αμέσως μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές, ακολουθεί ο δεύτερος και ο τρίτος όροφος με 15% και 15% αντίστοιχα και τέλος στον πρώτο όροφο υφίσταται μόνο το 8% της κατανάλωσης, διότι δεν υπάρχουν πολλοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές και περιφερειακά, αφού στο συγκεκριμένο χώρο εργάζεται μονοψήφιος αριθμός εργαζομένων.



**Διάγραμμα 3.7 :** Εκτιμώμενη κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές ανά όροφο

Ο κινητήρας του ανελκυστήρα βρίσκεται στο δώμα και υπολογίζεται η ενέργεια που καταναλώνει ετήσια πιο κάτω:

**Πίνακας 3.8 :** Κατανάλωση εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ανελκυστήρα

Κινητήρας ανελκυστήρα				
Χώρος	Φορτίο(W)	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Ενέργεια (KWh/έτος)
Δώμα	7.500	1	240	1.800

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κινητήρα του ανελκυστήρα υπολογίζεται σε 1.800 KWh.

Τέλος το δωμάτιο ελέγχου (control room) στο οποίο βρίσκονται οι δικτυακοί κόμβοι βρίσκεται στο μεσοπάτωμα μεταξύ πρώτου και δευτέρου ορόφου. Πιο κάτω υπολογίζεται η καταναλισκόμενη ενέργεια των συσκευών του μεσοπατώματος:

**Πίνακας 3.9 :** Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας δικτυακού κόμβου

Δικτυακός κόμβος				
Χώρος	Φορτίο(W)	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Ενέργεια (KWh/έτος)
Μεσοπάτωμα	3.000	24	360	25.920

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι ίση με 25.920 KWh και αποτελεί ένα σημαντικό φορτίο του κτιρίου.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται για κάθε όροφο ,αλλά και η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια από τις ηλεκτρικές συσκευές.

**Πίνακας 3.10 :** Εκτιμώμενη κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές ανά όροφο

Όροφος	Δώμα	Τρίτος	Δεύτερος	Μεσ/ωμα	Πρώτος	Ισόγειο	Σύνολο
KWh	1.800	10.269	10.197	25.920	5.484,2	15.612	<b>69.282</b>

Η συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια που καταναλώνεται από τις ηλεκτρικές συσκευές είναι 69.282 KWh.

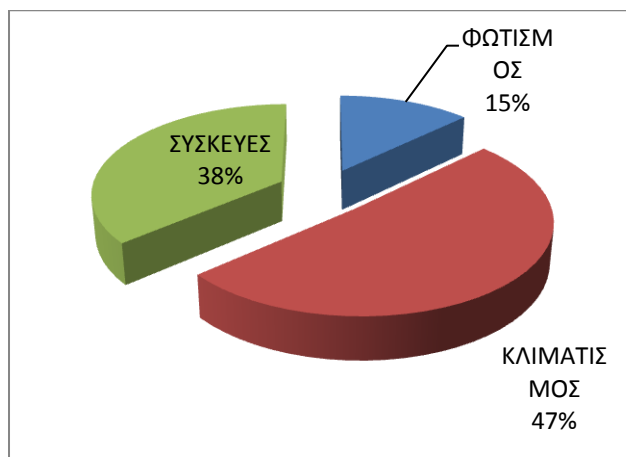
### 3.5.4 Κατανομή Καταναλώσεων ανά Είδος Χρήσης

Τα παραπάνω στοιχεία που αφορούν τις καταναλώσεις για τους τρεις τομείς συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.11 :** Συνολικές εκτιμώμενες καταναλώσεις για τους τρεις τομείς

Φωτισμός	Κλιματισμός	Συσκευές
26.470	85.147	69.282

Κατασκευάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα:



**Διάγραμμα 3.8 :** Εκτιμώμενο ποσοστό κατανάλωσης ανά τομέα χρήσης

Παρατηρείται πως ποσοστό 47% της ηλεκτρικής ενέργειας, καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών κλιματισμού του χώρου. Οι ηλεκτρικές συσκευές έχουν μερίδιο ίσο με 38% επί της συνολικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος για φωτισμό δαπανάται το 15% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας.

Βάσει τιμολογίων το 2012 καταναλώθηκαν 170.080KWh ,ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε, η κατανάλωση υπολογίστηκε ίση με 180.900 kWh, άρα υπάρχει μία απόκλιση της τάξης του 6,3%, δηλαδή περίπου 10.800KWh.

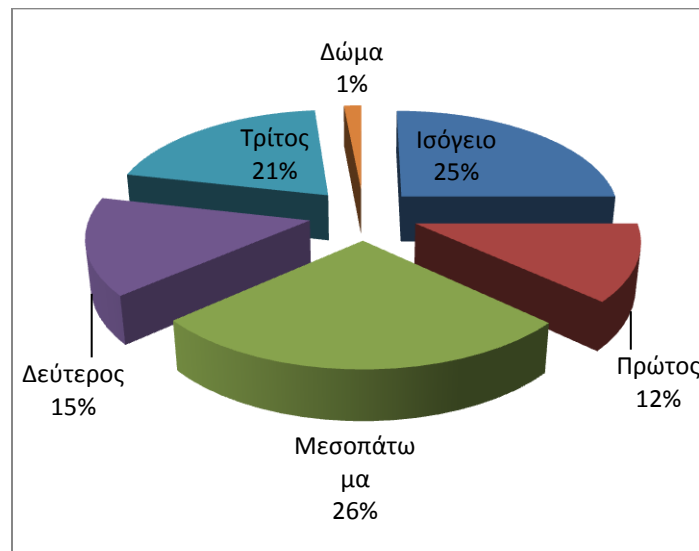
### 3.5.5 Κατανομή Καταναλώσεων ανά Όροφο

Πιο κάτω δίνονται συγκεντρωτικά οι καταναλώσεις ανά όροφο:

**Πίνακας 3.12 :** Συνολικές εκτιμώμενες καταναλώσεις ανά όροφο

Ισόγειο	44.711
Πρώτος	22.160
Μεσοπάτωμα	47.532
Δεύτερος	26.109
Τρίτος	38.588
Δώμα	1.800
<b>Σύνολο</b>	<b>180.900</b>

Στη συνέχεια δίνεται το αντίστοιχο διάγραμμα με τα ποσοστά:



**Διάγραμμα 3.9 :** Εκτιμώμενο ποσοστό κατανάλωσης ανά όροφο

Παρατηρείται πως στο μεσοπάτωμα με 26% μερίδιο υπάρχει η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα κλιματιστικά σε αυτούς τους χώρους λειτουργούν όλο το 24ωρο, όπως επίσης συνεχώς λειτουργούν και οι server. Όσον αφορά τους server η κατανομή αυτή οφείλεται στο ότι έχει υπολογιστεί η κατανάλωση στο σημείο που λαμβάνει χώρα, γιατί δεν είναι εφικτό να επιμεριστεί στους ορόφους. Έπειτα στο ισόγειο με συμμετοχή 25% υφίσταται η αμέσως μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθούν ο τρίτος με 21%, ο δεύτερος όροφος με 15%, ο πρώτος με 12% και τέλος το δώμα με 1% το οποίο ουσιαστικά οφείλεται στο ηλεκτρικό φορτίο του κινητήρα του ανελκυστήρα.



## 3.6 Υπολογισμός Συντελεστή Θερμικής Περαιτότητας Κτιρίου

### 3.6.1 Μεθοδολογία Υπολογισμού

#### 3.6.1.1 Συνοπτική Παρουσίαση Υπολογιστικής Διαδικασίας

Με τη θερμομονωτική προστασία των δομικών στοιχείων των κτηριακών κατασκευών επιδιώκεται ο περιορισμός στο ελάχιστο δυνατό των ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και η επίτευξη ενός ευχάριστου εσωκλίματος στο εσωτερικό των κτιρίων με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, κατά μεν τη χειμερινή (ψυχρή) περίοδο περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, κατά δε τη θερινή (θερμή) περίοδο περιορίζεται η υπερθέρμανση λόγω θερμικών προσόδων από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ταυτόχρονα με τη θερμομονωτική προστασία των κτιρίων ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος εκδήλωσης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) και προστατεύονται οι κατασκευές από φαινόμενα υγρασίας εσωτερικού χώρου. Σε γενικότερο επίπεδο περιορίζεται η απαίτηση για κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια μειώνεται η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή αέριων ρύπων.

Η απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτηριακών κατασκευών που επιβάλει ο Κ.Εν.Α.Κ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση, αξιολογώντας την επάρκεια της θερμομονωτικής προστασίας του κτηρίου διττώς:

- Με τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας των επί μέρους δομικών στοιχείων. Για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{\text{εξετ}}$  αυτού του δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{\text{max}}$  που ορίζει ο κανονισμός, ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων.
- Με τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηριακού κελύφους στο σύνολό του. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του κτηρίου  $U_m$  να μην υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο κανονισμός για κάθε κτήριο  $U_{m_{\text{max}}}$  αυτού εντασσόμενου σε μια από τις κλιματικές ζώνες του ελλαδικού χώρου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας υπολογίζεται λαμβανομένου υπόψη του λόγου του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτηρίου (κατακόρυφων και οριζόντιων) προς τον όγκο του ( $A/V$ ).

#### Βασικές σχέσεις

Κατά απλοποιημένη παραδοχή η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρούνται επίσης ανεξάρτητες από τον χρόνο και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Ομοίως όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά

παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

όπου:  $R$  (m<sup>2</sup>K/W) η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,  
 $d$  (m) το πάχος της στρώσης  
 $\lambda$  (W/(m\*K)) ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_A = \sum \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum R_j \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

όπου:  $R_{o\lambda}$  (m<sup>2</sup>K/W) η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο  
 $n$  (-) το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,  
 $R_i$  (m<sup>2</sup>K/W) η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,  
 $R_a$  (m<sup>2</sup>K/W) η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U$ ) που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου  $\sigma$  σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_i + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

όπου  $R_\delta$  (m<sup>2</sup>K/W) η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν

επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος. Για τους υπολογισμούς στην παρούσα διπλωματική θεωρήθηκε  $R_{\delta} = 0$ .

Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης του στο κτίριο, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 για κάθε κλιματική ζώνη του Ελλαδικού χώρου. Ο νομός Αττικής όπου βρίσκεται το εξεταζόμενο κτίριο εντάσσεται στην Β κλιματική ζώνη. [11]

**Πίνακας 3.13 :** Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [11]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	$U_R$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	$U_T$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	$U_{FA}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	$U_{TU}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	$U_{TB}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	$U_{FU}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	$U_{FB}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	$U_W$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	$U_{GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Επίσης οι τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων αέρα εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου λαμβάνονται από τον πίνακα 3β της ίδιας τεχνικής οδηγίας, που παρουσιάζεται ακολούθως:

**Πίνακας 3.14 :** Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης [11]

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R <sub>i</sub>	1/R <sub>a</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>
		W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	(m <sup>2</sup> ·K)/W	(m <sup>2</sup> ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

### Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου  $U_m$  προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του  $U_m$  θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων. Ο  $U_m$  προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum A_j * U_j * b + \sum l_i * \Psi_i * b}{\sum A_j} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

όπου

$U_m$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου,

$n$  (-) το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,

$v$  (-) το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια, κάθε επιφάνειας  $A_j$  του κελύφους

$A_j$  ( $\text{m}^2$ ) το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει τα κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου,

$U_j$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου  $j$  του κελύφους του κτιρίου.

$l_j$  (m) το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίωλημα του κτιρίου,

$\Psi_j$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

$b$  (-) μειωτικός συντελεστής

### Μειωτικός συντελεστής b

Ο μειωτικός συντελεστής  $b$  προσαρμόζει τις υπολογισθείσες απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η κάθε ποσότητα  $A*U$  ορίζει τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου στη μονάδα του χρόνου και για διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού-εξωτερικού περιβάλλοντος  $1^\circ\text{C}$ . Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη. Οπότε με το συντελεστή  $b$  επιχειρείται η επαναφορά της σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα.

Ο συντελεστής  $b = 1$  σε επιφάνειες (οριζόντιες και κατακόρυφες) που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με όμορο κτίριο, αλλά και σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος

**Υπολογισμός A/V**

Ο ευρισκόμενος συντελεστής  $U_m$  συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο  $U_{m,max}$  από το λόγο A/V του πίνακα 7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 και πρέπει να ισχύει  $U_m \leq U_{m,max}$ .

**Πίνακας 3.15 :** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας [11]

Λόγος A/V [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Για τον υπολογισμό του εμβαδού A υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτιρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος, είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας, είτε με εξωτερική επιφάνεια άλλου κτιρίου είτε αυτό βρίσκεται εντός του ίδιου οικοπέδου είτε στο όμορο παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου.

Αντίστοιχα ο όγκος V είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες. Στο συνολικό όγκο συνυπολογίζονται οι χώροι που είναι θερμαινόμενοι.

**3.6.1.2 Διευκρινίσεις – Παρατηρήσεις**

Όλοι οι χώροι που βρίσκονται εντός του εξεταζόμενου κτιρίου θεωρήθηκαν θερμαινόμενοι για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Δηλαδή οι βοηθητικοί χώροι, το δώμα, οι τουαλέτες, το κλιμακοστάσιο, οι διάδρομοι και όλα τα γραφεία των εργαζομένων.

Μέρος της επιφάνειας της ανατολικής και δυτικής πλευράς του κτιρίου βρίσκεται σε επαφή με όμορα κτίρια.

Κατά τον υπολογισμό του ελέγχου θερμικής επάρκειας παραλήφθηκε ο υπολογισμός των θερμογεφυρών και θεωρήθηκε κατευθείαν ότι αυξάνουν τον μέσο συντελεστή κατά 0,1 όπως υποδεικνύεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

Υποτέθηκε επίσης πως οι πόρτες εισόδου στην πρόσοψη του κτιρίου, η πόρτα του δώματος και η πόρτα στην πίσω πλευρά του ισογείου αποτελούνται από σίδηρο με συντελεστή K θερμοπερατότητας  $U = 5,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Επίσης υποτέθηκε  $U = 4,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  για τα ξύλινα κουφώματα του κτιρίου.

### 3.6.2 Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας των Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων του Κτιρίου

Εξετάζεται ο κάθε τύπος δομικού στοιχείου ξεχωριστά. Πρώτα προσδιορίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για κάθε τύπο της πέτρινης τοιχοποιίας. Έπειτα υπολογίζονται με αντίστοιχη διαδικασία οι συντελεστές θερμοπερατότητας για την τοιχοποιία από οπτόπλινθους, τα δοκάρια, για το δάπεδο, την οροφή, την ταράτσα και το μπαλκόνι του τρίτου ορόφου.

Στους πίνακες κάθε δομικού στοιχείου δίνονται τα πάχη των δομικών υλικών, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους και υπολογίζοντας την θερμική αντίσταση, προσδιορίζεται έπειτα ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Στο τέλος ο συντελεστής που υπολογίστηκε συγκρίνεται με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που δίνεται από το ΤΕΕ ώστε να εξεταστεί αν το δομικό στοιχείο που εξετάζεται πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης.

Στον πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 δίδονται ενδεικτικές τιμές σχεδιασμού του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ δομικών υλικών.

#### Λίθινη τοιχοποιία πάχους 70 cm

**Πίνακας 3.16 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 70 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di) m	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi) w/(mK)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi) (m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,64	1,7	0,376
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	0,7		$R_{\lambda} = 0,445$

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 1,625 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 65 cm

**Πίνακας 3.17 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 65 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,59	1,7	0,347
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,65</b>		<b><math>R_{\lambda} = 0,416</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 1,706 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 63 cm

**Πίνακας 3.18 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 63 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)

Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,57	1,7	0,335
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,63</b>		$R_{\lambda} = \mathbf{0,404}$

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 1,741 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Λίθινη τοιχοποιία πάχους 61 cm

**Πίνακας 3.19 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 61 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di) m	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi) w/(mK)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi) (m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,55	1,7	0,324
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,61</b>		$R_{\lambda} = \mathbf{0,392}$

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :



$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 1,778 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 60 cm

**Πίνακας 3.20 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 60 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,54	1,7	0,318
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,6</b>		<b><math>R_\lambda = 0,387</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 1,797 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 56 cm

**Πίνακας 3.21 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 56 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,5	1,7	0,294
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,56</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,363</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,876 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 53 cm

**Πίνακας 3.22 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 53 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,47	1,7	0,276
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,53</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,345</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,940 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον *πίνακα 6* της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 50 cm

**Πίνακας 3.23 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 50 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,44	1,7	0,259
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,5</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,328</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,009 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον *πίνακα 6* της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 43 cm

**Πίνακας 3.24 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 43 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,37	1,7	0,218
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
<b>Σύνολο</b>	<b>0,43</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,287</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,190 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι U<sub>max</sub>= 0,5  $\frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 42 cm

**Πίνακας 3.25 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 42 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,36	1,7	0,212
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
<b>Σύνολο</b>	<b>0,42</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,281</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,219 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Λίθινη τοιχοποιία πάχους 36 cm

**Πίνακας 3.26 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 36 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,3	1,7	0,176
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
<b>Σύνολο</b>	<b>0,36</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,245</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,407 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 35 cm

**Πίνακας 3.27 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 35 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,29	1,7	0,171
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,35</b>		<b>R<sub>λ</sub> = 0,240</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,442 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 33 cm

**Πίνακας 3.28 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 33 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)

Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,27	1,7	0,159
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,33</b>		<b><math>R_{\lambda} = 0,228</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 2,514 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Λίθινη τοιχοποιία πάχους 27 cm

**Πίνακας 3.29 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 27 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di) m	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi) w/(mK)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi) (m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,21	1,7	0,124
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,27</b>		<b><math>R_{\lambda} = 0,192</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 2,759 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 25 cm

**Πίνακας 3.30 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 25 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di) m	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi) w/(mK)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi) (m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,19	1,7	0,112
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,25</b>		<b><math>R_\lambda = 0,181</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 2,851 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.



Λίθινη τοιχοποιία πάχους 22 cm

**Πίνακας 3.31 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 22 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,16	1,7	0,094
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,22</b>		<b>R<sub>λ</sub> = 0,163</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 3,002 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Λίθινη τοιχοποιία πάχους 15 cm

**Πίνακας 3.32 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής λίθινης τοιχοποιίας πάχους 15 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Λιθοδομή	0,09	1,7	0,053
Ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,034
Σύνολο	<b>0,15</b>		<b>R<sub>λ</sub> = 0,122</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 3,426 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

**Το επόμενο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι η οπτοπλινθοδομή με την οποία είναι κατασκευασμένος ο τρίτος και πιο νεόκτιστος όροφος του κτιρίου.** Υπάρχουν 5 διαφορετικοί τύποι οπτοπλινθοδομής, οι οποίες διαφέρουν ως προς το πάχος του κενού που υπάρχει μεταξύ των οπτόπλινθων. Στο κενό υπάρχει ατμοσφαιρικός αέρας, οποίος αυξάνει τη θερμομονωτική ικανότητα του δομικού στοιχείου. Σύμφωνα με τον πίνακα 4α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 η θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα πάχους 300mm για οριζόντια ροή είναι ίση με 0,18 (m<sup>2</sup>\*K)/W [11]. Για τους υπολογισμούς παρακάτω χρησιμοποιείται αυτή η τιμή της θερμικής αντίστασης για όλα τα πάχη διακένου αέρα.

#### Οπτοπλινθοδομή πάχους 30 cm

**Πίνακας 3.33 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 30 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Κενό αέρα	0,08		0,180
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,30</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,572</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,347 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Οπτοπλινθοδομή πάχους 28 cm

**Πίνακας 3.34 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 28 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Κενό αέρα	0,06		0,180
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b>Σύνολο</b>	<b>0,28</b>		<b><math>R_\lambda = 0,572</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,347 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Οπτοπλινθοδομή πάχους 25 cm

**Πίνακας 3.35 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 25 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Κενό αέρα	0,03		0,180
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,25</b>		<b><math>R_{\lambda} = 0,572</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 1,347 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Οπτοπλινθοδομή πάχους 22 cm

**Πίνακας 3.36 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 22 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,22</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,392</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,779 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Οπτοπλινθοδομή πάχους 20 cm

**Πίνακας 3.37 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 20 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	0,011
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	0,011
Σύνολο	<b>0,2</b>		<b>0,369</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 1,855 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Οπτοπλινθοδομή πάχους 15 cm

**Πίνακας 3.38 :** Υπολογισμός θερμ. αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή πάχους 15 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,04	0,87	0,046
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b>Σύνολο</b>	<b>0,15</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,242</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,427 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Εξωτερική τοιχοποιία πάχους 65 cm

**Πίνακας 3.39 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από σκυρόδεμα πάχους 65 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,61	2,3	0,265
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,65</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,311</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 2,078 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Εξωτερική τοιχοποιία πάχους 50 cm

**Πίνακας 3.40 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από σκυρόδεμα πάχους 50 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)

Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,46	2,3	0,200
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,5</b>		<b><math>R_{\lambda}=0,246</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 2,404 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

#### Εξωτερική τοιχοποιία πάχους 45 cm

**Πίνακας 3.41 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτ. τοιχοποιίας από σκυρόδεμα πάχους 45 cm

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,41	2,3	0,178
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,45</b>		<b><math>R_{\lambda}=0,224</math></b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :



$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 2,537 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Το επόμενο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι οι κρεμάσεις δοκών.

Κρεμάσεις δοκών πάχους 34 cm

**Πίνακας 3.42:** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης των κρεμάσεων δοκών

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λi)	Θερμ. Αντίσταση(di/λi)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,3	2,3	0,130
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,34</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,176</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 2,887 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,5 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Στη συνέχεια εξετάζονται η θερμομονωτική επάρκεια του δαπέδου του ισογείου, της οροφής, της βεράντας του τρίτου ορόφου, καθώς και της οροφής του δώματος.

Δάπεδο ισογείου πάχους 21 cm

**Πίνακας 3.43 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης δαπέδου ισογείου

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,17	2,3	0,074
Κεραμικά πλακίδια	0,02	1,84	0,011
<b>Σύνολο</b>	<b>0,21</b>		<b>R<sub>λ</sub>=0,108</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Θεωρείται ότι το δάπεδο έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,17 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,00 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_\lambda} = 3,600 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{max} = 0,9 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Οροφή (δάπεδο ταράτσας) πάχους 47 cm

**Πίνακας 3.44 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης οροφής (δαπέδου ταράτσας)

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4	0,007
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,34	2,3	0,148

Ασφαλτικά φύλλα	0,01	0,23	0,043
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,03	0,64	0,047
Εξηλασμένη Πολυστερίνη	0,06	0,031	1,935
Χυτό τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4	0,014
Σύνολο	<b>0,47</b>		$R_{\lambda} = 2,195$

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,10 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 0,428 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,45 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Δάπεδο μπαλκονιού τρίτου ορόφου πάχους 0,19 cm

**Πίνακας 3.45 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δαπέδου μπαλκονιού του τρίτου ορόφου

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di)	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι)
	m	w/(mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,15	2,3	0,065
Κεραμικά πλακίδια	0,02	1,84	0,011
Σύνολο	<b>0,19</b>		$R_{\lambda} = \mathbf{0,099}$

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,10 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 4,183 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,45 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Οροφή δώματος πάχους 0,15 cm

**Πίνακας 3.46 :** Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της οροφής του δώματος

Δομικό Στοιχείο	Πάχος στρώσης(di) m	Συν.θερμικής Αγωγιμότητας(λι) w/(mK)	Θερμ. Αντίσταση(di/λι) (m <sup>2</sup> K/W)
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμ.Σκυρόδεμα	0,11	2,3	0,048
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	<b>0,15</b>		$R_\lambda =$ <b>0,094</b>

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i (\text{εσωτερικά}) = 0,10 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a (\text{εξωτερικά}) = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με :

$$U = \frac{1}{R_i + R_\alpha + R_\lambda} = 4,277 \frac{W}{m^2K}$$

Από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) παρατηρείται πως η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για κτίρια της Ζώνης Β είναι  $U_{\max} = 0,45 \frac{W}{m^2K}$ .

Άρα το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

### 3.6.3 Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας των Διαφανών Δομικών Στοιχείων του Κτιρίου

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος ( $U_w$ ) μπορεί να υπολογιστεί είτε αναλυτικά, είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Στην περίπτωση του αναλυτικού υπολογισμού η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δύο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανόμενης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό.

Στην περίπτωση που ο μελετητής επιλέξει να χρησιμοποιήσει την τιμή θερμοπερατότητας του κουφώματος που δίνει ο κατασκευαστής του, θα πρέπει στη μελέτη να συνυποβάλει και το σχετικό πιστοποιητικό ελέγχου από διαπιστευμένο εργαστήριο βάσει του προτύπου προδιαγραφών του υλικού για σήμανση CE.

Στην περίπτωση που τα κουφώματα του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζουν όμοια γεωμετρικά και θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά με τα κουφώματα του πίνακα 10 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 τότε μπορεί να γίνει απευθείας χρήση των τιμών του, δηλαδή μπορεί η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κουφώματος μπορεί να ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 10. Στις τιμές του συγκεκριμένου πίνακα έχει ληφθεί υπόψη η παρατηρούμενη θερμογέφυρα που δημιουργείται στην επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο του κουφώματος. Στον πίνακα 10 δίνονται ενδεικτικά τιμές του συντελεστή  $U_w$  για διαφορετικούς τύπους κουφώματος συναρτήσει υλικού κατασκευής του πλαισίου (αλουμίνιο, συνθετικό, ξύλο) του τύπου του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός, με επικάλυψη από τη μία πλευρά ή από τις δύο), της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα.

Τα κουφώματα είναι από ξύλο και οι υαλοπίνακες είναι διπλού τύπου με διάκενο αέρα 6mm χρονολογίας 2001.

#### **1<sup>ος</sup> τρόπος υπολογισμού**

Με βάση τον πίνακα 12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 που δίνεται πιο κάτω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων είναι ίσος με 3,3.

Πίνακας 3.47: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων [11]

Υάλωση			$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-20-4	1,6	1,4	1,4
			4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 3.48 : Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [11]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	$U_R$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	$U_T$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	$U_{FA}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	$U_{TU}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	$U_{TB}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	$U_{FU}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	$U_{FB}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	$U_W$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	$U_{GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Το ανώτατο όριο με βάση τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 για το κτίριο της ζώνης Β είναι  $U_{Wmax} = 3,00$  W/(m<sup>2</sup>K). Συμπεραίνεται λοιπόν πως το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

## 2<sup>ος</sup> τρόπος υπολογισμού

Αρχικά από τον πίνακα 11 της ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 προσδιορίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου ίσος με  $U_f = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , επειδή τα πλαίσια είναι από σκληρή ξυλεία μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5 cm.

**Πίνακας 3.49 :** Συντελεστές θερμοπερατότητας πλαισίων [11]

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]
Μεταλλικό πλαίσιο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0-2,0
Ξύλινο πλαίσιο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5

Στη συνέχεια προσδιορίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα από τον πίνακα 12 της ίδιας οδηγίας ίσος με  $3,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Οπότε τέλος από τον πίνακα 10α προσδιορίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_w$  θεωρώντας ποσοστό πλαισίου 33%.

Πίνακας 3.50 : Συντελεστής θερμοπ/τας δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,23m X 1,48m [11]

	$U_r$ W/(m <sup>2</sup> K)	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		$U_a$ W/(m <sup>2</sup> K)								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαisiού= 26%  ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 7,5cm	2,8	3,59	3,44	3,21	3,21	3,05	2,76	2,46	2,16	1,86
	2,6	3,53	3,39	3,16	3,15	3,00	2,70	2,41	2,11	1,81
	2,4	3,48	3,33	3,11	3,10	2,95	2,65	2,36	2,06	1,76
	2,2	3,43	3,28	3,06	3,05	2,90	2,60	2,30	2,01	1,71
	2,0	3,38	3,23	3,01	3,00	2,85	2,55	2,25	1,96	1,66
	1,8	3,33	3,18	2,96	2,95	2,80	2,50	2,20	1,90	1,61
	1,6	3,28	3,13	2,91	2,90	2,75	2,45	2,15	1,85	1,56
	1,4	3,23	3,08	2,86	2,84	2,70	2,40	2,10	1,80	1,50
	1,2	3,18	3,03	2,80	2,79	2,64	2,35	2,05	1,75	1,45
1,0	3,13	2,98	2,75	2,74	2,59	2,30	2,00	1,70	1,40	
ποσοστό πλαisiού= 33%  ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 10cm	2,8	3,57	3,44	3,24	3,25	3,11	2,85	2,58	2,31	2,05
	2,6	3,50	3,37	3,17	3,18	3,05	2,78	2,51	2,25	1,98
	2,4	3,44	3,30	3,10	3,12	2,98	2,71	2,45	2,18	1,91
	2,2	3,37	3,24	3,04	3,05	2,92	2,65	2,38	2,11	1,85
	2,0	3,30	3,17	2,97	2,98	2,85	2,58	2,31	2,05	1,78
	1,8	3,24	3,10	2,90	2,92	2,78	2,52	2,25	1,98	1,71
	1,6	3,17	3,04	2,84	2,85	2,72	2,45	2,18	1,91	1,65
	1,4	3,10	2,97	2,77	2,78	2,65	2,38	2,12	1,85	1,58
	1,2	3,04	2,90	2,70	2,72	2,58	2,32	2,05	1,78	1,51
1,0	2,97	2,84	2,64	2,65	2,52	2,25	1,98	1,72	1,45	
ποσοστό πλαisiού= 41%  ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 12,5cm	2,8	3,56	3,44	3,26	3,30	3,18	2,94	2,70	2,46	2,23
	2,6	3,48	3,36	3,18	3,22	3,10	2,86	2,62	2,38	2,15
	2,4	3,40	3,28	3,10	3,14	3,02	2,78	2,54	2,30	2,06
	2,2	3,32	3,20	3,02	3,05	2,94	2,70	2,46	2,22	1,98
	2,0	3,24	3,12	2,94	2,97	2,85	2,62	2,38	2,14	1,90
	1,8	3,15	3,04	2,86	2,89	2,77	2,54	2,30	2,06	1,82
	1,6	3,07	2,95	2,78	2,81	2,69	2,45	2,22	1,98	1,74
	1,4	2,99	2,87	2,69	2,73	2,61	2,37	2,14	1,90	1,66
	1,2	2,91	2,79	2,61	2,65	2,53	2,29	2,05	1,82	1,58
1,0	2,83	2,71	2,53	2,57	2,45	2,21	1,97	1,74	1,50	

Από τον παραπάνω πίνακα ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος προκύπτει ότι είναι ίσος με 3,44 W/(m<sup>2</sup>K). Το ανώτατο όριο με βάση τον πίνακα 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 για το κτίριο της ζώνης Β είναι  $U_{wmax} = 3,00$  W/(m<sup>2</sup>K). (\*Θεωρήθηκε ότι τα κουφώματα είναι διαστάσεων 1,23m x 1,48m\*). Συμπεραίνεται λοιπόν πως το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δε πληροί τις προδιαγραφές.



### 3.6.4 Υπολογισμός του Μέσου Συντελεστή Θερμοπερατότητας $U_m$ του Κτιρίου

Αρχικά υπολογίζονται αναλυτικά όλες οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, οριζόντιες και κάθετες. Ο υπολογισμός των επιφανειών κατηγοριοποιείται με βάση το είδος του δομικού στοιχείου.

Για την πρόσοψη προς την οδό Ξενοφώντος:

Συνολική επιφάνεια όψης =  $335,90 \text{ m}^2$

Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων =  $67,72 \text{ m}^2$  εκ των οποίων:

Επιφάνεια υαλοπινάκων =  $38,30 \text{ m}^2$

Επιφάνεια κουφωμάτων =  $19,15 \text{ m}^2$

Επιφάνεια θυρών εισόδου =  $10,27 \text{ m}^2$

Συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας =  $268,28 \text{ m}^2$  εκ των οποίων:

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 65cm =  $128,29 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 60cm =  $80,92 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 25cm =  $46,67 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 20cm =  $12,40 \text{ m}^2$

Για την δυτική όψη:

Συνολική επιφάνεια όψης =  $366,18 \text{ m}^2$

Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων =  $39,25 \text{ m}^2$  εκ των οποίων:

Επιφάνεια υαλοπινάκων =  $24,76 \text{ m}^2$

Επιφάνεια κουφωμάτων =  $12,39 \text{ m}^2$

Σιδερένια πόρτα δώματος =  $2,10 \text{ m}^2$

Συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας =  $326,93 \text{ m}^2$  εκ των οποίων:

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 70cm =  $7,99 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 61cm =  $16,38 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 60cm =  $107,35 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 43cm =  $60,40 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 42cm =  $40,64 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 30cm =  $26,79 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 25cm = 34,75 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 22cm = 32,66 m<sup>2</sup>

Για την πίσω όψη:

Συνολική επιφάνεια όψης = 296,80 m<sup>2</sup>

Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων = 48,92 m<sup>2</sup> εκ των οποίων:

Επιφάνεια υαλοπινάκων = 30,64 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια κουφωμάτων = 15,32 m<sup>2</sup>

Σιδερένια πόρτα ισογείου = 2,95 m<sup>2</sup>

Συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας = 247,88 m<sup>2</sup> εκ των οποίων:

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 60cm = 123,31 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 56cm = 5,42 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 53cm = 21,21 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 50cm = 21,21 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από σκυρόδεμα πάχους 45cm = 14,73 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 30cm = 40,16 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 20cm = 13,44 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 15cm = 8,40 m<sup>2</sup>

Για την ανατολική όψη:

Συνολική επιφάνεια όψης = 465,00 m<sup>2</sup>

Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων = 32,07 m<sup>2</sup> εκ των οποίων:

Επιφάνεια υαλοπινάκων = 18,18 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια κουφωμάτων = 9,09 m<sup>2</sup>

Πλαίσιο από αλουμίνιο = 4,80 m<sup>2</sup>

Συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας = 432,93 m<sup>2</sup> εκ των οποίων:

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 65cm = 11,54m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 63cm = 25,65 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 50cm = 25,53 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 36cm = 46,65 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 35cm = 67,61 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 33cm = 39,35 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 27cm = 64,00 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 25cm = 23,70 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 22cm = 5,70 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από ασβεστόλιθο πάχους 15cm = 26,81 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από σκυρόδεμα πάχους 65cm = 3,88 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από σκυρόδεμα πάχους 50cm = 8,14 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 28cm = 41,25 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 22cm = 35,06 m<sup>2</sup>

Επιφάνεια τοιχίων από οπτόπλινθους πάχους 15cm = 8,04 m<sup>2</sup>

Για τις οριζόντιες επιφάνειες:

Οι οριζόντιες επιφάνειες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι το δάπεδο του ισόγειου (385m<sup>2</sup>), το μπαλκόνι του τρίτου ορόφου (46,43 m<sup>2</sup>), η οροφή του δώματος (37 m<sup>2</sup>), καθώς επίσης και η ταράτσα (285,10 m<sup>2</sup>), δηλαδή η οροφή του τρίτου ορόφου που έρχεται σε επαφή εξωτερικά με το περιβάλλον.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται συγκεντρωτικά όλα τα δομικά στοιχεία, οι επιφάνειες αυτών, καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του αντίστοιχου δομικού στοιχείου. Τέλος η τέταρτη στήλη απεικονίζει το γινόμενο  $A_j \cdot U_j$  που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας.

**Πίνακας 3.51 : Θερμομόνωση περιβλήματος**

Δομικό στοιχείο	Πάχος (cm)	Επιφάνεια $A_j$ (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_j$ (W/m <sup>2</sup> K)	$A_j \cdot U_j$
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>				
	70	28,58	<b>1,63</b>	46,44
	65	128,29	<b>1,71</b>	218,86
	63	38,96	<b>1,74</b>	67,84
	61	10,75	<b>1,78</b>	19,12
	60	284,11	<b>1,80</b>	510,54
	56	9,17	<b>1,88</b>	17,21

	53	11,18	<b>1,94</b>	21,69
	50	57,03	<b>2,01</b>	114,58
	43	108,36	<b>2,19</b>	237,30
	42	42,08	<b>2,22</b>	93,38
	36	46,17	<b>2,41</b>	111,14
	35	69,73	<b>2,44</b>	170,29
	33	39,91	<b>2,51</b>	100,33
	27	64,01	<b>2,76</b>	176,60
	25	21,61	<b>2,85</b>	61,60
	22	5,71	<b>3,01</b>	17,15
	15	8,32	<b>3,43</b>	28,50
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>				
	65	6,37	2,08	13,24
	50	6,39	2,40	15,35
	45	16,47	2,54	41,77
	30	69,49	1,35	93,81
	28	41,25	1,35	55,70
	25	92,78	1,35	125,25
	22	27,52	1,78	48,96
	20	27,52	1,86	51,06
	15	30,00	2,43	72,81
<i>Ξύλινα κουφώματα</i>		<b>55,94</b>	4,65	260,13
<i>Γαλοπίνακες</i>		111,88	3,30	369,21
<i>Πλαίσιο από αλουμίνιο</i>		4,80	5,81	27,89
<i>Σιδερένιες πόρτες</i>		5,05	5,81	29,35
<i>Σιδερένιες πόρτες εισόδου</i>		10,28	5,81	59,70
<i>Δάπεδο ισογείου</i>		385,00	3,60	1386,03
<i>Ταράτσα</i>		285,08	0,43	122,09
<i>Μπαλκόνι τρίτου</i>		46,43	4,18	194,20
<i>Οροφή δώματος</i>		37,00	4,28	158,25
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>2233,22</b>		<b>5137,34</b>

Με τη βοήθεια του παραπάνω πίνακα υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας:

$$U_m = \frac{\sum A_j * U_j * b}{\sum A_j} = \frac{5137,34}{2233,22} = 2,30 \frac{W}{m^2 K}$$

Τώρα πρέπει να βρεθεί η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή για το συγκεκριμένο κτίριο. Με τη βοήθεια του πίνακα 7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 (Πίνακας 3.15 της παρούσας διπλωματικής εργασίας) και αφού προσδιοριστεί ο λόγος A/V βρίσκεται η μέγιστη τιμή του μέσου συντελεστή.

Προηγουμένως έχει υπολογιστεί η συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου ίση με  $2233,22 \text{ m}^2$ . Ο συνολικός όγκος που περικλείεται από τις επιφάνειες αυτές έχει υπολογιστεί στο κεφάλαιο 3 και είναι ίσος με  $V = 5834,91 \text{ m}^3$ . Οπότε ο λόγος ισούται με

$$\frac{A}{V} = \frac{2233,22}{5834,91} = 0,38 \text{ m}^{-1}$$

Με τη βοήθεια της γραμμικής παρεμβολής και δεδομένου πως το κτίριο ανήκει στη Β κλιματική ζώνη ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται πως είναι ίσος με  $U_{m,max} = 1,042 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$ .

### 3.6.5 Συμπεράσματα

Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα πως η ευρισκόμενη τιμή του συντελεστή είναι πολύ μεγαλύτερη από το επιτρεπόμενο όριο. Οπότε το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

Το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, αφού εκτός από τον οροφή του τρίτου ορόφου, κανένα άλλο δομικό στοιχείο δεν έχει μόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της συγκεκριμένης οροφής είναι οριακά εντός ορίων. Το κτίριο έχει κατασκευαστεί πριν τη δημοσίευση του κανονισμού θερμομόνωσης που πραγματοποιήθηκε το 1979.

Να σημειωθεί πως λόγω νεοκλασικότητας του κτιρίου, οι εργασίες μόνωσης που επιτρέπεται να γίνουν εσωτερικά και εξωτερικά είναι περιορισμένες. Χρειάζεται να γίνει μελέτη της νομοθεσίας που αφορά τις επιτρεπόμενες εργασίες επί των νεοκλασικών κτιρίων και σημαντικές πληροφορίες δίνονται στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.



## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>**

### ***Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό***





## 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται αρχικά η παρουσίαση του καταγραφικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης στο κτίριο. Έπειτα παρουσιάζονται οι μετρήσεις από κάθε μετρητικό όργανο και πραγματοποιείται ανάλυση αυτών των μετρήσεων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Επίσης δίνονται οι ορισμοί των εκάστοτε παραμέτρων και αποσαφηνίζονται κάποιες επιστημονικές έννοιες με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση των μετρήσεων. Η ολοκληρωμένη ενεργειακή επιθεώρηση απαιτεί την διεξαγωγή θερμογράφησης του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου, την μέτρηση και ανάλυση των καυσαερίων του λέβητα, καθώς και την τοποθέτηση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας στον ηλεκτρικό πίνακα του κτιρίου.

