



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Παπαυγέρης

Επιβλέπων: Ι. Ψαράς
Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε εκπαιδευτική κτιριακή μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Παπαυγέρης

Επιβλέπων: Ι. Ψαράς
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Οκτώβριο 2010.

.....
Ι. Ψαράς

.....
Δ. Ασκούνης

.....
Τρ. Μέντζας

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

Ηλίας, Γεωργίου Παπαυγέρης

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

Copyright © ΗΛΙΑΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΠΑΠΑΥΓΕΡΗΣ, 2010
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας ήταν η ενεργειακή επιθεώρηση σε μια Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα, καθώς και αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις του κτιριακού τομέα, καθιστούν αναγκαία τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων. Με την ενεργειακή αυτή επιθεώρηση αναδείχθηκαν οι ενεργειακές απώλειες της Εκπαιδευτικής Κτιριακής Μονάδας με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Ιωάννη Ψαρά για το κίνητρο και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάκτορες της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου και κ. Χάρη Δούκα, καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών κ. Βαγγέλη Μαρινάκη για την παρακολούθηση της πορείας της διπλωματικής μου εργασίας, την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και την καλή συνεργασία που είχαμε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Αποστολάκη, Διευθυντή του φροντιστηρίου, για τις διευκολύνσεις που μου παρείχε κατά την εκπόνηση του πρακτικού μέρους της εργασίας και τον κ. Θεόδωρο Μπαγουρδή, Μηχανολόγο Μηχανικό, για τη διάθεση συνεργασίας και τη βοήθεια του σε κρίσιμη φάση της διπλωματικής αυτής εργασίας, καθώς και τον πνευματικό μου πατέρα κ. Γιώργο Μαλίτα (ψυχίατρο) η παρουσία του οποίου αποτέλεσε αφορμή για τη διπλωματική αυτή εργασία.

Τέλος, οι θερμότερες ευχαριστίες απευθύνονται στους γονείς μου, τον αδερφό μου, την κοπέλα μου και τους ανθρώπους που βρίσκονται στο πλάι μου με οποιοδήποτε τρόπο και αποτελούν αρωγούς στην επίτευξη των στόχων μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες είναι οι συνεχώς αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις, με τις συνέπειες που αυτές μπορεί να έχουν σε διάφορα επίπεδα. Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 35% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων συνάδει στην εκπομπή αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι, σήμερα περισσότερο από ποτέ άλλοτε, η εξοικονόμηση ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κρίνονται αναγκαίες.

Η διπλωματική αυτή εργασία αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, με ιδιαίτερη έμφαση στα Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης και Δροσισμού.

Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε σε μια Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα στα βόρεια προάστια της Αττικής. Αφού, καταγράφηκε ο κτιριακός εξοπλισμός και οι ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μελέτη της θερμομόνωσης του κελύφους τους, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου. Τέλος, προτάθηκαν δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων και εξετάστηκε η οικονομική αποδοτικότητα τους.

Λέξεις Κλειδιά: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ενεργειακή Επιθεώρηση, Θερμομόνωση κελύφους, Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.

SUMMARY

One of the major problems faced by contemporary societies is the continuously increasing energy demand, with its variable consequences. The building sector is responsible for about 35% of the total amount of energy consumption on a national and European basis. Moreover, the function of building energy systems contributes significantly to the emission of gases that are responsible for the greenhouse effect. So, today energy saving and the improvement of the buildings' energy efficiency seems more important than ever again.

This project, consists of two parts. The basic characteristics of bioclimatic design are presenting, with special emphasis on the Passive Heating and Cooling Systems, are presented in the first part.

In the second part, an Energy Audit was carried out on a certain Educational Building in a northern suburb of Attica. Initially, the total equipment of the buildings and all current energy consumption was recorded, followed by a study of the external thermal insulation of the buildings in order to evaluate their energy labeling. Finally, various solutions were proposed for the energy improvement of the buildings, considering the financial sustainability of each investment.

