



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

## Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χριστοδούλου Γεωργία

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010





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

## Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χριστοδούλου Γεωργία

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 11<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2010.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς

.....  
Δημήτριος Ασκούνης

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2010



Copyright © ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ, 2010  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

.....

Χριστοδούλου Γεωργία

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

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.



## Περίληψη

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες, είναι η ολοένα αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση. Ειδικότερα ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ ταυτόχρονα η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων συνεισφέρει σημαντικά στις εκπομπές CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια, για την εξασφάλιση εξοικονόμησης ενέργειας, είναι απαραίτητη η εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων σύμφωνα με την οδηγία 2002/91/EK (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η Ελλάδα, έχει ήδη δεσμευθεί και έχει εναρμονίσει την ελληνική νομοθεσία προωθώντας τα τελευταία χρόνια τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK)

Κύριος πυλώνας της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή της μεθόδου Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων όπως αυτή ορίζεται από τον κανονισμό, στο κτίριο «Φυσικής» εντός της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε εκτενώς η διαδικασία θερμογράφησης των κτιρίων. Προσδιορίστηκαν οι διάφορες ενεργειακές απώλειες του κτιρίου, αναλύθηκαν και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα και προσδιορίστηκε ο «συντελεστής ηλεκτρικής κατανάλωσης» του κτιρίου για τα φορτία που μετρήθηκαν.

Στην παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα:

- Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας, για την καταγραφή της ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο από το δίκτυο της Δ.Ε.Η
- Αναλυτής καυσαερίων, για μετρήσεις στο λέβητα φυσικού αερίου.
- Θερμοκάμερα, για τη μελέτη της θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου και την εύρεση πιθανών ανωμαλιών στα δομικά στοιχεία της κατασκευής που προκαλούν απώλεια ενέργειας.

Για το κτίριο που εξετάστηκε, προτάθηκαν δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του, αφού ελήφθησαν υπόψη όλες οι νομοθετικές, οικονομικές και τεχνολογικές παράμετροι που εμφανίζονται.

**Λέξεις Κλειδιά:** Εξοικονόμηση ενέργειας, Ενεργειακή Επιθεώρηση, Τεχνολογίες Ενεργειακής Βελτιστοποίησης, Θερμογραφία, Θερμομόνωση Κελύφους.

## Abstract

One of the major problems faced by contemporary societies is the permanent increase of energy consumption. More specifically the building sector is responsible for about 40% of the total amount of energy consumption on national and European level. In addition, the operation of building energy systems contributes significantly to the increase of CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere. Therefore, it is necessary to apply the standards of energy planning of the buildings according to the regulation 2002/91/EK (EPBD, 2003) of the European Parliament and the EU Council. In this context, Greece has already adapted the European Council regulations.

The aim of this thesis is to locate the different energy losses of a building, record, analyze the results and suggest cost effective improvements that will save Energy. In more detail this study was carried out on the “Physics” building located in the National Technical University of Athens, in Zorgrafou. For the scope of measurements the following equipment were used:

- Data logger for metering the electrical power consumption.
- Gas analyzer for measuring the exhaust gases of the central heating natural gas burner.
- Thermal camera for detecting the external walls thermal loses.

Using all the recorded electrical power consumption measurements, the buildings “electric consumption factor” was calculated. In the same way by comparing the results of the thermal camera readings, the walls with the low thermal insulation were located.

Taking into consideration the building’s energy loses mentioned above the legal, financial, technological aspects and after a detailed study of the latest materials and equipment available for reducing thermal and electrical loses, several cost effective proposals have been presented.

**Keywords:** Energy Efficiency, Energy Audit, Energy Optimization Technologies, Thermography, Thermal Insulation.



## 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) κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου φοίτησης.

Θα ήθελα να εκφράσω τη μεγάλη μου ευγνωμοσύνη στον Καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την άψογη συνεργασία που είχαμε και κυρίως το έντονο ενδιαφέρον που έδειξε όλα αυτά τα χρόνια σε ζητήματα που κατά καιρούς με απασχόλησαν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην διδάκτορα ΕΜΠ Παπαδοπούλου Αλεξάνδρα και τον υποψήφιο διδάκτορα Μαρινάκη Βαγγέλη για την αδιάκοπη καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχαν. Η ευστοχία των υποδείξεων και των συμβουλών τους, υπήρξε καταλυτική για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά επίσης, τον κ. Δήμου Γεώργιο Διευθυντή της Διεύθυνση Συντήρησης Εγκαταστάσεων ΕΜΠ για την αμέριστη συνεργασία από πλευράς του, τον κ. Ζησόπουλο Βασίλειο της Τεχνικής Υπηρεσίας του ΕΜΠ για τη συνεχή υποστήριξη κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και τον κ. Ανδρουλιδάκη Παντελή, Πολιτικό Μηχανικό της Πολυδύναμης Μονάδας των κτιρίων στη Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (Σ.Ε.Μ.Φ.Ε), για τις πληροφορίες που μου παρείχε όσον αφορά τα αρχιτεκτονικά στοιχεία και τις λειτουργίες του συγκεκριμένου κτιρίου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω τη διπλωματική μου εργασία στην πολυαγαπημένη μου οικογένεια, στους γονείς και στα αδέρφια μου που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια με κάθε θυσία. Η ολοκλήρωση των σπουδών μου θα ήταν ανέφικτη δίχως την δική τους υποστήριξη, επιμονή αλλά και υπομονή που επέδειξαν. Τους ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου που είναι “χορηγοί” των ονείρων και των στόχων μου.



## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή .....</b>	<b>1</b>
1.1 Σκοπός - Αντικείμενο .....	1
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	3
1.3 Οργάνωση τόμου .....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βασικές Αρχές Θερμογραφίας .....</b>	<b>7</b>
2.1 Τρόποι μεταφοράς θερμότητας .....	7
2.1.1 Μεταφορά με αγωγή .....	7
2.1.2 Μεταφορά της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση .....	8
2.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία .....	9
2.2 Γενικά-Συνθήκες .....	10
2.2.1 Θερμικές γέφυρες .....	10
2.2.2 Ελλιπής ή κατεστραμμένη μόνωση .....	14
2.2.3 Εντοπισμός σημείων μεγάλων απωλειών θερμότητας .....	17
2.2.4 Θερμικές Κηλίδες .....	21
2.2.5 Αγωγών θερμού υγρού και αέρα .....	22
2.2.6 Διαφορετικά είδη υλικών πίσω από ενιαία επιφάνεια .....	26
2.2.7 Εντοπισμός ανωμαλιών κάτω από την επιφάνεια .....	27
2.2.8 Υγρασία .....	28
2.2.9 Ιδανικές συνθήκες για θερμογράφιση .....	34
2.2.10 Συμπεράσματα .....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Θερμογέφυρες .....</b>	<b>37</b>
3.1 Αιτίες δημιουργίας .....	37
3.2 Σημεία εμφάνισης .....	38
3.3 Προβλήματα .....	39
3.4 Τρόποι αναγνώρισης υγρασίας δρόσου .....	39
3.5 Τρόποι αντιμετώπισης .....	41
3.5.1 Σημείο σύνδεσης στοιχείων φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης .....	42
3.5.2 Απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία φέροντος οργανισμού .....	42
3.5.3 Διαφορά εμβαδού εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας γωνιακών δομικών στοιχείων .....	43
3.5.4 Παραστάδες και τα υπέρθυρα των ανοιγμάτων .....	44

3.5.5	Περίδεσμοι ενίσχυσης.....	44
3.5.6	Απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων.....	45
3.5.7	Θέσεις δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής.....	47
3.5.8	Πρόεκταση φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου.....	48
3.5.9.	Εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο .....	49
3.5.10	Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου .....	50
3.5.11	Σημεία διέλευσης σωληνώσεων.....	50
3.5.12	Τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες .....	51
3.5.13	Κουτιά περιελισσόμενων περσίδων .....	51
3.5.14	Κατασκευαστικά λάθη .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ενεργειακή Επιθεώρηση .....</b>		<b>57</b>
4.1	Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης .....	58
4.2	Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου .....	60
4.3	Μελέτη συντελεστών θερμοπερατότητας .....	66
4.3.1	Εισαγωγή-Μεθοδολογία.....	66
4.3.2	Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου.....	71
4.3.2.1	Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα .....	72
4.3.2.2	Δάπεδα πάνω στο έδαφος ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου.....	72
4.3.2.4	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με πλακίδια επίστρωσης) .....	73
4.3.2.5	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με ασφαλτόχαρτο) .....	74
4.3.2.6	Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος .....	75
4.3.2.7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο-δάπεδο ισογείου (κατερχόμενη ροή θερμότητας με πλακίδια επίστρωσης).....	75
4.3.2.8	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας με μωσαϊκό) .....	76
4.3.2.9	Εξωτερική κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα-Δώμα .....	77
4.3.2.10	Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα-Δώμα.....	78
4.3.3	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ορόφου .....	78
4.3.4	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας περιβλήματος .....	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Αποτελέσματα Μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό.....</b>		<b>87</b>
5.1	Θερμοκάμερα .....	87
5.1.1	Ισόγειο, 1 <sup>ος</sup> , 2 <sup>ος</sup> και 3 <sup>ος</sup> όροφος .....	88

5.1.2 Υπόγειο .....	98
5.1.3 Δώμα .....	99
5.2 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας .....	101
5.2.1 Γραφικές παραστάσεις από αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας .....	101
5.2.2 Στατιστικά στοιχεία αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.....	107
5.3 Αναλυτής καυσαερίων.....	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Προτεινόμενες επεμβάσεις .....</b>	<b>113</b>
6.1 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους.....	114
6.1.1 Θερμομόνωση οροφής .....	114
6.1.2 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας.....	121
6.2 Αντικατάσταση υαλοπινάκων.....	124
6.2.1 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με διπλούς τύπου 4-12-4 με αργό και επίστρωση χαμηλής εκπομπής Low-e .....	126
6.2.2 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με διπλούς τύπου 4-12-4 με αέρα.....	128
6.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού .....	129
6.3.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς οικολογικούς λαμπτήρες φθορισμού.....	130
6.3.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED.....	131
6.3.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες LED.....	132
6.3.4 Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά ballast.....	134
6.4 Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού σε κοινόχρηστους χώρους και αμφιθέατρο.....	135
6.5 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	136
6.6 Σύνοψη προτάσεων .....	139
<b>Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προοπτικές .....</b>	<b>142</b>
<b>Παράρτημα Α .....</b>	<b>146</b>
<b>Παράρτημα Β.....</b>	<b>174</b>
<b>Παράρτημα Γ .....</b>	<b>182</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>200</b>





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή



### 1.1 Σκοπός - Αντικείμενο

Στην Ελλάδα η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής. Τα ελληνικά κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα και η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα, ενός αερίου που ευθύνεται για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου στον πλανήτη. Όσον αφορά το βιομηχανικό τομέα, αν και η συνολική κατανάλωση ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ελαφριά κάμψη (κυρίως λόγω της ύφεσης σε ενεργοβόρους βιομηχανικούς κλάδους), η συνεισφορά του στην τελική κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντική (~ 25%).

Κατά συνέπεια, η ανάγκη για την επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών του CO<sub>2</sub> και την υποχρέωση που έχει αναλάβει η Ελλάδα με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο απέναντι στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τη διεθνή κοινότητα, απαιτεί ένα

ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο κινήτρων και κανονισμών ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, όπως και ένα ρεαλιστικό, εθνικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας, που θα αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής των κτιρίων και την ευαισθητοποίηση του χρήστη σε ενεργειακά θέματα.

Η Ελλάδα, σε συνάφεια με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει προχωρήσει στην έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (KENAK 2002), ορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα και τις τιμές αποδεκτής ενεργειακής απόδοσης.

Στο παραπάνω πλαίσιο, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή αναλυτικής ενεργειακής επιθεώρησης σε κτίριο του δημόσιου τομέα, με χρήση αναλυτικών μετρητικών οργάνων, όπως είναι η θερμοκάμερα, το υγρασιόμετρο και ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κτιριακή θερμογραφία (building thermography) θεωρείται από τις οδηγούσες τεχνολογίες, σε χώρες με παράδοση στην εξοικονόμηση ενέργειας όπως η Γερμανία, η Γαλλία και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Πράγματι, η θερμοκάμερα έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει τις περιοχές των ενεργειακών διαρροών στα κτίρια και άρα τα σημεία που απαιτούνται διορθωτικές επεμβάσεις. Είναι συνεπώς ένα άριστο, αν όχι μοναδικό εργαλείο, στα χέρια των εμπειρογνομόνων επιθεωρητών, για την ενεργειακή ταυτότητα κτιρίων. Δίνεται λοιπόν εκτενής ανάλυση παραδειγμάτων υπέρυθρων φωτογραφιών καθώς και τα προβλήματα που συναντώνται κατά κύριο λόγο στις κατασκευές.

Η εναρμόνιση των υφιστάμενων κτιρίων με τις παραμέτρους του KENAK μπορεί να επιτευχθεί μέσω επεμβάσεων που αποσκοπούν στη μείωση των ενεργειακών απωλειών. Κατά συνέπεια στο επόμενο σκέλος της εργασίας παρατίθενται πιθανές επεμβάσεις για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου που μελετήθηκε. Προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα όσον αφορά τη θερμομόνωση, τα κουφώματα, το φωτισμό και την ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Για τους σκοπούς, λοιπόν, αυτής της διπλωματικής, μελετήθηκε το κτίριο Φυσικής εντός της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Αρχικά καταγράφηκαν όλες οι υφιστάμενες ηλεκτρικές καταναλώσεις για τις ανάγκες του φωτισμού, θέρμανσης ψύξης, λειτουργίας των εργαστηριακών οργάνων και συσκευών, ανελκυστήρων και ηλεκτρονικών υπολογιστών (H/Y). Έπειτα έγινε εκτενής μελέτη θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου. Βάσει των καταγεγραμμένων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, προτάθηκαν δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης του εξεταζόμενου κτιρίου και έγινε τεchnοοικονομική αξιολόγηση αυτών, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι βιώσιμες επεμβάσεις για το κτίριο.



## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Οκτώβριος 2009 - Σεπτέμβριος 2010, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, όπου συνίσταται από πέντε φάσεις. Οι συγκεκριμένες φάσεις απεικονίζονται εποπτικά και στο Σχήμα 1.1.

**Φάση 1:** Μελέτη της μεθόδου θερμογράφησης και ανάλυση παραδειγμάτων.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, έγινε μελέτη για τη θερμογράφηση και τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζονται τα υλικά στην υπέρυθρη φωτογραφία. Επίσης εκπονήθηκε μελέτη για την κατηγοριοποίηση των φαινομένων και των προβλημάτων που παρουσιάζουν οι κατασκευές και τα οποία γίνονται αντιληπτά από τη θερμοκάμερα. Αναλύθηκαν αρκετά παραδείγματα από κάθε κατηγορία και δόθηκε εκτενής επεξήγηση για κάθε ένα από αυτά.

**Φάση 2:** Εις βάθος μελέτη της θερμογέφυρας. Πού, πώς γιατί δημιουργείται αλλά και τρόποι αντιμετώπισης της.

Ειδικότερα εξηγήθηκε το φαινόμενο της θερμογέφυρας που ανήκει στην πρώτη κατηγορία των προβλημάτων που συναντώνται στη θερμογράφηση των κατασκευών. Μελετήθηκε διεξοδικά ο τρόπος, ο χώρος και ο λόγος που δημιουργείται η θερμογέφυρα. Δόθηκε σε κάθε περίπτωση η μέθοδος αντιμετώπισης της όπως αυτή συνίσταται από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε).

**Φάση 3:** Ενεργειακή Επιθεώρηση στο κτίριο «Φυσικής» στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Σε αυτή τη φάση, έγινε ενεργειακή επιθεώρηση σε κτίριο του δημόσιου τομέα. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε το κτίριο «Φυσικής» εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Αρχικά έγινε καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων που αφορούν τον φωτισμό, ψύξη, θέρμανση, εργαστηριακά όργανα, συσκευές, Η/Υ και ανελκυστήρες. Στη συνέχεια με τη βοήθεια μετρητικών οργάνων όπως αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας, θερμοκάμερα, υγρασιόμετρο, αποστασιόμετρο και αναλυτής καυσαερίων, δημιουργήθηκε το ενεργειακό προφίλ της κατασκευής. Έγινε εντοπισμός των σημείων που υπάρχει ενεργειακή διαρροή αλλά και των περιπτώσεων που γίνεται άσκοπη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

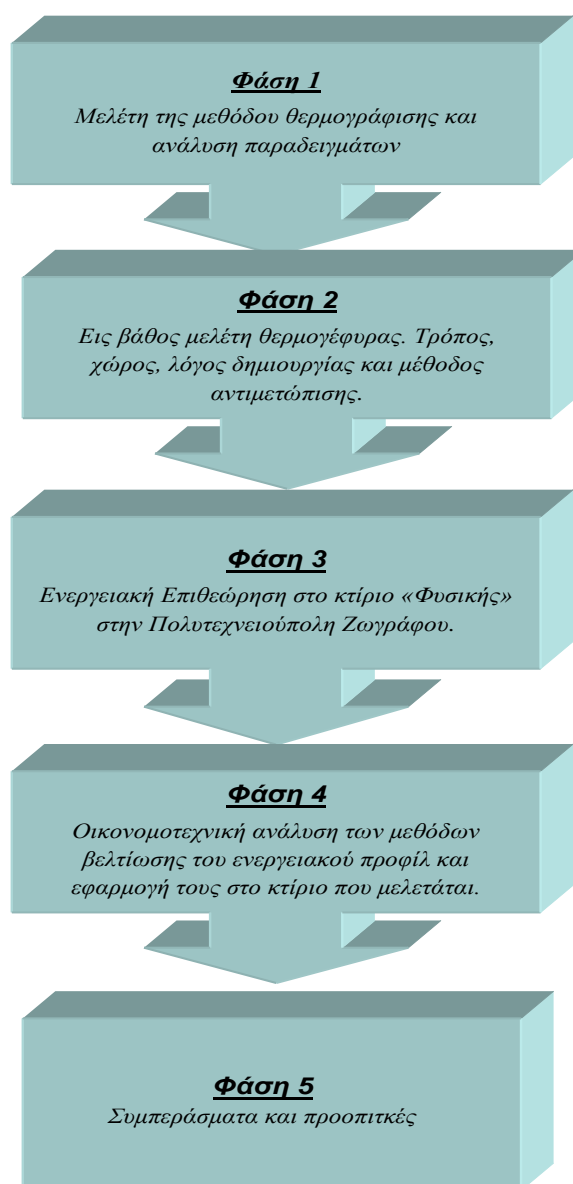
**Φάση 4:** Οικονομοτεχνική ανάλυση προτεινόμενων δράσεων ενεργειακής βελτίωσης

Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής, συλλέχθηκαν πληροφορίες από διάφορες βιβλιογραφικές πηγές για μια πλειάδα λύσεων βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου. Στο παραπάνω πλαίσιο, προτάθηκαν λύσεις όπως

αντικατάσταση υαλοπινάκων μέχρι εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτά εντοπίστηκαν τα πιο πρακτικά στην εφαρμογή, αποτελεσματικά, οικονομικά αλλά και ευρέως χρησιμοποιούμενα στον Ελληνικό χώρο και προσαρμόστηκαν στην περίπτωση του κτιρίου «Φυσικής».

#### **Φάση 5:** Συμπεράσματα και Προοπτικές.

Κατά την διάρκεια της τελευταίας φάσης της διπλωματικής παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται και εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα εργασία.



**Σχήμα 1.1:** Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Αρχικά, παρατίθεται μια σύντομη περίληψη της διπλωματικής εργασίας, στην οποία παρουσιάζεται συνοπτικά τα κύρια σημεία της. Η περίληψη αυτή παρατίθεται και στην Αγγλική γλώσσα. Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας περιεχομένων και η ευρεία περίληψη της εργασίας.

Το κύριο μέρος της διπλωματικής εργασίας που αποτελείται από 7 κεφάλαια.

- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία λεπτομερής ανάλυση της μεθόδου της θερμογραφίας στο κτιριακό τομέα. Αναλύονται εις βάθος οι περιπτώσεις απωλειών ενέργειας που συναντώνται σε μια κτιριακή εγκατάσταση στην επιθεώρηση με θερμοκάμερα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των περιπτώσεων αυτών είναι οι θερμογέφυρες, τα κουφώματα αέρα και η υγρασία τα οποία παρατίθενται μαζί με εικόνες από επιθεωρήσεις στην Ελλάδα και το εξωτερικό.
- Το κεφάλαιο 3 αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο για τη δημιουργία αλλά και τις μεθόδους αντιμετώπισης των θερμογεφυρών.
- Στο κεφάλαιο 4 παρατίθεται το πρακτικό μέρος της διπλωματικής εργασίας. Ειδικότερα, σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται μία εκτενής ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου, και συγκεκριμένα του κτιρίου Φυσικής, εντός της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.
- Στο κεφάλαιο 5 καταγράφονται και αναλύονται τα αποτελέσματα των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν στο πρακτικό μέρος της εργασίας καθώς και τα προβλήματα που συναντήθηκαν στην διαδικασία που ακολουθήθηκε.
- Το κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει την τεχνοοικονομική μελέτη των μεθόδων βελτίωσης του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου.
- Το κεφάλαιο 7 αναλύει τα συμπεράσματα που εξήχθηκαν από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε αλλά και τις προοπτικές που διαφαίνονται από την διπλωματική αυτή εργασία.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βασικές Αρχές Θερμογραφίας



Η θερμογραφία είναι μία μέθοδος με την οποία ανιχνεύονται οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις επιφάνειες διαφόρων υλικών. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και ερμηνεύονται οι θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται στα υλικά και στην κατασκευή εν γένει και εξάγονται συμπεράσματα ως προς την ορθή θερμική θωράκισή της. Για την ανίχνευση των θερμικών εικόνων αναπτύσσονται οι αρχές της μεταφοράς θερμότητας

### 2.1 Τρόποι μεταφοράς θερμότητας

#### 2.1.1 Μεταφορά με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου της μάζας των σωμάτων. Η δυσκολία μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του

σώματος. Παράδειγμα καλών αγωγών είναι τα μέταλλα, ενώ αντίστοιχα παράδειγμα κακών αγωγών είναι τα πλαστικά, το ξύλο και ο αέρας. Η μεταφορά με αγωγή έχει σαν συνέπεια, απώλειες θερμότητας από ένα κτίριο. Οι απώλειες αυτές μπορούν να μειωθούν με την χρήση μονωτικών υλικών.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  [W/m\*K] των υλικών είναι δείκτης της μεταφοράς θερμότητας των υλικών διαμέσου της μάζας τους.

Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από πέρασμα με συγκεκριμένη επιφάνεια για δεδομένο πάχος διατυπώνεται ως εξής.

$$Q = (\lambda/d) * F * (t1 - t2)*z$$

Όπου:

Q: Η ποσότητα της θερμότητας η οποία διέρχεται σε μία ώρα από τη μία πλευρά στην άλλη

$\lambda$ : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού

F: το εμβαδόν της επιφάνειας

t1: θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

t2: θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

d: το πάχος του υλικού

z: ο χρόνος ροής του θερμότητας

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος μεταφοράς του Fourier.

### 2.1.2 Μεταφορά της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση

Η θερμότητα σε ένα ρευστό μεταφέρεται και μέσω της μάζας του με την κίνηση του. Αν η κίνηση γίνεται σε φυσικό μέσο όπου υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές (ο κρύος αέρας κινείται προς τα κάτω ενώ ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω) η κίνηση αυτή ονομάζεται φυσική διάχυση ενώ αν η κίνηση γίνεται βεβιασμένα (ανεμιστήρες, ανεμοπίεση) ονομάζεται βίαιη διάχυση. Η μεταφορά θερμότητας με θερμική μεταβίβαση είναι μακροσκοπικό φαινόμενο και παρατηρείται κατά την διάχυση των ρευστών. Η διαφορά πυκνοτήτων διαφόρων ρευστών προκαλεί φυσική διάχυση. Αντίστοιχα η μηχανική ανάμειξη προκαλεί βεβιασμένη διάχυση. Μεταφορά με θερμική μεταβίβαση παρατηρείται και μεταξύ ρευστού με στερεό σώμα. Έτσι παρατηρείται μεταφορά με θερμική μεταβίβαση από ένα αέριο στην τοιχοποιία.

Το ποσό της μεταφερόμενης θερμότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$Q = (\lambda \text{ αέρα}/x) * F * (tLi - t1)$$

Επειδή δεν μπορεί να προσδιοριστεί το πάχος του στρώματος στο οποίο γίνεται η διάχυση της θερμότητας, ο παράγοντας  $\lambda/x$  αντικαθίσταται με έναν διορθωτικό συντελεστή  $\alpha$  [ $W/m^2 \cdot K$ ], που ονομάζεται συντελεστής θερμικής μεταβίβασης και εξαρτάται από την κινητική κατάσταση του αέρα.

Η μεταφορά της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον διατυπώνεται ως εξής:

$$Q = \alpha a * F * (t_2 - t_{La}) * z$$

Όπου:

$Q$  : Το ποσόν θερμότητας που διέρχεται σε μία ώρα από τον εσωτερικό χώρο στο περιβάλλον

$F$  : το εμβαδόν της επιφάνειας

$\alpha$  : συντελεστής θερμικής μεταβίβασης ( $i$  εσωτερικού χώρου,  $a$  εξωτερικού χώρου)

$t_{La}$  : η θερμοκρασία περιβάλλοντος

$t_2$  : θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

$z$  : ο χρόνος ροής του θερμότητας

### 2.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, το συντελεστή εκπομπής τους, και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην γη αποκλειστικά με αυτό τον τρόπο μεταφοράς.

Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα άλλο σώμα ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί ή θα μεταφερθεί. Η θερμότητα που απορροφάται εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος.

Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται ως εξής:

$$q = \epsilon * \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Όπου:

$q$  : εκπεμπόμενη ενέργεια [ $w/m^2$ ]

$\epsilon$  : συντελεστής εκπομπής υλικού

$\sigma$  : σταθερά Stefan - Boltzmann

$T$  : απόλυτη θερμοκρασία  $^{\circ}K$

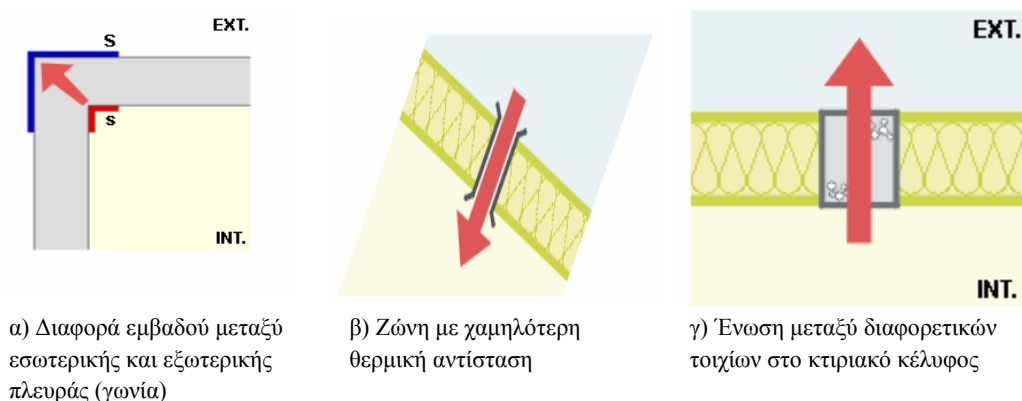
Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann. Οι ιδιότητες αυτές αξιοποιούνται από την θερμογραφία έτσι ώστε να προκύπτουν τα θερμογραφήματα.

## 2.2 Γενικά-Συνθήκες

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων για τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια πρέπει να υπάρχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα στο εσωτερικό της κατασκευής και το περιβάλλον. Ο ιδανικότερος χρόνος μέτρησης είναι το χειμώνα, ημέρα με ελάχιστη ή κατά προτίμηση καθόλου ηλιοφάνεια. Η προς μέτρηση επιφάνεια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κάθετη προς τον άξονα της μέτρησης.

### 2.2.1 Θερμικές γέφυρες

Με τον όρο θερμικές γέφυρες, περιγράφεται συγκεκριμένη ζώνη ή τμήμα του κτιριακού κελύφους το οποίο παρουσιάζει χαμηλότερη θερμική αντίσταση (συντελεστής θερμομόνωσης). Μπορεί να είναι περιοχές όπως ένωση μεταξύ τοίχων, ή τοιχίου με δάπεδο, αλουμίνια κ.α. Κυρίως καλείται κάθε αμόνωτο ή ανεπαρκώς θερμομονωμένο σημείο. Συνήθως στις κατασκευές τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι κολώνες, δοκάρια, τοιχία, σενάζ, κούτελα πλακών κλπ. Εκτός από τις θερμικές απώλειές τους που είναι μεγάλες, οι θερμογέφυρες είναι επιρρεπείς σε συμπύκνωση υδρατμών και συνεπώς και στην ανάπτυξη μούχλας.



**Σχήμα 2.1:** Θερμικές γέφυρες α) διαφορά εμβαδού β) χαμηλή θερμική αντίσταση γ) ένωση διαφορετικών τοιχίων

Για να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν διαφορές στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος ενός κτιρίου (θερμικές γέφυρες) προσδιορίζονται οι κατανομές θερμοκρασιών στις διάφορες περιοχές του κελύφους του κτιρίου.



Γενικά, στο κέλυφος του κτιρίου υπάρχουν τμήματα ή δομικά στοιχεία, όπου η θερμική τους αντίσταση η οποία εν γένει είναι ομοιόμορφη, μεταβάλλεται κατά αισθητό τρόπο, από τις εξής αιτίες:

- Ολική ή μερική παρεμβολή στο ομοιογενές τμήμα του κελύφους, ενός στοιχείου με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα.
- Αλλαγή πάχους στη δομή του τμήματος του κελύφους.
- Ύπαρξη διαφοράς εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς, όπως αυτό συμβαίνει στις γωνιακές συναντήσεις διαφόρων στοιχείων.

Σε όλα αυτά τα στοιχεία, όπου η θερμική τους αντίσταση είναι μειωμένη και κατά συνέπεια αυξημένος ο συντελεστής θερμοπερατότητας, οι επιφανειακές εσωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ μικρότερες των αντίστοιχων ομοιογενών στοιχείων και τείνουν να πλησιάσουν, τη χειμερινή περίοδο, την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Στα στοιχεία αυτά γίνεται μια γρήγορη γεφύρωση της θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, εφόσον δεν υπάρχει θερμομονωτικό στοιχείο που να διακόπτει αυτή τη γεφύρωση. Στοιχεία στα οποία παρουσιάζονται αυτές οι διαταραχές στη ροή θερμότητας, ονομάζονται θερμικές γέφυρες.

Για να εντοπιστούν θερμικές γέφυρες με θερμογραφήματα, πρέπει το σύστημα εσωτερικό-περιβάλλον χώρος του κτιρίου να βρίσκεται σε ισορροπία. Αυτό συμβαίνει κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν υπάρχουν θερμαινόμενοι εσωτερικοί χώροι, χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και ικανοποιητική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξώτερου χώρου (τουλάχιστον 20 °C). Επίσης το σύστημα πρέπει να έχει ισορροπήσει, δηλαδή, η θερμοκρασιακή διαφορά να έχει παραμείνει σταθερή για τουλάχιστον τρεις ώρες.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αλλοιώνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Για τον λόγο αυτό προτιμώνται τα νυχτερινά θερμογραφήματα. Πάντως υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα και ημέρες στις οποίες υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες και ελάχιστη έως μηδενική ηλιοφάνεια.

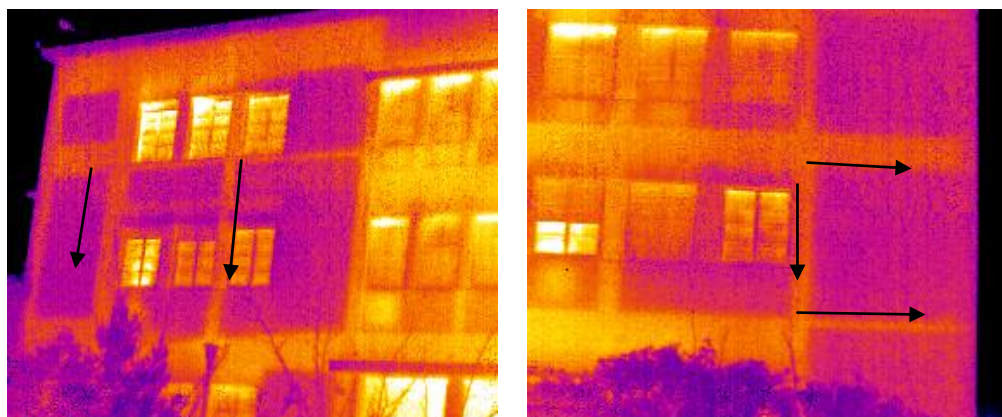
Οι καλοκαιρινοί μήνες, λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις πρωινές ώρες και της αποθηκευμένης θερμότητας που εκπέμπεται από τα υλικά τις νυχτερινές ώρες δεν είναι κατάλληλοι για την διεξαγωγή μετρήσεων.

Παρακάτω απεικονίζονται παραδείγματα θερμικών γεφυρών. Οι πηγές των εικόνων αναφέρονται στη βιβλιογραφία στο πίσω μέρος του βιβλίου



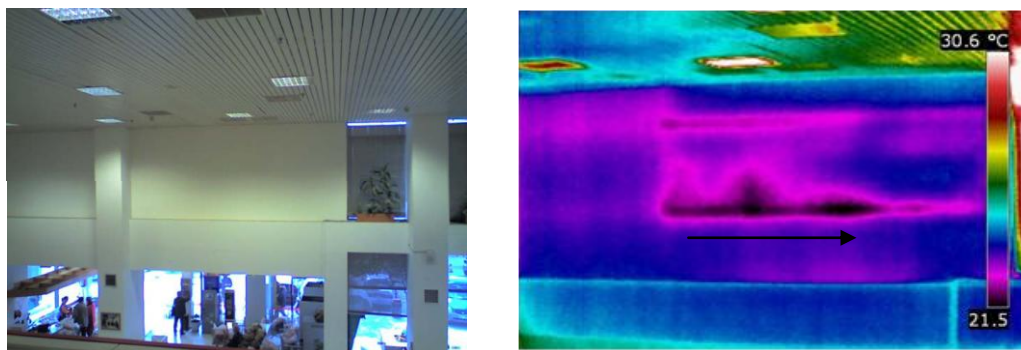
**Εικόνα 2.1:** Ένωση τοίχου με αλουμίνιο

Η θερμοκρασία στο σημείο της ένωσης του τοίχου με το αλουμίνιο τείνει να γίνει ίση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου λόγω του μικρού συντελεστή θερμοπερατότητας στο σημείο αυτό.



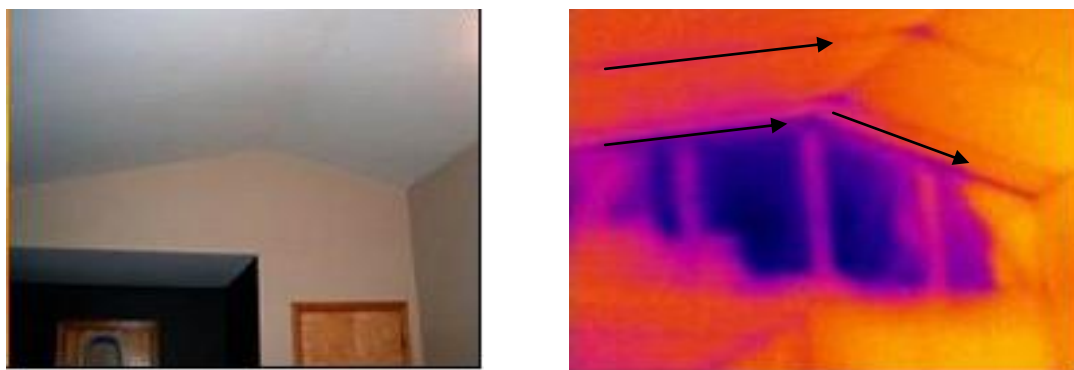
**Εικόνα 2.2:** Μέτωπο πλάκας

Στο σημείο ένωσης του τοίχου με τον φέροντα οργανισμό (μέτωπο πλάκας και κολώνες) η θερμοκρασία είναι υψηλότερη σε σχέση με τα σημεία της υπόλοιπης τοιχοποιίας. Δημιουργήθηκε θερμογέφυρα λόγω της διακοπής της μειωμένης θερμικής αντίστασης στα σημεία αυτά. Έτσι υπάρχει ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της κατασκευής (η θερμότητα στα σημεία αυτά δεν καταφέρνει να συγκρατηθεί εντός του κτιρίου).



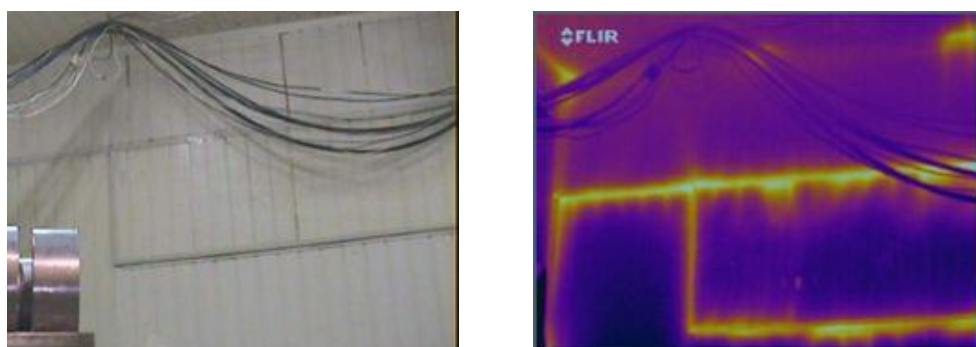
**Εικόνα 2.3:** Κούφωμα που έκλεισε

Τοίχος στον οποίο παλιά υπήρχε κούφωμα το οποίο έχει κλείσει. Το καινούργιο υλικό δεν τοποθετήθηκε καλά ώστε να εφαρμόζει με την παλιά τοιχοποιία με αποτέλεσμα στο σημείο της ένωσης να δημιουργηθούν κενά τα οποία αφήνουν ροή θερμότητας να τα διαπεράσει δημιουργώντας έτσι θερμογέφυρα.



**Εικόνα 2.4:** Μεσοπάτωμα που έκλεισε.

Το υλικό με το οποίο κτίστηκε ο τοίχος είναι διαφορετικό από αυτό με το οποίο είναι κατασκευασμένο το υπόλοιπο κτίριο. Παρατηρείται θερμογέφυρα τόσο στα σημεία της ένωσης των διαφορετικών υλικών όσο και στα σημεία ένωσης των πάνελ της προϋπάρχουσας οροφής. (σημειώνεται επίσης ότι το καινούργιο υλικό δεν φέρει μονωτική στρώση)



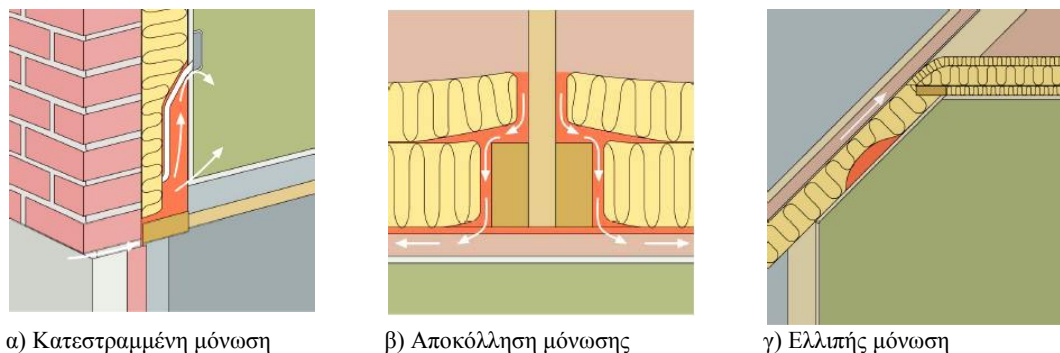
**Εικόνα 2.5:** Εσωτερικό ψυγείου-αποθήκης

Οι συνδέσεις των πάνελ επιτρέπουν είσοδο θερμού αέρα. Έγινε κακή σύνδεση η οποία δημιούργησε θερμογέφυρα που αφήνει ροή θερμότητας να εισέλθει εντός του ψυγείου μειώνοντας την απόδοση και αυξάνοντας την κατανάλωση.

## 2.2.2 Ελλιπής ή κατεστραμμένη μόνωση

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού-εσωτερικού χώρου για την κατασκευή τόσο μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας υπάρχει από το εσωτερικό στο εξωτερικό της κατασκευής.

Αύξηση της θερμοκρασίας στην εξωτερική πλευρά σε ένα ομοιογενή τοίχο προκύπτει στην περίπτωση που έχει αποκολληθεί ή βραχεί η μόνωση με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα.



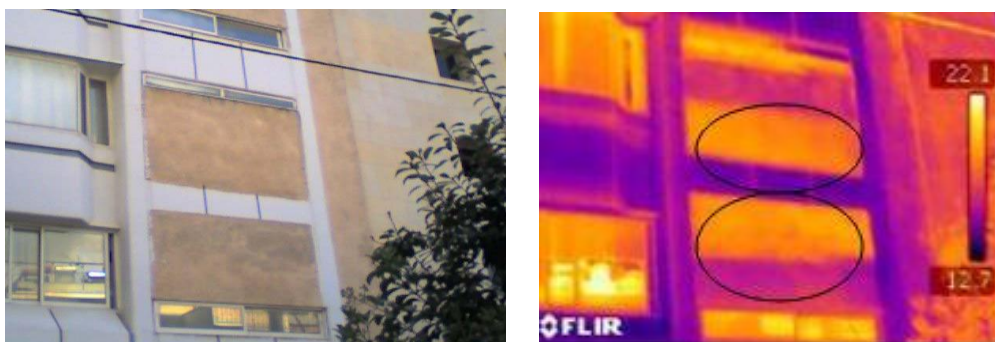
α) Κατεστραμμένη μόνωση

β) Αποκόλληση μόνωσης

γ) Ελλιπής μόνωση

**Σχήμα 2.2:** Ελλιπής ή κατεστραμμένη μόνωση α) κατεστραμμένη β)αποκόλληση γ) ελλιπής μόνωση

Παρακάτω δίνονται παραδείγματα επιφανειών με ελλιπή ή κατεστραμμένη μόνωση

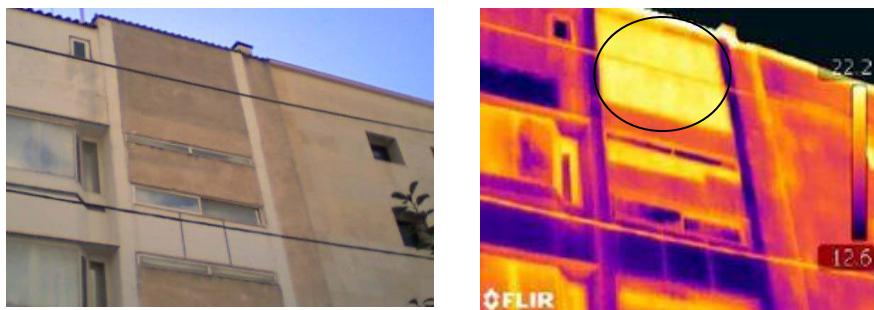


**Εικόνα 2.6:** Ελλιπής μόνωση

Η κατασκευή του τοίχου έγινε με τούβλα χωρίς ή με ελλιπή μόνωση. Η αύξηση της θερμοκρασίας στην εξωτερική πλευρά σε ένα ομοιογενή τοίχο δείχνει μείωση της



θερμομονωτικής ικανότητας του. Κάποια σημεία του ομοιογενούς τοίχου φαίνονται θερμότερα από τα υπόλοιπα (δεν είναι ικανά να συγκρατήσουν την θερμότητα εντός του κτιρίου σε μια κρύα μέρα με αποτέλεσμα αυτή να διαρρέει προς το εξωτερικό της κατασκευής) .



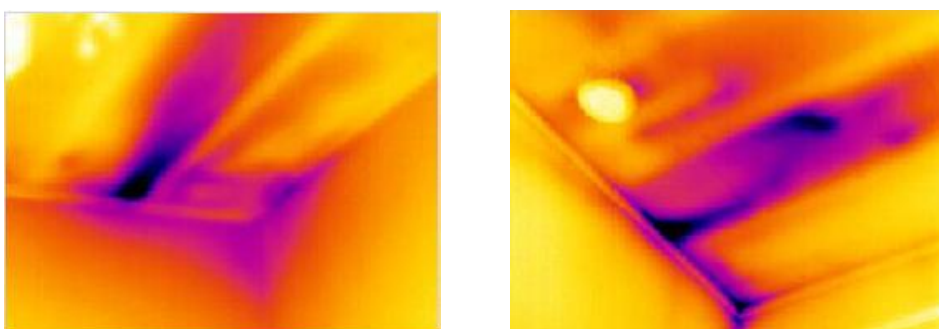
**Εικόνα 2.7:** Ελλιπής μόνωση

Σε μια κρύα μέρα το πιο ζεστό εξωτερικά τοίχιο δεν καταφέρνει να συγκρατήσει τη θερμότητα εντός του κτιρίου λόγω της ελλιπούς μόνωσης του. Υπάρχει ροή θερμότητας από το εσωτερικό της κατασκευής προς τα έξω.



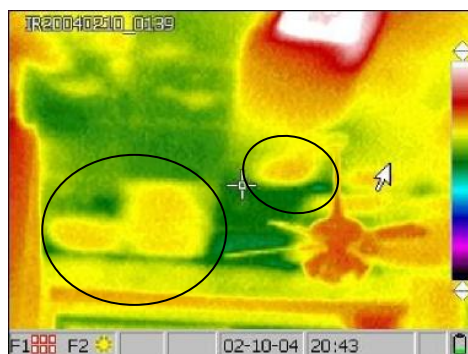
**Εικόνα 2.8:** Απουσία μόνωσης

Όλος ο τοίχος σε μια κρύα μέρα εμφανίζεται θερμότερος από το μπετό. Όπως και στις δύο προηγούμενες εικόνες η απουσία μόνωσης δημιουργεί ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της κατασκευής.



**Εικόνα 2.9:** Ατέλεια στη μόνωση

Η μόνωση στη δομή ενός μεσοπατώματος παρουσιάζει ατέλεια. Η ατέλεια μπορεί να είναι είτε ελλειπείς είτε εσφαλμένα τοποθετημένες επενδύσεις μόνωσης οι οποίες αποκολλήθηκαν και σχηματίζουν θύλακες παγιδευμένου αέρα.



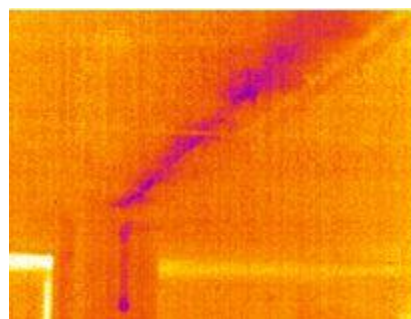
**Εικόνα 2.10:** Ατέλεια στη μόνωση

Όπως και στην εικόνα 2.9 η κακή τοποθέτηση της μόνωσης δημιουργεί θύλακες αέρα που παρουσιάζουν αυξημένη θερμοκρασία σε σχέση με την υπόλοιπη οροφή



**Εικόνα 2.11:** Ελλιπής μόνωση

Η ελλιπής μόνωση στη σοφίτα αφήνει ροή θερμότητας να εισέλθει στο εσωτερικό της κατασκευής. Στα σημεία αυτά η θερμοκρασία είναι ψηλότερη σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία.

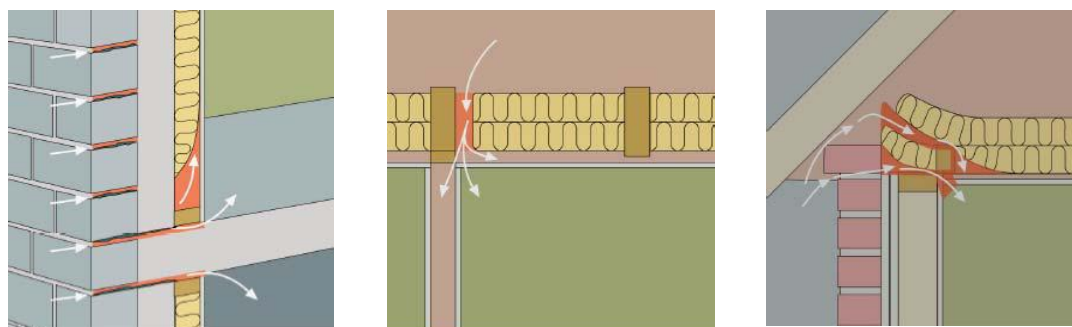


**Εικόνα 2.12:** Αρμός διαστολής στην οροφή – Πλατεία κέντρου πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Με κόκκινο βελάκι σημειώνονται τα σημεία που εμφανίζονται στη φωτογραφία της θερμοκάμερας. Παρατηρείται μειωμένη θερμοκρασία λόγω της ύπαρξης αρμού διαστολής μέσα στο δοκάρι. Επειδή το μέταλλο έχει μεγαλύτερη ειδική θερμοχωρητικότητα από ότι τα υπόλοιπα υλικά της τοιχοποιίας, κατά τις πρώτες πρωινές ώρες αργεί να απορροφήσει θερμότητα. Για αυτό και διατηρεί χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με το υπόλοιπο δοκάρι. Η διαφορά αυτή της θερμοκρασίας δεν θα υπήρχε αν ο αρμός ήταν μονωμένος με κατάλληλη μονωτική επίστρωση.

### 2.2.3 Εντοπισμός σημείων μεγάλων απωλειών θερμότητας

Συνήθης ποιοτικός έλεγχος των κατασκευών με την θερμογραφία είναι ο εντοπισμός τυχόν διαρροής θερμού αέρα από την κατασκευή. Στο σημείο της διαρροής αέρα, η εξωτερική παρειά του τοίχου είναι περισσότερο θερμή από την υπόλοιπη τοιχοποιία ενώ η εσωτερική παρειά του τοίχου παρουσιάζει μικρότερη θερμοκρασία από την υπόλοιπη τοιχοποιία. Χαρακτηριστικά σημεία τέτοιων διαφυγών είναι οι αρμοί των κουφωμάτων των παραθύρων ή θυρών και οι αρμοί μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας. Η διαρροή θερμού αέρα παρουσιάζεται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους στα θερμογραφήματα σε διάταξη γραμμών.



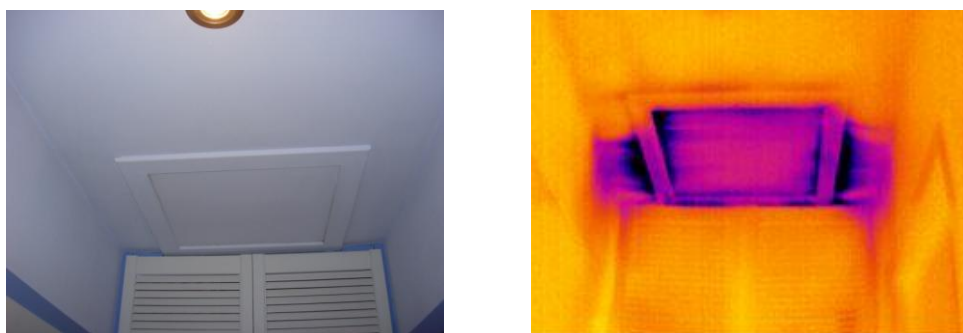
α) Κουφώματα που παρουσιάζει η εξωτερική τοιχοποιία αφήνοντας αέρα να εισέλθει στην κατασκευή β) Αρμοί μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας γ) Αρμοί των παραθύρων

**Σχήμα 2.3:** Διαφυγές θερμού αέρα και σημεία μεγάλων απωλειών θερμότητας σε α) Κουφώματα, β) Αρμούς στέγης και γ) Αρμούς παραθύρων



**Εικόνα 2.13:** Διαρροή αέρα γύρω από παράθυρο

Οι θερμότερες περιοχές γύρω από τα ανοίγματα των παραθύρων δείχνουν διαφυγή αέρα. Τα κασώματα των παραθύρων δεν είναι σχεδόν ποτέ εφικτό να εφαρμόσουν τέλεια με την τοιχοποιία λόγω των ανωμαλιών που δημιουργούνται στο κτίσιμο του τοίχου (ένωση τούβλων) γι' αυτό και παρατηρούνται απώλειες θερμότητας γύρω από τα παράθυρα.