Με τη **θερμογράφιση**, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας, ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κτιρίου, ανακαλύπτονται ατέλειες στο σχεδιασμό του κτιρίου που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι, όπως ασυνέχειες στη μόνωση, θερμογέφυρες (σημεία διαφυγής θερμότητας), σημεία συσσώρευσης υγρασίας ή διείσδυσης αέρα κ.α. Κατά αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ευκολότερη η ερμηνεία των θερμοκρασιακών διαφορών σε σημεία που βάσει σχεδιασμού δεν είναι δικαιολογημένη η εμφάνισή τους και διευκολύνεται η αντιμετώπιση του προβλήματος ανάλογα την περίπτωση. (Η θερμογραφία βασίζεται στην ανίχνευση των διαφορετικών θερμοκρασιών των διαφόρων δομικών υλικών με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους.)

Με την **ανάλυση των καυσαερίων του λέβητα** ελέγχεται η ποιότητα της λειτουργίας του λέβητα. Η ανάλυση πραγματοποιείται με τη χρήση αναλυτή καυσαερίων, ο οποίος μπορεί να καταγράψει διάφορες παραμέτρους όπως τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και των καυσαερίων, την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_x$ , όπως και να μετρά την απόδοση του λέβητα. Χρησιμοποιείται ακόμα ειδική τρόμπα που μετρά το δείκτη αιθάλης της καύσης. Επομένως στη συνέχεια εξετάζεται αν οι τιμές αυτών των μετρούμενων μεγεθών είναι εντός ή εκτός ορίων, όπως αυτά τα όρια ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ και συμπεραίνεται ο βαθμός ποιότητας της λειτουργίας του καυστήρα και του λέβητα.

Με την τοποθέτηση **αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας** στο γενικό πίνακα του κτιρίου είναι δυνατή η καταγραφή, ακόμα και για συνεχόμενη περίοδο δύο μηνών, ηλεκτρικών μεγεθών όπως της τάσης, του ρεύματος, της ισχύος, του συντελεστή ισχύος κ.α και για τις τρεις φάσεις. Από την ανάλυση σε επόμενο στάδιο αυτών των μεγεθών συμπεραίνεται για παράδειγμα το μέγεθος του φορτίου βάσης, του μέγιστου φορτίου της εγκατάστασης, η ισοκατανομή των φορτίων στις τρεις φάσεις. Ακόμα από τη μορφή των καμπυλών μπορούν να εντοπιστούν προβλήματα στην εγκατάσταση, όπως κακή λειτουργία κάποιων ηλεκτρικών συσκευών. Τέλος από τη μορφή και μέγεθος των καμπυλών είναι δυνατό να εξαχθούν αποτελέσματα για τις ώρες λειτουργίας των φορτίων της εγκατάστασης και έπειτα να συγκριθούν με τη εκτιμώμενη προσομοίωση που γίνεται από τον ενεργειακό επιθεωρητή και με την επίσημη καταγραφή ενέργειας σε KWh των τιμολογίων του προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας.

## 4.2 Παρουσίαση των Οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την Ενεργειακή Επιθεώρηση

### 4.2.1 Θερμοκάμερα

Για τη θερμογράφιση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοκάμερες: οι Flir b40 και Flir b50.



Εικόνα 4.1 : Θερμοκάμερα Flir b50 [12]

Βασικά χαρακτηριστικά της κάμερας b50 είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ανάλυση υπέρυθρης φωτογραφίας 280\*280 pixels.
- ✓ 3 μορφές εικόνων: Υπέρυθρες, Ψηφιακές, Υπέρυθρες μέσα σε ψηφιακές
- ✓ Βάρος: 600g.
- ✓ Σκόπευση με laser.
- ✓ Δυνατότητα απευθείας αντιγραφής σε
- ✓ Μίξη εικόνας (τριπλή λειτουργία) και εικόνα μέσα σε εικόνα.
- ✓ Μπαταρία λιθίου διάρκειας 5 ωρών.
- ✓ Κατάλογος 21 γλωσσών.
- ✓ Συναγερμός μόνωσης και σημείου δρόσου.
- ✓ Μεγάλο εύρος θερμοκρασίας από -20 °C έως +120 °C.
- ✓ Σφάλμα ακρίβειας ±2%.
- ✓ Micro SD κάρτα μνήμης για αποθήκευση έως και 2000 JPEG εικόνες.
- ✓ Διαθέσιμο λογισμικό πρόγραμμα για ανάλυση και επεξεργασία κάθε εικόνας.

Το μοντέλο b40 έχει παρόμοιες ιδιότητες, μόνο που το μοντέλο b50 διαθέτει ακτίνα laser που διευκολύνει την καλύτερη οπτική στόχευση του αντικειμένου και έχει επίσης καλύτερη ανάλυση. Η θερμογράφιση πραγματοποιήθηκε δύο φορές. Τη δεύτερη φορά εστιάστηκε περισσότερο στα σημεία εκείνα που κατά τη διάρκεια της πρώτης θερμογράφισης εντοπίστηκαν πιθανά προβλήματα στη θερμομόνωση του κτιρίου.

### Επεξεργασία των εικόνων με λογισμικό

Οι υπέρυθρες εικόνες αμέσως μετά τη λήψη τους υπάρχει η δυνατότητα να αποθηκευτούν σε εξωτερική μονάδα αποθήκευσης. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του λογισμικού Flir QuickReport

της Flir Systems οι εικόνες μπορούν να επεξεργαστούν με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Πιο συγκεκριμένα το λογισμικό επιτρέπει την επεξεργασία εικόνων, δημιουργία ισόθερμων, προσδιορισμός θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, αλλαγή της χρωματικής παλέτας κ.ά.

Κατά την επεξεργασία των θερμογραφήματων στο πρόγραμμα πρέπει να οριστούν κατάλληλα κάποιες παράμετροι με σκοπό την επίτευξη μετρήσεων με πιο μεγάλη ακρίβεια:

- Συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου
- Φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης
- Απόσταση του αντικειμένου
- Σχετική Υγρασία
- Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας

Ο συντελεστής εκπομπής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το αντικείμενο σε σχέση με εκείνη ενός ιδανικού σώματος (το λεγόμενο μέλαν σώμα) στην ίδια θερμοκρασία.

Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και καταλήγει στη θερμοκάμερα. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση που ο συντελεστής εκπομπής είναι χαμηλός και η θερμοκρασία του αντικειμένου διαφέρει κατά πολύ από τη φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, ο ακριβής ορισμός της φαινόμενης θερμοκρασίας ανάκλασης καθίσταται ακόμα πιο σημαντικός.

Επίσης για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο ακριβή μέτρηση πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ακόλουθοι παράμετροι τη στιγμή της θερμογράφησης: Η απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης εστίασης, να γίνει σωστή επιλογή θερμοκρασιακής κλίμακας και να υπάρχει ακριβής εστίαση.

#### **4.2.2 Αναλυτής Καυσαερίων και Ειδική Τρόμπα Δείκτη Αιθάλης**

Για την πραγματοποίηση μέτρησης της απόδοσης του λέβητα του κτιρίου του ΣΕΒ χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS.



Εικόνα 4.2: Αναλυτής καυσαερίων και ακροφύσιο δειγματοληψίας [13]

Πριν την εισαγωγή του ακροφυσίου στην καμινάδα, είναι απαραίτητο ο αναλυτής καυσαερίων να αυτορυθμιστεί (calibration) για 3 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ύστερα ρυθμίζεται το στοπ βάθους στο σημείο εκείνο που επιτρέπει την είσοδο του ακροφυσίου μέχρι τη μέση περίπου της διατομής της καμινάδας.

Έπειτα εισάγεται το ακροφύσιο και στην οθόνη του αναλυτή εμφανίζονται οι στιγμιαίες τιμές των παρακάτω μεγεθών  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NOx$ , περίσσεια αέρα, βαθμός απόδοσης και υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης στη μνήμη του αναλυτή των μετρήσεων αυτών.

Ακόμα χρησιμοποιήθηκε ειδική «τρόμπα» για τη μέτρηση του δείκτη αιθάλης. Με τη συγκεκριμένη τρόμπα απορροφάται σε ειδικό χαρτί μέρος των καυσαερίων το οποίο ανάλογα με την απόχρωση που εμφανίζεται στο χαρτί μας παραπέμπει στον κατάλληλο δείκτη της κλίμακας Brigon.



Εικόνα 4.3 : Ειδική τρόμπα για μέτρηση του δείκτη αιθάλης[14]

### 4.2.3 Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών, όπως είναι η ένταση του ρεύματος, η τάση, η ενεργός και άεργος ισχύς, ο συντελεστής ισχύος και άλλες σημαντικές παράμετροι. Στη παρούσα διπλωματική εργασία

χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος ή ενέργειας τριών φάσεων FLUKE 1735 που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 4.4 :** Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 και οι ακροδέκτες μέτρησης τάσης και ρεύματος[15]

Το ειδικό αυτό όργανο περιλαμβάνει 4 ελαστικά καλώδια τάσης, λογισμικό καταγραφής, τους οδηγούς και τους συνδέσμους τάσης, 4 ελαστικά καλώδια ρεύματος, ένα σύνολο χρωμάτων για την εύκολη ταυτοποίηση και εντοπισμό, καλώδιο σύνδεσης με Η/Υ, και αντάπτορα ac καμπύλης. Έχει μεγάλη μνήμη, ώστε να μπορεί να παρακολουθήσει δεδομένα έως 45 μέρες, ανάλογα με τη συχνότητα λήψης δεδομένων στην οποία θα ρυθμιστεί, έτσι ώστε να είναι εφικτός ο εντοπισμός διαφόρων δύσκολων προβλημάτων.

Μπορεί να υπολογίσει ενεργές τιμές τάσης, ρεύματος, τις γωνίες των φάσεων, THD για ρεύματα και τάσεις, αρμονικές ως και την 50ή, ενεργό και άεργο ισχύ και ενέργεια, συντελεστή ισχύος και άλλα. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη μετρήσεις υφίστανται επεξεργασία με το λογισμικό πακέτο FLUKE Power Log 2.9 Software. Από τα αποτελέσματα αυτά, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δημιουργούνται γραφήματα που βοηθούν στην αξιολόγηση του συστήματος και τον εντοπισμό ανεπιθύμητων φαινομένων.

## 4.3 Παρουσίαση μετρήσεων

### 4.3.1 Θερμογράφηση

#### 4.3.1.1 Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας μιας Θερμοκάμερας

Το βασικό εργαλείο για τη θερμογράφηση ενός κτιρίου, μιας μηχανολογικής ή ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι η θερμοκάμερα, η οποία πρακτικά απεικονίζει τη διαφορά στη θερμοκρασία των σωμάτων με τρόπο ώστε να γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι, χάρη στη χρήση μιας παλέτας χρωμάτων, σε καθένα από τα οποία αντιστοιχεί διαφορετική θερμοκρασία. Στην ουσία, μετατρέπει κάτι αόρατο, όπως είναι θερμοκρασία ενός αντικειμένου, σε κάτι ορατό και, χάρη

στο κατάλληλο λογισμικό, επιτρέπει και την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών.

Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή που σχηματίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας υπέρυθρη ακτινοβολία με τον ίδιο τρόπο που μία κοινή φωτογραφική μηχανή απαθανατίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας το ορατό φως. Αντίθετα με τις κοινές κάμερες που λειτουργούν σε εύρος κυμάτων από 450-750 nm, οι θερμοκάμερες λειτουργούν σε περιοχές μέχρι και 14μm. Για αυτό το λόγο, άλλωστε, και το κόστος τους είναι αρκετά υψηλότερο από τις συμβατικές φωτογραφικές κάμερες.

Επιγραμματικά, η λειτουργία της θερμοκάμερας συνίσταται στη μέτρηση και απεικόνιση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα αντικείμενο συναρτήσει της επιφανειακής θερμοκρασίας του. Κατά αυτόν τον τρόπο, είναι εφικτός ο προσδιορισμός θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μέχρι και της τάξεως του 0,1 Kelvin και ως εκ τούτου η ακριβής απεικόνιση της κατανομής θερμοκρασιών σε οποιαδήποτε επιφάνεια.

Η λήψη σωστών θερμοφωτογραφιών προϋποθέτει την τήρηση κάποιων βασικών κανόνων τόσο ως προς τις συνθήκες θερμογράφησης όσο και ως προς τον τρόπο λήψης τους.

#### **4.3.1.2 Ρύθμιση Παραγόντων κατά τη Διαδικασία Λήψης Φωτογραφιών**

Κατά τη λήψη των θερμοφωτογραφιών λόγω του ότι η θερμοκρασία που φτάνει στην θερμοκάμερα προέρχεται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες (εκπομπή το ίδιο το αντικείμενο, εκπομπή μέσω ανάκλασης από το περιβάλλον και εκπομπή από την ατμόσφαιρα) είναι απαραίτητη η ρύθμιση κάποιων βασικών παραγόντων όπως:

- Ο συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου που μελετάται (emissivity) ο οποίος εκφράζει την ποσότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από ένα αντικείμενο ως προς την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό και είναι ένας πραγματικός αριθμός μεταξύ 0-1. Συγκεκριμένα, για τα βασικά δομικά υλικά κυμαίνεται από 0,75 (τούβλο) μέχρι 0,97 (σκυρόδεμα). Ο σωστός καθορισμός του συντελεστή εκπομπής είναι καθοριστικής σημασίας στη λήψη έγκυρων μετρήσεων.

- Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, η οποία αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και επιστρέφει στην κάμερα. Για αυτό το λόγο, στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε μια φορητή επιφάνεια αναφοράς, από την οποία καθορίζεται μέσω κατάλληλου λογισμικού στη μετέπειτα επεξεργασία των μετρήσεων η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης.

- Η απόσταση της θερμοκάμερας από το αντικείμενο λήψης.

- Η σχετική υγρασία.

- Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

#### **4.3.1.3 Ιδανικές Συνθήκες Θερμογράφησης**

Για όσο το δυνατόν καλύτερες λήψεις είναι θεμιτό να τηρούνται κάποιοι άτυποι κανόνες κατά τη θερμογράφηση ενός κτιρίου:

- Η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με την θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να είναι τουλάχιστον +10 °C αρκετές ώρες πριν τη διενέργεια της θερμογράφησης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι ευκολότερο τους χειμερινούς μήνες ή γενικότερα σε περιόδους που η πτώση θερμοκρασίας επιβάλλει τη χρήση θέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου.

- Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλλει περισσότερο από το 30% της διαφοράς εσωτερικού και εξωτερικού χώρου ενώ και η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να μην αποκλίνει περισσότερο από 2 °C. Απαιτείται δηλαδή σταθερότητα στις θερμοκρασίες τόσο στους εσωτερικούς χώρους όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον όσο διεξάγονται οι μετρήσεις.

- Είναι προτιμότερο στις θερμοφωτογραφίες εξωτερικών χώρων να μην απεικονίζεται τμήμα του ουρανού καθώς αυτό διευρύνει το θερμοκρασιακό εύρος των εικόνων και αλλοιώνει την ακρίβεια των μετρήσεων. Η ίδια ακριβώς λογική ισχύει για τους εσωτερικούς χώρους όταν υπάρχουν θερμές πηγές (θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά) σε λειτουργία.

- Για αρκετές ώρες πριν την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα είναι σε εξέλιξη, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό το λόγο οι πρώτες πρωινές ώρες (7:00- 10:00) είναι ιδανικότερες

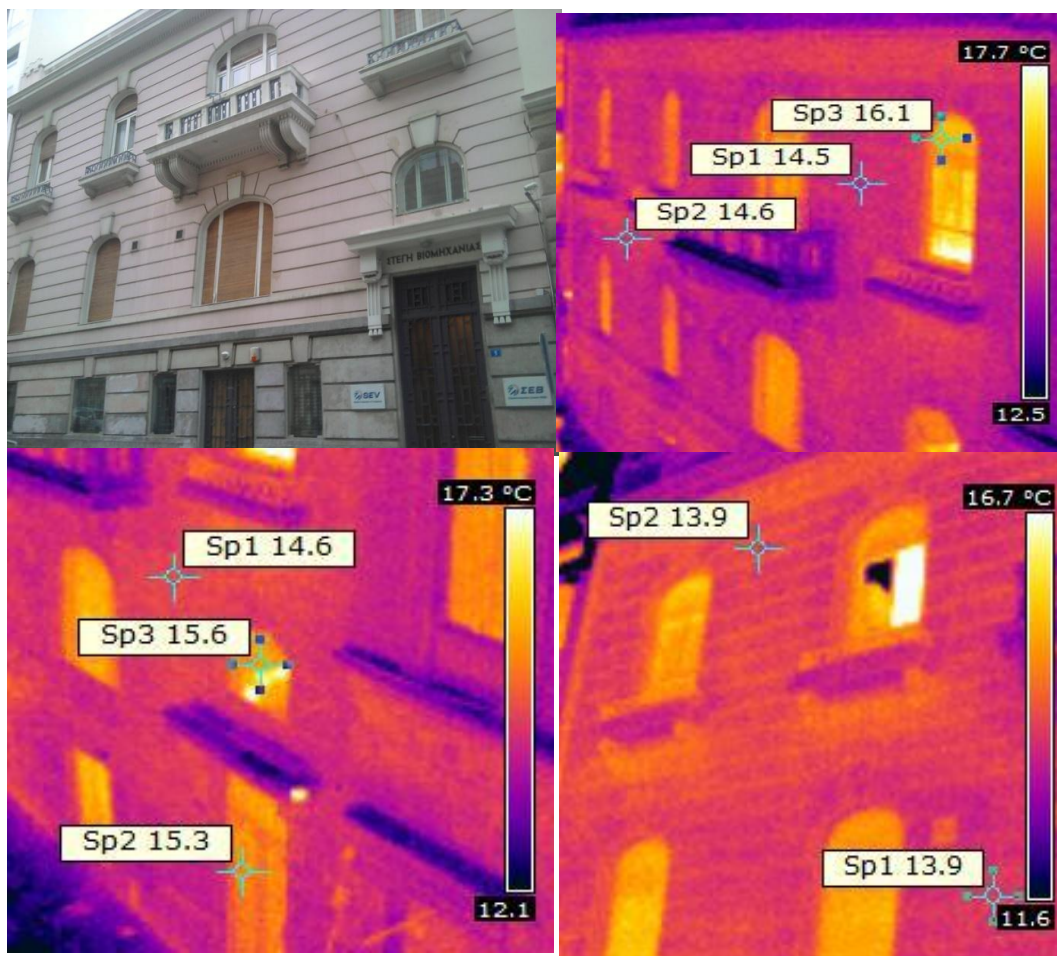
- Ιδανικά, για τον εντοπισμό διαρροών αέρα στο κτίριο, απαιτείται αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής περίπου 10-50 Pa.

#### 4.3.1.4 Εξωτερική Θερμογράφηση

Η πρώτη επίσκεψη στο κτίριο για την θερμογράφηση πραγματοποιήθηκε στις 29 Ιανουαρίου 2013 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 7-11 βαθμούς κελσίου, εσωτερική θερμοκρασία 22-25 βαθμούς κελσίου και υγρασία 52%.

Η δεύτερη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε στις 19 Μαρτίου 2013, κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 9-13 βαθμούς κελσίου, εσωτερική θερμοκρασία 22-25 βαθμούς κελσίου και υγρασία 51%.

Επειδή η θερμογράφηση έγινε πρωινές ώρες όπου ο ήλιος δεν είχε φωτίσει ακόμα την επιφάνεια του κτιρίου, ακόμα τις προηγούμενες μέρες δεν υπήρξαν φαινόμενα βροχής και η εσωτερική θερμοκρασία από την εξωτερική είχε τουλάχιστον 10 βαθμούς κελσίου διαφορά, οι συνθήκες ήταν ιδανικές έτσι ώστε να εντοπιστούν τα προβλήματα στη μόνωση του κτιρίου. Πιο κάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι υπέρυθρες φωτογραφίες που ελήφθησαν. Μαζί με τις υπέρυθρες παρατίθενται και οι αντίστοιχες ψηφιακές που διευκολύνουν στην κατανόηση της ανάλυσης.



Εικόνα 4.5 : Φωτογραφίες της πρόσοψης του κτιρίου (Βόρεια Πλευρά)

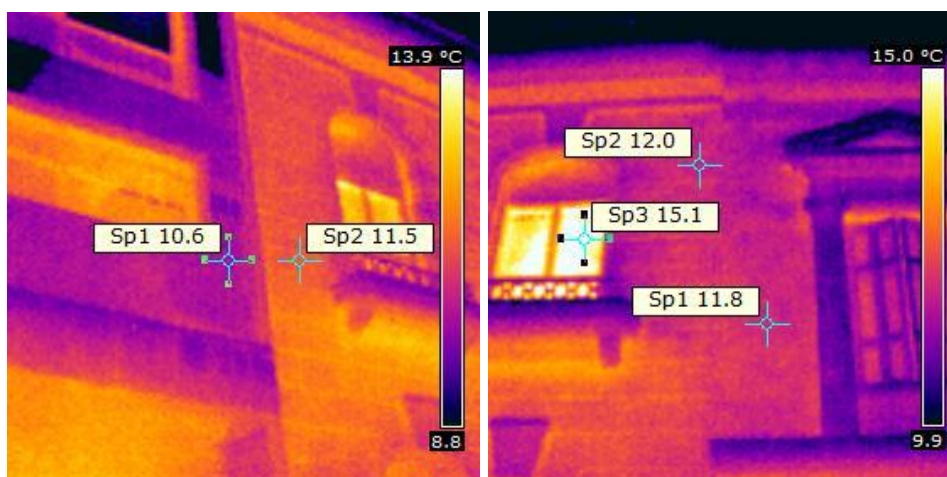
**Σχολιασμός:** Στη πάνω υπέρυθρη φωτογραφία απεικονίζεται ο τοίχος της πρόσοψης που βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του κτιρίου. Ο τοίχος είναι λίθινος πάχους 65 εκατοστών. Στις δύο κάτω φωτογραφίες διακρίνεται ένα μέρος του συγκεκριμένου τοίχου. **Δε παρατηρείται μεταξύ οποιονδήποτε σημείων του τοίχου διαφορά θερμοκρασίας μεγαλύτερη του 1°C.** Άρα δεν εντοπίζεται κάποιο πρόβλημα πχ υγρασίας σε κάποιο σημείο του τοίχου. Όπως είναι λογικό (λόγω της φύσης του υλικού) οι απώλειες από τους διπλούς υαλοπίνακες είναι πιο έντονες από αυτές μέσω της τοιχοποιίας. **Επίσης δε παρατηρούνται απώλειες γύρω από τα ξύλινα κουφώματα,** αφού δε υπάρχει ανομοιομορφία της θερμοκρασίας στα περιμετρικά σημεία των κουφωμάτων. **Συμπεραίνεται πως τα κουφώματα έχουν πολύ καλή εφαρμογή πάνω στην τοιχοποιία** και δεν επιτρέπουν έτσι την διέλευση αέρα από το εξωτερικό προς τον εσωτερικό μέρος του κτιρίου.





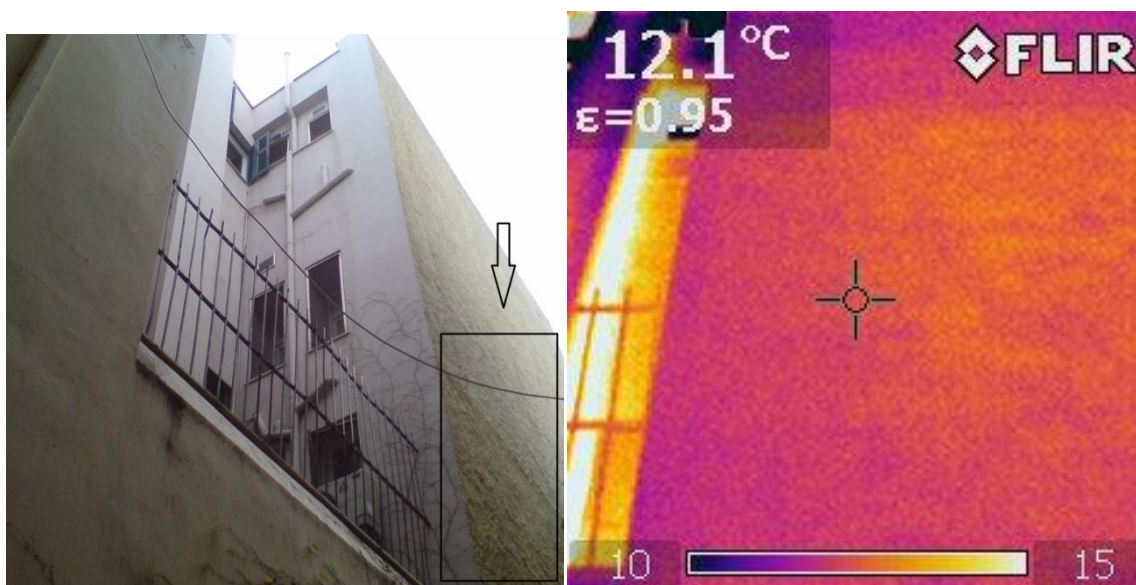
Εικόνα 4.6 : Δεύτερος και τρίτος όροφος (Πρόσοψη)

**Σχολιασμός:** Στη συγκεκριμένη φωτογραφία, η οποία λήφθηκε από απέναντι κτίριο, φαίνεται ο λίθινος τοίχος του δευτέρου ορόφου του κτιρίου **πάχους 60** εκατοστών και στο αμέσως επάνω επίπεδο του τρίτου ορόφου διακρίνεται ο τοίχος με οπτοπλινθοδομή, ο οποίος έχει **πάχος 25** εκατοστά. Παρατηρείται πως η **διαφορά θερμοκρασίας της εξωτερικής τοιχοποιίας του δευτέρου και του τρίτου ορόφου κυμαίνεται γύρω στον 1 βαθμό κελσίου**. Δεν ήταν δυνατή η λήψη υπέρυθρης φωτογραφίας που να απεικονίζει ολόκληρο τον τοίχο του τρίτου ορόφου λόγω αδυναμίας πρόσβασης στο ακριβώς απέναντι κτίριο. Στη συγκεκριμένη φωτογραφία διακρίνονται επίσης **απώλειες θερμότητας που εμφανίζονται στο πάνω μέρος του τοίχου του τρίτου ορόφου** σε σχέση με το υπόλοιπο μέρος του, καθώς η θερμοκρασία σε αυτό το σημείο είναι 2 βαθμούς μεγαλύτερη σε σχέση με την υπόλοιπη τοιχοποιία, που σημαίνει ότι θερμότητα έχει περάσει τον τοίχο από την εσωτερική προς την εξωτερική πλευρά και διαφεύγει στο περιβάλλον. Στο σημείο που διαπιστώνονται οι απώλειες βρίσκεται το **μη μονωμένο δοκάρι του ορόφου**.



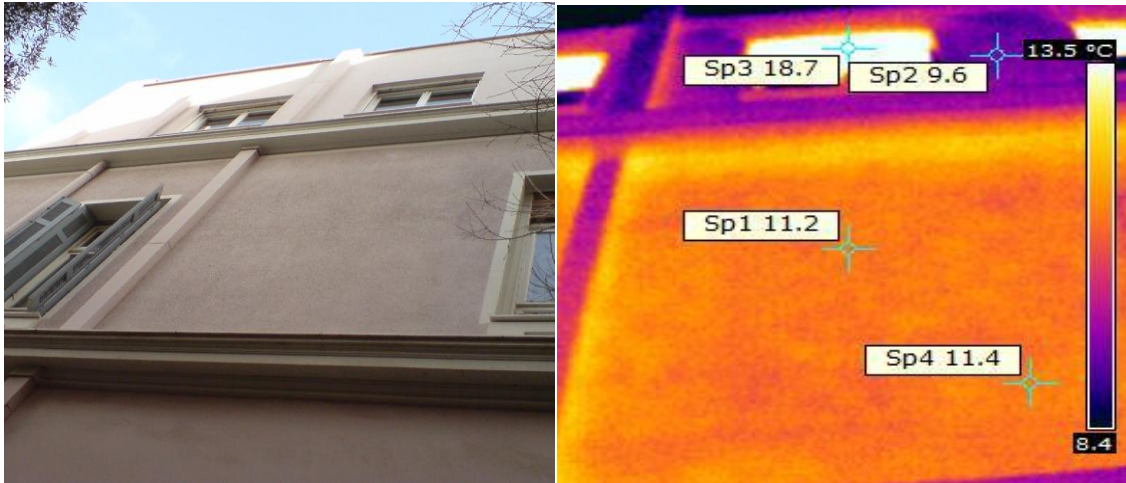
Εικόνα 4.7: Πρόσοψη Ξενοδοχείου Αμαλία και ΣΕΒ Εικόνα 4.8 : Πρόσοψη ΣΕΒ και διπλανού νεοκλασικού

**Σχολιασμός:** Στην Εικόνα 4.7 συγκρίνεται η εξωτερική θερμοκρασία της πρόσοψης του εξεταζόμενου κτιρίου του ΣΕΒ με την θερμοκρασία του επενδυμένου με μάρμαρο εξωτερικού τοίχου του ξενοδοχείου Αμαλία. Η θερμοκρασία του μαρμάρου είναι τουλάχιστον 1 βαθμό μικρότερη από αυτή του επιχρίσματος με ασβεστοκονίαμα του κτιρίου του ΣΕΒ. Στη δεξιά φωτογραφία συγκρίνεται πάλι ο συγκεκριμένος τοίχος του ΣΕΒ με τον τοίχο του νεοκλασικού επίσης κτιρίου του Δήμου Αθηναίων. Παρατηρείται πως οι δύο τοιχοποιίες εμφανίζουν την ίδια θερμοκρασία. Να σημειωθεί πως οι εσωτερικοί χώροι και των δύο κτιρίων έχουν την ίδια θερμοκρασία και πως ο τοίχος του κτιρίου του Δήμου Αθηναίων είναι του ίδιου περίπου πάχους με αυτόν του εξεταζόμενου κτιρίου. Οπότε έχουν παρόμοια ικανότητα θερμομόνωσης.

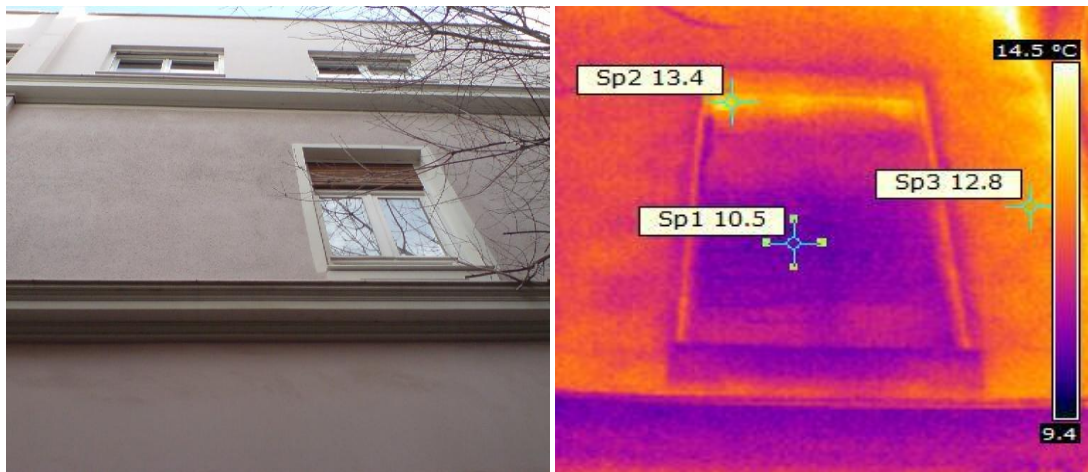


Εικόνα 4.9: Τοίχος δυτικής πλευράς

**Σχολιασμός:** Στην φωτογραφία απεικονίζεται ο τοίχος της δυτικής πλευράς του κτιρίου. Τα πάχη του συγκεκριμένου τοίχου κυμαίνονται από 27 εκατοστά ως 36 εκατοστά ανάλογα με τον όροφο και το αν ο τοίχος είναι πέτρινος ή με οπτοπλινθοδομή. Κατά τη σάρωση όλης της επιφάνειας του τοίχου δε καταγράφηκαν θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες του 1°C παρόλο που υπάρχει αυτή η διαφορά των παχών και του υλικού. Επίσης ο τοίχος δεν εμφανίζει υγρασία σε κάποιο σημείο του. Η συγκεκριμένη υπέρυθη φωτογραφία είναι από το μέρος του τοίχου που είναι σε ορθογώνιο πλαίσιο στην ψηφιακή φωτογραφία.



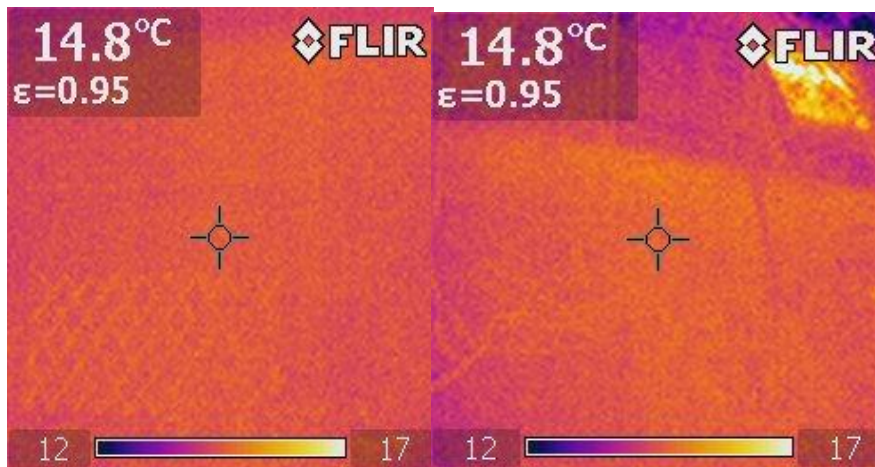
Εικόνα 4.10: Τοίχος δευτέρου- τρίτου ορόφου



Εικόνα 4.11 : παράθυρο (νότια πλευρά)

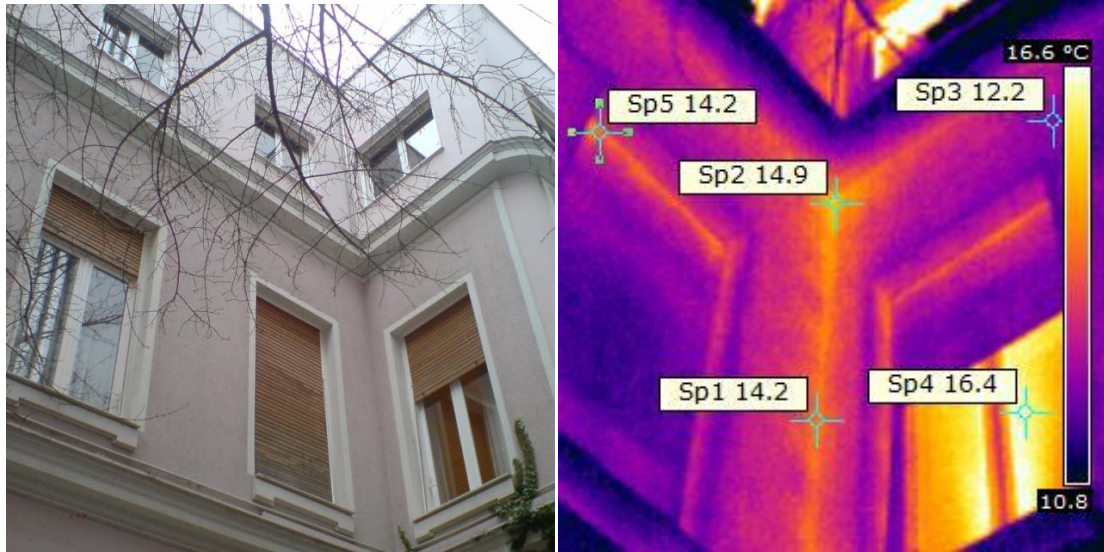
**Σχολιασμός:** Στην εικόνα 4.10 γίνεται η σύγκριση της θερμοκρασιακής διαφοράς της λίθινης τοιχοποιίας πάχους 50 εκατοστών του δευτέρου ορόφου σε σχέση με την τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή πάχους 30 εκατοστών του τρίτου ορόφου. Ο τοίχος αυτός βρίσκεται στη νότια πλευρά του κτιρίου. Καταρχάς δεν παρατηρούνται θερμοκρασιακές διαφορές και φαινόμενα υγρασίας στους συγκεκριμένους τοίχους μεταξύ σημείων της εκάστοτε επιφάνειας. Παρατηρείται όμως θερμοκρασιακή διαφορά τουλάχιστον 1,5 βαθμού κελσίου μεταξύ της επιφάνειας των τοίχων των δύο ορόφων (θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του τρίτου και των άλλων ορόφων παρατηρείται σε όλη την περίμετρο του κτιρίου). Να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία των αντίστοιχων εσωτερικών χώρων είναι ίδια και περίπου ίση με 23 βαθμούς κελσίου. Το γεγονός ότι ο τοίχος του τρίτου ορόφου διατηρεί εξωτερικά χαμηλότερα τη θερμοκρασία του μαρτυρά πως η θερμομονωτική του ικανότητα είναι καλύτερη από αυτή του δευτέρου ορόφου και πως δεν αφήνει τη θερμότητα στον ίδιο βαθμό να διαφύγει μέσα από τον όγκο του. Επίσης στην κάτω φωτογραφία φαίνεται ένα παράθυρο της ίδιας νότιας πλευράς στο οποίο παρατηρούνται απώλειες θερμότητας στο πάνω μέρος του παραθύρου. Ο θερμαινόμενος εσωτερικός αέρας τα έχει ζεστάνει στους 13,4 °C, οπότε θερμότητα χάνεται μέσω της διακίνησης αέρα από το συγκεκριμένο σημείο λόγω μικρού κενού που υπάρχει

μεταξύ του τοίχου και του ξύλινου κουφώματος στο σημείο που οι περσίδες αρχίζουν να ξετυλίγονται . Επίσης η θερμότητα αυτή που χάνεται έχει πρώτα διαπεράσει το κουτί της εγκατάστασης των περιελισσόμενων περσίδων, καθώς το κουτί δεν είναι σωστά εγκατεστημένο και δεν απομονώνει πλήρως τον εσωτερικό από τον εξωτερικό χώρο.



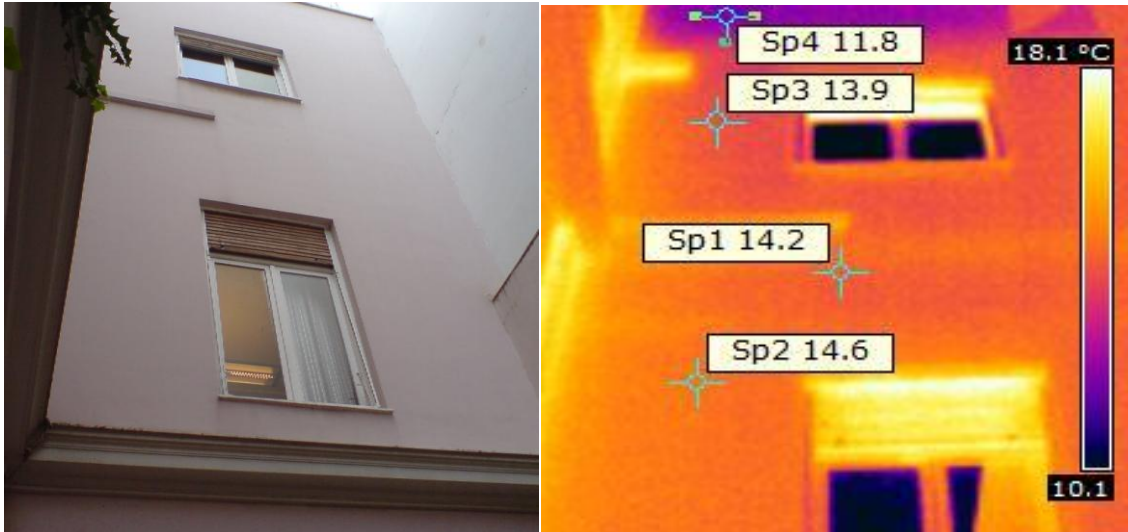
Εικόνα 4.12 : Τοίχος ανατολικής πλευράς

**Σχολιασμός:** Στις παραπάνω φωτογραφίες διακρίνεται ένας λίθινος τοίχος ανατολικού προσανατολισμού ο οποίος βρίσκεται στην πίσω πλευρά του κτιρίου. Κατά τη σάρωση όλης της επιφάνειάς του **δε παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες θερμοκρασιακές διαφορές που να μαρτυρούν την ύπαρξη προβλήματος θερμομόνωσης σε συγκεκριμένο σημείο.** Οι υπέρυθρες φωτογραφίες δείχνουν τα σημεία εκείνα όπου περιβάλλονται με τα δύο μαύρα πλαίσια στην ψηφιακή φωτογραφία.