Key words: Bioclimatic Design, Energy Audit, Thermal insulation on building envelope, Energy saving in buildings.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας	17
1.2 Φάσεις διπλωματικής εργασίας	17
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας	20
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	21
2.1. Εισαγωγή.....	23
2.1.1. Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη	23
2.1.2. Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα	27
2.1.3. Ενεργειακό Ισοζύγιο Κτιρίου	30
2.1.3.1. Εισαγωγή.....	30
2.1.3.2. Κλιματισμός κατά την καλοκαιρινή περίοδο.....	31
2.1.3.3. Κλιματισμός κατά τη χειμερινή περίοδο.	32
3. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	35
3.1. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	37
3.2. Παθητικά Συστήματα.....	39
3.2.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	39
3.2.1.1. Συστήματα με άμεσο ηλιακό κέρδος.	39
3.2.1.2. Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος.	40
3.2.2. Παθητικός – Υβριδικός Δροσισμός	46
3.2.2.1. Ηλιοπροστασία - Σκιασμός.....	46
3.2.2.2. Πράσινες όψεις	52
3.2.2.3. Πράσινα δώματα και οροφές	53
3.2.2.4. Φυσικός αερισμός	54
3.2.2.5. Θερμική μάζα.....	56
3.2.2.6. Δροσισμός με εξάτμιση	56
3.2.2.7. Δροσισμός με ακτινοβολία	57
3.2.2.8. Δροσισμός μέσω του εδάφους	57
3.2.2.9. Υβριδικός δροσισμός.....	57
3.2.2.10. Εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού στο παρελθόν	58
3.3. Εφαρμογές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στην Ελλάδα.....	59
3.3.1. Παθητικά Συστήματα που εφαρμόζονται στα κτίρια	61
3.3.2. Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα.....	61
3.4. Διαφοροποίηση της κατασκευής ή χρήσης από τη μελέτη.....	63

3.5. Συμπεράσματα-Οδηγίες για την επιτυχή εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	64
3.6. Σχόλια	66
4. Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα.....	69
4.1. Περιγραφή των κτιριακών εγκαταστάσεων	71
4.2. Ενεργειακή κατανάλωση κτιριακών εγκαταστάσεων.....	71
4.2.1. Λογαριασμοί της Δ.Ε.Η.	71
4.2.2. Καταγραφή εξοπλισμού και προσομοίωση λειτουργίας για το έτος 2009.....	83
4.2.2.1. Κτίριο Α	83
4.2.2.2. Κτίριο Β	90
4.2.2.3. Κτίριο Γ.....	98
4.2.2.4. Κτίριο Δ	104
4.3. Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίων.....	111
4.3.1. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Α	111
4.3.1.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου	111
4.3.1.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου.....	116
4.3.1.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	117
4.3.2. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Β.....	119
4.3.2.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου	119
4.3.2.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου.....	119
4.3.2.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	121
4.3.3. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Γ	123
4.3.3.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου	123
4.3.3.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου.....	123
4.3.3.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	124
4.3.4. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Δ.....	125
4.3.4.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου	125
4.3.4.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου.....	125
4.3.3.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	126
4.4. Θερμοκάμερα.....	128
4.4.1. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Α	128
4.4.2. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Β	131
4.4.3. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Γ	133
4.4.4. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Δ.....	136
5. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	139
5.1. Εισαγωγή.....	141
5.2. Κτίριο Α.....	142

5.2.1. Δράσεις για το φωτισμό	142
5.2.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας	142
5.2.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού	143
5.2.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση.....	144
5.2.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.....	144
5.2.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.....	145
5.2.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.....	146
5.2.3. Δράσεις για το κέλυφος	147
5.2.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.....	147
5.2.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς	148
5.3. Κτίριο Β	150
5.3.1. Δράσεις για το φωτισμό	150
5.3.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας	150
5.3.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού	151
5.3.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση.....	152
5.3.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.....	152
5.3.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.....	153
5.3.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.....	154
5.3.3. Δράσεις για το κέλυφος	155
5.3.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.....	155
5.3.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς	155
5.4. Κτίριο Γ.....	156
5.4.1. Δράσεις για το φωτισμό	156
5.4.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας	156
5.4.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού	157
5.4.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση.....	158
5.4.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.....	158
5.4.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.....	159
5.4.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.....	160
5.4.3. Δράσεις για το κέλυφος	161