**Εικόνα 2.14:** Διαρροή αέρα γύρω από παράθυρο(εσωτερική όψη)

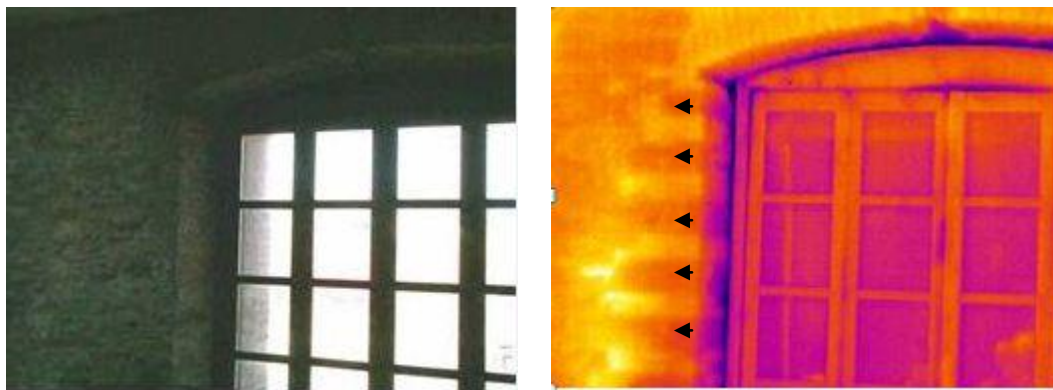
Στην εσωτερική όψη του κτιρίου η διαρροή αέρα γύρω από τα ανοίγματα δημιουργεί ψυχρότερες περιοχές (ο αέρας που εισέρχεται έχει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον εσωτερικό χώρο).



**Εικόνα 2.15:** Αρμός μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας-«Ξυλουργείο» του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου (ΤΠΠΑ)



Η φωτογραφία είναι από το «Ξυλουργείο» στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΑ). Ο αρμός μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας δείχνει διαρροή αέρα προς το εσωτερικό της κατασκευής στο βόρειο μέρος του κτιρίου Αυτό οφείλεται στην κακή επαφή της κάθετης τοιχοποιίας με την στέγη η οποία δημιουργεί κενά τα οποία αφήνουν ροή θερμότητας να εισέλθει εντός του κτιρίου.



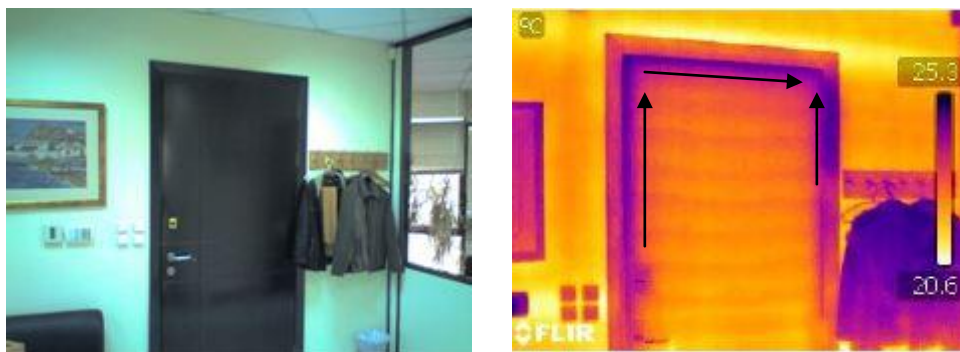
**Εικόνα 2.16:** Διαρροή αέρα από αρμό παραθύρου-(ΤΠΠΑ)

Η φωτογραφία είναι από παράθυρο του «Ξυλουργείου» στο ΤΠΠΑ. Στο εσωτερικό του κτιρίου στην θέση του αρμού του κουφώματος αναπτύσσονται χαμηλές θερμοκρασίες (σε ορισμένα σημεία σχεδόν όση η θερμοκρασία περιβάλλοντος την ημέρα των μετρήσεων 14 °C). Η ροή αέρα παρουσιάζεται σε μορφή γραμμών.



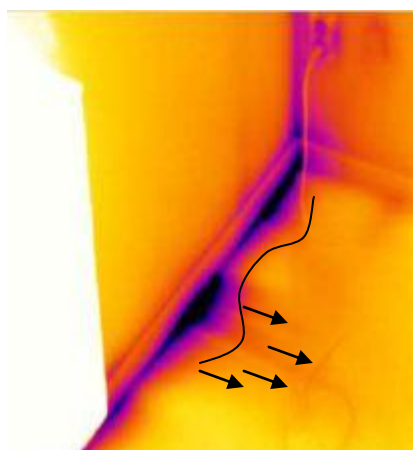
**Εικόνα 2.17:** Κουφώμα παραθύρου

Τα κουφώματα εμφανίζονται άλλοτε θερμότερα και άλλοτε ψυχρότερα από τα παράθυρα σε μια κρύα μέρα. Στη φωτογραφία αυτή τα κουφώματα εμφανίζονται θερμότερα. Η θερμότητα ρέει από μέσα προς τα έξω της κατασκευής.



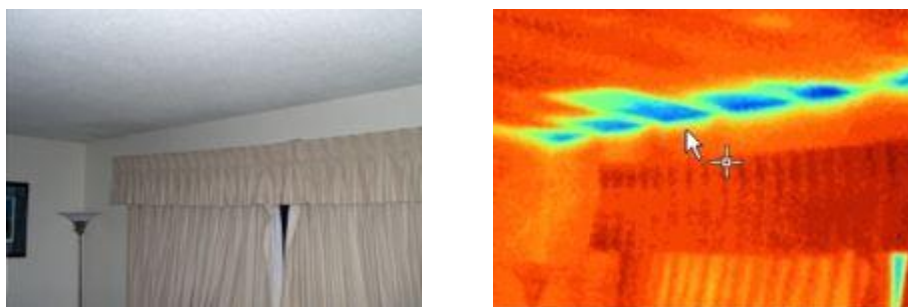
**Εικόνα 2.18:** Είσοδος ψυχρού αέρα στα όρια του κασώματος της πόρτας

Στην εσωτερική όψη της κατασκευής υπάρχουν γύρω από το κάσωμα της πόρτας ψυχρότερα σημεία σε σχέση με τον υπόλοιπο τοίχο. Αυτά οφείλονται στη ροή αέρα που εισέρχεται μέσω του κούφωμα προς το εσωτερικό του χώρου.



**Εικόνα 2.19:** Διείσδυση αέρα πίσω από σοβατεπί.

Κατά την τοποθέτηση του σοβατεπί έμειναν ανοικτά κουφώματα από τα οποία εισέρχεται ψυχρός αέρας εντός του δωματίου. Η εισροή αέρα σχηματίζει γραμμές.



**Εικόνα 2.20:** Διείσδυση αέρα στο εσωτερικό

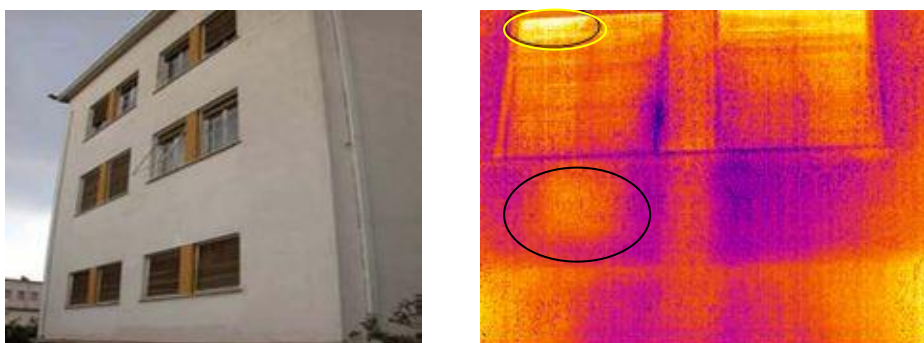
Οι μπλε περιοχές δείχνουν εισροή κρύου αέρα. Οι αρμοί μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας αφήνουν ροή θερμότητας να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου

Για να ανιχνευθούν οι διαφυγές θερμού αέρα που προκαλούν μεγάλες απώλειες θερμότητας χρειάζεται :

- ελάχιστη ή καθόλου ηλιακή ακτινοβολία
- αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας σε ένα κτίριο για αρκετό χρονικό διάστημα
- ύπαρξη μεγάλων θερμοκρασιακών διαφορών ανάμεσα στο εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο του κτιρίου

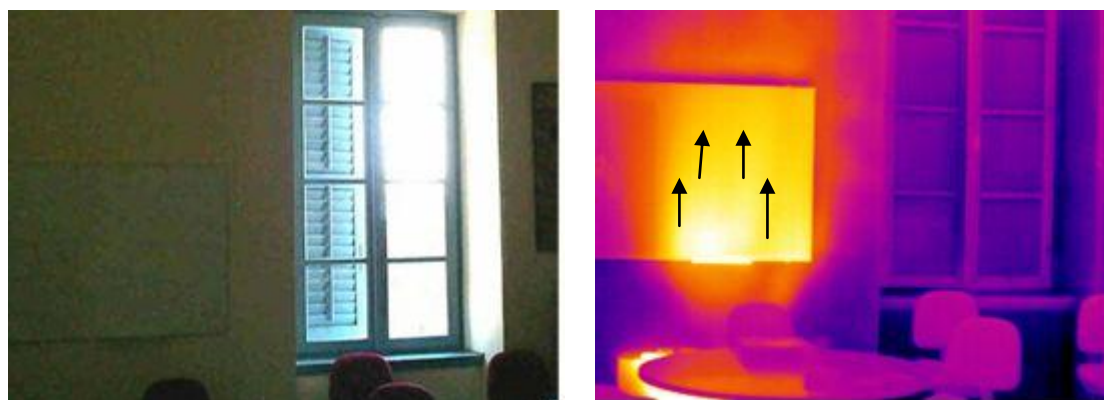
## 2.2.4 Θερμικές Κηλίδες

Είναι δυνατόν να εμφανιστούν θερμικές κηλίδες που οφείλονται π.χ σε θερμαντικά σώματα στο πίσω μέρος της τοιχοποιίας.



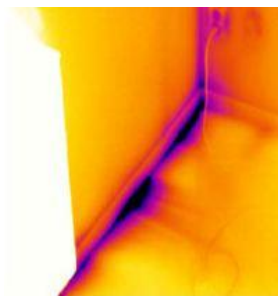
**Εικόνα 2.21:** Θερμαντικό σώμα

Στην πίσω πλευρά της τοιχοποιίας κάτω από το αριστερό παράθυρο υπάρχουν πιο θερμά σημεία σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο. Αυτά οφείλονται σε θερμαντικό σώμα που είναι σε λειτουργία.



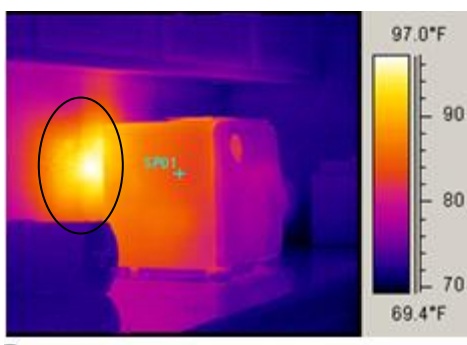
**Εικόνα 2.22:** Κλιματιστικό – «Βίλα Σερπιέρ» (ΤΠΠΑ)

Θερμική κηλίδα που εμφανίζεται επάνω από κλιματιστικό που θερμαίνει το χώρο και βρίσκεται κάτω από τον πίνακα.



**Εικόνα 2.23:** Κεντρική θέρμανση

Η λευκή επιφάνεια στα αριστερά είναι σώμα κεντρικής θέρμανσης (καλοριφέρ) που θερμαίνει το χώρο.

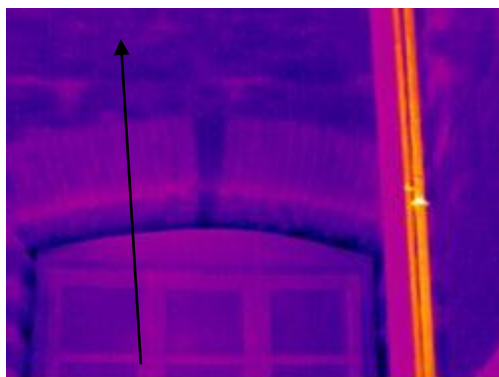


**Εικόνα 2.24:** Φούρνος μικροκυμάτων

Στο πίσω μέρος του φούρνου μικροκυμάτων εμφανίζεται θερμή κηλίδα που οφείλεται στη θερμότητα που εκπέμπει η συσκευή κατά τη λειτουργία της.

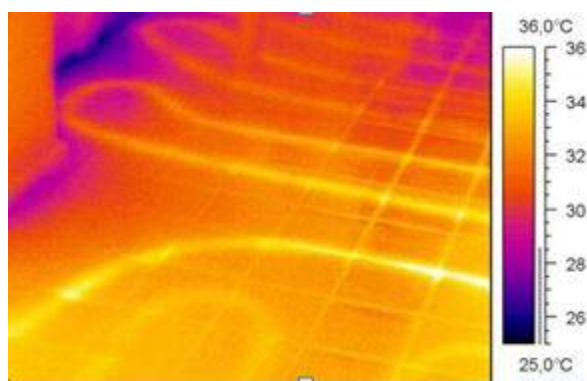
### 2.2.5 Αγωγών θερμού υγρού και αέρα

Με τη μέθοδο της θερμογραφίας ανιχνεύονται επίσης θερμοί αγωγοί που βρίσκονται εντός ή εκτός της τοιχοποιίας της κατασκευής και μεταφέρουν θερμό νερό ή θερμό αέρα.



**Εικόνα 2.25:** Αγωγός θερμού νερού

Έξω από την κατασκευή υπάρχουν αγωγοί θερμού νερού που παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το κτίριο. Αυτές οφείλονται στο ζεστό νερό που ρέει μέσα από τους αγωγούς.



**Εικόνα 2.26:** Αγωγός θερμού νερού

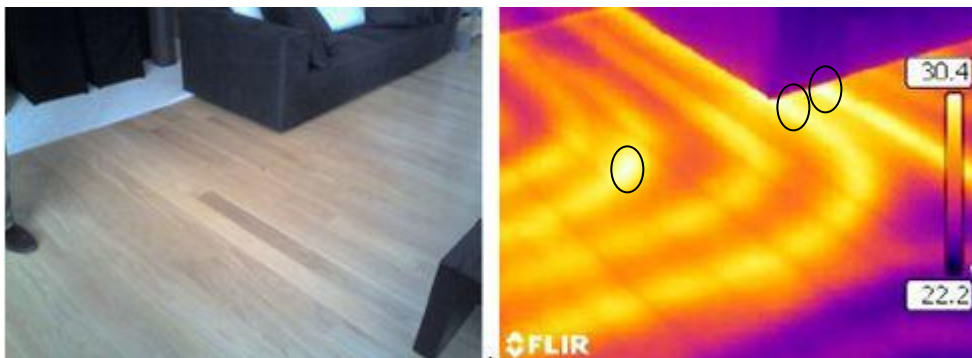
Μέσα στο δάπεδο του λουτρού υπάρχουν αγωγοί θερμού νερού για την ενδοδαπέδια θέρμανση του χώρου. Αυτοί εμφανίζουν υψηλότερη θερμοκρασία όταν ρέει μέσα τους νερό παρά όταν δεν είναι σε λειτουργία.



**Εικόνα 2.27:** Θερμός αγωγός

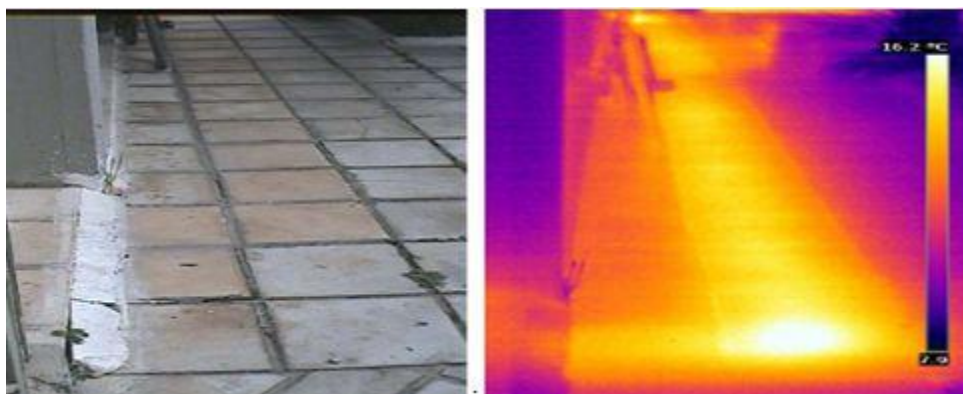
Κάτω από το δάπεδο υπάρχει θερμός αγωγός μέσα από τον οποίο περνά ζεστό νερό για τις ανάγκες του κτιρίου.





**Εικόνα 2.28:** Ενδοδαπέδια θέρμανση

Η φωτογραφία πάρθηκε σε διαδικασία έλεγχου της ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Οι θερμοί αγωγοί σε μερικά σημεία παρουσιάζουν υψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον υπόλοιπο αγωγό.



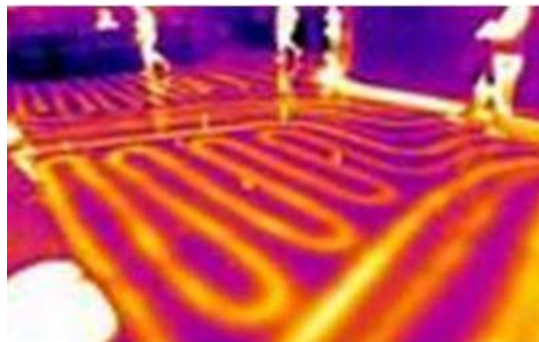
**Εικόνα 2.29:** Υπόγεια τηλεθέρμανση

Ανιχνεύεται διαρροή υπόγειου αγωγού τηλεθέρμανσης. Υπάρχουν σημεία που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον υπόλοιπο αγωγό και οφείλονται σε διαρροή από τον αγωγό του ζεστού νερού.



**Εικόνα 2.30:** Υπόγεια τηλεθέρμανση

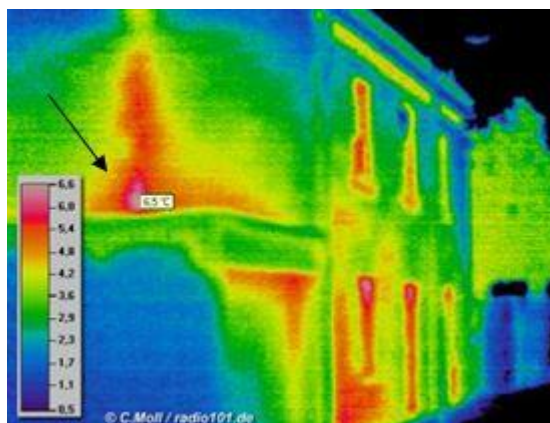
Με την θερμοκάμερα έγινε εύρεση υπόγειου αγωγού δικτύου τηλεθέρμανσης που καταλήγει στο εσωτερικό του κτιρίου. Η θερμότερη περιοχή από την οποία ξεκινά ο αγωγός δεν οφείλεται σε διαρροή ζεστού νερού αλλά στο μεταλλικό κάλυμμα που έχει μικρότερη θερμική αντίσταση.



**Εικόνα 2.31:** Υποδαπέδια θέρμανση

Όπως και στις παραπάνω εικόνες οι αγωγοί της ενδοδαπέδιας θέρμανσης όταν διαρρέονται από ζεστό νερό εμφανίζουν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το υπόλοιπο πάτωμα.

Η θερμοκάμερα είναι πολύ χρήσιμη σε τέτοιες περιπτώσεις, διότι η εύρεση διαρροής, ή οποιουδήποτε άλλου προβλήματος χωρίς αυτή, είναι πολύ δύσκολη, χρονοβόρα και πολυέξοδη.



**Εικόνα 2.32:** Τζάκι

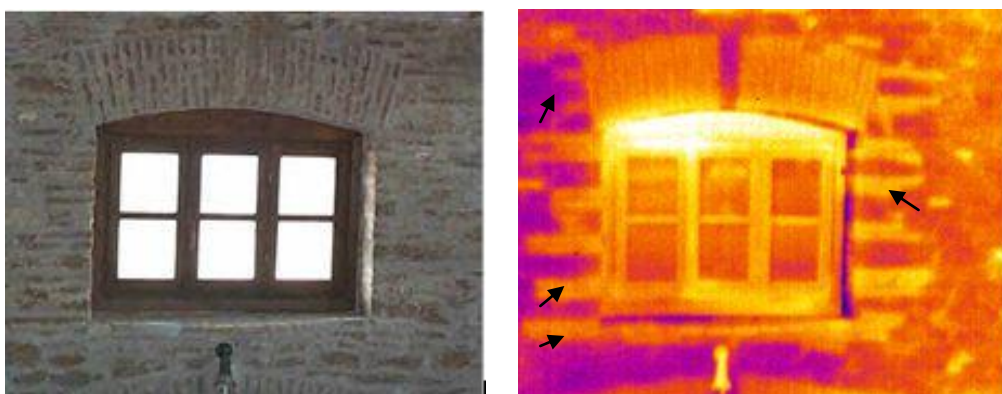
Το αναμμένο τζάκι δημιουργεί θερμό αέρα που εισέρχεται σε αγωγούς που ξεκινούν από εκεί και διασχίζουν όλο το κτίριο. Έτσι μέσω των αγωγών θερμού αέρα θερμαίνεται όλο το κτίριο.

Για να ανιχνευθούν αγωγοί θερμού νερού και αέρα χρειάζεται ροή ζεστού ή ψυχρού υγρού ή αέρα μέσα στους αγωγούς. Σε περίπτωση που δεν γίνεται αυτό είναι πολύ

δύσκολο να ανιχνευθούν διότι οι σωλήνες θα έχουν την ίδια θερμοκρασία με το υπόλοιπο κτίριο και δεν θα είναι δυνατή η διάκριση τους από αυτό.

### 2.2.6 Διαφορετικά είδη υλικών πίσω από ενιαία επιφάνεια

Με την θερμογραφία αναγνωρίζονται υλικά με διαφορετική θερμική αντίσταση που βρίσκονται στο ίδιο κατασκευαστικό μέλος λόγω της διαφορετικής ταχύτητας μεταφοράς της θερμότητας.



**Εικόνα 2.33:** Διαφορετικά υλικά σε ενιαία επιφάνεια – (ΤΠΠΑ)

Η φωτογραφία είναι από τοίχο στο «Ξυλουργείο» του ΤΠΠΑ. Διακρίνονται ευχερώς οι περιοχές που είναι από οπτόπλινθους (θερμές περιοχές) οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη θερμική αντίσταση και υψηλή θερμοκρασία, σε αντίθεση με τις περιοχές δομημένες με φυσικούς λίθους που παρουσιάζουν μικρή θερμική αντίσταση (χαμηλή θερμοκρασία).



**Εικόνα 2.34:** Διαφορετικά υλικά σε ενιαία επιφάνεια – «Φαρμακείο» (ΤΠΠΑ)



Σημειώνονται οι θερμές περιοχές της τοιχοποιίας δίπλα από το κούφωμα του παραθύρου οι οποίες είναι από οπτοπλινθοδομή σε αντίθεση με τις ψυχρές περιοχές οι οποίες δομημένες με φυσικούς λίθους.

Ο έλεγχος είναι πλέον ευχερής όταν το επίχρισμα έχει μικρό πάχος έτσι ώστε να μην εξισορροπούνται οι θερμοκρασίες. Στο θερμογράφημα του τοίχου (εικόνα 2.34.) φαίνεται μία εικόνα της ποιότητας της κατασκευής, η οποία όμως παρουσιάζεται διαφοροποιημένη από την εικόνα που δείχνει την τοιχοποιία του «Ξυλουργείου» (εικόνα 2.33). Αυτό οφείλεται στην εξισορρόπηση των θερμοκρασιών λόγω μεγάλου πάχους επιχρίσματος του τοίχου.

### 2.2.7 Εντοπισμός ανωμαλιών κάτω από την επιφάνεια

Με την θερμογραφία είναι δυνατό να εντοπιστούν ανωμαλίες κάτω από την επιφάνεια των υλικών. Γενικά, οι κάτω από την επιφάνεια ανωμαλίες, επηρεάζουν την ροή της θερμότητας. Αν οι ανωμαλίες ή οι ανομοιομορφίες του υλικού δεν είναι σε πολύ μεγάλο βάθος τότε η μεταβολή της θερμικής ροής συνεπάγεται και μεταβολή στις επιφανειακές θερμοκρασίες.

Συνήθως, η απαραίτητη διαφοροποίηση στη ροή της θερμότητας επιτυγχάνεται με θέρμανση είτε τεχνητώς με την χρήση ειδικών θερμικών λαμπτήρων είτε με φυσική μεταφορά θερμότητας τόσο κατά την θέρμανση στην αρχή της ημέρας λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (θερμική ροή προς το εσωτερικό της κατασκευής) όσο και κατά την ψύξη το απόγευμα (εκπομπή θερμότητας από το εσωτερικό της κατασκευής προς το περιβάλλον). Με τέτοιου τύπου θερμικές φορτίσεις είναι δυνατή η διερεύνηση αστοχίας, ανωμαλιών, και ασυνεχειών στο υλικό χωρίς να αποκλείεται ο εντοπισμός ανωμαλιών κάτω από την επιφάνεια χωρίς ιδιαίτερες θερμικές φορτίσεις.



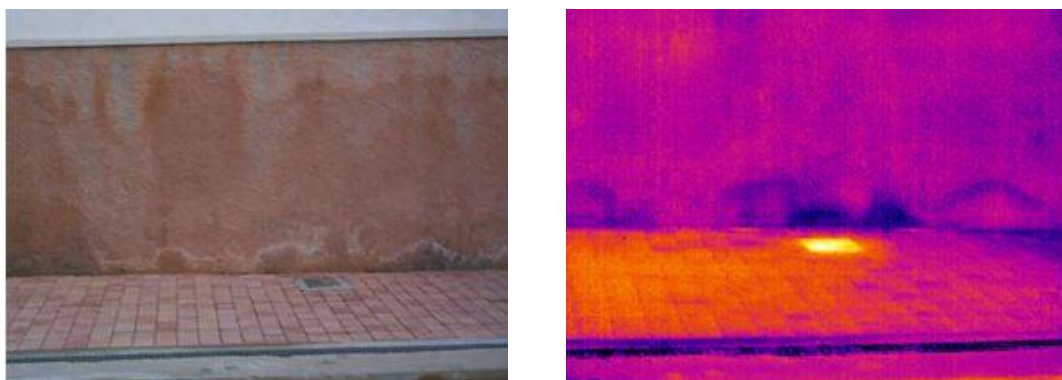
**Εικόνα 2.35:** Θέση ρευματοδότη – «Φαρμακείο» (ΤΠΠΑ)

Με κόκκινο βέλος σημειώνεται η θέση του ρευματοδότη στην ψηφιακή φωτογραφία. Ενώ στη φωτογραφία από τη θερμοκάμερα με μαύρο βέλος σημειώνεται η γραμμική

θερμοκρασιακή μεταβολή λόγω των αγωγών της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου. Στα σημεία αυτά η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από ότι στα υπόλοιπα σημεία της τοιχοποιίας διότι τα καλώδια ζεσταίνονται κατά τη ροή του ρεύματος μέσα από αυτά.

## 2.2.8 Υγρασία

Με την θερμογραφία μπορεί να εντοπιστεί η ύπαρξη νερού ή υγρασίας σε δομικά υλικά (π.χ. ύπαρξη νερού μέσω των τριχοειδών από το έδαφος). Η κίνηση του νερού μέσω των τριχοειδών καθώς επίσης και η διαφορετική θερμική του συμπεριφορά λόγω μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του, έχει σαν συνέπεια θερμοκρασιακές διαφορές στην επιφάνεια της κατασκευής. Επομένως κατά τις πρώτες πρωινές ώρες ή κατά τις πρώτες βράδυνες ώρες, το νερό βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία από την θερμοκρασία του υλικού



**Εικόνα 2.36:** Ανερχόμενη υγρασία – (ΤΠΠΛ)

Τόσο στην ψηφιακή φωτογραφία όσο και στη φωτογραφία από θερμοκάμερα είναι εμφανή τα ίχνη της ανερχόμενης υγρασίας.

Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με μια ψυχρή επιφάνεια χάνει μέρος της θερμότητάς του και ψύχεται. Με την πτώση της θερμοκρασίας του μειώνεται και η δυνάμενη να συγκρατηθεί ποσότητα υδρατμών. Συνεπώς, η τιμή της σχετικής του υγρασίας αυξάνεται, χωρίς ωστόσο να προστίθενται στον όγκο του επιπλέον υδρατμοί, χωρίς δηλαδή να μεταβάλλεται η απόλυτη τιμή της περιεχόμενης υγρασίας του. Αν ο αέρας ψυχθεί τόσο, ώστε η θερμοκρασία του να πέσει κάτω από το σημείο δρόσου, τότε παρατηρείται επιφανειακή συμπύκνωση (δρόσος). Η υγρασία αυτή ξεκινά από το έδαφος και ανέρχεται κατά μήκος της τοιχοποιίας μέσω των τριχοειδών.



**Εικόνα 2.37:** Εσωτερικός προθάλαμος

Στην εξωτερική παρειά του τοίχου στον εσωτερικό προθάλαμο ενός κτιρίου έχει δημιουργηθεί συμπύκνωση. Η προσβολή όταν πρόκειται για συμπύκνωση δεν προχωρεί σε βάθος στο δομικό στοιχείο, αλλά παραμένει επιφανειακή σε αντίθεση με άλλες μορφές υγρασίας.



**Εικόνα 2.38:** Εξωτερικός τοίχος

Όπως και στις προηγούμενες εικόνες η ανερχόμενη υγρασία είναι εμφανής με γυμνό μάτι. Η συμπύκνωση είναι από τα προβλήματα που δημιουργούνται και μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα διότι προσβάλλουν κυρίως την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας. Όπως φαίνεται το φαινόμενο έχει εξαπλωθεί σε όλη σχεδόν την επιφάνεια του τοίχου.

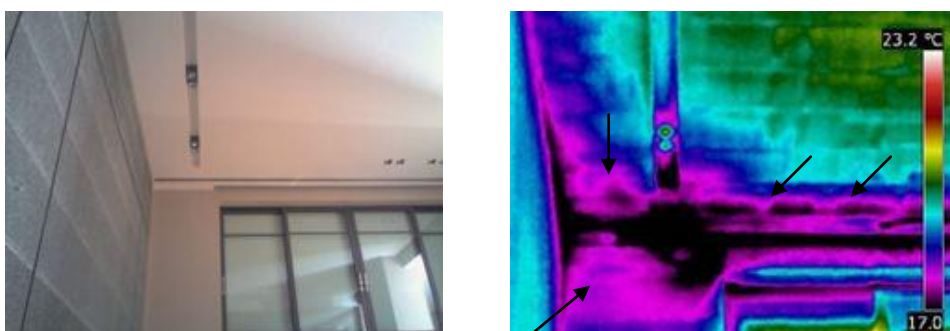
Για να μη σχηματισθεί συμπύκνωση στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων ενός χώρου, πρέπει οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες να είναι υψηλότερες της θερμοκρασίας δρόσου του αέρα για τη δεδομένη τιμή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του χώρου.



**Εικόνα 2.39:** Υγρασία και μούχλα

Στην εσωτερική πλευρά ενός δωματίου δημιουργήθηκε επιπρόσθετα από την υγρασία μια αντιαισθητική εικόνα (μούχλα). Στον κάθετο λευκό τοίχο η ψηφιακή φωτογραφία δεν είναι σε θέση να αποκαλύψει την έκταση του προβλήματος. Με τη βοήθεια της θερμοκάμερας παρατηρείται ότι σε όλη σχεδόν την επιφάνεια του υπάρχει υγρασία.

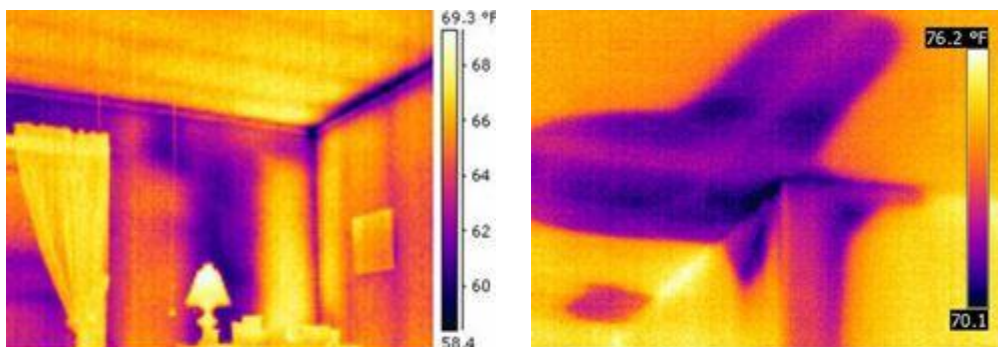
Ο συνδυασμός αυτός της υγρασίας και της μούχλας προκαλεί ένα αίσθημα δυσφορίας στους ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται σε αυτόν.



**Εικόνα 2.40:** Υγρασία σε εσωτερικό χώρο

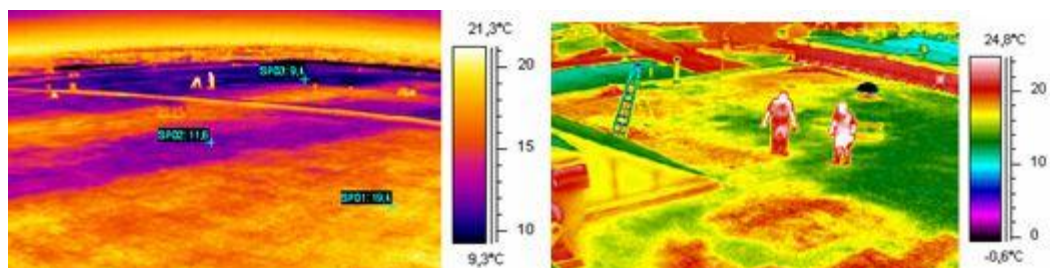
Υπάρχει υγρασία στη γωνία, στην ένωση των τοίχων και πάνω από το παράθυρο. Στα σημεία αυτά η θερμοκρασία είναι μικρότερη σε σχέση με τα σημεία της υπόλοιπης τοιχοποιίας διότι η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού βοηθά ώστε να γίνονται πιο αργά οι μεταβολές της θερμοκρασίας σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά. Έτσι κατά τις πρωινές ώρες που πάρθηκε η φωτογραφία το νερό διατηρεί ακόμα χαμηλή τη θερμοκρασία του ενώ η τοιχοποιία έχει απορροφήσει θερμότητα από την ακτινοβολία του ήλιου.





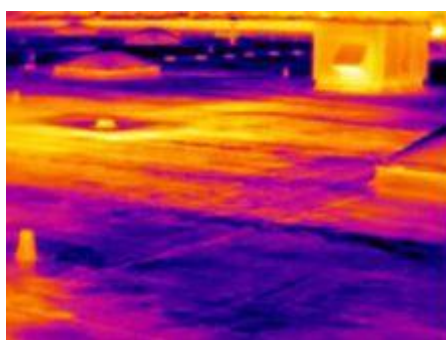
**Εικόνα 2.41:** Διαρροή σε στέγη (πηγή fluke.com)

Η συμπύκνωση είναι εσωτερικό κυρίως φαινόμενο γι' αυτό και εμφανίζεται πολύ συχνά στην εσωτερική παρειά του τοίχου. Σε αυτή την εικόνα η υγρασία έχει εξαπλωθεί στους τοίχους και την οροφή του δωματίου και εμφανίζεται με χαμηλότερη θερμοκρασία (μοβ χρώμα).



**Εικόνα 2.42:** Υγρασία σε στέγη

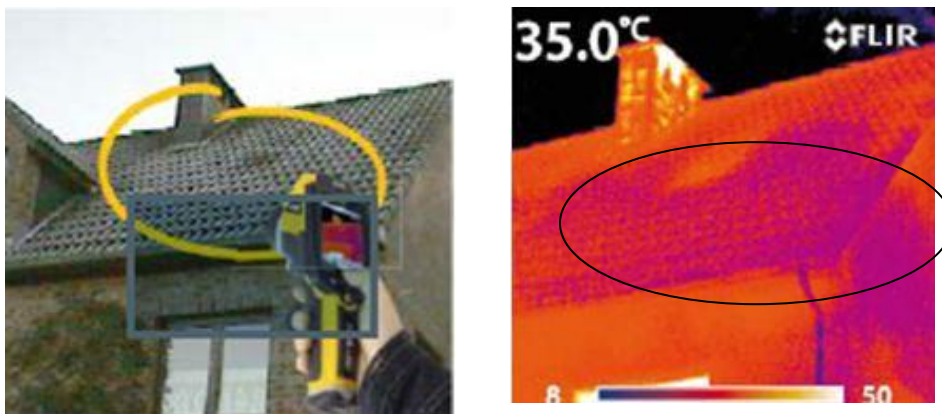
Είσοδος νερού στη μόνωση επίπεδης στέγης ενός σούπερ-μάρκετ. Η υγρασία πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι η μονωτική επίστρωση της στέγης είχε ρωγμές και δεν κατάφερε να συγκρατήσει το νερό της βροχής ώστε να μην εισέλθει προς το κτίριο.



**Εικόνα 2.43:** Διαρροή σε στέγη

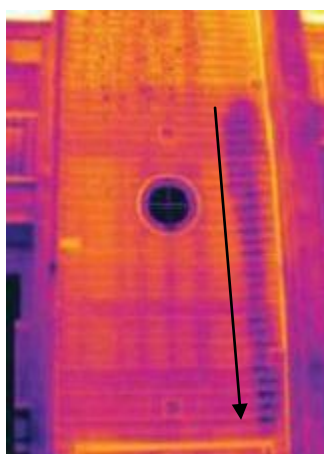
Όπως και στην προηγούμενη εικόνα νερό εισήλθε κάτω από τη μονωτική στρώση και εισχώρησε στο κέλυφος της κατασκευής. Η φωτογραφία πάρθηκε κατά τις μεσημεριανές ώρες για αυτό και οι περιοχές που συγκρατούν περισσότερο νερό

εμφανίζεται με μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με τις υπόλοιπες (κίτρινες περιοχές)



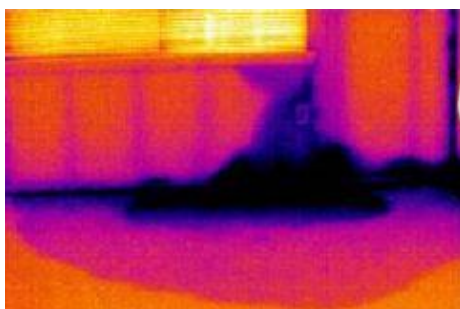
**Εικόνα 2.44:** Υγρασία σε κεραμίδια

Από τη φωτογραφία που πάρθηκε με τη θερμοκάμερα φαίνονται πιο ψυχρές περιοχές που αποκαλύπτουν ότι τα κεραμίδια της οροφής έχουν συγκρατήσει υγρασία. Χωρίς τη θερμοκάμερα το πρόβλημα δεν θα ήταν εμφανές. Σε άλλη περίπτωση θα έπρεπε να καταστραφεί η στέγη προκειμένου να βρεθεί το πρόβλημα.



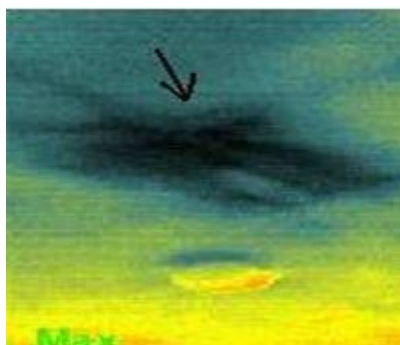
**Εικόνα 2.45:** Υγρασία από διαρροή

Η υπέρυθρη εικόνα αυτής της τριώροφης οικίας με πλευρικές επενδύσεις βινυλίου δείχνει ξεκάθαρα τη διαδρομή μιας σοβαρής διαρροής από ένα πλυντήριο που βρίσκεται στον τρίτο όροφο, η οποία είναι τελείως κρυμμένη μέσα στην τοιχοποιία



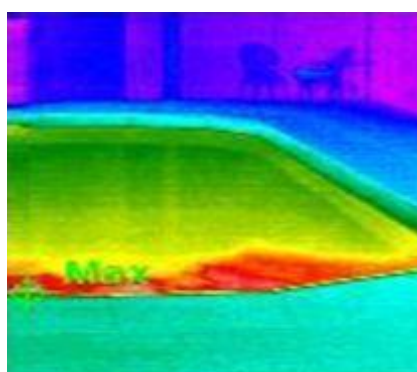
**Εικόνα 2.46:** Υγρασία μέσα σε τοίχο

Η εσφαλμένα τερματισμένη και στεγανοποιημένη επένδυση από πέτρα σε κούφωμα παραθύρου και η μη τοποθέτηση γείσου είχε ως αποτέλεσμα τη διείσδυση υγρασίας τόσο μέσα στην κοιλότητα του τοίχου όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του κατοικήσιμου χώρου



**Εικόνα 2.47:** Διαρροή κάτω από μπάνιο

Συχνό φαινόμενο είναι η υγρασία στο πάτωμα κάτω από υγρούς χώρους (μπάνιο κτλ) που οφείλεται είτε σε διαρροή από σωλήνα είτε σε απορρόφηση νερού από τα δομικά υλικά.



**Εικόνα 2.48:** Διαρροή θερμού υγρού στην πισίνα

Λόγω της διαφοράς της θερμοκρασίας του θερμού υγρού που διέρρευσε στην πισίνα παρατηρούνται θερμότερες περιοχές (κόκκινο χρώμα) στα σημεία όπου εξαπλώθηκε.

### 2.2.9 Ιδανικές συνθήκες για θερμογράφιση

Για να μπορέσουν να εμφανιστούν τα παραπάνω φαινόμενα μέσω της θερμοκάμερας χρειάζεται να πληρούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- καθαρός ουρανός
- έντονη ηλιακή ακτινοβολία
- ασθενείς άνεμοι
- η θερμοκρασία εδάφους να είναι πάνω από 0 °C
- κατά την νυχτερινή θερμογράφιση δεν θα πρέπει να υπάρχουν σύννεφα (γιατί αντανακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία)
- η θερμογράφιση να γίνεται όταν ο ρυθμός μεταβολής της θέρμανσης ή της ψύξης είναι μεγάλος δηλαδή είτε νωρίς το πρωί είτε αμέσως μετά την δύση του ηλίου.

Πρέπει επίσης να ακολουθούνται οι παρακάτω διαδικασίες όσον αφορά το υλικό που προτίθεται να θερμογραφηθεί:

- καθαρισμός της επιφάνειας από χαλαρά υλικά
- να μην γίνεται έλεγχος σε επιφάνειες με νερό πάγο ή χιόνι.
- Οι υγρές επιφάνειες να στεγνώσουν επί τουλάχιστον ένα εικοσιτετράωρο (εκτός των περιπτώσεων ανίχνευσης νερού μέσα στα υλικά)

### 2.2.10 Συμπεράσματα

Η θερμογραφία είναι ένα πολύτιμο, δια μη καταστροφής, εργαλείο του μηχανικού για τη μελέτη των κατασκευών, όπου σε κακοτεχνίες που παρουσιάζονται πολύ συχνά δεν είναι εφικτή μία ασφαλής προσέγγιση της ποιότητάς τους.

Στην παρούσα εργασία διαπιστώνεται ότι η θερμογραφία έχει άριστες εφαρμογές τόσο στη μελέτη της θερμικής θωράκισης των κτιρίων, όσο και στην ανίχνευση σημείων μεγάλων απωλειών θερμότητας, την αναγνώριση διαφόρων τύπων υλικών, την ανίχνευση αγωγών μέσα στα υλικά, την ανίχνευση νερού μέσα στα υλικά αλλά και τον εντοπισμό ανωμαλιών κάτω από την επιφάνεια των υλικών .









## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Θερμογέφυρες



Ως θερμογέφυρες ορίζονται τα μέρη εκείνα του περιβλήματος του κτιρίου, που είναι ανεπαρκώς ή καθόλου θερμομονωμένα, και ως εκ τούτου παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση στη ροή της θερμότητας σε σχέση με το υπόλοιπο κέλυφος. Κατά συνέπεια, στη θέση εκείνη η θερμική ροή είναι αυξημένη λειτουργώντας επιβαρυντικά στη θερμική προστασία.

Σε κάθε περίπτωση λειτουργούν επιβαρυντικά επηρεάζοντας την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου, ενώ ευνοούν την εκδήλωση του φαινομένου της συμπύκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων. Για το λόγο αυτό οι θερμογέφυρες θεωρούνται ως τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού κελύφους.

### 3.1 Αιτίες δημιουργίας

Θερμογέφυρες μπορούν να δημιουργηθούν λόγω κατασκευαστικών αδυναμιών, κακοτεχνιών, αστοχιών, αμέλειας και παραλείψεων, άγνοιας ή φθοράς της θερμομονωτικής στρώσης με την πάροδο του χρόνου.

Εκτενέστερα η εμφάνιση μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται:

- Σε κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής.
- Στη μεταβολή του πάχους των υλικών μεταξύ δύο γειτονικών θέσεων.
- Στην αλλαγή της σύνθεσης των υλικών (χρήση στο περίβλημα του κτιρίου υλικών με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα) ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης).
- Στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος.
- Στη συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη.
- Στην απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή στη μείωση του πάχους της.
- Στη διαφορά μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, όπως συμβαίνει σε δίεδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, στο εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδόν εσωτερικής επιφάνειας.

### 3.2 Σημεία εμφάνισης

Πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό όχι κατ' ανάγκη επειδή δεν θα έχει εκπονηθεί η απαραίτητη μελέτη θερμικής προστασίας ή επειδή δεν θα έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας συμβατικός τρόπος δόμησης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει.

Συγκεκριμένα παρουσιάζονται:

- Σε αμόνωτα στοιχεία από μπετόν: δοκάρια – κολόνες – τοιχία.
- Σε σημεία επαφής τοιχοποιίας – στοιχείου μπετόν όπου παρά τη θερμομόνωσή τους δεν μπορεί κατασκευαστικά να επιτευχθεί συνέχεια των θερμομονωτικών στρώσεων.
- Στις γωνίες τοίχου – τοίχου, τοίχου – οροφής.
- Γύρω από κουφώματα
- Σε πρέκια και σενάζ
- Σε περιπτώσεις που οι θερμομονωτικές πλάκες τοποθετούνται έτσι ώστε να μένουν αρμοί μεταξύ τους.

- Σε τομές των πλακών και των εσωτερικών τοίχων με το εξωτερικό περίβλημα.

Πολύ δύσκολες είναι οι περιπτώσεις ταράτσας και μπαλκονιού.

### 3.3 Προβλήματα

Οι εμφάνιση θερμογεφυρών παρουσιάζει τα εξής προβλήματα:

- Λόγω της πολλαπλάσιας θερμοπερατότητας τους σε σχέση με τις μονωμένες επιφάνειες οι θερμογέφυρες αποτελούν μια υπολογίσιμη και συνεχή σπατάλη ενέργειας. Οι απώλειες ενέργειας μάλιστα είναι δυσανάλογα μεγάλες σε σχέση με το μικρό ποσοστό των θερμογεφυρών στην επιφάνεια του εξωτερικού περιβλήματος.
- Αυξάνουν κατακόρυφα τον κίνδυνο δημιουργίας επιφανειακής και κρυφής συμπύκνωσης και της δημιουργία μούχλας. Δημιουργούν ψυχρές εσωτερικές επιφάνειες των οποίων η θερμοκρασία πέφτει εύκολα κάτω από το σημείο δρόσου του εσωτερικού αέρα με αναπόφευκτη συνέπεια τη συμπύκνωση υδρατμών. Η συμπύκνωση υδρατμών αποτελεί και τη βασική προϋπόθεση για ανάπτυξη μούχλας. Η μούχλα θεωρείται ότι χρονίως προκαλεί ή βοηθάει στην πρόκληση ρινίτιδας, ιγμορίτιδας και άσθματος για το λόγο αυτό χρειάζονται περισσότερη συντήρηση αφού αποτελούν περιοχές ρύπανσης.
- Η υγρασία δρόσου μειώνει επίσης τη θερμομονωτική ικανότητα των δομικών στοιχείων αφού παραμένει μέσα στους πόρους και στις κυψέλες των θερμομονωτικών υλικών ευνοώντας έτσι και την ανάπτυξη φυτοφυΐας και την παραμονή μικροοργανισμών μέσα στα υλικά, κυρίως όταν συνοδεύεται από υψηλή θερμοκρασία.
- Δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας στους ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται σ' έναν υγρό χώρο.
- Δημιουργεί αντιαισθητική εικόνα στο χώρο (μούχλα).
- Μπορούν να προκαλέσουν μείωση της θερμικής άνεσης με δημιουργία κρύων ρευμάτων.
- Τέλος, μπορούν να προκαλέσουν και δομικές βλάβες λόγω διαφορικών συστολοδιαστολών, υγρασίας και μούχλας.

### 3.4 Τρόποι αναγνώρισης υγρασίας δρόσου

Θα πρέπει κανείς να έχει υπόψη του τα βασικά χαρακτηριστικά διάκρισής της υγρασίας που οφείλεται στη δρόσο ώστε να μην υπάρχει σύγχυση με την υγρασία που

οφείλεται σε άλλα αίτια όπως είναι η υγρασία εδάφους ή βροχής, ή υγρασία που οφείλεται σε φθορές των σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης κ.τ.λ.

Η υγρασία που οφείλεται στη δρόσο διακρίνεται από τις άλλες μορφές υγρασίας από τον τρόπο εμφάνισης της ο οποίος :

- Είναι κατά κανόνα παροδικό και περιοδικό φαινόμενο.
- Σε τοίχους κατασκευασμένους από τα ίδια υλικά εκτείνεται σε όλη την επιφάνειά τους, ενώ σε τοίχους από διαφορετικά υλικά (π.χ πλίνθους και πέτρες) προσβάλλει κατ' αρχήν τις θέσεις με τα βαρύτερα και πλέον συμπαγή υλικά (πέτρες, σκυρόδεμα κ.τ.λ.) ή τις θέσεις με τα ψυχρότερα υλικά (υαλοπίνακες παραθύρων) και δυσκολότερα τις θέσεις, στις οποίες βρίσκονται ελαφρά υλικά (πλίνθοι, κονιάματα, κισσηροδέματα κ.τ.λ.).
- Η προσβολή δεν προχωρεί σε βάθος στο δομικό στοιχείο, αλλά παραμένει επιφανειακή σε αντίθεση με άλλες μορφές υγρασίας.
- Είναι φαινόμενο του εσωτερικού χώρου, γι' αυτό και εμφανίζεται στην εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου.

Η υγρασία συμπύκνωσης εμφανίζεται στις κατασκευές άλλοτε ως ένα μεμονωμένο φαινόμενο και άλλοτε σε συνδυασμό με άλλες μορφές υγρασίας. Στη δεύτερη περίπτωση της συνδυασμένης εμφάνισης δύο ή περισσότερων μορφών υγρασίας τα αίτια της καθεμιάς μπορεί να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, μπορεί όμως να είναι και αλληλένδετα και πιθανόν η εξάλειψη της μιας μορφής υγρασίας να επιφέρει την εξάλειψη και της άλλης.