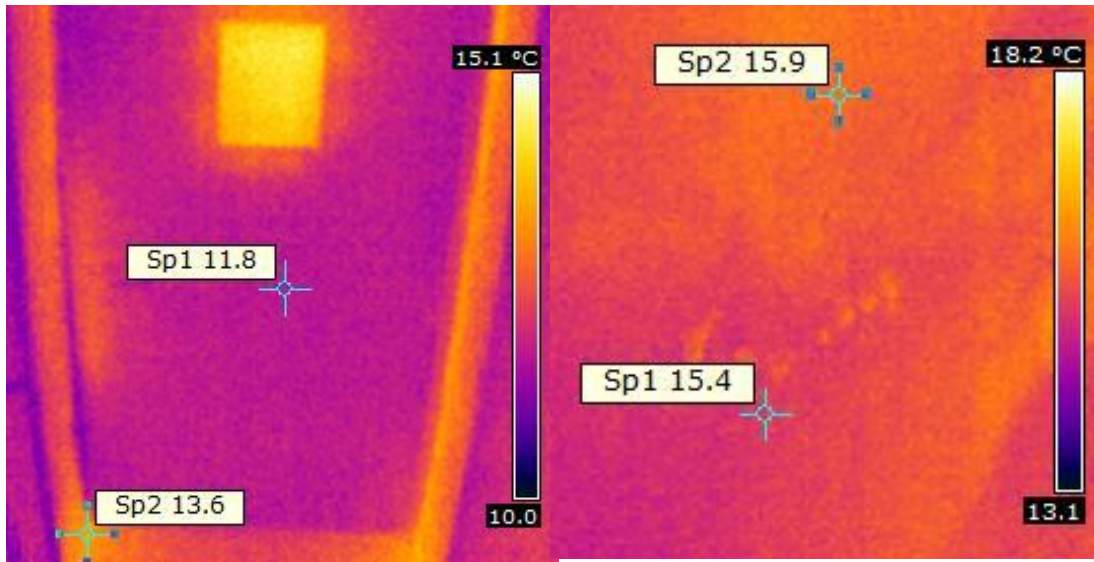
Εικόνα 4.13 : Τοίχος ανατολικής πλευράς

**Σχολιασμός:** Στην παραπάνω φωτογραφία υπάρχει **θερμογέφυρα** και **άρα απώλειες θερμότητας στην ένωση των δύο τοίχων του δευτέρου ορόφου λόγω κακής ένωσης των δύο τοιχών**. Η θερμοκρασία στην ένωση είναι τουλάχιστον 2 βαθμούς κελσίου μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του υπόλοιπου μέρους του συγκεκριμένου τοίχου. Επίσης παρατηρούνται απώλειες θερμότητας στο πάνω μέρος του παραθύρου, αφού η θερμοκρασία στο σημείο αυτό είναι 2 βαθμούς μεγαλύτερη από την υπόλοιπη επιφάνεια του κουφώματος. Η θερμότητα χάνεται μέσω της διακίνησης αέρα από το συγκεκριμένο σημείο λόγω **κενού που υπάρχει μεταξύ του τοίχου και του ξύλινου κουφώματος στο σημείο που οι περσίδες αρχίζουν να ξετυλίγονται**. Επίσης η θερμότητα αυτή που χάνεται έχει πρώτα διαπεράσει το κουτί της εγκατάστασης των περιελισσόμενων περσίδων, καθώς το κουτί δεν είναι σωστά εγκατεστημένο και δεν απομονώνει πλήρως τον εσωτερικό από τον εξωτερικό χώρο.



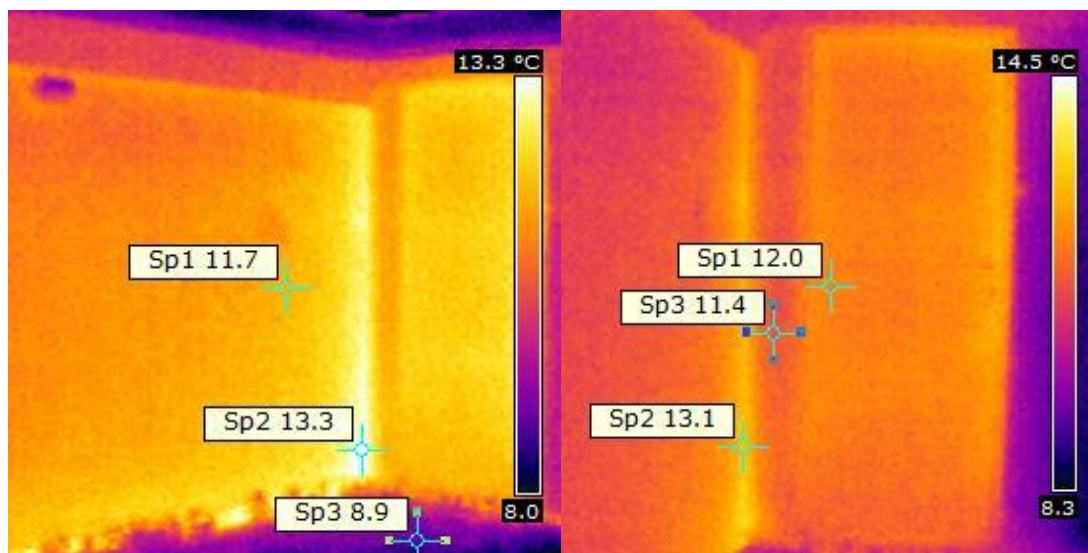
Εικόνα 4.14 : Τοίχος δευτέρου-τρίτου (νότια πλευρά)

**Σχολιασμός:** Στη φωτογραφία απεικονίζεται τοίχος νότιου προσανατολισμού που βρίσκεται στην πίσω πλευρά του κτιρίου. **Απώλειες θερμότητας παρατηρούνται στο κάτω παράθυρο της φωτογραφίας μέσω της διακίνησης αέρα στο σημείο που οι περσίδες αρχίζουν να ξετυλίγονται.** (Ο λόγος που χάνεται αυτή η θερμότητα έχει περιγραφεί κατά τον σχολιασμό της προηγούμενης φωτογραφίας.) Ακόμα στην αριστερή πλευρά της υπέρυθρης φωτογραφίας φαίνονται τα **κανάλια μέσα στα οποία οδεύουν οι σωλήνες ψύξης/θέρμανσης του κεντρικού συστήματος κλιματισμού.** Εμφανίζουν θερμοκρασία 18 βαθμών κελσίου, επειδή τη στιγμή που λήφθηκε η συγκεκριμένη φωτογραφία το σύστημα θέρμανσης ήταν σε λειτουργία και θερμότητα διέφευγε από τους σωλήνες παρόλο που ήταν μονωμένοι και θέρμαινε τα κανάλια οδευσης των σωλήνων.



Εικόνα 4.15 : Πόρτα και τοίχος ισογείου (νότια πλευρά)

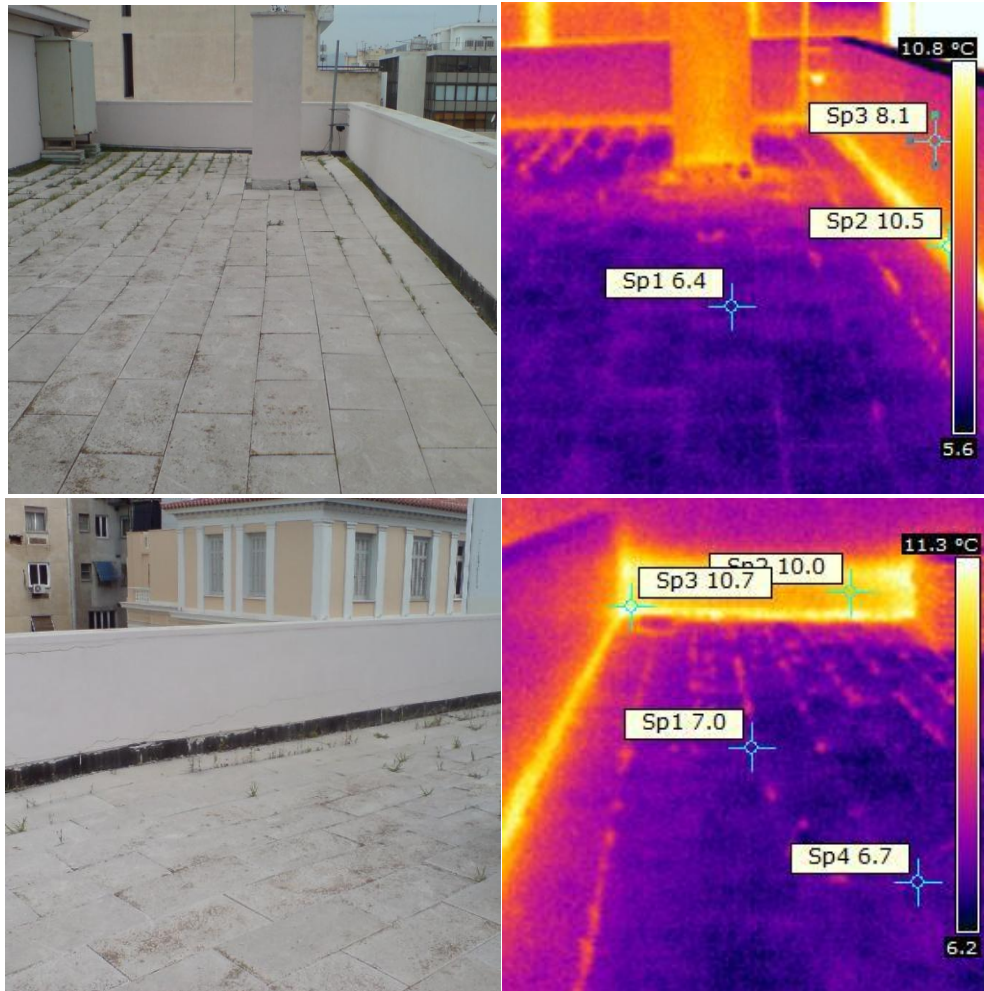
**Σχολιασμός:** Στην αριστερή υπέρυθη φωτογραφία φαίνεται μία πόρτα που υπάρχει στην πίσω (νότια) πλευρά του κτιρίου. Παρατηρούνται απώλειες θερμότητας γύρω από την πόρτα, καθώς η θερμοκρασία είναι πιο υψηλή περιμετρικά της πόρτας, που σημαίνει ότι θερμότητα από το κτίριο διαφεύγει προς το εξωτερικό περιβάλλον. **Η απώλεια αυτή υφίσταται λόγω ροής αέρα που εισέρχεται μέσω του κουφώματος προς τον εσωτερικό χώρο.** Επίσης στον τοίχο που βρίσκεται δίπλα, παρατηρούνται έντονα φαινόμενα υγρασίας σε μεγάλη έκταση του τοίχου. Στην εσωτερική πλευρά του συγκεκριμένου τοίχου βρίσκεται το γραφείο δημοσίων σχέσεων, στους τοίχους του οποίου εντοπίζονται επίσης έντονα φαινόμενα υγρασίας (αναλύεται πιο κάτω στην εσωτερική θερμογράφιση). Ένα επίπεδο πιο πάνω (στον πρώτο όροφο) υπάρχει μία αυλή, στην οποία υπάρχουν φυτά και δέντρα. **Οπότε η παρουσία νερού είναι συνεχής και έντονη με αποτέλεσμα την εμφάνιση υγρασίας σε μεγάλη επιφάνεια του,** διότι ο τοίχος συνορεύει με την αυλή, όπως φαίνεται στην πάνω δεξιά φωτογραφία (ο τοίχος του γραφείου δημοσίων σχέσεων φαίνεται μέσα σε ορθογώνιο πλαίσιο).



Εικόνα 4.16 : Πόρτα και τοίχος δώματος

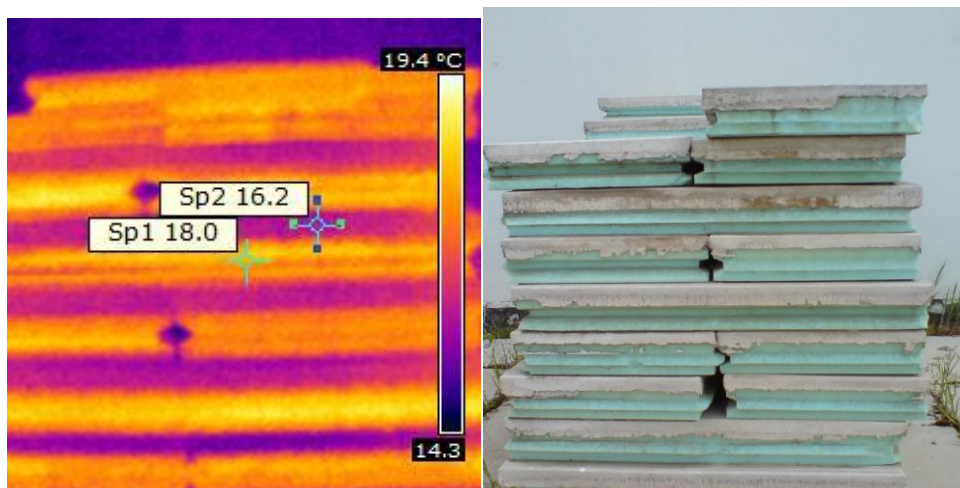
**Σχολιασμός:** Στις παραπάνω υπέρυθρες φωτογραφίες φαίνονται οι τοίχοι του δώματος και η σιδερένια πόρτα που οδηγεί στην ταράτσα. Παρατηρείται η ύπαρξη θερμογέφυρας που αφήνει τη θερμότητα να διαπεράσει την κατασκευή από μέσα προς τα έξω, στο σημείο της ένωσης των δύο τοίχων εκεί όπου η θερμοκρασία είναι 13,3°C (πιο φωτεινό σημείο), ενώ η θερμοκρασία της υπόλοιπης τοιχοποιίας είναι κατά περίπου 2 βαθμούς κελσίου μικρότερη. Η θερμογέφυρα οφείλεται στην κακή ένωση των δύο τοίχων. Την ίδια στιγμή στη φωτογραφία φαίνεται πως το δάπεδο με τις θερμομονωτικές πλάκες έχει θερμοκρασία 8,9°C, δηλαδή υπάρχει διαφορά 4,5 βαθμών κελσίου. Απώλειες θερμότητας υπάρχουν επίσης και διαμέσου της πόρτας καθώς είναι σιδερένια και χωρίς κάποια μόνωση, ενώ περιμετρικά αυτής δε φαίνεται να υπάρχουν αξιοσημείωτες απώλειες.





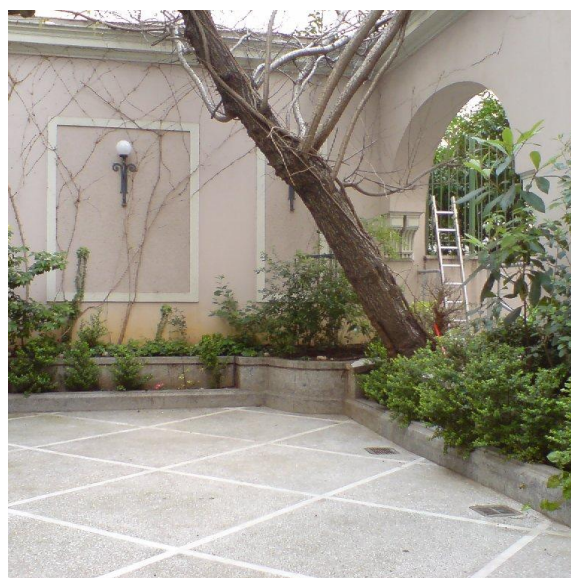
Εικόνα 4.17 : Φωτογραφίες από το δώμα του κτιρίου

**Σχολιασμός:** Οι παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζουν το δάπεδο της ταράτσας και τα σημεία της ένωσης του δαπέδου με το προστατευτικό τοίχιο. **Η ταράτσα είναι πολύ καλά μονωμένη αφού οι θερμομονωτικές πλάκες δεν επιτρέπουν στη θερμότητα να διαφύγει από την οροφή του κτιρίου και διατηρούν τη θερμοκρασία των πλακιδίων πολύ κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.** Μάλιστα όπως αποδείχθηκε κατά τη μελέτη θερμομόνωσης, η οροφή του κτιρίου ικανοποιεί το όριο θερμομόνωσης. Όμως **απώλειες θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον παρατηρούνται σε όλη την περίμετρο της ταράτσας στα σημεία βάσης του προστατευτικού τοιχίου στο σημείο που ενώνεται με το δάπεδο της ταράτσας.** Το πρόβλημα οφείλεται στην έλλειψη μόνωσης στο σημείο αυτό και η θερμογέφυρα είναι έντονη. Στις δύο παραπάνω υπέρυθρες φωτογραφίες διακρίνεται έντονα η κίτρινη γραμμή στη βάση του προστατευτικού τοιχίου.



Εικόνα 4.18 : θερμομονωτικές πλάκες για τη μόνωση της ταράτσας

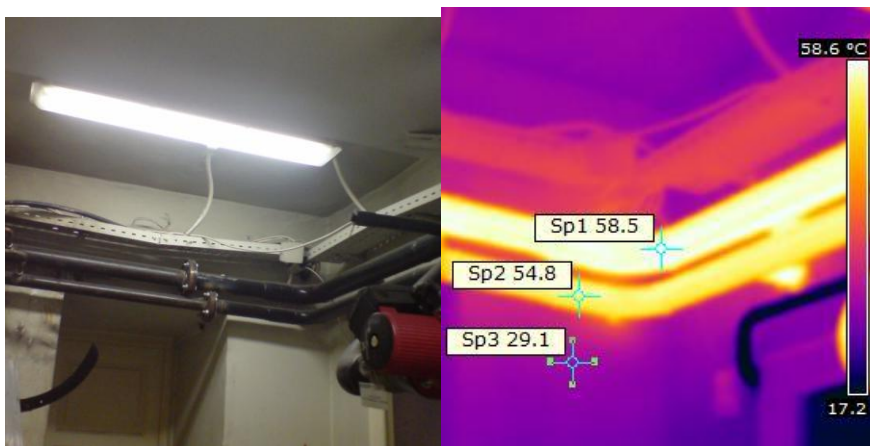
**Σχολιασμός:** Στη παραπάνω φωτογραφία διακρίνονται οι θερμομονωτικές πλάκες που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση της ταράτσας. Οι πλάκες αυτές είναι διαστάσεων 30 X 60 εκατοστά και αποτελούνται από μία στρώση πάχους 4 εκατοστών από αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη και πάνω στην πολυστερίνη υπάρχει επικολλημένο προστατευτικό ανόργανο χυτό τσιμεντοκονίαμα πάχους 2 εκατοστών. Συνιστάται η χρήση πολυστερίνης, αφού η ταράτσα είναι μόνιμα εκτεθειμένη στην υγρασία. Επίσης το βάρος των πλακιδίων είναι περίπου 40 kg/m<sup>2</sup> και είναι εύκολο να τοποθετηθούν.



Εικόνα 4.19 : Η αυλή στον πρώτο όροφο του κτιρίου από διαφορετικές γωνίες λήψης

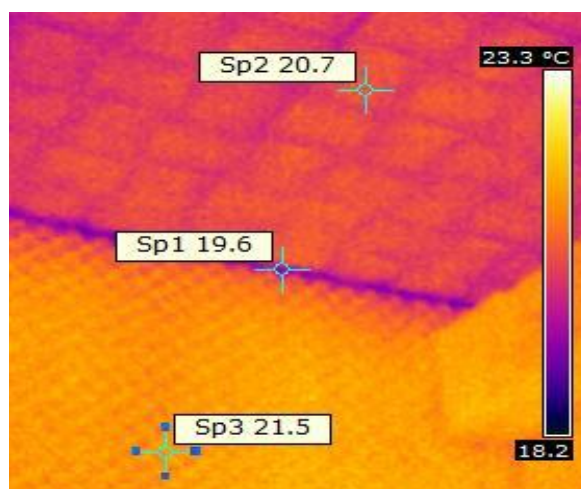
**Σχολιασμός:** Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η αυλή που υπάρχει στο ύψος του πρώτου ορόφου. Στην εικόνα διακρίνονται τα φυτά και το δέντρο στις ρίζες των οποίων υπάρχει συνεχώς υγρασία, η οποία προκαλεί προβλήματα στην τοιχοποιία των χώρων του ισόγειου που βρίσκονται σε αυτή την πλευρά του κτιρίου.

## 4.3.1.5 Εσωτερική Θερμογράφιση



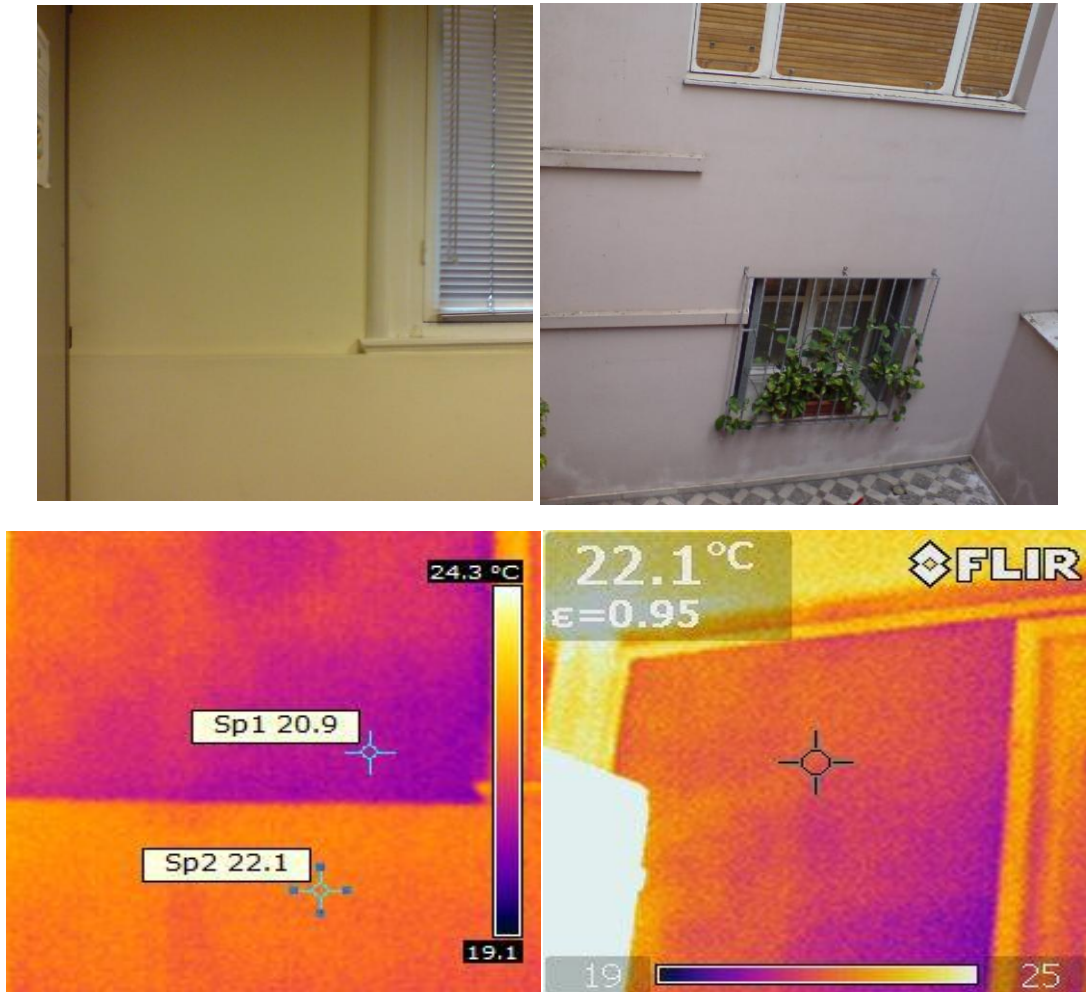
Εικόνα 4.20 : Σωλήνες λεβητοστασίου

**Σχολιασμός:** Όπως φαίνεται στη φωτογραφία όλοι οι σωλήνες στο λεβητοστάσιο δεν έχουν εξωτερική μόνωση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη απωλειών θερμότητας σε όλο το μήκος τους.



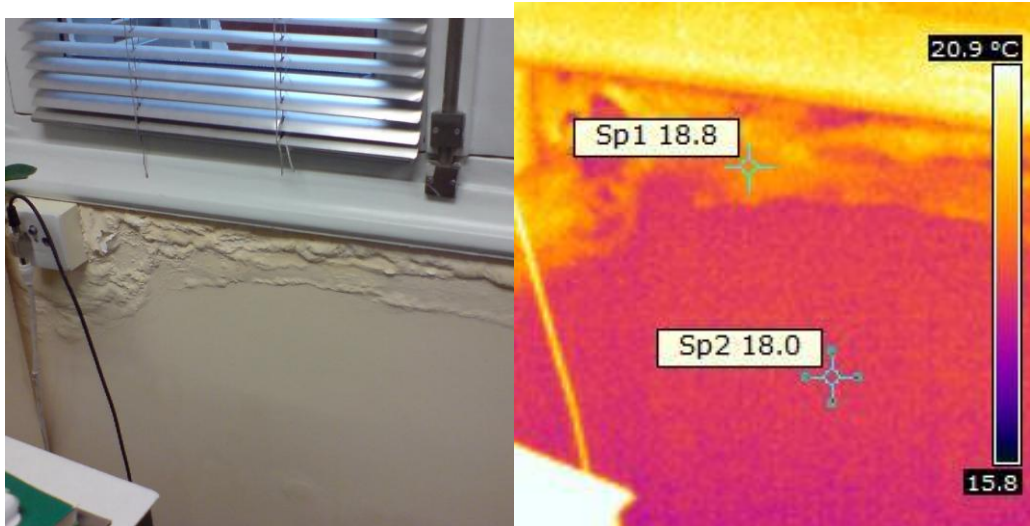
Εικόνα 4.21 : Μονωμένος τοίχος του στούντιο μοντάζ

**Σχολιασμός:** Το στούντιο μοντάζ διαθέτει εξαιρετικά καλή εσωτερική μόνωση και απώλειες παρατηρούνται μόνο στο σημείο της ένωσης των δύο μονωτικών υλικών (σκουρόχρωμη επιφάνεια στην πάνω πλευρά). Ο τοίχος έχει επενδυθεί με υαλοβάμβακα και η οροφή με άλλα υλικά πάχους μερικών εκατοστών για να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ηχομόνωση. Στους τοίχους του στούντιο παρατηρούνταν μέχρι πρόσφατα, μέχρι πριν την επένδυση των τοίχων με μονωτικά υλικά, έντονα φαινόμενα υγρασίας. Τα φαινόμενα υγρασίας οφείλονται στο γεγονός πως πάνω από την οροφή του στούντιο βρίσκεται η αυλή του πρώτου ορόφου στην οποία υπάρχουν περιμετρικά φυτά και δέντρα, οπότε η παρουσία νερού είναι συνεχής και έντονη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου.

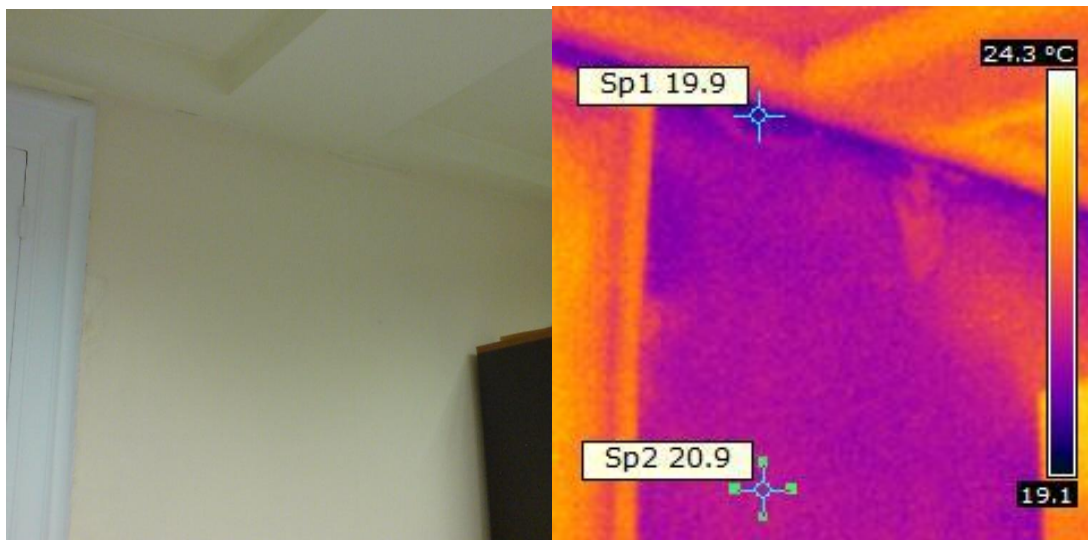


Εικόνα 4.22 : Τοίχος γραφείου (0.4) στο ισόγειο

**Σχολιασμός:** Στη πάνω αριστερή και στις υπέρυθρες φωτογραφίες απεικονίζεται ο τοίχος του γραφείου του τμήματος IT του ισογείου. Η άλλη πλευρά του τοίχου έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον όπως φαίνεται στη πάνω δεξιά εικόνα. **Λόγω προβλημάτων υγρασίας, τα οποία διακρίνονται έντονα στη βάση του τοίχου στην πάνω δεξιά εικόνα, έχει προστεθεί εσωτερικά γυψοσανίδα από το πάτωμα μέχρι και σε ένα μέτρο ύψος από αυτό.** Στη κάτω αριστερή φωτογραφία παρατηρείται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ γυψοσανίδας και υπόλοιπης τοιχοποιίας. Η κάτω δεξιά φωτογραφία απεικονίζει το υπόλοιπο πάνω μέρος του συγκεκριμένου τοίχου και δεν παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του.

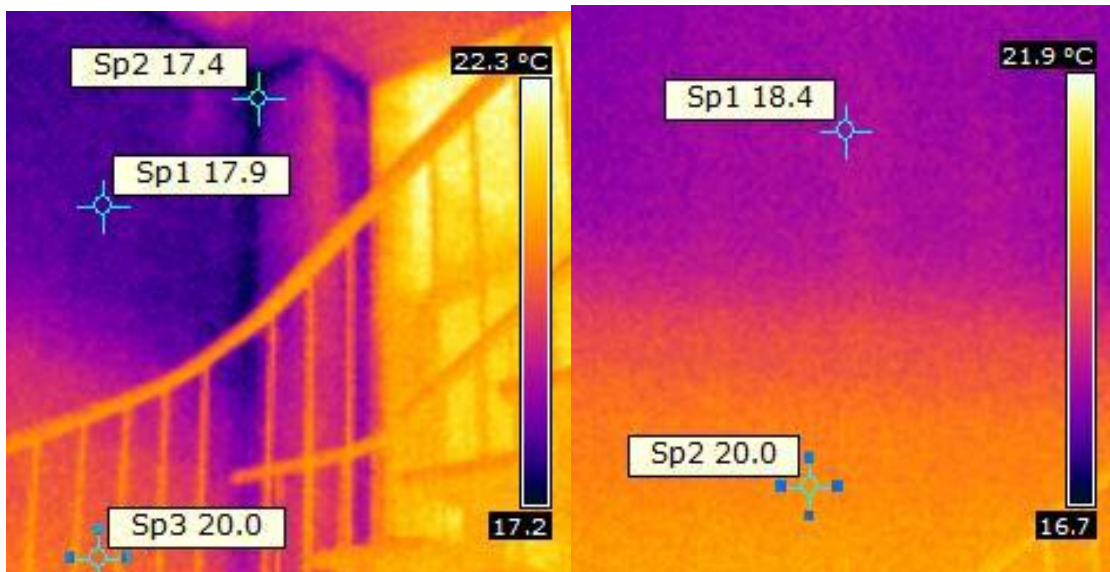


Εικόνα 4.23 : Τοίχος γραφείου τύπου και δημοσίων σχέσεων (0.6) στο ισόγειο (νότια πλευρά)



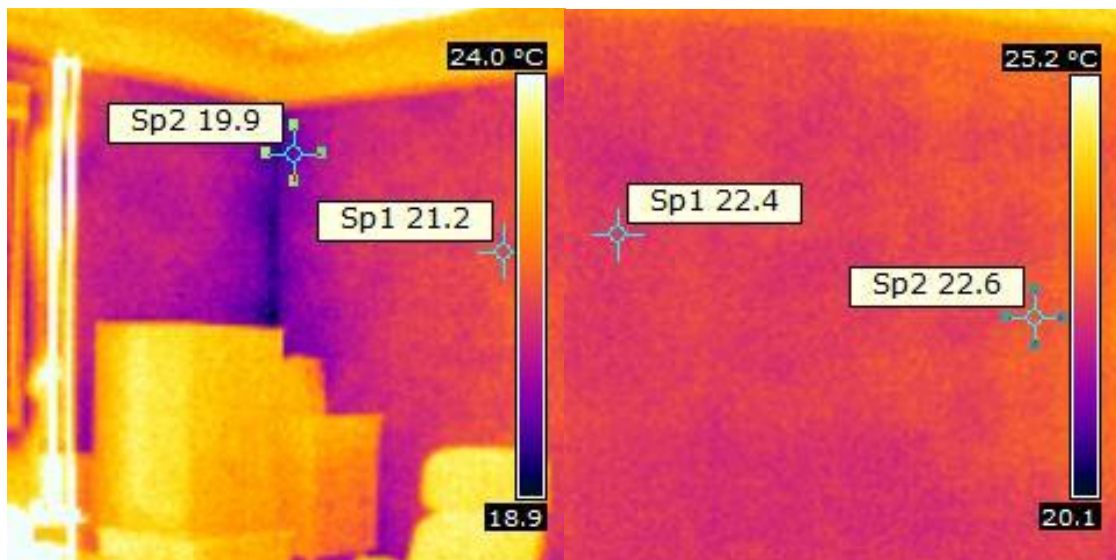
Εικόνα 4.24 : Τοίχος γραφείου τύπου και δημοσίων σχέσεων (0.6) στο ισόγειο (δυτική πλευρά)

**Σχολιασμός:** Οι παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζουν δύο τοίχους που βρίσκονται στο γραφείο τύπου και δημοσίων σχέσεων. Παρατηρείται έντονο πρόβλημα υγρασίας και στους δύο τοίχους και ο λόγος είναι ίδιος με αυτόν της εμφάνισης υγρασίας στο στούντιο, καθώς το συγκεκριμένο γραφείο εξωτερικά και ένα επίπεδο πιο πάνω(πρώτος όροφος) του δυτικού τοίχου υπάρχει μία αυλή, στην οποία υπάρχουν φυτά και δέντρα. Παρατηρείται κοντά στο πάνω σταυρόνημα μία έντονη μελανότητα που μαρτυρά την παρουσία υγρασίας. Οπότε η παρουσία νερού είναι συνεχής και έντονη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου με αποτέλεσμα την εμφάνιση υγρασίας εσωτερικά αυτού.



Εικόνα 4.25: Εσωτερικός τοίχος μεταξύ τρίτου ορόφου και δώματος

**Σχολιασμός:** Στη φωτογραφία διακρίνεται ένας εσωτερικός τοίχος του τρίτου ορόφου στο κλιμακοστάσιο που οδηγεί στο δώμα του κτιρίου. Παρατηρείται **διαφορά θερμοκρασίας περίπου 2 βαθμών Κελσίου μεταξύ του μέρους του εσωτερικού τοίχου που έρχεται σε επαφή με διπλανό εσωτερικό κλιματιζόμενο χώρο και του μέρους του εσωτερικού τοίχου που έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον.** Ο εσωτερικός κλιματιζόμενος χώρος βρίσκεται σε θερμοκρασία 23°C, ενώ η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 11 βαθμοί Κελσίου. Είναι λογικό να εμφανίζουν διαφορά θερμοκρασίας, επειδή στην άλλη πλευρά τους έρχονται σε επαφή με χώρους που η θερμοκρασία τους διαφέρει, αλλά ο συγκεκριμένος τοίχος όπως φάνηκε και στη μελέτη θερμομόνωσης δε πληροί τα όρια θερμομόνωσης.



Εικόνα 4.26 : Τοίχος λογιστηρίου στο ισόγειο

**Σχολιασμός:** Ο τοίχος που φαίνεται στη φωτογραφία είναι λίθινος και πάχους 43 εκατοστών. Διακρίνεται θερμογέφυρα στην ένωση των τοίχων εκεί που η φωτογραφία είναι σκουρόχρωμη και η διαφορά θερμοκρασίας του συγκεκριμένου σημείου με τον υπόλοιπο τοίχο είναι κατά μέσο όρο περίπου 1,5 βαθμούς κελσίου. Η θερμογέφυρα οφείλεται στην κακή ένωση των δύο τοίχων. Η θερμότητα στο σημείο της θερμογέφυρας δε μπορεί να συγκρατηθεί εντός του κτιρίου. Στη δεξιά φωτογραφία διακρίνεται το υπόλοιπο κομμάτι του συγκεκριμένου τοίχου που έχει συγκεκριμένη θερμοκρασία με πολύ μικρές διακυμάνσεις σε όλη την επιφάνεια του. Κατά το παρελθόν στον συγκεκριμένο τοίχο έχει εμφανιστεί υγρασία καθώς βρίσκεται σε επαφή με τοίχο του διπλανού ξενοδοχείου, στον οποίο παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα υγρασίας.

#### 4.3.1.6 Συμπεράσματα

Ύστερα από την ανάλυση των θερμογραφιών προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- 1) **Υπάρχει έλλειψη μόνωσης σε όλο το κέλυφος του κτιρίου, εκτός από την οροφή** που πληροί τα όρια θερμομόνωσης.
- 2) Υπάρχουν **θερμογέφυρες εξωτερικά και εσωτερικά** του κτιρίου σε κάποια σημεία κυρίως στις ενώσεις των τοίχων λόγω κακής ένωσης των δύο τοίχων.
- 3) **Απουσία μόνωσης σε όλους τους σωλήνες του δικτύου νερού** στο κεντρικό σύστημα θέρμανσης στο χώρο του λεβητοστασίου
- 4) **Θερμικές απώλειες από τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων**
- 5) **Προβλήματα υγρασίας** σε χώρους του **ισογείου**, συγκεκριμένα σε τοίχους του γραφείου τύπου, του στούντιο μοντάζ και του γραφείου του τμήματος IT (Information Technology)

#### 4.3.2 Ανάλυση Καυσαερίων

##### 4.3.2.1 Ανάλυση Μετρούμενων Μεγεθών

###### Θερμοκρασία καυσαερίων

Η θερμοκρασία των καυσαερίων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 180°C ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις, επίσης όμως δε πρέπει να είναι πολύ υψηλή (>280°C) γιατί τότε θα αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων. Οι διαβρώσεις δημιουργούνται από την συμπύκνωση της υγρασίας η οποία με το τριοξείδιο του θείου δημιουργεί θειικό οξύ. Οι απώλειες από τα καυσαέρια μπορούν να περιοριστούν με τη σωστή ρύθμιση της αναλογίας αέρα/καυσίμου που χρησιμοποιείται στον λέβητα. Σημαντικό είναι ότι οι απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια είναι οι μεγαλύτερες και οι πιο σημαντικές από τις συνολικές απώλειες ολόκληρου του συστήματος.

###### Βαθμός απόδοσης

Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα Εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια, δηλαδή τι ποσοστό αξιοποιείται στην πραγματικότητα για την θέρμανση του νερού. Όμως ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο λόγω απαγωγής των καυσαερίων στο περιβάλλον, λόγω ατελούς καύσης, λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα, λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα.