5.4.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.....	161
5.4.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς	162
5.5. Κτίριο Δ	163
5.5.1. Δράσεις για το φωτισμό	163
5.5.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας	163
5.5.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού.....	164
5.5.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση.....	165
5.5.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.....	165
5.5.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.....	166
5.5.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.....	167
5.5.3. Δράσεις για το κέλυφος	168
5.5.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.....	168
5.5.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς	168
5.6. Διαμόρφωση προτάσεων	169
5.6.1. Κτίριο Α	169
5.6.2. Κτίριο Β	170
5.6.3. Κτίριο Γ.....	171
5.6.4. Κτίριο Δ	172
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	175
Βιβλιογραφία	179

Κεφάλαιο 1 :

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου του εργαστηρίου «Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον κ. Ι. Ψαρά, Καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι, σε πρώτο στάδιο η παρουσίαση των βασικών αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, με έμφαση στα Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης και Δροσισμού, και σε δεύτερο στάδιο η διεξαγωγή αναλυτικής ενεργειακής επιθεώρησης σε μια Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα στα βόρεια προάστια της Αττικής.

Συγκεκριμένα, γίνεται καταγραφή του κτιριακού εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων της Εκπαιδευτικής Μονάδας και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μελέτη της θερμομόνωσης του κελύφους τους, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου. Τέλος, προτάθηκαν δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας της Εκπαιδευτικής Κτιριακής Μονάδας και εξετάστηκε η βιωσιμότητά τους με βάση τα κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας, της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.

1.2 Φάσεις διπλωματικής εργασίας

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά τη χρονική περίοδο 2009-2010, ακολουθήθηκε μια διαδικασία οι φάσεις της οποίας φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 1.1: Φάσεις διπλωματικής εργασίας

Φάση 1: Βιβλιογραφική Αναζήτηση

Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική αναζήτηση για το Βιοκλιματικό Σχεδιασμό, με έμφαση στα Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης και Δροσισμού.

Φάση 2: Εποπτικός Έλεγχος

Αποτελεί μια σύντομη αυτοψία των εγκαταστάσεων με την οποία εντοπίζονται τα προφανή μελανά σημεία των υπό μελέτη κτιρίων.

Φάση 3: Συλλογή Ενεργειακών Δεδομένων

Η συλλογή ενεργειακών δεδομένων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ενεργειακής επιθεώρησης, αφού μέσω αυτών γίνεται κατανοητό το ενεργειακό πορτρέτο των κτιρίων, και ειδικότερα διευκολύνεται ο εντοπισμός των ενεργοβόρων τμημάτων τους.

Φάση 4: Επεξεργασία Ενεργειακών Δεδομένων

Στη φάση αυτή πραγματοποιείται η επεξεργασία των ενεργειακών δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τη Φάση 2. Στα δεδομένα αυτά, δίνεται μια μορφή πιο εύχρηστη (πίνακες και διαγράμματα).

Φάση 5: Χρήση Θερμοκάμερας

Η χρήση της θερμοκάμερας διευκόλυνε κυρίως την επαλήθευση διαπιστώσεων που είχαν γίνει κυρίως κατά τη φάση του εποπτικού ελέγχου, αφού μέσω αυτής εντοπίστηκαν βασικά σημεία θερμικών απωλειών του κελύφους των κτιρίων.

Φάση 6: Εντοπισμός Δράσεων Ενεργειακής Βελτίωσης

Στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε ο εντοπισμός δράσεων που ενδεχομένως βοηθούσαν στην ενεργειακή βελτίωση και την οικονομικά αποδοτικότερη λειτουργία του κτιρίου.

Φάση 7: Οικονομική Αξιολόγηση

Για τις δράσεις που εντοπίστηκαν στην προηγούμενη φάση υπολογίστηκαν οι δείκτες της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ).