Έτσι, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που η υγρασία εδάφους, εξατμιζόμενη από τα δομικά στοιχεία προς τον εσωτερικό χώρο, εμπλουτίζει τον αέρα με υδρατμούς, οι οποίοι στη συνέχεια επικάθονται λόγω συμπύκνωσης στις ψυχρές επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Εξάλειψη της υγρασίας εδάφους θα εξυγιάνει το χώρο και από την υγρασία συμπύκνωσης.

Αλλά και ένας υγρός από τη βροχή τοίχος μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση στην εσωτερική του επιφάνεια, όταν αυτή ψυχθεί λόγω άντλησης από τον τοίχο της απαιτούμενης ποσότητας θερμότητας για την εξάτμιση του νερού της βροχής (η εξάτμιση είναι ενδόθερμη αντίδραση).

Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με μια ψυχρή επιφάνεια χάνει μέρος της θερμότητάς του και ψύχεται. Με την πτώση της θερμοκρασίας του μειώνεται και η δυνάμενη να συγκρατηθεί ποσότητα υδρατμών (Cs). Συνεπώς, η τιμή της σχετικής του υγρασίας αυξάνεται, χωρίς ωστόσο να προστίθενται στον όγκο του επιπλέον υδρατμοί, χωρίς δηλαδή να μεταβάλλεται η απόλυτη τιμή της περιεχόμενης υγρασίας του.

Αν ο αέρας ψυχθεί τόσο, ώστε η θερμοκρασία του να πέσει κάτω από το σημείο δρόσου, τότε παρατηρείται επιφανειακή συμπύκνωση (δρόσος). Επομένως, για να μη σχηματισθεί συμπύκνωση στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων ενός χώρου, πρέπει οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες ( $\theta_{ie}$ ) να είναι υψηλότερες της θερμοκρασίας δρόσου του αέρα για τη δεδομένη τιμή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του χώρου ( $\theta_s$ ).

Πρέπει, δηλαδή, να ισχύει η σχέση:

$$\theta_{ie} > \theta_s \quad (3)$$

Συμπύκνωση όμως μπορεί να εκδηλωθεί και αν αυξηθεί η σχετική υγρασία του χώρου όχι με πτώση της θερμοκρασίας, αλλά με αύξηση της υγρασίας, δηλαδή με αύξηση της εμπιερχόμενης ποσότητας υδρατμών στο χώρο, όπως για παράδειγμα με την αναπνοή, καθώς ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών από τον εισπνεόμενο.

Ομοίως, επιπλέον υδρατμοί παράγονται με το βρασμό νερού στο χώρο μιας κουζίνας. Εξατμίζεται τότε το νερό από το μαγειρικό σκεύος και οι παραγόμενοι υδρατμοί εμπλουτίζουν τον αέρα με πρόσθετη ποσότητα υγρασίας (υδρατμών), που ανεβάζουν το επίπεδο της σχετικής υγρασίας. Το ίδιο συμβαίνει και σε ένα μπάνιο κατά τη χρήση του ζεστού νερού.

Με δύο τρόπους, επομένως, μπορεί να σχηματισθεί συμπύκνωση:

- Με πτώση της θερμοκρασίας του αέρα και άρα μείωση της δυνάμενης να συγκρατηθεί ποσότητας υδρατμών.
- Με αύξηση της περιεχόμενης ποσότητας υδρατμών για την ίδια τιμή θερμοκρασίας του αέρα.

### 3.5 Τρόποι αντιμετώπισης

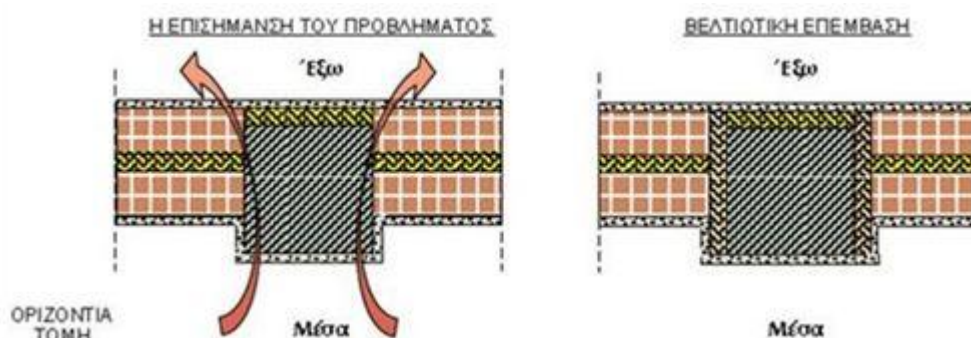
Είναι σκόπιμο οι θέσεις των θερμογεφυρών να προσδιορίζονται εξ αρχής σε ένα κτίριο, δηλαδή από το στάδιο της κατασκευής του, έτσι ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την κατά το δυνατόν αποφυγή ή περιορισμό των επιπτώσεών τους.

Η εκ των υστέρων αντιμετώπισή τους συχνά είναι δυσχερής και απαιτεί πιο σύνθετες οικοδομικές εργασίες που αποθαρρύνουν την εφαρμογή τους. Άλλοτε πάλι λανθασμένη εκτίμηση του αιτίου πρόκλησης των φθορών ή λανθασμένη προσέγγιση του προβλήματος οδηγεί σε εσφαλμένες λύσεις που όχι μόνο δεν αντιμετωπίζουν την κατάσταση, αλλά αντίθετα, την επιδεινώνουν.

Δίνονται παρακάτω οι πιο αντιπροσωπευτικοί τύποι θερμογεφυρών και προτείνονται απλές οικοδομικές επεμβάσεις για την εξάλειψη ή τον περιορισμό της επίδρασής τους

### 3.5.1 Σημείο σύνδεσης στοιχείων φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης

Πρόκειται για τις θέσεις, στις οποίες η τοιχοποιία πλήρωσης συναντά τα φέροντα στοιχεία του σκελετού (δοκάρια, υποστυλώματα, τοιχία). Στην περίπτωση αυτή είτε παρατηρείται διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης είτε απουσία θερμομονωτικής στρώσης.



**Σχήμα 3.1:** Θερμογέφυρα στο σημείο σύνδεσης φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης

Η θερμομονωτική στρώση στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού συνήθως είναι τοποθετημένη στην εξωτερική όψη, ενώ στην τοιχοποιία πλήρωσης, που κατά κανόνα είναι δικέλυφη, βρίσκεται στον πυρήνα. Η απόσταση μεταξύ των δύο θερμομονωτικών στρώσεων αποτελεί θερμογέφυρα.

Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί, αν τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού θερμομονωθούν όχι μόνον από την κύρια όψη αλλά και πλευρικά, ώστε η θερμομονωτική τους στρώση να συναντά τη θερμομονωτική στρώση της τοιχοποιίας.

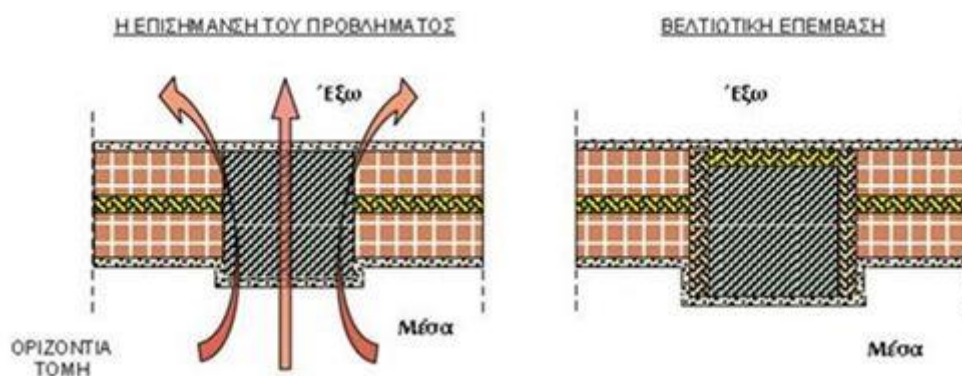
### 3.5.2 Απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία φέροντος οργανισμού

Αν και η θερμομονωτική προστασία όλων των εξωτερικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού είναι απαραίτητη, μερικοί κατασκευαστές δεν τηρούν τις υποχρεώσεις αυτές. Αυτό δεν συμβαίνει πάντα για λόγους οικονομίας, αλλά προκειμένου να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση των εσωτερικών επιφανειών των φερόντων στοιχείων με αυτές της τοιχοποιίας πλήρωσης, ώστε να μη σχηματίζεται το γνωστό αντιαισθητικό "γόνο" στην επιφάνεια του τείχους, που χαλάει τη συνέχεια του.



Θα μπορούσε βέβαια αυτό να αποφευχθεί αν διαπλατυνόταν η τοιχοποιία πλήρωσης, αυξάνοντας το πάχος της κατά 5 με 8 cm, ώστε η εσωτερική της επιφάνεια να ευθυγραμμισθεί με αυτήν των δοκαριών και των τοιχίων. Μια τέτοια λύση όμως περιορίζει –έστω και ελάχιστα– τον ωφέλιμο εσωτερικό χώρο. Λειτουργεί όμως η αισθητική και η κακώς νοούμενη οικονομία χώρου σε βάρος της θερμομονωτικής προστασίας και της ποιότητας της κατασκευής.

Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί με το αυτονόητο, με τη θερμομονωτική προστασία των στοιχείων του φέροντος οργανισμού.



**Σχήμα 3.2:** Θερμογέφυρα λόγω απουσίας θερμομόνωσης σε στοιχείο του φέροντος οργανισμού.

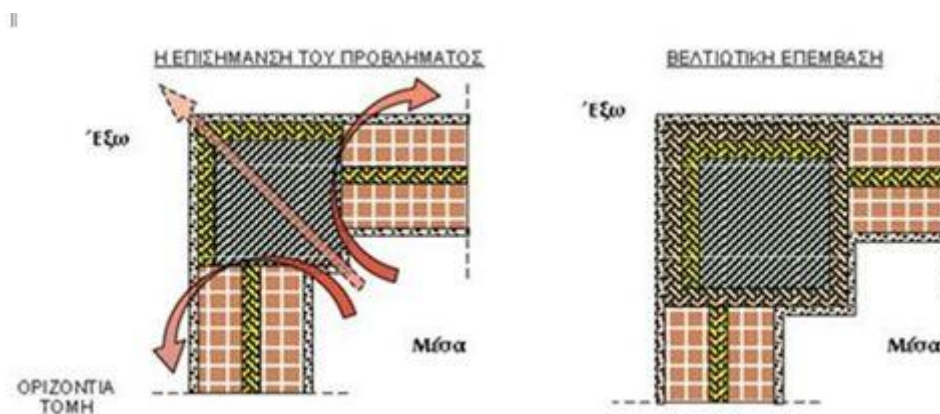
### 3.5.3 Διαφορά εμβαδού εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας γωνιακών δομικών στοιχείων

Συμπεριφορά θερμογέφυρας, παρουσιάζουν επίσης και τα γωνιακά δομικά στοιχεία, κυρίως υποστυλώματα, ακόμη και αν είναι θερμομονωμένα και από τις δύο ελεύθερες όψεις τους.

Στην περίπτωση αυτή η εσωτερική γωνιακή επιφάνεια είναι πολύ μικρότερη της εξωτερικής αντιδιαμετρικής της και οι αντίστοιχες ροές θερμότητας είναι αυξημένες, προκειμένου να καλυφθούν οι θερμικές απώλειες από τη μεγάλη εξωτερική επιφάνεια.

Βέβαια, η περίπτωση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως θερμογέφυρα μόνο με την ευρεία έννοια του όρου, καθώς η θερμομονωτική προστασία του δομικού στοιχείου δεν είναι κατ' ανάγκη μειωμένη.

Ακόμη και μια ισχυρή αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης, μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση, όμως οι απώλειες θερμότητας δεν θα πάντως να είναι αυξημένες.

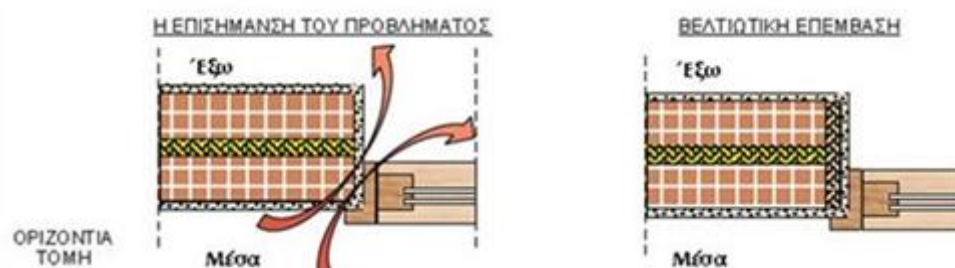


**Σχήμα 3.3:** Θερμογέφυρα λόγω διαφοράς εμβαδού εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας ενός γωνιακού δομικού στοιχείου.

### 3.5.4 Παραστάδες και τα υπέρθυρα των ανοιγμάτων

Στις περισσότερες κατασκευές η θερμομονωτική στρώση στις δικέλυφες τοιχοποιίες βρίσκεται στον πυρήνα, και στα φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος στην εξωτερική τους πλευρά, ενώ τα κουφώματα που συμπληρώνουν τα ανοίγματα συνήθως τοποθετούνται "πρόσωπο" με την εσωτερική επιφάνεια. Αφήνουν έτσι ουσιαστικά τις παραστάδες (λαμπάδες) και τα υπέρθυρα (πρέκια) μέχρι τη θέση του κουφώματος θερμικά απροστάτευτα, δημιουργώντας θερμογέφυρες.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης περιμετρικά του ανοίγματος, δηλαδή στις παραστάδες, στα υπέρθυρα και στις ποδιές των παραθύρων.



**Σχήμα 3.4:** Θερμογέφυρα στους παραστάδες των κουφωμάτων

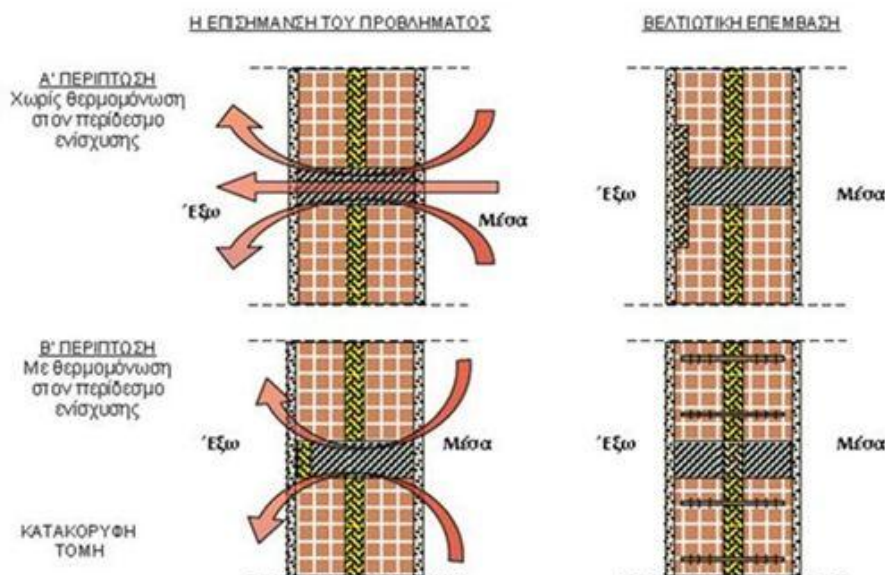
### 3.5.5 Περίδεσμοι ενίσχυσης

Θερμογέφυρες εμφανίζονται στη θέση των περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ) κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν που εκδηλώνονται στις τοιχοποιίες. Είτε δηλαδή στερούνται πλήρως της θερμομονωτικής προστασίας είτε υπάρχει μεν θερμομονωτική στρώση,

αλλά αυτή στην εξωτερική θέση που βρίσκεται δεν αποτελεί συνέχεια της θερμομονωτικής στρώσης ανάμεσα στα δύο κελύφη των οπτόπλινθων.

Οι επιπτώσεις όμως μπορούν να περιορισθούν, αν η θερμομονωτική στρώση δεν περιορισθεί μόνο στο ύψος του περιδέσμου, αλλά επεκταθεί κατά 10 με 20 cm περίπου εκατέρωθεν αυτού προς το μέρος των οπτόπλινθων. Μπορεί επίσης να κατασκευασθούν διαφορετικοί περιδέσμοι ενίσχυσης σε κάθε κέλυφος και η στρώση της θερμομόνωσης να μη διακοπεί.

Μεταξύ τους δε οι τοιχοποιίες μπορούν να "δεθούν" με μεταλλικά ελάσματα που θα διέρχονται από τη θερμομονωτική στρώση και θα εκτείνονται σε όλο το πάχος του τοίχου.



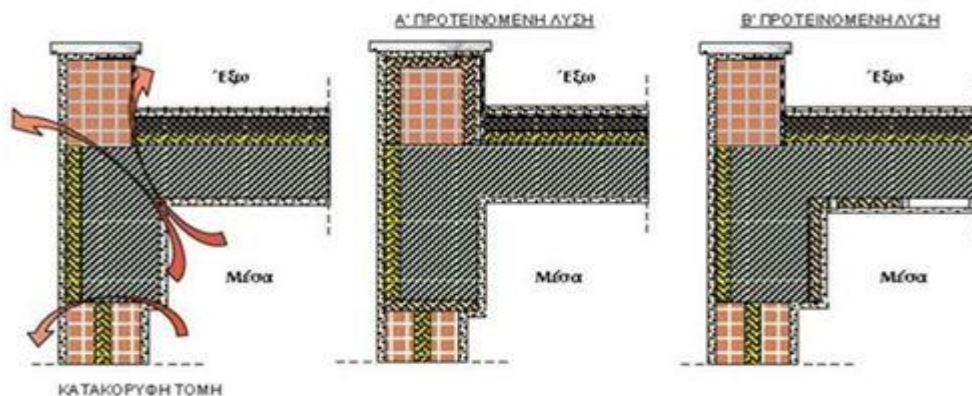
Σχήμα 3.5: Θερμογέφυρα στον περιδέσμο ενίσχυσης (σενάζ)

### 3.5.6 Απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων

Συχνά στις απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων για κατασκευαστικούς λόγους παρεμποδίζεται η πλήρης θερμομονωτική προστασία του κελύφους και διακόπτεται η συνέχεια της θερμομονωτικής στρώσης, δημιουργώντας στις θέσεις αυτές θερμογέφυρα.

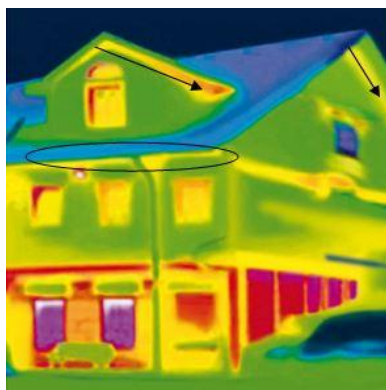
Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελούν τα στηθαία στα δώματα των κτιρίων. Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με δύο τρόπους:

- Με εξωτερική περιμετρική θερμομονωτική προστασία του στηθαίου. Η λύση αυτή εξαλείφει πλήρως τη θερμογέφυρα, όμως πλησιάζει "στα όρια της υπερβολής".
- Με πρόσθετη θερμομόνωση στις εσωτερικές γωνίες στις θέσεις που η κατακόρυφη τοιχοποιία συναντά την οροφή. Αυτή εκτείνεται κατά μήκος της δοκού στο κάτω μέρος της οροφής σε μια λωρίδα πλάτους περίπου 30 με 40 cm. Η λύση αυτή είναι προτιμότερη τόσο λόγω μειωμένου κόστους, όσο και λόγω ευκολίας της κατασκευής.



**Σχήμα 3.5:** Θερμογέφυρα στο στηθαίο δώματος με δύο προτεινόμενες βελτιωτικές επεμβάσεις

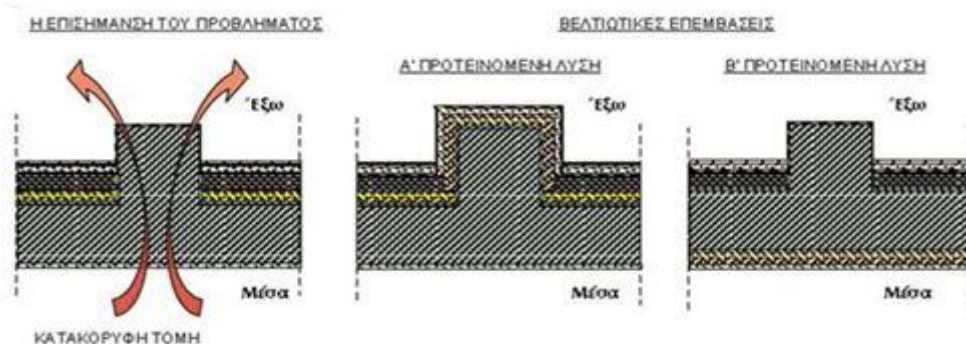
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παρακάτω κατασκευή στην οποία φαίνεται η θερμογέφυρα που δημιουργείται στην ένωση της στέγης με την τοιχοποιία τόσο στη σοφίτα όσο και στον 1<sup>ο</sup> όροφο. Η απόληξη της στέγης παρεμποδίζει την πλήρη θερμομονωτική προστασία καθώς διακόπτεται η θερμομονωτική στρώση της τοιχοποιίας.



**Εικόνα 3.1:** Απολήξεις εξωτερικού δομικού στοιχείου

Ίδιο είναι το πρόβλημα και κατ' επέκταση και η αντιμετώπισή του, όταν στο δάμα διαμορφώνονται αντεστραμμένα δοκάρια που προεξέχουν προς τα επάνω ή διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής στο κτίριο.





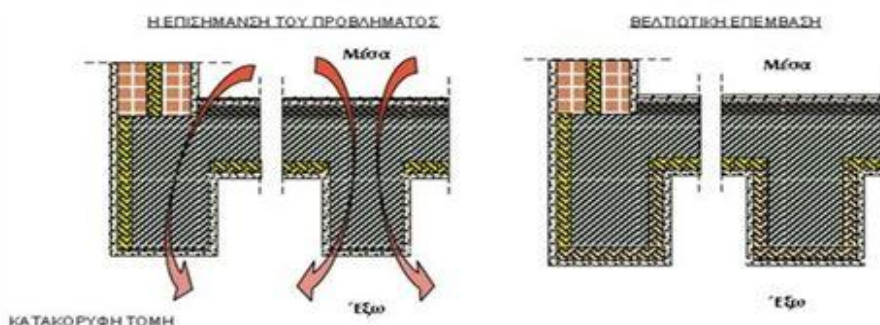
Σχήμα 3.6: Θερμογέφυρα σε αντεστραμμένο δοκάρι στο δώμα

### 3.5.7 Θέσεις δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής

Συμβαίνει, συχνά –από μια κακώς νοούμενη οικονομία και πέρα από τα προβλεπόμενα στη μελέτη θερμομόνωσης– τα δοκάρια στα υπόγεια και στις πιλοτές να παραμένουν θερμικά απροστάτευτα, παρουσιάζοντας έτσι μεγάλες θερμικές απώλειες.

Το πρόβλημα οφείλει να αντιμετωπίζεται από τη φάση της κατασκευής με κατάλληλη περιμετρική θερμομονωτική προστασία των δοκών, δηλαδή με την τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης και από τις τρεις όψεις της δοκού. Μάλιστα, ιδιαίτερα πρόσφορες για μια τέτοια κατασκευή είναι οι πλάκες ξυλλόμαλου, απλές ή τύπου «σάντουιτς» με ενδιάμεση στρώση αφρώδους υλικού, που μπορούν οι ίδιες να χρησιμεύσουν και ως ξυλότυποι του σκυροδέματος.

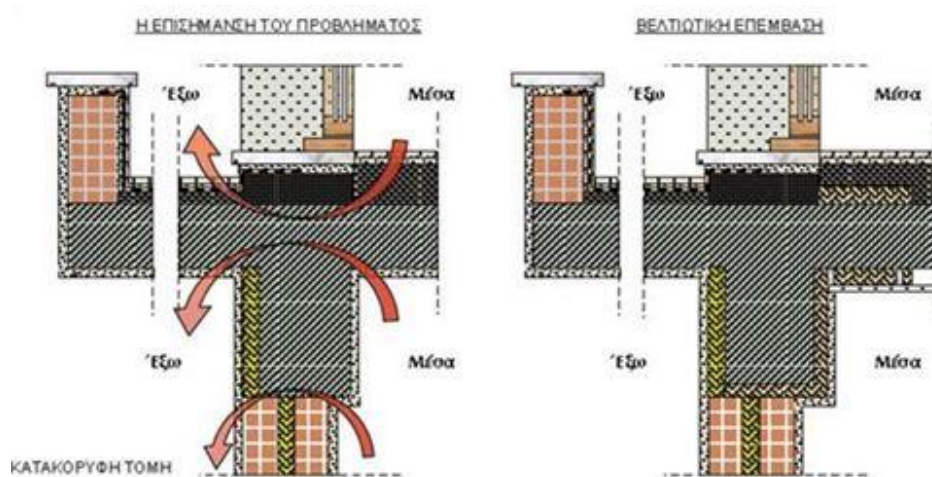
Σε υφιστάμενη κατασκευή η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί εκ των υστέρων περιμετρικά και για λόγους προστασίας να καλυφθεί με γυψοσανίδες ή τσιμεντοσανίδες.



Σχήμα 3.7: Θερμογέφυρα στα περιμετρικά και ενδιάμεσα δοκάρια του υπογείου και της πιλοτής

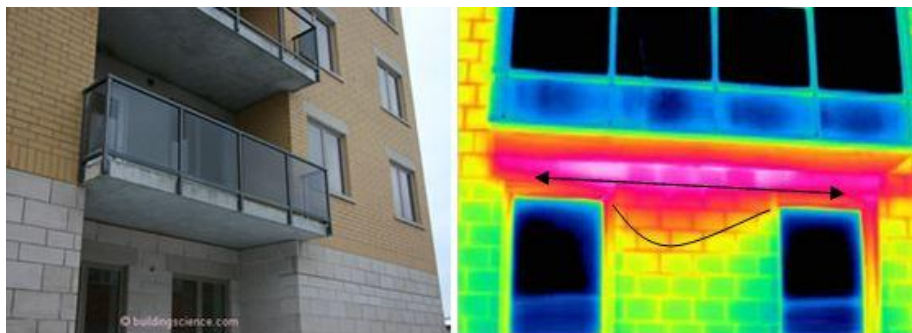
### 3.5.8 Προέκταση φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται κυρίως οι πρόβολοι και τα προστεγάσματα, που αποτελούν κατασκευαστική προέκταση της διαχωριστικής φέρουσας πλάκας μεταξύ των ορόφων και εκτείνονται έξω από τον κύριο όγκο του κτιρίου. Τη θερμογέφυρα αποτελεί ο ίδιος ο πρόβολος που, προεξέχοντας, διακόπτει τη θερμομονωτική προστασία των κατακόρυφων δομικών στοιχείων τόσο των φερόντων, όσο και των στοιχείων πλήρωσης.



**Σχήμα 3.8:** Θερμογέφυρα στον πρόβολο ως επέκταση της φέρουσας πλάκας.

Η θερμομόνωση του προβόλου μπορεί σε θεωρητικό επίπεδο να γίνει περιμετρικά, αλλά μια τέτοια κατασκευή μπορεί μεν να αντιμετωπίζει το πρόβλημα της θερμικής γεφύρωσης, θεωρείται όμως μάλλον υπερβολική. Έτσι, είναι προτιμότερο τόσο το δάπεδο του υπερκείμενου ορόφου, όσο και η οροφή του υποκείμενου να δεχθούν μια ενισχυτική συμπληρωματική θερμομονωτική προστασία κατά μήκος του προβόλου και σε πλάτος προς το εσωτερικό του κτιρίου περίπου 30 με 50 cm (λωρίδα θερμομονωτικής στρώσης). Η λύση αυτή μπορεί να μην εξαλείφει απόλυτα τη θερμογέφυρα, περιορίζει όμως κατά πολύ τη δράση της.



**Εικόνα 3.2:** Θερμογέφυρα λόγω προέκτασης πλάκας

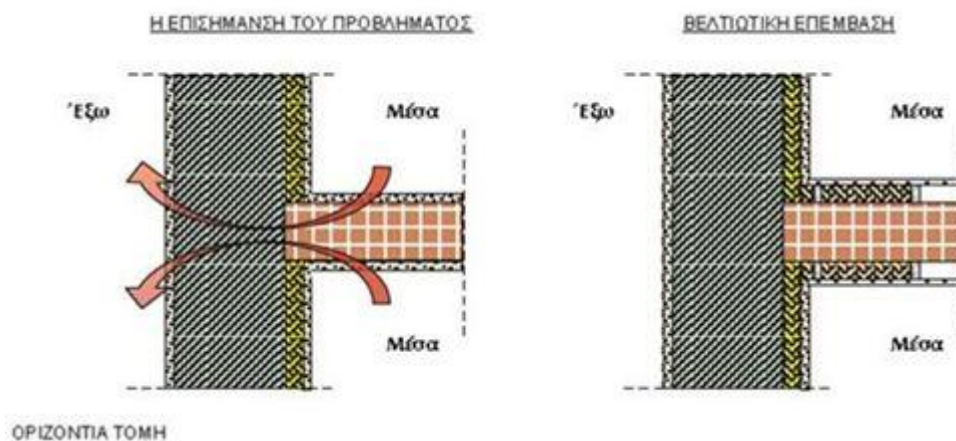
Στην φωτογραφία αυτή φαίνεται η θερμογέφυρα που δημιουργήθηκε λόγω της προβολής της φέρουσας πλάκας που χωρίζει 2 ορόφους. Η θερμομονωτική προστασία της κατακόρυφης τοιχοποιίας διακόπτεται λόγω του προβόλου. Η διακοπή αυτή προκάλεσε και υγρασία που οφείλεται στη δρόσο και η οποία έχει προέκταση προς τα κάτω.

### 3.5.9. Εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο

Το πρόβλημα συνήθως παρουσιάζεται όταν το εξωτερικό κέλυφος θερμομονώνεται από την εσωτερική του πλευρά. Τότε η θερμομονωτική στρώση διακόπτεται από εσωτερικές τοιχοποιίες, μεμονωμένα δοκάρια ή τυχόν άλλα δομικά στοιχεία που συνιστούν εγκάρσια το εξωτερικό κέλυφος.

Εννοείται ότι η θερμογέφυρα μπορεί εξαρχής να αποφευχθεί, αν η θερμομονωτική στρώση τοποθετηθεί εξωτερικά ή στον πυρήνα σε δικέλυφη κατασκευή. Σε περίπτωση όμως που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, μπορεί να θερμομονωθεί το εγκάρσιο δομικό στοιχείο εκατέρωθεν των όψεών του σε μια κατακόρυφη λωρίδα πλάτους 30 με 50 cm, υπολογιζόμενη από το σημείο συνάντησής του με το εξωτερικό κέλυφος.

Με τον τρόπο αυτό δεν εξαλείφεται απόλυτα η θερμογέφυρα, περιορίζεται όμως στο ελάχιστο η επίδρασή της.



**Σχήμα 3.9:** Θερμογέφυρα σε εγκάρσια συναρμογή εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο

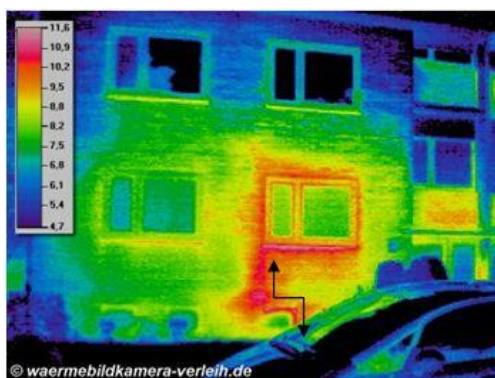
### 3.5.10 Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου

Αποτελεί περίπτωση ανάλογη της προηγούμενης με τη διαφορά ότι οι οπτόπλινθοι της εγκάρσιας τοιχοποιίας καταλήγουν μέχρι την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους, αφήνοντας τις οπές να "βλέπουν" προς τα έξω. Αυτές οι θέσεις των οπών προφυλάσσονται μόνον από το εξωτερικό επίχρισμα και αποτελούν θερμογέφυρες για την κατασκευή.

Μπορούν να εξαλειφθούν, αν πριν την επίχριση της τοιχοποιίας οι οπές πληρωθούν με αφρώδες θερμομονωτικό υλικό (π.χ. αφρό πολυουρεθάνης).

### 3.5.11 Σημεία διέλευσης σωληνώσεων

Σωληνώσεις παντός τύπου, καθώς και καμινάδες και αεραγωγοί που διαπερνούν το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου λειτουργούν ως θερμογέφυρες και αποτελούν ευαίσθητα σημεία στη θερμική προστασία μιας κατασκευής, που δεν είναι δυνατόν πάντοτε να αντιμετωπισθούν.



**Εικόνα 3.3:** Θερμογέφυρα λόγω προέκτασης πλάκας

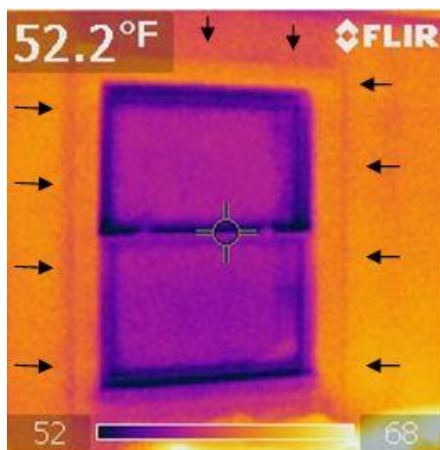
Στη φωτογραφία φαίνεται η διέλευση σωληνώσεως η οποία ξεκινά από κάτω και φτάνει κατακόρυφα στο παράθυρο. Τα σημεία από τα οποία περνά είναι θερμότερα σε σχέση με τα σημεία της υπόλοιπης κατασκευής.

Η καλύτερη λύση είναι η περιμετρική θερμομονωτική προστασία των αγωγών. Ελαχιστοποιείται έτσι η επίδραση της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος στον αγωγό και περιορίζεται η πτώση της θερμοκρασίας του. Ωστόσο, η ίδια η οπή των αεραγωγών δεν παύει να αποτελεί θερμογέφυρα.



### 3.5.12 Τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες

Ευαίσθητα σημεία αποτελούν πολύ συχνά τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες. Καθώς κανένας συμβατικός τοίχος επιχρισμένων οπτόπλινθων στο τελείωμά του δεν σχηματίζει απόλυτη ευθεία, είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης επαφή μεταξύ κάσας του κουφώματος και τοιχοποιίας. Τα κενά που δημιουργούνται κατά την εφαρμογή –άλλοτε ευμεγέθη και άλλοτε σχεδόν αδιόρατα– λειτουργούν πάντα ως θερμογέφυρες.



**Εικόνα 3.4:** Επαφή κασώματος παραθύρου και τοιχοποιίας

Όπως φαίνεται στη υπέρυθρη φωτογραφία παραπάνω η επαφή της κάσας του κουφώματος και της τοιχοποιίας δημιουργεί θερμογέφυρα που αφήνει ροή θερμότητας να διαπεράσει την κατασκευή από μέσα προς τα έξω και αντίστροφα.

Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με την πλήρη κάλυψη των δημιουργούμενων κενών μεταξύ τοιχοποιίας και κάσας του κουφώματος με αφρό πολυουρεθάνης ή με οποιοδήποτε άλλο θερμομονωτικό υλικό που θα εγχυθεί ενδιάμεσα και θα τα φράξει. Οφείλει κατόπιν να καλυφθεί με αρμοκάλυπτρο προκειμένου να αποφύγει την επίδραση της υπεριάδους ηλιακής ακτινοβολίας.

### 3.5.13 Κουτιά περιελισσόμενων περσίδων

Τα επιμήκη κιβώτια στα οποία περιελίσσονται οι περσίδες, τα γνωστά ρολά των εξωστόθυρων και των παραθύρων σχεδόν ποτέ δεν προστατεύονται θερμομονωτικά και αποτελούν σημαντικές θερμογέφυρες.

Η θερμογέφυρα αντιμετωπίζεται με τη θερμομονωτική προστασία του κουτιού, που μπορεί να προβλεφθεί εξαρχής από την κατασκευάστρια εταιρεία ή να πραγματοποιηθεί απευθείας στο έργο. Η θερμομονωτική στρώση θα πρέπει να τοποθετηθεί από την εσωτερική πλευρά και να αγκαλιάσει το κουτί από την επάνω

και κάτω επιφάνειά του και όχι εξωτερικά, διότι ο εσωτερικός χώρος του κουτιού επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω της σχισμής περιέλιξης των περσίδων.

Σε περίπτωση που το κουτί προεξέχει της τοιχοποιίας η θερμομονωτική στρώση μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ του κουτιού και του εσωτερικού κελύφους που σχηματίζουν το πρέκι με τις οπτόπλινθους.

### 3.5.14 Κατασκευαστικά λάθη

Θερμογέφυρες μπορεί να προκαλέσουν σε μια κατασκευή ή κακοτεχνία, η απροσεξία ή η άγνοια. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθεί ένα πλήθος περιπτώσεων λόγω διαφορετικών αιτιών, του ίδιου όμως αποτελέσματος.



**Εικόνα 3.5:** Κακή τοποθέτηση θερμομονωτικής πλάκας

Έτσι, χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της κακής τοποθέτησης κάποιων θερμομονωτικών πλακών σε μια δικέλυφη τοιχοποιία, κατά τρόπο τέτοιο που δεν επιτρέπει την πλήρη επαφή τους με τα δύο κελύφη (απόκλιση από την κατακόρυφο), αφήνοντας ενδιάμεσα διάκενα όπως πολύ χαρακτηριστικά φαίνεται στη υπέρυθρη φωτογραφία παραπάνω.

Κακή επαφή μπορεί να προκληθεί και από απροσεξία κατά την τοποθέτηση της θερμομονωτικής πλάκας, αν παραπέσει μεταξύ αυτής και του κελύφους (οπτοπλινθοδομής) υπόλειμμα συνδετικού κονιάματος ή άλλου υλικού (ξένου σώματος) που θα παρεμποδίζει την πλήρη επαφή και θα κρατά τις δύο στρώσεις σε απόσταση, δημιουργώντας μεταξύ τους κενό.

Ομοίως, θερμογέφυρα μπορεί να προκληθεί σε μια τοιχοποιία λόγω κακής στερέωσης ενός ινώδους θερμομονωτικού υλικού (π.χ. παπλώματος υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα) επάνω στον τοίχο. Αν, για παράδειγμα, ένα πάπλωμα υαλοβάμβακα δεν στερεωθεί με κατάλληλο πλέγμα ή με ειδικά καρφιά (τύπου "Hilti") και απλώς

καρφωθεί υπάρχει ο κίνδυνος λόγω βάρους να "κρεμάσει" και να κατακαθίσει στις χαμηλότερες θέσεις, αφήνοντας κενό στο ανώτερο τμήμα της δικέλυφης τοιχοποιίας.

Γενικός κανόνας για να αποφευχθεί η συμπύκνωση, είναι να διατηρείται η επιφανειακή θερμοκρασία των δομικών στοιχείων σε επίπεδα ανώτερα της θερμοκρασίας δρόσου για τις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του χώρου.

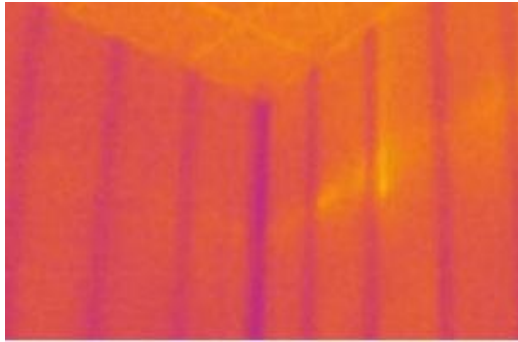
Αξίζει να σημειωθεί ότι στο νέο Κανονισμό για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) που εκδόθηκε στη βάση των απαιτήσεων του νέου νόμου 3661/08 [2] για τη λήψη «μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων» υπάρχει ειδική αναφορά στον εντοπισμό των θερμογεφυρών σε μια κτιριακή κατασκευή με παράθεση σειράς ενδεικτικών θέσεων εμφάνισης θερμογεφυρών και πρακτικών κατασκευαστικών λύσεων αντιμετώπισής τους. Στον κανονισμό δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της επαύξησης των θερμικών απωλειών λόγω θερμογεφυρών στο σύνολο του περιβλήματος του κτιρίου, δεν αναπτύσσεται όμως μεθοδολογία υπολογισμού της επιμέρους απαιτούμενης αυξημένης θερμομονωτικής προστασίας στη θέση κάθε θερμογέφυρας.

Κατασκευαστικό λάθος αποτελεί επίσης η κακή συναρμολόγηση των μεταλλικών πάνελ σε μια κατασκευή. Όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες στις ενώσεις των πάνελ δημιουργήθηκαν κενά στα οποία υπάρχει ροή θερμότητας.



**Εικόνα 3.6:** Συνδεσμολογία μεταλλικών πάνελ

Η παραπάνω υπέρυθη φωτογραφία δείχνει τις ενεργειακές απώλειες (κίτρινες και κόκκινες περιοχές) διαμέσου των συνδέσμων σε μια κατασκευή που αποτελείται από μονωμένα μεταλλικά πάνελ. Αυξημένο είναι το πρόβλημα της θερμογέφυρας στην ένωση των πάνελ με την οροφή.



**Εικόνα 3.7:** Συνδεσμολογία πλαισίων χάλυβα

Τα παραπάνω πλαίσια από χάλυβα δημιουργούν θερμογέφυρες στις ενώσεις μεταξύ τους. Η φωτογραφία πάρθηκε από το εσωτερικό της κατασκευή και δείχνει τη ροή θερμότητας που εισέρχεται λόγω της κακής σύνδεσης των πάνελ.







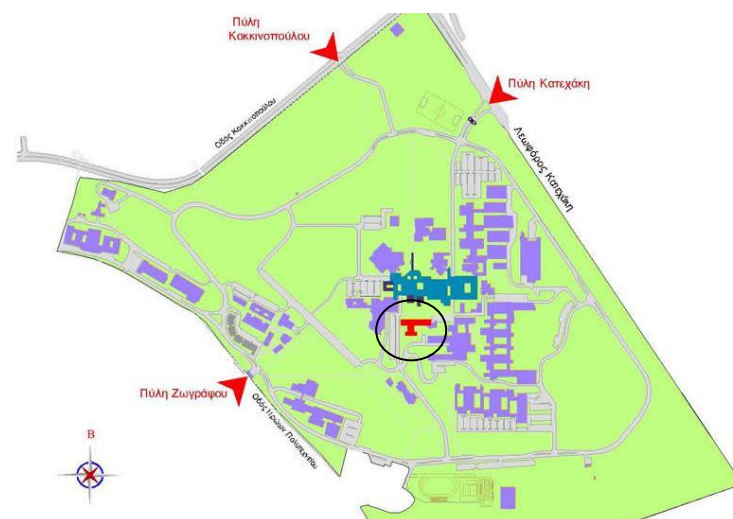
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ενεργειακή Επιθεώρηση



Για τους σκοπούς αυτής της διπλωματικής, επιλέχθηκε η ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου που διαθέτει υπόγειο, ισόγειο, τρεις ορόφους και δώμα. Το κτίριο βρίσκεται στην περιοχή του Ζωγράφου εντός της πολυτεχνειούπολης και κατασκευάστηκε το 1970 (2<sup>ο</sup> σε σειρά αρχαιότητας στην πολυτεχνειούπολη) και προστέθηκε σ' αυτό νέα πτέρυγα το 2006 στην ανατολική πλευρά του κτιρίου.

Το κτίριο στεγάζει γραφεία καθηγητών αλλά κατά κύριο λόγο εργαστήρια έρευνας και εκπαίδευσης. Αρκετοί από αυτούς τους χώρους είναι αχρησιμοποίητοι για μεγάλο χρονικό διάστημα του έτους και κάποιοι άλλοι δεν χρησιμοποιούνται καθόλου. Γενικά το κτίριο λειτουργεί τις εργάσιμες ημέρες του χρόνου από τις πρωινές ώρες μέχρι αργά το βράδυ (7:00-22:00) εξαιρουμένων ορισμένων εργαστηριακών οργάνων που είναι σε λειτουργία όλο το 24-ωρο.

Η κάτοψη της πολυτεχνειούπολης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 4.1:** Κάτοψη Πολυτεχνειούπολης (με κύκλο σημειώνεται το κτίριο Φυσικής)

Το 2006 προστέθηκε στο κτίριο νέα πτέρυγα και αντικαταστάθηκε η καύση πετρελαίου με καύση φυσικού αερίου για την θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας.

#### 4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης

Όσον αφορά στη θέση και στον προσανατολισμό του κτιρίου, αυτό βρίσκεται στα 189 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας με νότιο-νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Για τον προσανατολισμό λαμβάνεται υπόψη η πρόσοψη του κτιρίου. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια τοπογραφικών οργάνων (GPS κλπ), προσδιορίστηκε η ακριβή θέση και ο προσανατολισμός του κτιρίου. Βάση των ενδείξεων των οργάνων, το εν λόγω κτίριο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Γεωγραφικό πλάτος ( $\phi$ ):**  $37^{\circ} 58' 37,32''$  Βόρεια
- **Γεωγραφικό μήκος ( $\lambda$ ):**  $-23^{\circ} 46' 56,82''$  Ανατολικά
- **Αζιμουθιακή γωνία επιφάνειας ( $\gamma$ ):**  $23^{\circ}$  Νότια-νοτιοδυτικά

Στο σύνολο στεγάζει 220 δωμάτια τα οποία καλύπτουν  $7.058,86 \text{ m}^2$ . Συγκεκριμένα συναντώνται 57 δωμάτια στο υπόγειο ( $1.778,49 \text{ m}^2$ ), 47 δωμάτια στο ισόγειο ( $1.694,36 \text{ m}^2$ ), 35 δωμάτια στον 1<sup>ο</sup> όροφο ( $1.158,16 \text{ m}^2$ ), 36 δωμάτια στον 2<sup>ο</sup> όροφο ( $1.169,90 \text{ m}^2$ ), 40 δωμάτια στον 3<sup>ο</sup> όροφο ( $1.187,51 \text{ m}^2$ ), και 3 δωμάτια στο δώμα ( $70,44 \text{ m}^2$ ). Το υπόγειο και το ισόγειο είναι μεγαλύτερα σε επιφάνεια διότι στους ορόφους αυτούς της παλιάς πτέρυγας γίνεται προέκταση του κτιρίου κάθετη στο κτίριο με νότιο προσανατολισμό. Οι κατόψεις των ορόφων παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Αναλυτικά η επιφάνεια για κάθε πτέρυγα δίνεται παρακάτω:



**Πίνακας 4.1:** Επιφάνειες ορόφων νέας πτέρυγας, παλιάς πτέρυγας και συνολικά

Οροφος	Επιφάνεια (τ.μ)		Σύνολο (τ.μ)
	Νέα Πτέρυγα	Παλιά Πτέρυγα	
Υπόγειο	335,00	1443,49	1778,49
Ισόγειο	247,48	1446,88	1694,36
1ος	258,32	903,76	1162,08
2ος	250,32	915,03	1165,35
3ος	272,48	915,03	1187,51
Δώμα	191,92	445,20	637,12

Σκαρίφημα του κτιρίου δίνεται παρακάτω:

**Σχήμα 4.1:** Σκαρίφημα κτιρίου

Η εξωτερική τοιχοποιία είναι κτισμένη με διάτρητες πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα και η εσωτερική τοιχοποιία με το ίδιο υλικό αλλά με μικρότερο πάχος. Όλα τα δάπεδα αποτελούνται από πλάκα σκυροδέματος. Στο υπόγειο και την οροφή το δάπεδο έχει μεγαλύτερο πάχος από τα υπόλοιπα δάπεδα. Όλες οι επιφάνειες που αναφέρθηκαν έχουν επίστρωση (πλακίδια επίστρωσης ή ασφαλτόχαρτο ή μωσαϊκό ή μπογιά). Στο δώμα στήθηκε πρόσφατα ένα μικρό εργαστήριο από πάνελ πολυστερίνης και διπλό υαλοπίνακα. Όλο το υπόλοιπο κτίριο διαθέτει απλούς, μονούς υαλοπίνακες. Το ύψος κάθε ορόφου είναι 3,14m. Επιπλέον ανάλυση θα γίνει στη συνέχεια.

Επίσης, σημειώνεται πως αναφορικά με το κτιριακό κέλυφος δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια επέμβαση από το έτος κατασκευής πέραν της επιφάνειας από ασφαλτόχαρτο πάνω από την οροφή του ισογείου που προεξέχει, και προστέθηκε πρόσφατα.

## 4.2 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο κτίριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Η παλιά πτέρυγα καταναλώνει ενέργεια για φωτισμό, ψύξη χώρων μέσω κλιματιστικών «air conditioning» (A/C, τύπου 9000 BTU, 12000BTU και 24000BTU), θέρμανση χώρων μέσω συσκευών «fun coil» και κλιματιστικών A/C, για τη λειτουργία των εργαστηριακών οργάνων, ηλεκτρικών συσκευών, Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (H/Y) και ανελκυστήρων. Η καινούργια πτέρυγα καταναλώνει ενέργεια για φωτισμό, θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω συσκευών «fun coil», για τη λειτουργία εργαστηριακών οργάνων, συσκευών και H/Y. Επιπλέον, χρησιμοποιείται μια κεντρική κλιματιστική μονάδα για την ψύξη και θέρμανση των χώρων της καινούργιας πτέρυγας.

Για τη θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας μέσω συσκευών «fun coil» υπάρχουν δύο λέβητες φυσικού αερίου ονομαστικής ισχύος 490 Mkal/h, οι οποίοι δουλεύουν εναλλάξ (ταυτόχρονα δουλεύουν μόνο κατά την εκκίνηση). Τους χειμερινούς μήνες δουλεύουν από τις 7:00 μέχρι τις 10:00 το πρωί και από τις 3:00 μέχρι τις 6:00 το απόγευμα ενώ στις πολύ κρύες μέρες δουλεύουν συνεχόμενα από τις 7:00 το πρωί μέχρι τις 6:00 το απόγευμα.

Στην καινούργια πτέρυγα, η κεντρική κλιματιστική μονάδα λειτουργεί τις ίδιες ώρες όπως και οι λέβητες φυσικού αερίου τους χειμερινούς μήνες. Όσον αφορά την ψύξη, η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί από τις 7:00 το πρωί μέχρι τις 5:00 το απόγευμα τους θερινούς μήνες.

Τονίζεται ότι για τους δυο λέβητες φυσικού αερίου και την κλιματιστική μονάδα της καινούργιας πτέρυγας δεν υπάρχουν στοιχεία από μετρητές ή τιμολόγια όσον αφορά την κατανάλωση φυσικού αερίου και ρεύματος αντίστοιχα, οπότε δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση και ψύξη των κτιρίων για όλο το έτος.

Τα δεδομένα για την ηλεκτρική ενέργεια που παρουσιάζονται στη συνέχεια, προέκυψαν από την αναλυτική καταγραφή της ισχύος του ηλεκτρομηχανολογικού (H/M) εξοπλισμού του κτιρίου (Πίνακες - Παράρτημα Α) πολλαπλασιασμένα με τις ώρες λειτουργίας του κάθε φορτίου καθώς και από τις μετρήσεις που έγιναν με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Σημειώνεται ότι για το κτίριο «Φυσικής» δεν υπάρχει ξεχωριστό τιμολόγιο της ΔΕΗ παρά μόνο ένα συγκεντρωτικό για όλα τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, και ως εκ τούτου δε μπορούσαν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συγκεκριμένου κτιρίου.

Το συνολικό εκτιμώμενο κόστος υπολογίστηκε με βάση την τιμή της KWh για πελάτες Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η και για τιμολόγιο Β2, δηλαδή 0,09412 €/KWh, ενώ δεν έχει ληφθεί υπόψη το κόστος εξαιτίας της Χρεωστέας Ζήτησης.