### Διοξείδιο του άνθρακα

Είναι η ποσότητα CO<sub>2</sub> που περιέχεται στα καυσαέρια. Γενικά κανόνας είναι η μεγιστοποίηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η οικονομικότερη περίσσεια αέρα και ο μέγιστος βαθμός αποδόσεως του λέβητα. Όσο πιο υψηλό το ποσοστό του CO<sub>2</sub> τόσο πιο τέλεια η καύση και άρα θα έχουμε μικρή περίσσεια αέρα. Όσο μικρότερο ποσοστό CO<sub>2</sub> έχουμε στα καυσαέρια τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας έχουμε γιατί ζεσταίνουμε αέρα που δεν είναι απαραίτητος για την καύση. Κατά την καύση επιδιώκεται στα παραγόμενα καυσαέρια το CO<sub>2</sub> να είναι μέχρι 13%.

### Μονοξείδιο του άνθρακα

Είναι η ποσότητα CO που περιέχεται στα καυσαέρια σαν προϊόν ατελούς καύσης. Η τιμή της δίνεται σε ppm (μέρη όγκου ανά εκατομμύριο) και πρέπει να είναι ελάχιστη. Όταν τα καυσαέρια περιέχουν CO ή καπνό χωρίς οξυγόνο σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση λόγω μικρής παροχής αέρα στον θάλαμο καύσης. Όμως όταν τα καυσαέρια περιέχουν CO ή καπνό και συγχρόνως οξυγόνο μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες: 1)Κανονική παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα-καυσίμου, 2) μικρή παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης, ενώ συγχρόνως εισροή δευτερογενή αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στον θάλαμο καύσης.

### Περίσσεια αέρα

Περίσσεια αέρα είναι ο λόγος του περιεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Στοιχειομετρική καύση υφίσταται όταν όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακα, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου. Για να γίνει πλήρης καύση θα πρέπει να υπάρχει πλήρης ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, ώστε κάθε μόριο καυσίμου να έρθει σε επαφή με κάθε μόριο οξυγόνου και να ενωθούν. Είναι αδύνατη στην πράξη όμως αυτή η τέλεια ανάμιξη. Οπότε θα πρέπει να υπάρχει για τον λόγο αυτό στον θάλαμο καύσης περισσότερο οξυγόνο από το θεωρητικά απαιτούμενο για να επιτευχθεί πλήρης καύση. Διαφορετικά η καύση θα είναι ατελής με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ή και απαγωγή άκαυστου καυσίμου υπό μορφή αιθάλης. Όταν υπάρχει μικρή περίσσεια αέρα η καύση είναι ατελής και υπάρχει απώλεια καυσίμου, ενώ αντίθετα όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια αέρα τόσο περισσότερος αέρας περνάει από τον θάλαμο καύσης προς την καμινάδα και τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα θερμότητας που απάγεται στο περιβάλλον.

### Δείκτης αιθάλης

Μετράται σε μονάδες της κλίμακας Bacharach ή Brignon και εκφράζει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστο καύσιμο. Η τιμή του δείκτη πρέπει να πλησιάζει το μηδέν της κλίμακας.

#### Ποσότητα οξειδίων αζώτου

Είναι η ποσότητα NO που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm. Η τιμή της εξαρτάται από την περίσσεια αέρα, την θερμοκρασία καυσαερίων και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

#### Ποσότητα διοξειδίου του θείου

Είναι η ποσότητα SO<sub>2</sub> που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm, η τιμή της εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

### **4.3.2.2 Παρουσίαση Μετρήσεων**

Ο λέβητας STERN της εταιρίας FYROGENIS ABE είναι κατασκευής 2002, ονομαστικής ισχύος 245-280 KW και 178 λίτρων νερού. Χρησιμοποιείται για το κεντρικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Ακόμα ο καυστήρας είναι πετρελαίου ονομαστικής ισχύος 370W. Ο λέβητας λειτουργεί μόνο από τον Νοέμβρη ως τον Μάρτιο και οι ώρες και μέρες λειτουργίας του εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες. Συνήθως λειτουργεί κατά τις πρωινές ώρες (7:00 με 11:00) και ύστερα οι ανάγκες για θέρμανση καλύπτονται με τις αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες που ανήκουν στο κεντρικό σύστημα ψύξης-θέρμανσης VRV.

Τα χαρακτηριστικά του λέβητα είναι:

- Μάρκα: Stern- FYROGENIS ABE
- Τύπος λέβητα: S20012
- Καύσιμο: Πετρέλαιο θέρμανσης
- Ονομαστική ισχύς: 245-280 KW
- Ονομαστική κατανάλωση καυσίμου: 269,2-307,7 KW
- Όγκος νερού: 178 λίτρα
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 4 bar
- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας: 110 °C

Τα χαρακτηριστικά του καυστήρα είναι:

- Μάρκα: Riello Burners
- Μοντέλο: RL 28
- Ηλεκτρική ισχύς: 0,37 KW
- Θερμαντική ισχύς: 166-332 KW
- Στροφές κινητήρα: 2800 rpm
- Ένταση ρεύματος: 2,4 A

Παρακάτω στον πίνακα 4.2 παρατίθενται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τον αναλυτή καυσαερίων, καθώς και οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν από τα φύλλα συντήρησης του λεβητοστασίου.

Η τεχνική οδηγία 20701-4/2010 του ΤΕΕ [17] στη σελίδα 63 παραπέμπει στο ΦΕΚ 143/Α/2-9-1993 «Απαιτήσεις απόδοσης για του νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα» σύμφωνα με το οποίο η απόδοση σε ονομαστική ισχύ του λέβητα πρέπει να είναι  $>=84+2\log(P_n)$ , όπου  $P_n$  η ονομαστική ισχύς του λέβητα σε KW.[18] Επίσης σύμφωνα με την ίδια οδηγία του ΤΕΕ στη σελίδα 66, τα όρια των επιτρεπόμενων τιμών στα μετρούμενα μεγέθη κατά την καυσανάλυση παρουσιάζονται παρακάτω:

**Πίνακας 4.1 :** Όρια επιτρεπτών τιμών μέτρησης [17]

Μετρούμενα μεγέθη	Όριο
Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή περιεκτικότητας καυσαερίων σε CO <sub>2</sub>	10%
Ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης κλίμακας Bacharach	1
Ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων	180 °C
Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων	280 °C
Ενδεικτικά όρια σε CO (ppm)	0-100

**Πίνακας 4.2 :** Μετρήσεις με αναλυτή καυσαερίων

Ημερομηνία Μέτρησης	Μετρήσεις με αναλυτή		Μετρήσεις από φύλλα συντήρησης		
	11.3.13	11.3.13	24.1.13	16.6.10	4.11.11
NET	167	172	180,6	149,5	198,8
O <sub>2</sub>					
CO	20	18			
EFF (Βαθμός απόδοσης)			92	93,4	89,5
CO <sub>2</sub>			12	12	9
FLUE (θερμοκ.καυσαερ)	194	199	200	170	220
AMBIENT(θερμοκ.περιβ)	27,12	26,9	19,4	20,5	21,2
XAIR (περίσσεια αέρα)			30,60%		
Prs			22bar		12bar
SO <sub>2</sub>	13	7			
NO	66	67			
Nox	69	70			

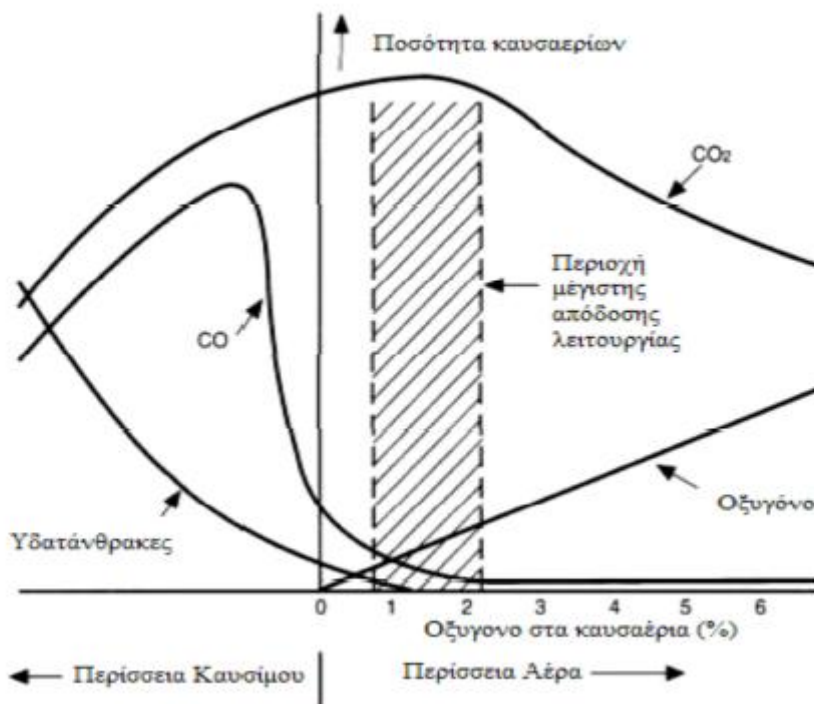
Δείκτης αιθάλης	1			

Να σημειωθεί πως δεν κατέστη δυνατή η μέτρηση  $O_2$ ,  $CO_2$ , ΧΑΙΡ(περίσσεια αέρα) και απόδοσης καύσης με τον αναλυτή λόγω βλάβης στο φίλτρο της συσκευής. Μετρήσεις για το  $CO_2$ , για περίσσεια αέρα και βαθμό απόδοσης πάρθηκαν από τα φύλλα συντήρησης.

Για  $P_n=280$  KW η απόδοση ( $\eta$ ) του λέβητα θα πρέπει να είναι  $\eta \geq 84 + 2 \log 280 = 88,89\%$ . Οι αποδόσεις που έχουν καταγραφεί στα φύλλα συντήρησης είναι μεγαλύτερες του κατώτερου ορίου, οπότε είναι αποδεκτές. Οι μετρήσεις που είναι καταγεγραμμένες στον πίνακα των μετρήσεων είναι όλες εντός των απαιτούμενων ορίων εκτός από δύο μετρήσεις (που εμφανίζονται υπογραμμισμένες) και είναι οριακά εκτός ορίων. Να σημειωθεί ότι όλες οι μετρήσεις που έγιναν μέσα στο τελευταίο έτος (2013) και ύστερα από την τελευταία συντήρηση είναι όλες αποδεκτές. Συγκεκριμένα η απόδοση του λέβητα είναι 92% και θεωρείται πολύ καλή, όπως επίσης ικανοποιητική θεωρείται και η τιμή του  $CO_2$  που είναι ίση με 12%, αφού η ελάχιστη επιτρεπτή είναι 10%. Τέλος η θερμοκρασία των καυσαερίων που φτάνει στους 200 βαθμούς κελσίου (δεδομένο από το φύλλο συντήρησης) και σε άλλη μέτρηση με τον αναλυτή KANE PLUS 900 φτάνει τους 194 βαθμούς κελσίου είναι επίσης αποδεκτή.

#### 4.3.2.3 Συμπεράσματα

Το παρακάτω διάγραμμα είναι πολύ βοηθητικό για την ανάλυση των μετρούμενων μεγεθών και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Βλέπουμε πως η περιοχή μέγιστης απόδοσης λειτουργίας είναι η περιοχή όπου έχουμε τη μεγαλύτερη τιμή καυσαερίων  $CO_2$ , μικρή περίσσεια αέρα, 1-2% οξυγόνο και μικρή ποσότητα CO.



Εικόνα 4.27 : Απόδοση καύσης συναρτήσει άλλων παραμέτρων [19]

Για τον λέβητα του κτιρίου του ΣΕΒ προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Η απόδοση καύσης είναι πολύ καλή, αφού και οι τρεις μετρήσεις του βαθμού απόδοσης που έχουν παρθεί από τα φύλλα συντήρησης είναι μεγαλύτερες του κατώτατου ορίου 88,89%.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων στην έξοδο, η οποία αποτελεί ένα καλό δείκτη της ποιότητας λειτουργίας των λεβήτων, είναι μέσα στα επιθυμητά όρια στη μέτρηση που έγινε πιο πρόσφατα το 2013. Η κάλυψη αυτού του ορίου σημαίνει την αποφυγή συμπίκνωσης υδρατμών που οδηγούν σε διαβρώσεις. Επίσης άμα ήταν πολύ υψηλή (>280°C) θα αυξάνονταν οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων.

Η περίσσεια αέρα σε μέτρηση που έγινε τον Ιανουάριο του 2013 βρέθηκε ίση με  $\lambda=1,306$  και είναι κανονική. Η τιμή 1,306 σημαίνει ότι η ποσότητα αέρα που παρέχεται στον λέβητα είναι κατά 30,6% μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται θεωρητικά. Το οξυγόνο της περισσειας αέρα δεν λαμβάνει μέρος στην καύση και απάγεται από τον λέβητα με τα καυσαέρια, αφού προηγουμένως έχει θερμανθεί. Η τιμή αυτή κινείται στα φυσιολογικά όρια. Ένας αποτελεσματικός τρόπος για την ρύθμιση της περισσειας αέρα στον λέβητα θα ήταν να ρυθμιστεί αρχικά με μία σχετικά μικρή περίσσεια αέρα, η οποία θα αυξάνεται διαρκώς όσο η περιεκτικότητα του CO<sub>2</sub> στα καυσαέρια αυξάνεται. Αν η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO<sub>2</sub> αρχίσει να μικραίνει πάλι σημαίνει πως ξεπεράστηκε η βέλτιστη περίσσεια αέρα.

Η ποσότητα του CO<sub>2</sub> είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια. Επειδή όσο πιο υψηλό το ποσοστό του CO<sub>2</sub> τόσο πιο τέλεια η καύση και άρα θα έχουμε μικρή περίσσεια αέρα και όσο μικρότερο ποσοστό

CO<sub>2</sub> έχουμε στα καυσαέρια τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας έχουμε γιατί ζεσταίνουμε αέρα που δεν είναι απαραίτητος για την καύση, συμπεραίνουμε πως η τιμή του CO<sub>2</sub> κρίνεται καλή. ( Κατά την καύση επιδιώκεται στα παραγόμενα καυσαέρια το CO<sub>2</sub> να είναι μέχρι 13%.)

Ο δείκτης αιθάλης είναι ίσος με 1 και κρίνεται ικανοποιητικός και δείχνει ότι γίνεται καλή καύση. Εκφράζει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστο καύσιμο και υψηλή τιμή σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση. Αν ο δείκτης αιθάλης ήταν πάνω από 2 θα σήμαινε ότι ο καυστήρας δε μπορεί να κάψει την παρεχόμενη ποσότητα του καυσίμου λόγω μικρής του κατάθλιψης.

### 4.3.3 Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας

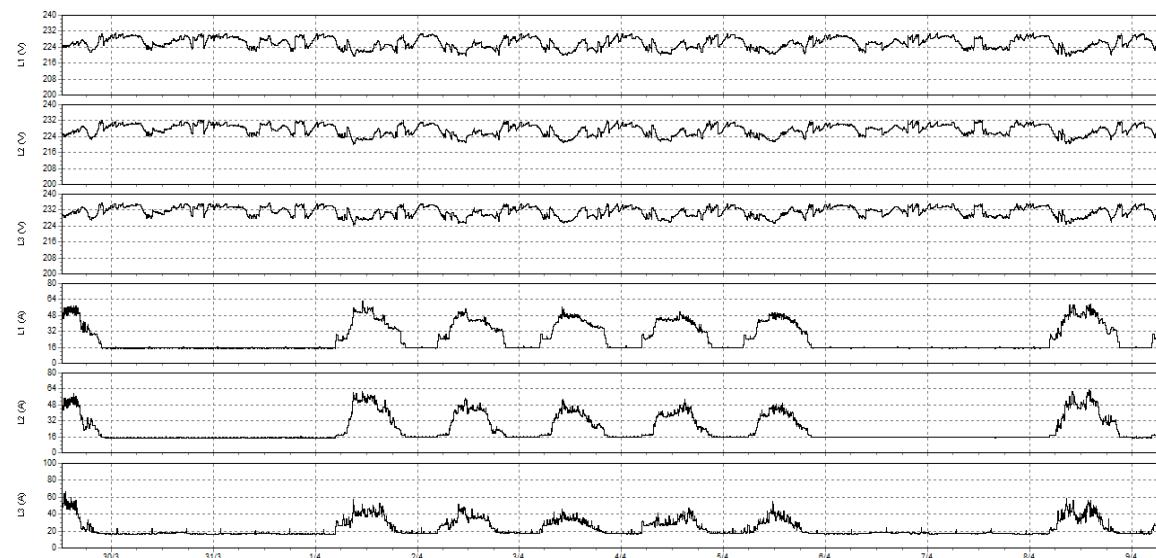
#### 4.3.3.1 Επεξεργασία Μετρήσεων

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας FLUKE 1735 τοποθετήθηκε στον γενικό πίνακα του κτιρίου σε δύο περιόδους:

- Την πρώτη φορά από την Παρασκευή 29 Μαρτίου 2013 στις 12:30 ως και την Τρίτη 9 Απριλίου 2013 στις 8:00.
- Τη δεύτερη φορά από την Τετάρτη 29 Μαΐου 2013 στις 10:00 ως και την Παρασκευή 7 Ιουνίου 2013 στις 9:00.

Τοποθετήθηκε σε συνδεσμολογία αστέρα και κατέγραφε μία μέτρηση κάθε 5 λεπτά στη μνήμη του. Σκοπός ήταν η καταγραφή των ακόλουθων ηλεκτρικών μεγεθών: τάσης, έντασης ρεύματος, ενεργού, άεργου και φαινόμενης ισχύος, συντελεστή ισχύος, cosφ, συχνότητας και αρμονικών. Οι αποθηκευμένες εικόνες ύστερα από την περίοδο μέτρησης επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου FLUKE Power Log 2.9 και η ανάλυση αυτών γίνεται παρακάτω.

Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η γραφική απεικόνιση των τάσεων και των ρευμάτων των τριών φάσεων ενδεικτικά για την πρώτη περίοδο των μετρήσεων.



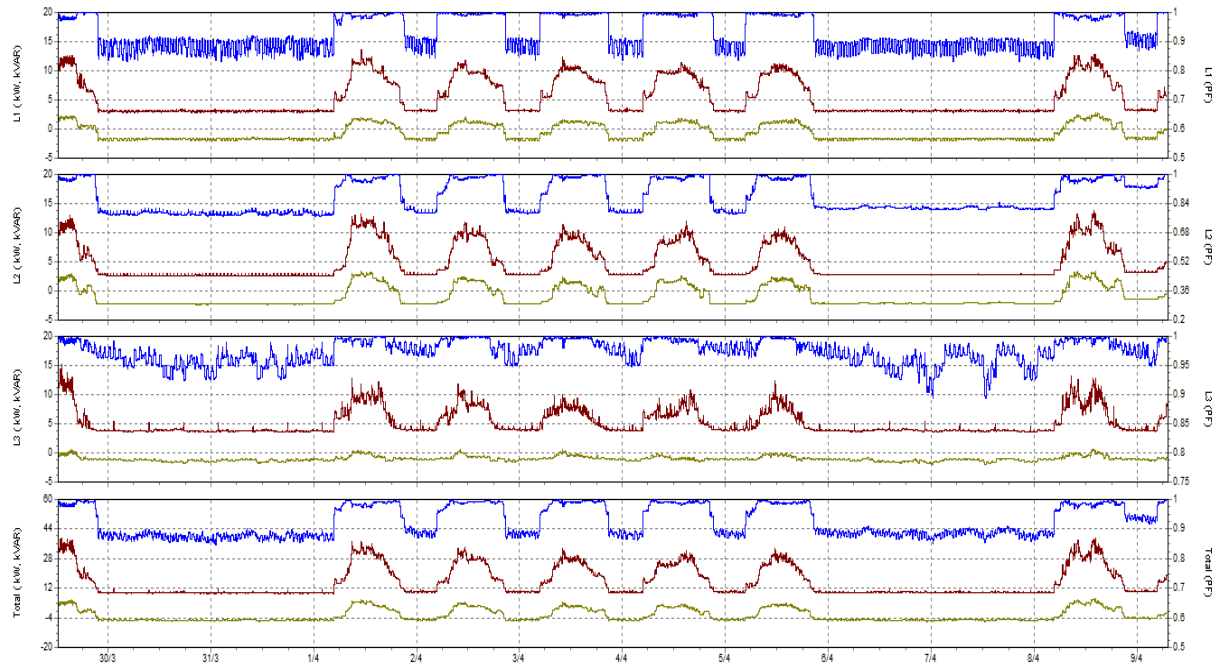
**Εικόνα 4.28 :** Καμπύλες τάσεις και ρεύματος

Δε παρατηρούνται σημαντικές ανυψώσεις ή βυθίσεις τάσης και στις 3 φάσεις. Οι φάσεις L1 και L2 παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά, η τάση τους κυμαίνεται από 224 έως 232 volt. Η τάση της L3 εμφανίζεται να είναι πάντα κατά 2 volt υψηλότερη από την τάση των άλλων δύο φάσεων, δηλαδή κυμαίνεται από 226 έως 234 volt.

Για κάθε φάση, οι καμπύλες της έντασης του ρεύματος έχουν περίπου την ίδια μορφή τις καθημερινές, ενώ τα σαββατοκύριακα που δε λειτουργεί το κτίριο το απορροφούμενο ρεύμα είναι σταθερό κατά τη διάρκεια της ημέρας.

### Πρώτη Περίοδος

Πιο κάτω δίνεται η απεικόνιση της ενεργού, άεργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος για τις 3 φάσεις L1, L2, L3 αντίστοιχα, αλλά και συνολικά για όλη την περίοδο των μετρήσεων. Με κόκκινο απεικονίζεται η ενεργός ισχύς, με πράσινο η άεργος και με μπλε χρώμα απεικονίζεται ο συντελεστής ισχύος (PF).



Εικόνα 4.29 : Καμπύλες ισχύος και συντελεστή ισχύος για πρώτη περίοδο μετρήσεων

Παρατηρήσεις:

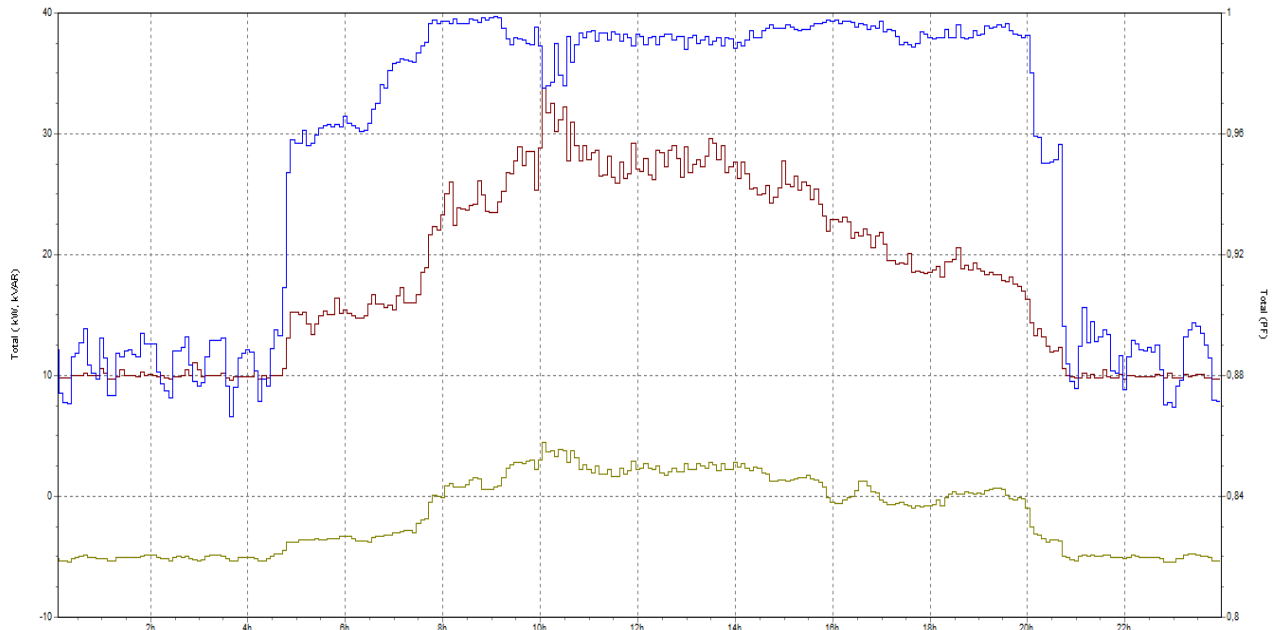
- Καθημερινά παρατηρείται όμοια συμπεριφορά στις καμπύλες ισχύος και συντελεστή ισχύος. Το φορτίο βάσης είναι περίπου 10 KW και η μέγιστη ισχύς ζήτησης είναι περίπου 30KW. Την συγκεκριμένη περίοδο καταγραφής οι καιρικές συνθήκες ήταν καλές, οπότε οι κλιματιστικές μονάδες του κεντρικού συστήματος VRV δεν βρίσκονταν σε λειτουργία. Τα Σαββατοκύριακα η ζήτηση παραμένει σταθερή και ίση με το φορτίο βάσης της εγκατάστασης.
- Η άεργος ισχύς τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, δηλαδή τις βραδινές ώρες και τα Σαββατοκύριακα είναι αρνητική και το μέτρο της είναι συγκρίσιμο με το μέτρο της ενεργού ισχύος τις ώρες αυτές. Κινείται γύρω στα -5Kvar, ενώ η ενεργός ισχύς είναι περίπου +10KW (φορτίο βάσης) αντίστοιχα. Δηλαδή τις ώρες αυτές το κτίριο παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Πυκνωτές για αντιστάθμιση άεργου ισχύος σε κάποιον πίνακα της εγκατάστασης δεν υπάρχουν που θα μπορούσαν να δίνουν αυτήν την άεργο ισχύ. Επίσης δεν έχει καταγραφεί κάποιο φορτίο στις καταναλώσεις του κτιρίου που να παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά και το μέγεθος των πυκνωτών αντιστάθμισης που υπάρχουν στους λαμπτήρες φθορισμού δεν είναι ικανό ώστε όλες τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου να δίνει σταθερή άεργο ισχύ τέτοιου μεγέθους. Η άεργος αρνητική άεργος ισχύς εκτιμάται οπότε ότι προέρχεται από το on-line UPS των 30KVA που κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου δε δίνει μεγάλη ισχύ στις καταναλώσεις, καθώς οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι υπόλοιπες περιφερειακές συσκευές είναι απενεργοποιημένες. Οπότε τα φορτισμένα χωρητικά στοιχεία που υπάρχουν στο κύκλωμα του UPS δίνουν άεργο ισχύ στο δίκτυο της ΔΕΗ. Το συγκεκριμένο φαινόμενο δε μπόρεσε να ερμηνευτεί από το τεχνικό προσωπικό της εταιρίας των UPS.



Επίσης δε ήταν δυνατή η τοποθέτηση του αναλυτή ενέργειας στον πίνακα των UPS ώστε να προσδιοριστεί ακριβώς αν η άεργος ισχύς προέρχεται από τα UPS. Συμβατικά η μέση τιμή της άεργου ισχύος είναι περίπου ίση με μηδέν στη διάρκεια ενός 24ώρου, οπότε ο συντελεστής ισχύος είναι πολύ υψηλός. Επίσημα στους λογαριασμούς της ΔΕΗ έχει καταγραφεί ενδεικτικά ίσος με 0,997 ή 1. Αυτό σημαίνει ότι δεν πληρώνεται στη ΔΕΗ κάποιο σημαντικό ποσό λόγω χαμηλού συντελεστή ισχύος. Επομένως το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν έχει κάποια αρνητική επίπτωση τεχνικά, αλλά ούτε και οικονομικά.

- Ο συντελεστής ισχύος από την ανάλυση που έγινε πιο πάνω διαπιστώνεται ότι είναι πολύ υψηλός και ίσος με 0,98 όταν είναι επαγωγικός και ίσος κατά μέσο όρο με 0,88 όταν είναι χωρητικός. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου κινείται δηλαδή σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις ώρες μη λειτουργίας όπου ο συντελεστής ισχύος είναι χωρητικός βέβαια. Αυτό ερμηνεύεται με τη βοήθεια των μεγεθών της ενεργού και άεργου ισχύος. Τις ώρες μη λειτουργίας η άεργος είναι περίπου -5Kvar και η ενεργός ισχύς +10Kvar, δηλαδή το μέτρο της άεργου είναι πάντα μεγαλύτερο ποσοστό επί της ενεργού σε σχέση με τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, όπου η άεργος έχει πάλι το ίδιο περίπου μέτρο (σε κάποιες στιγμές μηδενίζεται κιόλας), αλλά η ενεργός γίνεται τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερη (+30KW). Οπότε ο συντελεστής ισχύος προκύπτει υψηλός. Να σημειωθεί ότι όπως είναι φυσικό στις περισσότερες εγκαταστάσεις, υπάρχουν φορτία με επαγωγικό χαρακτήρα που λειτουργούν κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου (πχ κινητήρας ανελκυστήρα, κλιματιστικά) και απορροφούν άεργο ισχύ. Γι' αυτό τον λόγο η αρχικά αρνητική άεργος ισχύς, αρχίζει και αντισταθμίζεται με την άεργο που απορροφούν τα επαγωγικά φορτία όταν λειτουργούν, οπότε μηδενίζεται και γίνεται και θετική τις ώρες μέγιστης ζήτησης φορτίου εμφανίζοντας έτσι επαγωγικό συντελεστή ισχύος το κτίριο.

Για να δοθεί μία καλύτερη εικόνα σχετικά με τις μεταβολές των μεγεθών παρατίθεται διάγραμμα συντελεστή ισχύος και ισχύος για μια τυχαία καθημερινή του Απριλίου.



Εικόνα 4.30 : Καμπύλες ισχύος και συντελεστή ισχύος για μία μέρα του Απριλίου

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

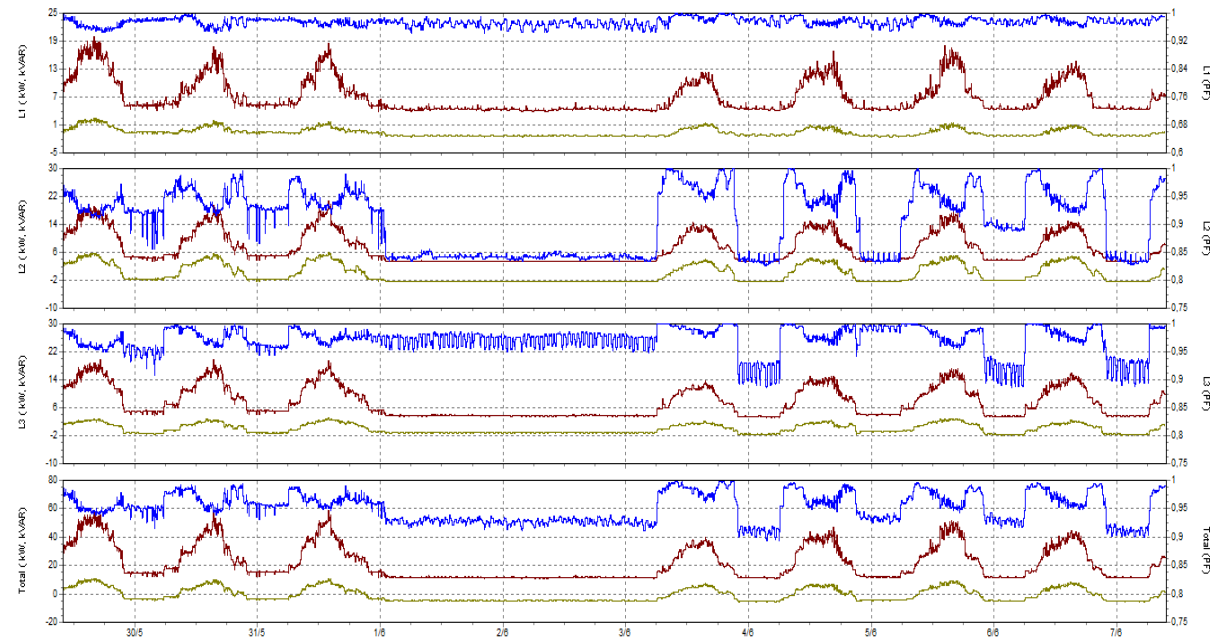
- Η ενεργός ισχύς αρχίζει να αυξάνεται από τις 6:30 πρωί με την άφιξη του φύλακα στο κτίριο. (\*Η ώρα στον αναλυτή ήταν ρυθμισμένη μία ώρα πίσω από την κανονική\*). Από τις 6:30 ως τις 8:30 η ζήτηση ενεργού ισχύος είναι περίπου σταθερή και η παραπάνω ενεργός ισχύς που ζητείται σε σχέση με το φορτίο βάσης οφείλεται στην ανάγκη για φωτισμό.
- Η ζήτηση φορτίου γίνεται μέγιστη από τις 11:00 ως τις 15:00 και είναι ίση περίπου με 28KW. Αυτή την περίοδο οι περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι σε λειτουργία, η ζήτηση ισχύος από τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές είναι η μεγαλύτερη (πχ εκτυπωτές, εξοπλισμός κουζίνας).
- Μετά τις 15:00 η ζήτηση φορτίου αρχίζει να μειώνεται σταδιακά ως τις 21:30. Αυτό είναι λογικό καθώς οι εργαζόμενοι αποχωρούν σταδιακά από το κτίριο και οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια όλο και μειώνονται για παράδειγμα με την απενεργοποίηση κάποιων ηλεκτρονικών συσκευών και το σβήσιμο κάποιων λαμπτήρων. Από τις 21:30 ως το πρωί η ζήτηση ισχύος αφορά το φορτίο βάσης που είναι 10KW.
- Η άεργος ισχύς αυξάνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, διότι τίθενται σε πιο συχνή λειτουργία συσκευές που έχουν απαιτήσεις άεργου ισχύος όπως κινητήρας ανελκυστήρα, ίσως κάποια αυτόνομα κλιματιστικά μηχανήματα και μικρή σχετικά άεργος ισχύς ζητείται επίσης από τα φωτιστικά σώματα φθορισμού παρόλο που έχουν πυκνωτή αντιστάθμισης.

**Ταύτιση υπολογιζόμενης ενεργού ισχύος από καταγραφή και από ενεργειακό αναλυτή**

Η εικόνα της ενεργού ισχύος που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα είναι πολύ κοντινή της εικόνας που είχε διαμορφωθεί προηγουμένως από την καταγραφή των καταναλώσεων του κτιρίου. Το φορτίο βάσης των 10 KW, διαμορφώνεται από τα 3KW των server, τα 2,5KW που απαιτούνται για ψύξη των UPS και των server, τα 2KW που αφορούν φώτα που δεν απενεργοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της νύχτας και 3KW για ηλεκτρικές συσκευές. Για μια τυπική μέρα απαιτούνται επιπλέον 8KW για φωτισμό, 11KW για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, σύνολο δηλαδή περίπου 30KW, όταν δεν είναι σε λειτουργία το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV και το σύστημα θέρμανσης με σώματα καλοριφέρ.

**Δεύτερη περίοδος:**

Παρακάτω παρατίθεται το αντίστοιχο διάγραμμα για την περίοδο 29/5 ως 7/6 του 2013:



**Εικόνα 4.31 :** Καμπύλες ισχύος και συντελεστή ισχύος για δεύτερη περίοδο μετρήσεων

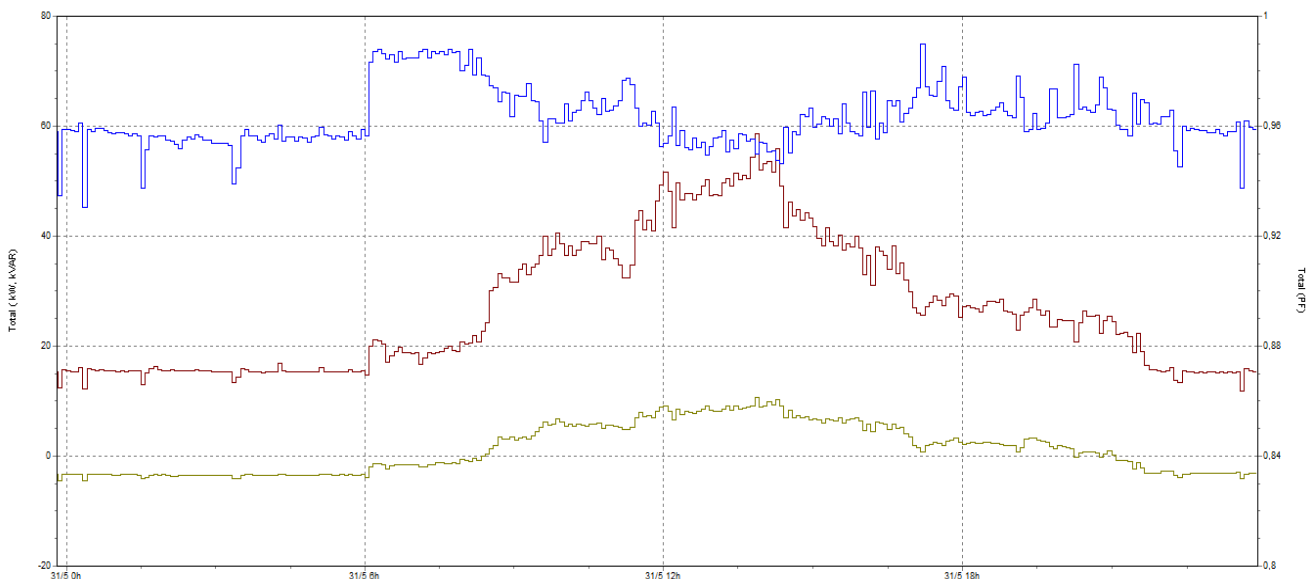
**Παρατηρήσεις:**

- Το φορτίο βάσης είναι 12-14 KW και η μέγιστη ισχύς είναι περίπου 55KW, η οποία ζητήθηκε τις μεσημεριανές ώρες στις 29/5 και 31/5. Την περίοδο καταγραφής από τον αναλυτή οι κλιματιστικές μονάδες του κεντρικού συστήματος κλιματισμού VRV βρίσκονταν σε λειτουργία. Όπως ήταν αναμενόμενο ειδικά τις δύο μέρες που αναφέρονται παραπάνω η ζήτηση για ψύξη ήταν πιο έντονη καθώς η εξωτερική θερμοκρασία άγγιζε τους 32 βαθμούς. Οπότε τα 25KW που ζητήθηκαν παραπάνω από μία τυπική μέρα χωρίς κλιματισμό που η αιχμή ζήτησης φορτίου ήταν 30KW οφείλονται

στις ανάγκες για ψύξη. Τα Σαββατοκύριακα η ζήτηση παραμένει σταθερή και ίση με το φορτίο βάσης της εγκατάστασης.

- Η άεργος ισχύς τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, δηλαδή τις βραδινές ώρες και τα Σαββατοκύριακα είναι αρνητική και το μέτρο της είναι συγκρίσιμο με το μέτρο της ενεργού ισχύος τις ώρες αυτές. Κινείται γύρω στα  $-3\text{Kvar}$ , ενώ η ενεργός ισχύς είναι περίπου  $+14\text{KW}$  (φορτίο βάσης) αντίστοιχα. Δηλαδή τις ώρες αυτές το κτίριο παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Οπότε τα φορτισμένα χωρητικά στοιχεία που υπάρχουν στο κύκλωμα του UPS δίνουν άεργο ισχύ στο δίκτυο της ΔΕΗ. Το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι αυτό που αναλύθηκε παραπάνω στην επεξεργασία των δεδομένων της πρώτης περιόδου. Τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου κάποιες μέρες η άεργος φθάνει τα  $+9\text{KVar}$ .
- Ο συντελεστής ισχύος είναι υψηλός και γύρω στο 0,96 όταν είναι επαγωγικός και 0,93 όταν είναι χωρητικός, δηλαδή τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου. Κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου κινείται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις ώρες μη λειτουργίας όπου ο συντελεστής ισχύος είναι βέβαια χωρητικός. Σε αυτή την περίοδο καταγραφής υπάρχει μία διαφορά: Η έντονη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων απαιτεί περισσότερη άεργο ισχύ και ο επαγωγικός συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης είναι σίγουρα πολύ καλός, αλλά μειώνεται ελαφρώς τις ώρες που η άεργος ισχύς φτάνει στην αιχμή της. Επίσης παρατηρούνται πιο έντονες διακυμάνσεις σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση που οφείλονται στη μεταβλητή περίοδο λειτουργίας των κλιματιστικών. Η αρχικά αρνητική άεργος ισχύς, αρχίζει και αντισταθμίζεται με την άεργο που απορροφούν τα επαγωγικά φορτία όταν λειτουργούν, ως επί των πλείστων τα κλιματιστικά, οπότε μηδενίζεται και γίνεται και θετική τις ώρες μέγιστης ζήτησης φορτίου εμφανίζοντας έτσι επαγωγικό συντελεστή ισχύος το κτίριο.