Φάση 8: Συμπεράσματα

Στη φάση αυτή, πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη Διπλωματική εργασία.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η δομή της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η εξής:

- Στο **Κεφάλαιο 1**, το οποίο αποτελεί την εισαγωγή, αναφέρονται ο σκοπός και η διαδικασία υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας.
- Στο **Κεφάλαιο 2**, παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο και ο καταμερισμός της ανά τομέα, ενώ γίνεται και αναφορά στον κλιματισμό, που αποτελεί βασικό παράγοντα για την ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα.
- Στο **Κεφάλαιο 3**, γίνεται εκτενής αναφορά στο Βιοκλιματικό Σχεδιασμό, και ειδικότερα στα Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης και Δροσισμού.
- Στο **Κεφάλαιο 4**, παρατίθεται το πρακτικό μέρος της διπλωματικής αυτής εργασίας, η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση σε μια Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα.
- Στο **Κεφάλαιο 5**, παρουσιάζονται οι προτεινόμενες δράσεις για την ενεργειακή βελτίωση των υπό μελέτη κτιρίων.
- Στο **Κεφάλαιο 6**, παρατίθενται τα εξαχθέντα από τη διπλωματική αυτή εργασία συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2 :

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

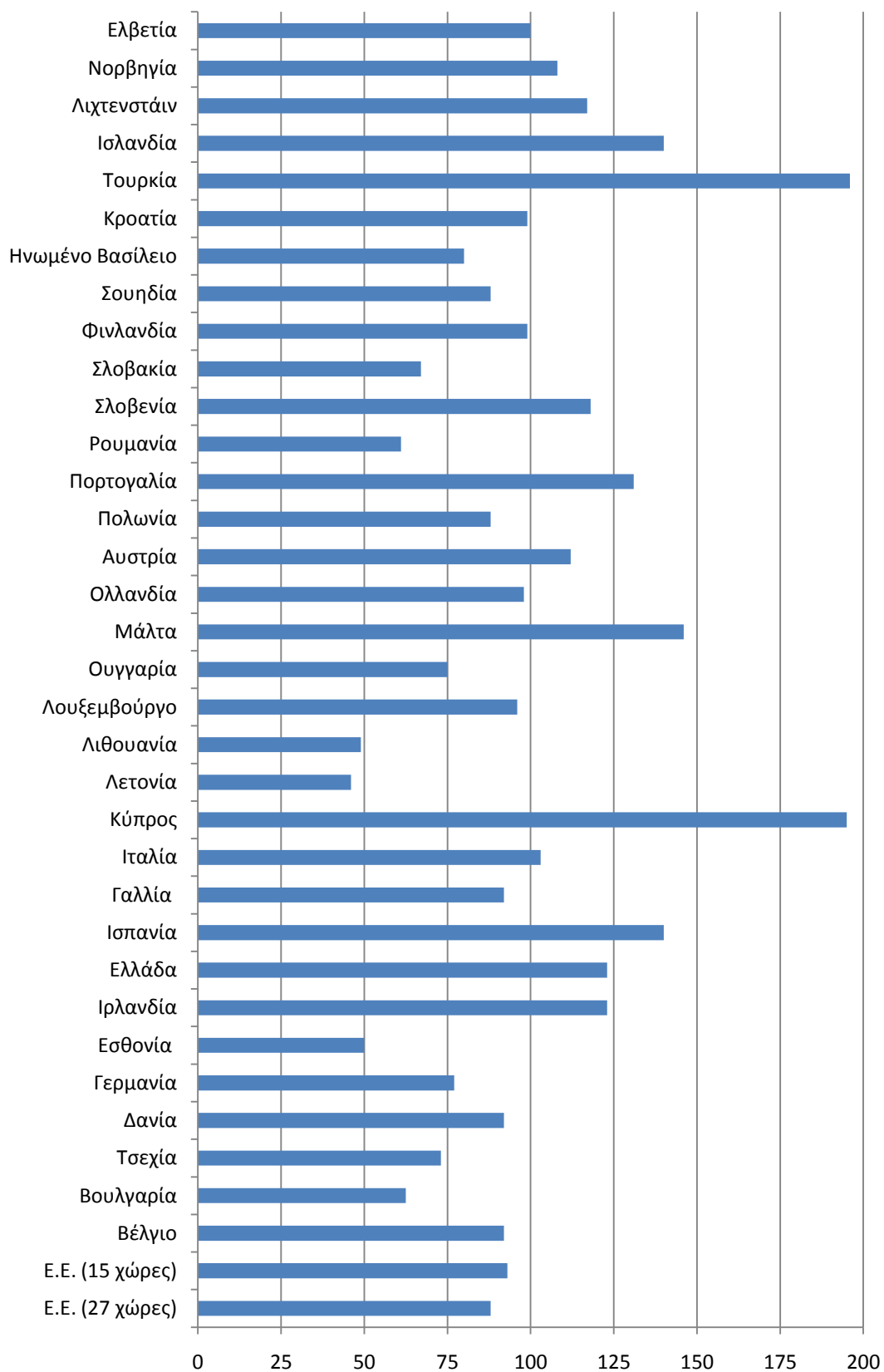
2.1. Εισαγωγή

2.1.1. Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη

Η κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ζήτημα για τον άνθρωπο για διάφορους λόγους, τόσο οικονομικούς όσο και περιβαλλοντικούς. Αρχικά, στις δύσκολες εποχές που διανύει η ανθρωπότητα ο οικονομικός παράγοντας παίζει σίγουρα πολύ σημαντικό ρόλο σε οποιαδήποτε κίνηση πραγματοποιείται. Επίσης, με το πέρασμα του χρόνου ο άνθρωπος δείχνει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το περιβάλλον και την αρνητική επίδραση του ιδίου πάνω σε αυτό, ως αποτέλεσμα των διαφόρων ενεργειών του.

Η κατανάλωση ενέργειας προϋποθέτει την παραγωγή αυτής. Για την παραγωγή τώρα, απαιτείται η χρησιμοποίηση φυσικών πόρων. Οι πρώτες ύλες, όμως, αυτές συνήθως δεν είναι ανεξάντλητες. Έτσι είναι πολύ σημαντική η ορθολογική αξιοποίηση των πόρων αυτών ώστε να μη δημιουργηθεί πρόβλημα από την έλλειψη τους στο μέλλον, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα.

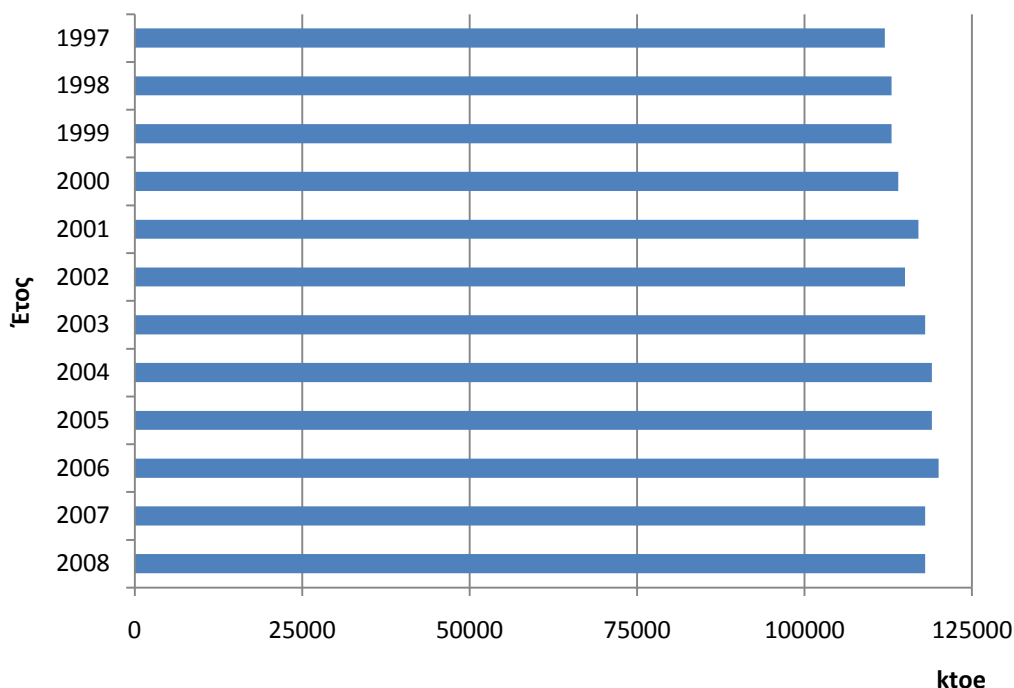
Από τη διαδικασία της παραγωγής ενέργειας προκύπτουν επίσης και ουσίες που είναι βλαβερές για το περιβάλλον. Από τα σημαντικότερα κατάλοιπα της διαδικασίας αυτής είναι τα «αέρια του θερμοκηπίου». Τέτοια είναι το μεθάνιο (CH₄), τα οξείδια του Αζώτου (NO_x) και το CFC ή «Φρέον» (Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες). Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από τις χώρες της Ευρώπης φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.1: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου για τις Ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2008. [5]

Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των χωρών της Ευρώπης σε σχέση με τις εκπομπές της εκάστοτε χώρας κατά τη διάρκεια του έτους βάσης (πρωτόκολλο του Κιότο). Θεωρείται πως στο έτος βάσης οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κάθε χώρας ήταν 100 μονάδες.

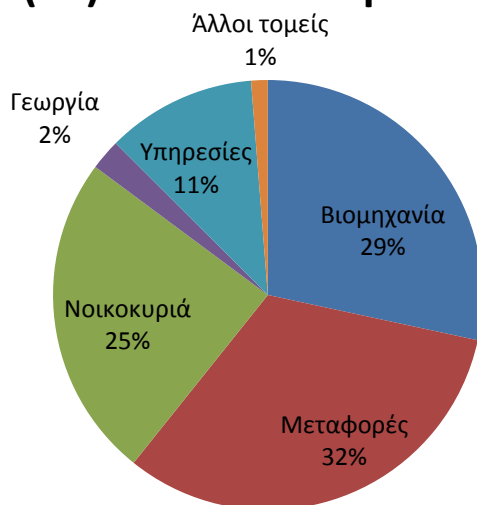
Για το ζήτημα της κατανάλωσης ενέργειας, όσο αφορά στην Ευρώπη, η συνολική κατανάλωση ενέργειας διαγράφει ανοδική πορεία (με μικρούς ρυθμούς βέβαια). Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται πως μεταβάλλεται η κατανάλωση ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (27) από το 1997 έως το 2008. Μονάδα του διαγράμματος είναι τα 1000 toe (Tones of Oil Equivalent)



Διάγραμμα 2.2: Συνολική κατανάλωση ενέργειας (ktoe) των χωρών της Ε.Ε. (27) για τα έτη 1997-2008. [5]

Σημαντικός είναι επίσης ο επιμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (27) στους διάφορους τομείς χρήσης. Παρουσιάζεται, λοιπόν, το ακόλουθο γράφημα για τις χώρες αυτές το έτος 2008.

Ε.Ε. (27) Κατανάλωση ανά τομέα

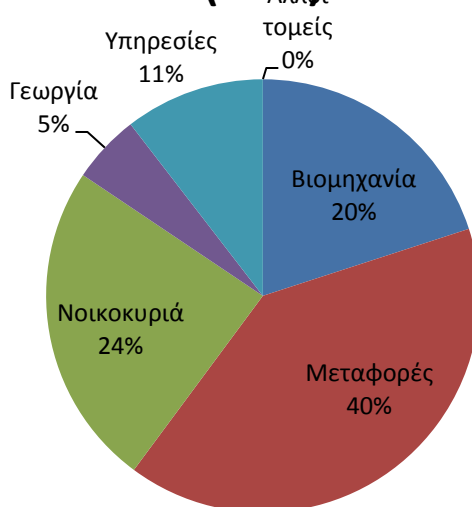


Διάγραμμα 2.3: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (ως ποσοστό της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας) των χωρών της Ε.Ε. (27) για το έτος 2008. [5]

Από το διάγραμμα αυτό γίνεται αντιληπτό πως οι τομείς των Υπηρεσιών και των Νοικοκυριών, από τους οποίους κατά κύριο λόγο συνίσταται ο Κτιριακός Τομέας, συγκεντρώνουν μαζί το 36% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, δηλαδή περισσότερο από το 1/3 αυτής.