Στους πίνακες καταγραφής των προσεγγιστικών καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας οι ημέρες και ώρες λειτουργίας για το φωτισμό, τη λειτουργία των κλιματιστικών και των υπόλοιπων ηλεκτρικών συσκευών προέκυψαν ύστερα από επικοινωνία με τους χρήστες των χώρων του κτιρίου κατά την περίοδο της καταγραφής του Η/Μ εξοπλισμού και υπάρχουν στο Παράρτημα Α.

Επίσης η συνολική επιφάνεια που αντιστοιχεί στις υπολογιζόμενες καταναλώσεις δεν είναι ίση με τη συνολική επιφάνεια που αναφέρεται πιο πάνω διότι δεν συνυπολογίστηκαν οι χώροι οι οποίοι ήταν κλειστοί για την χρονική περίοδο που διεξάγεται η μελέτη, όπως αρκετά εργαστήρια του υπογείου που λειτουργούν μόνο για συγκεκριμένους ερευνητικούς σκοπούς καθώς και οι εξωτερικοί χώροι του κτιρίου. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται προσεγγιστικά η επιφάνεια που χρησιμοποιήθηκε ανα όροφο στη χρονική περίοδο που μελετήθηκε. Στο πλαίσιο αυτό, κατά την επεξεργασία των στοιχείων της καταγραφής παρατηρείται ότι για τα εργαστήρια του υπογείου η εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος είναι ελάχιστη. Οι προσεγγιστικές καταναλώσεις ισχύος και ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο έχουν ως εξής:

**Πίνακας 4.2.** Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας του κτιρίου Φυσικής ανά όροφο

Όροφος	Ηλεκτρική Ισχύς (KW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (KWh)	Επιφάνεια που χρησιμοποιείται (τ.μ)	Κόστος (€)
Υπόγειο	1.774	24.532	763,18	2.308,99
Ισόγειο	3.693	40.442	1.694,36	3.806,40
1ος	21.799	41.678	1.162,08	3.922,76
2ος	3.169	51.683	1.168,90	4.864,42
3ος	2.366	20.921	614,01	1.969,11
δώμα	333	4.462	70,44	419,98
<b>Σύνολο</b>	<b>33.133</b>	<b>183.719</b>	<b>5.472,97</b>	<b>17.291,66</b>

Εκτιμάται ότι για όλο το κτίριο καταναλώθηκαν 183.719 KWh ετησίως, εκ των οποίων 79.784 kWh αντιστοιχούν σε χώρους γραφείων, 56.633 KWh σε χώρους εργαστηρίων (ερευνητικά εργαστήρια), 8.080 KWh σε εκπαιδευτικούς χώρους (3 εκπαιδευτικά εργαστήρια, αμφιθέατρο, αίθουσες σεμιναρίων) και 39.222 KWh σε κοινόχρηστους χώρους (κλιμακοστάσιο, ανελκυστήρας, χώρους κίνησης κ.τ.λ).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται προσεγγιστικά η ετήσια εκτιμώμενη ισχύς, οι ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις, η επιφάνεια και το ετήσιο υπολογιζόμενο κόστος κάθε κατηγορίας χώρων και στο Σχήμα 4.2 απεικονίζεται η κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, όπως προέκυψε σύμφωνα με τον καταγεγραμμένο εξοπλισμό και τα ωράρια λειτουργίας.

**Πίνακας 4.3.** Κατανάλωση Ηλεκτρικής ισχύος και Ηλεκτρικής Ενέργειας του κτιρίου Φυσικής ανά κατηγορία χώρων

	<b>Κατανάλωση Ισχύος (KW)</b>	<b>Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)</b>	<b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Κόστος (€)</b>
Χώροι Γραφείων	6.355	79.784	1.489,10	7.509,30
Χώροι Εργαστηρίων	4.073	56.633	1.097,73	5.330,33
Εκπαιδευτικοί Χώροι	738	8.080	905,47	760,47
Κοινόχρηστοι χώροι	21.965	39.222	1.647,14	3.691,55
<b>Σύνολο</b>	<b>33.132</b>	<b>183.719</b>	<b>5.139,44</b>	<b>17.291,66</b>

**Σχήμα 4.2.** Κατανομή Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας του Κτιρίου ανά χώρο

Η μεγαλύτερη ηλεκτρική κατανάλωση υφίσταται στους χώρους γραφείων. Ακολουθούν οι εργαστηριακοί χώροι (ερευνητικά εργαστήρια) και έπειτα οι κοινόχρηστοι χώροι (χώροι κίνησης, ανελκυστήρες, κλιμακοστάσια κ.τ.λ). Τελευταίοι είναι οι χώροι εκπαίδευσης στους οποίους συμπεριλαμβάνεται το αμφιθέατρο, 3 εκπαιδευτικά εργαστήρια και οι αίθουσες σεμιναρίων. Παρατηρείται ότι οι κοινόχρηστοι χώροι αν και καταλαμβάνουν μεγαλύτερη επιφάνεια δεν καταλαμβάνουν την πρώτη θέση στην κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό το καταλαμβάνουν οι χώροι γραφείων και έπειτα οι χώροι

εργαστηρίων (αντίστοιχα και στις επιφάνειες) διότι οι χώροι αυτοί εκτός από ενέργεια για φωτισμό καταναλώνουν ενέργεια και για άλλα όργανα και συσκευές.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η εκτιμώμενη συνολική ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση και το κόστος για τις ανάγκες φωτισμού, ψύξης και θέρμανσης χώρων μέσω κλιματιστικών A/C, για τη λειτουργία εργαστηριακών οργάνων, συσκευών, Η/Υ και ανελκυστήρων του κτιρίου.

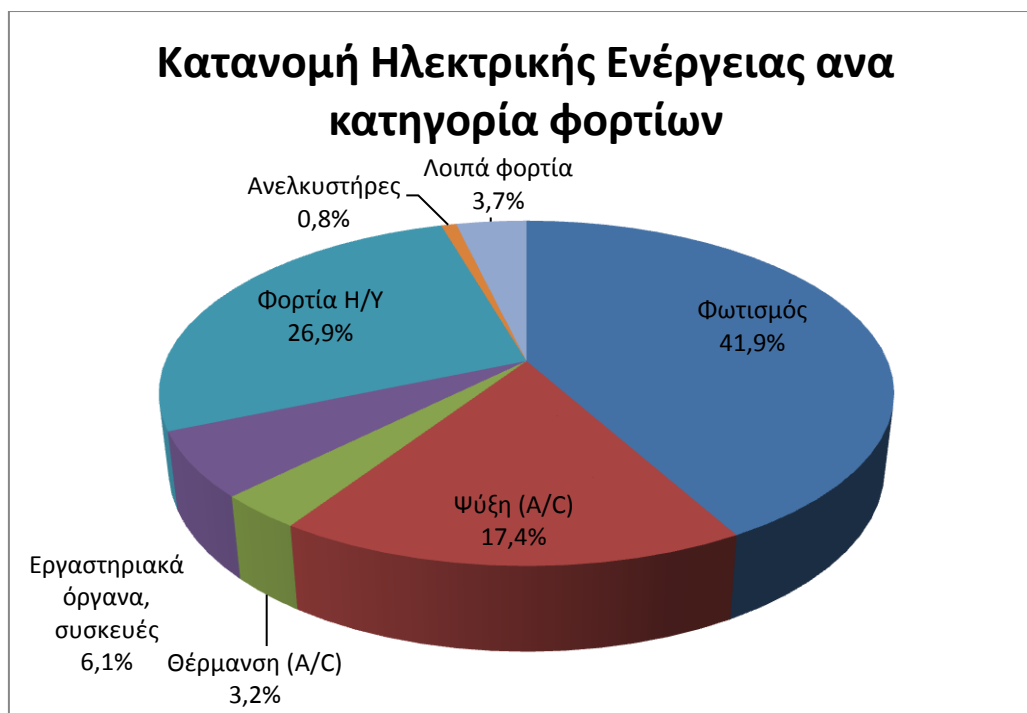
**Πίνακας 4.4 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κατηγορία φορτίου για όλο το κτίριο**

	<b>Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)</b>	<b>Κόστος (€)</b>
Φωτισμός	77.010	7.248,17
Ψύξη (A/C)	31.922	3.004,50
Θέρμανση (A/C)	5.926	557,77
Εργαστηριακά όργανα και συσκευές	11.152	1.049,67
Φορτία Η/Υ	49.441	4.653,39
Ανελκυστήρες	1.453	136,77
Λοιπά φορτία	6.815	641,39
<b>Σύνολο</b>	<b>183.719</b>	<b>17.291,66</b>

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα η σειρά ετήσιας προσεγγιστικής ηλεκτρικής κατανάλωσης των φορτίων είναι η εξής: Ηλεκτρική Ενέργεια για φωτισμό, λειτουργία Η/Υ, ψύξη μέσω κλιματιστικών A/C που υπάρχουν στην παλιά πτέρυγα, λειτουργία οργάνων και ηλεκτρικών συσκευών, λειτουργία ανελκυστήρων και θέρμανση μέσω κλιματιστικών A/C για την παλιά πτέρυγα.

Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια της καταγραφής των ηλεκτρικών καταναλώσεων παρατηρήθηκε ότι σε αρκετούς χώρους του κτιρίου ο φωτισμός βρισκόταν σε λειτουργία κατά τις ώρες της ημέρας, χωρίς ωστόσο να χρειάζεται.

Η μέση εκτιμώμενη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση των δύο ανελκυστήρων που υπάρχουν στο κτίριο προέκυψε ύστερα από μετρήσεις που έγιναν σε ανελκυστήρες ίδιου τύπου σε άλλα κτίρια του πολυτεχνείου.

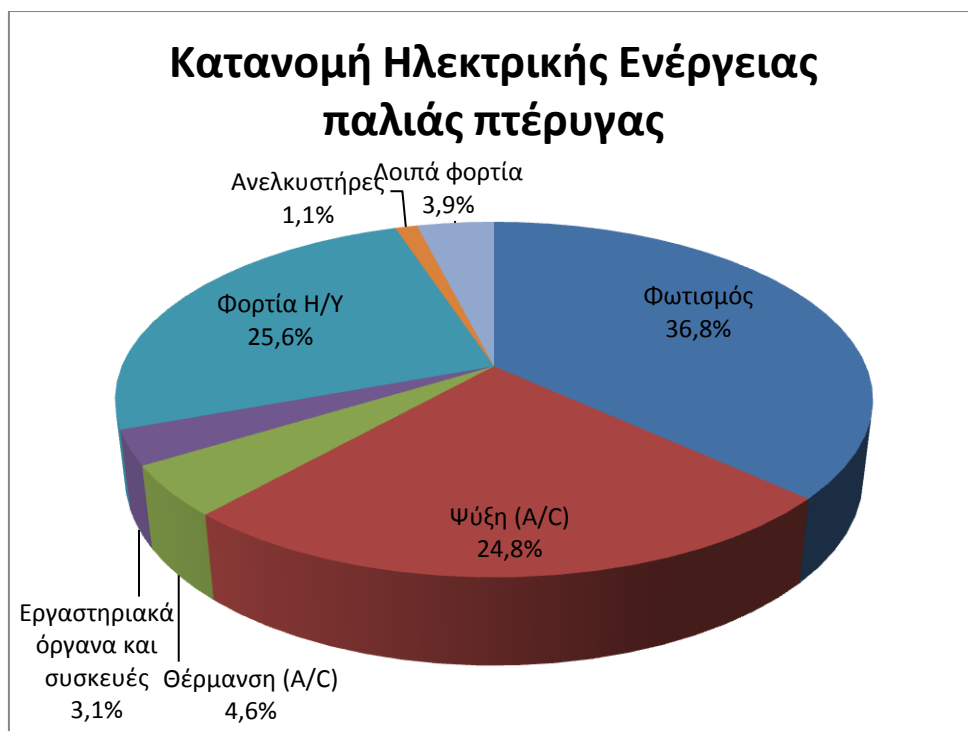


**Σχήμα 4.3.** Κατανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κατηγορία φορτίου

Οι καταναλώσεις ανά κατηγορία για τις δύο πτέρυγες δίνονται στον παρακάτω πίνακα και ακολούθως τα διαγράμματα.

**Πίνακας 4.5.** Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας παλιάς και νέας πτέρυγας

	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Παλιάς Πτέρυγας (kWh)	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Καινούργιας Πτέρυγας (kWh)
Φωτισμός	47.316	29.694
Ψύξη (A/C)	31.922	
Θέρμανση (A/C)	5.926	
Εργαστηριακά όργανα και συσκευές	4.043	7.109
Φορτία Η/Υ	32.868	16.573
Ανελκυστήρες	1.453	
Λοιπά φορτία	4.684	2.130
<b>Σύνολο</b>	<b>128.213</b>	<b>55.506</b>



**Σχήμα 4.4.** Κατανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας για την παλιά πτέρυγα

Παρατηρείται ότι η ψύξη μέσω κλιματιστικών A/C για την παλιά πτέρυγα, όπως ήταν αναμενόμενο καταλαμβάνει ένα ποσοστό κοντά στο 24,8%. Επίσης η εκτιμώμενη κατανάλωση του φωτισμού είναι σχετικά αυξημένη. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην άσκοπη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων όταν υπάρχει φυσικός φωτισμός στο κτίριο.



**Σχήμα 4.5.** Κατανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας για την καινούργια πτέρυγα

Στην καινούργια πτέρυγα παρατηρείται επίσης αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό με ποσοστό 53,5%. Αυτό οφείλεται στην συνεχή λειτουργία των φωτιστικών στους χώρους των ερευνητικών εργαστηρίων οι οποίοι καταλαμβάνουν το 75% των χώρων της καινούργιας πτέρυγας. Πράγματι, η καινούργια πτέρυγα χρησιμοποιείται κυρίως για εργαστηριακούς σκοπούς και τα αυξημένα φορτία ηλεκτρονικών υπολογιστών και οργάνων είναι δικαιολογημένα. Ωστόσο, σημειώνεται ότι σημαντικό μέρος των ηλεκτρικών καταναλώσεων θα αφορούν και στη λειτουργία του κεντρικού συστήματος κλιματισμού, οι οποίες δεν ήταν δυνατό να καταγραφούν, καθώς δεν υπήρχαν ακριβή στοιχεία για τις ώρες λειτουργία της μονάδας σε πλήρες φορτίο. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν κατέστη δυνατή η υλοποίηση μετρήσεων με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας για τη μέτρηση της τροφοδότησης του συστήματος ψύξης (κλιματισμού)/θέρμανσης σε περίοδο πλήρους φορτίου (Ιούλιο), ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Προτείνεται συνεπώς η διεξαγωγή αναλυτικών μετρήσεων τόσο κατά τη χειμερινή, όσο και κατά τη θερινή περίοδο, ώστε να είναι δυνατή η ασφαλής εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας.

Ο δείκτης της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τα φορτία που μετρήθηκαν στο κτίριο προκύπτει ως το πηλίκο της συνολικής ετήσιας εκτιμώμενης ηλεκτρικής κατανάλωσης προς τη συνολική επιφάνεια του κτιρίου στην οποία υπήρχαν φορτία την περίοδο που μελετάται. Το συγκεκριμένο κτίριο έχει επιφάνεια (σε λειτουργία) 5.139,44 m<sup>2</sup> και προέκυψαν 183.769 kWh ετήσιας συνολικής υπολογιζόμενης ηλεκτρικής κατανάλωσης. Κατά συνέπεια ο δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης αντιστοιχεί σε  $EK = \frac{183.769}{5139,44} = 35,75 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ . Σημειώνεται ότι στην τιμή αυτή δεν έχει ληφθεί υπόψη η ηλεκτρική κατανάλωση από τη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού.

Όσον αφορά στο συντελεστή ενεργειακής κατανάλωσης δεν μπορεί να υπολογιστεί καθώς δεν έχει προσδιοριστεί η κατανάλωση φυσικού αερίου και η ηλεκτρική κατανάλωση για τη λειτουργία της κλιματιστικής μονάδας. Ως εκ τούτου το κτίριο δεν μπορεί να συγκριθεί με τις πρότυπες τιμές συντελεστή ενεργειακής κατανάλωσης του ΚΕΝΑΚ.

### 4.3 Μελέτη συντελεστών θερμοπερατότητας

#### 4.3.1 Εισαγωγή-Μεθοδολογία

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μελέτη της θερμομόνωσης του κτιρίου, σύμφωνα με τον κανονισμό θερμικών μονώσεων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010 (Τεχνική οδηγία τεχνικού



επιμελητηρίου Ελλάδας). Τα βασικά φυσικά μεγέθη που συναντώνται στις μελέτες θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Η μονάδα μέτρησής του είναι W/mK. Στο παράρτημα που παρατίθεται στο τέλος της διπλωματικής εργασίας, εντοπίζεται ο πίνακας Π1 με το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  των υλικών.
- **Συντελεστής θερμοδιαφυγής ( $\Lambda$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα μέτρησής: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/ $\Lambda$ ), εκφράζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής.
- **Συντελεστής θερμικής μετάβασης ή επιφανειακής αγωγιμότητας του αέρα ( $\alpha$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου-αέρα διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα μέτρησής: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/ $\alpha$ ), εκφράζει την αντίσταση θερμικής μετάβασης.
- **Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $K$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα μέτρησής: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/ $K$ ), εκφράζει την αντίσταση θερμοπερατότητας.

Παρακάτω δίνεται η μεθοδολογία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου που ορίζεται σε τρία βήματα:

**A.** Η αντίσταση που προβάλλει μία ομοιογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$r = \frac{d}{\lambda}$$

Όπου:

r [W/(m<sup>2</sup>·K)]: Η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση

d [m]: το πάχος της στρώσης (δόθηκε από τον πολιτικό μηχανικό)

$\lambda$  [W/(m·K)]: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης που δίνεται στον πίνακα B1 του Παρατήματος Β για κάθε υλικό.

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την

αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $R_{ss}$  ή  $\Lambda$ ) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων τις κάθε στρώσης:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i$$

Η σειρά των στρώσεων πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσα από το δομικό στοιχείο.

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

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a$$

Όπου:

$R_T$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]: Η συνολική θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου

$R_i$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]: Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει η επιφανειακή στρώση αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

$R_a$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]: Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει η επιφανειακή στρώση αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. Οι αντιστάσεις αυτές δίνονται στον πίνακα 4.6.

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U$ ) που ισούται με το αντίστροφο του αθροίσματος των συνολικών θερμικών αντιστάσεων του πολυστρωματικού δομικού στοιχείου και δίνεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

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 4.7 που ακολουθεί για κάθε κλιματική ζώνη του ελλαδικού χώρου.

Αν η τιμή προκύπτει μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, αφού προηγουμένως βελτιωθούν τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου, με ενδεχόμενη αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης ή με αντικατάσταση του θερμομονωτικού υλικού (αν υπάρχει) με άλλο (ενδεχομένως και των υλικών με

άλλων στρώσεων) που θα έχει χαμηλότερη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Σημειώνεται ότι στο κτίριο φυσικής δεν υπάρχει μόνωση σε κανένα δομικό στοιχείο.

Ακολουθούν οι πίνακες των τιμών θερμικής μετάβασης και των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη για τον ελλαδικό χώρο.

**Πίνακας 4.6:** Τιμές συντελεστών αντιστάσεων θερμικής μετάβασης (Πηγή: KENAK)

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$R_i$	$R_a$
		(m <sup>2</sup> K)/W	(m <sup>2</sup> K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	0,13	0
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,1	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,1	0,1
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0

**Πίνακας 4.7:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη. (Πηγή: KENAK).

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)	$U_D$	0,5	0,45	0,4	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	$U_W$	0,6	0,5	0,45	0,4
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλωτές)	$U_{DL}$	0,5	0,45	0,4	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	$U_{WU}$	1,5	1	0,8	0,7
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	$U_{WE}$	1,5	1	0,8	0,7
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη	$U_{FU}$	1,2	0,9	0,75	0,7

θερμαινόμενους χώρους					
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	$U_{FE}$	1,2	0,9	0,75	0,7
Κουφώματα ανοιγμάτων	$U_K$	3,2	3	2,8	2,6
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	$U_{GF}$	2,2	2	1,8	1,8

**B.** Στο δεύτερο βήμα, καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το κατακόρυφο κέλυφος του κάθε ορόφου. Για καθένα από τα στοιχεία αυτά μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του, που είχε υπολογιστεί στο Α στάδιο και υπολογίζεται η επιφάνεια ( $F_{\varepsilon\xi_{ορ}}$ ) που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο κατακόρυφο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου. Τα ίδια επαναλαμβάνονται και για τα κουφώματα που συναντώνται στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου, με τη βοήθεια του πίνακα που περιέχει τους αντίστοιχους συντελεστές  $U$  για κάθε τύπο υαλοπίνακα.

Στη συνέχεια υπολογίζονται τα γινόμενα των συντελεστών θερμοπερατότητας  $U$  επί την επιφάνεια  $F$ , που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου και έπειτα προστίθενται. Το άθροισμα των γινομένων μεταφέρεται ως παρονομαστής, σε κλάσμα, με αριθμητή τη συνολική επιφάνεια ( $F_{\varepsilon\xi}$ ) του κατακόρυφου κελύφους του ορόφου σύμφωνα με τη σχέση:

$$K_m = \frac{F_{\varepsilon\xi_{ορ}}}{\sum(U_i * F_i)}$$

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης, ως μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του ορόφου, θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από την τιμή που του αντιστοιχεί και που δίνεται από τον πίνακα Β3 του παρατήματος Β. Η τιμή αυτή προκύπτει με γραμμική παρεμβολή στον πίνακα της τιμής που προέρχεται από το πηλίκο περιβάλλουσας επιφάνειας προς όγκο του ορόφου δηλαδή:

$$K_{m'} = \frac{F_{\varepsilon\xi_{ορ}}}{V_{ορ}}$$

Αυτό σημαίνει ότι το  $K_m$  πρέπει να είναι μικρότερο του αποτελέσματος της γραμμικής παρεμβολής του  $K_{m'}$  στον πίνακα Β3

**C.** Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό της συνολικής θερμομονωτικής ικανότητας του κελύφους του κτιρίου και τελικό έλεγχο της έναντι της αντίστοιχης μέγιστης επιτρεπόμενης  $K_{m,max}$ . Σε αυτό το στάδιο μεταφέρονται όλα τα αθροίσματα των γινομένων  $K * F$  (του συντελεστή  $K$  κάθε δομικού στοιχείου επί την επιφάνεια  $F$  που αυτά καταλαμβάνει), όπως αυτά υπολογίστηκαν προηγουμένως. Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται επίσης το ίδιο γινόμενο  $K * F$  και για τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους (δωμάτια, στέγες, δάπεδα πάνω από το έδαφος κλπ). Αθροίζεται το σύνολο των γινομένων  $K * F$  τόσο για τα κατακόρυφα όσο και για τα

οριζόντια στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και το αποτέλεσμα διαιρείται με τη συνολική επιφάνεια του κελύφους. Το αποτέλεσμα αυτής της διαίρεσης αντιπροσωπεύει το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας,  $k_m$ , του εξεταζόμενου κτιρίου που δίνεται από τη σχέση:

$$K_{m_2} = \frac{F_{εξκελ.}}{\sum(k_{m_i.})}$$

Τέλος, με την ίδια διαδικασία γραμμικής παρεμβολής υπολογίζεται ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου. Υπολογίζεται το πηλίκο της συνολικής επιφάνειας του κελύφους προς τον συνολικό περιεχόμενο όγκο του εξεταζόμενου κτιρίου

$$K_{m'_2} = \frac{F_{εξκελ.}}{V_{κτ.}}$$

Με βάση το αποτέλεσμα της διαίρεσης προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας Α3 Παράρτημα Α) η τιμή του μέγιστου αποδεκτού σύμφωνα με τον κανονισμό μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου,  $k_{m,max}$ . Θα πρέπει να ισχύει  $K_{m_2} \leq K_{m,max}$ .

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U$ ) ενός δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα θερμαινόμενο χώρο εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον λαμβάνοντας όμως τη θερμική αντίσταση επιφάνειας στρώματος αέρα προς μη θερμαινόμενο χώρο ίση με αυτή του εσωτερικού. Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου προς μη θερμαινόμενο χώρο ( $U_u$ ) υπεισέρχεται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου ( $U_m$ ) με ένα μειωτικό συντελεστή ο οποίος αφαιρείται από το συντελεστή του δομικού στοιχείου.

### 4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

Σε πρώτη φάση υπολογίστηκαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U$ , για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου που μελετήθηκε, σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κελύφους του κτιρίου, παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

Δεν αναφέρονται διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενο χώρο διότι όλοι οι όροφοι πλην του υπογείου θερμαίνονται. Επομένως υπολογίζεται μόνο το δάπεδο του ισογείου σαν επιφάνεια που χωρίζει θερμαινόμενο χώρο.

#### 4.3.2.1 Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Η εξωτερική τοιχοποιία του κτιρίου αποτελείται από διάτρητες πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 34cm. Οι πίνακες υπολογισμών του συντελεστή θερμοπερατότητας για το δομικό στοιχείο υπολογίζονται ως εξής:

**Πίνακας 4.8:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W στρώσεων εξωτερικής τοιχοποιίας.

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0,3	0,47	0,64
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.9:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για εξωτερική τοιχοποιία

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	m <sup>2</sup> K/W	0,68
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	m <sup>2</sup> K/W	0,04

Επομένως  $\Lambda=0,68$  m<sup>2</sup>K/W,  $R_T= 0,85$  m<sup>2</sup>K/W . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $U= 1,17$  W/m<sup>2</sup>K >  $U_{max} =0,5$  W/m<sup>2</sup>K

#### 4.3.2.2 Δάπεδα πάνω στο έδαφος ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου

Το δάπεδο πάνω στο έδαφος του κτιρίου αποτελείται από πλάκα σκυροδέματος πάχους 21cm. Οι πίνακες υπολογισμών του συντελεστή θερμοπερατότητας έχουν ως εξής:

**Πίνακας 4.10:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W για δάπεδο υπογείου.

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,2	0,58	0,34
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	0,01

**Πίνακας 4.11:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W για δάπεδο υπογείου.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	Λ	m <sup>2</sup> K/W	0,35
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>e</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,00

Όπως υπολογίζεται  $\Lambda=0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_T= 0,53 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $U= 1,90 \text{ W/m}^2\text{K} >0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 4.3.2.4 Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με πλακίδια επίστρωσης)

Υπολογίστηκε επιπλέον ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής του κτιρίου. Η οροφή αποτελείται από πλάκα σκυροδέματος. Η πλάκα αυτή όσον αφορά το δώμα καλύπτεται από πλακίδια επίστρωσης. Όσον αφορά την οροφή πάνω από το ισόγειο (προέκταση του κτιρίου) καλύπτεται με ασφαλτόχαρτο. Για το τμήμα με τα πλακίδια επίστρωσης πάχους 20 cm ισχύουν τα εξής:

**Πίνακας 4.12:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W για οροφή (με πλακίδια επίστρωσης).

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Πλακίδια επίστρωσης	0,03	1,05	0,03
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.13:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για οροφή με πλακίδια επίστρωσης

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,10
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$m^2K/W$	0,31
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$m^2K/W$	0,04

Όπως υπολογίζεται  $\Lambda=0,31 m^2K/W$ ,  $R_T= 0,45 m^2K/W$  και  $U= 2,22 W/m^2K >0,45 W/m^2K$

#### 4.3.2.5 Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με ασφαλτόχαρτο)

Η οροφή που καλύπτεται με ασφαλτόχαρτο (πάνω από την προέκταση που έχει το ισόγειο) είναι πάχους 0,20cm. Για το τμήμα ισχύουν τα εξής:

**Πίνακας 4.14:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $m^2K/W$  για οροφή (με ασφαλτόχαρτο)

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $m^2K/W$
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Ασφαλτόχαρτο	0,03	0,19	0,16
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.15:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για οροφή με ασφαλτόχαρτο.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,10
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$m^2K/W$	0,44
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$m^2K/W$	0,04



Όπως υπολογίζεται  $\Lambda = 0,44 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_T = 0,58 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $U = 1,73 \text{ W/m}^2\text{K} > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  που είναι η μέγιστη τιμή

#### 4.3.2.6 Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος

Οι τοίχοι σε επαφή με το έδαφος είναι κατασκευασμένοι από κυψελωτό σκυρόδεμα πάχους 32 cm και χαρακτηρίζονται από τις εξής παραμέτρους:

**Πίνακας 4.16:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $\text{m}^2\text{K/W}$  για τοίχους σε επαφή με το έδαφος

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυμένοι στον αέρα	0,3	0,44	0,68
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.17:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για τοίχους σε επαφή με το έδαφος.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,70
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,00

Όπως υπολογίζεται  $\Lambda = 0,70 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_T = 0,83 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $U = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K} > 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Δηλαδή υπερβαίνει τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας.

#### 4.3.2.7 Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο-δάπεδο ισογείου (κατερχόμενη ροή θερμότητας με πλακίδια επίστρωσης)

Υπάρχουν τμήματα δαπέδων που καλύπτονται με πλακίδια επίστρωσης και άλλα που καλύπτονται με μωσαϊκό. Για την επίστρωση με πλακίδια πάχους 0,18 cm δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

**Πίνακας 4.18:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W για ενδιάμεσα δάπεδα με πλακίδια επίστρωσης.

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Πλακίδια επίστρωσης	0,01	1,05	0,01
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.19:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για ενδιάμεσα δάπεδα με πλακίδια επίστρωσης.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>t</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	Λ	m <sup>2</sup> K/W	0,29
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>t</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17

Επομένως υπολογίζεται ότι Λ=0,29m<sup>2</sup>K/W, R<sub>T</sub>= 0,63 m<sup>2</sup>K/W και U= 1,58 W/m<sup>2</sup>K >0,9 W/m<sup>2</sup>K. Δηλαδή υπερβαίνει τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας.

#### 4.3.2.8 Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας με μωσαϊκό)

Για το δάπεδο με επίστρωση από μωσαϊκό πάχους 0,18 cm δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

**Πίνακας 4.20:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W για ενδιάμεσα δάπεδα με μωσαϊκό

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Μωσαϊκό	0,01	1,2	0,01
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02

**Πίνακας 4.21:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για ενδιάμεσα δάπεδα με μωσαϊκό.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$m^2K/W$	0,29
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$m^2K/W$	0,17

**Πίνακας 4.21:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για ενδιάμεσα δάπεδα με μωσαϊκό.

Επομένως υπολογίζεται ότι  $\Lambda=0,29m^2K/W$ ,  $R_T= 0,63 m^2K/W$  και  $U= 1,59 W/m^2K >0,9 W/m^2K$ . Δηλαδή υπερβαίνει τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας.

#### 4.3.2.9 Εξωτερική κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα-Δώμα

Όσον αφορά το δώμα του μικρού εργαστηρίου από πλάκες πολυστερίνης που τοποθετήθηκε πρόσφατα στην οροφή του κτιρίου δίνονται τα παρακάτω στοιχεία για την οροφή του:

**Πίνακας 4.22:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $m^2K/W$  για οροφή δώματος

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $m^2K/W$
Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	0,15	0,35	0,43

**Πίνακας 4.23:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για οροφή δώματος.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,1
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$m^2K/W$	0,4286
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$m^2K/W$	0,04

Επομένως υπολογίζεται ότι  $\Lambda = 0,43 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_T = 0,57 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $U = 1,76 \text{ W/m}^2\text{K}$   $> 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Δηλαδή υπερβαίνει τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας.

#### 4.3.2.10 Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα-Δώμα

Η τοιχοποιία του εργαστηρίου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

**Πίνακας 4.24:** Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $\text{m}^2\text{K/W}$  για τοιχοποιία δώματος

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε $\text{W/mK}$	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	0,15	0,35	0,43

**Πίνακας 4.25:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για τοιχοποιία δώματος.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,43
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_e$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,04

Επομένως υπολογίζεται ότι  $\Lambda = 0,43 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_T = 0,60 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $U = 1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$   $> 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Δηλαδή υπερβαίνει τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας.

Σημειώνεται ότι για το δώμα υπάρχει κλιμακοστάσιο που οδηγεί στην οροφή και στο εργαστήριο του οποίου τα δομικά υλικά είναι ίδια με τα υλικά της εξωτερικής τοιχοποιίας και της οροφής σε όλο το κτίριο.

#### 4.3.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ορόφου

Σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφεται στον κανονισμό, ακολουθεί η μελέτη κάθε ορόφου ξεχωριστά. Σε κάθε δομικό στοιχείο του κελύφους του ορόφου προστίθενται και οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων (αν υπάρχουν στο κελύφος) που εντοπίζονται στον Πίνακα B2 του Παραρτήματος Β.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε ορόφου δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή που δίνεται από τον κανονισμό (πίνακας B4 του παραρτήματος Β) για την αναλογία περιβάλλουσας επιφάνειας προς τον όγκο κάθε ορόφου. Ο όγκος κάθε ορόφου του κτιρίου «Φυσική» είναι 3,14 m.

**Πίνακας 4.26:** Συντελεστής θερμοπερατότητας υπογείου  
( $F_{\delta\alpha\pi.}=1.778,49 \text{ m}^2, V=5.584,459 \text{ m}^3$ )

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/m <sup>2</sup> K	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	842,05	1,20	-0,50	589,44
3	Υαλοπίνακας Απλός (Φεγγίτης)	72,69	5,81		422,33
<b>Σύνολο</b>		<b>914,74</b>			<b>1.011,77</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας υπογείου:

$K_m(W, F) = \frac{1.011,77}{914,74} = 1,11$  που η τιμή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια που είναι  $1,09 \frac{W}{m^2K}$  για τον λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας προς όγκο υπογείου  $\frac{F}{V} = \frac{904,74}{5584,459} = 0,16$  που υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή στις τιμές του πίνακα B4 του Παραρτήματος Β.

Σημειώνεται ότι χρησιμοποιείται η εξωτερική περιβάλλουσα επιφάνεια του κτιρίου και όχι η επιφάνεια δαπέδου καθώς και ο συνολικός όγκος ορόφου (ανεξάρτητα αν υπάρχουν επιφάνειες που δεν χρησιμοποιούνται).

Ακολούθως για τους υπόλοιπους ορόφους προκύπτουν τα εξής :

Όσον αφορά το ισόγειο, στους υπολογισμούς που γίνονται δεν προστίθεται το δάπεδο που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο) διότι στο στάδιο αυτό της μεθοδολογίας προστίθενται μόνο τα κατακόρυφα και οριζόντια εξωτερικά στοιχεία του κελύφους του ορόφου. Το δάπεδο θα συνυπολογιστεί στο στάδιο εύρεσης του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου. Στο στάδιο αυτό συνυπολογίζεται η οροφή του ισογείου για το μέρος του κτιρίου που προεξέχει από το υπόλοιπο κτίριο. Επομένως τα αποτελέσματα για το ισόγειο έχουν ως εξής:

**Πίνακας 4.27:** Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου  
( $F= 1.694,36 \text{ m}^2, V=5.320,29 \text{ m}^3$ )

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε $\text{m}^2$	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $\text{W/m}^2\text{K}$	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάρτητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	440,13	1,17		515,21
2	Υαλοπίνακας Απλός	357,17	5,81		2.075,17
3	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτες-μέταλλο)	44,75	5,81		260,00
4	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη (ασφαλτόχαρτο)	438,78	1,73	-0,50	537,94
<b>Σύνολο</b>		<b>1.280,83</b>			<b>3.388,32</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου:

$K_m(W, F) = \frac{3.388,32}{1.280,83} = 2,64 \geq 1,11 \frac{W}{\text{m}^2\text{K}}$  που η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

**Πίνακας 4.28:** Συντελεστής θερμοπερατότητας 1<sup>ου</sup> ορόφου  
( $F= 1.162,08 \text{ m}^2, V=3.648,93 \text{ m}^3$ )

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε $\text{m}^2$	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $\text{W/m}^2\text{K}$	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάρτητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	315,86	1,17		369,74
2	Υαλοπίνακας Απλός	252,64	5,81		1.467,84
<b>Σύνολο</b>		<b>568,50</b>			<b>1.837,58</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας 1<sup>ου</sup> ορόφου:

$K_m(W, F) = \frac{1.837,58}{568,50} = 3,23 \geq 1,14 \frac{W}{\text{m}^2\text{K}}$  που η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

**Πίνακας 4.29:** Συντελεστής θερμοπερατότητας 2<sup>ου</sup> ορόφου  
(F= 1169,90 m<sup>2</sup>, V=3673,486 m<sup>3</sup>).

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/m <sup>2</sup> K	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάτρητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	295,99	1,17		346,48
2	Υαλοπίνακας Απλός	242,36	5,81		1.408,11
<b>Σύνολο</b>		<b>538,35</b>			<b>1.754,60</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας 2<sup>ου</sup> ορόφου:

$K_m(W, F) = \frac{1754,6}{538,35} = 3,25 \geq 1,14 \frac{W}{m^2K}$  που η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Για την εύρεση του συντελεστή θερμοπερατότητας του 3<sup>ου</sup> ορόφου συνυπολογίζεται η οροφή που είναι καλυμμένη με πλακίδια επίστρωσης και το κομμάτι του τοίχου που αποτελείται από τζάμι βόρεια πλευρά του ορόφου. Ο τρίτος όροφος δεν είναι ίδιος με τον 1<sup>ο</sup> και το 2<sup>ο</sup> όροφο. Έχει μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια διότι αν και έχει λιγότερα γραφεία αυτά δεν είναι στοιχισμένα σε σειρά αλλά προεξέχουν δημιουργώντας μεγαλύτερη επιφάνεια κελύφους (βλ. Παράρτημα Β).

**Πίνακας 4.30:** Συντελεστής θερμοπερατότητας 3<sup>ου</sup> ορόφου  
(F= 1187,51 m<sup>2</sup>, V = 1927,991 m<sup>3</sup>)

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/m <sup>2</sup> K	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάτρητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	323,36	1,17		378,52
2	Υαλοπίνακας Απλός	162,19	5,81		942,32
3	Τζαμαρία (πόρτες-ξύλο)	52,80	3,49		184,27
4	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη (πλακίδια επίστρωσης)	637,12	2,22	-0,50	1.096,67
<b>Σύνολο</b>		<b>852,11</b>			<b>2.223,27</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας 3<sup>ου</sup> ορόφου:

$K_m(W, F) = \frac{2.223,27}{852,11} = 2,61 \geq 1,14 \frac{W}{m^2K}$  που η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Όσον αφορά το δάμα επισημαίνεται ότι υπάρχει κλιμακοστάσιο (με 1 απλό υαλοπίνακα) που οδηγεί στην οροφή (1 εξωτερική μεταλλική πόρτα) και στο εργαστήριο. Τα δομικά υλικά του κλιμακοστασίου είναι ίδια με τα υλικά της εξωτερικής τοιχοποιίας και της οροφής σε όλο το κτίριο.

**Πίνακας 4.31:** Συντελεστής θερμοπερατότητας δώματος  
( $F=637,12 m^2$ ,  $V=221,187 m^3$ )

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε $m^2$	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $W/m^2K$	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μήθερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάτρητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	5,80	1,17		6,78
1	Εξωτερικοί τοίχοι (εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες)	35,53	1,67		59,36
2	Υαλοπίνακας Απλός	4,41	5,81		25,62
3	Υαλοπίνακας Διπλός	2,47	3,79		
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτες-μέταλλο)	2,64	5,81		15,34
5	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη (εξηλασμένη πολυστερίνη)	30,59	0,43	-0,50	-2,18
6	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη (πλακίδια επίστρωσης)	25,35	2,22	-0,50	43,63
<b>Σύνολο</b>		<b>106,78</b>			<b>148,55</b>

Συντελεστής θερμοπερατότητας δώματος:

$K_m(W, F) = \frac{148,55}{106,78} = 1,39 m^{-1} \geq 0,90 \frac{W}{m^2K}$  που η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Επομένως όσον αφορά τους συντελεστές θερμοπερατότητας ορόφων είναι όλοι εκτός των επιτρεπόμενων ορίων εκτός του δώματος. Πράγματι το δάμα επειδή κατά κύριο λόγο είναι κατασκευασμένο από πολυστερίνη που είναι θερμομονωτικό υλικό είναι αναμενόμενο ότι θα βρίσκεται εντός ορίων.



#### 4.3.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας περιβλήματος

Έχοντας υπολογίσει το συντελεστή θερμομόνωσης κάθε ορόφου, η διαδικασία υπολογισμού της θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου, απλοποιείται ως εξής. Μεταφέρονται όλα τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα κατακόρυφα εξωτερικά δομικά στοιχεία (τοιχοί και ανοίγματα) και προστίθενται σε αυτά τα οριζόντια εξωτερικά δομικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα η οροφή του δώματος  $637,12\text{m}^2$  που αποτελείται από πλακίδια επίστρωσης, η οροφή του ισογείου (που δεν έχει κτίριο από πάνω)  $438,78\text{m}^2$  που είναι καλυμμένη με ασφαλτόχαρτο και το δάπεδο του υπογείου  $1.778,49\text{m}^2$  που επίσης αποτελείται από πλακίδια επίστρωσης,. Επίσης, συνυπολογίζεται το δάπεδο ισογείου καθώς χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από μη θερμαινόμενο (υπόγειο). Κατά αυτόν τον τρόπο προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

**Πίνακας 4.32:** Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου ( $F=F_{\text{υπ}}=1778,49\text{m}^2$ ,  $V=23956,5\text{m}^3$ )

a/a	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F σε $\text{m}^2$	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Μειωτικός συντελεστής 0,5 όταν συνορεύει με χώρο μή θερμαινόμενο ή με έδαφος	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι (διάτρητοι πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα)	1.381,14	1,17		1.617,31
2	Εξωτερικοί τοίχοι (εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες)	35,53	1,67		59,37
3	Διαχωριστικοί τοίχοι προς μή θερμαινόμενους κλειστούς χώρους (τοιχοί σε επαφή με το έδαφος)	842,05	2,63	-0,50	1.793,57
4	Απλός υαλοπίνακας	1.091,46	5,81		6.341,40
5	Διπλός υαλοπίνακας	2,47	3,79		9,34
6	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	47,39	5,81		275,34
7	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη (πλακίδια επίστρωσης)	637,12	2,22		1.415,23
8	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη με ασφαλτόχαρτο	438,78	1,73		757,16
9	Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη εξηλασμένη πολυστερίνη	30,59	1,76		
10	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο- δάπεδο υπογείου	1.778,49	1,90	-0,50	2.489,89
<b>Σύνολο</b>		<b>6.285,02</b>			<b>14.758,61</b>

Το κτίριο που μελετήθηκε εντοπίζεται στην Αττική, επομένως ανήκει στη Ζώνη Β. Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι: εμβαδόν επιφάνειας ( $F_{υπ} + F_{ισ} + F_1 + F_2 + F_3 + F_{δωμ}$ )\*ύψος (H) = 7.629,46 m<sup>2</sup>\*3,14 m<sup>2</sup> = 23.956,5 m<sup>3</sup>. Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 6.285,02 m<sup>2</sup> (πίνακας 4.34). Από το πηλίκο F/V που προκύπτει, προσδιορίζεται ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάση του Πίνακα Β4 του παραρτήματος. Για τα δεδομένα του συγκεκριμένου κτιρίου προκύπτει:  $\frac{F}{V} = \frac{6.285,02}{23956,5} = 0,26$  που μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας  $k_{m,max} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Τελικά, το κτίριο που μελετήθηκε παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με:

$$K_m = \frac{\sum(k*F)}{\sum(F)} = \frac{14.758,61}{6.285,02} = 2,34 \frac{W}{m^2K} > k_{m,max}$$

Η τιμή αυτή προφανώς υπερβαίνει κατά πολύ την μέγιστη επιτρεπόμενη, και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο. Πράγματι το κτίριο δεν είναι θερμομονωμένο και είναι αναμενόμενο να υπερβαίνει την τιμή του μέσου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας των κτιρίων και να μην συμβαδίζει με το κανονισμό.







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Αποτελέσματα Μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό



### 5.1 Θερμοκάμερα

Η Θερμοκάμερα χρησιμοποιήθηκε για τη θερμογράφιση του κτιρίου το μήνα Απρίλιο. Οι φωτογραφίες πάρθηκαν κατά τις πρώτες πρωινές ώρες αλλά και κατά τις πρώτες βραδινές ώρες όπως συνιστάται για τη θερμογράφιση. Κατά τη διάρκεια της θερμογράφισης χρησιμοποιήθηκε υγρασιόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, έτσι ώστε να ρυθμιστούν κατάλληλα οι παράμετροι της κάμερας για τη λήψη υπέρυθρων εικόνων. Συνεπώς, η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων εξωτερικά του κτιρίου κυμαινόταν από τους 22 °C έως 24 °C το πρωί και από τους 12 °C έως 14 °C το βράδυ, ενώ η υγρασία ήταν περίπου 30%.

Προβλήματα όσον αφορά τη θερμογράφιση παρουσιάστηκαν κυρίως στο υπόγειο. Εκεί οι θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος δεν επηρεάζουν πολύ τη θερμοκρασία των υλικών καθώς η ακτινοβολία του ήλιου δεν έχει άμεση πρόσβαση. Επίσης το υπόγειο διατηρεί κατά κύριο λόγο τη θερμοκρασία που αποκτά από την επαφή του με το έδαφος.

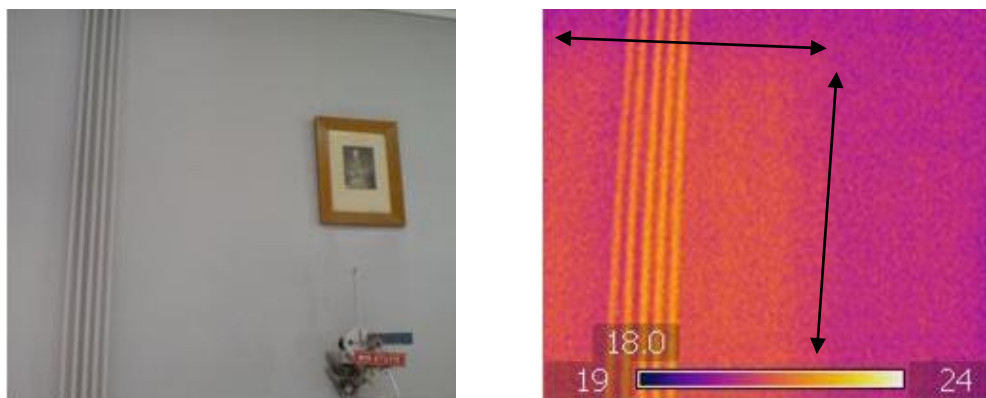
Σημειώνεται ότι στο κτίριο Φυσικής απουσιάζει εντελώς η μονωτική στρώση. Ως εκ τούτου προβλήματα όπως θερμογέφυρες, και διαρροή αέρα παρουσιάζονται όχι μόνο

στα παραδείγματα που δίνονται πιο κάτω αλλά σχεδόν σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Επίσης υγρασία υπάρχει σε όλο σχεδόν το εξωτερικό κέλυφος της κατασκευής για τον ίδιο λόγο.

Όπως είναι αναμενόμενο η καινούργια πτέρυγα παρουσιάζει μικρότερα προβλήματα σε σχέση με την παλαιά πτέρυγα.

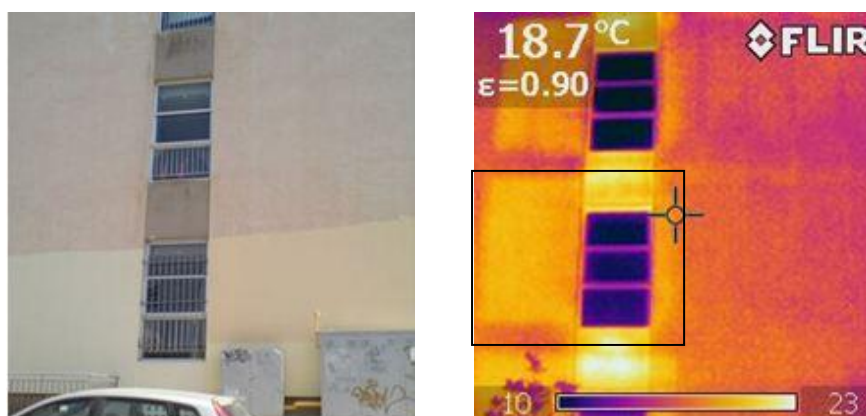
Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες φωτογραφίες, τόσο σε ψηφιακή μορφή όσο και σε υπέρυθρη και αναλύονται παρακάτω τα προβλήματα απωλειών θερμότητας που συναντήθηκαν.

### 5.1.1 Ισόγειο, 1<sup>ος</sup>, 2<sup>ος</sup> και 3<sup>ος</sup> όροφος



**Εικόνα 5.1:** Διαφορετικό Υλικό Κατασκευής (Χώρος 101)

Χώρος 101: Στον οριζόντιο τοίχο παρατηρείται μια περιοχή που είναι θερμότερη από τα υπόλοιπα σημεία του. Αυτό όπως φαίνεται από την εσωτερική πλευρά του τοίχου μπορεί να εξηγηθεί σαν διαφορετικό υλικό κατασκευής εφόσον δεν υπάρχει μόνωση στο κτίριο.

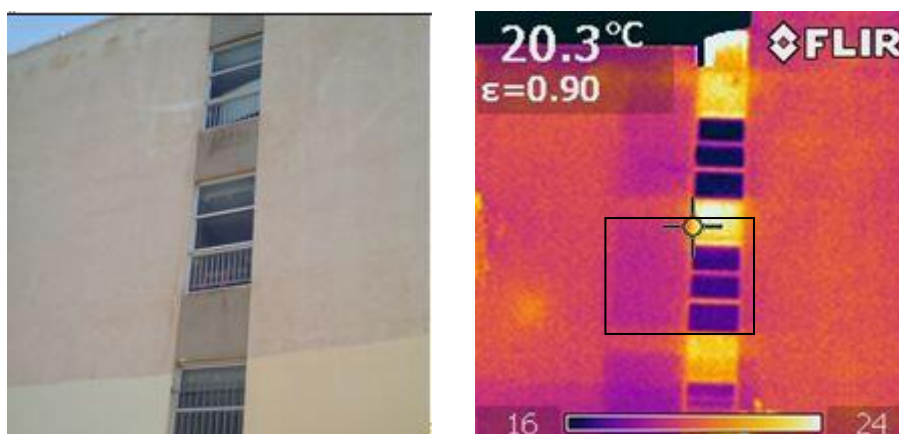


**Εικόνα 5.2:** Κούφωμα που έχει κλείσει (Χώρος 001)

Χώρος 001 (εξωτερικά): Στη φωτογραφία από θερμοκάμερα (η οποία πάρθηκε τις πρώτες βραδινές ώρες και μήνα Απρίλιο) απεικονίζεται ο ίδιος τοίχος (εικόνα 5.1) από την εξωτερική πλευρά. Όπως φαίνεται υπάρχουν περιοχές με μεγαλύτερη θερμοκρασία, σε σχέση με την υπόλοιπη τοιχοποιία, κάτι που δεν είναι εμφανές με γυμνό μάτι. Αυτές οφείλονται πιθανότατα σε παλιά κουφώματα που έχουν μικρύνει και τα οποία πληρώθηκαν με υλικό διαφορετικό από αυτό του υπόλοιπου τοίχου.

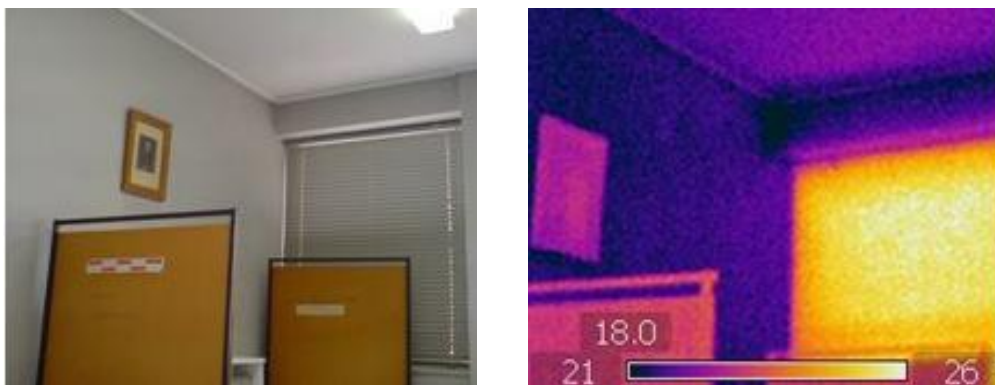
Εμφανής είναι επίσης η διαφορά θερμοκρασία στις περιοχές κάτω από τα παράθυρα. Παρατηρείται αυξημένη θερμοκρασία που οφείλεται στο διαφορετικό υλικό φέροντος οργανισμού που είναι εμφανές με γυμνό μάτι (κόκκινη τοιχοποιία).