Για να δοθεί μία καλύτερη εικόνα σχετικά με τις μεταβολές των μεγεθών παρατίθεται διάγραμμα συντελεστή ισχύος και ισχύος για μια τυχαία καθημερινή του Ιουνίου:



**Εικόνα 4.32 :** Καμπύλες ισχύος και συντελεστή ισχύος για μία μέρα του Ιουνίου

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

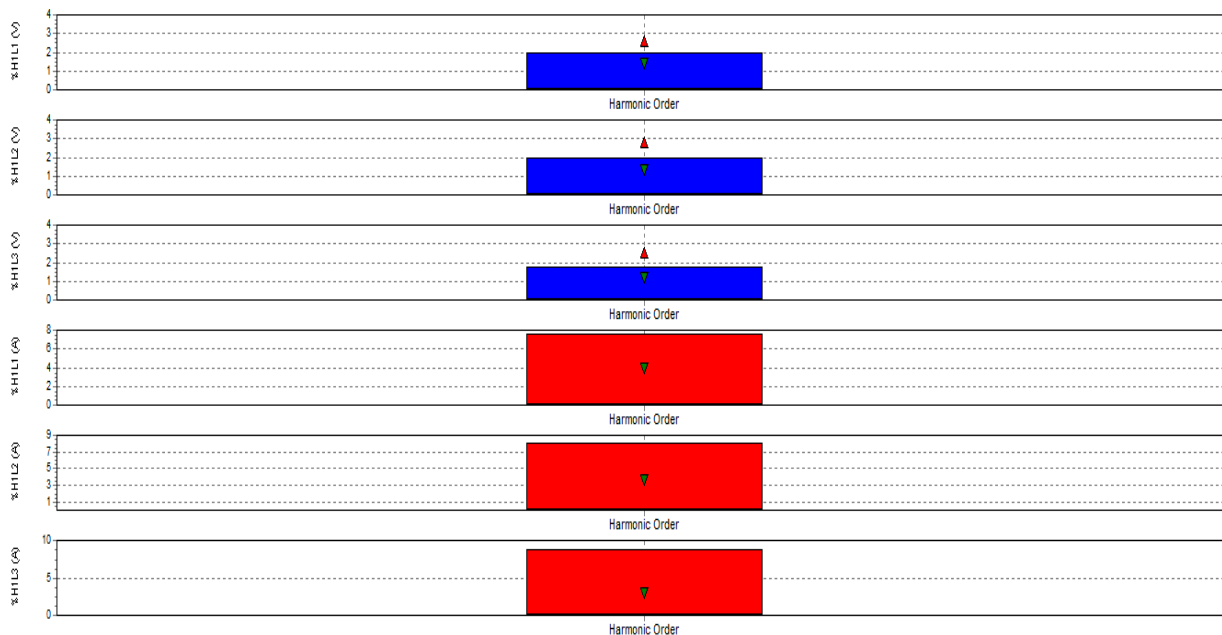
- Η ενεργός ισχύς αρχίζει να αυξάνεται από τις 6:00 πρωί με την άφιξη του φύλακα στο κτίριο. Από τις 6:00 ως τις 8:30 η ζήτηση ενεργού ισχύος είναι περίπου σταθερή και η παραπάνω ενεργός ισχύς που ζητείται σε σχέση με το φορτίο βάσης οφείλεται στην ανάγκη για φωτισμό, αποτυπώνεται το ίδιο συμπέρασμα με την πρώτη μέτρηση.
- Η ζήτηση φορτίου γίνεται μέγιστη από τις 11:30 ως τις 14:30 και είναι ίση περίπου με 52KW. Αυτή την περίοδο οι περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι σε λειτουργία, η ζήτηση ισχύος από τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές είναι η μεγαλύτερη (πχ εκτυπωτές, εξοπλισμός κουζίνας), ίδιο συμπέρασμα με την πρώτη περίοδο μετρήσεων, αλλά ζητούνται επιπλέον 22KW για την κάλυψη αναγκών ψύξης.
- Μετά τις 15:00 η ζήτηση φορτίου αρχίζει να μειώνεται σταδιακά ως τις 21:30. Αυτό είναι λογικό καθώς οι εργαζόμενοι αποχωρούν σταδιακά από το κτίριο και οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια όλο και μειώνονται για παράδειγμα με την απενεργοποίηση κάποιων ηλεκτρονικών συσκευών, κλιματιστικών και το σβήσιμο κάποιων λαμπτήρων. Από τις 21:30 ως το πρωί η ζήτηση ισχύος αφορά το φορτίο βάσης που είναι 14KW.
- Η άεργος ισχύς αυξάνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες έντονα, διότι τίθενται σε λειτουργία τα κλιματιστικά μηχανήματα, φθάνοντας τα +9KVar.

### Ταύτιση υπολογιζόμενης ενεργού ισχύος από καταγραφή και από ενεργειακό αναλυτή

Η εικόνα της ενεργού ισχύος που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα είναι πολύ κοντινή της εικόνας που είχε διαμορφωθεί προηγουμένως από την καταγραφή των καταναλώσεων του κτιρίου και σε αυτή τη περίοδο μέτρησης. Το φορτίο βάσης των 14 KW, διαμορφώνεται από τα 3KW των server, τα 2,5KW που απαιτούνται για ψύξη των UPS και των server, τα 2KW που αφορούν φώτα που δεν απενεργοποιήθηκαν τη νύχτα, 3KW για ηλεκτρικές συσκευές και 3KW που αφορούν ξεχασμένα κλιματιστικά μηχανήματα. Λόγω της λειτουργίας των κλιματιστικών τη νύχτα, παρατηρείται σε αντίθεση με την προηγούμενη περίοδο αύξηση της άεργου ισχύος κατά δύο μονάδες (από -5KVar σε -3KVar), διότι τα 2Kvar άεργου απορροφήθηκαν από τα κλιματιστικά. Για μια τυπική μέρα απαιτούνται επιπλέον 8KW για φωτισμό, 11KW για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, σύνολο δηλαδή περίπου 30KW και 22KW για ψύξη.

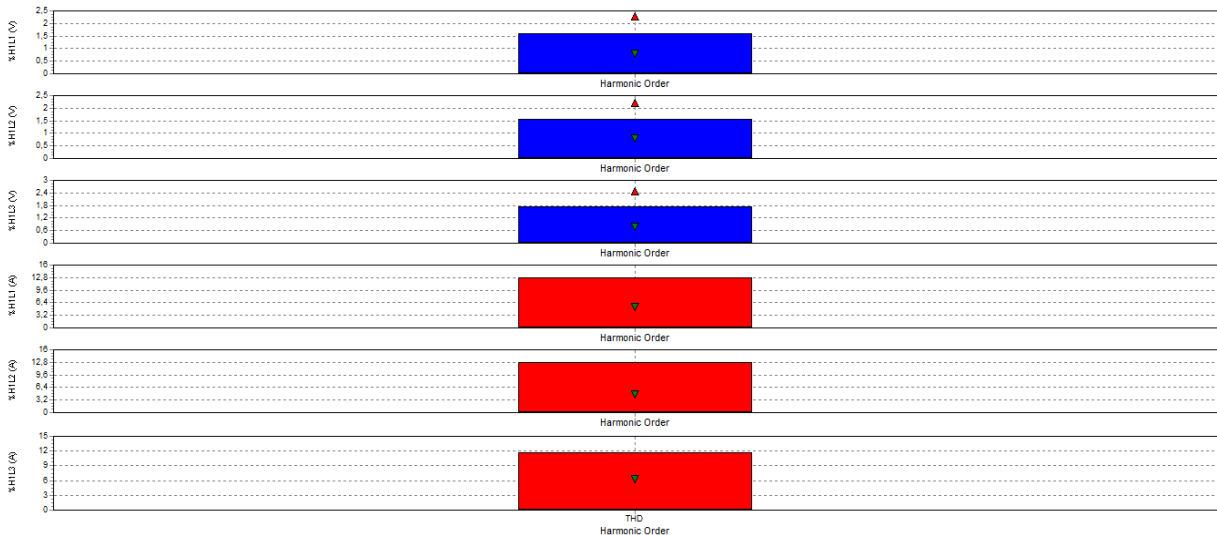
### Αρμονικές ρεύματος και τάσης

Επίσης πιο κάτω δίνεται το διάγραμμα των THD(Total Harmonic Distortion), δηλαδή των δεικτών της συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης για την τάση και το ρεύμα των 3 φάσεων για την πρώτη περίοδο μετρήσεων. Ο THD της τάσης για τις φάσεις L1,L2,L3 είναι 2%, 2% και 1,9% αντίστοιχα, ενώ του ρεύματος είναι 7,8%, 8% και 9% αντίστοιχα. **Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα πρέπει οι THD τάσης και ρεύματος να είναι μικρότεροι ή ίσοι του 2% και 8% αντίστοιχα.** Εκτός ορίων βρίσκεται ο THD του ρεύματος της τρίτης φάσης L3, ενώ και οι υπόλοιποι συντελεστές βρίσκονται οριακά εντός ορίων.



**Εικόνα 4.33 :** Αρμονικές τάσεις και ρεύματος για την πρώτη περίοδο μετρήσεων

Πιο κάτω δίνονται οι THD της τάσης για τις φάσεις L1,L2,L3 που είναι ίσοι με 1,6%, 1,6% και 1,8% αντίστοιχα, ενώ του ρεύματος είναι 12,8%, 12,8% και 12% αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα που αναφέρθηκαν πιο πάνω εκτός ορίων βρίσκονται οι THD του ρεύματος και των τριών φάσεων, ενώ οι THD της τάσης βρίσκονται οριακά εντός ορίων. Η δημιουργία αρμονικών πέραν των επιτρεπόμενων ορίων στο δίκτυο, σημαίνει πως δε γίνεται αποτελεσματική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και οφείλεται συνήθως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, ανορθωτών τάσης, inverters, λαμπτήρων φθορισμού, ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.α. Το θέμα των αρμονικών πρέπει να εξεταστεί και να μελετηθεί εκτενώς αφού πέρα από τις αυξημένες απώλειες ενέργειας, οι αρμονικές δύνανται να προκαλέσουν και άλλα σημαντικά προβλήματα στο δίκτυο και να επηρεάσουν και τμήματα του εξοπλισμού, πχ θέρμανση καλωδίων ή παρεμβολές σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό και ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις.



Εικόνα 4.34 : Αρμονικές τάσεις και ρεύματος για τη δεύτερη περίοδο μετρήσεων

#### 4.3.3.2 Συμπεράσματα

Με τη χρήση του αναλυτή ενέργειας **αποσαφηνίστηκαν το μέγεθος και η περίοδος της ζήτησης του κάθε είδους φορτίου του κτιρίου**, ανάλυση που έρχεται σε συμφωνία με την προσομοίωση που έγινε νωρίτερα και τους λογαριασμούς της ΔΕΗ.

Ακόμα εντοπίστηκε πως κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου, **άεργος ισχύς επιστρέφεται στο δίκτυο**, κάτι που πιθανότερα οφείλεται στα χωρητικά στοιχεία των UPS που είναι σε on-line λειτουργία. Το γεγονός αυτό βοηθά στην αντιστάθμιση της άεργου ισχύος της εγκατάστασης με αποτέλεσμα επίσημα στους λογαριασμούς της ΔΕΗ να καταγράφεται πολύ υψηλός συντελεστής ισχύος (0,99). Οπότε η εγκατάσταση πυκνωτών αντιστάθμισης σε κεντρικό πίνακα δεν θα επιφέρει όφελος.

Επίσης σύμφωνα με τις μετρήσεις του αναλυτή **οι Συντελεστές Αρμονικής Παραμόρφωσης (THD) του ρεύματος είναι εκτός ορίων**. Για την αντιμετώπιση προβλημάτων που προκαλούνται από αρμονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο. Το φίλτρο είναι συνδυασμός πυκνωτή και πηνίου και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των χαρακτηριστικών του διότι υπάρχει κίνδυνος αντί να μειωθεί το πρόβλημα των αρμονικών αυτό να αυξηθεί.





## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>**

### ***Πρόταση και Αξιολόγηση Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης***



## 5.1 Εισαγωγή

Το τελευταίο και ίσως σημαντικότερο στάδιο μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων και λύσεων είτε για την αντιμετώπιση των υπαρχόντων ενεργειακών προβλημάτων είτε για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου.

Στόχος της διαδικασίας είναι η δημιουργία προοπτικών και προϋποθέσεων για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους βασικούς τεχνοοικονομικούς παράγοντες και τις πιθανές μεταβολές τους (τιμές καυσίμων, επικείμενα νομοθετικά πλαίσια, οικονομικούς δείκτες, επιδοτήσεις κ.α).

Κύριο μέλημα στο σχεδιασμό των δράσεων είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων φυσικών πόρων με σκοπό την εξασφάλιση ιδανικών θερμικών και οπτικών συνθηκών με το μικρότερο δυνατό κόστος (βιοκλιματικός σχεδιασμός) αλλά και η ελαχιστοποίηση των μη αναγκαίων καταναλώσεων, τομέας στον οποίο είναι απαραίτητη η ευαισθητοποίηση και η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα.

Πέρα όμως από τα άμεσα οφέλη, εξίσου σημαντική είναι η συνεισφορά των προτεινόμενων δράσεων και στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης εξοπλισμού φιλικότερου προς αυτό και της μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες αλλά και επιδοτήσεις προς αυτή την κατεύθυνση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Εν γένει, οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη διαδικασία του ενεργειακού ελέγχου, κατατάσσονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Δράσεις νοικοκυρέματος. Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Συχνά έχουν σχέση με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
- Δράσεις χαμηλού κόστους. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό του εκάστοτε κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αποπληρώνεται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια).
- Δράσεις ανακατασκευής. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους. Οι επεμβάσεις προϋποθέτουν τεχνοοικονομική μελέτη αξιολόγησης.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις δυνατότητες βελτιωτικών παρεμβάσεων στο φωτισμό, στη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, στο κτιριακό κέλυφος, ενώ μελετάται και η προοπτική εγκατάστασης φωτοβολταϊκών και ηλιακού συλλέκτη στην ταράτσα για την κάλυψη αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.

## 5.2 Κριτήρια Επιλογής

Η αξιολόγηση και η επιλογή των προτάσεων γίνεται μέσω διεξοδικής ανάλυσης των ελλείψεων και των αναγκών του κτιρίου βάσει της μελέτης που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη ποικίλους παράγοντες όπως η τοποθεσία του κτιρίου, οι βιοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, οι δυνατότητες εφαρμογής των μέτρων αλλά και οι εργασιακές συνθήκες με γνώμονα πάντα τη βέλτιστη κάλυψη των αναγκών των εργαζομένων. Η επιλογή του εκάστοτε εξοπλισμού γίνεται βάσει συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών (ειδικά χαρακτηριστικά, παρεχόμενη εγγύηση, έξοδα συντήρησης κλπ) και πάντα κατόπιν συμβουλής εξειδικευμένου προσωπικού σε κάθε τομέα εφαρμογής με στόχο τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό αξιοπιστίας, απόδοσης και τιμής. Σε κάθε περίπτωση, υπολογίζεται η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος που θα προκύψει σε ετήσια βάση, συνυπολογίζοντας και τη βελτίωση των εργασιακών συνθηκών (πχ. καλύτερα επίπεδα φωτισμού, θέρμανσης κλπ.).

Ωστόσο η διαδικασία επιλογής βασίζεται κατά κύριο λόγο στα βασικά οικονομικά κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) της επένδυσης.

### 5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το κύριο οικονομικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας επένδυσης. Ο τύπος υπολογισμού είναι ο εξής:

$$ΚΠΑ = -K + \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^N}$$

K : Κόστος αρχικής επένδυσης

F<sub>i</sub> : Ετήσιο καθαρό όφελος

N : Διάρκεια ζωής επένδυσης (έτη)

d : Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία

YA : Η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος της ζωής της

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

- Για ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη,
- Για ΚΠΑ < 0, η επένδυση δεν θεωρείται βιώσιμη
- Για ΚΠΑ = 0, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d

**Γενικότερα, μεγάλη ΚΠΑ συνεπάγεται και υψηλή οικονομική απόδοση της επένδυσης. Σημειώνεται ότι σε όλους τους υπολογισμούς του παρόντος κεφαλαίου, η υπολειμματική αξία θεωρείται μηδενική, το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5% και η διάρκεια ζωής των περισσότερων επενδύσεων δεκαετής.**

### 5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA- IRR)

Το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών. Για την εύρεση του πρακτικά εξισώνεται η καθαρή παρούσα αξία με μηδέν.

$$ΚΠΑ_{(d=EBA)} = 0$$

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

- Για  $EBA > d$ , η επένδυση κρίνεται αποδεκτή
- Για  $EBA < d$ , η επένδυση κρίνεται μη αποδεκτή
- Για  $EBA = d$ , η αποδοχή ή η της επένδυσης είναι στην κρίση του επενδυτή

Το κριτήριο του EBA παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με το κριτήριο της ΕΠΑ γι' αυτό και συχνά προτιμάται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης. Ωστόσο πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύγκριση επενδύσεων διαφορετικών μεγεθών ενδέχεται να μη δώσει απολύτως σωστά αποτελέσματα.

### 5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ-DPB)

Το κριτήριο Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Για τον προσδιορισμό της ΕΠΑ λύνεται η εξίσωση:

$$ΚΠΑ_{(N=ΕΠΑ)} = 0$$

Η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή του ΕΠΑ ικανοποιεί τις προσδοκίες του εκάστοτε επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής της. Συνήθως το έργο κρίνεται βιώσιμο εάν η ΕΠΑ είναι μικρότερη από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

**Η τιμή της KWh είναι σύμφωνα με το γενικό τιμολόγιο και λογαριασμούς της ΔΕΗ 0,15€ με τον ΦΠΑ και με το Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων. Στη παρούσα διπλωματική θεωρείται αύξηση της τιμής σε ετήσια βάση 5% . Οι επενδύσεις θεωρείται ότι πραγματοποιούνται με ίδια κεφάλαια. [24]**

## 5.3 Προτεινόμενες Δράσεις Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας

### 5.3.1 Δράσεις για Φωτισμό

#### 5.3.1.1 Εισαγωγή - Δράσεις Νοικοκυρέματος

Ο τομέας του φωτισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επιδρά στη λειτουργικότητα και κατά συνέπεια στην παραγωγικότητα μιας μονάδας. Ιδιαίτερα στα κτίρια γραφείων, όπου η φύση της εργασίας απαιτεί υψηλά επίπεδα φωτεινότητας και καλής ποιότητας φωτισμό, η εγκατάσταση φωτισμού οφείλει να είναι πολύ προσεγμένη.

Αναλυτικότερα η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα του φωτισμού έχει επιφέρει την αύξηση της απόδοσης της φωτεινότητας των λαμπτήρων συμπεριλαμβανομένου και του παρελκόμενου εξοπλισμού τροφοδοσίας μέχρι και κάποιες μονάδες πάνω από τα 100 lm/W, σε σχέση με τα 20 lm/W ενός συνηθισμένου λαμπτήρα πυρακτώσεως, με παράλληλη μείωση των θερμικών απωλειών και επέκταση του ορίου ζωής των.

Επιπρόσθετα η δυνατότητα ρύθμισης της έντασης φωτισμού (dimming) έχει πλέον βελτιστοποιηθεί για όλες τις τεχνολογίες φωτισμού και δύναται να εφαρμοστεί αυτόματα μέσω αυτόματου συστήματος ελέγχου της φωτεινής έντασης, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και κατά 60% (στην περίπτωση συνδυασμένου ελέγχου παρουσίας προσωπικού και φωτεινότητας χώρου λόγω φυσικού φωτισμού).

**Σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε στο τρίτο κεφάλαιο προέκυψε πως ο τομέας του φωτισμού είναι υπεύθυνος για το 15% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και αφήνει περιθώρια βελτίωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό.**

Στις δράσεις νοικοκυρέματος εντάσσονται τα ακόλουθα μέτρα:

- ✓ Καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους.
- ✓ Ευαισθητοποίηση των εργαζομένων για αποφυγή άσκοπης χρήσης φωτισμού, κυρίως κατά την αποχώρησή από το κτίριο να σβήνουν όλα τα φώτα του χώρου εργασίας τους.

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται λόγω επικάθισης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων, της γήρανσης των υλικών των φωτιστικών τα οποία συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός (ανακλαστήρες, περσίδες κλπ) καθώς και της γήρανσης των λαμπτήρων και των ballast. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσης της σε σχέση με την αρχική. Αν η συντήρηση είναι τακτική η μείωση δεν υπερβαίνει το 25%, ενώ όταν είναι πλημμελής υπερβαίνει το 40%. Από μετρήσεις που έχουν γίνει σε τυπικούς επαγγελματικούς χώρους, εξήχθη το συμπέρασμα ότι εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15%, εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (ακόμη και αν λειτουργούν).

Σημειώνεται ότι η απόδοση των απλών λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται κατά 30% όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους (ο βαθμός εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος έναυσης). Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν, πέραν της μέσης διάρκειας ζωής, την οικονομική διάρκεια ζωής η οποία υποδηλώνει το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη. [20]

Στα πλαίσια βελτίωσης των εργασιακών συνθηκών και μείωσης της κατανάλωσης προτείνονται λύσεις στην συνέχεια χαμηλού κόστους ή και ανακατασκευής με σημαντικά οφέλη τόσο για το κτίριο του ΣΕΒ όσο και για το περιβάλλον.

### 5.3.1.2 Αντικατάσταση Μαγνητικών Διατάξεων Έναυσης (ballast)

Αρχικά προτείνεται η χρήση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης αντί των συμβατικών μαγνητικών.



Εικόνα 5.1 : Ηλεκτρονικό (πάνω) και μαγνητικό (κάτω) ballast [21]

Παρακάτω παρατίθενται κάποια πλεονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρονικών ballast έναντι των συμβατικών:

- 1) **Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας ως και 25%**, το οποίο ποσό προκύπτει από τη σύγκριση της κατανάλωσης μιας εγκατάστασης φωτισμού στην οποία χρησιμοποιούνται συμβατικά ballast με την κατανάλωση που θα είχε η ίδια εγκατάσταση χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά ballast. Η μειωμένη κατανάλωση οφείλεται κυρίως: στην καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα και μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast. Το ποσοστό 25% μπορεί να αυξηθεί περισσότερο, εάν ληφθεί υπόψη πως ο υπολογισμός έγινε με αναφορά στην ονομαστική απόδοση του λαμπτήρα που παρέχουν οι κατασκευαστές για λειτουργία με συμβατικό ballast, ενώ είναι γνωστό ότι αρκετά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερες αποδόσεις.
- 2) Έμμεσα οφέλη που αφορούν τη χρήση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με ηλεκτρονικά ballast:

- ✓ **Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers)**, η οποία είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Το χαρακτηριστικό αυτό, αλλά γενικότερα, η δυνατότητα ρύθμισης και ελέγχου του φωτιστικού με σήματα χαμηλής τάσης στο ballast, καθιστούν τα φωτιστικά κατάλληλα για τη λειτουργία τους με απλούς αυτοματισμούς. Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
- ✓ **Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (BMS)**, δυνατότητα που είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου (η εξοικονόμηση αυτή δεν είναι προσθετική στην αντίστοιχη που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει).
- ✓ **Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη φωτεινή ροή που παράγεται όταν αυτός λειτουργεί με συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast.** Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής (ballast factor B.F.=0,8-0,95). Επομένως, η ονομαστική απόδοση των λαμπτήρων δεν μπορεί να επιτευχθεί με τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast. Αντιθέτως, τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση των λαμπτήρων κατά 12% περίπου (B.F= 1,12). Αυτό σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast (B.F. = 1,12) απαιτεί  $(112-95)/95= 18\%$  περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια την εγκατάσταση με ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας (B.F = 0,95). Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast μπορεί να αξιοποιηθεί κυρίως σε νέες εγκαταστάσεις και το όφελος τότε είναι μεγαλύτερο, διότι όχι μόνο μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά).
- ✓ **Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί (για παράδειγμα λόγω γήρανσης)**, ενώ το συμβατικό ballast εξακολουθεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- ✓ **Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως τέσσερις) με ένα μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες.** Αντιθέτως, το συμβατικό ballast δε μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των δύο λαμπτήρων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα τυπικού φωτιστικού 4x18 W που λειτουργεί με δύο συμβατικά ballast (ένα ballast ανά δύο λαμπτήρες σε σειρά) ενώ με ένα ηλεκτρονικό ballast όταν αντικαταστήσει τα δύο συμβατικά.
- ✓ **Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%)**, οπότε μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων, παρόλο που αυτό δεν είναι πάντα εγγυημένο. [20]

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση καταγράφηκαν: 210 λαμπτήρες φθορισμού των 36W και 104 λαμπτήρες φθορισμού των 18W. Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης θα θεωρηθεί ότι το κόστος του ηλεκτρονικού ballast είναι 10 ευρώ και το κόστος εργασίας αντικατάστασης 10 ευρώ με τον ΦΠΑ. Το κάθε ballast τροφοδοτεί δύο λαμπτήρες, άρα για 314 λαμπτήρες φθορισμού απαιτούνται 157 ballast.



Αρχικό Κόστος Επένδυσης  $K = 157 \cdot 20 = 3140$  ευρώ

Στους υπολογισμούς του τρίτου κεφαλαίου οι καταναλώσεις για φωτισμό ανέρχονται στις 26.470 kWh ετησίως. Η ενέργεια που καταναλώνεται από τους λαμπτήρες τύπου T8 των 36W και 18W είναι περίπου 15280 kWh. Μια εξοικονόμηση της τάξης των 25% από την αλλαγή των ballast αντιστοιχεί σε  $15280 \cdot 0,25 = 3820$  kWh ετησίως. Στο τέλος του πρώτου έτους η εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 εμπορικό – 0,15 ευρώ/ kWh με όλους τους φόρους) υπολογίζεται ως εξής:

$$Fi = 3820 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ ευρώ/ kWh} = 573 \text{ ευρώ.}$$

Οι υπολογισμοί για την αξιολόγηση της επένδυσης δίνονται πιο κάτω:

**Πίνακας 5.1 :** Υπολογισμός αντικατάστασης μαγνητικών ballast

Έτη	Τιμή kWh (€)	Εξοικονομούμενες kWh	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγόμενες KTP (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	3820,000	573,000	545,714	-2594,286
2	0,158	3820,000	601,650	545,714	-2048,571
3	0,165	3820,000	631,733	545,714	-1502,857
4	0,174	3820,000	663,319	545,714	-957,143
5	0,182	3820,000	696,485	545,714	-411,429
6	0,191	3820,000	731,309	545,714	134,286
7	0,201	3820,000	767,875	545,714	680,000
8	0,211	3820,000	806,269	545,714	1225,714
9	0,222	3820,000	846,582	545,714	1771,429
10	0,233	3820,000	888,911	545,714	<b>2317,143</b>
ΣΥΝΟΛΟ				<b>5457,143</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\text{ΚΠΑ} = -3.140 + 5.457,143 = 2.317,143$ ,  $\text{ΕΒΑ} = 17,1\%$ , και  $\text{ΕΠΑ} = 5,7$  έτη, οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.1.3 Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού T8 με T5

Οι λαμπτήρες T5 με διάμετρο σωλήνα 16mm έχουν διαφορετική διάσταση από τους λαμπτήρες T8 που έχουν διάμετρο 26mm οπότε δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση αυτών στις υπάρχοντες βάσεις των υφιστάμενων φωτιστικών. Επίσης λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικά ballast, οπότε έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη δράση.



Εικόνα 5.2 : Λαμπτήρας φθορισμού T5 (πάνω) και T8 (κάτω) [20]

Η απόδοση λαμπτήρα T8 σε συνδυασμό με ηλεκτρομαγνητικό ballast δε ξεπερνά τα 76lm/W, ενώ η απόδοση λαμπτήρα T5 (με ηλεκτρονικό ballast) μπορεί να φτάσει και τα 92lm/W. Οπότε έχουμε συνολικά 21% υψηλότερη απόδοση των T5 έναντι των T8 με συμβατικό ballast.

Για τη συγκεκριμένη δράση θα πραγματοποιηθεί η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά, η αλλαγή του T8 λαμπτήρα φθορισμού με T5 και η αλλαγή των βάσεων που στηρίζεται ο κάθε λαμπτήρας. Το κόστος του κάθε ηλεκτρονικού ballast είναι 10 ευρώ, το κόστος κάθε λαμπτήρα T5 είναι 2 ευρώ και το κόστος κάθε βάσης είναι 0,5 ευρώ. Το κόστος εργασίας αντικατάστασης υπολογίζεται στα 16 ευρώ ανά δύο λαμπτήρες και ένα ballast.

Αρχικό Κόστος Επένδυσης :  $K = 157 \cdot 26 + 314 \cdot (2+1) = 4082 + 942 = 5024$  ευρώ.

Υπολογίζεται ότι όλη η δράση θα επιφέρει εξοικονόμηση 28% στην κατανάλωση για φωτισμό. Οπότε η ετήσια εξοικονόμηση σε Kwh θα είναι  $0,28 \cdot 15280 = 4278$  Kwh. Στο τέλος του πρώτου έτους η εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 εμπορικό – 0,15 ευρώ/ kWh με όλους τους φόρους) υπολογίζεται ως εξής:

$$Fi = 4278 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ ευρώ/ kWh} = 641,7 \text{ ευρώ}$$

Πίνακας 5.2 : Υπολογισμός αντικατάστασης λαμπτήρων T8 με T5

Έτη	Τιμή kwh (€)	Εξοικονομούμενες Kwh	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	4278	641,700	611,143	-4412,857
2	0,158	4278	673,785	611,143	-3801,714
3	0,165	4278	707,474	611,143	-3190,571
4	0,174	4278	742,848	611,143	-2579,429
5	0,182	4278	779,990	611,143	-1968,286
6	0,191	4278	818,990	611,143	-1357,143
7	0,201	4278	859,939	611,143	-746,000
8	0,211	4278	902,936	611,143	-134,857
9	0,222	4278	948,083	611,143	476,286
10	0,233	4278	995,487	611,143	<b>1087,429</b>
ΣΥΝΟΛΟ				<b>6111,429</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $KPA=-5.024+6.111,43=1.087,43$ ,  $EBA=8,9\%$ ,  $EPA=8,2$  έτη, επομένως κρίνεται βιώσιμη.

#### 5.3.1.4 Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού T8 με LED

Σε αυτή τη δράση εξετάζεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 των 60 cm ή των 120 cm μήκους με λαμπτήρες τεχνολογίας LED. Οι λαμπτήρες LED είναι από τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο του φωτισμού.



Εικόνα 5.3 : Λαμπτήρας LED [22]

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τους λαμπτήρες οικονομίας και πυρακτώσεως είναι:

- ✓ Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (περίπου 50000 ώρες)
- ✓ Έχουν χαμηλή εκπομπή θερμότητας
- ✓ Δε περιέχουν επικίνδυνα υλικά, όπως υδράργυρο
- ✓ Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης φωτεινότητας, περίπου 90- 100 lm/w

Να σημειωθεί αντίθετα ότι η απόδοση της φωτεινότητας των λαμπτήρων LED μειώνεται έντονα με την αύξηση της θερμοκρασίας του λαμπτήρα. Επίσης είναι μία νέα τεχνολογία, συνεχώς εξελισσόμενη και το πιθανότερο είναι πως στο μέλλον, σε χρονικό ορίζοντα διετίας οι αποδόσεις των LED θα αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό και οι τιμές τους θα μειωθούν. Στη παρούσα φάση σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης των λαμπτήρων LED. Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι πριν την τελική εγκατάσταση όλων των λαμπτήρων στο κτίριο πρέπει δοκιμαστικά για κάποιες μέρες να τοποθετηθούν λαμπτήρες LED ώστε να επιβεβαιωθεί από τους εργαζόμενους ότι δε μειώνεται η οπτική τους άνεση καθώς οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες LED ρίχνουν το φως με εύρος γωνίας 120 μοιρών προς τα κάτω καθιστώντας τη χρήση των ανακλαστήρων άσκοπη (δεν αφαιρείται όμως από το φωτιστικό ο ανακλαστήρας).

Στο κτίριο υπάρχουν συνολικά 104 λαμπτήρες φθορισμού των 18W και 210 λαμπτήρες φθορισμού των 36W. Το κόστος αγοράς για κάθε λαμπτήρα T8-60cm με την εγκατάσταση είναι 30 ευρώ με τον ΦΠΑ και αντίστοιχα του T8-120cm είναι 40 ευρώ. Οι λαμπτήρες φθορισμού LED συνδέονται απευθείας στο δίκτυο των 230V, οπότε θα αφαιρεθούν από το κύκλωμα τα ballast

και τα starter των λαμπτήρων φθορισμού. Επίσης υπάρχει εγγύηση αντικατάστασης του προϊόντος για 5 χρόνια.

Αρχικό Κόστος Επένδυσης  $K = 104 \cdot 30 + 210 \cdot 40 = 3120 + 8400 = 11520$  ευρώ.

Εκτιμάται ότι με τους λαμπτήρες LED θα επιτευχθεί εξοικονόμηση 68%. Οπότε η ετήσια εξοικονόμηση σε Kwh θα είναι  $0,68 \cdot 15280 = 10390$  Kwh. Επίσης με την αντικατάσταση LED θα αποφευχθεί το ετήσιο κόστος αντικατάστασης των ballast και των λαμπτήρων φθορισμού που έχουν υποστεί βλάβη. Εκτιμάται ότι χρειάζεται να αντικατασταθούν κάθε χρόνο 15 ballast και 60 λαμπτήρες. Οπότε αν θεωρηθεί 15 ευρώ το κόστος μαγνητικού ballast μαζί με την αντικατάσταση και 3 ευρώ το κόστος του λαμπτήρα μαζί με την αντικατάσταση και τον ΦΠΑ, το συνολικό κόστος αντικατάστασης κάθε χρόνο προκύπτει:

Κόστος αντικατάστασης  $= 15 \cdot 15 + 3 \cdot 60 = 225 + 180 = 405$  ευρώ

Στο τέλος του πρώτου έτους η εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 εμπορικό – 0,15 ευρώ/ kWh με όλους τους φόρους) υπολογίζεται ως εξής:

$F_1 = 10390 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ ευρώ/ kWh} + 405 \text{ ευρώ} = 1963,5 \text{ ευρώ}$ .

**Πίνακας 5.3 :** Υπολογισμός αντικατάστασης λαμπτήρων T8 με LED

Έτη	Τιμή kwh (€)	Εξοικονομούμενες Kwh	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγεμένες KTP (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	10390	1963,500	1870,000	-9650,000
2	0,158	10390	2041,425	1851,633	-7798,367
3	0,165	10390	2123,246	1834,140	-5964,227
4	0,174	10390	2209,159	1817,480	-4146,747
5	0,182	10390	2299,366	1801,614	-2345,133
6	0,191	10390	2394,085	1786,503	-558,630
7	0,201	10390	2493,539	1772,112	1213,481
8	0,211	10390	2597,966	1758,406	2971,887
9	0,222	10390	2707,614	1745,352	4717,239
10	0,233	10390	2822,745	1732,921	<b>6450,160</b>
ΣΥΝΟΛΟ				<b>17970,160</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\underline{ΚΠΑ} = -11.520 + 17.970,160 = 6.450,160$  ευρώ,  $\underline{ΕΒΑ} = 13,5\%$   $\underline{ΕΠΑ} = 6,3$  έτη, άρα η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.1.5 Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας

#### Γενικά Στοιχεία

Οι αισθητήρες παρουσίας είναι ένα είδος αισθητήρα που διακόπτει τη λειτουργία των φωτιστικών όταν δεν ανιχνεύουν την παρουσία ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύουν την παρουσία ατόμου, επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία.



Εικόνα 5.4 : Αισθητήρας παρουσίας [23]

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι:

- Αυτόνομοι ή και συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής, ψευδοροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης, όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων.
- Είτε υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Μειονέκτημα αυτού του αισθητήρα είναι το ότι τοίχοι και έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του. Ωστόσο σε κατάλληλους χώρους οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και του κόστους εγκατάστασής τους.

Στην παρούσα φάση στο κτίριο υπάρχουν ήδη αισθητήρες στο WC του ισογείου και στο χώρο του φωτοτυπικού στο ισόγειο. Παρακάτω εξετάζεται ξεχωριστά η εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας στα υπόλοιπα WC του κτιρίου και η εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας σε όλα τα γραφεία εργαζομένων.

### Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας στα WC

Εξετάζεται η εγκατάσταση αισθητήρων στον προθάλαμο και σε κάθε καμπίνα. Οπότε συνολικά θα χρειαστούν 10 αισθητήρες παρουσίας για 3 ορόφους. Το κόστος του κάθε αισθητήρα μαζί με την εγκατάσταση και τον ΦΠΑ ανέρχεται στα 70 ευρώ, άρα:

$$\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης } K=10*70=700 \text{ ευρώ.}$$

Υπάρχουν συνολικά 16 λαμπτήρες των 26W ο καθένας και στα 3 WC. Εκτιμάται ότι σε ημερήσια βάση με τη λειτουργία των αισθητήρων οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων θα μειωθούν κατά 8 ώρες. Οπότε στο τέλος του πρώτου έτους θα έχουν εξοικονομηθεί:

$$Fi= 16*26*0,001*8*240*0,15=119,81 \text{ ευρώ.}$$

**Πίνακας 5.4 :** Υπολογισμός εγκατάστασης αισθητήρων παρουσίας στα WC

Έτη	Τιμή kwh (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγόμενες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	119,810	114,105	-585,895
2	0,158	125,801	114,105	-471,790
3	0,165	132,091	114,105	-357,686
4	0,174	138,695	114,105	-243,581
5	0,182	145,630	114,105	-129,476
6	0,191	152,911	114,105	-15,371
7	0,201	160,557	114,105	98,733
8	0,211	168,585	114,105	212,838
9	0,222	177,014	114,105	326,943
10	0,233	185,865	114,105	<b>441,048</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1141,048</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\text{ΚΠΑ} = -700 + 1.141,048 = 441,048$  ευρώ,  $\text{ΕΒΑ} = 15,5\%$  και  $\text{ΕΠΑ} = 6,1$  έτη, επομένως κρίνεται βιώσιμη.

### Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας στα Γραφεία Εργαζομένων

Εξετάζεται η εγκατάσταση αισθητήρα παρουσίας στο ταβάνι σε κάθε γραφείο εργαζομένων, εκτός από αίθουσες συμβουλίου. Το κόστος κάθε αισθητήρα μαζί με την εγκατάσταση ανέρχεται στα 100 ευρώ. Συνολικά θα τοποθετηθούν 5 αισθητήρες στο ισόγειο, 2 αισθητήρες στον πρώτο όροφο, 6 στον δεύτερο όροφο και 9 αισθητήρες στον τρίτο, άρα σύνολο 22 αισθητήρες. Οπότε

$$\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης } K=22*100=2200 \text{ ευρώ.}$$

Εκτιμάται ότι θα εξοικονομηθεί τουλάχιστον 1KW φωτισμού ημερησίως για 10 ώρες. Οπότε συνολικά στο τέλος του πρώτου έτους θα έχουν εξοικονομηθεί:

$$F_i = 1 \cdot 10 \cdot 240 \cdot 0,15 = 360 \text{ ευρώ}$$

**Πίνακας 5.5 :** Υπολογισμός εγκατάστασης αισθητήρων παρουσίας στα γραφεία εργαζομένων

Έτη	Τιμή kwh (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγόμενες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	360,000	342,857	-1857,143
2	0,158	378,000	342,857	-1514,286
3	0,165	396,900	342,857	-1171,429
4	0,174	416,745	342,857	-828,571
5	0,182	437,582	342,857	-485,714
6	0,191	459,461	342,857	-142,857
7	0,201	482,434	342,857	200,000
8	0,211	506,556	342,857	542,857
9	0,222	531,884	342,857	885,714
10	0,233	558,478	342,857	<b>1228,571</b>
ΣΥΝΟΛΟ			<b>3428,571</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $KPA = -2.200 + 3.428,571 = 1.228,571$  ευρώ,  $EBA = 14,5\%$  και  $EPA = 6,4$  έτη. Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.2 Δράσεις για την Ψύξη και Θέρμανση του Κτιρίου

#### 5.3.2.1 Εισαγωγή – Δράσεις Νοικοκυρέματος

Το κτίριο όπως έχει περιγραφεί (Κεφάλαιο 3.1) διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV (Variable Refrigerant Volume) με ψυκτικό μέσο R407c συνολικής ψυκτικής απόδοσης 766.700 Btu/h για την κάλυψη αναγκών ψύξης και θέρμανσης. Διαθέτει επίσης σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου και θερμοπομπούς(σώματα καλοριφέρ) και 2 fan-coil. Ο λέβητας είναι κατασκευής 2002 και ονομαστικής ισχύος 245-280KW, 178 λίτρων νερού. Ο καυστήρας είναι πετρελαίου και ονομαστικής ισχύος 370W.

Ο λέβητας λειτουργεί τον Χειμώνα κυρίως κατά τις πρωινές ώρες και έπειτα οι ανάγκες για θέρμανση καλύπτονται με τις αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες του VRV. Η ψύξη λειτουργεί συνήθως τους μήνες Μάιο ως Σεπτέμβριο τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου με αυτόνομο τρόπο όπως προαναφέρθηκε.

**Ως δράση νοικοκυρέματος πρέπει να πραγματοποιείται κάθε χρόνο συντήρηση στο κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Είναι πολύ σημαντική δράση καθώς η τακτική συντήρηση αυξάνει την απόδοση του συστήματος και κυρίως αποτρέπει τον κίνδυνο εμφάνισης προβλημάτων υγείας στους εργαζόμενους.**

Οι λύσεις που προτάσσονται στην συνέχεια προκύπτουν από τον διεξοδικό έλεγχο που έγινε κατά την ενεργειακή επιθεώρηση και από τα αποτελέσματα των καταγραφικών οργάνων.

### 5.3.2.2 Θέρμανση μόνο με το VRV- Κατάργηση Λέβητα Πετρελαίου

Η συγκεκριμένη εναλλακτική πρόταση για θέρμανση αφορά την κατάργηση του λέβητα πετρελαίου και οι ανάγκες θέρμανσης θα καλύπτονται εξ' ολοκλήρου με το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV.

Από τα τιμολόγια αγοράς πετρελαίου που συγκεντρώθηκαν για τα τρία έτη 2010, 2011 και 2012 φαίνεται ότι πραγματοποιήθηκαν οι αγορές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 5.6 :** Αγορές πετρελαίου τα 3 τελευταία έτη

Έτος	2010	2011	2012
Λίτρα	5200	5550	3800

Οπότε η μέση κατανάλωση ανά έτος είναι ίση με:  $\frac{5200+5550+3800}{3} = 4850$  λίτρα/έτος.

Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης είναι 10150Kcal/Kg και η πυκνότητα πετρελαίου θέρμανσης είναι 1lit = 0,85 Kg. Θεωρείται ακόμα βαθμός απόδοσης ίσος με 0,90 για την καύση του πετρελαίου. Οπότε από την καύση ενός λίτρου πετρελαίου θέρμανσης αποδίδονται  $10150 * 0,85 * 0,90 = 7764,75$  Kcal. Μετατρέποντας τα Kcal σε Kwh προκύπτει:  $7764,75 \text{Kcal} \times 0,001163 \text{Kwh/Kcal} = 9,03 \text{Kwh/lit}$ .

Οπότε συνολικά με την καύση 4850 λίτρων πετρελαίου θέρμανσης αποδόθηκαν:

Θερμότητα =  $4850 \text{lit} * 9,03 \text{Kwh/lit} = 43798 \text{Kwh}$  θερμικής ενέργειας/ανά έτος.

Ο συντελεστής απόδοσης για τη θέρμανση του κεντρικού συστήματος κλιματισμού VRV είναι ίσος με COP = 3,1. Οπότε για να αποδοθούν 43798 Kwh πρέπει να καταναλωθεί ηλεκτρική ενέργεια ίση με  $43798/3,1 = 14128 \text{Kwh}$ . Η τιμή της Kwh είναι ίση με 0,15ευρώ/ Kwh. Οπότε πρέπει να ξοδευτούν  $14128 * 0,15 = 2.119,2$  ευρώ.

Αν θεωρηθεί ότι η τιμή αγοράς πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,30 ευρώ το λίτρο, τότε το κόστος θέρμανσης αντίστοιχα με καύσιμο το πετρέλαιο είναι:  $4850 * 1,3 = 6305$  ευρώ. Άρα στο τέλος του πρώτου έτους θα έχουν εξοικονομηθεί:

$$F_i = 6.305 - 2.119,2 = 4.185,8 \text{ ευρώ.}$$

**Πίνακας 5.7 :** Υπολογισμός για θέρμανση μόνο με VRV

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	4185,800	3986,476	3986,476
2	4079,840	3700,535	7687,011
3	3968,582	3428,210	11115,222
4	3851,761	3168,853	14284,075
5	3729,099	2921,847	17205,922
6	3600,304	2686,602	19892,524
7	3465,069	2462,560	22355,084
8	3323,073	2249,186	24604,271



9	3173,976	2045,974	26650,244
10	3017,425	1852,437	<b>28502,682</b>
ΣΥΝΟΛΟ		<b>28502,682</b>	

Επομένως καλύπτοντας τις ανάγκες για θέρμανση μόνο από το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV επιτυγχάνεται στο τέλος του πρώτου έτους εξοικονόμηση ίση με  $\frac{6305-2.119,2}{6305} = 66,3\%$  **χωρίς μάλιστα η συγκεκριμένη δράση να απαιτεί την τοποθέτηση κεφαλαίου και δεν έχει αρχικό κόστος.**

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $KPA = 28.502,682$  ευρώ,  $EPA = 0$  έτη. Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη και πολύ συμφέρουσα οικονομικά με μηδενικό χρηματικό κόστος.

Στην παρούσα ανάλυση επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός πως στο κτίριο επικρατούν συνθήκες άνεσης κατά την άφιξη των εργαζομένων καθώς η εσωτερική θερμοκρασία του είναι σε καλά επίπεδα λόγω της λειτουργίας του καλοριφέρ αρκετά πριν την άφιξη των εργαζομένων. Η κατάργηση του λέβητα ίσως θα δημιουργήσει λοιπόν κάποια δυσάρεσκεια στους εργαζομένους. Επίσης τα σώματα καλοριφέρ έχουν την ιδιότητα να μεταδίδουν θερμότητα για αρκετή ώρα αφού παύσει η λειτουργία του λέβητα, επομένως αν καταργηθεί ο λέβητας το σύστημα VRV πρέπει να λειτουργεί σε πιο έντονους ρυθμούς. Οπότε τα κλιματιστικά προσφέρουν κακή ποιότητα θέρμανσης (συγκριτικά με το υπάρχον σύστημα σωμάτων καλοριφέρ) και έπειτα προκύπτει η ανάγκη για συχνό έλεγχο και αντικατάσταση των φίλτρων με συνέπεια πρόσθετα κόστη.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι στη χώρα μας το 47% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, των οποίων η απόδοση είναι το πολύ 40%. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι για την παραγωγή κάθε ηλεκτρικής KWh, καταναλώνονται αρκετοί φυσικοί πόροι και εκπέμπονται ρύποι στο περιβάλλον. Οπότε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών ψύξης και θέρμανσης μπορεί να είναι οικονομική κάποιες φορές για τον τελικό καταναλωτή, αλλά επιζήμια για το περιβάλλον.

### 5.3.2.3 Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (χωρίς Αντικατάσταση Λέβητα)

Η πρόσβαση στο φυσικό αέριο είναι δυνατή στην περιοχή που βρίσκεται το κτίριο. Για την εγκατάσταση απαιτείται αλλαγή του καυστήρα καθώς ο υπάρχων δεν είναι συμβατός για καύση φυσικού αερίου.

Το κόστος του νέου καυστήρα φυσικού αερίου ύστερα από έρευνα αγοράς στο διαδίκτυο ανέρχεται στα 3200 ευρώ με την εγκατάσταση και τον ΦΠΑ.

Τα τέλη σύνδεσης με την Εταιρία Παροχής Αερίου Αττικής είναι 900 ευρώ με τον ΦΠΑ. [29] Το κόστος της εσωτερικής εγκατάστασης (βάνες και σωληνώσεις μήκους 12 μέτρα από τον μετρητή ως τις συσκευές) ανέρχεται στα 800 ευρώ με τον ΦΠΑ. Άρα:

$$\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης } K = 3200 + 900 + 800 = 4900 \text{ ευρώ.}$$

Επίσης για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρείται ότι ο βαθμός απόδοσης της καύσης διατηρείται σταθερός και ίσος με 0,90 ύστερα από την αντικατάσταση του καυστήρα πετρελαίου με τον καυστήρα φυσικού αερίου.

Το κόστος αγοράς καυσίμου είναι 0,0923 €/KWh σύμφωνα με μελέτη του Εργαστηρίου Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων. [25]

Το αντίστοιχο κόστος φυσικού αερίου που αποδίδει την ίδια θερμότητα είναι:  
**(43798/0,90)\*0,0923=4491,8 ευρώ/έτος.** Στον προηγούμενο υπολογισμό έχουν υπολογιστεί όλοι οι φόροι και τα πάγια. Οπότε στο τέλος του πρώτου έτους η εξοικονόμηση είναι:

$$F_i = 6305 - 4491,8 = 1813,2 \text{ ευρώ.}$$

**Πίνακας 5.8 :** Υπολογισμός εγκατάστασης Φυσικού Αερίου χωρίς αντικατάσταση λέβητα

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	1813,200	1726,857	-3173,143
2	1813,200	1644,626	-1528,517
3	1813,200	1566,310	37,793
4	1813,200	1491,724	1529,517
5	1813,200	1420,690	2950,207
6	1813,200	1353,038	4303,245
7	1813,200	1288,607	5591,852
8	1813,200	1227,245	6819,097
9	1813,200	1168,805	7987,902
10	1813,200	1113,148	<b>9101,050</b>
ΣΥΝΟΛΟ		<b>14001,050</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι ΚΠΑ= -4900+14001= 9101 ευρώ, ΕΒΑ=35% και ΕΠΑ=2,9 έτη. Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη και αρκετά συμφέρουσα.

#### 5.3.2.4 Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (με Αντικατάσταση Λέβητα)

Σε αυτή την εναλλακτική πρόταση εξετάζεται η εγκατάσταση φυσικού αερίου με αντικατάσταση λέβητα (και καυστήρα). Επιλέγεται καυστήρας συμπύκνωσης για τον οποίο θεωρείται πως η απόδοσή του αγγίζει το 103%. (Ο βαθμός απόδοσης προκύπτει μεγαλύτερος της μονάδας, καθώς ενώ στον παρονομαστή λαμβάνεται υπόψη η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου, στον αριθμητή στην ενέργεια που αποδίδεται προστίθεται και η ενέργεια που λαμβάνεται από τη συμπύκνωση των καυσαερίων. Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ) ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm<sup>3</sup> φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση. Αντίστοιχα ως Κατώτερα Θερμογόνος Δύναμη (ΚΘΔ) ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm<sup>3</sup> φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση δηλαδή σε μορφή υδρατμών (οπότε έχει απορροφήσει ενέργεια) και είναι χαμηλότερη περίπου 10% από τη ΑΘΔ. Μια μέση τιμή ΚΘΔ είναι 10,4 kWh/Nm<sup>3</sup>). [25]

Στο Αρχικό Κόστος Επένδυσης προστίθεται τώρα το κόστος αγοράς του νέου λέβητα συμπύκνωσης, το οποίο ύστερα από έρευνα στο διαδίκτυο προκύπτει περίπου 11000 ευρώ για αγορά ενός λέβητα συμπύκνωσης με ονομαστική ισχύ 52,3-281,4 KW. Οπότε Αρχικό Κόστος Επένδυσης = 4900+11000=15900 ευρώ.

Με τον νέο καυστήρα για την απόδοση 43798 kWh θερμικής ενέργειας, το αντίστοιχο κόστος είναι ίσο με:

$(43798/1,03)*0,0923=3924,8$  ευρώ/έτος. Στον προηγούμενο υπολογισμό έχουν υπολογιστεί όλοι οι φόροι και τα πάγια. Άρα η ετήσια εξοικονόμηση είναι:

$$F_i = 6305 - 3924,8 = 2380,2 \text{ ευρώ.}$$

Πίνακας 5.9 : Υπολογισμός εγκατάστασης Φυσικού Αερίου με αντικατάσταση λέβητα

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	2380,200	2266,857	-13633,143
2	2380,200	2158,912	-11474,231
3	2380,200	2056,106	-9418,125
4	2380,200	1958,196	-7459,929
5	2380,200	1864,949	-5594,980
6	2380,200	1776,142	-3818,838
7	2380,200	1691,564	-2127,274
8	2380,200	1611,013	-516,261
9	2380,200	1534,298	1018,037
10	2380,200	1461,236	<b>2479,273</b>
ΣΥΝΟΛΟ		<b>18379,273</b>	

Οπότε για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\text{ΚΠΑ} = -15900 + 18379,3 = 2479,3 \text{ €}$ . Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι  $\text{ΕΒΑ} = 8,2\%$  και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής  $\text{ΕΠΑ} = 8,3 \text{ έτη}$ . Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.2.5 Θέρμανση με Αντλία Θερμότητας- Κατάργηση Λέβητα Πετρελαίου

Σε αυτήν την εναλλακτική πρόταση μελετάται η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του κτιρίου και η πλήρης κατάργηση του λέβητα πετρελαίου. Θα εγκατασταθεί αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών τεχνολογίας cascade στο υπάρχον κύκλωμα θερμοπομπών (σωμάτων καλοριφέρ) και δε θα υπάρχει η δυνατότητα για λειτουργία ψύξης.



Εικόνα 5.5 : Αντλία θερμότητας [26]

Οι μονοβάθμιες και διβάθμιες αντλίες αποτελούν την ιδανική λύση για θέρμανση (και για ψύξη) νέων κατά κανόνα κατοικιών σε συνδυασμό με ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης (και δροσισμού) και μονάδες fan coils.

Σε εφαρμογές όμως αντικατάστασης συμβατικού συστήματος πετρελαίου και κλασικών θερμαντικών σωμάτων που απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής, η χρήση αντλίας θερμότητας τεχνολογίας cascade προσφέρει την πλέον αποδοτική λύση όσον αφορά το κόστος λειτουργίας και παράλληλα την πιο εγγυημένη όσον αφορά τη δυνατότητα επίτευξης της θερμοκρασίας ακόμα και των 80°C ανεξαρτήτως εξωτερικών θερμοκρασιών.

Το κόστος αγοράς για μία αντλία θερμότητας με ισχύς θέρμανσης 220KW υπολογίζεται περίπου στα 70000 ευρώ με την εγκατάσταση. Άρα

Αρχικό Κόστος Επένδυσης  $K=70000$  ευρώ

Το κόστος παραγόμενης θερμικής ενέργειας από αντλία θερμότητας είναι στο 39,44% σε σύγκριση με το κόστος από συνήθη Λέβητα Πετρελαίου, δηλαδή ίσο με 0,058 ευρώ/Kwh<sub>th</sub> συμπεριλαμβανομένων των φόρων για τη Β κλιματική ζώνη σύμφωνα με μελέτη του Εργαστηρίου Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων. [25]

Οπότε η παραγωγή 43798 Kwh<sub>th</sub> έχει κόστος  $43798 \cdot 0,058 = 2540,3$  ευρώ. Επομένως η ετήσια εξοικονόμηση χρησιμοποιώντας αντλία θερμότητας είναι:

$$Fi = 6305 - 2540,3 = 3764,7 \text{ ευρώ.}$$

Πίνακας 5.10 : Υπολογισμός εγκατάστασης αντλίας θερμότητας

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγόμενες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	3764,700	3585,429	-66414,571
2	3764,700	3414,694	-62999,878
3	3764,700	3252,089	-59747,788
4	3764,700	3097,228	-56650,560
5	3764,700	2949,741	-53700,819
6	3764,700	2809,277	-50891,542

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
7	3764,700	2675,502	-48216,040
8	3764,700	2548,097	-45667,943
9	3764,700	2426,759	-43241,184
10	3764,700	2311,199	<b>-40929,985</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>29070,015</b>	

Οπότε για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\text{ΚΠΑ} = -70000 + 29070,015 = -40929,99 \text{ €}$ . Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι  $\text{ΕΒΑ} = -10\%$  και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής  $\text{ΕΠΑ}$  είναι μεγαλύτερη από 25 χρόνια. Οπότε η επένδυση κρίνεται μη βιώσιμη.

### 5.3.3 Δράσεις για το Κτιριακό Κέλυφος

#### 5.3.3.1 Εισαγωγή – Δράσεις Νοικοκυρέματος

Στο κεφάλαιο 3 το κτίριο κρίθηκε μη επαρκώς θερμομονωμένο, επειδή υπερβαίνει αρκετά τον μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Είναι αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς κατασκευάστηκε πριν το 1979, τη χρονιά δηλαδή όπου θεσπίστηκε ο κανονισμός θερμομόνωσης και εργασίες όσον αφορά τη θερμομόνωση έχουν γίνει μεμονωμένα όπως στο δάπεδο της ταράτσας του κτιρίου και η αλλαγή των κουφωμάτων το 2002.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων είναι οριακά εκτός ορίων, όμως στην παρούσα μελέτη δε θεωρείται σκόπιμο να εξεταστεί η δράση αντικατάστασης αυτών. Επίσης εκτός από δύο είδη τοιχοποιίας από οπτοπλινθοδομή και την οροφή του κτιρίου (δάπεδο ταράτσας) τα υπόλοιπα είδη δε πληρούν τα επιτρεπτά όρια για την ζώνη Β που ανήκει το κτίριο.

Στις δράσεις νοικοκυρέματος αναφέρονται κάποια μέτρα μηδενικού κόστους που ως στόχο έχουν τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους. Τα μέτρα αυτά αναφέρονται στα προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης. Συγκεκριμένα:

- ✓ Έλεγχος και επισκευή της μόνωσης από τις περιερισσόμενες περσίδες και κουφώματα σε όλες τις όψεις του κτιρίου.
- ✓ Ευαισθητοποίηση των εργαζομένων για ορθολογική χρήση των διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του ανοίγματος.

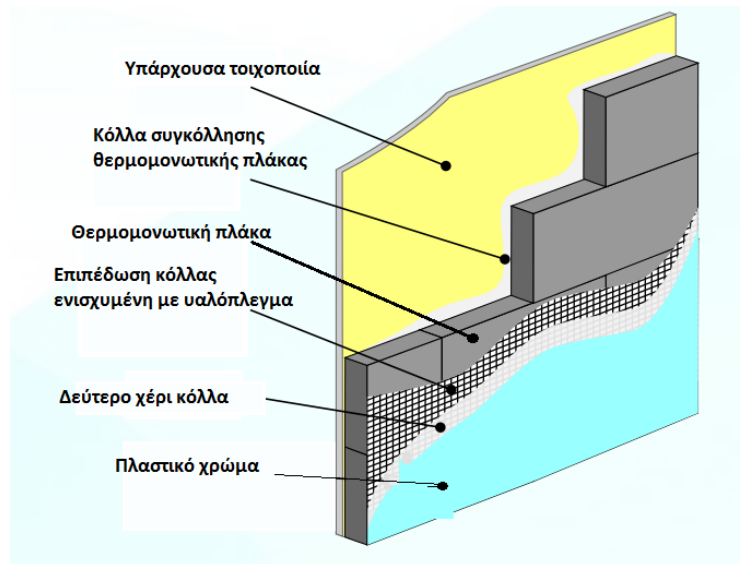
#### 5.3.3.2 Θερμομόνωση Εσωτερικής Τοιχοποιίας σε όλο το Κέλυφος

Λόγω νεοκλασικότητας του κτιρίου, εξωτερική θερμομόνωση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν δεν αλλοιώνει τις όψεις του κτιρίου. Επικείμενες εργασίες για εξωτερική θερμομόνωση πρέπει

να εγκριθούν από το συμβούλιο αρχιτεκτονικής, αφού κατατεθεί φάκελος με την αντίστοιχη πρόταση.

Στην παρούσα διπλωματική θα εξεταστεί η περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης που δεν απαιτεί την έγκριση του Συμβουλίου ή Πολεοδομίας. Η επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης της τοιχοποιίας εκτελείται από την εσωτερική πλευρά και εξασφαλίζει υψηλή ταχύτητα θέρμανσης του χώρου τον χειμώνα ή ψύξης το καλοκαίρι. Τον χειμώνα παρέχεται καλύτερη θερμική άνεση, καθώς η μετρούμενη θερμοκρασία στο εσωτερικό είναι μερικοί βαθμοί υψηλότερη και η ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα είναι λιγότερο αισθητή στο χώρο σε σχέση με αυτήν όταν η μόνωση είναι εξωτερική. Η εσωτερική θερμομόνωση έχει αρκετά μειονεκτήματα όμως όπως: αδυναμία πλήρους εξάλειψης θερμογεφυρών, μείωση ωφέλιμου εσωτερικού χώρου, αδυναμία εκμετάλλευσης της θερμοχωρητικότητας του τοίχου, ανεπαρκής περιορισμός της θερμοισοδοχής το καλοκαίρι.

Η θερμομόνωση της εσωτερικής τοιχοποιίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών εσωτερικά από τα δομικά στοιχεία (λίθος, οπτόπλινθος), 3 στρώματα κόλλας, ένα στρώμα υαλοπλέγματος 160 gr/m<sup>2</sup>. Η δομή της θερμομόνωσης φαίνεται πιο κάτω:



Εικόνα 5.6 : Δομή θερμομόνωσης [27]

Τα στοιχεία των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας για το σενάριο που προτείνεται δίνονται στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11 : Υπολογισμός θερμικής αντίστασης θερμομόνωσης

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος δομικού στοιχείου	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ	Θερμική αντίσταση d/λ
	m	w/(mK)	m <sup>2</sup> k/W
Κόλλα	0,002	0,19	0,0105
Γραφιτούχα πολυστερίνη	0,03	0,03	1,0000

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος δομικού στοιχείου	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ	Θερμική αντίσταση d/λ
Κόλλα συγκόλλησης	0,002	0,19	0,0105
Υαλόπλεγμα 160gr/m <sup>2</sup>	0,002	0,05	0,0400
Κόλλα συγκόλλησης	0,002	0,19	0,0105
<b>Σύνολο</b>	<b>0,038</b>		<b>1,0716</b>

Οπότε η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι ίση με 1,0716 m<sup>2</sup>K/W.

Από τον πίνακα 3.14 προσδιορίζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Είναι:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$$

Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής για το κάθε είδος τοιχοποιίας του κτιρίου του ΣΕΒ.

**Πίνακας 5.12 :** Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας

Δομικό στοιχείο	Πάχος (cm)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Τρέχουσα Θερ. αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)	Νέα Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)	Νέος συντελ. Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>					
	70	28,58	0,45	1,52	0,59
	65	128,29	0,42	1,49	0,60
	63	38,96	0,40	1,48	0,61
	61	10,75	0,39	1,46	0,61
	60	284,11	0,39	1,46	0,61
	56	9,17	0,36	1,43	0,62
	53	11,18	0,35	1,42	0,63
	50	57,03	0,33	1,40	0,64
	43	108,36	0,29	1,36	0,65
	42	42,08	0,28	1,35	0,66
	36	46,17	0,25	1,32	0,67

Δομικό στοιχείο	Πάχος (cm)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Τρέχουσα Θερ. αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)	Νέα Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)	Νέος συντελ. Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)
	35	69,73	0,24	1,31	0,67
	33	39,91	0,23	1,30	0,68
	27	64,01	0,19	1,26	0,70
	25	21,61	0,18	1,25	0,70
	22	5,71	0,16	1,23	0,71
	15	8,32	0,12	1,19	0,73
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>					
	65	6,37	0,31	1,38	0,64
	50	6,39	0,25	1,32	0,67
	45	16,47	0,22	1,30	0,68
	30	69,49	0,57	1,64	0,55
	28	41,25	0,57	1,64	0,55
	25	92,78	0,57	1,64	0,55
	22	27,52	0,39	1,46	0,61
	20	27,52	0,37	1,44	0,62
	15	30	0,24	1,31	0,67

Παρατηρείται πως μετά τη θερμομόνωση κάθε δομικό στοιχείο είναι οριακά εκτός του ορίου  $U_{max} = 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Η συνολική επιφάνεια προς εσωτερική θερμομόνωση είναι ίση με  $1181 \text{ m}^2$ .

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι απώλειες κελύφους πριν και μετά τη θερμομόνωση.

Θερμικές απώλειες προκαλούνται όταν θερμότητα μεταδίδεται μέσω του αέρα από έναν εσωτερικό χώρο προς έναν εξωτερικό ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Με τη θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα. Η θερμική διαφορά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων τείνει να εξισορροπηθεί σύμφωνα με τη γενική εξίσωση θερμικής ροής:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \text{ (W)}$$

Όταν υπάρχει μία επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας σε κάθε πλευρά, η θερμική ροή (Q) μέσα από την επιφάνεια δίνεται από το γινόμενο της επιφάνειας (A), τη διαφορά θερμοκρασίας ( $\Delta T$ ) και το συντελεστή θερμοπερατότητας (U). Οπότε το ενεργειακό φορτίο που προστίθεται σε ένα κτίριο με τη θέρμανση και τη ψύξη έχει ως στόχο την αναπλήρωση των θερμικών φορτίων που διαφεύγουν. Από την εξίσωση προκύπτει πως για χαμηλότερες τιμές του U, για δεδομένη θερμοκρασία και επιφάνεια, συνεπάγεται χαμηλότερη διαφυγή θερμικών φορτίων και συνεπώς λιγότερη δαπανώμενη ενέργεια για τη διατήρηση της διαφοράς θερμοκρασίας. Στις μελέτες θερμομόνωσης χρησιμοποιείται ο συντελεστής αντίστασης θερμοπερατότητας που ορίζεται ως το αντίστροφο του U,  $(1/U)$ , και εξαρτάται άμεσα από τον συντελεστή αντίστασης θερμοδιαφυγής ( $\Lambda$ ).



Οι μηνιαίες θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας πάρθηκαν από στατιστικές της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ)[30]. Σαν ώρες λειτουργίας της θέρμανσης τους ψυχρούς και της ψύξης τους θερμούς μήνες θεωρείται συμβατικά 10ωρο λειτουργίας των γραφείων επί 22 εργάσιμες μέρες το μήνα.(220 ώρες/μήνα). Για τον υπολογισμό των απωλειών ανά μήνα χρησιμοποιήθηκε ο τύπος  $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$ , όπου

U: Συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικού κελύφους,

A: Επιφάνεια Τοιχοποιίας

$\Delta T$ : Διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού χώρου

Στο παράρτημα στον Πίνακα 17 γίνεται υπολογισμός των απωλειών πριν την εφαρμογή της θερμομόνωσης και στον Πίνακα 18 γίνεται υπολογισμός μετά την εφαρμογή αυτής. [30]

Παρατηρείται πως το σύνολο των απωλειών πριν τη θερμομόνωση είναι 42.336 Kwh/χρόνο.

Το σύνολο των απωλειών μετά τη θερμομόνωση είναι 13.524 Kwh/χρόνο.

**Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από τη θερμομόνωση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια από το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV) τους μήνες Οκτώβριο ως Απρίλιο και της ενέργειας για ψύξη (από το VRV) τους μήνες Μάιο ως Σεπτέμβριο. Οπότε η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις Εξοικονόμηση = 42.336-13.524=28813 Kwh.**

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι απώλειες πριν και μετά τη θερμομόνωση για ψύξη και θέρμανση.

**Πίνακας 5.13** : Απώλειες πριν και μετά τη θερμομόνωση

	Απώλειες	
	Πριν	Μετά
Θέρμανση	36.701	11.717
Ψύξη	5.635	1.807
ΣΥΝΟΛΟ	42.336	13.524

Οπότε η συνολική εξοικονόμηση για θέρμανση είναι 36.701-11.717= 24.984 Kwh και η συνολική εξοικονόμηση για ψύξη είναι 5.635-1.807= 3.828 Kwh.

Πολλαπλασιάζοντας με τα αντίστοιχα κόστη υπολογίζεται το ετήσιο οικονομικό όφελος:

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών θέρμανσης = 24.984 Kwh. Η μέση κατανάλωση πετρελαίου ανά έτος είναι ίση με:  $\frac{5200+5550+3800}{3} = 4850$  λίτρα/έτος.

Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης είναι 10150Kcal/Kg και η πυκνότητα πετρελαίου θέρμανσης είναι 1lit = 0,85 Kg. Θεωρείται ακόμα βαθμός απόδοσης ίσος με 0,90 για την καύση του πετρελαίου. Οπότε από την καύση ενός λίτρου πετρελαίου θέρμανσης αποδίδονται  $10150 \cdot 0,85 \cdot 0,90 = 7764,75$  Kcal. Μετατρέποντας τα Kcal σε Kwh προκύπτει:  $7764,75 \text{ Kcal} \times 0,001163 \text{ Kwh/Kcal} = 9,03 \text{ Kwh/lit}$ .

Οπότε συνολικά με την καύση 4850 λίτρων πετρελαίου θέρμανσης αποδόθηκαν:

Θερμότητα = 4850lit \*9,03 Kwh/lit = **43.798 Kwh θερμικής ενέργειας/ανά έτος.**

Όπως υπολογίστηκε στο τρίτο κεφάλαιο 63547 Kwh καταναλώνονται για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου (εκτός του μεσοπατώματος, δηλαδή 85147-21.600=63.547 Kwh). Θεωρείται ίδιος συντελεστής απόδοσης για ψύξη και για θέρμανση. Για τον παρόν υπολογισμό εκτιμάται πως η λειτουργία των κλιματιστικών είναι 4,6 ώρες την ημέρα για θέρμανση και 7,4 ώρες την ημέρα για ψύξη ώστε ο μέσος όρος να προκύπτει περίπου 6  $((4,6+7,4)/2=5,95)$ , όσες δηλαδή και οι ώρες που θεωρήθηκαν στην προσομοίωση και για τις δύο λειτουργίες θέρμανσης/ψύξης. Οπότε για θέρμανση από το κεντρικό σύστημα κλιματισμού καταναλώνονται  $4,6 * 65.876 / (4,6+7,4) = 25.252,4$  Kwh ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή με COP=3,1, υπολογίζεται πως αποδίδονται  $25.252,4 * 3,1 = 78.282,6$  Kwh θερμικής ενέργειας. Δηλαδή το 36% της κατανάλωσης οφείλεται στο πετρέλαιο και το 64% στην ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως εξοικονομούνται  $0,36 * 24.984 = 8.994,24$  Kwh πετρελαίου και  $0,64 * 24.984 = 15.989,8$  Kwh θερμικής ενέργειας από το VRV. Επομένως εξοικονομούνται  $8.994,24 / 9,03 = 996$  λίτρα πετρελαίου που κοστίζουν  $996 * 1,3 = 1.295$  ευρώ και  $15.989,8 / 3,1 = 5.158$  Kwh ηλεκτρικής ενέργειας που κοστίζουν  $5.158 * 0,15 = 773,7$  ευρώ για το πρώτο έτος. Άρα το ετήσιο κέρδος είναι:  $1.295 + 773,7 = 2.068,7$  ευρώ από τη θέρμανση.

- Η συνολική εξοικονόμηση για ψύξη είναι  $5.635 - 1.807 = 3.828$  Kwh θερμικής ενέργειας, δηλαδή  $3.828 / 3,1 = 1.234,8$  Kwh ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες κοστίζουν  $1.234,8 * 0,15 = 185,22$  ευρώ για το πρώτο έτος.

Συνολικά το κέρδος από την εξοικονόμηση στο τέλος του πρώτου έτους είναι:

$$Fi = 2.068,7 + 185,22 = 2.253,92 \text{ ευρώ}$$

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου είναι 25€/m<sup>2</sup> +ΦΠΑ, δηλαδή

$$\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης: } 1181 * 25 * 1,23 = 36315,75 \text{ ευρώ}$$

**Πίνακας 5.14 : Υπολογισμός για δράση θερμομόνωσης**

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	2253,720	2146,400	-34169,350
2	2301,666	2087,679	-32081,671
3	2352,009	2031,754	-30049,917
4	2404,870	1978,492	-28071,425
5	2460,373	1927,767	-26143,658
6	2518,652	1879,457	-24264,201
7	2579,845	1833,447	-22430,754
8	2644,097	1789,629	-20641,125
9	2711,562	1747,897	-18893,228
10	2782,400	1708,152	-17185,076
11	2856,780	1670,300	-15514,776
12	2934,879	1634,250	-13880,526

Έτη	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
13	3016,883	1599,917	-12280,609
14	3102,987	1567,219	-10713,390
15	3193,396	1536,078	-9177,312
16	3288,326	1506,420	-7670,892
17	3388,002	1478,174	-6192,718
18	3492,662	1451,273	-4741,444
19	3602,555	1425,653	-3315,791
20	3717,943	1401,254	-1914,537
21	3839,100	1378,016	-536,521
22	3966,315	1355,884	819,363
23	4099,891	1334,807	2154,170
24	4240,146	1314,733	3468,903
25	4387,413	1295,615	4764,518
Σύνολο		41080,268	

Οπότε για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $\text{ΚΠΑ} = -36.315,75 + 41.080,27 = 4.764,52 \text{ €}$ . Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι  $\text{ΕΒΑ} = 6,1\%$  και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής  $\text{ΕΠΑ}$  είναι 21,4 χρόνια. Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.4 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στο Δώμα

Ο αναξιοποίητος χώρος του δώματος και τα υψηλά ετήσια ποσοστά ηλιοφάνειας της περιοχής καθιστούν ελκυστική μια επένδυση σε παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων με στόχο την έγχυση της παραγόμενης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ και επισυνάπτοντας Σύμβαση Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

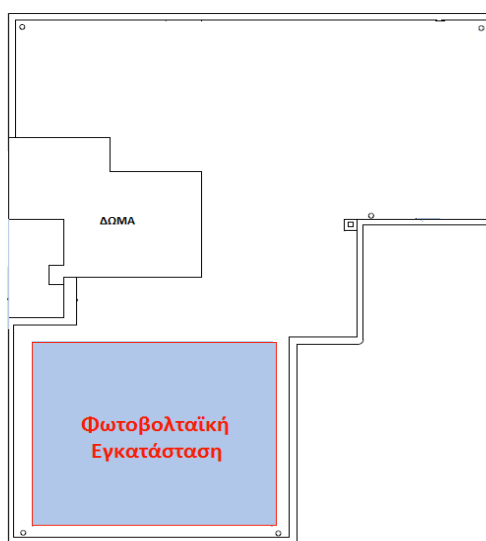
Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγινε μια διεξοδική προσομοίωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού εξοπλισμού η οποία αξιολογείται με βάση την απόδοση και τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Στον ανοιχτό χώρο του δώματος (δάπεδο οροφής τρίτου ορόφου) μπορούν να τοποθετηθούν 40 πάνελ (φωτοβολταϊκές γεννήτριες) πάνω σε κατάλληλα στηρικτικά συστήματα. Στο βασικό φωτοβολταϊκό εξοπλισμό περιλαμβάνονται ακόμα και ο μετατροπέας ισχύος (Inverter) που μετατρέπουν το DC ρεύμα από τα πάνελ σε AC ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο.

Συγκεκριμένα έχουν επιλεγεί φ/β γεννήτριες ισχύος 245 Wp έκαστη οι οποίες αποτελούνται από κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές που απαιτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και τους εγχώριους οργανισμούς. Το σύστημα στήριξης των πλαισίων, δεδομένου ότι η εγκατάσταση θα γίνει σε επίπεδη ταράτσα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή, αντοχή στις ανεμοπιέσεις αλλά και χαμηλό βάρος ώστε να μην επιβαρύνει τη στατικότητα του κτιρίου. Ο τριφασικός μετατροπέας ισχύος που επιλέγεται είναι συνολικής

ισχύος 10KW, χαμηλών απωλειών και διαθέτει διεπαφή επικοινωνίας RS485 για σύνδεση με σύστημα ελέγχου της εγκατάστασης. Τα δεδομένα από το σύστημα ελέγχου παρέχονται στο τοπικό δίκτυο ή στο Internet μέσω μιας διεπαφής Ethernet.

Η τελική εγκατάσταση συνολικής ισχύος 9,8KW (40 φ/β γεννήτριες των 245Wr) θα γίνει στον χώρο της οροφής που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.7 και θα καταλαμβάνει επιφάνεια περίπου 74m<sup>2</sup>. Στη παρούσα φάση βρίσκονται 2 κεντρικές κλιματιστικές μονάδες στο χώρο που προβλέπεται να εγκατασταθεί η φωτοβολταϊκή συστοιχία, οι οποίες θα πρέπει να μετακινηθούν σε σημείο πίσω από τη συστοιχία ώστε να μη προκαλούν σκιάσεις στα φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα πάνελ θα τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό σε σταθερή κλίση 30° μοιρών ώστε να μεγιστοποιείται η ετήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο.



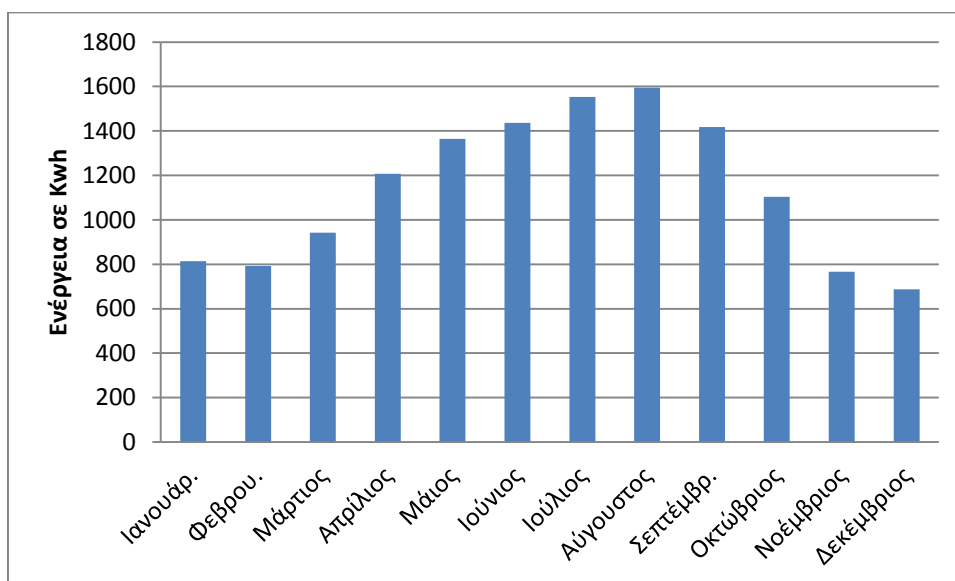
Εικόνα 5.7 : Κάτοψη χώρου τοποθέτησης Φ/Β γεννητριών

Με τη βοήθεια του εξειδικευμένου λογισμικού προσομοίωσης PVSYST V6.07 του Πανεπιστημίου της Γενεύης [28], η αναμενόμενη ετήσια ενεργειακή απολαβή του Φ/Β συστήματος είναι : 13.680 Kwh. Οι αναμενόμενες συνολικές απώλειες της εγκατάστασης υπολογίζονται περίπου στο 20% της ονομαστικής ισχύος. Στον πίνακα 5.15 και στο διάγραμμα 5.1 δίνεται σύμφωνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης η ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης.