Σημειώνεται ότι σε αυτή τη φωτογραφία όπως και σε αρκετές άλλες η ψηφιακή εικόνα λήφθηκε το πρωί ενώ η υπέρυθη το βράδυ για πρακτικούς σκοπούς.



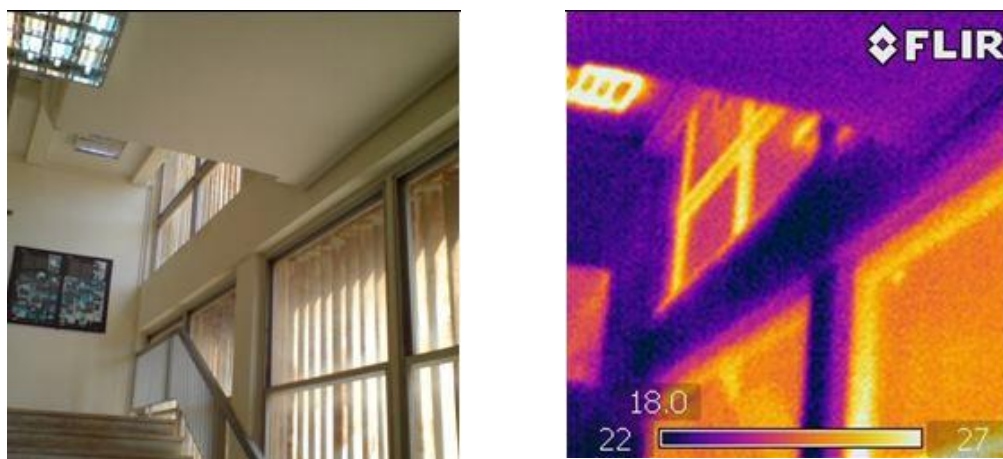
**Εικόνα 5.3:** Κουφώμα που έχει κλείσει (Χώρος 001)

Χώρος 001 (εξωτερικά): Η φωτογραφία δείχνει τα κουφώματα που έχουν κλείσει όπως και η προηγούμενη εικόνα. Η φωτογραφία αυτή πάρθηκε της πρώτες πρωινές ώρες, όταν έχει αυξηθεί λίγο η θερμοκρασία περιβάλλοντος, για αυτό και σε αντίθεση με πριν το καινούργιο υλικό παρουσιάζει πιο χαμηλή θερμοκρασία σε σχέση με την υπόλοιπη τοιχοποιία. Το βράδυ είχε κρυώσει το κτίριο και ενώ η υπόλοιπη τοιχοποιία έχει ζεσταθεί αυτό λόγω των ιδιοτήτων του άφησε μικρότερο ποσό θερμότητας να εισέλθει εντός της κατασκευής.



**Εικόνα 5.4:** Απώλειες υλικών (Χώρος 101)

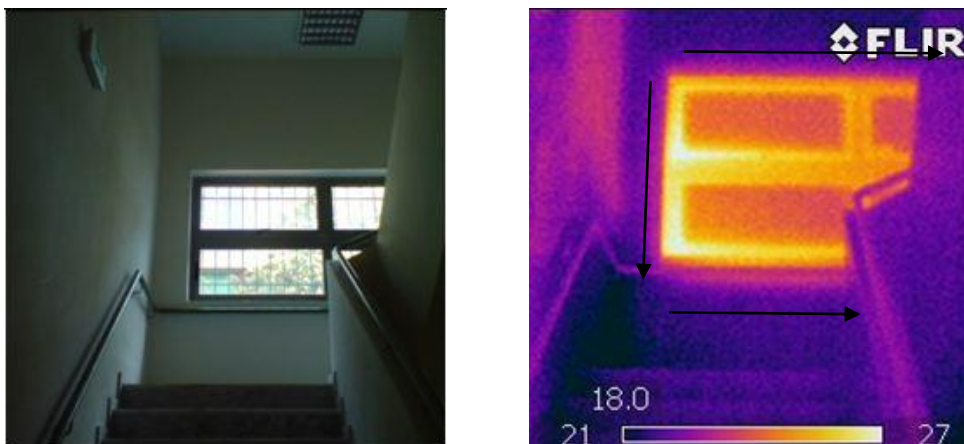
Χώρος 101: Τόσο στο εργαστήριο αυτό όσο και σε όλους τους χώρους παρατηρείται ότι από τους υαλοπίνακες διαπερνά γρήγορα μεγάλο ποσό θερμότητας. Όπως φαίνεται και στη φωτογραφία από τον υαλοπίνακα εισέρχεται πολύ μεγάλο ποσό θερμότητας σε σχέση με αυτό που εισέρχεται από την τοιχοποιία. Έτσι ο χώρος ζεσταίνεται πιο γρήγορα, ειδικά το καλοκαίρι. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και όταν ο χώρος θερμαίνεται το χειμώνα. Τα σημεία αυτά δεν είναι σε θέση να συγκρατήσουν την θερμότητα στο εσωτερικό της κατασκευής αλλά υπάρχει διαρροή προς το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι ο χώρος χρειάζεται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας για να φτάσει την επιθυμητή θερμοκρασία.



**Εικόνα 5.5:** Απώλειες από μονό υαλοπίνακα (Χώρος 033)

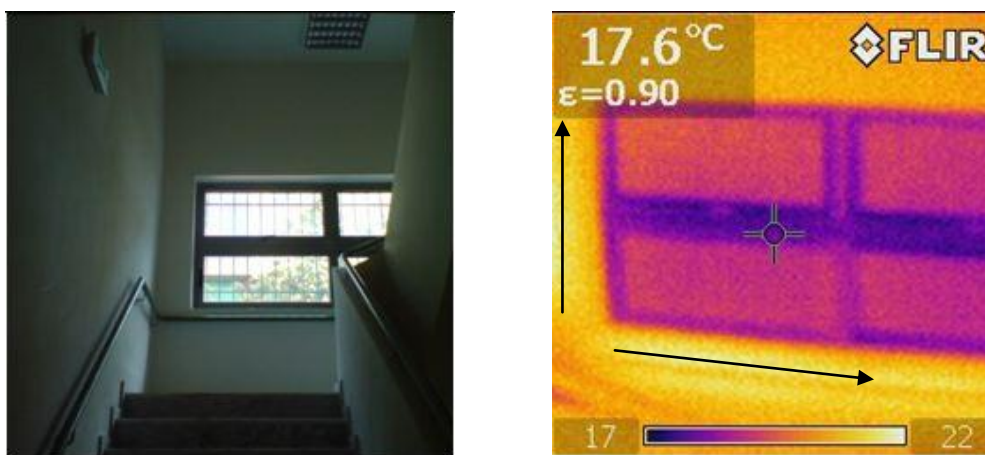
Χώρος 033: Όπως και στην προηγούμενη εικόνα το παράθυρο αν και φέρει κατακόρυφο με κλίση σκιάστρο αφήνει πολύ μεγάλο ποσό θερμότητας να εισέλθει εντός του κτιρίου. Αυτό οφείλεται στην παλαιότητα των υαλοπινάκων και στο γεγονός ότι είναι μονοί, απλοί υαλοπίνακες χωρίς κανένα είδος επιπρόσθετης μόνωσης





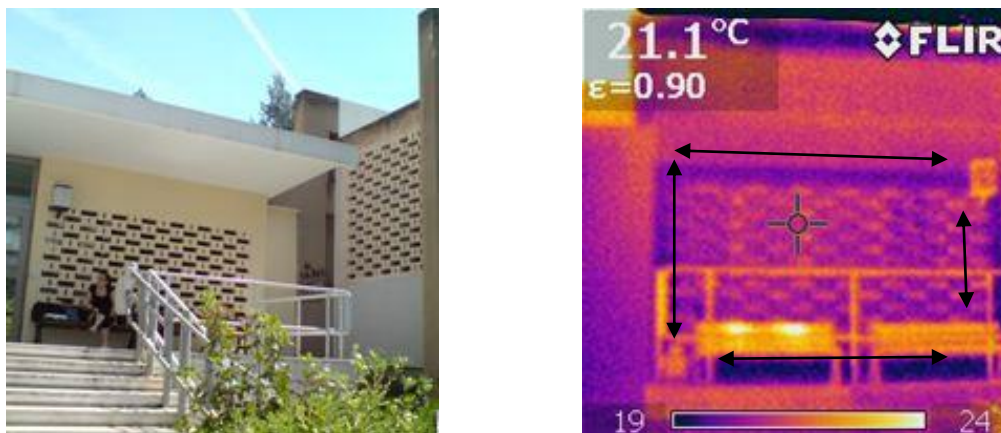
**Εικόνα 5.6:** Κούφωμα παραθύρου (Χώρος 041)

Χώρος 041: Οι θερμότερες περιοχές γύρω από τα ανοίγματα των παραθύρων, δημιουργήθηκαν από τον ζεστό εγκλωβισμένο αέρα στα κενά γύρω από το παράθυρο. Τα κασώματα των παραθύρων δεν είναι σχεδόν ποτέ εφικτό να εφαρμόσουν τέλεια με την τοιχοποιία λόγω των ανωμαλιών που δημιουργούνται στο κτίσιμο του τοίχου (ένωση τούβλων) γι' αυτό και παρατηρούνται απώλειες θερμότητας γύρω από τα παράθυρα.



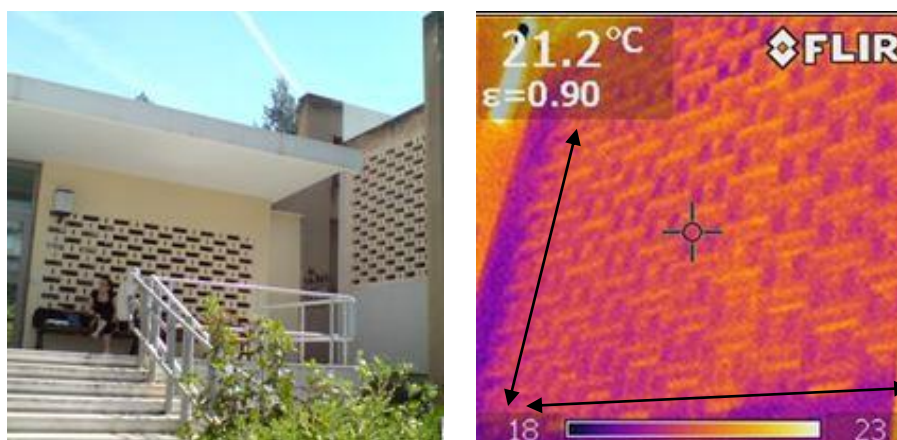
**Εικόνα 5.7:** Κούφωμα παραθύρου – χώρος 125

Χώρος 041: Η ίδια εικόνα με την εικόνα 5.6 αλλά λήφθηκε κατά τη διάρκεια της νύκτας



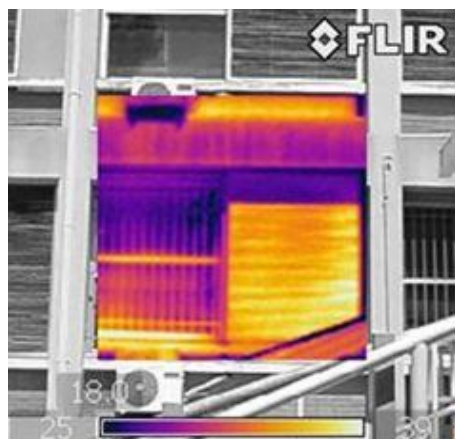
**Εικόνα 5.8:** Θερμογέφυρα (Χώρος 030)

Χώρος 030 (εξωτερικά): Ο τοίχος δεξιά από την πόρτα της εισόδου του κτιρίου είναι κατασκευασμένος από οριζόντια τούβλα τοποθετημένα κάθετα ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κτιρίου προσανατολισμένα προς τα δυτικά τα οποία σχηματίζουν κενά μεταξύ τους δημιουργώντας ομοιόμορφες εναλλαγές της θερμοκρασίας. Περιμετρικά, στην ένωση του τοίχου αυτού με τον συμβατικό τοίχο παρατηρείται θερμογέφυρα της οποίας τα σημεία εμφανίζουν χαμηλότερη θερμοκρασία.



**Εικόνα 5.9:** Θερμογέφυρα (Χώρος 026)

Χώρος 026 (εξωτερικά): Όπως και στην προηγούμενη εικόνα παρατηρείται θερμογέφυρα και στον τοίχο δεξιά της πρόσοψης του κτιρίου που είναι κατασκευασμένος με τον ίδιο τρόπο.



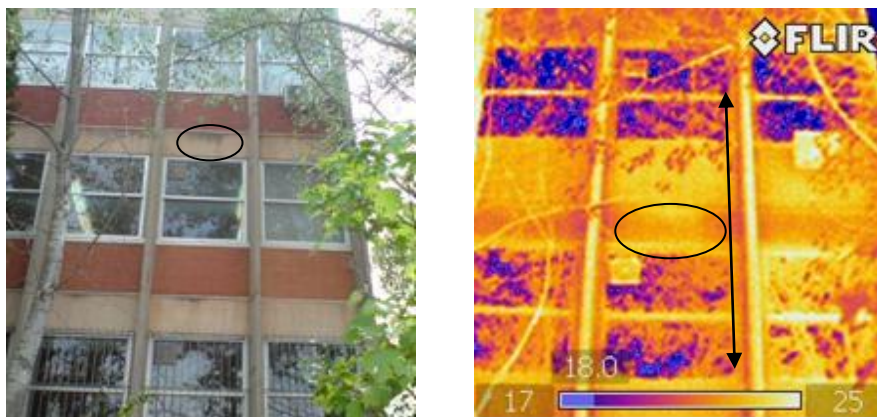
**Εικόνα 5.10:** Υγρασία (Χώρος 001)

Χώρος 001 (εξωτερικά): Ο τοίχος που βρίσκεται αριστερά από την είσοδο του κτιρίου παρουσιάζει υγρασία κάτω από τα κουφώματα των παραθύρων. Η υγρασία εμφανίζεται στην συγκεκριμένη περίπτωση κατερχόμενη και υπό μορφή γραμμών. Τα σημεία όπου εμφανίζεται έχουν υψηλότερη θερμοκρασία σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σημεία της τοιχοποιίας.



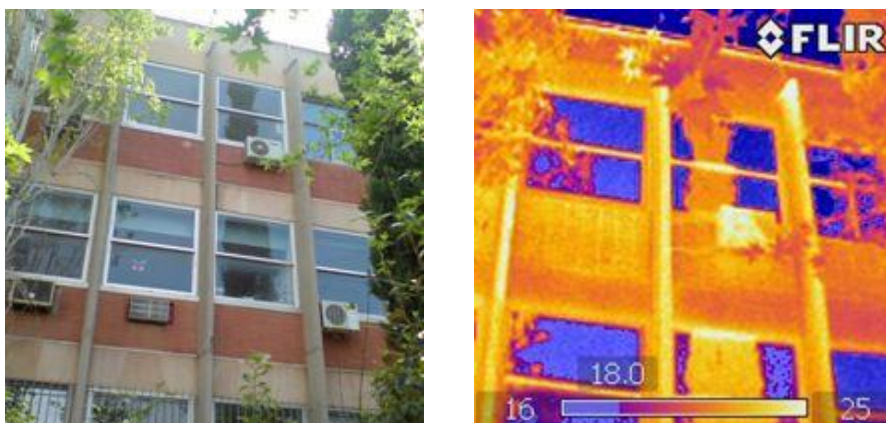
**Εικόνα 5.11:** Διαφορετικό Υλικό Κατασκευής (Χώρος 001)

Χώρος 001 (εξωτερικά): Δυτικός τοίχος. Κάτω από κάθε παράθυρο παρατηρείται διαφορετικό υλικό κατασκευής



**Εικόνα 5.12:** Υγρασία, θερμογέφυρα (Χώρος 201)

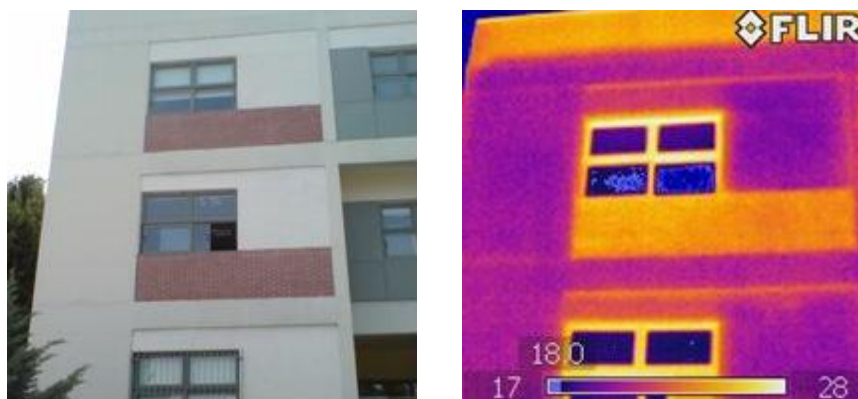
Χώρος 201 (εξωτερικά): Κάτω από το δεύτερο παράθυρο παρατηρείται με γυμνό μάτι υγρασία και μούχλα που φαίνονται στη θερμοκάμερα με ψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση μετά υπόλοιπα σημεία. Υγρασία και μούχλα παρουσιάζεται σχεδόν κάτω από όλα τα παράθυρα του τοίχου αυτού ο οποίος εκτείνεται μέχρι την καινούργια πτέρυγα. Επίσης στην ένωση του φέροντος οργανισμού (εξωτερικές απολήξεις στις κολώνες) με την τοιχοποιία φαίνονται θερμογέφυρες που έχουν χαμηλή θερμοκρασία.



**Εικόνα 5.13:** Στοιχεία φέροντος οργανισμού – βόρεια πλευρά παλαιάς πτέρυγας

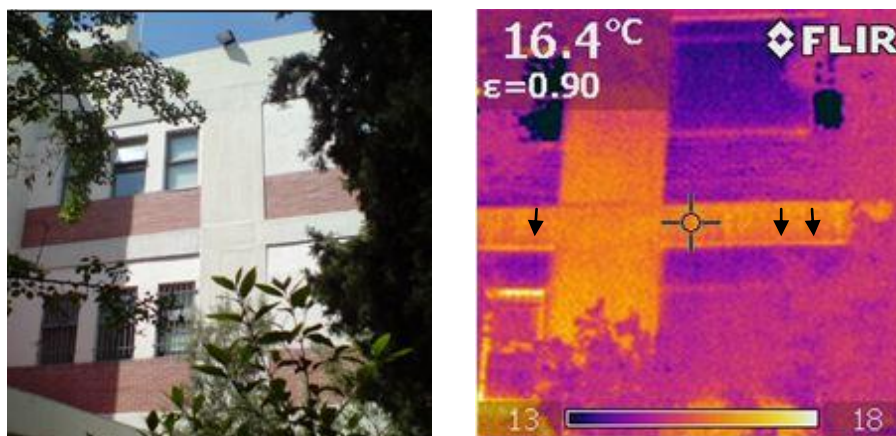
Όλοι οι χώροι της παλιάς πτέρυγας στη βόρεια πλευρά του κτιρίου: Τόσο η κόκκινη όσο και η μπέζ τοιχοποιία δεν είναι μονωμένες, για αυτό και παρουσιάζουν υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με τους υαλοπίνακες κατά τη διάρκεια της νύκτας. Παρουσιάζουν μικρή διαφορά θερμοκρασία μεταξύ τους διότι είναι κατασκευασμένες από διαφορετικό υλικό.





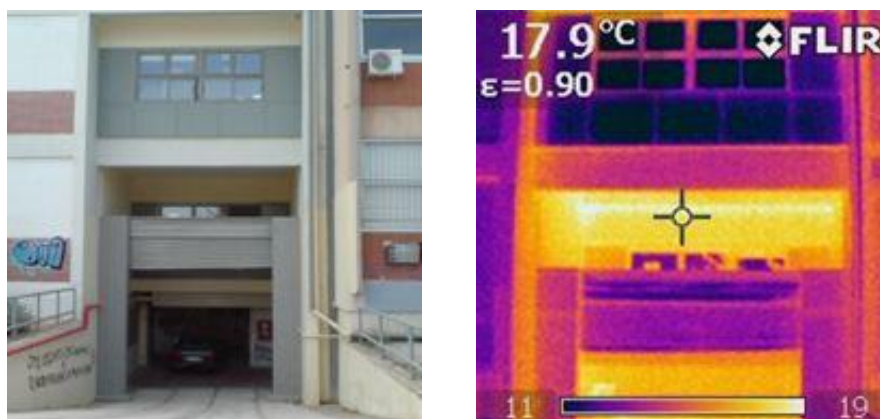
**Εικόνα 5.14:** Στοιχεία φέροντος οργανισμού (πλάκα οροφής) – βόρεια πλευρά καινούργιας πτέρυγας

Στο σημείο ένωσης του φέροντος οργανισμού (μέτωπο πλάκας οροφής) με το βόρειο τμήμα του τοίχου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη σε σχέση με τα σημεία της υπόλοιπης τοιχοποιίας. Δημιουργήθηκε θερμογέφυρα λόγω της μειωμένης θερμικής αντίστασης στα σημεία αυτά.



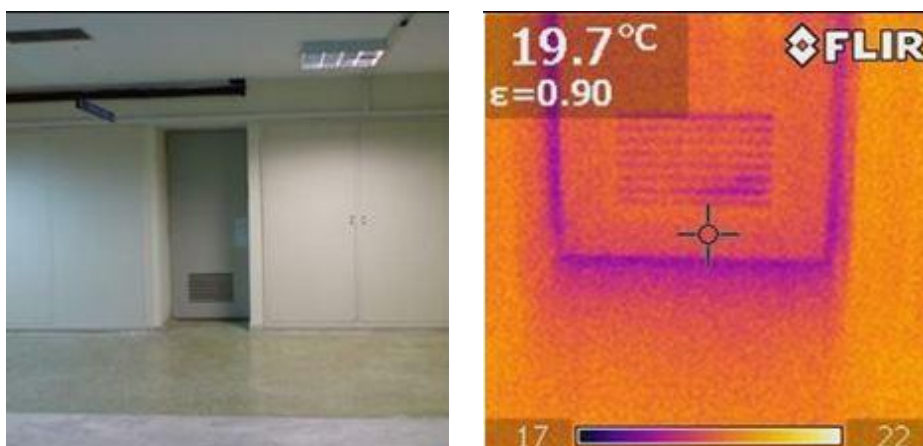
**Εικόνα 5.15:** Θερμογέφυρα σε στοιχεία φέροντος οργανισμού (κολώνες, ενδιάμεσο πάτωμα), υγρασία (Χώροι 219, 220, 320, 321)

Χώρος 219,220,320,321(εξωτερικά): Όπως και στην προηγούμενη φωτογραφία τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού (κολώνα και πάτωμα 3<sup>ου</sup> ορόφου) έχουν διαφορετική θερμοκρασία σε σχέση με την τοιχοποιία (κίτρινες περιοχές). Επίσης στο ενδιάμεσο πάτωμα, σε όλο το μήκος του μετώπου της πλάκας, είναι εμφανής κατερχόμενη υγρασία. Η υγρασία έχει ακόμη υψηλότερη θερμοκρασία και από το μέτωπο πλάκας



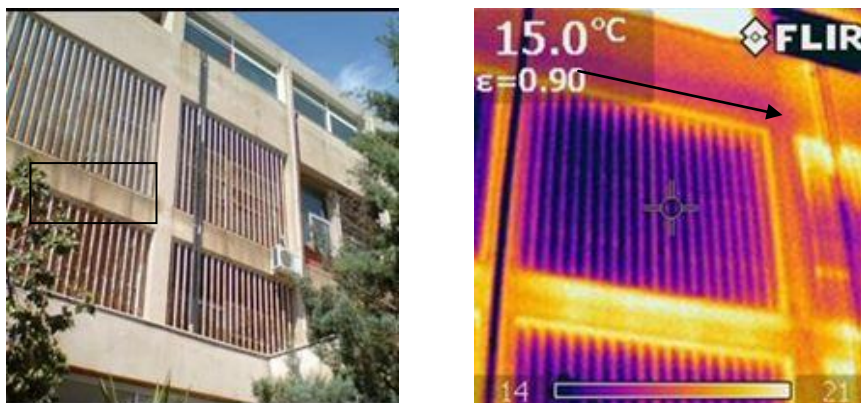
**Εικόνα 5.16:** Υγρασία (Χώροι 113, 114)

Χώρος 113.114 (εξωτερικά): Στην ένωση του πατώματος του 1<sup>ου</sup> ορόφου με την οριζόντια τοιχοποιία του ισογείου εμφανίζεται θερμογέφυρα. Η αυξημένη θερμοκρασία στα σημεία αυτά οφείλεται στην ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της κατασκευής. Καθώς η φωτογραφία πάρθηκε νύκτα, τα σημεία αυτά δεν μπορούν να συγκρατήσουν τη θερμότητα που απέκτησε το κτίριο κατά τη διάρκεια της μέρας στο εσωτερικό του, αφήνοντας τη να διαφύγει.



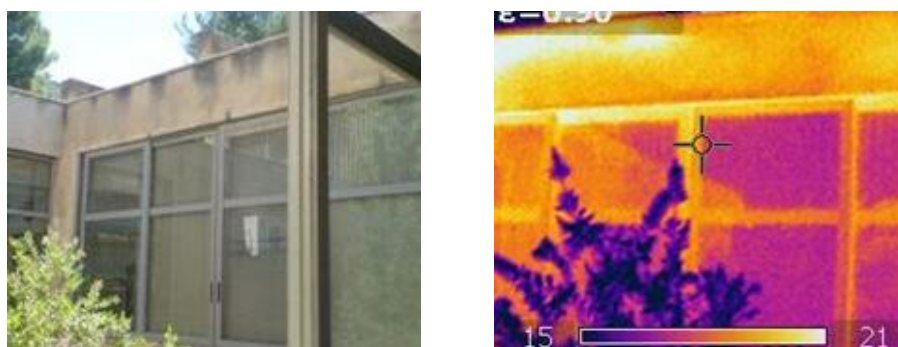
**Εικόνα 5.17:** Διαρροή αέρα (Χώρος 112, 129)

Χώρος 112,129: Η διαρροή αέρα γύρω από το άνοιγμα δημιουργεί ψυχρότερες περιοχές (ο αέρας που εισέρχεται στον διάδρομο έχει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον χώρο του γραφείου). Αυτό συμβαίνει διότι η φωτογραφία πάρθηκε νύκτα και το γραφείο είναι χώρος που ο ένας του τοίχος είναι μέρος του εξωτερικού κελύφους. Έτσι το γραφείο μείωσε τη θερμοκρασία του γρήγορα ενώ ο διάδρομος που είναι εσωτερικός χώρος ακόμα. Παρατηρείται ότι ο αέρας έχει μορφή γραμμών.

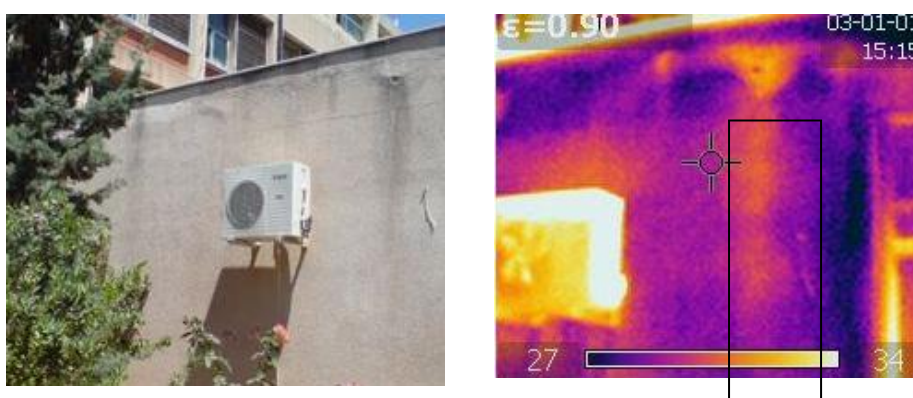


**Εικόνα 5.18:** Υγρασία, στοιχεία φέροντος οργανισμού (Χώρος 235)

Χώρος 235 (εξωτερικά): Κάτω από το κούφωμα παρατηρείται κατερχόμενη υγρασία που έχει υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με το παράθυρο. Πάνω από το κούφωμα παρατηρείται πιο ψυχρό το μέτωπο πλάκας που το βράδυ μειώνει τη θερμοκρασία του πιο γρήγορα από την υπόλοιπη τοιχοποιία.



**Εικόνα 5.19:** Υγρασία (Χώρος 031)



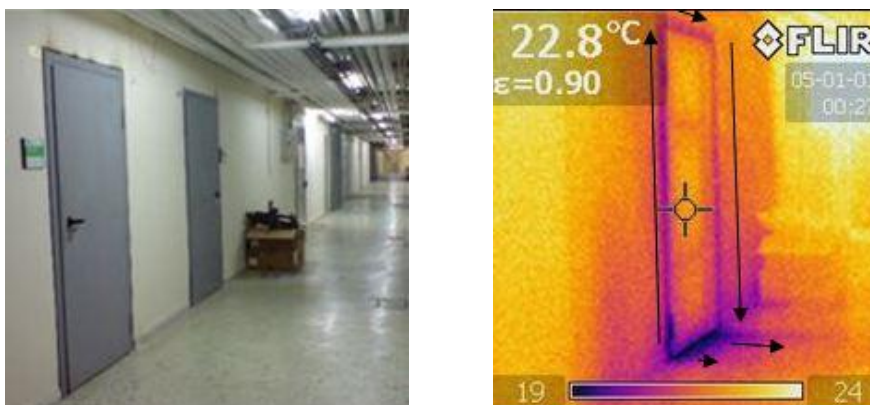
**Εικόνα 5.20:** Υγρασία (Χώρος 031)

Χώρος 031: Υγρασία παρατηρείται σε όλους σχεδόν τους τοίχους της κατασκευής. Αυτό οφείλεται στην απουσία μόνωσης που αφήνει το νερό να εισχωρήσει στην τοιχοποιία και να δημιουργήσει σε αρκετές περιπτώσεις μούχλα που προκαλούν αντιαισθητική εικόνα σε όποιον την αντικρίζει.



### 5.1.2 Υπόγειο

Στο υπόγειο εκ πρώτης όψεως παρατηρήθηκαν πολλές ατασθαλίες που προκαλούν εν γένει απώλειες θερμότητας. Το υπόγειο συνορεύει με το έδαφος και δεν είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία. Ως εκ τούτου πολύ δύσκολα εκτελούνται σε αυτό θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι μεταβολές είναι πολύ αργές και μικρές. Όλα τα στοιχεία που συνορεύουν ή βρίσκονται μέσα στο έδαφος (υλικά τοίχων, πατώματος, σωληνώσεις, άλλοι αγωγοί κτλ) αποκτούν τη θερμοκρασία εδάφους. Αυτό καθιστά το υπόγειο αναποτελεσματικό χώρο για θερμογράφηση.



**Εικόνα 5.21:** Διαρροή αέρα (Χώρος Y44)

Χώρος Y44: Από το κούφωμα της πόρτας του χώρου Y04 εισέρχεται στο διάδρομο του υπογείου κρύος αέρας. Αυτό συμβαίνει διότι ο χώρος Y04 είναι ένα εργαστήριο λείζερ το οποίο κλιματίζεται. Συνεπώς, έχει πιο χαμηλή θερμοκρασία σε σχέση με το διάδρομο και ο αέρας που περνά από το κούφωμα της πόρτας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον διάδρομο.



**Εικόνα 5.22:** Υπόγειο (Χώρος Y44)



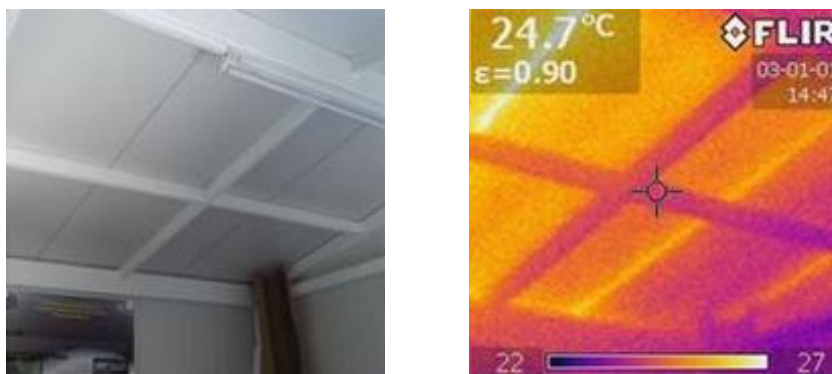


**Εικόνα 5.23:** Υπόγειο (Χώρος Υ44)

Χώρος Υ44 :Στο υπόγειο υπάρχουν αρκετές ατασθαλίες που προκαλούν απώλειες θερμότητας που όμως δεν διακρίνονται στη θερμοκάμερα. Το υπόγειο δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και επομένως διατηρεί σταθερή και ίδια θερμοκρασία σε όλα τα υλικά που βρίσκονται σε αυτό.

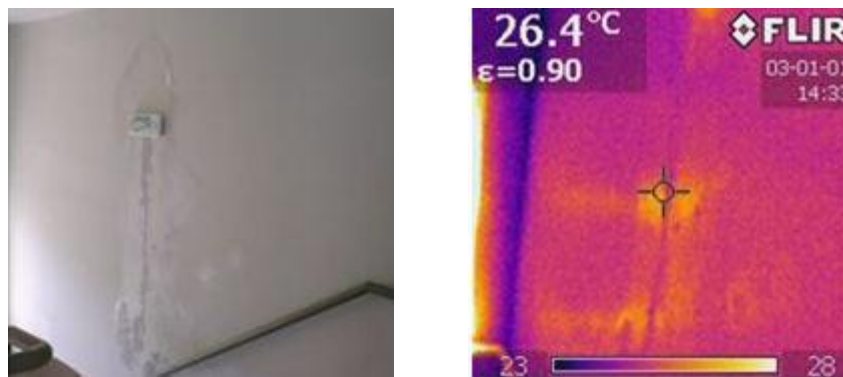
### 5.1.3 Δώμα

Το δώμα είναι κατά κύριο λόγο εξωτερικός χώρος (βεράντα). Στεγάζεται ένα εργαστήριο λέιζερ κατασκευασμένο από πάνελ πολυστερίνης που φτιάχτηκε ειδικά για το σκοπό αυτό.



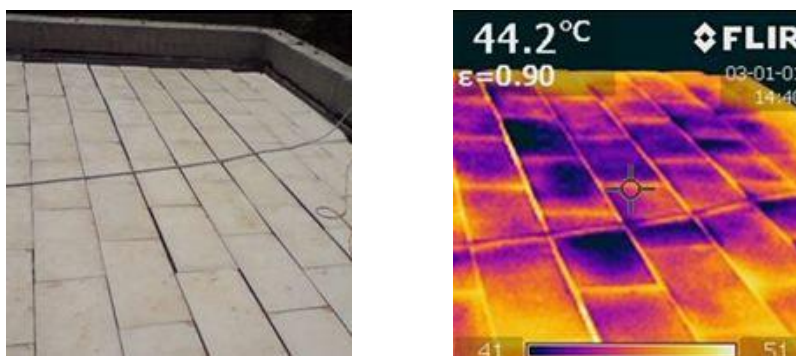
**Εικόνα 5.24:** Δώμα (Χώρος Δ2)

Χώρος Δ2: Οι ενώσεις των πάνελ μεταξύ τους παρατηρούνται τόσο μέσω γυμνού οφθαλμού, όσο και μέσω της θερμοκάμερας, καθώς έχει μείνει ένα μικρό διάκενο μεταξύ τους.



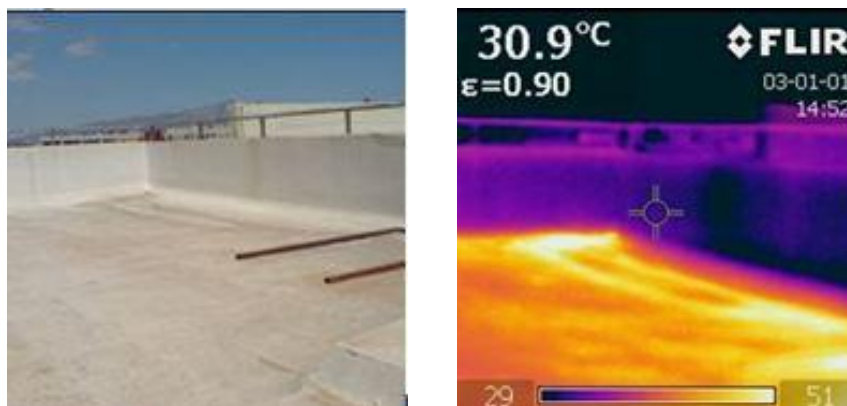
**Εικόνα 5.25:** Δώμα (Χώρος Δ3)

Χώρος Δ3: Γύρω και κάτω από το φως κινδύνου παρατηρείται υγρασία η οποία προκάλεσε τη φθορά του τοίχου. Επειδή ο συγκεκριμένος χώρος δύσκολα αερίζεται είναι πολύ εύκολο να δημιουργηθεί συμπύκνωση στους τοίχους. Όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από την θερμοκρασία δρόσου ο παγιδευμένος ψυχρός αέρας μετατρέπεται σε υγρασία και εισχωρεί στην τοιχοποιία.



**Εικόνα 5.26:** Δώμα (Χώρος Δ5)

Χώρος Δ5 γύρω από Δ1: Παρατηρείται υγρασία εσωτερικά του πατώματος. Η υγρασία πιθανότατα οφείλεται στην απουσία μονωτικής στρώσης η οποία αφήνει το νερό της βροχής να εισέλθει στην κατασκευή. Η φωτογραφία πάρθηκε τις πρώτες πρωινές ώρες όταν το νερό δεν έχει ζεσταθεί ακόμα σε σχέση με το υλικό του πατώματος. Έτσι οι περιοχές που συγκρατούν υγρασία είναι ψυχρότερες (σκούρα χρώματα).



**Εικόνα 5.27:** Δώμα – χώρος βεράντα δώματος

Χώρος εξωτερικά του δώματος (βεράντα): Παρατηρείται αντίστοιχο φαινόμενο απορρόφησης υγρασίας στο πάτωμα όπως και στην προηγούμενη εικόνα. Φαίνεται επίσης υγρασία στον κατακόρυφο τοίχο η οποία παρουσιάζει αντίστοιχα χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με την υπόλοιπη τοιχοποιία.

## 5.2 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάθηκε στον τριφασικό μετασχηματιστή (Μ/Σ) που τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια το κτίριο. Στο κτίριο «Φυσικής» υπάρχουν δύο Μ/Σ ίδιου τύπου. Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάθηκε στον ένα εκ των δύο Μ/Σ, επομένως τα αποτελέσματα που μετρήθηκαν πολλαπλασιάζονται επί δύο ώστε να υπολογιστεί η ακριβής τιμή ενέργειας που παρέχεται από το δίκτυο.

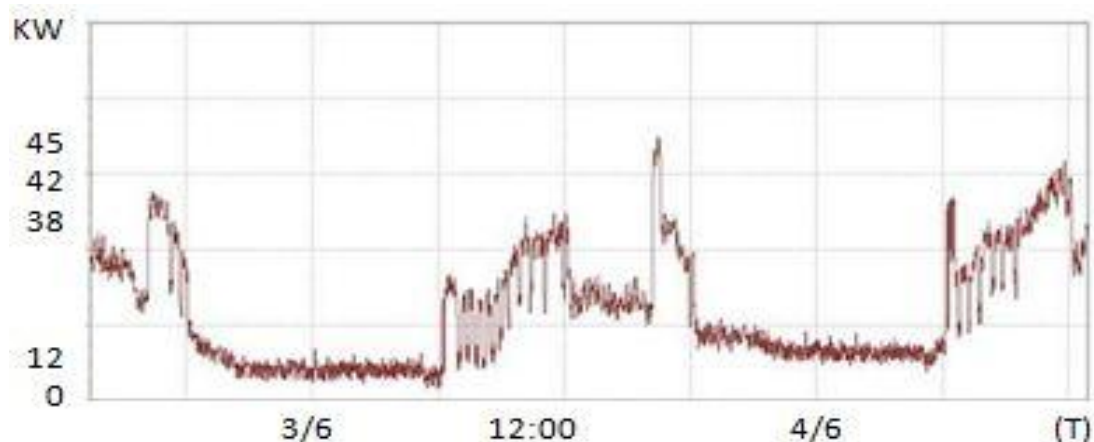
Σημειώνεται ότι οι δύο μετασχηματιστές καλύπτουν τις ηλεκτρικές ανάγκες του κτιρίου όπως το φωτισμό, τη θέρμανση και ψύξη μέσω της κλιματιστικής μονάδας της καινούργιας πτέρυγας, τον κλιματισμό της παλιάς πτέρυγας μέσω κλιματιστικών A/C τους καλοκαιρινούς μήνες, τη λειτουργία εργαστηριακών οργάνων, συσκευών, ανελκυστήρων και Η/Υ.

Ο αναλυτής εγκαταστάθηκε στο μηχανοστάσιο τον Ιούνιο του 2010 (2/6 - 4/6) και τον Ιούλιο του 2010 (6/7 - 12/7). Τον μήνα Ιούλιο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της κατανάλωσης λόγω της αυξημένης λειτουργίας των κλιματιστικών.

### 5.2.1 Γραφικές παραστάσεις από αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν την κατανάλωση του κτιρίου σε ενεργό, άεργο ισχύ και μέση τιμή συντελεστή ισχύος όπως καταγράφηκαν από τον

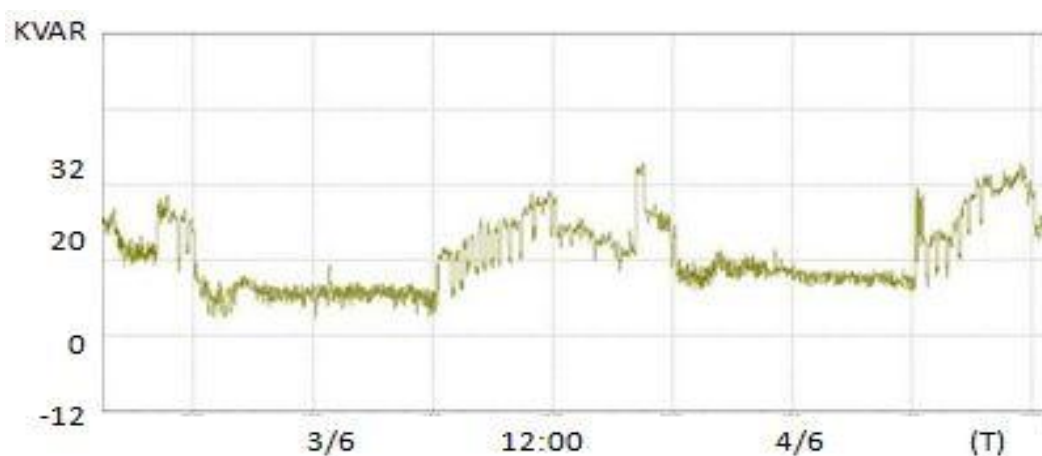
αναλυτή για τον πρώτο μετασχηματιστή. Παρουσιάζεται η κατανάλωση συνολικά για όλες τις μέρες που ήταν εγκατεστημένος ο αναλυτής καθώς και ξεχωριστά σε εργάσιμες ημέρες (καθημερινές) και μη εργάσιμες ημέρες (Σαββατοκύριακο).



**Σχήμα 5.1:** Συνολική ενεργός ισχύς σε συνάρτηση με το χρόνο

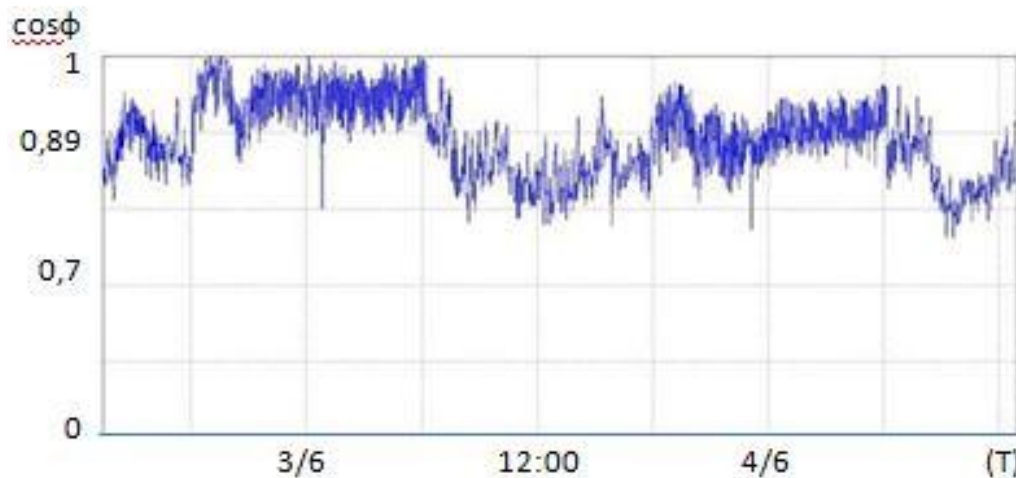
Πρόκειται για 3 εργάσιμες μέρες για αυτό και παρατηρούνται κυκλικές περιοχές τιμών. Τις μεσημεριανές ώρες παρατηρείται η μέγιστη ισχύς η οποία φτάνει τα 90 kW τη δεύτερη μέρα (στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η ενεργός ισχύς για έναν εκ των 2 μετασχηματιστών), τα 76 kW την πρώτη και τα 84 kW την τρίτη μέρα. Σημαντικό μέρος αυτής οφείλεται στη λειτουργία του κεντρικού συστήματος κλιματισμού και των επιμέρους κλιματιστικών.

Κατά τις βραδινές ώρες παρατηρείται ότι η ισχύς παραμένει σταθερή στα 24 - 30 kW, που οφείλεται στα εργαστηριακά όργανα που λειτουργούν επί 24-ώρου βάσεως, σε Η/Υ που παραμένουν σε κατάσταση «stand by» καθώς και στις ανάγκες φωτισμού των εξωτερικών χώρων του κτιρίου (2 προβολείς). Επίσης κάποια φώτα στους κοινόχρηστους χώρους λειτουργούν τις βραδινές ώρες για λόγους ασφαλείας.



**Σχήμα 5.2:** Συνολική άεργος ισχύς (kVAR) σε συνάρτηση με το χρόνο (2/6-4/6/2010)

Η μέση τιμή της άεργου ισχύος είναι 40 kVAR και στις ώρες αιχμές φτάνει τα 64 kVAR.



**Σχήμα 5.3:** Μέση τιμή συντελεστή ισχύος σε συνάρτηση με το χρόνο (2/6-4/6/2010)

Στην παραπάνω γραφική παράσταση ο συντελεστής ισχύος κυμαίνεται από 0,7 μέχρι 1 με μέσο όρο 0,89 που θεωρείται αρκετά καλή τιμή. Η μείωση του συντελεστή ισχύος προκαλείται από την αύξηση της άεργου ισχύος που οφείλεται στη λειτουργία «μεγάλων» φορτίων, όπως το κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Γενικά από όλες τις γραφικές παραστάσεις που λήφθηκαν όσον αφορά το συντελεστή ισχύος παρατηρείται ότι στο κτίριο «Φυσικής» ο συντελεστής είναι πολύ υψηλός.



**Σχήμα 5.4:** Συνολική ενεργός ισχύς (kW) σε συνάρτηση με το χρόνο (6/7-12/7/2010)

Η παραπάνω γραφική παράσταση αφορά τις μετρήσεις μιας εβδομάδας. (6/7-12/7/2010). Δηλαδή καταγράφηκαν δεδομένα για πέντε εργάσιμες μέρες και το Σαββατοκύριακο. Όπως ήταν αναμενόμενο τις εργάσιμες ημέρες η κατανάλωση είναι αυξημένη την ημέρα και μειωμένη το βράδυ ενώ το Σαββατοκύριακο έχει σχετικά



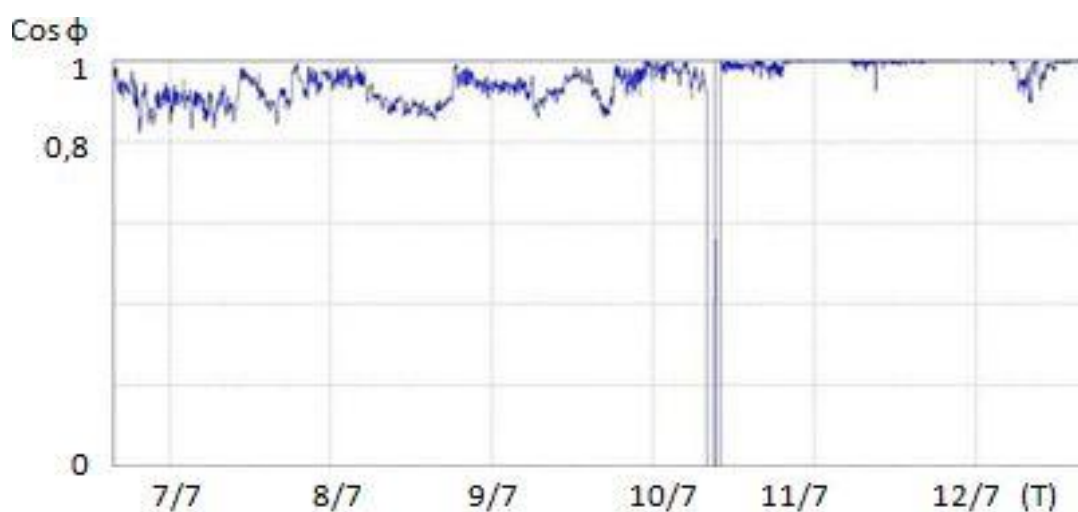
σταθερή τιμή. Το Σαββατοκύριακο η κατανάλωση είναι σε χαμηλότερο επίπεδο σε σχέση με αυτό που καταγράφεται τις βραδινές ώρες των εργάσιμων ημερών.

Παρατηρείται ότι την 10<sup>η</sup> Ιουλίου (Σάββατο) υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις στην ηλεκτρική ισχύ. Πιθανότατα οφείλονται σε εργασίες που έγιναν στο κτίριο «Φυσικής» και οι οποίες προκάλεσαν διακοπή του ρεύματος. Επίσης η κατανάλωση ισχύος την Πέμπτη 8/7 είναι μειωμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες εργάσιμες ημέρες. Πράγματι, εκείνη την ημέρα έγινε απεργία σε δημόσιο και ιδιωτικό τομέα και δεν διενεργήθηκαν κανονικά οι λειτουργίες του κτιρίου.

Επίσης η μέση κατανάλωση του μήνα Ιουλίου (44KW) είναι αυξημένη σε σχέση με τη μέση κατανάλωση Ιουνίου (38KW). Γενικά όσο πιο ζεστές είναι οι ημέρες αυξάνεται περισσότερο η κατανάλωση λόγω της λειτουργίας των κλιματιστικών



**Σχήμα 5.5:** Συνολική άεργος ισχύς (kVAR) σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7-12/7/2010)



**Σχήμα 5.6:** Μέση τιμή συντελεστή ισχύος σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7-12/7/2010)

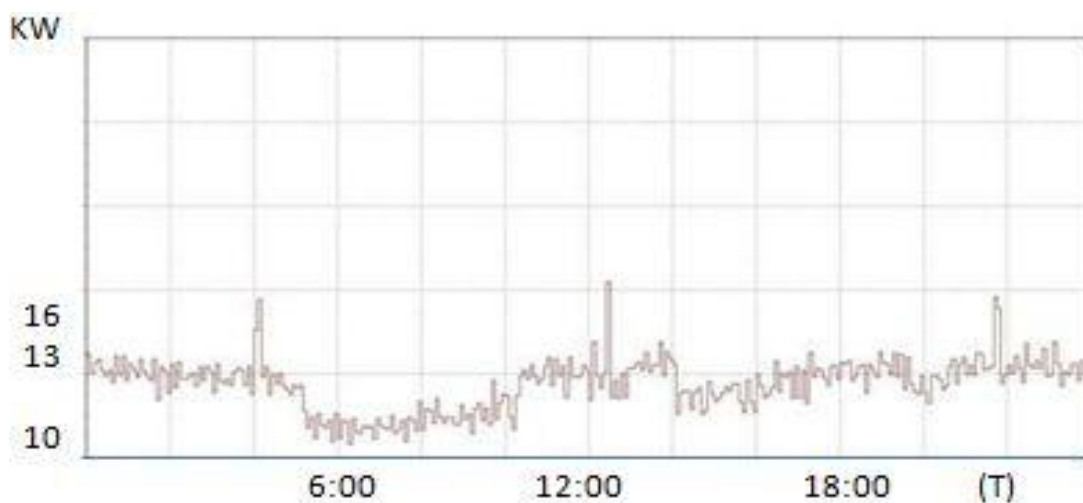
Όπως και στην γραφική παράσταση της ισχύος (σχήμα 5.4) έτσι και στη γραφική παράσταση του συντελεστή ισχύος συναρτήσει του χρόνου είναι εμφανείς οι αυξομειώσεις που πιθανότατα δημιουργήθηκαν από εργασίες που έγιναν στο κτίριο την 10<sup>η</sup> Ιουλίου.

Ο συντελεστής ισχύος είναι εξαιρετικά καλός, καθώς για τις μετρήσεις Ιουλίου έχει μέσο όρο 0,91.



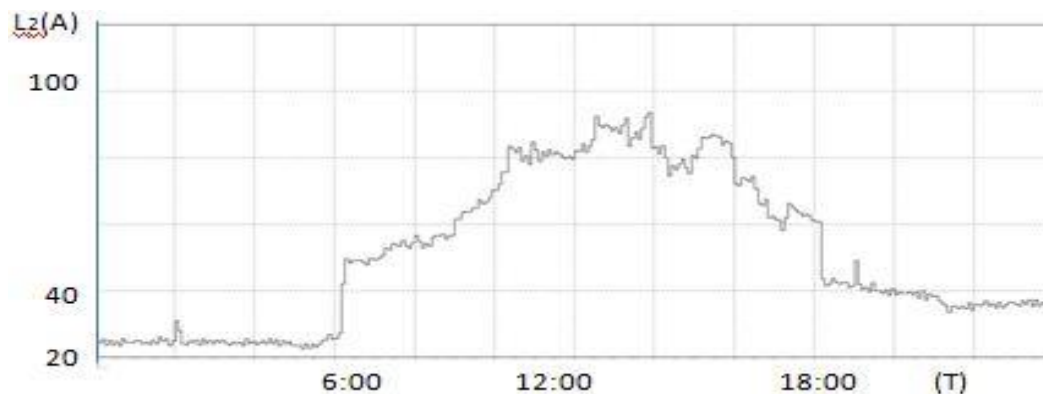
**Σχήμα 5.7:** Συνολική ενεργός ισχύς (kW) σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7/2010 - εργάσιμη ημέρα)

Στο Σχήμα 5.7 απεικονίζεται η ηλεκτρική κατανάλωση σε μια εργάσιμη μέρα του Ιουλίου. Παρατηρείται ότι από τις 6:00 το πρωί άρχισε σταδιακά η λειτουργία των χώρων του κτιρίου, ενώ το διάστημα αιχμής είναι 10:00 – 16:00. Συγκεκριμένα γύρω στη 1:00 μ.μ παρατηρείται η μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος. Έπειτα σταδιακά μειώνεται η κατανάλωση (6:00 μ.μ) και πέφτει σε σταθερή χαμηλή τιμή (22kW).



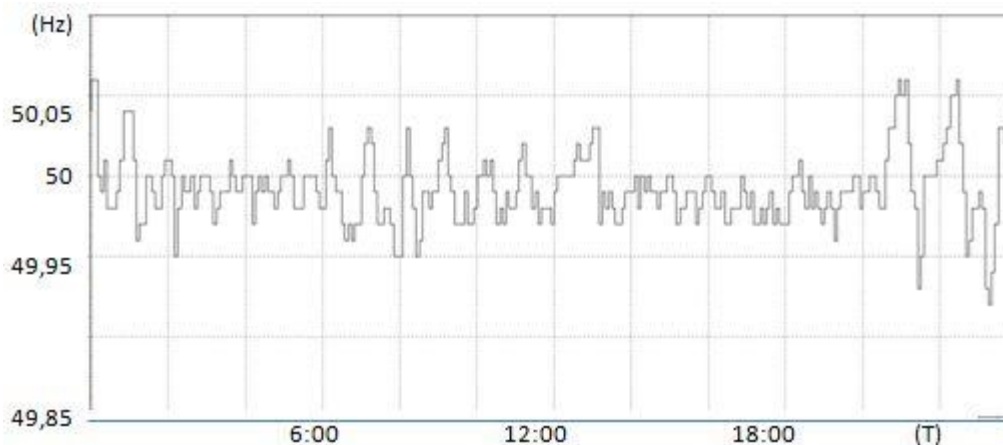
**Σχήμα 5.8:** Συνολική ενεργός ισχύς (KW) σε συνάρτηση με το χρόνο (11/7/2010, Κυριακή)

Σε μια μη εργάσιμη δεν παρατηρούνται αξιοσημείωτες μεταβολές όσον αφορά την ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου, παρά μόνο μία μικρή αύξηση κατά τις μεσημεριανές ώρες. Επίσης φαίνεται η μείωση της κατανάλωσης ισχύος στις 6:00 το πρωί όταν σβήνει ο νυκτερινός φωτισμός και η αύξηση στις 20:00 το βράδυ όταν ανάβει.



**Σχήμα 5.9:** Ρεύμα 2<sup>ης</sup> φάσης (A) σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7/2010, εργάσιμη)

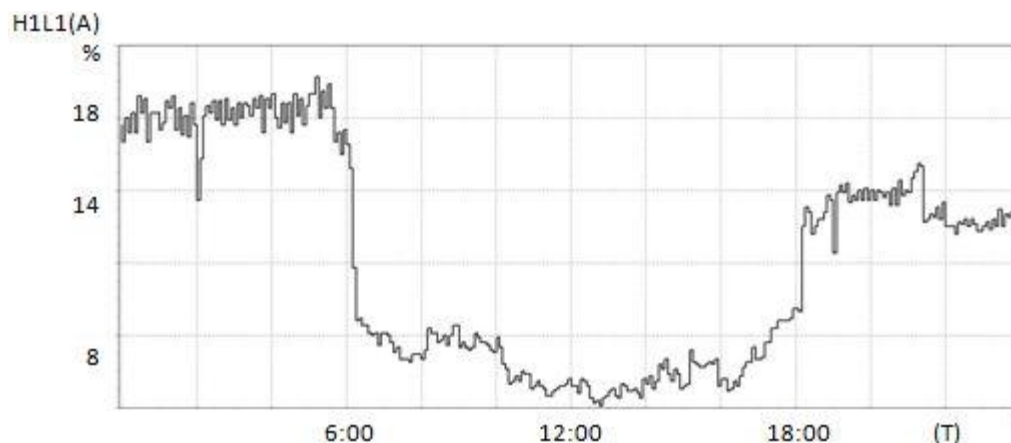
Αντίστοιχα, η ένταση του ρεύματος όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα έχει την ίδια μορφή με την ενεργό ισχύ της αντίστοιχης ημέρας και η μέγιστη τιμή τις ώρες αιχμής φτάνει τα 80 A. Είναι εμφανής η αύξηση του ρεύματος στις 6:00 το πρωί. Πιθανότατα άναψαν τα φώτα στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου τα οποία είναι σε λειτουργία και τις ώρες της ημέρας.



**Σχήμα 5.10:** Συχνότητα (Hz) σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7/2010 – εργάσιμη ημέρα)

Η συχνότητα κυμαίνεται περί την τιμή 50 Hz με πολύ μικρές αυξομειώσεις.





**Σχήμα 5.11:** Συντελεστής Αρμονικών Ρεύματος (A) σε συνάρτηση με το χρόνο (7/7/2010 – εργάσιμη ημέρα)

Υπάρχουν μικρές σχετικά αρμονικές του ρεύματος οι οποίες ωστόσο δε δημιουργούν πρόβλημα στην ηλεκτρική εγκατάσταση του κτιρίου. Απο τη γραφική παράσταση φαίνεται ότι στις ώρες αιχμής (10:00-16:00) υπάρχουν μεγαλύτερες αρμονικές λόγω της σύνδεσης στο δίκτυο οργάνων και κλιματιστικών.

## 5.2.2 Στατιστικά στοιχεία αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

Στον παρακάτω πίνακα, παραθέτονται συνοπτικά, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τον αναλυτή. Στην τελευταία στήλη φαίνονται οι τιμές που υπολογίστηκαν συνολικά για τους δύο όμοιους μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι.

**Πίνακας 5.1.:** Στατιστικά στοιχεία αναλυτή ηλεκτρικής Ενέργειας

Ημέρα		KWh
3-Ιουν-2010	Πέμπτη	1000,32
5-Ιουν-2010	Σάββατο	764,74
6-Ιουν-2010	Κυριακή	734,98
7-Ιουλ-2010	Τετάρτη	1522,54
8-Ιουλ-2010	Πέμπτη	1491,26
9-Ιουλ-2010	Παρασκευή	1513,46
10-Ιουλ-2010	Σάββατο	631,84
11-Ιουλ-2010	Κυριακή	609

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου τις εργάσιμες ημέρες του Ιουνίου είναι μεγαλύτερες από αυτές των μη εργάσιμων ημερών (Σαββατοκύριακο) όπως ήταν αναμενόμενο. Το ίδιο συμβαίνει και για τον μήνα Ιούλιο.

Επίσης τον μήνα Ιούλιο κατά τις εργάσιμες ημέρες η κατανάλωση είναι αυξημένη περίπου 1,5 φορά σε σχέση με τις εργάσιμες ημέρες του Ιουνίου. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη χρήση των κλιματιστικών.

Για τις μη εργάσιμες ημέρες παρατηρείται μια μικρή διαφοροποίηση των στοιχείων σε σχέση με τα αναμενόμενα. Η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη το Σαββατοκύριακο του Ιουνίου σε σχέση με αυτό του Ιουλίου. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι η εαρινή εκπαιδευτική περίοδος τελειώνει αρχές Ιουλίου και μερικά εργαστηριακά όργανα σταματούν να λειτουργούν.

Κατά μέσο όρο, η κατανάλωση του κτιρίου όπως αυτή υπολογίστηκε βάσει των μετρήσεων του αναλυτή, έχει ως εξής:

**Πίνακας 5.2:** Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας

	Μέσος όρος κατανάλωσης (KWh)
Εργάσιμες Ημέρες	1381,895
Σαβατο ή Κυριακή	680,64

Οι μετρήσεις αυτές πάρθηκαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η κατανάλωση ενέργειας είναι αυξημένη λόγω των κλιματιστικών.

### 5.3 Αναλυτής καυσαερίων

Το κτίριο Φυσικής διαθέτει 2 λέβητες φυσικού αερίου για τη θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας. Έναν αριστερά και ένα δεξιά του κτιρίου οι οποίοι δουλεύουν εναλλάξ (ταυτόχρονα δουλεύουν μόνο κατά την εκκίνηση). Για το τρέχον έτος λειτουργήσαν από τις 16 Νοεμβρίου μέχρι τις 19 Απριλίου. Η ενέργεια που παράγεται από αυτούς χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας.

Οι μετρήσεις στους λέβητες, με τον αναλυτή καυσαερίων, έγιναν στις 16 Απριλίου του 2010 στα τέλη της χειμερινής περιόδου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εγκατάσταση και λειτουργία του αναλυτή καυσαερίων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3 :

**Πίνακας 5.3:** Αποτελέσματα αναλυτή καυσαερίων

Στοιχεία	ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ (ΛΕΒΗΤΑΣ I)	ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ (ΛΕΒΗΤΑΣ II)
	490 Mcal/h	490 Mcal/h
Ημερομηνία	16-04-10	16-04-10
Ωρα	12:40:15	12:47:51
Καύσιμο	Φ.Α.	Φ.Α.
Διαφορά θερμοκρασίας	176 °C	190 °C
Θερμοκρασία Καυσαερίων	201 °C	216 °C
Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	25.2 °C	25.8 °C
O <sub>2</sub>	5.2 %	5.6 %
CO <sub>2</sub>	8.9 %	8.7 %
SMOKE ( <i>Brigon smoke scale 0-9</i> )	0	0
CO	1 ppm	1 ppm
NO	45 ppm	45 ppm
Nox	47 ppm	47 ppm
SO <sub>2</sub>	0 ppm	0 ppm
λ (περίσσεια αέρα)	1.33	1.37
CO/CO <sub>2</sub> INDEX (Pindex)	0.00 %	0.00 %
Απώλειες	7.7 %	8.5 %
Απόδοση Καύσης	92.3 %	91.5 %

Η απόδοση καύσης (βαθμός απόδοσης) εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Ο βαθμός αυτός εκφράζει το ποσοστό από το καύσιμο που καταναλώνεται στο λέβητα, το οποίο αξιοποιείται πράγματι για την παραγωγή ατμού ή την θέρμανση νερού (στην περίπτωση του κτιρίου Φυσικής για θέρμανση νερού).

Ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο α) λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον, β) λόγω ατελούς καύσης γ) λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα. και δ) λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα. Η τιμή της απόδοσης καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά της καύσης και αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα. Κατά συνέπεια η απόδοση καύσης πρέπει να πλησιάζει την τιμή 100.

Οι λέβητες, για τις αρχές και τέλη του χειμώνα που δεν έχει πολύ κρύο, ανάβουν τις εργάσιμες ημέρες από τις 7:00 μέχρι τις 10:00 το πρωί και από τις 3:00 μέχρι τις 6:00 το απόγευμα, ενώ τα Σαββατοκύριακα δεν δουλεύουν. Τις υπόλοιπες ημέρες όταν έχει πολύ κρύο ανάβουν συνεχόμενα από τις 7:00 το πρωί μέχρι τις 6:00 το απόγευμα και τις ημέρες των διακοπών οι καυστήρες δουλεύουν όλο το 24-ωρο. Οι καυστήρες χρησιμοποιούν θερμοστάτη για τη λειτουργία τους. Κατά την εκκίνηση λειτουργούν μαζί και έπειτα δουλεύουν εναλλάξ.

Τονίζεται ότι λόγω της απουσίας μετρητή στο κτίριο που εξετάζεται, δεν υπήρχε η δυνατότητα προσδιορισμού της συνολικής κατανάλωσης του φυσικού αερίου για το έτος με ακρίβεια.

Οι απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια είναι οι μεγαλύτερες και οι σημαντικότερες από τις συνολικές απώλειες ολόκληρου του συστήματος. Οι απώλειες από τα καυσαέρια είναι όμως, τις περισσότερες φορές, αυτές που ευκολότερα μπορούν να ελεγχθούν και να περιοριστούν με απλή ρύθμιση της αναλογίας αέρα καυσίμου που χρησιμοποιείται στο λέβητα.

Η θερμοκρασία απαγωγής των καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις και επίσης όχι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων. Στο κτίριο φυσικής η θερμοκρασία καυσαερίων είναι 201 °C και 216 °C αντίστοιχα που βρίσκεται εντός των προβλεπόμενων πλαισίων.

Το ποσοστό της περίσσειας αέρα παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του λέβητα. Όταν υπάρχει μικρή περίσσεια αέρα η καύση είναι ατελής υπάρχει απώλεια καυσίμου και ο λέβητας “καπνίζει” 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 προς το περιβάλλον. Και στις δύο περιπτώσεις η απόδοση του λέβητα είναι μειωμένη.

Η περίσσεια αέρα είναι κανονική ( $\lambda=1,33$  και  $\lambda=1,37$  αντίστοιχα) και δεν μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα καλής λειτουργίας στο λέβητα, αλλά ούτε και θερμαίνεται άσκοπα ποσότητα αέρα.







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Προτεινόμενες επεμβάσεις



Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, αποτελεί σημαντικό άξονα της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ψήφιση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EC καλεί τα κράτη μέλη να θεσμοθετήσουν μεθοδολογίες για το σκοπό αυτό και να τις εφαρμόσουν άμεσα.

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του κτιρίου. Για την αποτίμηση των προτεινόμενων επενδύσεων χρησιμοποιούνται τρία κριτήρια.

Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ). Ο τύπος της ΚΠΑ δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$NPV = -K + \sum_{t=1}^{10} \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

όπου:

K: αρχική επένδυση

F<sub>t</sub>: ετήσιο καθαρό όφελος

N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης

d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου)

$SV_N$ : υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής

Διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

- $NPV > 0$ . Η επένδυση είναι βιώσιμη
- $NPV = 0$ . Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με  $d$
- $NPV < 0$ . Η επένδυση δεν είναι βιώσιμη

Η υπολειμματική αξία για όλες τις επενδύσεις είναι μηδενική και το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%. Ταυτόχρονα οι επενδύσεις εξετάζονται με δεκαετή οικονομικό κύκλο ζωής ( $N=10$ ).

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.

Το κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EΠΑ) είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου.

## 6.1 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

### 6.1.1 Θερμομόνωση οροφής

Θερμικές απώλειες σε ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Με την θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος (ταχύτητα) ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα. Η θερμική διαφορά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τείνει να εξισορροπηθεί σύμφωνα με την γενική εξίσωση θερμικής ροής:

$$Q = k F \Delta T \text{ (W)} \quad (1)$$

Δηλαδή όταν υπάρχει μία επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας σε κάθε πλευρά, η Θερμική ροή ( $Q$ ) μέσα από το στοιχείο (επιφάνεια) δίνεται από το γινόμενο, της επιφάνειας ( $F$ ), τη διαφορά θερμοκρασίας ( $\Delta T$ ), και το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ).

Οπότε το ενεργειακό φορτίο που προστίθεται σε ένα κτίριο με τη θέρμανση και τη ψύξη, αποσκοπεί στην αναπλήρωση των θερμικών φορτίων που διαφεύγουν. Από την εξίσωση (1) προκύπτει, ότι για χαμηλότερες τιμές του  $k$ , (για σταθερή επιφάνεια και διαφορά θερμοκρασίας), 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  $k$ , ( $1/k$ ), και εξαρτάται άμεσα από τον συντελεστή αντίστασης θερμοδιαφυγής ( $\Lambda$ ).

Στο σενάριο αυτό προτείνεται η χρήση συστήματος με κύριο υλικό την εξηλασμένη πολυστερίνη. Στο σύστημα αυτό περιέχονται τα εξής:

- Ινοοπλισμένη, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, ενισχυμένη με πολυμερή συστατικά (ρητίνες), σε κατανάλωση 2,0 – 4,0 kg/m.
- Θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης, (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ ), διαστάσεων 600x1250mm και πάχη 30-60mm, με περιμετρική διαμόρφωση ακμών (πατούρα). (Συμμόρφωση κατά EN 13164).
- Βύσματα τύπου IDK-T 8/60 x 115 και TID-K 8/60 x 115.
- Αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα ενίσχυσης, βάρους  $161 \text{ gr/m}^2$ ,  $\pm 10 \%$  κατά DIN 53854, 100cm με άνοιγμα καρτέ 3,5 x 4,0 mm.
- Τελικό επίχρισμα έτοιμου σοβά τσιμεντοειδούς η ακρυλικής βάσης με διάφορες κοκκομετρίες αδρανών (για λεία η αδρή επιφάνεια), ενισχυμένου με ρητίνες, σε καταναλώσεις που κυμαίνονται από  $1,8 \text{ kg/m}^2/3\text{mm}$  έως  $5 \text{ kg/m}^2/3\text{mm}$  πάχους επιχρίσματος 30 mm.
- Παρελκόμενα του συστήματος όπως, σταθερά και εύκαμπτα γωνιόκρανα (από PVC με υαλόπλεγμα), για ενίσχυση των ακμών. Ενισχυτικά τεμάχια ανοιγμάτων και ειδικά τεμάχια εξηλασμένης πολυστερίνης για τις εξωτερικές γωνίες και δομικά ανοίγματα.

Τα στοιχεία των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας υπάρχουν στον Πίνακα Β1 του παραρτήματος Β. Μελετήθηκε η προσθήκη του προτεινόμενου συστήματος στο εξωτερικό μέρος της οροφής, για αυτό προστίθενται σε αυτό οι συντελεστές του υφιστάμενου δομικού στοιχείου.

Για το μέρος της οροφής που αποτελείται από πλάκα σκυροδέματος και καλύπτεται από πλακάκια επίστρωσης (ένα μέρος της οροφής της παλιάς πτέρυγας και η οροφή της καινούργιας πτέρυγα) υπολογίζεται ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας στους παρακάτω πίνακες σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4.3 για την εύρεση του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Κατά τη διαδικασία της θερμομόνωσης η μόνωση προστίθεται στο υφιστάμενο δομικό στοιχείο. Δηλαδή για τη συγκεκριμένη μόνωση της οροφής θα προστεθούν τέσσερις στρώσεις από καινούργιο υλικό πάνω από τα πλακάκια που είδη υπάρχουν ως εξής:

**Πίνακας 6.1:** Νέες Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W του τμήματος της οροφής που καλύπτεται με πλακίδια επίστρωσης

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Πλακίδια επίστρωσης	0,03	1,05	0,03
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02
Ρητινική κόλλα	0,02	0,19	0,11
Πλάκες αξηλασμένης Πολυστερίνης	0,04	0,04	1,14
Αντιαλκαλικό Υαλόπλεγμα	0,02	0,05	0,44
Θερμομονωτικό Επίχρισμα (σοβά)	0,03	0,08	0,38

Επομένως  $\Lambda=2,38 \text{ m}^2\text{K/W}$  και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι :

**Πίνακας 6.2:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και νέα Αντίσταση Θερμοδιαφυγής για οροφή με πλακίδια επίστρωσης.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	m <sup>2</sup> K/W	0,1
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	m <sup>2</sup> K/W	2,38
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	m <sup>2</sup> K/W	0,04

Επομένως  $R_T = 2,52 \text{ m}^2\text{K/W}$  και ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  που είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας για την οροφή στην Β κλιματική ζώνη που ισούται με  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  (πίνακας 4.7).

Σύμφωνα με την εξίσωση (1) υπολογίζονται οι απώλειες της οροφής πριν και μετά τη θερμομόνωση. Οι απώλειες υπολογίζονται προσεγγιστικά για 10 ώρες \*23 ημέρες για κάθε μήνα. Θεωρείται σταθερή θερμοκρασία χώρων 24 °C (297 °K). Η εξωτερική θερμοκρασία είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία κάθε μήνα για την περίοδο που μελετάται σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ). Έτσι προσδιορίζονται 2 χρονικές περιόδους για τη μελέτη, χειμερινή (Οκτώβριος – Απρίλης) και θερινή (Ιούνιος-Αύγουστος) όπως φαίνεται παρακάτω:.

**Πίνακας 6.3:** Υφιστάμενες θερμικές απώλειες οροφής με πλακίδια επίστρωσης παλιάς και νέας πτέρυγας

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνει α F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνει α παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητα ς K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Ώρες λειτουργία ς το χρόνο H	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	94,72	637,12	2,22	1409,69	9482,07	230	324	2.181
Νοέμβριος	297	288,2	94,72	637,12	2,22	1851,53	12454,06	230	426	2.864
Δεκέμβριος	297	284,4	94,72	637,12	2,22	2651,06	17831,96	230	610	4.101
Ιανουάριος	297	283,1	94,72	637,12	2,22	2924,58	19671,76	230	673	4.525
Φεβρουάριος	297	283,5	94,72	637,12	2,22	2840,42	19105,67	230	653	4.394
Μάρτιος	297	285,4	94,72	637,12	2,22	2440,66	16416,72	230	561	3.776
Απρίλιος	297	289,5	94,72	637,12	2,22	1578,01	10614,26	230	363	2.441
<b>Σύνολο</b>									<b>3.610</b>	<b>24.283</b>
Ιούνιος	297	300,4	94,72	637,12	2,22	715,37	4811,80	230	165	1.107
Ιούλιος	297	301,4	94,72	637,12	2,22	925,77	6227,03	230	213	1.432
Αύγουστος	297	301,8	94,72	637,12	2,22	1009,93	6793,13	230	232	1.562
<b>Σύνολο</b>									<b>610</b>	<b>4.101</b>

**Πίνακας 6.4:** Θερμικές απώλειες οροφής με πλακίδια επίστρωσης μετά την θερμομόνωση

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Ώρες λειτουργίας το χρόνο H	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	94,72	637,12	0,40	253,85	1707,48	230	58	393
Νοέμβριος	297	288,2	94,72	637,12	0,40	333,41	2242,66	230	77	516
Δεκέμβριος	297	284,4	94,72	637,12	0,40	477,39	3211,08	230	110	739
Ιανουάριος	297	283,1	94,72	637,12	0,40	526,64	3542,39	230	121	815
Φεβρουάριος	297	283,5	94,72	637,12	0,40	511,49	3440,45	230	118	791
Μάρτιος	297	285,4	94,72	637,12	0,40	439,50	2956,24	230	101	680
Απρίλιος	297	289,5	94,72	637,12	0,40	284,16	1911,36	230	65	440
<b>Σύνολο</b>									<b>650</b>	<b>4.373</b>
Ιούνιος	297	300,4	94,72	637,12	0,40	128,82	866,48	230	30	199
Ιούλιος	297	301,4	94,72	637,12	0,40	166,71	1121,33	230	38	258
Αύγουστος	297	301,8	94,72	637,12	0,40	181,86	1223,27	230	42	281
<b>Σύνολο</b>									<b>110</b>	<b>739</b>

Κατά τη χειμερινή περίοδο θεωρείται ότι η παλιά πτέρυγα που η οροφή της καλύπτεται από πλακάκια (542.40 τ.μ) καταναλώνει Φυσικό Αέριο για τη θέρμανση των χώρων και επομένως κοστολογείται με την τιμή του Φ.Α που είναι 0,040 €/KWh σύμφωνα με την τιμολογιακή πολιτική της Εταιρείας Παροχής Αερίου Αττικής για το έτος 2009. Στην εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας λαμβάνεται υπόψη ο προσεγγιστικός μέσος συντελεστής απωλειών του συστήματος (από την παροχή στη κατανάλωση) που ισούται με 0,8. Επομένως για την εύρεση της εκτιμώμενης αρχικής κατανάλωσης του Φ.Α χρησιμοποιείται ο τύπος  $Q_{\text{συν}} = \frac{Q_{\text{απ}}}{0,8}$  όπου  $Q_{\text{απ}}$  είναι οι υπολογιζόμενες απώλειες κάθε επιφάνειας και  $Q_{\text{συν}}$  είναι οι απώλειες στις οποίες συνυπολογίζονται και οι απώλειες λόγω μεταφοράς.

Επομένως για το σενάριο που μελετάται όσον αφορά το Φ.Α η ενέργεια που εκτιμάται ότι εξοικονομείται είναι ίση τη διαφορά υφιστάμενης κατανάλωση και καινούργια κατανάλωση προς το συντελεστή μεταφοράς του συστήματος (απώλειες στους αγωγούς κ.τ.λ). Δηλαδή  $Q_{\text{συν}\Phi\text{Α}} = \frac{20.673 - 3.723}{0,8} = 21.187 \text{ KWh}$ . Επομένως το κόστος που εκτιμάται ότι εξοικονομείται είναι ίσο με  $K = 21.187 \text{ KWh} * 0,040 \text{ €/KWh} = 847,50 \text{ €}$  ετησίως.

Οι υπόλοιπες εκτιμώμενες καταναλώσεις που υπολογίστηκαν στους παραπάνω πίνακες, τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη είναι ηλεκτρικές καταναλώσεις. Η εξοικονόμηση που εκτιμάται ότι θα πραγματοποιηθεί για τη θερινή περίοδο στη παλιά πτέρυγα είναι ίση με 4.120 KWh. Στη καινούργια πτέρυγα για τη χειμερινή περίοδο υπολογίζεται ίση με 2.960 KWh και για τη θερινή περίοδο 720 KWh. Επομένως προσεγγιστικά η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίση με 8.061 KWh (άθροισμα ηλεκτρικών καταναλώσεων). Συνυπολογίζοντας το συντελεστή απωλειών για μεταφορά έπεται ότι η συνολική προσεγγιστική εξοικονόμηση είναι ίση με  $Q_{\text{συν}\text{H.E.}} = \frac{7.800}{0,8} = 9.750 \text{ KWh}$  δηλαδή 917,66 € ετησίως.

Το συνολικό εκτιμώμενο κόστος που εξοικονομείται για την επιφάνεια της οροφής που καλύπτεται με πλακάκια υπολογίζεται ίσο με 1.765,15 €.

Για το μέρος της οροφής που καλύπτεται από ασφαλόχαρτο ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται όπως και ο συντελεστής για το τμήμα της οροφής που καλύπτεται από πλακάκια. Οι υπολογισμοί δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 6.5:** Νέες Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m<sup>2</sup>K/W του τμήματος της οροφής που καλύπτεται με ασφαλόχαρτο.

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m <sup>2</sup> K/W
Πλάκα σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0,15	0,58	0,26
Ασφαλτόχαρτο	0,03	0,19	0,16
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,03	0,87	0,02
Ρητινική κόλλα	0,02	0,19	0,10
Πλάκες εξηλασμένης Πολυστερίνης	0,04	0,4	1,14
Αντιαλκαλικό Υαλόπλεγμα	0,02	0,05	0,44
Θερμομονωτικό Επίχρισμα (σοβά)	0,03	0,08	0,37

Επομένως η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι ίση με 2,51 m<sup>2</sup>K/W και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης προκύπτουν ως εξής :

**Πίνακας 6.6:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και νέα Αντίσταση Θερμοδιαφυγής οροφής με πλακίδια επίστρωσης.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,1
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	Λ	m <sup>2</sup> K/W	2,51
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,04

Επομένως η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι ίση με 2,65 m<sup>2</sup>K/W. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με 0,38 W/m<sup>2</sup>K και είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας για την οροφή στην Β κλιματική ζώνη που ισούται με 0,45 W/m<sup>2</sup>K.

Με την ίδια μεθοδολογία και την ίδια διαφορά θερμοκρασίας υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας για την επιφάνεια της οροφής με ασφαλτόχαρτο η οποία είναι 438,78 τ.μ και έχει συντελεστή θερμοπερατότητας 1,73 W/m<sup>2</sup>K πριν τη θερμομόνωση. Η επιφάνεια αυτή ανήκει μόνο στη παλιά πτέρυγα (κατανάλωση Φ.Α χειμερινή περίοδο και ηλεκτρική ενέργεια στη θερινή περίοδο). Είναι το μέρος του κτιρίου που προεξέχει από το υπόλοιπο κτίριο προς την νότια πλευρά.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας από Φ.Α και ηλεκτρική ενέργεια για τη χειμερινή και θερινή περίοδο είναι 15.885 KWh και 1.717 KWh αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη και το συντελεστή μεταφοράς του συστήματος έπεται ότι το η συνολική εκτιμώμενη ενέργεια που εξοικονομείται από το Φ.Α είναι 19.857 KWh και από την ηλεκτρική ενέργεια είναι 2.146 KWh. Επομένως προσεγγιστικά εξοικονομούνται 794,27 € από το Φ.Α και 201,96 € από την ηλεκτρική ενέργεια. Το άθροισμα τους είναι ίσο με 996,23 € ετησίως. Αναλυτικοί υπολογισμοί δίνονται στον Πίνακα Γ1 στο Παράρτημα Γ.

Τέλος, αθροιστικά για τη μόνωση της οροφής εκτιμάται ότι εξοικονομούνται 2.761,38 € ετησίως.

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου αυτού ανέρχεται σε 40 €/τ.μ επομένως για έκταση 637,12 τ.μ δώματος με πλακίδια επίστρωσης και 438,78 τ.μ οροφής με ασφαλτόχαρτο χρειάζονται 43.036,00 €.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -21.713 \text{ €}, \text{EBA} = -7,3\%, \text{EΠA} = 31 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο για 10 ετή κύκλο ζωής κρίνεται μη βιώσιμο.

Δεδομένου των αυξήσεων που προτίθεται η Δ.Ε.Η να κάνει στην τιμή της κιλοβατώρας της τάξης του 3% η υπολογιζόμενη εξοικονόμηση θα είναι 2.794,97 € ετησίως και τα αποτελέσματα από τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = -21.454 \text{ €}, \text{EBA} = -7,2\% \text{ και } \text{EΠA} = 30,1 \text{ χρόνια.}$$

Η μόνωση της οροφής έχει διάρκεια ζωής περίπου 35 χρόνια σύμφωνα με τους κατασκευαστές οπότε το αρχικό κεφάλαιο θα έχει σίγουρη απόσβεση. Επιπλέον το κτίριο για να μπορεί να συμβαδίζει με τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK 2002) επιβάλλεται να μονωθεί. Για το λόγο αυτό η μόνωση αποτελεί απαραίτητη παρέμβαση.

### 6.1.2 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών εξωτερικά από τα δομικά στοιχεία (πχ. τούβλα-μπετό ή παλιός σοβάς) και επίστρωση τους με έτοιμα λεπτά, βιομηχανικώς παραγόμενα ελαστικά επιχρίσματα (αντί για συμβατικό σοβά).

Στο σενάριο αυτό προτείνεται το εξής σύστημα

- Ινοοπλισμένη, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, ενισχυμένη με πολυμερή συστατικά (ρητίνες), σε κατανάλωση 2,0 – 4,0 kg/m.
- Μονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης διαστάσεων 1,00x0,50μ, πάχους 3cm, EPS100 (20kg/m<sup>3</sup>), λ=0,036 W/m.K
- Βύσματα στερέωσης
- Αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα ενίσχυσης, βάρους 161 gr/m<sup>2</sup>, ±10 % κατά DIN 53854, 100cm με άνοιγμα καρέ 3,5 x 4,0 mm.

- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης με διάφορες κοκκομετρίες αδρανών (για λεία η αδρή επιφάνεια), ενισχυμένου με ρητίνες, σε καταναλώσεις που κυμαίνονται από  $1,8\text{kg/m}^2/3\text{mm}$  έως  $5\text{kg/m}^2/3\text{mm}$  πάχος επιχρίσματος 30 mm.

Τα στοιχεία των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας υπάρχουν στον Πίνακα Β1 του παραρτήματος Β. Το σύστημα προστέθηκε στο εξωτερικό μέρος της τοιχοποιίας για αυτό προστίθενται σε αυτό οι συντελεστές του υφιστάμενου δομικού στοιχείου.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας υπολογίζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 6.7:** Νέες Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $\text{m}^2\text{K/W}$  εξωτερικής τοιχοποιίας

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε $\text{W/mK}$	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0,30	0,47	0,64
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,02
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,02
Ρητινική κόλλα	0,02	0,19	0,10
Πλάκες αζηλασμένης Πολυστερίνης	0,03	0,04	0,83
Αντιαλκαλικό Υαλόπλεγμα	0,02	0,05	0,44
Θερμομονωτικό Επίχρισμα (σοβά)	0,03	0,08	0,37

Επομένως η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι ίση με  $2,44 \text{ m}^2\text{K/W}$  και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης προκύπτουν ως εξής :

**Πίνακας 6.8:** Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και νέα Αντίσταση Θερμοδιαφυγής εξωτερικής τοιχοποιίας.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	2,44
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,04

Επομένως η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι ίση με  $2,61 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$  και είναι μικρότερος από τον μέγιστο



επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία στην Β κλιματική ζώνη που ισούται με  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Οι επιφάνειες παλιάς και καινούργιας πτέρυγας για τις πλευρές του κτιρίου σύμφωνα με τον προσανατολισμό τους δίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 6.9:** Εξωτερική επιφάνεια κτιρίου ανά προσανατολισμό και πτέρυγα

Προσανατολισμός	Νέα Πτέρυγα (τ.μ)	Παλιά Πτέρυγα (τ.μ)	Σύνολο (τ.μ)
Βόρεια	173,28	502,23	675,51
Νότια	155,08	553,72	708,8
Δυτικά	0	424,86	424,86
Ανατολικά	167,2	395,22	562,42
Σύνολο	<b>495,56</b>	<b>1.876,03</b>	<b>2.371,59</b>

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε και για την οροφή με τις ίδιες θερμοκρασιακές διαφορές και προσεγγιστικές ώρες λειτουργίας. Στην εξωτερική τοιχοποιία συνυπολογίζεται και ένα ποσοστό απωλειών θερμότητας λόγω του προσανατολισμού όπως αυτές φαίνονται στο παρακάτω για την Ελλάδα.

**Πίνακας 6.10:** Προσαυξήσεις ενέργειας σύμφωνα με τον προσανατολισμό της τοιχοποιίας

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	B	BΔ	BA	A	Δ	N	NΔ	NA
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ %	+5%	+5%	+5%	0	0	-5%	-5%	-5%

Η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση από το Φ.Α και την ηλεκτρική ενέργεια όπως αυτές υπολογίστηκαν συμπεριλαμβανομένου του συντελεστή μεταφοράς του συστήματος και το προσεγγιστικό ετήσιο κόστος δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Αναλυτικοί υπολογισμοί για κάθε προσανατολισμό υπάρχουν στο παράρτημα Γ

**Πίνακας 6.11:** Ετήσια εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας από Φ.Α και ηλεκτρική ενέργεια ετησίως.

Προσανατολισμός		Εργειακή Εξοικονόμηση	Κόστος (€)
Βόρεια	Φ.Α	8.935	357
	Η.Ε	5.113	481
Νότια	Φ.Α	8.913	357
	Η.Ε	4.423	416
Δυτικά	Φ.Α	7.199	288
	Η.Ε	1.216	114
Ανατολικά	Φ.Α	6.535	261
	Η.Ε	4.336	408
Σύνολο		<b>46.669</b>	<b>2.683</b>

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν για την εγκατάσταση της θερμομόνωσης εκτιμάται ότι εξοικονομούνται 44.669 KWh ετησίως που αντιστοιχούν σε κόστος 2.683,29 €.

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου αυτού ανέρχεται σε 40 €/τ.μ επομένως για επιφάνεια 1.522,11 τ.μ χρειάζονται 56.292,8 €.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -35.573 \text{ €}, \text{ EBA} = -11,6\%, \text{ ΕΠΑ} > 50 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται μη βιώσιμο. Για τις αυξήσεις που σχεδιάζει η Δ.Ε.Η (3%) όσον αφορά την τιμή της KWh τα έσοδα υπολογίζονται ίσα με 2.725.89 € ετησίως. Τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = -35.244 \text{ €}, \text{ EBA} = -11,4\% \text{ και } \text{ΕΠΑ} > 50 \text{ χρόνια.}$$

Δεδομένου ότι η μόνωση διαρκεί όσο και η διάρκεια ζωής του κτιρίου, με ή χωρίς την αύξηση της τιμής της KWh το αρχικό κεφάλαιο θα αποπληρωθεί πριν η μόνωση σταματήσει να είναι λειτουργική και αντίστοιχα το κτίριο θα έχει εναρμονιστεί με το κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.

## 6.2 Αντικατάσταση υαλοπινάκων

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά-περιβαλλοντικά και οικονομικά.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους, αλλά και μειώνουν το θόρυβο.

Υπάρχουν τρεις δείκτες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή ενός γυαλιού.

- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  του οποίου πρέπει να ελαχιστοποιείται η τιμή. Αυτό επιτυγχάνεται αυξάνοντας το διάκενο μεταξύ των γυαλιών και προσθέτοντας κενό ή κάποιο αδρανές αέριο μέσα σε αυτό.
- Ο ηλιακός συντελεστής  $g$  ο οποίος δηλώνει το ποσοστό της συνολικής ηλιακής ροής που περνάει από το τζάμι προς την προσπίπτουσα ενεργειακή ηλιακή ροή. Στην Ελλάδα έχουμε θερμά καλοκαίρια και είναι σημαντικό να ελαχιστοποιείται η τιμή του συντελεστή αυτού.
- Η οπτική διαπερατότητα  $LT$  η οποία δηλώνει το ποσοστό της φωτεινής ακτινοβολίας που περνά από το γυαλί. Η τιμή αυτή πρέπει να μεγιστοποιείται έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται η κατανάλωση στο σύστημα τεχνητού φωτισμού.

Οι συντελεστές για τα διάφορα είδη διπλών και τριπλών υαλοπινάκων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 6.12:** Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων. (Πηγή: KENAK).

Υάλωση			$U_g$ [ $W/(m^2K)$ ] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
			4-6-4	3,3	3,0	2,8

Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	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
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
			4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,1	4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
			4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,05	4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
			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

### 6.2.1 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με διπλούς τύπου 4-12-4 με αργό και επίστρωση χαμηλής εκπομπής Low-e

Στο σενάριο αυτό προτείνεται η αλλαγή των υφιστάμενων υαλοπινάκων με καινούργια διπλά τζάμια με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ≤0,1, τύπου 4-12-4 με αργό.

Για το Ελληνικό κλίμα που το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες τα τζάμια αυτά έχουν την ιδιότητα να αποτρέπουν ποσά ενέργειας που έρχονται κυρίως από το εξωτερικό του κτιρίου προς το εσωτερικό, παρά τα ποσά που διαρρέουν από το κτίριο. Αυτό οφείλεται στην επίστρωση χαμηλής εκπομπής που τοποθετείται στο εσωτερικό τζάμι του συστήματος.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε στη θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων (σενάριο 6.1.2) συμπεριλαμβανομένων των θερμικών απωλειών λόγω προσανατολισμού και των απωλειών του συστήματος μεταφορά από την παροχή στις συσκευές. Οι επιφάνειες των κουφωμάτων ανά πλευρά προσανατολισμού είναι :

**Πίνακας 6.13:** Επιφάνεια υαλοπινάκων κτιρίου ανά προσανατολισμό και πτέρυγα

Προσανατολισμός	Νέα Πτέρυγα (τ.μ)	Παλιά Πτέρυγα (τ.μ)	Σύνολο (τ.μ)
Βόρεια	92,24	320,32	412,56
Νότια	87,28	283,68	370,96
Δυτικά	0	194,86	194,86
Ανατολικά	71,4	86,25	157,65
Σύνολο	<b>250,92</b>	<b>885,11</b>	<b>1.136,03</b>

Παρακάτω δίνεται η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και το ετήσιο προσεγγιστικό κόστος για το σενάριο που μελετάται.

Ο καινούργιος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ο παλιός συντελεστής είναι  $5,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως και στα 2 προηγούμενα σενάρια.

Παρακάτω δίνεται η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και το ετήσιο προσεγγιστικό κόστος για το σενάριο που μελετάται.

**Πίνακας 6.14:** Ετήσια εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας από Φ.Α και ηλεκτρική ενέργεια ετησίως.

Προσανατολισμός		Εργειακή Εξοικονόμηση	Κόστος (€)
Βόρεια	Φ.Α	31.090	1.244
	Η.Ε	15.716	1.479
Νότια	Φ.Α	28.447	1.138
	Η.Ε	15.035	1.415
Δυτικά	Φ.Α	18.013	721
	Η.Ε	3.042	286
Ανατολικά	Φ.Α	7.973	319
	Η.Ε	9.062	853
Σύνολο		<b>128.378</b>	<b>7.454</b>

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς (Παράρτημα Γ) η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ίση με 128.378 KWh ετησίως, επομένως 7.454 €.

Το κόστος του συστήματος αυτού ανέρχεται σε 135 €/τ.μ. Επομένως για επιφάνεια κουφωμάτων 1.136,03 τ.μ το κόστος ανέρχεται στα 153.364,05 €.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -95.806 \text{ €}, \text{EBA} = -11,3\%, \text{EPA} > 50 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται μη βιώσιμο. Σύμφωνα με τη θεώρηση για αύξηση της τιμής της KWh τα ετήσια εκτιμώμενα έσοδα είναι ίσα με 7.575 € και τα κριτήρια αξιολόγηση είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = -94.872 \text{ €}, \text{EBA} = -11,1\% \text{ και } \text{EPA} > 50 \text{ χρόνια.}$$

### 6.2.2 Αντικατάσταση υαλοπινάκων με διπλούς τύπου 4-12-4 με αέρα

Στο σενάριο αυτό προτείνεται η αλλαγή των υφιστάμενων υαλοπινάκων με καινούργια διπλά τζάμια χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής, τύπου 4-12-4 με αέρα. Ο καινούργιος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι 2,8 W/m<sup>2</sup>K. Ο παλιός συντελεστής είναι 5,81 W/m<sup>2</sup>K.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως και στο προηγούμενο σενάριο.

**Πίνακας 6.15:** Ετήσια εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας από Φ.Α και ηλεκτρική ενέργεια ετησίως.

Προσανατολισμός		Ενεργειακή Εξοικονόμηση	Κόστος (€)
Βόρεια	Φ.Α	21.713	869
	Η.Ε	10.976	1.033
Νότια	Φ.Α	20.933	837
	Η.Ε	11.064	1.041
Δυτικά	Φ.Α	12.580	503
	Η.Ε	2.125	200
Ανατολικά	Φ.Α	5.568	223
	Η.Ε	6.328	596
Σύνολο		<b>91.286</b>	<b>5.302</b>

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι ίση με 91.286 KWh ετησίως, επομένως 5.302 €.

Το κόστος του συγκεκριμένου τύπου υαλοπινάκων είναι 100 €/τ.μ. Επομένως για επιφάνεια κουφωμάτων 1.136,03 τ.μ το κόστος ανέρχεται στα 113.603 €

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -72.662 \text{ €}, \text{EBA} = -11,9\%, \text{EΠΑ} > 50 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται μη βιώσιμο.

Υπολογιζόμενης της ενδεχόμενης αύξησης τιμών η εκτιμώμενη εξοικονόμηση είναι 6.265 € και τα κριτήρια αξιολόγηση επενδύσεων είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = -71.998 \text{ €}, \text{EBA} = -11,7\% \text{ και } \text{EΠΑ} > 50 \text{ χρόνια.}$$

### 6.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης αποτελεί μια εξαιρετικά ενεργοβόρα πηγή φωτισμού με μικρό ωφέλιμο χρόνο ζωής, που ταυτοχρόνως παράγει και μεγάλα ποσά θερμότητας. Αντίθετα ο λαμπτήρας φθορισμού καταναλώνει περίπου το 1/5 απ' ό τι ο λαμπτήρας πυράκτωσης, για να παράγει την ίδια ποσότητα φωτισμού και έχει πάνω από 10 φορές τη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα πυράκτωσης, χωρίς να παράγει τόση θερμότητα, η οποία μεταξύ άλλων επιβαρύνει τις ανάγκες ψύξης (κλιματισμού) των χώρων.

Επίσης το τελευταίο διάστημα κάνουν δειλά την εμφάνιση τους οι λυχνίες χαμηλής εκπομπής (LED) στο χώρο του κτιριακού φωτισμού. Η τεχνολογία LED προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία και περισσότερη διάρκεια ζωής από όλους τους υπόλοιπους λαμπτήρες στην αγορά με μοναδικό μειονέκτημα το κόστος αγοράς τους που είναι ακόμα πολύ υψηλό.

Οι λαμπτήρες LED ποικίλουν σε χρώματα, ανάλογα με τις ανάγκες του σημείου φωτισμού. Συνήθως, σε εσωτερικό χώρο επιλέγεται πιο "ζεστό" λευκό, ενώ σε εξωτερικό χώρο πιο "κρύο" λευκό. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα τους είναι η διάρκεια ζωής τους που αγγίζει τις 50.000 ώρες. Οι λαμπτήρες LED αποδίδουν περίπου 80-100 lumen/watt. Ένας λαμπτήρας LED των 15W αποδίδει συνεπώς 1200-1500 lumen. Για να καταλάβει κανείς την απόδοση φωτεινότητα / κατανάλωση αρκεί να παρατηρήσει ότι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν απόδοση 15-20 lumen / watt και οι λαμπτήρες φθορισμού 60-70 lumen / watt

### 6.3.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς οικολογικούς λαμπτήρες φθορισμού

Αν και το κτίριο που μελετάται διαθέτει πολύ λίγους λαμπτήρες πυρακτώσεως εντούτοις η αντικατάσταση τους με λαμπτήρες φθορισμού μπορεί να επιφέρει αξιόλογη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα στο κτίριο υπάρχουν οι παρακάτω λαμπτήρες :

**Πίνακας 6.16:** Υφιστάμενοι λαμπτήρες πυρακτώσεως

Λαμπτήρες Πυρακτώσεως	Κατανάλωση Ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
6 x 75 Watt	412,50	38,82
5x 60Watt	198,00	18,64
5 x 75 Watt	0,00	0,00
Σύνολο	<b>610,50</b>	<b>57,64</b>

Επομένως η υφιστάμενη κατανάλωση είναι ίση με 610,50 KWh και το κόστος ίσο με 57,46 € ετησίως. Με την αντικατάσταση τους με λαμπτήρες φθορισμού που αποδίδουν την ίδια φωτεινότητα αλλά καταναλώνουν λιγότερο υπολογίζονται τα παρακάτω αποτελέσματα.

**Πίνακας 6.17:** Νέοι λαμπτήρες φθορισμού

Ενεργειακοί, οικολογικοί Λαμπτήρες Φθορισμού	Κατανάλωση Ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
6 x 16 Watt	88,00	8,28
5x 12Watt	39,00	3,67
5 x 16 Watt	0,00	0,00
Σύνολο	<b>127,00</b>	<b>11,95</b>

Η καινούργια κατανάλωση είναι ίση με 127 KWh και κοστολογείται με 11,94 €. Εξοικονομούνται δηλαδή 483,50 KWh και 45,52 € ετησίως.

Υπάρχουν 5 ακόμα λαμπτήρες πυρακτώσεως που δεν λειτουργούν διότι έχουν καεί και οι οποίοι δεν συνυπολογίζονται στην κατανάλωση του κτιρίου αλλά συνυπολογίζονται στα έξοδα για την αντικατάσταση τους.

Κάθε λαμπτήρας των 16Watt έχει κόστος αγοράς 3,5 € ενώ κάθε λαμπτήρας των 12 Watt έχει κόστος αγοράς 3 €. Επομένως για την αγορά των λαμπτήρων απαιτούνται 53,5 €.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι 10.000 ώρες ενώ των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι 1000 ώρες λειτουργίας επομένως έχουν χρόνο ζωής 10 φορές



περισσότερο. Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = 298 \text{ €}, \text{ ΕΒΑ} = 84,9\%, \text{ ΕΠΑ} = 1,2 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται βιώσιμο.

### 6.3.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED

Για την αλλαγή των λαμπτήρων πυρακτώσεως που διαθέτει το κτίριο με λαμπτήρες LED δίνονται τα παρακάτω στοιχεία.

**Πίνακας 6.18:** Υφιστάμενοι λαμπτήρες πυρακτώσεως

Λαμπτήρες Πυρακτώσεως	Lummen ανα λαμπτήρα	Κατανάλωση Ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
6 x 75 Watt	1300	412,50	38,82
5x 60Watt	1050	198,00	18,64
5 x 75 Watt	1300	0,00	0,00
<b>Σύνολο</b>		<b>610,50</b>	<b>57,64</b>

**Πίνακας 6.19:** Νέοι λαμπτήρες LED

Λαμπτήρες LED	Lummen ανα λαμπτήρα	Κατανάλωση Ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
6 x 15 Watt	1350	82,50	7,76
5x 10Watt	900	33,00	3,11
5 x 10 Watt	1350	0,00	0,00
<b>Σύνολο</b>		<b>115,50</b>	<b>10,87</b>

Επομένως εξοικονομούνται 495 KWh και 46,59 € ετησίως.