Πίνακας 5.15 : Εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση εγκατάστασης

Μήνας	Μέση Ημερήσια Παραγωγή (Kwh)	Μέση Μηνιαία Παραγωγή (Kwh)
Ιανουάρ.	26,25	814
Φεβρου.	28,29	792
Μάρτιος	30,4	942
Απρίλιος	40,25	1.208
Μάιος	44,03	1.365
Ιούνιος	47,88	1.436

Μήνας	Μέση Ημερήσια Παραγωγή (Kwh)	Μέση Μηνιαία Παραγωγή (Kwh)
Ιούλιος	50,09	1.553
Αύγουστος	51,44	1.595
Σεπτέμβρ.	47,28	1.418
Οκτώβριος	35,59	1.103
Νοέμβριος	25,54	766
Δεκέμβριος	22,17	687
Μ.Ο	37,43	1.140
ΣΥΝΟΛΟ		<b>13.679</b>



**Διάγραμμα 5.1:** Μηνιαία ενεργειακή απόδοση Φωτοβολταϊκών

Το συνολικό κόστος της επένδυσης με τον ΦΠΑ είναι 19.557 € . Η συγκεκριμένη τιμή προκύπτει από συγκεκριμένη προσφορά, περιλαμβάνει και το κόστος της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, αλλά και την επίβλεψη της συνολικής εγκατάστασης-διαχείριση έργου και θέση σε λειτουργία.

Η αξιολόγηση της επένδυσης θα γίνει για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια. Το επιτόκιο αναγωγής θεωρείται 5% ενώ η τιμή πώλησης αναπροσαρμόζεται ετησίως με το 25% του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (Πληθωρισμός) που θεωρείται 1,6%. Οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι τα 25 έτη και θεωρείται ότι η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνεται κάθε χρόνο κατά 1%. Η τιμή πώλησης της Kwh θεωρείται 0,125 €, δεδομένου ότι η ενεργοποίηση της σύνδεσης πραγματοποιηθεί μεταξύ του Αυγούστου 2013 και του Φεβρουαρίου 2014. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται ο υπολογισμός των ΚΤΡ για πληθωρισμό 1,6%.

Πίνακας 5.16 : Υπολογισμός εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών γεννητριών

Έτη	Τιμή kwh (€)	Παραγόμενες Kwh	Ετήσια Έσοδα (€)	Αποπληθωρισ. ΚΤΡ (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)	
1	0,125	13679,000	1709,875	1682,948	1602,807	-17954,193
2	0,126	13542,210	1699,547	1646,440	1493,369	-16460,823
3	0,126	13406,788	1689,282	1610,724	1391,404	-15069,419
4	0,127	13272,720	1679,079	1575,782	1296,400	-13773,019
5	0,127	13139,993	1668,937	1541,599	1207,883	-12565,136
6	0,128	13008,593	1658,857	1508,157	1125,410	-11439,726
7	0,128	12878,507	1648,837	1475,441	1048,568	-10391,157
8	0,129	12749,722	1638,878	1443,434	976,973	-9414,184
9	0,129	12622,225	1628,980	1412,122	910,266	-8503,918
10	0,130	12496,002	1619,140	1381,489	848,114	-7655,803
11	0,130	12371,042	1609,361	1351,521	790,206	-6865,597
12	0,131	12247,332	1599,640	1322,202	736,252	-6129,346
13	0,131	12124,859	1589,978	1293,520	685,981	-5443,364
14	0,132	12003,610	1580,375	1265,459	639,143	-4804,221
15	0,132	11883,574	1570,830	1238,008	595,503	-4208,718
16	0,133	11764,738	1561,342	1211,152	554,843	-3653,876
17	0,133	11647,091	1551,911	1184,879	516,959	-3136,917
18	0,134	11530,620	1542,538	1159,175	481,661	-2655,256
19	0,134	11415,314	1533,221	1134,029	448,774	-2206,482
20	0,135	11301,161	1523,960	1109,429	418,132	-1788,350
21	0,135	11188,149	1514,755	1085,362	389,582	-1398,768
22	0,136	11076,268	1505,606	1061,817	362,982	-1035,785
23	0,136	10965,505	1496,512	1038,784	338,198	-697,587
24	0,137	10855,850	1487,473	1016,249	315,106	-382,481
25	0,138	10747,291	1478,489	994,204	293,591	<b>-88,890</b>
ΣΥΝΟΛΟ					<b>19468,110</b>	

Οπότε για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $KPA = -19.557 + 19.468,11 = -88,89 \text{ €}$ . Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι  $EBA = 4,95\%$  και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής  $EPA = 25,3 \text{ έτη}$ . Η επένδυση είναι μη βιώσιμη.

### 5.3.5 Εγκατάσταση Ηλιακού Συλλέκτη

Η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα έχει ως σκοπό την αντικατάσταση των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων που θερμαίνουν νερό για χρήση στην κουζίνα και στο WC. Προτείνεται να εγκατασταθεί ηλιακός θερμοσίφοντας τριπλής ενέργειας, κλειστού κυκλώματος με επιλεκτικό συλλέκτη. Με τον όρο κλειστού κυκλώματος εννοείται πως γίνεται έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό που θα χρησιμοποιηθεί χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας). Τριπλής

ενέργειας σημαίνει ότι λειτουργεί εκμεταλλευόμενος είτε την ηλιακή ενέργεια είτε το ηλεκτρικό ρεύμα είτε χρησιμοποιεί το ζεστό νερό του λέβητα ως θερμαντικό μέσο. Εκμεταλλεύεται την ηλεκτρική ενέργεια, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή για να ζεστάνει το νερό. Για τον σκοπό αυτό υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση τοποθετημένη εντός του τμήματος αποθήκευσης.



Εικόνα 5.8 : Ηλιακός θερμοσίφωνας [31]

Στη παρούσα φάση είναι εγκατεστημένοι ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας σε κάθε κουζίνα (σύνολο 4 κουζίνες) και ένας σε κάθε WC (σύνολο 4 WC). Οπότε συνολικά υπάρχουν 8 ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες εγκατεστημένοι σε όλο το κτίριο που ο καθένας είναι χωρητικότητας 10 λίτρων και ισχύος 1500W . Έχει υπολογιστεί ότι την ημέρα λειτουργούν κατά μέσο όρο 1 ώρα ο κάθε θερμοσίφωνας των WC και 1,5 ώρα ο κάθε θερμοσίφωνας που βρίσκεται στην κουζίνα. Οπότε συνολικά όλοι μαζί το χρόνο (για τιμή Kwh=0,15 ευρώ) καταναλώνουν τουλάχιστον:

$$\text{Ετήσιο κόστος} = (4 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 240) \cdot 0,15 + (4 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 240) \cdot 0,15 = 216 + 324 = 540 \text{ ευρώ.}$$

Θα εγκατασταθεί ένας ηλιακός θερμοσίφωνας χωρητικότητας 120 λίτρων νερού. Το κόστος ενός τέτοιου θερμοσίφωνα είναι 450 ευρώ με τον ΦΠΑ. Αρκετά μεγάλο είναι το εργατικό κόστος καθώς θα πρέπει να οδηγηθούν σωλήνες που θα μεταφέρουν το ζεστό νερό σε κάθε κουζίνα και WC από την ταράτσα που θα βρίσκεται ο ηλιακός, όπως και σωλήνας από τον λέβητα του καλοριφέρ ως την ταράτσα και σωλήνας για να παρέχει κρύο νερό στον θερμοσίφωνα. Το κόστος των σωληνώσεων είναι 3,5 ευρώ το μέτρο και υπολογίζεται πως χρειάζονται 100 περίπου μέτρα σωληνώσεων (μαζί με το μήκος καλωδίου για παροχή ηλεκτρικού ρεύματος), οπότε 350 ευρώ είναι το κόστος σωληνώσεων. Υπολογίζεται ακόμα περίπου 800 ευρώ εργατικό κόστος για την εγκατάσταση και 300 ευρώ κόστος συντήρησης για όλη τη διάρκεια της επένδυσης. Οπότε

$$\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης} = 450 + 350 + 800 + 300 = 1.900 \text{ ευρώ.}$$

Επειδή ο ηλιακός θα καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια όταν χρειάζεται, δηλαδή όταν η ενέργεια από τον ήλιο δεν επαρκεί και ο λέβητας δε λειτουργεί, το κόστος της ενέργειας αυτής πρέπει να αφαιρεθεί από το ετήσιο όφελος. Αν η ηλεκτρική αντίσταση του ηλιακού είναι 4000W και λειτουργεί περίπου 2 ώρες την ημέρα για 60 μέρες/χρόνο, το ετήσιο κόστος είναι:  $4 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,15 = 72$  ευρώ. Οπότε καθαρή Ετήσια Ταμειακή Ροή για τον πρώτο χρόνο είναι:

$$Fi = 540 - 72 = 468 \text{ ευρώ}$$

Να σημειωθεί επίσης ότι η ύπαρξη των θερμοσιφώνων μέσα στο κτίριο, έχει δημιουργήσει κατά καιρούς προβλήματα λόγω διαρροής νερού που οφείλεται σε βλάβη του θερμοσίφωνα.

Πίνακας 5.17 : Υπολογισμός εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα

Έτη	Τιμή kwh (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Ανηγγόμενες ΚΤΡ (€)	ΚΠΑ (€)
1	0,150	468,000	445,714	-1454,286
2	0,158	491,400	445,714	-1008,571
3	0,165	515,970	445,714	-562,857
4	0,174	541,769	445,714	-117,143
5	0,182	568,857	445,714	328,571
6	0,191	597,300	445,714	774,286
7	0,201	627,165	445,714	1220,000
8	0,211	658,523	445,714	1665,714
9	0,222	691,449	445,714	2111,429
10	0,233	726,022	445,714	<b>2557,143</b>
ΣΥΝΟΛΟ			<b>4457,143</b>	

Για τη συγκεκριμένη επένδυση είναι  $KPA = -1.900 + 4.457,143 = 2.557,143$  ευρώ,  $EBA = 25,5\%$  και  $EPA = 4,2$  έτη. Οπότε η επένδυση κρίνεται βιώσιμη.

### 5.3.6 Σύνοψη Προτάσεων

Στο κεφάλαιο 5 προτάθηκαν συνολικά 12 δράσεις που αφορούν τον φωτισμό, τη θέρμανση/ψύξη, το κτιριακό κέλυφος, καθώς και δράσεις που αφορούν ΑΠΕ, δηλαδή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων και ηλιακού θερμοσίφωνα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά μαζί με τους υπολογισθέντες οικονομικούς δείκτες. Υπενθυμίζεται ότι σε όλες τις επενδύσεις θεωρήθηκε διάρκεια ζωής 10 χρόνια, εκτός από τις επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά και σε θερμομόνωση που θεωρήθηκαν 25 χρόνια.

Πίνακας 5.18 : Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

Προτεινόμενη Δράση	Αρχικό Κόστος (€)	Περίοδος Μελέτης (έτη)	Οικονομικό Όφελος στο Τέλος του Πρώτου Χρόνου(€)	ΚΠΑ (€)	EBA (%)	EPA (έτη)
<b>Φωτισμός</b>						
Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά	3.140	10	573	2317	17,1	5,7
Αντικατάσταση λαμπτήρων T8 με T5	5.024	10	642	1.087	8,9	8,2



Προτεινόμενη Δράση	Αρχικό Κόστος (€)	Περίοδος Μελέτης (έτη)	Οικονομικό Όφελος στο Τέλος του Πρώτου Χρόνου(€)	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
Αντικατάσταση λαμπτήρων T8 με LED	11520	10	1.964	6.450	13,5	6,3
Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας στα WC	700	10	120	441	15,5	6,1
Εγκατάσταση Αισθητήρων Παρουσίας στα γραφεία εργαζομένων	2200	10	360	1.229	14,5	6,4
<b>Θέρμανση/Ψύξη</b>						
Θέρμανση μόνο με VRV	0	10	4.186	28.503	.	0
Εγκατάσταση ΦΑ χωρίς αντικατάσταση λέβητα	4.900	10	1.813	9.101	35	2,9
Εγκατάσταση ΦΑ με αντικατάσταση λέβητα	15900	10	2.380	2.479	8,2	8,3
Εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας για κάλυψη αναγκών θέρμανσης	70.000	10	3765	-40.930	-10	>25
<b>Κτιριακό Κέλυφος</b>						
Εσωτερική Θερμομόνωση	36.316	25	2.254	4.765	6,1	21,4
<b>ΑΠΕ</b>						
Εγκατάσταση Φ/Β στην ταράτσα	19.557	25	1.710	-89	4,95	25,3
Εγκατάσταση Ηλιακού Θερμοσίφωνα	1900	10	468	2.557	25,5	4,2

Μελετώντας τις παραπάνω δράσεις, η δράση με τη μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι αυτή της λειτουργίας θέρμανσης μόνο με το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV και ταυτόχρονη κατάργηση του λέβητα πετρελαίου. Έχει μάλιστα μηδενικό αρχικό κόστος επένδυσης. Σημαντικό κριτήριο όμως για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης επένδυσης αποτελεί το επίπεδο θερμικής άνεσης στο χώρο τις πρωινές ώρες ύστερα από την κατάργηση και του λέβητα και μη λειτουργία των θερμοπομπών(σωμάτων καλοριφέρ). Προτείνεται δοκιμαστικά για κάποια περίοδο να παύσει η λειτουργία του λέβητα και οι ανάγκες να καλυφθούν από το σύστημα VRV, ώστε να διαπιστωθεί από τους εργαζόμενους αν τελικά πληρείται το κριτήριο της θερμικής άνεσης. Βέβαια η θέρμανση μέσω κλιματιστικών έχει και άλλα μειονεκτήματα που διατυπώθηκαν στην αντίστοιχη παράγραφο κατά την μελέτη κατάργησης του λέβητα πετρελαίου.

Η εγκατάσταση Φυσικού Αερίου χωρίς την αντικατάσταση λέβητα προτιμάται βάσει οικονομικών κριτηρίων, καθώς έχει περίπου 3 φορές μεγαλύτερη ΚΠΑ αλλά και 1/3 αρχικό κόστος επένδυσης από την εγκατάσταση Φυσικού Αερίου με αντικατάσταση λέβητα. Το αποτέλεσμα αυτό προήλθε θεωρώντας ότι η απόδοση του λέβητα θα παραμείνει ίδια όταν τοποθετηθεί καυστήρας Φυσικού Αερίου, υπάρχει όμως σημαντική πιθανότητα η απόδοση του λέβητα να μειωθεί όταν συνδεθεί καυστήρας αερίου, οπότε η ΚΠΑ θα προκύψει μικρότερη.

Η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας αποτελεί μη βιώσιμη επένδυση για το υπάρχον κτίριο. Γι' αυτό παράγοντας αποτελεί το ήδη καλής απόδοσης κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV και η ύπαρξη των σωμάτων καλοριφέρ που αποκλείουν τη λειτουργία ψύξης. Δηλαδή εξετάστηκε μόνο η περίπτωση εγκατάστασης αντλίας θερμότητας για θέρμανση, καθώς για να υπάρξει η δυνατότητα ψύξης μέσω της αντλίας πρέπει να εγκατασταθούν fan-coil σε όλο το κτίριο, επένδυση που απορρίπτεται εξ αρχής. Η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας συμφέρει συνήθως σε νεοαναγειρόμενα κτίρια όπου τοποθετούνται fan-coil ή/και ενδοδαπέδια θέρμανση εξ αρχής και δεν υπάρχει ήδη καλά αποδοτικό σύστημα κλιματισμού, οπότε σε βάθος χρόνου πετυχαίνεται απόσβεση της επένδυσης και εξοικονόμηση χρημάτων.

Όσον αφορά τις δράσεις για φωτισμό προκρίνεται αυτή της τοποθέτησης λαμπτήρων LED παρόλο που έχει 3,6 φορές μεγαλύτερο αρχικό κόστος από τη δράση αντικατάστασης των μαγνητικών ballast, αλλά 2,8 φορές μεγαλύτερη ΚΠΑ. Επαφίεται όμως στην κρίση του επενδυτή αν θα πραγματοποιήσει την επένδυση τώρα ή στο μέλλον (σε 1-2 χρόνια) που προβλέπεται να κυκλοφορήσουν στην αγορά πιο αποδοτικοί λαμπτήρες LED και ίσως πιο οικονομικοί. Παράγοντας για την πραγματοποίηση της επένδυσης όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω αποτελεί και το επίπεδο οπτικής άνεσης που προσφέρουν οι λαμπτήρες LED το οποίο πρέπει πρώτα να δοκιμαστεί. Η τοποθέτηση λαμπτήρων T5 με ηλεκτρονικά ballast αποτελεί μέχρι στιγμής στον κτιριακό τομέα δοκιμασμένη, επιτυχημένη λύση και έχει όλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αλλά δίνει μικρότερη ΚΠΑ οπότε δε προκρίνεται.

Η τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας στα WC απαιτεί σχετικά με όλες τις δράσεις το δεύτερο μικρότερο αρχικό κόστος και απόσβεση σε εύλογο χρονικό διάστημα. Η τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας στα γραφεία των εργαζομένων απαιτεί τριπλάσιο αρχικό κόστος σε σχέση με την προηγούμενη δράση και έχει 2,8 μεγαλύτερη ΚΠΑ. Μάλιστα τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας μπορεί να πραγματοποιηθεί και για την απενεργοποίηση κλιματιστικών μηχανημάτων με την ίδια λογική. Αν υπάρξει αποτελεσματική ευαισθητοποίηση των

εργαζομένων ώστε να απενεργοποιούν όλες τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα κατά την αποχώρηση από το κτίριο, τότε δε θεωρείται σκόπιμη η εγκατάσταση των αισθητήρων.

Η εσωτερική θερμομόνωση είναι βιώσιμη επένδυση. Παρόλο όμως που ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου δε καλύπτει το όριο του κανονισμού και υπάρχει ανάγκη για θερμομόνωση, το υψηλό Αρχικό Κόστος Επένδυσης και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής που είναι 21,4 χρόνια καθιστούν μη συμφέρουσα οικονομικά τη δράση εσωτερικής θερμομόνωσης.

Η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών στην ταράτσα του κτιρίου είναι μία δράση με οριακά αρνητική ΚΠΑ και υψηλό αρχικό κόστος σε σχέση με άλλες δράσεις. Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ) είναι 25,3 έτη. Η σχετικά χαμηλή τιμή πώλησης της Kwh που έχει διαμορφωθεί στα 12,5 λεπτά του ευρώ κάνει την επένδυση μη βιώσιμη και μη συμφέρουσα.

Η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα είναι μία δράση εξοικονόμησης ενέργειας που προκρίνεται λόγω μικρού σχετικά αρχικού κόστους 1900 ευρώ, μικρής ΕΠΑ 4,2 χρόνια, αλλά και σχετικά μεγάλης ΚΠΑ 2.557 ευρώ. Είναι σημαντικό επίσης ότι μέρος των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης θα καλύπτονται με τη βοήθεια της «ανεξάντλητης» ηλιακής ενέργειας και όχι με την εκμετάλλευση φυσικών πόρων.



## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### *Συμπεράσματα και Προοπτικές*



## 6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια σαφή εικόνα του ενεργειακού προφίλ του νεοκλασικού κτιρίου φανερώνοντας τις ελλείψεις σε βασικούς τομείς, αλλά και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου:

- **Το κτιριακό κέλυφος δεν παρέχει επαρκή μόνωση. Βιώσιμη η δράση εσωτερικής θερμομόνωσής του, αλλά δε προκρίνεται λόγω μεγάλης ΕΠΑ και μικρής ΚΠΑ σε σχέση με το Αρχικό Κόστος.**

Όπως υπολογίστηκε στο τρίτο κεφάλαιο, το κτίριο κρίθηκε ενεργοβόρο και μη επαρκώς θερμομονωμένο, καθώς υπερβαίνει αρκετά τον μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Εκτός από την οροφή του κτιρίου, τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένα και δεν πληρούνται όρια των συντελεστών θερμοπερατότητας. Σε συγκεκριμένους χώρους του ισογείου του κτιρίου έχουν εμφανιστεί κατά καιρούς φαινόμενα υγρασίας. Τα συγκεκριμένα φαινόμενα προκαλούνται από τη συγκράτηση νερού στις ρίζες των φυτών που βρίσκονται στην εξωτερική αυλή στο επίπεδο του πρώτου ορόφου και γενικότερα από τη μη αποτελεσματική αποστράγγιση των υδάτων στη δυτική και νότια πλευρά του κτιρίου.

Στη παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη εσωτερικής θερμομόνωσης, καθώς η εξωτερική θερμομόνωση θα αλλοίωνε τις όψεις του νεοκλασικού κτιρίου. Προτάθηκε εσωτερική θερμομόνωση πάχους περίπου 4 εκατοστών και οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας προέκυψαν οριακά εκτός ορίων.

- **Υφίστανται θερμικές απώλειες από τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων και απουσία μόνωσης σε όλους τους σωλήνες του δικτύου νερού στο χώρο του λεβητοστασίου.**

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση με τη βοήθεια της θερμοκάμερας εντοπίστηκαν απώλειες από τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων, καθώς και παντελής έλλειψη μόνωσης στους σωλήνες του δικτύου νερού στο χώρο του λεβητοστασίου. Η δράση για τοποθέτηση μόνωσης στους σωλήνες νερού και οι εργασίες για περιορισμό των απωλειών από τις περσίδες κατατάσσονται στις δράσεις νοικοκυρέματος.

- **Με τη χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας αποσαφηνίστηκαν το μέγεθος και η περίοδος της ζήτησης κάθε είδους φορτίου. Εντοπίστηκε επίσης πως άεργος ισχύς επιστρέφεται στο δίκτυο και πως οι Συντελεστές Αρμονικές Παραμόρφωσης (THD) είναι εκτός ορίων.**

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την επεξεργασία των μετρήσεων του αναλυτή έρχονται σε συμφωνία με την προσομοίωση των καταναλώσεων που πραγματοποιήθηκε. Η επιστροφή άεργου ισχύος στο δίκτυο τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου που πιθανόν οφείλεται στην εκφόρτιση των χωρητικών στοιχείων των UPS βοηθά στην αντιστάθμιση της άεργου ισχύος και στην διαμόρφωση πολύ υψηλού συντελεστή ισχύος, γεγονός που καταγράφεται και στους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Τέλος, για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από αρμονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα που παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο διαδίκτυο.

- **Δυνατή η εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ενσωμάτωσης τεχνολογιών ΑΠΕ σε νεοκλασικά κτίρια.**

Οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας αφορούν τους τομείς της θερμομόνωσης, αλλά και τους τομείς της Ψύξης/Θέρμανσης/Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης. Επίσης είναι δυνατή η ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ σε νεοκλασικά κτίρια, όπως η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων, ανεμογεννητριών και συστημάτων ηλιοθερμίας. Όλες οι δυνατές δράσεις είτε αυτές οδηγούν σε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είτε στην παραγωγή καθαρής μορφής ενέργειας δεν αλλοιώνουν τον ιστορικό χαρακτήρα και ύφος των νεοκλασικών κτιρίων.

- **Οι μετρήσεις από τον αναλυτή καυσαερίων και από τα φύλλα συντήρησης του λέβητα ως επί των πλείστων είναι εντός ορίων.**

Συγκεκριμένα οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο τελευταίο έτος (2013) και ύστερα από την τελευταία συντήρηση είναι όλες αποδεκτές. Η απόδοση καύσης του λέβητα είναι πολύ καλή (92%) και οι τιμές των άλλων παραμέτρων όπως η θερμοκρασία των καυσαερίων, η περίσσεια αέρα, η ποσότητα του CO<sub>2</sub> και ο δείκτης αιθάλης κινούνται μέσα στα επιθυμητά όρια.

- **Βελτιωτικές δράσεις χαμηλού κόστους στην Θέρμανση/Ψύξη/Ζεστό Νερό Χρήσης θα προσφέρουν εξοικονόμηση χρημάτων.**

Οι προσεχείς αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση λύσεων τόσο για τον περιορισμό χρήσης του, όσο και για εναλλακτικές λύσεις θέρμανσης.

Η προτεινόμενη λύση που αφορά την κατάργηση του λέβητα πετρελαίου και την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης μόνο με το κεντρικό σύστημα κλιματισμού VRV προέκυψε ως η πιο οικονομικά συμφέρουσα με μηδενικό μάλιστα αρχικό κόστος. Τα μειονεκτήματα όμως είναι αρκετά για τη θέρμανση μέσω κλιματιστικών: κακή ποιότητα θέρμανσης (συγκριτικά με το υπάρχον σύστημα σωμάτων καλοριφέρ), ανάγκη για συχνό έλεγχο και αντικατάσταση των φίλτρων με συνέπεια πρόσθετα κόστη και τέλος εκπομπή αυξημένων ρύπων στο περιβάλλον (λόγω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς). Οπότε η χρήση του συστήματος VRV για τη θέρμανση του



κτιρίου δε μπορεί να θεωρηθεί ως κύρια πηγή θέρμανσης παρά μόνο σε συμπληρωματική.

Η εγκατάσταση φυσικού αερίου προκύπτει γενικά ως η πιο συμφέρουσα λύση. Η απόσβεση της επένδυσης από τη μελέτη προέκυψε πως θα πραγματοποιηθεί σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα (περίπου 3 χρόνια) με μεγάλη ΚΠΑ. Επίσης το φυσικό αέριο μπορεί να παρέχεται απευθείας από το δίκτυο και δεν υπάρχει η ανάγκη για αποθήκευση αυτού. Αντίθετα η εγκατάσταση ενός συστήματος βιομάζας απαιτεί αρκετό χώρο για την αποθήκευση του καυσίμου και επίσης απαιτεί την αγορά προμήθειας και τον συχνό καθαρισμό του λέβητα από τα υπολείμματα καύσης αν ο καθαρισμός δε γίνεται αυτοματοποιημένα.

Το σύστημα κεντρικού κλιματισμού VRV είναι αρκετά αποδοτικό. Κάθε εκσυγχρονισμένο κτίριο εξάλλου πρέπει να διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Υπάρχει όμως η δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης με την αλλαγή του ψυκτικού υγρού R407c σε R410 που είναι πιο αποδοτικό. Χρειάζεται όμως να πραγματοποιηθεί παράλληλα και η αλλαγή των συμπιεστών του συστήματος, με την αλλαγή του ψυκτικού υγρού, σύμφωνα με αντιπρόσωπο της κατασκευάστριας εταιρίας των κλιματιστικών, οπότε θα αυξηθεί αρκετά το κόστος αντικατάστασης. Η συντήρηση του συστήματος θα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο, καθώς εξασφαλίζει την αποδοτικότητα του συστήματος και κυρίως την καλή υγεία των εργαζομένων.

Προτείνεται επίσης η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα για παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX). Παρά το μεγάλο σχετικά αρχικό κόστος επένδυσης λόγω των εργασιών εγκατάστασης, η απόσβεση θα πραγματοποιηθεί σε περίπου 4 χρόνια.

▪ **Βελτιωτικές δράσεις στον φωτισμό θα προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση**

Η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά είναι η δράση με το χαμηλότερο αρχικό κόστος και με τον μικρότερο χρόνο απόσβεσης. Η μελέτη εγκατάστασης λαμπτήρων LED στην παρούσα εργασία αφορά την αντικατάσταση των λαμπτήρων LED μόνο στα γραφεία εργαζομένων. Η συγκεκριμένη δράση δίνει τη μεγαλύτερη ΚΠΑ και έχει ελαφρώς μεγαλύτερη ΕΠΑ από την αντικατάσταση των μαγνητικών ballast. Οπότε προτιμάται ως δράση δεδομένων και το πλεονεκτημάτων των λαμπτήρων LED έναντι των λαμπτήρων φθορισμού. Καθαρά με οικονομικά κριτήρια και λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους του κάθε λαμπτήρα, πρέπει η περαιτέρω μελέτη αντικατάστασης λαμπτήρων LED και σε άλλους χώρους του κτιρίου να γίνει με προσοχή, καθώς η περιορισμένη χρήση των ήδη εγκατεστημένων λαμπτήρων θα αυξήσει στην ουσία κατά πολύ το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης αντικατάστασης με LED.

Προτείνεται επίσης η εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας στα WC και στα γραφεία των εργαζομένων, καθώς όπως προέκυψε από τη μελέτη είναι αρκετά συμφέρουσα. Αν εφαρμοστεί ως δράση αρχικά η αντικατάσταση λαμπτήρων LED τότε βάσει οικονομικών κριτηρίων κάνει μη συμφέρουσα την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας θα προκύψει αρκετά μικρότερη, λόγω και της μικρότερης

κατανάλωσης ενέργειας από τους λαμπτήρες LED. Κάθε δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας όμως βελτιώνει το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου και είναι περιβαλλοντικά επωφέλης.

- **Η επένδυση σε Φ/Β γεννήτριες είναι μη βιώσιμη**

Όπως προέκυψε από τη μελέτη η επένδυση για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην ταράτσα του κτιρίου είναι μη βιώσιμη. Παρά το χαμηλό σχετικά αρχικό κόστος επένδυσης που προέκυψε από πραγματική προσφορά, η χαμηλή τιμή πώλησης της Kwh διαμορφώνει την ΕΠΑ σε 25 χρόνια. Η οικονομική απόδοση της επένδυσης αν πραγματοποιούνταν την εποχή που η τιμή πώλησης της Kwh ήταν 0,55 €/Kwh σίγουρα θα ήταν πολύ καλύτερη και η δράση θα ήταν οικονομικά συμφέρουσα. Στην παρούσα φάση που η τιμή πώλησης της Kwh (0,125€/Kwh) έχει πέσει κάτω από το ένα τέταρτο της τιμής κάνει την επένδυση μη αποδοτική.

- **Η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι καθοριστική**

Καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων και στην ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και των συστημάτων θέρμανσης είναι η ευαισθητοποίηση του προσωπικού για αυτά τα ζητήματα. Συνιστάται η αποφυγή άσκοπης χρήσης του φωτισμού σε περιπτώσεις που ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, η σύνεση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και κλιματισμού (πχ απενεργοποίηση τους όταν δεν χρησιμοποιούνται) και τέλος η λήψη δράσεων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας όπως τα προαναφερθέντα προτεινόμενα μέτρα.

## 6.2 Προοπτικές

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε διττό σκοπό, αφενός τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους του κτιρίου και αφετέρου την προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τις ρυπογόνες εκπομπές. Οι εφαρμογή των δράσεων που προτάθηκαν στοχεύουν σε αυτόν το σκοπό. Επίσης τον τελευταίο καιρό έχει αρχίσει να εφαρμόζεται ενεργειακή πολιτική που στο επίκεντρό της βρίσκεται η πράσινη ανάπτυξη και η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εκμετάλλευση ΑΠΕ. Επομένως η εξεύρεση πόρων θα μπορούσε να γίνει από κάποιο κοινοτικό πρόγραμμα ή την Ευρωπαϊκή Ένωση, γεγονός που διευκόλυνε την πραγματοποίηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο της Στέγης της Ελληνικής Βιομηχανίας.

Τέλος τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν το πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή επιθεώρηση γενικά στον κτιριακό τομέα ο οποίος σύμφωνα με μελέτες ευθύνεται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

## Βιβλιογραφία

1. Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 241Δ/8.5.1991 [www.et.gr](http://www.et.gr)
2. Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 210Α/Ν.1577.1985 [www.et.gr](http://www.et.gr)
3. Νόμος 4030/11  
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=WsLJDdwJvpw%3d&tabid=506&language=el-GR>
4. Νέος Οικοδομικός Κανονισμός 4067  
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=5nRUKLGL8E%3D&tabid=506&language=el-GR>
5. “New4old” Project <http://www.new4old.eu/>
6. “3encult” Project <http://www.3encult.eu/en/project/welcome/default.html>
7. Ενημερωτική Ιστοσελίδα “Zeroenergybuildings” <http://www.zeroenergybuildings.org>
8. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας Rollc Sigj [www.rollc.com](http://www.rollc.com)
9. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας “Χάρης Μοίρας” <http://www.xaris1.gr>
10. Επίσημη ιστοσελίδα [www.maps.google.gr](http://www.maps.google.gr)
11. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων», Α Έκδοση 2010
12. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «Valuetesters», [www.valuetesters.com](http://www.valuetesters.com)
13. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «Cranefords», [www.cranefords.com](http://www.cranefords.com)
14. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «Sigma Hellas», [www.sigmahellas.gr](http://www.sigmahellas.gr)
15. Επίσημη Ιστοσελίδα [www.testequipmentdepot.com](http://www.testequipmentdepot.com)
16. Σημειώσεις: Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, Εργαστήριο Συστημάτων και Αποφάσεων και Διοίκησης Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 2005
17. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», Α Έκδοση 2010
18. Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 143Α/2.9.1993 [www.et.gr](http://www.et.gr)

19. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), «Οδηγός Καύσης Λεβήτων και Κλιβάνων-Φούρνων» ,Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/νση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
20. Φ.Β Τοπαλή, «Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων» [http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42](http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=42)
21. Ενημερωτική Ιστοσελίδα <http://greekelectrician.blogspot.gr/2011/09/blog-post.html>
22. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «ECOLIT-LED», <http://ecolit-led.com/el/proionta/led-tube-t8/tube8-00021-led>
23. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «ENISTEC», [www.enistec.com](http://www.enistec.com)
24. Γενικό Τιμολόγιο της ΔΕΗ κατηγορίας Γ22 <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=37405&nt=18&lang=1>
25. Μελέτη Εργαστηρίου Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων «Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες», Ιανουάριος 2013 <http://www.lsbtp.mech.ntua.gr/el/node/1051>
26. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «ΥΔΡΑΜΑ», [www.ydrama-ae.gr](http://www.ydrama-ae.gr)
27. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «ΧΡΩΜΟΔΟΜΗ», [www.thermonosystem.gr](http://www.thermonosystem.gr)
28. Εξειδικευμένο Λογισμικό Προσομοίωσης PVSYST V6.07 <http://www.pvsyst.com>
29. Επίσημη Ιστοσελίδα της Εταιρίας «Φυσικό Αέριο Αττικής», [www.aerioattikis.gr](http://www.aerioattikis.gr)
30. Επίσημη Ιστοσελίδα «Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας» <http://www.hnms.gr/hnms/english/climatology/climatology.html>
31. Ενημερωτική Ιστοσελίδα [www.kala-nea.gr/archives/8625](http://www.kala-nea.gr/archives/8625)
32. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), «Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Συστήματα HVAC» ,Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/νση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)

## Παράρτημα

Πίνακας 1 : Καταναλώσεις Φωτισμού Ισογείου

Φωτισμός ισογείου							
Χώρος	Είδος Χώρου	Πλήθος	Ισχύς(W)/ φωτιστικό	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Συντελ. Ταυτοχ.	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
0.1.1	Προθάλ.- Γραφ.	32	18	9	240	0,6	746,496
0.2	Γραφείο	8	18	1	240	0,6	20,736
0.3	Γραφείο	16	36	9	240	0,6	746,496
		8	18	9	240	0,6	186,624
0.4	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
0.5	Γραφείο	12	36	9	240	0,6	559,872
0.6	Γραφείο	24	36	9	240	0,6	1.119,744
0.7	Γραφείο	16	18	9	240	0,6	373,248
		2	18				
0.8	WC	4	26	2	240	1	49,92
		2	4	9	240	0,6	10,368
0.9	WC	4	26	2	240	1	49,92
		2	4	9	240	0,6	10,368
0.10	Λεβητοστάσι ο	2	36	1	30	1	2,16
0.11	Αποθήκη	4	36	1,5	240	0,6	31,104
0.12	Φωτοτυπικό	12	18	2	240	1	103,68
0.13	Στούντιο ηχογρ.	4	4	9	240	0,6	20,736
0.14	Αποθήκη	4	36	9	240	0,6	186,624
		4	18	9	240	0,6	93,312
0.15	Διάδρομος	60	18	15	240	0,5	1944
		1	60	9	240	0,6	77,76
<b>Σύνολο</b>							<b>6.706,416</b>
Προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast							<b>8.353,212</b>

Πίνακας 2 : Καταναλώσεις Φωτισμού Πρώτου Ορόφου

Φωτισμός πρώτου ορόφου							
Χώρος	Είδος Χώρου	Πλήθος	Ισχύς(W)/ φωτιστικό	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Συντελ. Ταυτοχ.	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
1.1	Κλιμακ.Εισόδου	3	80	9	240	0,6	311,04
1.2	Κλιμακοστάσιο	2	40	9	240	0,6	103,68
1.3	Αιθ.Συνελεύσεω ν	12	150	9	30	0,6	291,6
1.4	Γραφείο	1	100	9	240	0,6	129,6

1.5	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
		16	18	9	240	0,6	373,248
1.6	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
1.7	Κουζίνα	2	26	9	240	0,6	67,392
1.8	WC	4	26	9	240	0,6	134,784
1.10	Διάδρομος	60	18	9	240	0,6	1399,68
1.11	Κεν.Προθάλαμ.	15	3	9	240	0,6	58,32
		4	150	9	240	0,6	777,6
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>							<b>4.393,44</b>
Προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast							<b>5.073,84</b>

Πίνακας 3 : Καταναλώσεις Φωτισμού Μεσοπατώματος

Φωτισμός Μεσοπατώματος					
Ποσότητα φωτιστικών	Ισχύς(W)/φωτιστικό	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Συντελ. Ταυτοχ.	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
8	36	1	30	1	8,64
1	150	0,5	5	1	0,375
1	40	1	30	1	1,2
Προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast					<b>12,38</b>

Πίνακας 4 : Καταναλώσεις Φωτισμού Δευτέρου Ορόφου

Φωτισμός δευτέρου ορόφου							
Χώρος	Είδος Χώρου	Πλήθος	Ισχύς(W)/φωτιστικό	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Συντε. Ταυτοχ.	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
2.1	Κλιμακοστάσιο	2	40	9	240	0,6	103,68
		6	3	9	240	0,6	23,328
2.2	Διάδρομος	8	20	9	240	0,6	207,36
2.3	Γραφείο	2	35	9	240	0,6	90,72
		2	40	9	240	0,6	103,68
2.4	Γραφείο	2	35	9	240	0,6	90,72
		4	40	9	240	0,6	207,36
2.5	Γραφείο	2	100	9	240	0,6	259,2
2.6	Γραφείο	4	36	9	240	0,6	186,624
2.7	Γραφείο	2	35	9	240	0,6	90,72
		2	40	9	240	0,6	103,68
2.8	Γραφείο	3	100	9	240	0,6	388,8
2.10	Αίθουσα.συνελ.	2	35	9	240	0,6	90,72
		2	40	9	240	0,6	103,68
2.11	Γραφείο	2	35	9	240	0,6	90,72

		1	40	9	240	0,6	51,84
2.13	WC	1	26	9	240	0,6	33,696
		6	26	9	240	0,6	202,176
2.14	Κουζίνα	2	26	9	240	0,6	67,392
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>							<b>2.496,10</b>
Προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast							<b>2.952,29</b>

Πίνακας 5 : Καταναλώσεις Φωτισμού Τρίτου Ορόφου

Φωτισμός τρίτου ορόφου							
Χώρος	Είδος Χώρου	Πλήθος	Ισχύς(W)/ φωτιστικό	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Συντελ. Ταυτοχ.	Ηλεκ.Ενέργεια(KWh /έτος)
3.1	Κλιμακοστάσιο	18	18	4	120	0,5	77,76
3.2	Διάδρομος	92	18	4	120	0,5	397,44
3.3	Γραφείο	32	36	9	240	0,6	1492,992
3.4	Γραφείο	40	36	9	240	0,6	1866,24
		1	40	9	240	0,6	51,84
3.5	Γραφείο	4	36	9	240	0,6	186,624
		16	18	9	240	0,6	373,248
3.6	Γραφείο	6	18	9	240	0,6	139,968
		32	36	9	240	0,6	1492,992
3.8	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
3.9	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
3.10	Γραφείο	16	18	9	240	0,6	373,248
3.10.1	Προθάλαμος	6	18	9	240	0,6	139,968
3.11	Γραφείο	8	36	9	240	0,6	373,248
		2	18	9	240	0,6	46,656
	Κουζίνα	1	26	9	240	0,6	33,696
3.12	WC	5	26	9	240	0,6	280,8
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>							<b>8.073,216</b>
Προσαύξηση 25% λόγω των μαγνητικών ballast							<b>10.078,56</b>

Πίνακας 6 : Καταναλώσεις Κλιματισμού Ισογείου

Κλιματισμός ισογείου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Ποσότητα Κλιματιστικ.	Ισχύς(W)/ Κλιματισ.	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
0.1.1	Προθάλ.- Γραφ.	3	1200	6	200	4320
		1 fan coil	170	6	80	81,6

0.2	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
0.3	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
0.4	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
0.5	Γραφείο	3	1200	6	200	4320
0.6	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
0.7	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
0.8	WC					
0.9	WC					
0.10	Λεβητοστάσιο					
0.11	Αποθήκη					
0.12	Φωτοτυπικό	1	900	3	90	243
0.13	Στούντιο ηχογρ.	1	1200	6	210	1512
0.14	Αποθήκη	1	700	3	90	189
0.15	Διάδρομος					
Σύνολο						20745,6

Πίνακας 7 : Καταναλώσεις Κλιματισμού Πρώτου Ορόφου

Κλιματισμός πρώτου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Ποσότητα Κλιματιστικ.	Ισχύς(W)/ Κλιματισ.	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
1.1	Κλιμακ.Εισόδου					
		1 fan coil	170	6	80	81,6
1.2	Κλιμακοστάσιο					
1.3	Αιθ.Συνελεύσεων	2	1200	6	200	2880
1.4	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
1.5	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
1.6	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
1.7	Κουζίνα					
1.8	WC					
1.10	Διάδρομος					
1.11	Κεν.Προθάλαμος	2	1200	6	200	2880
ΣΥΝΟΛΟ						11601,6



Πίνακας 8 : Καταναλώσεις Κλιματισμού Μεσοπατώματος

Κλιματισμός μεσοπατώματος					
Χώρος	Ποσότητα	Ισχύς(W)/ Κλιματισ.	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
Χώρος UPS	1	1500	24	360	12960
	1	1000	24	360	8640
Δωμάτιο ελέγχου	1	1500	24	360	12960
	1	1000	24	360	8640
Σύνολο					43200
Σύνολο	Θεωρείται Συντελ.Ταυτοχρονισμού 0,5				21600

Πίνακας 9 : Καταναλώσεις Κλιματισμού Δευτέρου Ορόφου

Κλιματισμός δευτέρου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Ποσότητα Κλιματιστικ.	Ισχύς(W)/ Κλιματισ.	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
2.1	Κλιμακοστάσιο					
2.2	Διάδρομος	1	1200	6	200	1440
2.3	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.4	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.5	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.6	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.7	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.8	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.10	Αίθουσα.συνελ.	1	1200	6	200	1440
2.11	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
2.12	Κλιμακοστάσιο					
2.13	WC					
2.14	Κουζίνα					
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>12960</b>

Πίνακας 10 : Καταναλώσεις Κλιματισμού Τρίτου Ορόφου

Κλιματισμός τρίτου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Ποσότητα Κλιματισ.	Ισχύς(W)/ Κλιματισ.	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
3.1	Κλιμακοστάσιο					
3.2	Διάδρομος	1	1200	6	200	1440
3.3	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
		1	800	6	200	960
3.4	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
3.5	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
3.6	Γραφείο	2	1200	6	200	2880
3.8	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
3.9	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
3.10	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
3.10.1	Προθάλαμος					
3.11	Γραφείο	1	1200	6	200	1440
	Κουζίνα					
3.12	WC					
ΣΥΝΟΛΟ						18240

Πίνακας 11 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Ισογείου

Ηλεκτρικές συσκευές ισογείου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Συσκευές	Ισχύς(W)/ Συσκευή	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
0.1.1	Προθάλ.- Γραφ.	1 Αερόθερμο	2000	6	80	960
		1 ΗΥ	300	8	240	576
		1 Ηλεκ.Μοτερ	170	8	240	326,4
0.1.2	Μπαρ-Κουζίνα	1 Ηλεκτρικό μπρίκι	700	0,3	240	50,4
		1 Βραστήρας	2000	0,3	240	144
		1 Βραστήρας	3000	0,3	240	216
		1 Καφετιέρα	1250	0,3	240	90
		1 Φραπεδιέρα	50	0,3	240	3,6
		1 Ψυγείο	150	16	360	864
		1 Πλυντήριο πιάτων	1200	1	240	288
		1 Φούρνος μικρο/των	700	0,3	240	50,4

		1 Ηλεκτρικό μάτι	1200	0,3	240	86,4
		Ηλεκ. Θερμοσίφωνας	1500	1,5	240	540
0.2	Γραφείο					
0.3	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα	400	0,5	240	48
		Standby	18	23,5	240	101,52
		1 Πολυμηχάνημα	550	0,5	240	66
		Standby	20	23,5	240	112,8
		3 ΗΥ	300	8	240	1728
0.4	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα	550	0,5	240	66
		Standby	20	23,5	240	112,8
		1Καταστροφ.εγγραφ	250	0,1	240	6
		Standby	15	23,9	240	86,04
		2 ΗΥ	300	8	240	1152
0.5	Γραφείο	3 Scanner	150	0,5	240	54
		Standby	12	23,5	240	203,04
		1 Πολυμηχάνημα	450	0,5	240	54
		Standby	15	23,5	240	84,6
		2 ΗΥ	300	8	240	1152
0.6	Γραφείο	1 Ανεμιστήρας	40	5	120	24
		1 TV	120	4	120	57,6
		1 Πολυμηχάνημα	675	0,9	240	145,8
		Standby	20	23,1	240	110,88
		4 ΗΥ	300	8	240	2304
0.7	Γραφείο	1 HiFi Στερεοφωνικό	80	2	58	9,28
		1 ΛΑΠΤΟΠ	70	8	240	134,4
0.8	WC	Ηλεκ. Θερμοσίφων.	1500	1	240	360
0.9	WC					
0.10	Λεβητοστ άσιο	1 Κυκλοφορητής	270	4	80	86,4
		1 Καυστήρας	370	4	80	118,4
0.11	Αποθήκη					
0.12	Φωτοτυπ ικό	1 Φωτοτυπικό	2100	1,2	240	604,8
		Standby	310	10,8	240	803,52
		Sleep Mode	50	12	240	144
		1 Μηχανή	200	0,5	50	5
		Πλαστικ/σης				
0.13	Στούντιο ηχογρ.	Εξοπλισμός μοντάζ	400	3	20	24
		1 ΗΥ	300	3	20	18
0.14	Αποθήκη	1 Ψυγείο	150	16	360	864
0.15	Διάδρομ ος	1 ΗΥ	300	8	240	576
Σύνολο						15612,08

Πίνακας 12 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Πρώτου Ορόφου

Ηλεκτρικές συσκευές πρώτου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Συσκευές	Ισχύς(W)/ Συσκευή	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
1.1	Κλιμακ.Ει σόδου	1 Ανεμιστήρας	40	5	90	18
		1 ΗΥ	300	8	240	576
1.2	Κλιμακοσ τάσιο					
1.3	Αιθ.Συνε λεύσεων	Στερεοφ.Εγκατάστα ση	400	5	15	30
		1 TV	150	5	15	11,25
		1 Projector	250	5	15	18,75
		1 ΛΑΠΤΟΠ	70	5	15	5,25
1.4	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
1.5	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
1.6	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα	700	0,2	240	33,6
		Standby	160	6	240	230,4
		Sleep mode	15	17,8	240	64,08
		2 ΗΥ	300	8	240	1152
1.7	Κουζίνα	1 Ηλεκτρικό μπρίκι	700	0,3	240	50,4
		1 Βραστήρας	2000	0,3	240	144
		1 Καφετιέρα	1800	0,3	240	129,6
		1 Εσπρεσσιέρα	1250	0,3	240	90
		1 Ψυγείο	150	16	360	864
		1 Φραπεδιέρα	50	0,3	240	3,6
		Ηλεκ. Θερμοσίφωνα	1500	1,5	240	540
1.8	WC	Ηλεκ. Θερμοσίφωνα	1500	1	240	360
1.10	Διάδρομ ος					
1.11	Κεν.Προθ άλαμος	1 TV	150	5	15	11,25
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>5484,18</b>

Πίνακας 13 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Μεσοπατώματος

Μεσοπάτωμα				
Δικτυακός κόμβος				
Χώρος	Φορτίο(W)	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Ενέργεια/έτος (KWh)
Μεσοπάτωμα	3000	24	360	25920

Πίνακας 14 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Δευτέρου Ορόφου

Ηλεκτρικές Συσκευές δευτέρου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Συσκευές	Ισχύς(W) /Συσκευή	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
2.1	Κλιμακοστ άσιο					
2.2	Διάδρομος	1 Πολυμηχάνημα Standby Sleep mode	700	0,2	240	33,6
			160	6	240	230,4
			15	17,8	240	64,08
2.3	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα Standby Sleep mode	700	0,2	240	33,6
			160	6	240	230,4
			15	17,8	240	64,08
		2 ΗΥ	300	8	240	1152
2.4	Γραφείο	5 ΗΥ	300	8	240	2880
2.5	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα Standby	450	0,5	240	54
			15	23,5	240	84,6
			2 ΗΥ	300	8	240
2.6	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
2.7	Γραφείο	1 Εκτυπωτής Standby	190	0,5	240	22,8
			13	23,5	240	73,32
			1 ΗΥ	300	8	240
2.8	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
2.10	Αίθουσα.σ υνελ.					
2.11	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
2.12	Κλιμακοστ άσιο					
2.13	WC	Ηλεκ. Θερμοσίφωνας	1500	1	240	360
2.14	Κουζίνα	1 Ηλεκτρικό μπρίκι	700	0,3	240	50,4
		1 Βραστήρας	2000	0,3	240	144
		1 Καφετιέρα	1750	0,3	240	126
		1 Εσπρεσσιέρα	1300	0,3	240	93,6
		1 Ψυγείο	150	16	360	864
		1 Πλυντήριο πιάτων	1200	0,3	240	86,4
		1 Εσπρεσσιέρα	1300	0,3	240	93,6
		Ηλεκ. Θερμοσίφωνας	1500	1,5	240	540
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>10.196,88</b>

Πίνακας 15 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Τρίτου Ορόφου

Ηλεκτρικές Συσκευές τρίτου ορόφου						
Χώρος	Είδος Χώρου	Συσκευές	Ισχύς(W) /Συσκευή	Ώρες/ ημέρα	Ημέρες/ έτος	Ηλεκ.Ενέργεια (KWh/έτος)
3.1	Κλιμακοστάσιο					
3.2	Διάδρομος	1 Πολυμηχάνημα	700	0,2	240	33,6
		Standby	160	6	240	230,4
		Sleep mode	15	17,8	240	64,08
		1 Πολυμηχάνημα	700	0,2	240	33,6
		Standby	160	6	240	230,4
		Sleep mode	15	17,8	240	64,08
3.3	Γραφείο	3 Πολυμηχανήματα	400	0,5	240	144
		Standby	15	23,5	240	253,8
		3 ΗΥ	300	8	240	1728
3.4	Γραφείο	1 Εκτυπωτής	190	0,5	240	22,8
		Standby	13	23,5	240	73,32
		2 ΗΥ	300	8	240	1152
		1 NOTEBOOK	70	8	240	134,4
3.5	Γραφείο	1 Πολυμηχάνημα	190	0,5	240	22,8
		Standby	13	23,5	240	73,32
		1 ΛΑΠΤΟΠ	70	8	240	134,4
3.6	Γραφείο	3 ΗΥ	300	8	240	1728
3.8	Γραφείο	2 ΗΥ	300	8	240	1152
3.9	Γραφείο	1 ΗΥ	300	8	240	576
3.10	Γραφείο	1 ΛΑΠΤΟΠ	70	8	240	134,4
3.10.1	Προθάλαμ					
3.11	Γραφείο	1 ΛΑΠΤΟΠ	70	8	240	134,4
	Κουζίνα	1 Ηλεκτρικό μπρίκι	700	0,3	240	50,4
		1 Βραστήρας	2000	0,3	240	144
		1 Καφετιέρα	1300	0,3	240	93,6
		1 Εσπρεσσιέρα	1300	0,3	240	93,6
		1 Ψυγείο	150	16	360	864
		1 Φραπεδιέρα	50	0,3	240	3,6
		Ηλεκ. Θερμοσίφωνας	1500	1,5	240	540
3.12	WC	Ηλεκ. Θερμοσίφωνας	1500	1	240	360
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>10269</b>

Πίνακας 16 : Καταναλώσεις Ηλεκτρικών Συσκευών Δώματος

Δώμα				
Κινητήρας ανελκυστήρα				
Χώρος	Φορτίο(W)	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Ενέργεια/έτος (KWh)
Δώμα	7.500	1	240	<b>1.800</b>

Πίνακας 17 : Υπολογισμός Απωλειών πριν τη Θερμομόνωση

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας Uj (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα/ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
Ιανουάρ.								
	<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>							
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	283	636	198	126
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	283	2.998	198	594
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	283	929	198	184
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	283	262	198	52
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	283	6.994	198	1.385
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	283	236	198	47
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	283	297	198	59
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	283	1.570	198	311
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	283	3.251	198	644
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	283	1.279	198	253
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	283	1.523	198	301
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	283	2.333	198	462
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	283	1.375	198	272
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	283	2.419	198	479
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	283	844	198	167
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	283	235	198	47
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	283	390	198	77
	<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>							
	65	6,37	2,078	297	283	181	198	36
	50	6,39	2,404	297	283	210	198	42
	45	16,47	2,537	297	283	572	198	113
	30	69,49	1,347	297	283	1.282	198	254
	28	41,25	1,347	297	283	761	198	151
	25	92,78	1,347	297	283	1.712	198	339
	22	27,52	1,779	297	283	671	198	133
	20	27,52	1,855	297	283	699	198	138
	15	30,00	2,427	297	283	997	198	198
Φεβρουάρ.								
	<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>							
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	284	622	198	123
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	284	2.933	198	581

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	284	909	198	180
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	284	256	198	51
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	284	6.841	198	1.355
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	284	231	198	46
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	284	291	198	58
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	284	1.535	198	304
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	284	3.180	198	630
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	284	1.251	198	248
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	284	1.489	198	295
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	284	2.282	198	452
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	284	1.344	198	266
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	284	2.366	198	469
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	284	825	198	163
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	284	230	198	45
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	284	382	198	76
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	284	177	198	35
	50	6,39	2,404	297	284	206	198	41
	45	16,47	2,537	297	284	560	198	111
	30	69,49	1,347	297	284	1254	198	248
	28	41,25	1,347	297	284	745	198	147
	25	92,78	1,347	297	284	1675	198	332
	22	27,52	1,779	297	284	656	198	130
	20	27,52	1,855	297	284	684	198	135
	15	30,00	2,427	297	284	976	198	193
<b>Μάρτιος</b>								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	285	543	171	93
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	285	2.561	171	438
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	285	794	171	136
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	285	224	171	38
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	285	5.973	171	1.021
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	285	201	171	34
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	285	254	171	43
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	285	1.341	171	229
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	285	2.776	171	475
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	285	1.092	171	187
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	285	1.300	171	222
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	285	1.992	171	341
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	285	1.174	171	201
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	285	2.066	171	353
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	285	721	171	123
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	285	201	171	34



Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	285	333	171	57
	<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>							
	65	6,37	2,078	297	285	155	171	26
	50	6,39	2,404	297	285	180	171	31
	45	16,47	2,537	297	285	489	171	84
	30	69,49	1,347	297	285	1.095	171	187
	28	41,25	1,347	297	285	650	171	111
	25	92,78	1,347	297	285	1.462	171	250
	22	27,52	1,779	297	285	573	171	98
	20	27,52	1,855	297	285	597	171	102
	15	30,00	2,427	297	285	852	171	146
Απρίλιος								
	<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>							
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	289	372	135	50
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	289	1.751	135	236
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	289	543	135	73
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	289	153	135	21
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	289	4.084	135	551
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	289	138	135	19
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	289	174	135	23
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	289	917	135	124
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	289	1.898	135	256
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	289	747	135	101
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	289	889	135	120
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	289	1.362	135	184
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	289	803	135	108
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	289	1.413	135	191
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	289	493	135	67
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	289	137	135	19
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	289	228	135	31
	<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>							
	65	6,37	2,078	297	289	106	135	14
	50	6,39	2,404	297	289	123	135	17
	45	16,47	2,537	297	289	334	135	45
	30	69,49	1,347	297	289	749	135	101
	28	41,25	1,347	297	289	445	135	60
	25	92,78	1,347	297	289	1.000	135	135
	22	27,52	1,779	297	289	392	135	53
	20	27,52	1,855	297	289	408	135	55
	15	30,00	2,427	297	289	582	135	79
Μάιος								
	<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>							

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήν ας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερα- τότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασ- ία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρα- σία (Κ)	Θερμότη /ώρα (Q=U*A* ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	294	153	90	14
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	294	722	90	65
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	294	224	90	20
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	294	63	90	6
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	294	1.685	90	152
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	294	57	90	5
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	294	72	90	6
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	294	378	90	34
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	294	783	90	70
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	294	308	90	28
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	294	367	90	33
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	294	562	90	51
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	294	331	90	30
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	294	583	90	52
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	294	203	90	18
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	294	57	90	5
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	294	94	90	8
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	<b>2,078</b>	297	294	44	90	4
	50	6,39	<b>2,404</b>	297	294	51	90	5
	45	16,47	<b>2,537</b>	297	294	138	90	12
	30	69,49	<b>1,347</b>	297	294	309	90	28
	28	41,25	<b>1,347</b>	297	294	183	90	17
	25	92,78	<b>1,347</b>	297	294	412	90	37
	22	27,52	<b>1,779</b>	297	294	162	90	15
	20	27,52	<b>1,855</b>	297	294	168	90	15
	15	30,00	<b>2,427</b>	297	294	240	90	22
Ιούνιος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	298	65	180	12
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	298	306	180	55
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	298	95	180	17
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	298	27	180	5
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	298	715	180	129
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	298	24	180	4
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	298	30	180	5
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	298	160	180	29
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	298	332	180	60
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	298	131	180	24
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	298	156	180	28
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	298	238	180	43
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	298	140	180	25
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	298	247	180	45

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	298	86	180	16
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	298	24	180	4
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	298	40	180	7
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	298	19	180	3
	50	6,39	2,404	297	298	21	180	4
	45	16,47	2,537	297	298	58	180	11
	30	69,49	1,347	297	298	131	180	24
	28	41,25	1,347	297	298	78	180	14
	25	92,78	1,347	297	298	175	180	31
	22	27,52	1,779	297	298	69	180	12
	20	27,52	1,855	297	298	71	180	13
	15	30,00	2,427	297	298	102	180	18
Ιούλιος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	301	190	198	38
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	301	897	198	178
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	301	278	198	55
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	301	78	198	16
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	301	2.093	198	414
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	301	71	198	14
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	301	89	198	18
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	301	470	198	93
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	301	973	198	193
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	301	383	198	76
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	301	456	198	90
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	301	698	198	138
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	301	411	198	81
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	301	724	198	143
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	301	253	198	50
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	301	70	198	14
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	301	117	198	23
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	301	54	198	11
	50	6,39	2,404	297	301	63	198	12
	45	16,47	2,537	297	301	171	198	34
	30	69,49	1,347	297	301	384	198	76
	28	41,25	1,347	297	301	228	198	45
	25	92,78	1,347	297	301	512	198	101
	22	27,52	1,779	297	301	201	198	40
	20	27,52	1,855	297	301	209	198	41
	15	30,00	2,427	297	301	299	198	59
Αύγουστος								

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	301	186	198	37
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	301	875	198	173
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	301	271	198	54
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	301	76	198	15
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	301	2.042	198	404
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	301	69	198	14
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	301	87	198	17
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	301	458	198	91
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	301	949	198	188
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	301	374	198	74
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	301	445	198	88
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	301	681	198	135
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	301	401	198	79
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	301	706	198	140
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	301	246	198	49
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	301	69	198	14
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	301	114	198	23
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	301	53	198	10
	50	6,39	2,404	297	301	61	198	12
	45	16,47	2,537	297	301	167	198	33
	30	69,49	1,347	297	301	374	198	74
	28	41,25	1,347	297	301	222	198	44
	25	92,78	1,347	297	301	500	198	99
	22	27,52	1,779	297	301	196	198	39
	20	27,52	1,855	297	301	204	198	40
	15	30,00	2,427	297	301	291	198	58
Σεπτέμβρης								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	297	14	135	2
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	297	66	135	9
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	297	20	135	3
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	297	6	135	1
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	297	153	135	21
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	297	5	135	1
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	297	7	135	1
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	297	34	135	5
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	297	71	135	10
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	297	28	135	4
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	297	33	135	5
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	297	51	135	7
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	297	30	135	4

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	297	53	135	7
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	297	18	135	2
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	297	5	135	1
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	297	9	135	1
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	297	4	135	1
	50	6,39	2,404	297	297	5	135	1
	45	16,47	2,537	297	297	13	135	2
	30	69,49	1,347	297	297	28	135	4
	28	41,25	1,347	297	297	17	135	2
	25	92,78	1,347	297	297	37	135	5
	22	27,52	1,779	297	297	15	135	2
	20	27,52	1,855	297	297	15	135	2
	15	30,00	2,427	297	297	22	135	3
Οκτώβρης								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	293	204	108	22
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	293	963	108	104
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	293	298	108	32
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	293	84	108	9
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	293	2.246	108	243
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	293	76	108	8
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	293	95	108	10
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	293	504	108	54
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	293	1.044	108	113
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	293	411	108	44
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	293	489	108	53
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	293	749	108	81
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	293	441	108	48
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	293	777	108	84
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	293	271	108	29
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	293	75	108	8
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	293	125	108	14
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	293	58	108	6
	50	6,39	2,404	297	293	68	108	7
	45	16,47	2,537	297	293	184	108	20
	30	69,49	1,347	297	293	412	108	44
	28	41,25	1,347	297	293	244	108	26
	25	92,78	1,347	297	293	550	108	59
	22	27,52	1,779	297	293	215	108	23
	20	27,52	1,855	297	293	225	108	24
	15	30,00	2,427	297	293	320	108	35

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
Νοέμβριος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	288	399	180	72
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	288	1.882	180	339
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	288	583	180	105
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	288	164	180	30
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	288	4391	180	790
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	288	148	180	27
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	288	187	180	34
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	288	985	180	177
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	288	2.041	180	367
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	288	803	180	145
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	288	956	180	172
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	288	1.464	180	264
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	288	863	180	155
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	288	1.519	180	273
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	288	530	180	95
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	288	147	180	27
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	288	245	180	44
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	288	114	180	21
	50	6,39	2,404	297	288	132	180	24
	45	16,47	2,537	297	288	359	180	65
	30	69,49	1,347	297	288	805	180	145
	28	41,25	1,347	297	288	478	180	86
	25	92,78	1,347	297	288	1.075	180	193
	22	27,52	1,779	297	288	421	180	76
	20	27,52	1,855	297	288	439	180	79
	15	30,00	2,427	297	288	626	180	113
Δεκέμβριος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	<b>1,625</b>	297	285	557	198	110
	65	128,29	<b>1,706</b>	297	285	2.626	198	520
	63	38,96	<b>1,741</b>	297	285	814	198	161
	61	10,75	<b>1,778</b>	297	285	229	198	45
	60	284,11	<b>1,797</b>	297	285	6.127	198	1.213
	56	9,17	<b>1,876</b>	297	285	206	198	41
	53	11,18	<b>1,940</b>	297	285	260	198	52
	50	57,03	<b>2,009</b>	297	285	1.375	198	272
	43	108,36	<b>2,190</b>	297	285	2.848	198	564
	42	42,08	<b>2,219</b>	297	285	1.121	198	222
	36	46,17	<b>2,407</b>	297	285	1.334	198	264
	35	69,73	<b>2,442</b>	297	285	2.043	198	405

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	33	39,91	<b>2,514</b>	297	285	1.204	198	238
	27	64,01	<b>2,759</b>	297	285	2.119	198	420
	25	21,61	<b>2,851</b>	297	285	739	198	146
	22	5,71	<b>3,002</b>	297	285	206	198	41
	15	8,32	<b>3,426</b>	297	285	342	198	68
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	2,078	297	285	159	198	31
	50	6,39	2,404	297	285	184	198	36
	45	16,47	2,537	297	285	501	198	99
	30	69,49	1,347	297	285	1.123	198	222
	28	41,25	1,347	297	285	667	198	132
	25	92,78	1,347	297	285	1.500	198	297
	22	27,52	1,779	297	285	588	198	116
	20	27,52	1,855	297	285	613	198	121
	15	30,00	2,427	297	285	874	198	173
<b>Σύνολο απωλειών</b>								<b>42.337</b>

Πίνακας 18 : Υπολογισμός Απωλειών μετά τη Θερμομόνωση

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
Ιανουάριος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	283	232	198	46
	65	128,29	0,603	297	283	1060	198	210
	63	38,96	0,608	297	283	325	198	64
	61	10,75	0,612	297	283	90	198	18
	60	284,11	0,614	297	283	2.390	198	473
	56	9,17	0,623	297	283	78	198	16
	53	11,18	0,63	297	283	96	198	19
	50	57,03	0,637	297	283	498	198	99
	43	108,36	0,654	297	283	971	198	192
	42	42,08	0,657	297	283	379	198	75
	36	46,17	0,673	297	283	426	198	84
	35	69,73	0,675	297	283	645	198	128
	33	39,91	0,68	297	283	372	198	74

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας Uj (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	27	64,01	0,698	297	283	612	198	121
	25	21,61	0,703	297	283	208	198	41
	22	5,71	0,712	297	283	56	198	11
	15	8,32	0,733	297	283	84	198	17
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	283	56	198	11
	50	6,39	0,672	297	283	59	198	12
	45	16,47	0,682	297	283	154	198	30
	30	69,49	0,55	297	283	524	198	104
	28	41,25	0,55	297	283	311	198	62
	25	92,78	0,55	297	283	699	198	138
	22	27,52	0,612	297	283	231	198	46
	20	27,52	0,621	297	283	234	198	46
	15	30,00	0,674	297	283	277	198	55
Φεβρουάριος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	284	227	198	45
	65	128,29	0,603	297	284	1.037	198	205
	63	38,96	0,608	297	284	317	198	63
	61	10,75	0,612	297	284	88	198	17
	60	284,11	0,614	297	284	2.338	198	463
	56	9,17	0,623	297	284	77	198	15
	53	11,18	0,63	297	284	94	198	19
	50	57,03	0,637	297	284	487	198	96
	43	108,36	0,654	297	284	950	198	188
	42	42,08	0,657	297	284	370	198	73
	36	46,17	0,673	297	284	416	198	82
	35	69,73	0,675	297	284	631	198	125
	33	39,91	0,68	297	284	364	198	72
	27	64,01	0,698	297	284	599	198	119
	25	21,61	0,703	297	284	204	198	40
	22	5,71	0,712	297	284	54	198	11
	15	8,32	0,733	297	284	82	198	16
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	284	55	198	11
	50	6,39	0,672	297	284	58	198	11
	45	16,47	0,682	297	284	151	198	30
	30	69,49	0,55	297	284	512	198	101
	28	41,25	0,55	297	284	304	198	60
	25	92,78	0,55	297	284	684	198	135
	22	27,52	0,612	297	284	226	198	45
	20	27,52	0,621	297	284	229	198	45
	15	30,00	0,674	297	284	271	198	54
Μάρτιος								



Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	285	198	171	34
	65	128,29	0,603	297	285	905	171	155
	63	38,96	0,608	297	285	277	171	47
	61	10,75	0,612	297	285	77	171	13
	60	284,11	0,614	297	285	2.041	171	349
	56	9,17	0,623	297	285	67	171	11
	53	11,18	0,63	297	285	82	171	14
	50	57,03	0,637	297	285	425	171	73
	43	108,36	0,654	297	285	829	171	142
	42	42,08	0,657	297	285	323	171	55
	36	46,17	0,673	297	285	364	171	62
	35	69,73	0,675	297	285	551	171	94
	33	39,91	0,68	297	285	318	171	54
	27	64,01	0,698	297	285	523	171	89
	25	21,61	0,703	297	285	178	171	30
	22	5,71	0,712	297	285	48	171	8
	15	8,32	0,733	297	285	71	171	12
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	285	48	171	8
	50	6,39	0,672	297	285	50	171	9
	45	16,47	0,682	297	285	131	171	22
	30	69,49	0,55	297	285	447	171	76
	28	41,25	0,55	297	285	265	171	45
	25	92,78	0,55	297	285	597	171	102
	22	27,52	0,612	297	285	197	171	34
	20	27,52	0,621	297	285	200	171	34
	15	30,00	0,674	297	285	237	171	40
Απρίλιος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	289	136	135	18
	65	128,29	0,603	297	289	619	135	84
	63	38,96	0,608	297	289	190	135	26
	61	10,75	0,612	297	289	53	135	7
	60	284,11	0,614	297	289	1.396	135	188
	56	9,17	0,623	297	289	46	135	6
	53	11,18	0,63	297	289	56	135	8
	50	57,03	0,637	297	289	291	135	39
	43	108,36	0,654	297	289	567	135	77
	42	42,08	0,657	297	289	221	135	30
	36	46,17	0,673	297	289	249	135	34
	35	69,73	0,675	297	289	377	135	51
	33	39,91	0,68	297	289	217	135	29

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	27	64,01	0,698	297	289	357	135	48
	25	21,61	0,703	297	289	122	135	16
	22	5,71	0,712	297	289	33	135	4
	15	8,32	0,733	297	289	49	135	7
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	289	33	135	4
	50	6,39	0,672	297	289	34	135	5
	45	16,47	0,682	297	289	90	135	12
	30	69,49	0,55	297	289	306	135	41
	28	41,25	0,55	297	289	182	135	25
	25	92,78	0,55	297	289	408	135	55
	22	27,52	0,612	297	289	135	135	18
	20	27,52	0,621	297	289	137	135	18
	15	30,00	0,674	297	289	162	135	22
Μάιος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	294	56	90	5
	65	128,29	0,603	297	294	255	90	23
	63	38,96	0,608	297	294	78	90	7
	61	10,75	0,612	297	294	22	90	2
	60	284	1	297	294	576	90	52
	56	9	1	297	294	19	90	2
	53	11	1	297	294	23	90	2
	50	57	1	297	294	120	90	11
	43	108	1	297	294	234	90	21
	42	42	1	297	294	91	90	8
	36	46	1	297	294	103	90	9
	35	70	1	297	294	155	90	14
	33	40	1	297	294	90	90	8
	27	64	1	297	294	147	90	13
	25	22	1	297	294	50	90	5
	22	6	1	297	294	13	90	1
	15	8	1	297	294	20	90	2
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6	1	297	293,7	14	90	1
	50	6,39	0,672	297	294	14	90	1
	45	16,47	0,682	297	294	37	90	3
	30	69,49	0,55	297	294	126	90	11
	28	41,25	0,55	297	294	75	90	7
	25	92,78	0,55	297	294	168	90	15
	22	27,52	0,612	297	294	56	90	5
	20	27,52	0,621	297	294	56	90	5
	15	30,00	0,674	297	294	67	90	6
Ιούνιος								

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας Uj (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότη. /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	298	24	180	4
	65	128,29	0,603	297	298	108	180	19
	63	38,96	0,608	297	298	33	180	6
	61	10,75	0,612	297	298	9	180	2
	60	284,11	0,614	297	298	244	180	44
	56	9,17	0,623	297	298	8	180	1
	53	11,18	0,63	297	298	10	180	2
	50	57,03	0,637	297	298	51	180	9
	43	108,36	0,654	297	298	99	180	18
	42	42,08	0,657	297	298	39	180	7
	36	46,17	0,673	297	298	44	180	8
	35	69,73	0,675	297	298	66	180	12
	33	39,91	0,68	297	298	38	180	7
	27	64,01	0,698	297	298	63	180	11
	25	21,61	0,703	297	298	21	180	4
	22	5,71	0,712	297	298	6	180	1
	15	8,32	0,733	297	298	9	180	2
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	298	6	180	1
	50	6,39	0,672	297	298	6	180	1
	45	16,47	0,682	297	298	16	180	3
	30	69,49	0,55	297	298	54	180	10
	28	41,25	0,55	297	298	32	180	6
	25	92,78	0,55	297	298	71	180	13
	22	27,52	0,612	297	298	24	180	4
	20	27,52	0,621	297	298	24	180	4
	15	30,00	0,674	297	298	28	180	5
Ιούλιος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	301	69	198	14
	65	128,29	0,603	297	301	317	198	63
	63	38,96	0,608	297	301	97	198	19
	61	10,75	0,612	297	301	27	198	5
	60	284,11	0,614	297	301	715	198	142
	56	9,17	0,623	297	301	23	198	5
	53	11,18	0,63	297	301	29	198	6
	50	57,03	0,637	297	301	149	198	29
	43	108,36	0,654	297	301	291	198	58
	42	42,08	0,657	297	301	113	198	22
	36	46,17	0,673	297	301	127	198	25
	35	69,73	0,675	297	301	193	198	38
	33	39,91	0,68	297	301	111	198	22

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	27	64,01	0,698	297	301	183	198	36
	25	21,61	0,703	297	301	62	198	12
	22	5,71	0,712	297	301	17	198	3
	15	8,32	0,733	297	301	25	198	5
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	301	17	198	3
	50	6,39	0,672	297	301	18	198	3
	45	16,47	0,682	297	301	46	198	9
	30	69,49	0,55	297	301	157	198	31
	28	41,25	0,55	297	301	93	198	18
	25	92,78	0,55	297	301	209	198	41
	22	27,52	0,612	297	301	69	198	14
	20	27,52	0,621	297	301	70	198	14
	15	30,00	0,674	297	301	83	198	16
Αύγουστος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	301	68	198	13
	65	128,29	0,603	297	301	309	198	61
	63	38,96	0,608	297	301	95	198	19
	61	10,75	0,612	297	301	26	198	5
	60	284,11	0,614	297	301	698	198	138
	56	9,17	0,623	297	301	23	198	5
	53	11,18	0,63	297	301	28	198	6
	50	57,03	0,637	297	301	145	198	29
	43	108,36	0,654	297	301	283	198	56
	42	42,08	0,657	297	301	111	198	22
	36	46,17	0,673	297	301	124	198	25
	35	69,73	0,675	297	301	188	198	37
	33	39,91	0,68	297	301	109	198	21
	27	64,01	0,698	297	301	179	198	35
	25	21,61	0,703	297	301	61	198	12
	22	5,71	0,712	297	301	16	198	3
	15	8,32	0,733	297	301	24	198	5
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	301	16	198	3
	50	6,39	0,672	297	301	17	198	3
	45	16,47	0,682	297	301	45	198	9
	30	69,49	0,55	297	301	153	198	30
	28	41,25	0,55	297	301	91	198	18
	25	92,78	0,55	297	301	204	198	40
	22	27,52	0,612	297	301	67	198	13
	20	27,52	0,621	297	301	68	198	14
	15	30,00	0,674	297	301	81	198	16
Σεπτέμβριος								

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας U <sub>j</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	297,3	5	135	1
	65	128,29	0,603	297	297,3	23	135	3
	63	38,96	0,608	297	297,3	7	135	1
	61	10,75	0,612	297	297,3	2	135	0
	60	284,11	0,614	297	297,3	52	135	7
	56	9,17	0,623	297	297,3	2	135	0
	53	11,18	0,63	297	297,3	2	135	0
	50	57,03	0,637	297	297,3	11	135	1
	43	108,36	0,654	297	297,3	21	135	3
	42	42,08	0,657	297	297,3	8	135	1
	36	46,17	0,673	297	297,3	9	135	1
	35	69,73	0,675	297	297,3	14	135	2
	33	39,91	0,68	297	297,3	8	135	1
	27	64,01	0,698	297	297,3	13	135	2
	25	21,61	0,703	297	297,3	5	135	1
	22	5,71	0,712	297	297,3	1	135	0
	15	8,32	0,733	297	297,3	2	135	0
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	297	1	135	0
	50	6,39	0,672	297	297	1	135	0
	45	16,47	0,682	297	297	3	135	0
	30	69,49	0,55	297	297	11	135	2
	28	41,25	0,55	297	297	7	135	1
	25	92,78	0,55	297	297	15	135	2
	22	27,52	0,612	297	297	5	135	1
	20	27,52	0,621	297	297	5	135	1
	15	30,00	0,674	297	297	6	135	1
Οκτώβρης								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	293	75	108	8
	65	128,29	0,603	297	293	340	108	37
	63	38,96	0,608	297	293	104	108	11
	61	10,75	0,612	297	293	29	108	3
	60	284,11	0,614	297	293	768	108	83
	56	9,17	0,623	297	293	25	108	3
	53	11,18	0,63	297	293	31	108	3
	50	57,03	0,637	297	293	160	108	17
	43	108,36	0,654	297	293	312	108	34
	42	42,08	0,657	297	293	122	108	13
	36	46,17	0,673	297	293	137	108	15
	35	69,73	0,675	297	293	207	108	22
	33	39,91	0,68	297	293	119	108	13

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας Uj (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότητα /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
	27	64,01	0,698	297	293	197	108	21
	25	21,61	0,703	297	293	67	108	7
	22	5,71	0,712	297	293	18	108	2
	15	8,32	0,733	297	293	27	108	3
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	292,6	18	108	2
	50	6,39	0,672	297	292,6	19	108	2
	45	16,47	0,682	297	292,6	49	108	5
	30	69,49	0,55	297	292,6	168	108	18
	28	41,25	0,55	297	292,6	100	108	11
	25	92,78	0,55	297	292,6	225	108	24
	22	27,52	0,612	297	292,6	74	108	8
	20	27,52	0,621	297	292,6	75	108	8
	15	30,00	0,674	297	292,6	89	108	10
Νοέμβριος								
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	288	153	180	27
	65	128,29	0,603	297	288	696	180	125
	63	38,96	0,608	297	288	213	180	38
	61	10,75	0,612	297	288	59	180	11
	60	284,11	0,614	297	288	1.570	180	283
	56	9,17	0,623	297	288	51	180	9
	53	11,18	0,63	297	288	63	180	11
	50	57,03	0,637	297	288	327	180	59
	43	108,36	0,654	297	288	638	180	115
	42	42,08	0,657	297	288	249	180	45
	36	46,17	0,673	297	288	280	180	50
	35	69,73	0,675	297	288	424	180	76
	33	39,91	0,68	297	288	244	180	44
	27	64,01	0,698	297	288	402	180	72
	25	21,61	0,703	297	288	137	180	25
	22	5,71	0,712	297	288	37	180	7
	15	8,32	0,733	297	288	55	180	10
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	288	35	180	6
	50	6,39	0,672	297	288	37	180	7
	45	16,47	0,682	297	288	97	180	17
	30	69,49	0,55	297	288	329	180	59
	28	41,25	0,55	297	288	195	180	35
	25	92,78	0,55	297	288	439	180	79
	22	27,52	0,612	297	288	145	180	26
	20	27,52	0,621	297	288	147	180	26
	15	30,00	0,674	297	288	174	180	31
Δεκέμβριος								

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νεοκλασικό Κτίριο

Μήνας	Πάχος	Επιφάνεια (A) m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας Uj (W/m <sup>2</sup> K)	Εσωτερική θερμοκρασία (Κ)	Εξωτερ. θερμοκρασία (Κ)	Θερμότη. /ώρα (Q=U*A*ΔT)	Ώρες /μήνα	Απώλειες /μήνα (Kwh)
<i>Τοιχοποιία από ασβεστόλιθο</i>								
	70	28,58	0,593	297	285	203	198	40
	65	128,29	0,603	297	285	928	198	184
	63	38,96	0,608	297	285	284	198	56
	61	10,75	0,612	297	285	79	198	16
	60	284,11	0,614	297	285	2.093	198	414
	56	9,17	0,623	297	285	69	198	14
	53	11,18	0,63	297	285	85	198	17
	50	57,03	0,637	297	285	436	198	86
	43	108,36	0,654	297	285	850	198	168
	42	42,08	0,657	297	285	332	198	66
	36	46,17	0,673	297	285	373	198	74
	35	69,73	0,675	297	285	565	198	112
	33	39,91	0,68	297	285	326	198	64
	27	64,01	0,698	297	285	536	198	106
	25	21,61	0,703	297	285	182	198	36
	22	5,71	0,712	297	285	49	198	10
	15	8,32	0,733	297	285	73	198	14
<i>Τοιχοποιία από οπτόπλινθους</i>								
	65	6,37	0,644	297	285	49	198	10
	50	6,39	0,672	297	285	51	198	10
	45	16,47	0,682	297	285	135	198	27
	30	69,49	0,55	297	285	459	198	91
	28	41,25	0,55	297	285	272	198	54
	25	92,78	0,55	297	285	612	198	121
	22	27,52	0,612	297	285	202	198	40
	20	27,52	0,621	297	285	205	198	41
	15	30,00	0,674	297	285	243	198	48
<b>Σύνολο απωλειών</b>								<b>13.524</b>