Η φωτεινότητα των λαμπτήρων LED που αντικαταστάθηκαν με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως των 60 Watt είναι ελάχιστα μικρότερη εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν στην αγορά λαμπτήρες LED με ακριβώς την ίδια φωτεινότητα. Η διαφορά στην ένταση είναι ελάχιστα αντιληπτή.

Υπάρχουν 5 ακόμα λαμπτήρες πυρακτώσεως που δεν λειτουργούν διότι έχουν καεί και οι οποίοι δεν συνυπολογίζονται στην κατανάλωση του κτιρίου αλλά συνυπολογίζονται στα έξοδα για την αντικατάστασή τους.

Κάθε λαμπτήρας των 15Watt έχει κόστος αγοράς 46,60 € ενώ κάθε λαμπτήρας των 10 Watt έχει κόστος αγοράς 39,50 €. Επομένως για την αγορά των λαμπτήρων απαιτούνται 710,1 €.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων LED είναι 50.000 ώρες ενώ των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι 1000 ώρες λειτουργίας επομένως έχουν χρόνο ζωής 50 φορές περισσότερο.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -350 \text{ €}, \text{EBA} = -7\%, \text{EPA} = 29,4 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται μη βιώσιμο.

### 6.3.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες LED

Στο κτίριο η μεγάλη πλειοψηφία των λαμπτήρων είναι λαμπτήρες φθορισμού οργανωμένοι σε 2 τύπους φωτιστικών.

- Τετράφωνα φωτιστικά των 4 λαμπτήρων από 18 Watt ο κάθε λαμπτήρας.
- Ορθογώνια φωτιστικά των 2 λαμπτήρων από 36Watt ο κάθε λαμπτήρας.



**Εικόνα 6.1:** Τύποι φωτιστικών

Επίσης υπάρχουν μερικοί λαμπτήρες των 36 Watt μονοί.

Η λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού δεν απαιτεί χρησιμοποίηση εξοπλισμού ballast. Επομένως η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των ballast εξοικονομείται με την αντικατάσταση των λαμπτήρων.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η υφιστάμενη ενεργειακή κατανάλωση και ακολουθεί η κατανάλωση μετά την επέμβασή:

**Πίνακας 6.20:** Υφιστάμενοι λαμπτήρες φθορισμού

Λαμπτήρες Φθορισμού TLD	Lummen ανά λαμπτήρα	Κατανάλωση ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
304 x [4 x 18 Watt]	1170	181.581,12	17.090,42
337 x [2 x 36 Watt]	2340	55.288,08	5.203,71
33 απλοί x 36 Watt	2340	1811,46	170,49
<b>Σύνολο</b>		<b>238.680,66</b>	<b>2.2464,62</b>

**Πίνακας 6.21:** Νέοι λαμπτήρες LED

Ενεργειακοί Λαμπτήρες LED	Lummen ανά λαμπτήρα	Κατανάλωση ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
304 x [4 x 13 Watt]	1350	28.136,20	2.648,18
337 x [2 x 22,5 Watt]	2225	12189,72	1147,29
33 απλοί x 22,5 Watt	2225	984,56	92,65
<b>Σύνολο</b>		<b>41310,48</b>	<b>3888,12</b>

Επομένως εξοικονομούνται 197.370,18 KWh και 18.576,5 € ετησίως.

Υπάρχουν 3 ακόμα απλοί λαμπτήρες των 36 Watt, 3 διπλοί των 36 Watt και 2 τετραπλοί των 18Watt που δεν λειτουργούν διότι έχουν καεί και οι οποίοι δεν συνυπολογίζονται στην κατανάλωση του κτιρίου αλλά συνυπολογίζονται στα έξοδα για την αντικατάστασή τους.

Κάθε λαμπτήρας των 13Watt έχει κόστος αγοράς 66 € ενώ κάθε λαμπτήρας των 22,5 Watt έχει κόστος αγοράς 80€. Επομένως για την αγορά των λαμπτήρων απαιτούνται 138.704,00 €.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι 10.000 ώρες ενώ των λαμπτήρων LED είναι 50000 ώρες λειτουργίας επομένως έχουν χρόνο ζωής 5 φορές περισσότερο.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = 4.739 \text{ €}, \text{ EBA} = 5,7\%, \text{ EΠΑ} = 9,6 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται βιώσιμο.

Αν αποφασιστεί ότι δεν θα γίνει η επένδυση, βάσει των ωρών λειτουργίας των υφιστάμενων λαμπτήρων (αν στην καλύτερη περίπτωση είναι καινούργιοι) θα

χρειαστεί να γίνει αλλαγή λόγω παλαιότητας 2 φορές μέσα στη 10 ετία. Επομένως υπάρχει κόστος 1,5 € για κάθε λαμπτήρα των 18W και 3 € για κάθε λαμπτήρα των 36W. Επομένως θα υπάρξει συνολικό κόστος 4.122 €

### **6.3.4 Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά ballast**

Η αντίσταση ρύθμισης ρεύματος (ballast) είναι εξάρτημα σύνδεσης μεταξύ της παροχής ισχύος και ενός ή περισσότερων λαμπτήρων φθορισμού ή άλλου τύπου λαμπτήρων εκκένωσης. Χρησιμεύει κυρίως στον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας των λαμπτήρων τα ballasts καταναλώνουν ενέργεια και τα ίδια.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα μαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Τα ηλεκτρονικά είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα μαγνητικά και έχουν σχετικά χαμηλές απώλειες. Αντικαθιστώντας τα μαγνητικά ballast με ηλεκτρονικά, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 25%. Το μαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των 2 λαμπτήρων ενώ το ηλεκτρονικό λειτουργεί με 2-4 λαμπτήρες

Επομένως με την αντικατάσταση των ballast εξοικονομείται ενέργεια λόγω της μείωσης του αριθμού των εγκατεστημένων ballast και άρα της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία τους.

Επιπροσθέτως, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού π.χ. σε ένα τυπικό φωτιστικό 2X36 W απαιτείται 1 ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8 W ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται 2 μαγνητικά ballast με απώλειες 16,2 W, άρα το φωτιστικό με ηλεκτρονική λειτουργία θα καταναλώνει 72 W ενώ με τη συμβατική 88,2 W.

Στην καταγραφή που έγινε η κατανάλωση των δύο τύπων φωτιστικών που διαθέτει το κτίριο 4X18 και 2X36, υπολογίστηκε ίση με 90W λόγω παλαιότητας του εξοπλισμού και επομένως αυξημένων απωλειών. Με την αλλαγή των ballast η κατανάλωση υπολογίζεται ίση με 67,5W δηλαδή μείωση της κατανάλωσης κατά 25%.

Στο σενάριο αυτό για τους λαμπτήρες φθορισμού απαιτούνται 532 ballast (20 € ο καθένας). Μαζί με το κόστος εγκατάστασης το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται είναι 15.640,00 €.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας είναι το 25% της υφιστάμενης που είναι 238.680,66 KWh, δηλαδή 59.670,165 KWh που ανέρχεται σε έσοδα 5.616,15 € ετησίως.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = 27.726 \text{ €}, \text{EBA} = 34\%, \text{EΠA} = 3,1 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται βιώσιμο.

#### 6.4 Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού σε κοινόχρηστους χώρους και αμφιθέατρο

Η μελέτη για την εγκατάσταση του συστήματος αυτοματισμού γίνεται μόνο για τους κοινόχρηστους χώρους και το αμφιθέατρο που παρατηρήθηκε άσκοπη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά την καταγραφή.

Εγκαθιστώντας το σύστημα αυτό δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης του φωτισμού ανάλογα με την ποσότητα φυσικού φωτός και αυτοματισμός για την παρουσία / απουσία. Επομένως δεν είναι γνωστές οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων και η ακριβής εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η μελέτη του κατασκευαστή στα παρακάτω αποτελέσματα που αναφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά 70% μέσο όρο.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η υφιστάμενη ενεργειακή κατανάλωση και ακολουθεί η κατανάλωση μετά την επέμβασή:

**Πίνακας 6.22:** Κατανάλωση λαμπτήρων φθορισμού κοινόχρηστων χώρων και αμφιθεάτρου

Λαμπτήρες Φθορισμού TLD	Κατανάλωση ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
132 x [4 x 18 Watt]	123.235,20	11.598,90
36 x [2 x 36 Watt]	16.018,20	1.507,63
32 απλοί x 36 Watt	1.721,16	162,00
<b>Σύνολο</b>	<b>140.974,56</b>	<b>13.268,53</b>

**Πίνακας 6.23:** Νέα κατανάλωση λαμπτήρων φθορισμού κοινόχρηστων χώρων και αμφιθεάτρου

Λαμπτήρες Φθορισμού TLD	Κατανάλωση ετησίως (KWh)	Κόστος Ετησίως (€)
132 x [4 x 18 Watt]	36.970,56	3.479,67
36 x [2 x 36 Watt]	4.805,46	452,29
32 απλοί x 36 Watt	516,35	48,60
<b>Σύνολο</b>	<b>42.292,37</b>	<b>3.980,56</b>

Επομένως εξοικονομούνται 98.682,19 KWh και 9.287,97 € ετησίως.

Το κόστος του συστήματος αυτοματισμού (ανιχνευτές παρουσίας, κεντρική διαχείριση μέσω οθονών αφής, εξοπλισμός πίσω από υφιστάμενους διακόπτες) ανέρχεται σε 15.000 €.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = 56.719 \text{ €}, \text{EBA} = 61,4\%, \text{EPA} = 1,7 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται βιώσιμο.

Σε περίπτωση που η εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι 70% αλλά 30% η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι 42.292,37 KWh ετησίως και επομένως 3.980,56 €. Το κόστος του συστήματος αυτοματισμού παραμένει το ίδιο και τα αποτελέσματα από τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων είναι: ΚΠΑ= 15.737 €, EBA = 23,3% και EPA = 4,3 χρόνια. Επομένως η επένδυση κρίνεται και πάλι βιώσιμη.

## 6.5 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Στο σενάριο αυτό προτείνεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Πρόκειται για ολοκληρωμένη προσέγγιση από το στάδιο της μελέτης έως την κατασκευή και διασύνδεση του έργου.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων υψηλής αξιοπιστίας και η διασφάλιση σωστής τοποθέτησης αποφέρει κατά τη λειτουργία της έσοδα ανάλογα του ποσού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.

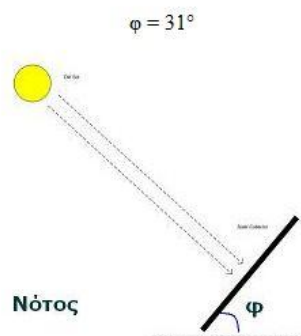
Στην επένδυση αυτή προτείνεται εγκατάσταση 25 φωτοβολταϊκών πάνελ τύπου SM STP 180S-24/Ad (πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου, 180Watt, απόδοση 14,1%, 1580x808x35mm, 1,55Kg, 36,2 V, 4,97Amp), πλαίσιο και βάση στήριξης από αλουμίνιο. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος θα είναι ίση με 4,5 KW.

Στην περίπτωση της επίπεδης επιφάνειας το σύστημα καταλαμβάνει περισσότερο χώρο σε σχέση με το κεκλιμένο μιας και η έτοιμη κλίση για τα φωτοβολταϊκά που προσφέρει μια στέγη θα πρέπει να κατασκευαστεί με ειδικές βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε επίπεδη επιφάνεια. Ένας γενικός κανόνας για τις επίπεδες οροφές είναι ότι χρειάζονται χονδρικά 15 τετραγωνικά μέτρα ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ. Επομένως στην οροφή του κτιρίου Φυσικής μπορούν να εγκατασταθούν άνετα εφόσον υπάρχει χώρος 1000 τ.μ.

Σύμφωνα με λογισμικό πρόγραμμα, για την Αθήνα, η βέλτιστη κλίση των πάνελ προς το νότο φαίνεται στο σχήμα παρακάτω :

<b>Οι επιλογές που κάνατε ήταν:</b>	Ανατολικά: Βόρεια:	23°42'59" 37°58'45"
Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΑΘΗΝΑ</b>	Αθήνα (Ν.Αττικής) Στερεά Ελλάδα

Η βέλτιστη κλίση για την μεγιστοποίηση της ετήσιας απόδοσης σε σύστημα σταθερής στήριξης είναι:



**Σχήμα 6.1:** Βέλτιστη κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ

Σύμφωνα με το ίδιο λογισμικό πρόγραμμα, για σταθερά προσανατολισμένα πάνελ και ασκίαστη επιφάνεια τους για όλη τη διάρκεια της μέρας (εφόσον δεν υπάρχουν κτίρια γύρω που να τα σκιάζουν), η μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Αθήνα για το σενάριο που μελετάται δίνεται στην παρακάτω ανάλυση.

<b>Οι επιλογές που κάνατε ήταν:</b>	Ανατολικά: Βόρεια:	23°42'59" 37°58'45"
Τοποθεσία εγκατάστασης:	<b>ΑΘΗΝΑ</b>	Αθήνα (Ν.Αττικής) Στερεά Ελλάδα
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ:	<b>4,5</b>	<b>kW</b> (κιλοβάτ)
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	<b>Σταθερό</b>	
Οι συνολικές απώλειες (ανακλάσεων, θερμοκρασίας, πτώση τάσης κλπ) που λαμβάνονται υπ' όψιν για τον υπολογισμό είναι:	<b>25.0%</b>	
Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:	<b>5.336,80</b>	<b>kWh</b> (κιλοβατώρες)
		για σταθερό βέλτιστο νότιο προσανατολισμό

**Σχήμα 6.2:** Μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για 4,5KWp εγκατεστημένη ισχύ

Επομένως για το σύστημα που προτείνεται η μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι 5.336,80 KWh. Η τιμή αγοράς από τη ΔΕΗ είναι 0,55 €/kWh μέχρι το 2012. Από το 2013 και έπειτα η τιμή αυτή θα μειώνεται κατά 5% ανά έτος για όσους είναι νέοι πάροχοι. Για τους υφιστάμενους παρόχους ισχύει η τιμή έναρξης και σε αυτήν προσαυξάνεται η τιμή δείκτη τιμών καταναλωτή κάθε έτος.

Αν η έναρξη λειτουργίας γίνει τον Ιανουάριο του 2013, ο μέσος ρυθμός μείωσης της απόδοσης των πάνελ ανά έτος είναι 0,05 (< 1% σύμφωνα με τους κατασκευαστές) και η μέση τιμή δείκτη τιμών καταναλωτή 20-ετίας είναι 3,10% (σύμφωνα με τον νόμο 3734/2009 οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας θα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος) τα έσοδα για κάθε έτος δίνονται ως εξής:

**Πίνακας 6.24:** Αναμενόμενα ετήσια έσοδα για 4,5KWp εγκατεστημένη ισχύ για 25 χρόνια

Έτος	Έσοδα (€)	Έτος	Έσοδα (€)
1ο	2.788,48	14ο	2.636,81
2ο	2.776,51	15ο	2.625,49
3ο	2.764,59	16ο	2.614,22
4ο	2.752,72	17ο	2.603,00
5ο	2.740,90	18ο	2.591,82
6ο	2.729,14	19ο	2.580,70
7ο	2.717,42	20ο	2.569,62
8ο	2.705,76	21ο	2.558,59
9ο	2.694,14	22ο	2.547,61
10ο	2.682,58	23ο	2.536,67
11ο	2.671,06	24ο	2.525,78
12ο	2.659,60	25ο	2.514,94
13ο	2.648,18		

**Σχήμα 6.2:** Αναμενόμενα ετήσια έσοδα για 4,5KWp εγκατεστημένη ισχύ για 25 χρόνια

Το κόστος της εγκατάστασης 1 KW είναι 3.500 έως 5.500 €. Εάν αντίστοιχα εγκατασταθούν 5KW οι τιμή κυμαίνεται από 17.500 έως 27.500 ευρώ. Το κύριο μέρος του κόστους της εγκατάστασης αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (50-70%). Το υπόλοιπο κόστος επιμερίζεται στους αντιστροφείς, το σύστημα στήριξης και κατά δεύτερο λόγο στις καλωδιώσεις και ηλεκτρολογικούς πίνακες (ασφάλειες, διακόπτες, αντικεραυνικά κλπ) καθώς επίσης και στον μετρητή χελώνα που θα εγκατασταθεί για την μέτρηση τόσο της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου από το δίκτυο της ΔΕΗ



όσο και την παραγωγή και παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας από το κτίριο προς το δίκτυο της ΔΕΗ.

Το κόστος της εγκατάστασης 1 KW είναι 3.500 έως 5.500 €. Εάν αντίστοιχα εγκατασταθούν 5KW οι τιμή κυμαίνεται από 23.500 έως 34.500 ευρώ. Το κύριο μέρος του κόστους της εγκατάστασης αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (50-70%). Το υπόλοιπο κόστος επιμερίζεται στους αντιστροφείς, το σύστημα στήριξης και κατά δεύτερο λόγο στις καλωδιώσεις και ηλεκτρολογικούς πίνακες (ασφάλειες, διακόπτες, αντικεραυνικά κλπ) καθώς επίσης και στον μετρητή χελώνα που θα εγκατασταθεί για την μέτρηση τόσο της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου από το δίκτυο της ΔΕΗ όσο και την παραγωγή και παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας από το κτίριο προς το δίκτυο της ΔΕΗ.

Επομένως, συνοψίζοντας την παραπάνω ανάλυση, για την εγκατάσταση 25 φωτοβολταϊκών πάνελ των 180 Watt απαιτούνται 25,700 €.

Τα αποτελέσματα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\text{ΚΠΑ} = -4.542,89 \text{ €}, \text{ EBA} = -2,9\%, \text{ ΕΠΑ} = 13,8 \text{ χρόνια}$$

Άρα το σενάριο κρίνεται μη βιώσιμο.

Η επένδυση για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για 10 ετή περίοδο αποπληρωμής δεν είναι βιώσιμη. Για 25 ετή περίοδο αποπληρωμής τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων είναι ΚΠΑ= 12.039,81 €, EBA= 9.5%, ΕΠΑ= 13,8 χρόνια και η επένδυση είναι βιώσιμη.

## 6.6 Σύνοψη προτάσεων

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται 11 πιθανές επεμβάσεις. Η κάθε μια μπορεί να εφαρμοστεί μόνη της ή και σε συνδυασμό με άλλες. Για κάθε σενάριο εφαρμόζονται, τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων.

Τα σενάρια για μόνωση της οροφής και της εξωτερικής τοιχοποιίας καθώς και η αντικατάσταση των υαλοπινάκων δεν είναι βιώσιμα για κύκλο ζωής 10 χρόνια αλλά μπορούν να αποσβέσουν το αρχικό κεφάλαιο πριν τη λήξη της διάρκειας ζωής της επένδυσης. Η εφαρμογή αν όχι όλων, μερικών από αυτών κρίνεται αναγκαία ώστε το κτίριο να εναρμονιστεί με τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, δηλαδή ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου να είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Η επέμβαση για αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες LED θα είναι βιώσιμη σε μερικά χρόνια όταν μειωθεί το κόστος αγοράς των λαμπτήρων. Αυτή την περίοδο το κόστος αγοράς είναι αυξημένο διότι η τεχνολογία των LED είναι νεοεισερχόμενη στην αγορά. Το σενάριο για την αντικατάσταση των λαμπτήρων

φθορισμού με λαμπτήρες LED είναι βιώσιμο διότι οι λαμπτήρες αυτοί λειτουργούν πολλές ώρες το χρόνο και η εξοικονόμηση που θα επιτευχθεί αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους.

Επίσης το σενάριο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν είναι βιώσιμο διότι χρειάζεται περισσότερος χρόνος αποπληρωμής (> 10 χρόνια) για να γίνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου. Οι υπόλοιπες προτεινόμενες επεμβάσεις είναι βιώσιμες. Το μεγαλύτερο κέρδος θα προέλθει από την επέμβαση για αντικατάσταση υαλοπινάκων με δπλούς χαμηλής εκπομπής που περιέχουν αργό. Ακολουθεί η επέμβαση για αλλαγή των υαλοπινάκων με διπλούς χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής με αέρα. Η συγκεκριμένη επενδυτική πρόταση έχει μέτρια περίοδο αποπληρωμής κεφαλαίου και χαμηλό επιτόκιο είσπραξης.

Όλες οι βιώσιμες επενδυτικές προτάσεις έχουν απόσβεση αρχικού κεφαλαίου και μικρή ή μεγάλη περίοδο αποπληρωμής. Έγκειται όμως στον επενδυτή να επιλέξει ποιά τον συμφέρει σύμφωνα πάντα με το κεφάλαιο που διαθέτει και την περίοδο για την οποία είναι διατεθειμένος να περιμένει μέχρι την αποπληρωμή του.

Σημειώνεται πως σύμφωνα με μελέτη που έγινε τα υφιστάμενα κλιματιστικά δεν χρειάζονται αλλαγή καθώς είναι από τα οικονομικότερα στην αγορά. Επίσης δεν παρατηρήθηκε άσκοπη χρήση, γι' αυτό δεν προτείνεται επέμβαση όσον αφορά τη ψύξη.





## Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προοπτικές



Ένας από τους κυρίαρχους στόχους της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ενεργειακών προτύπων, με τη χρήση των οποίων υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας τόσο πριν όσο και μετά τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Όσον αφορά το κτίριο που μελετήθηκε, μέσω της διαδικασίας που εφαρμόστηκε αναμφίβολα προβλήθηκε το μεγάλο περιθώριο δράσεων για την ενεργειακή βελτιστοποίησή του. Ωστόσο θα πρέπει να συνεκτιμηθούν όλες οι παράμετροι για το σκοπό αυτό, λειτουργικές, τεχνολογικές, οικονομικές κ.α που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πραγματοποίηση οποιασδήποτε ενεργειακής επέμβασης.

Ένα από τα σημαντικότερα πρόβλημα που προέκυψαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου ήταν η απουσία μετρητών στους λέβητες φυσικού αερίου που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση της παλιάς πτέρυγας.

Η απουσία του τιμολογίου της Δ.Ε.Η για το κτίριο «Φυσικής» αποτέλεσε επίσης πρόβλημα για τον ακριβή προσδιορισμό των ετήσιων ηλεκτρικών καταναλώσεων. Ως εκ τούτου δεν υπήρχε μέτρο σύγκρισης για τις τιμές ηλεκτρικών καταναλώσεων που

κατεγράφησαν, παρά μόνο από τις μετρήσεις του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας για την θερινή περίοδο.

Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση μετρητών φυσικού αερίου για τον ακριβή προσδιορισμό της ετήσιας κατανάλωσης. Επιπλέον, αναγκαία κρίνεται η μέτρηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κεντρικού συστήματος κλιματισμού στην καινούργια πτέρυγα μέσω του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο κατά την περίοδο του χειμώνα, όσο και κατά τους θερινούς μήνες, έτσι ώστε να συλλεχθούν στοιχεία σχετικά με τις ώρες λειτουργίας της μονάδας υπό πλήρες φορτίο. Παράλληλα, η τοποθέτηση κεντρικού συστήματος καταγραφής των ηλεκτρικών καταναλώσεων του κτιρίου θα συνέβαλλε στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των φορτίων του κτιρίου και στην καλύτερη διαχείριση των ηλεκτρικών καταναλώσεων.

Σύμφωνα με τη μελέτη που διεξήχθη, στο κτίριο «Φυσικής» σημειώνονται σημαντικές ενεργειακές απώλειες, οι οποίες οφείλονται πρωτίστως στην έλλειψη μόνωσης των δομικών στοιχείων και στην παλαιότητα των υαλοπινάκων, καθώς και στην άσκοπη λειτουργία του φωτισμού. Το πρόβλημα της μόνωσης εντείνεται περισσότερο στην παλιά πτέρυγα εξαιτίας της παλαιότητας του κτιρίου.

Ως εκ τούτου προτάθηκαν οι επεμβάσεις που δίνονται συνοπτικά στη συνέχεια με σκοπό τη μείωση των ενεργειακών απωλειών στους τομείς που προαναφέρθηκαν.

Σύμφωνα με την τεχνοοικονομική αξιολόγηση των προτάσεων, η αντικατάσταση των λαμπτήρων με νέους ενεργειακούς λαμπτήρες με σύγχρονο εξοπλισμό έναυσης και η εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού στους κοινόχρηστους χώρους και το αμφιθέατρο θα μειώσει σημαντικά το ετήσιο κόστος για τη λειτουργία του φωτισμού. Επιπλέον η μόνωση της οροφής, και της εξωτερικής τοιχοποιίας αν και δεν έχουν άμεση απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου εντούτοις είναι απαραίτητες επεμβάσεις ώστε το κτίριο να εναρμονιστεί με τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK 2002). Επίσης η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με νέους καλύτερης θερμομονωτικής ικανότητας θα προσφέρει περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας και καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας για το κτίριο. Παράλληλα, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή του κτιρίου θα επιφέρει επιπλέον έσοδα.

Συγκεκριμένα οι επενδυτικές προτάσεις που μελετήθηκαν δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 7.1:** Προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης

A/a	Προτεινόμενη επέμβαση	Αρχικό Κόστος (€)	Ετήσιο Όφελος (€)	Κ.Π.Α (€)	Ε.Β. Α (%)	Ε.Π.Α (έτη)	Βιώσιμη
1.1	Θερμομόνωση οροφής	43.036	2.761	-21.713	-7,3	30,1	
1.2	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας	56.292	2.683	-35.573	-11,6	>50	
2.2	Αντικατάσταση τζαμιών με διπλά τζάμια τύπου 4-12-4 με αργό και επίστρωση χαμηλής εκπομπής Low-e	153.364	7.454	-95,806	-11,3	>50	
2.1	Αντικατάσταση τζαμιών με διπλά τζάμια τύπου 4-14-4 με αέρα	113.603	5.302	-72.662	-11,9	>50	
3.1	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς οικολογικούς λαμπτήρες φθορισμού	53,5	45,52	298	84,9	1,2	
3.2	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED	710,1	46,59	-350	-7	29,4	
3.3	Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες LED	138.704	18.576,5	4.739	5,7	9,6	√
3.4	Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά ballast	15.640	5.616,15	27.726	34	3,1	√
4	Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού σε κοινόχρηστους χώρους και αμφιθέατρο (BEMS)	15.000	9.287,97	56.719	61,4	1,7	√
5	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων χωρίς επιδότηση	25.700	5336,80	-4.542	-2,9	13,8	

Οι προοπτικές που διαφαίνονται για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου είναι μεγάλες. Με την εφαρμογή μερικών ή ακόμα και όλων των βιώσιμων επενδύσεων που προτάθηκαν, το κτίριο μπορεί να μειώσει σημαντικά το ετήσιο κόστος λειτουργίας και να εναρμονιστεί πλήρως στο «νέο» ενεργειακό περιβάλλον της χώρας μας.



## Παράρτημα Α

Πίνακας Α1: Καταγραφή φωτισμού

Χώρος	Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Αριθμός Λαμπτήρων/Φωτιστικό Σώμα	Watt/φωτιστικό σώμα	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Συνολικά Kw χώρου/βδομάδα	EVDOM ADES	KWh/έτος
Υ001	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	5	1	540	44	118,8
Υ002	Φθορίου διπλό	6	2	90	6	5	540	44	712,8
Υ003	Φθορίου διπλό	4	2	90	1	5	360	44	79,2
Υ004	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	0	360	44	0
Υ005	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	0	360	44	0
Υ006	Φθορίου διπλό	4	2	90	6	4	360	44	380,16
Υ007	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	360	44	158,4
Υ008	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	360	44	158,4
Υ009	Φθορίου διπλό	4	2	90	0	5	360	44	0
Υ014	Φθορίου διπλό	3	2	90	2	5	270	44	118,8
Υ015	Φθορίου διπλό	3	2	90	2	5	270	44	118,8
Υ016	Φθορίου διπλό	5	2	90	5	5	450	44	495
Υ023	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	6	5	360	44	475,2
Υ032	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	1	5	360	44	79,2
Υ039	Απλό (μονό)	2	1	42	13	5	84	44	240,24



Υ40	Απλό (μονό)	4	1	42	13	5	168	44	480,48
Υ044	Φθορίου διπλό	10	2	90	13	5	900	44	2574
	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	13	5	270	44	772,2
	Απλό (μονό)	3	1	42	13	5	126	44	360,36
	ECO μικρές	4	2	20	13	5	80	44	228,8
Υ47	Φθορίου διπλό	1	2	90	13	5	90	44	257,4
	Βιδωτή πυρακτώσεως	1	1	75	13	5	75	44	214,5
							0		0
Ι001	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	12	2	90	3	5	1080	26	421,2
Ι002	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
Ι003	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	6	5	270	44	356,4
Ι004	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
Ι005	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	6	5	270	44	356,4
Ι006	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	6	5	270	44	356,4
Ι007	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	3	5	270	44	178,2
Ι008	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	3	5	540	44	356,4
Ι009	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
Ι010	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	3	5	270	44	178,2
Ι011	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	7	5	270	44	415,8
Ι012	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
Ι013	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
Ι014	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
Ι015	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90	6	5	810	50	1215
Ι016	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	8	5	540	50	1080
Ι017	Φθορίου με ανακλαστήρες	9	4	90	2	5	810	50	405

	(4πλό)								
I018	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	3	5	360	50	270
I019	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	4	2	90	4	5	360	44	316,8
I020	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	4	2	90	5	5	360	44	396
I021	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	4	2	90	4	5	360	44	316,8
I022	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	8	2	90	4	5	720	26	374,4
I025	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	8	4	90	6	5	720	50	1080
I026	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	30	4	90	5	5	2700	26	1755
I027	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90	2	5	1080	26	280,8
I029	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	11	4	90	13	5	990	50	3217,5
I033	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	13	5	90	50	292,5
I034	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90	13	5	1080	50	3510
I035	Απλό (μονό)	3	1	42	3	5	126	26	49,14
I037	Απλό (μονό)	1	1	42	4	5	42	44	36,96
	Φθορίου διπλό	1	2	90	4	5	90	44	79,2
I041	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	13	5	90	50	292,5
I043	Απλό (μονό)	2	1	42	4	5	84	26	43,68
I039	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	1	2	90	13	3	90	50	175,5
I040	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90	13	5	810	50	2632,5

1046	Απλό (μονό)	2	1	42	5	5	84	44	92,4
1047	Απλό (μονό)	4	1	42	5	5	168	44	184,8
							0		0
101	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	19	2	90	4	3	1710	26	533,52
102	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	2	5	270	44	118,8
103	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
104	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
105	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	0	5	270	44	0
106	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	4	5	540	44	475,2
107	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
108	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	3	5	270	44	178,2
109	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
110	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	3	5	270	44	178,2
111	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	8	5	540	44	950,4
112	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	2	2	90	5	5	180	48	216
113	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	4	5	360	44	316,8
114	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	5	5	360	44	396
115	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90	5	5	810	50	1012,5
116	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	5	5	540	50	675
117	Φθορίου χωρίς ανακλαστήρες (4πλό)	2	4	90	4	5	180	50	180
	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90	4	5	1080	50	1080
118	Φθορίου με ανακλαστήρες	6	4	90	13	5	540	50	1755

	(4πλό)								
119	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	4	2	90	3	5	360	44	237,6
120	Φθορίου διπλό	4	2	90	5	5	360	44	396
121	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	360	44	158,4
122	Φθορίου διπλό	4	2	90	5	5	360	44	396
123	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	360	44	158,4
124	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	13	5	540	50	1755
125	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	13	5	90	50	292,5
126	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	1	2	90	13	5	90	50	292,5
129	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	19	4	90	13	5	1710	50	5557,5
134	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	13	5	90	50	292,5
							0		0
201	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	19	2	90	3	4	1710	26	533,52
202	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
203	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
204	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
205	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	4	5	270	44	237,6
206	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	6	5	540	44	712,8
207	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	10	5	270	44	594
208	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	10	5	540	44	1188
209	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	10	5	270	44	594
210	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	6	5	270	44	356,4
211	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	10	5	270	44	594

212	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
213	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
214	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	3	2	90	5	5	270	44	297
215	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	5	4	90	10	5	450	44	990
216	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	5	4	90	6	5	450	44	594
217	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90	4	5	1080	44	950,4
218	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	2	5	540	44	237,6
219	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90	4	5	810	44	712,8
220	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	6	5	360	44	475,2
221	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	7	5	540	30	567
222	Απλό (μονό)	4	1	42	2	5	168	44	73,92
223	Φθορίου διπλό	4	2	90	0	5	360	44	0
224	Φθορίου διπλό	4	2	90	6	5	360	44	475,2
225	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	8	2	90	6	5	720	44	950,4
226	Βιδωτή πυρακτώσεως	2	1	75	0	5	150	44	0
	Απλό (μονό)	4	1	42	5	5	168	44	184,8
227	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	7	5	90	50	157,5
228	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	19	4	90	13	5	1710	50	5557,5
229	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90	13	5	810	50	2632,5

230	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	1	2	90	13	5	90	50	292,5
232	Φθορίου διπλό	1	2	90	3	5	90	44	59,4
	Απλό (μονό)	2	1	42	3	5	84	44	55,44
233	Βιδωτή πυρακτώσεως	3	1	75	0	5	225	44	0
	Απλό (μονό)	3	1	42	0	5	126	44	0
234	Βιδωτή πυρακτώσεως	3	1	75	2	5	225	44	99
	Απλό (μονό)	3	1	42	3	5	126	44	83,16
235	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90	5	5	90	50	112,5
							0		0
301	Φθορίου διπλό	2	2	90	5	6	180	44	237,6
302	Φθορίου διπλό	2	2	90	5	5	180	44	198
303	Φθορίου διπλό	2	2	90	5	5	180	44	198
303A	Φθορίου διπλό	2	2	90	4	5	180	44	158,4
306	Φθορίου διπλό	2	2	90	2	5	180	44	79,2
307	Φθορίου διπλό	2	2	90	2	5	180	44	79,2
308	Φθορίου διπλό	2	2	90	4	5	180	44	158,4
309	Φθορίου διπλό	2	2	90	2	5	180	44	79,2
310	Φθορίου διπλό	2	2	90	2	5	180	44	79,2
311	Φθορίου διπλό	2	2	90	0	5	180	44	0
312	Φθορίου διπλό	2	2	90	5	5	180	44	198
313	Φθορίου διπλό	2	2	90	4	5	180	44	158,4
314	Φθορίου διπλό	2	2	90	4	5	180	44	158,4
315	Φθορίου διπλό	2	2	90	0	5	180	44	0
316	Φθορίου διπλό	2	2	90	3	5	180	44	118,8
317	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90	5	5	540	44	594

318	Φθορίου με ανακλαστές (4πλό)	6	4	90	5	5	540	44	594
319	Φθορίου με ανακλαστές (4πλό)	12	4	90	2	5	1080	26	280,8
320	Φθορίου με ανακλαστές (4πλό)	6	4	90	6	3	540	44	427,68
321	Φθορίου με ανακλαστές (4πλό)	5	4	90	5	5	450	44	495
324	Βιδωτή πυρακτώσεως	3	1	60	3	5	180	44	118,8
334	Φθορίου διπλό	1	2	90	3	5	90	50	67,5
	Απλό (μονό)	3	1	42	3	5	126	50	94,5
	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	1	2	36	3	5	36	50	27
337	Βιδωτή πυρακτώσεως	1	1	60	3	5	60	44	39,6
	Βιδωτή πυρακτώσεως	1	1	75	3	5	75	44	49,5
338	Βιδωτή πυρακτώσεως	1	1	60	3	5	60	44	39,6
	Βιδωτή πυρακτώσεως	1	1	75	3	5	75	44	49,5
339	Φθορίου διπλό	2	2	42	3	5	84	44	55,44
							0		0
Δ2	Φθορίου διπλό	2	2	90	4	5	180	44	158,4
Δ3	Φθορίου με ανακλαστές (4πλό)	2	4	90	3	5	180	44	118,8
Δ4	Προβολέας	2	1	150	10	7	300	52	1092
<b>Total</b>									<b>77009,9</b>

**Πίνακας Α2:** Καταγραφή θερινού κλιματισμού με συσκευές A/C (split\_.

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	BTU/σώμ α	KW/σώμ α	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Συνολικά watt /βδομάδα (KW)	EVDOMADES	KWh/έτος
Y023	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
Y032	2	24000	2,4	10	7	336	14	4704
I001	2	24000	2,4	5	5	120	8	960
I002	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I003	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
I004	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I005	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
I006	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
I007	1	9000	0,9	4	5	18	14	252
I008	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
I009	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I011	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
I012	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
I013	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I014	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I019	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I020	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
I021	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
I022	1	9000	0,9	3	5	13,5	14	189
I024	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
I025	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
	1	12000	1,1	6	5	33	14	462



101	2	24000	2,4	5	5	120	8	960
102	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
103	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
104	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
106	2	9000	0,9	3	5	27	14	378
107	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
108	1	9000	0,9	1	5	4,5	14	63
109	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
110	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
111	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
112	1	9000	0,9	5	5	22,5	18	405
121	1	9000	0,9	1	5	4,5	14	63
122	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
201	2	24000	2,4	5	5	120	8	960
202	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
203	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
205	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
206	2	9000	0,9	5	5	45	14	630
207	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
208	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
209	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
210	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
211	1	12000	1,1	10	5	55	14	770
212	1	12000	1,1	7	5	38,5	14	539

213	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
214	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
222	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
223	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
224	1	9000	0,9	8	5	36	14	504
225	1	12000	1,1	8	5	44	14	616
301	1	9000	0,9	10	6	54	14	756
302	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
303	1	9000	0,9	10	5	45	14	630
303A	1	9000	0,9	8	5	36	14	504
306	1	9000	0,9	8	5	36	14	504
307	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
308	1	9000	0,9	6	5	27	14	378
311	1	9000	0,9	0	5	0	14	0
312	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
313	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
314	1	9000	0,9	5	5	22,5	14	315
316	1	9000	0,9	3	5	13,5	14	189
Δ2	1	9000	0,9	7	5	31,5	14	441
<b>total</b>								<b>31922</b>

**Πίνακας Α3:** Καταγραφή χειμερινού κλιματισμού με συσκευές split.

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	BTU/h	KW/σώμα	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Συνολικά watt /βδομάδα (KW)	EVDOMAD ES	KWh/έτος
Y023	1	9000	0,85	7	5	29,75	14	416,5
210	1	9000	0,85	7	5	29,75	14	416,5
215	1	9000	0,85	8	5	34	14	476
301	1	9000	0,85	8	6	40,8	14	571,2
302	1	9000	0,85	8	5	34	14	476
303	1	9000	0,85	8	5	34	14	476
303A	1	9000	0,85	8	5	34	14	476
306	1	9000	0,85	5	5	21,25	14	297,5
307	1	9000	0,85	5	5	21,25	14	297,5
308	1	9000	0,85	5	5	21,25	14	297,5
311	1	9000	0,85	5	5	21,25	14	297,5
312	1	9000	0,85	4	5	17	14	238
313	1	9000	0,85	4	5	17	14	238
314	1	9000	0,85	5	5	21,25	14	297,5
316	1	9000	0,85	3	5	12,75	14	178,5
Δ2	1	9000	0,85	8	5	34	14	476
total								<b>5926,2</b>

**Πίνακας Α4:** Καταγραφή χειμερινού κλιματισμού, κεντρικά ελεγχόμενου με συσκευές «fun coil» με ρεύμα (αρχές/τέλη-πολύ κρύο)

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	BTU/σώμα	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Εβδομάδες
1015	2	300	6	5	9
1016	1	300	6	5	9
1017	2	300	6	5	9
1018	1	300	6	5	9
113	1	300	4	5	9
114	1	300	4	5	9
115	2	300	6	5	9
116	1	300	6	5	9
117	2	300	6	5	9
118	1	300	6	5	9
215	1	300	6	5	9
216	1	300	6	5	9
217	1	300	6	5	9
218	1	300	6	5	9
219	2	300	6	5	9
220	1	300	6	5	9
317	1	300	6	5	9
318	1	300	0	5	9
319	2	300	0	5	8
320	1	300	0	5	9
321	1	300	6	5	9

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	BTU/σώμα	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Εβδομάδες
1015	2		11	5	10
1016	1		11	5	10
1017	2		11	5	10
1018	1		11	5	10
113	1		4	5	10
114	1		4	5	10
115	2		11	5	10
116	1		11	5	10
117	2		11	5	10
118	1		11	5	10
215	1		10	5	10
216	1		6	5	10
217	1		11	5	10
218	1		11	5	10
219	2		11	5	10
220	2		6	5	10
317	1		11	5	10
318	1		0	5	10
319	2		0	5	5
320	1		0	5	10
321	1		6	5	10

**Πίνακας Α5:** Καταγραφή θερινού κλιματισμού, κεντρικά ελεγχόμενου με συσκευές fun coil (με ρεύμα).

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	Kcal/h	Ώρες λειτουργίας/μερα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	EVDOMADES
I015	2	300	4	5	14
I016	1	300	10	5	14
I017	2	300	10	5	14
I018	1	300	10	5	14
113	1	300	4	5	14
114	1	300	4	5	14
115	2	300	10	5	14
116	1	300	10	5	14
117	2	300	10	5	14
118	1	300	10	5	14
215	1	300	10	5	14
216	1	300	6	5	14
217	2	300	10	5	14
218	1	300	10	5	14
219	2	300	10	5	14
220	1	300	10	5	14
317	1	300	8	5	14
318	1	300	0	5	14
319	2	300	0	5	14
320	1	300	0	5	14
321	1	300	6	5	14

**Πίνακας Α6:** Καταγραφή χειμερινού κλιματισμού κεντρικά ελεγχόμενου με συσκευές «fun coil» Φυσικό Αέριο (αρχές/τέλη-πολύ κρύο)

Χώρος	Αριθμός σωμάτων	Kcal/h	Ώρες λειτουργίας/μέρα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Εβδομάδες	Χώρος	Αριθμός σωμάτων	Kcal/h	Ώρες λειτουργίας/μέρα	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδα	Εβδομάδες
I001	2	400	3	5	9	I001	2	400	3	5	3
I003	1	300	6	5	9	I003	1	300	11	5	10
I005	1	300	6	5	9	I005	1	300	11	5	10
I006	1	300	6	5	9	I006	1	300	11	5	10
I007	1	300	1	5	9	I007	1	300	1	5	10
I009	1	300	5	5	9	I009	1	300	11	5	10
I013	1	300	4	5	9	I013	1	300	11	5	10
I014	1	300	4	5	9	I014	1	300	11	5	10
I019	1	300	4	5	9	I019	1	300	11	5	10
I020	1	300	5	5	9	I020	1	300	11	5	10
I022	1	300	3	5	9	I022	1	300	3	5	10
I025	2	300	6	5	9	I025	2	300	11	5	10
101	2	300	4	5	9	101	2	300	4	5	3
102	1	300	2	5	9	102	1	300	2	5	10
103	1	300	5	5	9	103	1	300	5	5	10
104	1	300	4	5	9	104	1	300	4	5	10
106	2	300	4	5	9	106	2	300	4	5	10
108	1	300	2	5	9	108	1	300	2	5	10
109	1	300	4	5	9	109	1	300	4	5	10
111	2	300	6	5	9	111	2	300	11	5	10
112	1	300	5	5	9	112	1	300	11	5	10

122	1	300	5	5	9	122	1	300	5	5	10
123	1	300	1	5	9	123	1	300	1	5	10
201	2	400	3	5	9	201	2	400	3	5	3
202	1	300	5	5	9	202	1	300	5	5	10
203	1	300	5	5	9	203	1	300	5	5	10
205	1	300	4	5	9	205	1	300	4	5	10
206	2	300	6	5	9	206	2	300	11	5	10
207	1	300	6	5	9	207	1	300	11	5	10
208	1	300	6	5	9	208	1	300	11	5	10
209	1	300	6	5	9	209	1	300	11	5	10
211	1	300	6	5	9	211	1	300	11	5	10
212	1	300	5	5	9	212	1	300	5	5	10
213	1	300	5	5	9	213	1	300	5	5	10
214	1	300	5	5	9	214	1	300	5	5	10
222	1	300	2	5	9	222	1	300	2	5	10
224	1	300	6	5	9	224	1	300	11	5	10
225	1	300	6	5	9	225	1	300	11	5	10
301	1	300	5	6	9	301	1	300	5	5	10
302	1	300	6	6	9	302	1	300	6	5	10
303	1	300	6	5	9	303	1	300	6	5	10
303A	1	300	6	5	9	303A	1	300	11	5	10
306	1	300	6	5	9	306	1	300	11	5	10
307	1	300	6	5	9	307	1	300	11	5	10
308	1	300	6	5	9	308	1	300	11	5	10
311	1	300	6	5	9	311	1	300	11	5	10

**Πίνακας Α7:** Καταγραφή συσκευών,μηχανημάτων και εργαστηριακών οργάνων

Χώρος	Συσκευή	Αριθμός συσκευών	KW/συσκ ευή	Ώρες λειτουργίας/μερ α	Ημέρες λειτουργίας/βδομάδ α	Συνολικά watt /βδομάδα (KW)	EVDOMAD ES	KWh/έτος
Υ002	φρέζα	1	0,3	2	5	3	44	132
	τόρνος	1	0,4	3	5	6	44	264
Υ006	PC	2	0,25	6	5	15	44	660
Υ015	PC	16	0,25	3	5	60	44	2640
Υ023	PC	3	0,25	5	5	18,75	44	825
Υ032	PC	31	0,25	3	5	116,25	44	5115
Ι002	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι003	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι004	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
Ι005	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι006	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι007	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι009	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι010	PC	2	0,25	1	5	2,5	44	110
Ι011	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
Ι013	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι014	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
Ι015	PC	3	0,25	6	5	22,5	44	990
Ι016	λαζερ	1	0,25	4	5	5	44	220
	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
Ι017	PC	1	0,25	2	5	2,5	44	110



I018	λαζερ	1	0,66	4	5	13,2	44	580,8
	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
I019	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
I020	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
I021	PC	1	0,25	3	5	3,75	44	165
I025	ψυγείο	1	0,06	10	7	4,2	52	218,4
	PC	3	0,25	6	5	22,5	44	990
I037	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
103	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
104	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
106	PC	7	0,25	1	5	8,75	44	385
107	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
109	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
110	PC	1	0,25	1	5	1,25	44	55
	PC	2	0,25	7	5	17,5	44	770
112	PC	1	0,25	12	5	15	44	660
	ψυγείο	1	0,06	10	7	4,2	52	218,4
113	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
114	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
115	PC	2	0,25	6	5	15	50	750
116	PC	3	0,25	6	5	22,5	44	990
117	Φούρνος	1	5	2	5	50	44	2200
	Σύστημα Υψηλού κενού (2 αντλίες turbo)	2	3	2	5	60	44	2640
118	PC	1	0,25	24	7	42	44	1848

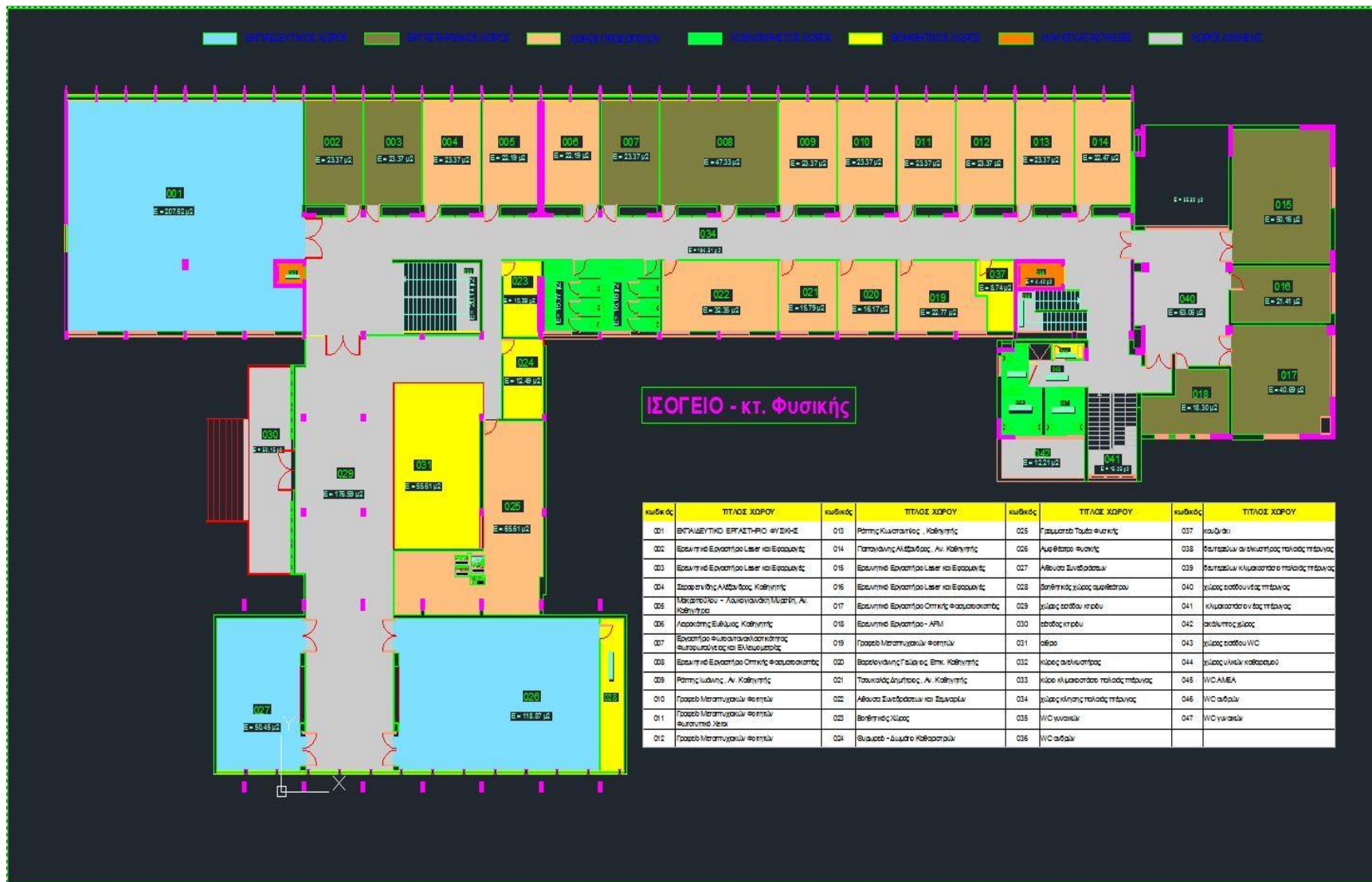
	PC	2	0,25	12	5	30	44	1320
	PC	1	0,25	7	5	8,75	44	385
	ψυγείο	1	0,06	10	7	4,2	52	218,4
122	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
123	PC	3	0,25	6	1	4,5	44	198
202	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
203	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
204	PC	2	0,25	4	5	10	44	440
205	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
206	PC	4	0,25	6	5	30	44	1320
207	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
208	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
209	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
210	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
211	PC	3	0,25	10	5	37,5	44	1650
	router	1	0,2	24	7	33,6	52	1747,2
212	PC	3	0,25	24	5	90	44	3960
214	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
215	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
216	PC	1	0,25	7	5	8,75	44	385
217	PC	4	0,25	6	5	30	44	1320
218	PC	2	0,25	6	5	15	44	660
219	PC	4	0,25	2	5	10	44	440
	PC	1	0,25	24	5	30	44	1320
220	PC	1	0,25	24	5	30	44	1320

221	PC	1	0,25	6	5	7,5	30	225
224	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
225	PC	2	0,25	7	5	17,5	44	770
232	εκπαιδευτικά όργανα	1	0,06	24	7	10,08	52	524,16
	φούρνος μικροκυμάτων	1	0,3	0,25	1	0,075	10	0,75
	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
301	PC	1	0,25	10	6	15	44	660
302	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
303	PC	1	0,25	10	5	12,5	44	550
303A	δικτυακός εκτυπωτής	1	0,68	1	5	3,4	46	156,4
	PC	1	0,25	5	5	6,25	44	275
306	PC	2	0,25	5	5	12,5	44	550
308	PC	3	0,25	5	5	18,75	44	825
311	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
313	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
314	PC	2	0,25	5	5	12,5	44	550
317	PC	2	0,25	6	5	15	44	660
318	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
320	PC	1	0,25	6	5	7,5	44	330
321	PC	1	0,25	24	5	30	44	1320
Δ2	λαζερ	1	0,66	4	7	18,48	44	813,12
	PC	1	0,25	4	5	5	44	220
κτλ								
total								<b>60156,63</b>

**Πίνακας Α8:** Στοιχεία για μηχανικό ανεγκυστήρα από αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ανεγκιστήρες	KWh (1 εβδομάδα)	KWh(έτος)	Ημερομηνίες
Μηχανικός (x2)	33,027	1453,192	20/4-27/11



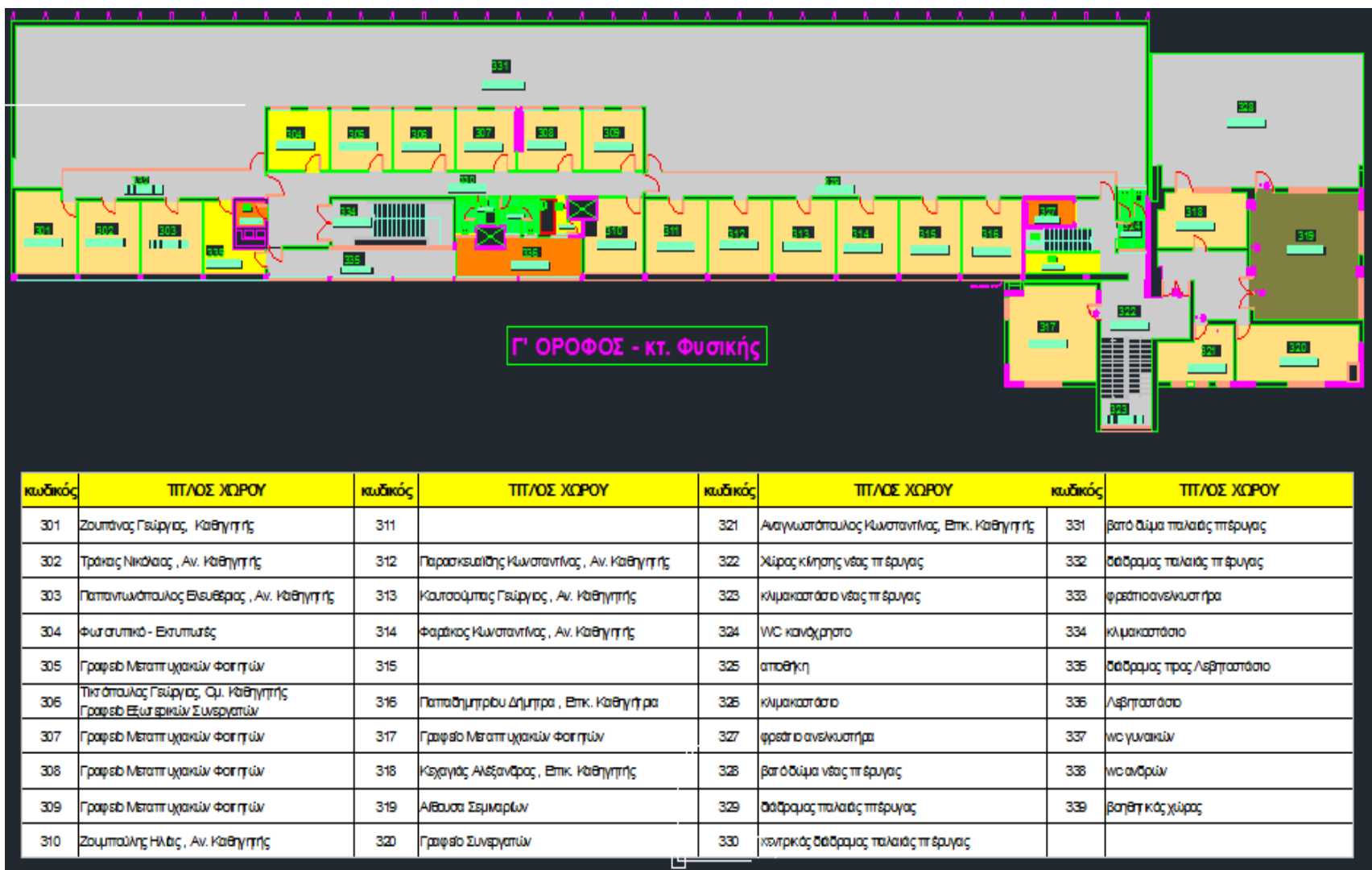
















## Παράρτημα Β

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών		
	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	$\mu$		
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
<b>1. Ανόργανα δομικά υλικά</b>						
<b>1.1. Φυσιικοί λίθοι και γαίες</b>						
<b>1.1.1. Συμπαγείς λίθοι</b>						
1.1.1.1	Ιζηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2 600	2,300	1 000	250	200
1.1.1.2	Ομογενής βράχος		3,500			
1.1.1.3	Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.4	Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.5	Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000	10 000
1.1.1.6	Μάρμαρο	2 800	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.7	Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000	800
1.1.1.8	Ασβεστόλιθο πολύ σκληρός	2 600	2,300	1 000	250	200
	σκληρός	2 200	1,700	1 000	200	150
	ημίσκληρος	2 000	1,400	1 000	50	40
<b>1.1.2. Πορώδεις λίθοι</b>						
1.1.2.1	Ασβεστόλιθο μαλακός	1 800	1,100	1 000	40	25
	πολύ μαλακός	1 600	0,850	1 000	30	20
1.1.2.2	Ψαμμίτης	2 600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3	Ιζηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1 500	0,850	1 000	30	20
1.1.2.4	Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1 600	0,550	800	20	15
1.1.2.5	Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.1.2.6	Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
<b>1.2. Γαιώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.</b>						
1.2.1.	Χώμα συμπαγές	1 800	2,090			
1.2.2.	Άργιλος / ιλύς	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50	50
1.2.3.	Ιλυώδης άμμος (υγρή)	1 700	1,500	1 800	—	
1.2.4.	Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000		
	(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500		
1.2.5.	Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1 520	0,350	800		
1.2.6.	Αμμοχάλικο	2 200	2,000	910 - 1180	50	50
1.2.7	Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190		40	180
1.2.8	Διογκωμένος περλίτης	50 - 130	0,070	900	1 - 2	
1.2.9	Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm, συλλεκτές και θραυστές		0,810			
1.2.10.	Θραύσματα οπτόπλινθων και κεραμιδιών	1 400	0,410			
<b>1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)</b>						
1.3.1.	Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6	
1.3.2.	Πηλός μπαγδατί		0,470			
1.3.3.	Πηλός, λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4.	ωμόπλινθοι συμπαγείς	1 990	0,800	1 000	10	
1.3.5.	ωμόπλινθοι με πρόσμειξη άχρου	300	0,100	1 500	5	
		660	0,190	1 500	5	
		1 400	0,700			
<b>1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών</b>						
1.4.1.	Ασβεστοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	15	
1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	25 - 35	
		1 900	1,000	1 100	35	
1.4.3.	Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2 000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4.	Ασβεστογυψοκονίαμα	1 400	0,700	1 000	10	
1.4.5.	Γυψοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1 200	0,350	900	10	6
	με συμπλήρωμα άμμου	1 600	0,800	900	10	6
1.4.6.	Θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)	< 200	0,060	1 100	10	
		250	0,080	1 100	10	
		350	0,100	1 100	10	
		500	0,140	1 100	10	
1.4.7.	Συνθετικά κονιάματα	1 800	0,870	1 100	80 - 250	
1.4.8.	Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900		∞	

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	ξηρό	υγρό
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)		
<b>1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)</b>					
1.5.1. Σκυροδέμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1 800	1,150	1 000	100	60
	2 000	1,350	1 000	100	60
	2 200	1,650	1 000	120	70
	υψηλής πυκνότητας	2 400	2,000	1 000	130
1.5.2. Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητα (παλαιού τύπου B120)		1,510			
1.5.3. Οπλισμένο σκυρόδε (1% σίδηρος)	2 300	2,300	1 000	130	80
	(≥2% σίδηρος)	2 400	2,500	1 000	130
1.5.4. Γαρμπιλοσκυρόδεμα, γαρμπιλόδεμα	1 500	0,640		20	
	1 700	0,810		25	
	1 900	1,100		35	
1.5.5. Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0,200		5 - 20	
	600	0,220		5 - 20	
	800	0,280		5 - 20	
	1 000	0,350		5 - 20	
1.5.6. Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυμένο με ατμό	400	0,140	1 000	3	
	500	0,190	1 000	4	
	600	0,230	1 000	4	
	800	0,290	1 000	5	
	1 000	0,350	1 000	6	
<b>1.5.7. Περιλιτόδεμα (το ειδικό βάρος εξεργτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περιλίτη)</b>					
1.5.7.1 Περιλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
1.5.7.1 Περιλιτόδεμα με τη χρήση αφοροποιητικού παράγοντα	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			
<b>1.5.8. Πλάκες απο σκυρόδεμα, γύψο και αμιαντοτσιμέντο</b>					
1.5.8.1. Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280		5 - 10	
1.5.8.2. Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμεικτα αδρανή	1 400	0,580		10 - 25	
<b>1.5.9. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες</b>					
1.5.9.1. Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000	10	4
	900	0,250	1 000	10	4
	1 150	0,360	1 000	10	
1.5.9.2. Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.9.3. Ινοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2 000	0,480	1 100	60	
<b>1.6. Λιθοσώματα</b>					
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι	1 750	1,300	1 000	50	40
<b>1.7. Τοιχοποιίες από λιθοσώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών <sup>(1)</sup></b>					
<b>1.7.1. Τοιχοποιία από πλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης</b>					
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ)	1 200	0,560		8 - 10	
	1 400	0,700		8 - 10	
	1 600	0,790		15 - 25	
	1 800	0,990		15 - 25	
	2 000	1,100	1 100	15 - 25	
	2 200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000	3 - 5	
	500	0,130	1 000	4 - 6	
	600	0,160	1 000	5 - 7	
	700	0,190	1 000	6 - 8	
	800	0,220	1 000	8 - 10	

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				ξηρό	υγρό
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(m·K)	$c_p$ J/(kg·K)		
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	600	0,350		5 - 10	
	800	0,470		5 - 10	
	1 000	0,650		5 - 10	
	1 200	0,770		5 - 10	
	1 400	0,910		5 - 10	
	1 600	1,000		5 - 10	
1.7.1.4. Κισηρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,220	1 000	5 - 10	
	600	0,240	1 000	5 - 10	
	700	0,250	1 000	5 - 10	
	800	0,280	1 000	5 - 10	
<b>1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 10 mm</b>					
1.7.2.1. Οπτόπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1 200	0,490	1 000	10 - 25	
	1 500	0,640	1 000	10 - 25	
	1 700	0,760	1 000	10 - 25	
	1 900	0,890	1 000	10 - 25	
1.7.2.2. Οπτόπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 <sup>(2)</sup>	0,450	1 000	5 - 10	
	1500 <sup>(2)</sup>	0,520	1 000	5 - 10	
	1700 <sup>(2)</sup>	0,590	1 000	5 - 10	
	1900 <sup>(2)</sup>	0,660	1 000	5 - 10	
1.6.2.3. Πορώδεις αργιλικές οπτόπλινθοι (πορώδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10	
1.6.2.4. Οξύμαχες οπτόπλινθοι (κλίνκερ)	1 800	1,800	900	100	
<b>1.8. Υαλότουβλα</b>	2 500	1,400	840	∞	
<b>1.9. Κεραμίδια</b>					
1.9.1. Κεραμίδια		0,400			
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επιστέγασης	2 000	1,000	800	40	30
<b>2. Ξύλα</b>					
<b>2.1. Συμπαγής ξυλεία</b>					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20
	500	0,130	1 600	50	20
	700	0,180	1 600	200	50
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600		
<b>2.2. Προϊόντα ξύλου</b>					
2.2.1. Μορισσανίδες	300	0,100	1 700	50	10
	600	0,140	1 700	50	15
	900	0,180	1 700	50	20
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50
	500	0,130	1 600	200	70
	700	0,170	1 600	220	90
	1 000	0,240	1 600	250	110
2.2.3. Σκληρές πλάκες <b>ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)</b>	250	0,070	1 700	5	3
	400	0,100	1 700	10	5
	600	0,140	1 700	20	12
	800	0,180	1 700	30	20
<b>3. Μέταλλα και γυαλί</b>					
<b>3.1. Γυαλί</b>					
3.1.1. Γυαλί, υαλοπίνακας	2 500	1,00	750	∞	∞
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞
<b>3.2. Μέταλλα</b>					
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞
3.2.2. Χάλυβας (ασάλι)	7 800	50,00	450	∞	∞
3.2.3. Ανοιξείδωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m <sup>2</sup> (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				ρ	λ
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
<b>4. Υλικά υποστρωμάτων και επιστρώσεων</b>					
4.1. Λινέλαιο	1 200	0,170	1 400	1 000	800
<b>4.2. Υποστρώματα</b>					
4.2.1. Υπόστρωμα απο τσόχα, πύλημα	120	0,050	1 300	20	15
4.2.2. Υπόστρωμα απο κυτταρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	270	0,100	1 400	10 000	10 000
4.2.3. Υπόστρωμα απο λινάτσα	200	0,060	1 300	20	15
4.2.4. Υπόστρωμα φελλού	< 200	0,050	1 500	20	10
4.2.5. Υαλούφασμα, υαλόνημα, γεωύφασμα	60 - 140	0,040	1 030	2	2
	> 140	0,045	1 030	2	2
4.2.6. Πεπιεσμένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030	10	10
<b>4.3. Πλακίδια φελλού</b>					
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560	10 - 30	
	> 400	0,065	1 500	40	20
4.3.2. Πλακίδια φελλού, οπλισμένα με ψαθωτή ύφανση	100 - 150	0,046	1 560	10 - 30	
4.4. Μοκέτα	200	0,060	1 300	5	5
<b>4.5. Καουτσούκ, λάστιχο</b>					
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100	10 000	10 000
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140	10 000	10 000
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400	200 000	200 000
4.5.4. Διογκωμένο καουτσούκ (αφρώδες, σπογγώδες, λατέξ)	60 - 80	0,060	1 500	7 000	7 000
4.5.5. Σκληρυμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400	∞	∞
4.5.6. Μονομερές αιθυλένιο-προπυλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000	6 000	6 000
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100	10 000	10 000
4.5.8. Πολυσουλφίδια	1 700	0,400	1 000	10 000	10 000
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000	100 000	100 000
<b>4.6. Ασφαλτικά υλικά</b>					
4.6.1. Καθαρή άσφαλτος, μαστίχη ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700	50 000	50 000
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικό σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000	50 000	50 000
4.6.3. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920	50 000	50 000
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000	50 000	50 000
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1 100	0,230	1 000	50 000	50 000
<b>4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο</b>					
4.7.1. Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2 000	1,050		250	
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2 000	1,840	840	250	
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση / πορσελάνες	2 300	1,300	840	∞	∞
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200			
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	1 000	0,200	1 000	10 000	10 000
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου	2 100	1,500	1 000	100	60
<b>5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες</b>					
<b>5.1. Πλαστικά</b>					
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200	5 000	5 000
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλενί (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800	100 000	100 000
	(χαμηλής πυκνότητας)	920	0,330	2 200	100 000
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900	50 000	50 000
5.1.4. Πολυπροπυλένιο (PP)	910	0,220	1 800	10 000	10 000
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300	100 000	100 000
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500	10 000	10 000
5.1.7. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000	10 000	10 000
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400	100 000	100 000
5.1.9. Πολυαμίδιο	1 150	0,250	1 600	50 000	5 000
5.1.10. Πολυουρεθάνη	1 200	0,250	1 800	6 000	6 000
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500	60	60
<b>5.2. Ρητίνες</b>					
5.2.1. Εποξεική (εποξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400	10 000	10 000
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700	100 000	100 000
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200	10 000	10 000
<b>5.3. Σιλικόνες</b>					
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000	5 000	5 000
5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000	5 000	5 000
5.3.3. Σιλικονόχουχος αφρός	750	0,120	1 000	10 000	10 000
5.3.4. Κόκκοι οξειδίου του πυριτίου, πηκτή πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητα	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση	
		ζ		α	
	ρ	λ	c <sub>p</sub>	μ	
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
<b>6. Θερμομονωτικά υλικά</b>					
<b>6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά</b>					
6.1.1. Υαλοβάμβακας σε σκληρές πλάκες	70 - 110	0,035 - 0,041		1,0 - 1,5	
6.1.2. Υαλοβάμβακας μη μορφοποιημένος	15 - 50	0,035 - 0,041		1,0 - 1,5	
6.1.3. Πετροβάμβακας σε σκληρές πλάκες	110 - 180	0,035 - 0,041	1 030	1,0 - 1,5	
6.1.4. Πετροβάμβακας μη μορφοποιημένος	50	0,035 - 0,041	1 030	1,0 - 1,5	
<b>6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής</b>					
6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίμματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
<b>6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής</b>					
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό	d < 25 mm d ≥ 25 mm	570 360 - 480	0,150 0,090	1 470	2 - 5
<b>6.3.2. Φελλός</b>					
6.3.2.1 Σκληρά πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
<b>6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη</b>					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους	15 - 30	0,045	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες <sup>(3)</sup>	12 - 30	0,035 - 0,040	1 500	20 - 90	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες	12 - 30	0,031 - 0,035	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30 - 45	0,033 - 0,037	1 450	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες) <sup>(4)</sup>	30 - 80	0,023 - 0,030	1 400 - 1 500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
<b>6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης</b>					
6.4.1. Πλάκες ή μπάλες πεπιεσμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0,050		2	
6.4.3. Πλάκες από καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		
6.4.4. Κυτταρίνη (κολλώδης)	120 - 220	0,040 - 0,060	800 - 1100		
6.4.5. Λινάρι	30 - 80	0,040 - 0,45	1700 - 2100		
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 80	0,038 - 0,045	1300 - 1600		
6.4.7. Μαλλί προβάτου	20 - 60	0,040	840 - 1300		
25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1300			
<b>7. Αέρια</b>					
7.1. Ξηρός αέρας (στους 20°C)	1	0,025	1 008	1	
7.2. Διοξείδιο του άνθρακα	2	0,014	820	1	
7.3. Αργό	2	0,017	519	1	
7.4. Κρυπτό	4	0,009	245	1	
7.5. Ξένο	6	0,0054	160	1	
<b>8. Νερό</b>					
<b>8.1. Νερό σε υγρή φάση</b>					
8.1.1. Νερό στους 10°C	1 000	0,600	4 187	—	—
8.1.2. Νερό στους 40°C	990	0,630	4 190	—	—
8.1.3. Νερό στους 80°C	970	0,670	4 190	—	—
<b>8.2. Νερό σε στερεά φάση</b>					
8.2.1. Πάγος στους -10°C	920	2,300	2 000	—	—
8.2.2. Πάγος στους 0°C	900	2,200	2 000	—	—
8.2.3. Φρέσκο χιόνι (πάχος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000	—	—
8.2.4. Χιόνι, μαλακό (πάχος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	—	—
8.2.5. Χιόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (πάχος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	—	—
8.2.6. Χιόνι, συμπιεσμένο (πάχος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	—	—

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

(1) Οι τιμές που αναγράφονται είναι ενδεικτικές. Εφόσον υπάρχει πιστοποιημένη τιμή από τον κατασκευαστή θα γίνεται χρήση αυτής εφόσον το

προϊόν συνοδεύεται από το αντίστοιχο πιστοποιητικό που θα εκδίδεται με βάση την μεθοδολογία του EN 1745. Η τιμή σχεδιασμού θα αναφέρεται

σε ποσοστό υγρασίας 4% κατ' όγκο και για συνδετικό κόνιαμα με λ=0,80W/(mK). Για συνδετικό κόνιαμα χαμηλότερου συντελεστή θερμικής

αγωγιμότητας θα πρέπει και το συνδετικό κόνιαμα να συνοδεύεται από αντίστοιχο πιστοποιητικό. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται από

τον μελετητή για την διάταξη τοποθέτησης των πλίνθων αφού στην περίπτωση διάτρητων πλίνθων οι θερμομονωτικές τους



- ιδιότητες  
διαφοροποιούνται δραματικά.
- (2 Το φαινόμενο ειδικό βάρος αναφέρεται στο υλικό κατασκευής και όχι στον οπτοπλινθο.
- (3 Υποδεικνύεται η χρήση πολυστερίνης βάρους μεγαλύτερου των 25 kg/m<sup>3</sup>. Επίσης πρέπει να είναι τέτοιου τύπου που δεν συντηρεί τη φλόγα.
- (4 Η χρήση πολυουρεθάνης σε εσωτερικούς χώρους αντενδείκνυται λόγω της παραγωγής επικίνδυνων προϊόντων καύσης σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- (5 Η αναγραφόμενη τιμή του λ της πολυουρεθάνης αντιστοιχεί σε πολυουρεθάνη 40 kg/m<sup>3</sup>. Όμως με την πάροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να πλησιάσει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.

Όταν κάποιο μέγεθος σε ένα υλικό ορίζεται με ένα εύρος τιμών, επιλέγεται η δυσμενέστερη.

- Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει για τα χαρακτηριστικά κάθε υλικού τιμές ευμενέστερες από τις αναγραφόμενες στον πίνακα με την προϋπόθεση ότι γι' αυτές θα υπάρχει πιστοποιητικό βάσει του προτύπου προδιαγραφών του υλικού για σήμανση CE, που θα δικαιολογεί την ευμενέστερη τιμή και απαραίτητως θα συνοδεύει τη μελέτη.

**Πίνακας Α1:** Τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ), της ειδικής θερμοχωρητικότητας ( $c$ ) και του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών ( $\mu$ ) των διαφόρων δομικών υλικών.

**Πίνακας Β2.** Συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων

α/α	Τύπος Υαλοπίνακα	Υλικό πλαίσιο	
		Ξύλο ή συνθετικό υλικό	Μέταλλο ή σκυρόδεμα
		W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
1	Απλός υαλοπίνακας	5,23	5,81
2	Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6mm	3,26	3,72
3	Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 12mm	3,02	3,49
4	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2cm≤s≤4cm	2,56	3,02
5	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 4cm≤s≤7cm	2,33	3,79
6	Διπλό παράθυρο με απόσταση υαλοπινάκων≥7cm	2,56	-
7	Τοίχος από υαλόπλινθους πάχους 80mm	-	3,49
8	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα	3,49	5,81

**Πίνακας Β3.** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του (Πηγή : ΚΕν.Α.Κ)

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U <sub>D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U <sub>W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U <sub>DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>WU</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U <sub>WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>FU</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U <sub>FE</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U <sub>κ</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U <sub>GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

**Πίνακας Β4.** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του. (Πηγή: ΚΕΝΑΚ.).

Λόγος F/V [m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη
≤ 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



## Παράρτημα Γ

**Πίνακας Γ1:** Θερμικές απώλειες τμήματος οροφής με ασφαλτόχαρτο πριν την θερμομόνωση

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνει α F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνει α παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητα ς K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξησει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξησει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Ώρες λειτουργία ς το χρόνο H	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	438,78	1,73	0,00	5085,90	230	0	1.170
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	438,78	1,73	0,00	6679,99	230	0	1.536
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	438,78	1,73	0,00	9564,53	230	0	2.200
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	438,78	1,73	0,00	10551,34	230	0	2.427
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	438,78	1,73	0,00	10247,71	230	0	2.357
Μάρτιος	297	285,4	0,00	438,78	1,73	0,00	8805,44	230	0	2.025
Απρίλιος	297	289,5	0,00	438,78	1,73	0,00	5693,17	230	0	1.309
<b>Σύνολο</b>									<b>0</b>	<b>13.024</b>
Ιούνιος	297	300,4	0,00	438,78	1,73	0,00	2580,90	230	0	594
Ιούλιος	297	301,4	0,00	438,78	1,73	0,00	3339,99	230	0	768
Αύγουστος	297	301,8	0,00	438,78	1,73	0,00	3643,63	230	0	838
<b>Σύνολο</b>									<b>0</b>	<b>2.200</b>

**Πίνακας Γ2:** Θερμικές απώλειες τμήματος οροφής με ασφαυτόχαρτο μετά την θερμομόνωση

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνει α F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνει α παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητα ς K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξησει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξησει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Ώρες λειτουργία ς το χρόνο H	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνεια ς παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	438,78	0,38	0,00	1117,13	230	0	257
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	438,78	0,38	0,00	1467,28	230	0	337
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	438,78	0,38	0,00	2100,88	230	0	483
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	438,78	0,38	0,00	2317,64	230	0	533
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	438,78	0,38	0,00	2250,94	230	0	518
Μάρτιος	297	285,4	0,00	438,78	0,38	0,00	1934,14	230	0	445
Απρίλιος	297	289,5	0,00	438,78	0,38	0,00	1250,52	230	0	288
<b>Σύνολο</b>									<b>0</b>	<b>2.861</b>
Ιούνιος	297	300,4	0,00	438,78	0,38	0,00	566,90	230	0	130
Ιούλιος	297	301,4	0,00	438,78	0,38	0,00	733,64	230	0	169
Αύγουστος	297	301,8	0,00	438,78	0,38	0,00	800,33	230	0	184
<b>Σύνολο</b>									<b>0</b>	<b>483</b>

**Πίνακας Γ3:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με βόρειο προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	173,28	502,23	1,17	1358,34	3936,98	67,92	196,85	230	328	951
Νοέμβριος	297	288,2	173,28	502,23	1,17	1784,09	5170,96	89,20	258,55	230	431	1.249
Δεκέμβριος	297	284,4	173,28	502,23	1,17	2554,49	7403,87	127,72	370,19	230	617	1.788
Ιανουάριος	297	283,1	173,28	502,23	1,17	2818,05	8167,77	140,90	408,39	230	681	1.973
Φεβρουάριος	297	283,5	173,28	502,23	1,17	2736,96	7932,72	136,85	396,64	230	661	1.916
Μάρτιος	297	285,4	173,28	502,23	1,17	2351,76	6816,27	117,59	340,81	230	568	1.646
Απρίλιος	297	289,5	173,28	502,23	1,17	1520,53	4407,07	76,03	220,35	230	367	1.064
<b>Σύνολο</b>											<b>3.653</b>	<b>10.586</b>
Ιούνιος	297	300,4	173,28	502,23	1,17	689,31	1997,87	34,47	99,89	230	166	482
Ιούλιος	297	301,4	173,28	502,23	1,17	892,05	2585,48	44,60	129,27	230	215	624
Αύγουστος	297	301,8	173,28	502,23	1,17	973,14	2820,52	48,66	141,03	230	235	681
<b>Σύνολο</b>											<b>617</b>	<b>1.788</b>

**Πίνακας Γ4:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με βόρειο προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	173,28	502,23	0,38	441,17	1278,68	22,06	63,93	230	107	309
Νοέμβριος	297	288,2	173,28	502,23	0,38	579,45	1679,46	28,97	83,97	230	140	406
Δεκέμβριος	297	284,4	173,28	502,23	0,38	829,66	2404,68	41,48	120,23	230	200	581
Ιανουάριος	297	283,1	173,28	502,23	0,38	915,26	2652,78	45,76	132,64	230	221	641
Φεβρουάριος	297	283,5	173,28	502,23	0,38	888,93	2576,44	44,45	128,82	230	215	622
Μάρτιος	297	285,4	173,28	502,23	0,38	763,82	2213,83	38,19	110,69	230	184	535
Απρίλιος	297	289,5	173,28	502,23	0,38	493,85	1431,36	24,69	71,57	230	119	346
<b>Σύνολο</b>											<b>1.186</b>	<b>3.438</b>
Ιούνιος	297	300,4	173,28	502,23	0,38	223,88	648,88	11,19	32,44	230	54	157
Ιούλιος	297	301,4	173,28	502,23	0,38	289,72	839,73	14,49	41,99	230	70	203
Αύγουστος	297	301,8	173,28	502,23	0,38	316,06	916,07	15,80	45,80	230	76	221
<b>Σύνολο</b>											<b>200</b>	<b>581</b>

**Πίνακας Γ5:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με νότιο προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελ εστής θερμοπ ερατότ ητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκή σεις λόγω προσανατο λισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσε ις λόγω προσανατολι σμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργί ας το χρόνο	Συνολικ ές απώλει ς επιφάνει ας νέας πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)	Συνολικ ές απώλει ς επιφάνει ας παλιάς πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	155,08	553,72	1,17	1215,67	4340,61	60,78	217,03	230	266	948
Νοέμβριος	297	288,2	155,08	553,72	1,17	1596,70	5701,10	79,84	285,06	230	349	1.246
Δεκέμβριος	297	284,4	155,08	553,72	1,17	2286,19	8162,94	114,31	408,15	230	500	1.784
Ιανουάριος	297	283,1	155,08	553,72	1,17	2522,07	9005,15	126,10	450,26	230	551	1.968
Φεβρουάριος	297	283,5	155,08	553,72	1,17	2449,49	8746,01	122,47	437,30	230	535	1.911
Μάρτιος	297	285,4	155,08	553,72	1,17	2104,75	7515,09	105,24	375,75	230	460	1.642
Απρίλιος	297	289,5	155,08	553,72	1,17	1360,83	4858,89	68,04	242,94	230	297	1.062
<b>Σύνολο</b>											<b>2.958</b>	<b>10.560</b>
Ιούνιος	297	300,4	155,08	553,72	1,17	616,91	2202,70	30,85	110,13	230	135	481
Ιούλιος	297	301,4	155,08	553,72	1,17	798,35	2850,55	39,92	142,53	230	174	623
Αύγουστος	297	301,8	155,08	553,72	1,17	870,93	3109,69	43,55	155,48	230	190	679
<b>Σύνολο</b>											<b>500</b>	<b>1.784</b>



**Πίνακας Γ6:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με νότιο προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	155,08	553,72	0,38	394,83	1409,77	19,74	70,49	230	86	308
Νοέμβριος	297	288,2	155,08	553,72	0,38	518,59	1851,64	25,93	92,58	230	113	405
Δεκέμβριος	297	284,4	155,08	553,72	0,38	742,52	2651,21	37,13	132,56	230	162	579
Ιανουάριος	297	283,1	155,08	553,72	0,38	819,13	2924,75	40,96	146,24	230	179	639
Φεβρουάριος	297	283,5	155,08	553,72	0,38	795,56	2840,58	39,78	142,03	230	174	621
Μάρτιος	297	285,4	155,08	553,72	0,38	683,59	2440,80	34,18	122,04	230	149	533
Απρίλιος	297	289,5	155,08	553,72	0,38	441,98	1578,10	22,10	78,91	230	97	345
<b>Σύνολο</b>											<b>961</b>	<b>3.430</b>
Ιούνιος	297	300,4	155,08	553,72	0,38	200,36	715,41	10,02	35,77	230	44	156
Ιούλιος	297	301,4	155,08	553,72	0,38	259,29	925,82	12,96	46,29	230	57	202
Αύγουστος	297	301,8	155,08	553,72	0,38	282,87	1009,99	14,14	50,50	230	62	221
<b>Σύνολο</b>											<b>162</b>	<b>579</b>

**Πίνακας Γ7:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με δυτικό προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελ εστής θερμοπ ερατότ ητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκή σεις λόγω προσανατο λισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσε ις λόγω προσανατολι σμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργί ας το χρόνο	Συνολικ ές απώλειε ς επιφάνει ας νέας πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)	Συνολικ ές απώλειε ς επιφάνει ας παλιάς πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	424,86	1,17	0,00	3330,48	0,00	0,00	230	0	766
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	424,86	1,17	0,00	4374,36	0,00	0,00	230	0	1006
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	424,86	1,17	0,00	6263,29	0,00	0,00	230	0	1441
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	424,86	1,17	0,00	6909,50	0,00	0,00	230	0	1589
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	424,86	1,17	0,00	6710,66	0,00	0,00	230	0	1543
Μάρτιος	297	285,4	0,00	424,86	1,17	0,00	5766,20	0,00	0,00	230	0	1326
Απρίλιος	297	289,5	0,00	424,86	1,17	0,00	3728,15	0,00	0,00	230	0	857
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>8.529</b>
Ιούνιος	297	300,4	0,00	424,86	1,17	0,00	1690,09	0,00	0,00	230	0	389
Ιούλιος	297	301,4	0,00	424,86	1,17	0,00	2187,18	0,00	0,00	230	0	503
Αύγουστος	297	301,8	0,00	424,86	1,17	0,00	2386,01	0,00	0,00	230	0	549
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>1.441</b>

**Πίνακας Γ8:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με δυτικό προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελ εστής θερμοπ ερατότ ητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκή σεις λόγω προσανατο λισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσε ις λόγω προσανατολι σμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργί ας το χρόνο	Συνολικ ές απώλει ς επιφάνει ας νέας πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)	Συνολικ ές απώλει ς επιφάνει ας παλιάς πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	424,86	0,38	0,00	1081,69	0,00	0,00	230	0	249
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	424,86	0,38	0,00	1420,73	0,00	0,00	230	0	327
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	424,86	0,38	0,00	2034,23	0,00	0,00	230	0	468
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	424,86	0,38	0,00	2244,11	0,00	0,00	230	0	516
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	424,86	0,38	0,00	2179,53	0,00	0,00	230	0	501
Μάρτιος	297	285,4	0,00	424,86	0,38	0,00	1872,78	0,00	0,00	230	0	431
Απρίλιος	297	289,5	0,00	424,86	0,38	0,00	1210,85	0,00	0,00	230	0	278
<b>Σύνολο</b>									0,00		<b>0</b>	<b>2.770</b>
									0,00			
Ιούνιος	297	300,4	0,00	424,86	0,38	0,00	548,92	0,00	0,00	230	0	126
Ιούλιος	297	301,4	0,00	424,86	0,38	0,00	710,37	0,00	0,00	230	0	163
Αύγουστος	297	301,8	0,00	424,86	0,38	0,00	774,94	0,00	0,00	230	0	178
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>468</b>

**Πίνακας Γ9:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με ανατολικού προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελ εστής θερμοπ ερατότ ητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσει ς παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκή σεις λόγω προσανατο λισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσε ις λόγω προσανατολι σμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργί ας το χρόνο	Συνολικ ές απώλειε ς επιφάνει ας νέας πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)	Συνολικ ές απώλειε ς επιφάνει ας παλιάς πτέρυγα ς το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	167,20	395,22	1,17	1310,68	3098,13	0,00	0,00	230	301	713
Νοέμβριος	297	288,2	167,20	395,22	1,17	1721,49	4069,19	0,00	0,00	230	396	936
Δεκέμβριος	297	284,4	167,20	395,22	1,17	2464,86	5826,33	0,00	0,00	230	567	1340
Ιανουάριος	297	283,1	167,20	395,22	1,17	2719,17	6427,46	0,00	0,00	230	625	1478
Φεβρουάριος	297	283,5	167,20	395,22	1,17	2640,92	6242,50	0,00	0,00	230	607	1436
Μάρτιος	297	285,4	167,20	395,22	1,17	2269,24	5363,93	0,00	0,00	230	522	1234
Απρίλιος	297	289,5	167,20	395,22	1,17	1467,18	3468,06	0,00	0,00	230	337	798
<b>Σύνολο</b>								0,00	0,00		<b>3.357</b>	<b>7.934</b>
								0,00	0,00			
Ιούνιος	297	300,4	167,20	395,22	1,17	665,12	1572,19	0,00	0,00	230	153	362
Ιούλιος	297	301,4	167,20	395,22	1,17	860,75	2034,59	0,00	0,00	230	198	468
Αύγουστος	297	301,8	167,20	395,22	1,17	939,00	2219,56	0,00	0,00	230	216	510
<b>Σύνολο</b>											<b>567</b>	<b>1.340</b>

**Πίνακας Γ10:** Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας με ανατολικό προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	167,20	395,22	0,38	425,69	1006,23	21,28	50,31	230	103	243
Νοέμβριος	297	288,2	167,20	395,22	0,38	559,12	1321,62	27,96	66,08	230	135	319
Δεκέμβριος	297	284,4	167,20	395,22	0,38	800,55	1892,31	40,03	94,62	230	193	457
Ιανουάριος	297	283,1	167,20	395,22	0,38	883,15	2087,55	44,16	104,38	230	213	504
Φεβρουάριος	297	283,5	167,20	395,22	0,38	857,74	2027,48	42,89	101,37	230	207	490
Μάρτιος	297	285,4	167,20	395,22	0,38	737,02	1742,13	36,85	87,11	230	178	421
Απρίλιος	297	289,5	167,20	395,22	0,38	476,52	1126,38	23,83	56,32	230	115	272
<b>Σύνολο</b>											<b>1.145</b>	<b>2.706</b>
Ιούνιος	297	300,4	167,20	395,22	0,38	216,02	510,62	10,80	25,53	230	52	123
Ιούλιος	297	301,4	167,20	395,22	0,38	279,56	660,81	13,98	33,04	230	68	160
Αύγουστος	297	301,8	167,20	395,22	0,38	304,97	720,88	15,25	36,04	230	74	174
<b>Σύνολο</b>											<b>193</b>	<b>457</b>

**Πίνακας Γ11: Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για βόρειο προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)**

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκτικές λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	92,24	320,32	5,81	3590,63	12469,10	179,53	623,45	230	867	3.011
Νοέμβριος	297	288,2	92,24	320,32	5,81	4716,05	16377,32	235,80	818,87	230	1.139	3.955
Δεκέμβριος	297	284,4	92,24	320,32	5,81	6752,52	23449,35	337,63	1172,47	230	1.631	5.663
Ιανουάριος	297	283,1	92,24	320,32	5,81	7449,21	25868,72	372,46	1293,44	230	1.799	6.247
Φεβρουάριος	297	283,5	92,24	320,32	5,81	7234,84	25124,30	361,74	1256,21	230	1.747	6.068
Μάρτιος	297	285,4	92,24	320,32	5,81	6216,61	21588,29	310,83	1079,41	230	1.501	5.214
Απρίλιος	297	289,5	92,24	320,32	5,81	4019,36	13957,94	200,97	697,90	230	971	3.371
<b>Σύνολο</b>											<b>9.655</b>	<b>33.529</b>
Ιούνιος	297	300,4	92,24	320,32	5,81	1822,11	6327,60	91,11	316,38	230	440	1.528
Ιούλιος	297	301,4	92,24	320,32	5,81	2358,02	8188,66	117,90	409,43	230	569	1.978
Αύγουστος	297	301,8	92,24	320,32	5,81	2572,39	8933,08	128,62	446,65	230	621	2.157
<b>Σύνολο</b>											<b>1.631</b>	<b>5.663</b>

**Πίνακας Γ12:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για βόρειο προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανκήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	92,24	320,32	1,50	927,01	3219,22	46,35	160,96	230	224	777
Νοέμβριος	297	288,2	92,24	320,32	1,50	1217,57	4228,22	60,88	211,41	230	294	1021
Δεκέμβριος	297	284,4	92,24	320,32	1,50	1743,34	6054,05	87,17	302,70	230	421	1462
Ιανουάριος	297	283,1	92,24	320,32	1,50	1923,20	6678,67	96,16	333,93	230	464	1613
Φεβρουάριος	297	283,5	92,24	320,32	1,50	1867,86	6486,48	93,39	324,32	230	451	1566
Μάρτιος	297	285,4	92,24	320,32	1,50	1604,98	5573,57	80,25	278,68	230	388	1346
Απρίλιος	297	289,5	92,24	320,32	1,50	1037,70	3603,60	51,89	180,18	230	251	870
<b>Σύνολο</b>											<b>2.493</b>	<b>8.656</b>
Ιούνιος	297	300,4	92,24	320,32	1,50	470,42	1633,63	23,52	81,68	230	114	395
Ιούλιος	297	301,4	92,24	320,32	1,50	608,78	2114,11	30,44	105,71	230	147	511
Αύγουστος	297	301,8	92,24	320,32	1,50	664,13	2306,30	33,21	115,32	230	160	557
<b>Σύνολο</b>											<b>421</b>	<b>1.462</b>

**Πίνακας Γ13:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για νότιο προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσαυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσαυκτικές λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	87,28	283,68	5,81	3397,55	11042,81	169,88	552,14	230	821	2.667
Νοέμβριος	297	288,2	87,28	283,68	5,81	4462,45	14503,99	223,12	725,20	230	1.078	3.503
Δεκέμβριος	297	284,4	87,28	283,68	5,81	6389,42	20767,08	319,47	1038,35	230	1.543	5.015
Ιανουάριος	297	283,1	87,28	283,68	5,81	7048,65	22909,71	352,43	1145,49	230	1.702	5.533
Φεβρουάριος	297	283,5	87,28	283,68	5,81	6845,81	22250,44	342,29	1112,52	230	1.653	5.373
Μάρτιος	297	285,4	87,28	283,68	5,81	5882,32	19118,90	294,12	955,94	230	1.421	4.617
Απρίλιος	297	289,5	87,28	283,68	5,81	3803,23	12361,36	190,16	618,07	230	918	2.985
<b>Σύνολο</b>											<b>9.136</b>	<b>29.693</b>
Ιούνιος	297	300,4	87,28	283,68	5,81	1724,13	5603,81	86,21	280,19	230	416	1.353
Ιούλιος	297	301,4	87,28	283,68	5,81	2231,23	7252,00	111,56	362,60	230	539	1.751
Αύγουστος	297	301,8	87,28	283,68	5,81	2434,06	7911,27	121,70	395,56	230	588	1.911
<b>Σύνολο</b>											<b>1.543</b>	<b>5.015</b>



**Πίνακας Γ14:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για νότιο προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	87,28	283,68	1,50	877,16	2850,98	43,86	142,55	230	192	623
Νοέμβριος	297	288,2	87,28	283,68	1,50	1152,10	3744,58	57,60	187,23	230	252	818
Δεκέμβριος	297	284,4	87,28	283,68	1,50	1649,59	5361,55	82,48	268,08	230	360	1171
Ιανουάριος	297	283,1	87,28	283,68	1,50	1819,79	5914,73	90,99	295,74	230	398	1292
Φεβρουάριος	297	283,5	87,28	283,68	1,50	1767,42	5744,52	88,37	287,23	230	386	1255
Μάρτιος	297	285,4	87,28	283,68	1,50	1518,67	4936,03	75,93	246,80	230	332	1079
Απρίλιος	297	289,5	87,28	283,68	1,50	981,90	3191,40	49,10	159,57	230	215	697
<b>Σύνολο</b>											<b>2.134</b>	<b>6.936</b>
Ιούνιος	297	300,4	87,28	283,68	1,50	445,13	1446,77	22,26	72,34	230	97	316
Ιούλιος	297	301,4	87,28	283,68	1,50	576,05	1872,29	28,80	93,61	230	126	409
Αύγουστος	297	301,8	87,28	283,68	1,50	628,42	2042,50	31,42	102,12	230	137	446
<b>Σύνολο</b>											<b>360</b>	<b>1.171</b>

**Πίνακας Γ15:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για δυτικό προσανατολισμό (υφιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	194,86	5,81	0,00	7585,32	0,00	0,00	230	0	1.745
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	194,86	5,81	0,00	9962,80	0,00	0,00	230	0	2.291
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	194,86	5,81	0,00	14264,92	0,00	0,00	230	0	3.281
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	194,86	5,81	0,00	15736,70	0,00	0,00	230	0	3.619
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	194,86	5,81	0,00	15283,84	0,00	0,00	230	0	3.515
Μάρτιος	297	285,4	0,00	194,86	5,81	0,00	13132,78	0,00	0,00	230	0	3.021
Απρίλιος	297	289,5	0,00	194,86	5,81	0,00	8491,02	0,00	0,00	230	0	1.953
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>19.425</b>
Ιούνιος	297	300,4	0,00	194,86	5,81	0,00	3849,26	0,00	0,00	230	0	885
Ιούλιος	297	301,4	0,00	194,86	5,81	0,00	4981,40	0,00	0,00	230	0	1.146
Αύγουστος	297	301,8	0,00	194,86	5,81	0,00	5434,26	0,00	0,00	230	0	1.250
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>3.281</b>

**Πίνακας Γ16:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για δυτικό προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανκήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ωρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	0,00	194,86	1,50	0,00	1958,34	0,00	0,00	230	0	450
Νοέμβριος	297	288,2	0,00	194,86	1,50	0,00	2572,15	0,00	0,00	230	0	592
Δεκέμβριος	297	284,4	0,00	194,86	1,50	0,00	3682,85	0,00	0,00	230	0	847
Ιανουάριος	297	283,1	0,00	194,86	1,50	0,00	4062,83	0,00	0,00	230	0	934
Φεβρουάριος	297	283,5	0,00	194,86	1,50	0,00	3945,92	0,00	0,00	230	0	908
Μάρτιος	297	285,4	0,00	194,86	1,50	0,00	3390,56	0,00	0,00	230	0	780
Απρίλιος	297	289,5	0,00	194,86	1,50	0,00	2192,18	0,00	0,00	230	0	504
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>5.015</b>
Ιούνιος	297	300,4	0,00	194,86	1,50	0,00	993,79	0,00	0,00	230	0	229
Ιούλιος	297	301,4	0,00	194,86	1,50	0,00	1286,08	0,00	0,00	230	0	296
Αύγουστος	297	301,8	0,00	194,86	1,50	0,00	1402,99	0,00	0,00	230	0	323
<b>Σύνολο</b>											<b>0</b>	<b>847</b>

**Πίνακας Γ17:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για ανατολικό προσανατολισμό (υγιστάμενη κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	71,40	86,25	5,81	2779,39	3357,45	0,00	0,00	230	639	772
Νοέμβριος	297	288,2	71,40	86,25	5,81	3650,54	4409,79	0,00	0,00	230	840	1.014
Δεκέμβριος	297	284,4	71,40	86,25	5,81	5226,91	6314,02	0,00	0,00	230	1.202	1.452
Ιανουάριος	297	283,1	71,40	86,25	5,81	5766,19	6965,46	0,00	0,00	230	1.326	1.602
Φεβρουάριος	297	283,5	71,40	86,25	5,81	5600,26	6765,02	0,00	0,00	230	1.288	1.556
Μάρτιος	297	285,4	71,40	86,25	5,81	4812,07	5812,91	0,00	0,00	230	1.107	1.337
Απρίλιος	297	289,5	71,40	86,25	5,81	3111,26	3758,34	0,00	0,00	230	716	864
<b>Σύνολο</b>											<b>7.118</b>	<b>8.598</b>
Ιούνιος	297	300,4	71,40	86,25	5,81	1410,44	1703,78	0,00	0,00	230	324	392
Ιούλιος	297	301,4	71,40	86,25	5,81	1825,27	2204,89	0,00	0,00	230	420	507
Αύγουστος	297	301,8	71,40	86,25	5,81	1991,20	2405,34	0,00	0,00	230	458	553
<b>Σύνολο</b>											<b>1.202</b>	<b>1.452</b>

**Πίνακας Γ18:** Θερμικές απώλειες υαλοπινάκων τύπου 4-12-4 χαμηλής εκπομπής με επίστρωση για ανατολικό προσανατολισμό (νέα κατάσταση)

	Τεσσωτ (K)	Τεξωτ (K)	Τελική επιφάνεια F(m <sup>2</sup> ) νέας πτέρυγας	Τελική επιφάνεια παλιάς πτέρυγας F(m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (w/m <sup>2</sup> k)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις νέας πτέρυγας Q (W)	Θερμικές απώλειες επιφάνειας χωρίς προσανυξήσεις παλιάς πτέρυγας Q (W)	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού νέας Πτέρυγας	Προσανυξήσεις λόγω προσανατολισμού παλιάς πτέρυγας	Ώρες λειτουργίας το χρόνο	Συνολικές απώλειες επιφάνειας νέας πτέρυγας το χρόνο (KWh)	Συνολικές απώλειες επιφάνειας παλιάς πτέρυγας το χρόνο (KWh)
Οκτώβριος	297	290,3	71,40	86,25	1,50	717,57	866,81	0,00	0,00	230	165	199
Νοέμβριος	297	288,2	71,40	86,25	1,50	942,48	1138,50	0,00	0,00	230	217	262
Δεκέμβριος	297	284,4	71,40	86,25	1,50	1349,46	1630,13	0,00	0,00	230	310	375
Ιανουάριος	297	283,1	71,40	86,25	1,50	1488,69	1798,31	0,00	0,00	230	342	414
Φεβρουάριος	297	283,5	71,40	86,25	1,50	1445,85	1746,56	0,00	0,00	230	333	402
Μάρτιος	297	285,4	71,40	86,25	1,50	1242,36	1500,75	0,00	0,00	230	286	345
Απρίλιος	297	289,5	71,40	86,25	1,50	803,25	970,31	0,00	0,00	230	185	223
<b>Σύνολο</b>											<b>1.838</b>	<b>2.220</b>
Ιούνιος	297	300,4	71,40	86,25	1,50	364,14	439,87	0,00	0,00	230	84	101
Ιούλιος	297	301,4	71,40	86,25	1,50	471,24	569,25	0,00	0,00	230	108	131
Αύγουστος	297	301,8	71,40	86,25	1,50	514,08	621,00	0,00	0,00	230	118	143
<b>Σύνολο</b>											<b>310</b>	<b>375</b>

## Βιβλιογραφία

1. «Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων», Φ.Ε.Κ. 362 τεύχ. Δ', 4 Ιουλίου 1979.
2. Νόμος 3661/08: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων», Φ.Ε.Κ. 89, τεύχος Α', 19 Μαΐου 2008.
3. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου: «Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», 16 Δεκεμβρίου 2002.
4. ΕΛΟΤ EN 10211-1: «Θερμικές γέφυρες σε κτιριακές κατασκευές.-Ροές θερμότητας και επιφανειακές θερμοκρασίες». – Μέρος 1: «Γενικές μέθοδοι υπολογισμού», Αύγουστος 1995.
5. EN ISO 10211-2: «Thermal bridges in building constructions. Calculation of heat flows and surfaces temperatures», Part 2: «Linear thermal bridges», March 2001.
6. EN 13187: «Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method», November 1998, .
7. DIN 4108: «Wärmeschutz im Hochbau», 2001.
8. Achtziger, Casselman, Cziesielski, Dahmen, Grube, Klopfer, Knöffel, Oswald, Rogier, Schumann: «Feuchtigkeitsschutz und Feuchtigkeitsschäden an Aussenwänden und erdberührten Bauteilen», Aachener Bausachverständigentage 1983, Bauverlag GmbH. Wiesbaden und Berlin, 1983.
9. Αραβαντινός Δ.: «Αριθμητική προσέγγιση του φαινομένου της διάχυσης των υδρατμών στα εξωτερικά δομικά στοιχεία των κατασκευών υπό την επίδραση των ελληνικών κλιματικών συνθηκών», διδακτορική διατριβή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1988.
10. Αραβαντινός Δ., Τσακίρης Ν., Γιαρμά Χρ.: «Μετρητικοί έλεγχοι της θερμικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων σε θέσεις θερμογεφυρών και προτάσεις βελτιωτικών επεμβάσεων», 1<sup>ο</sup> πανελλήνιο συνέδριο «δομικών υλικών και στοιχείων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 21 - 23 Μαΐου 2008, πρακτικά συνεδρίου, σελίδες 735-746, τόμος Β'.

11. Bloutsos A.A., Sahsamanoğlu.H.S.: «A simple calculation method of air hygrometric parameters», Δελτίο Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρίας, τόμος 7ος, No 1, 2, 3, 1982.
12. Dittrich H.: «Feuchteschäden im Altbau. Ursachen - Verhinderung - Behebung», Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln Braunsfeld, 1986.

### **Διαδουκτιακοί Ιστοχώροι**

1. <http://www.myflukestore.com>
2. <http://www.radio101.de>
3. <http://www.predictive-maintenance.com>
4. <http://howtofindaleak.com>
5. <http://www.ableinfraredinspections.com>
6. <http://findaleak.co.nz>
7. <http://www.calibreinspectionsservices.com/>
8. <http://www.selasenergy.gr>
9. <http://www.smarthome.gr>
10. <http://www.elektronik.gr>
11. <http://www.sunled.gr>
12. <http://www.cres.gr>
13. <http://catalog.myosram.com>
14. <http://kelyfos.eu>
15. <http://www.solon.org>
16. <http://www.technicalreview.gr>
17. <http://www.asimpleswitch.com>
18. <http://www.flirtthermografh.com>