Ειδικότερα, η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2008 φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:

Ελλάδα - Κατανάλωση ανά τομέα (κτστ)



Διάγραμμα 2.4: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (ως ποσοστό της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας) στην Ελλάδα για τα έτος 2008. [5]

Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές ότι οι τομείς των Υπηρεσιών και των Νοικοκυριών, από τους οποίους κατά κύριο λόγο συνίσταται ο Κτιριακός Τομέας, συγκεντρώνουν μαζί το 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, δηλαδή περισσότερο από το 1/3 αυτής. Δηλαδή, η Ελλάδα συμβαδίζει με τις τάσεις της Ευρώπης στην αναλογία της καταναλισκόμενης ενέργειας στα νοικοκυριά προς τη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια.

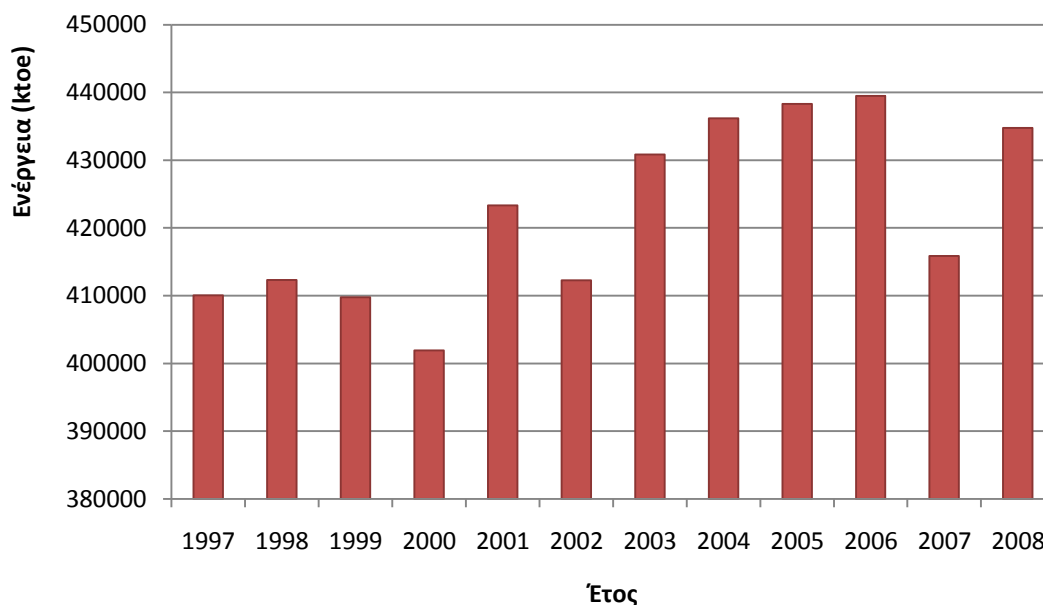
Είναι, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό πως λόγω του μεγάλου ποσοστού επί της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας που καταλαμβάνεται από τον κτιριακό τομέα, η οποιαδήποτε βελτίωση σε ότι αφορά στην ενεργειακή αποδοτικότητα του, επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα στη μείωση της κατανάλωσης αυτής.

2.1.2. Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Στην Ε.Ε. ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (περίπου 36%). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων τους (69%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%).

Η μέση κατανάλωση ενέργειας/κατοικία για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών στην Ε.Ε. είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι κατοικίες, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές, είναι ενεργειακά πιο αποδοτικές, αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι αυξημένες. Επιπλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες την τελευταία 5ετία.

Η κατανάλωση ενέργειας των χωρών της Ε.Ε. (27) στον κτιριακό τομέα για το χρονικό διάστημα 1997-2008 φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:

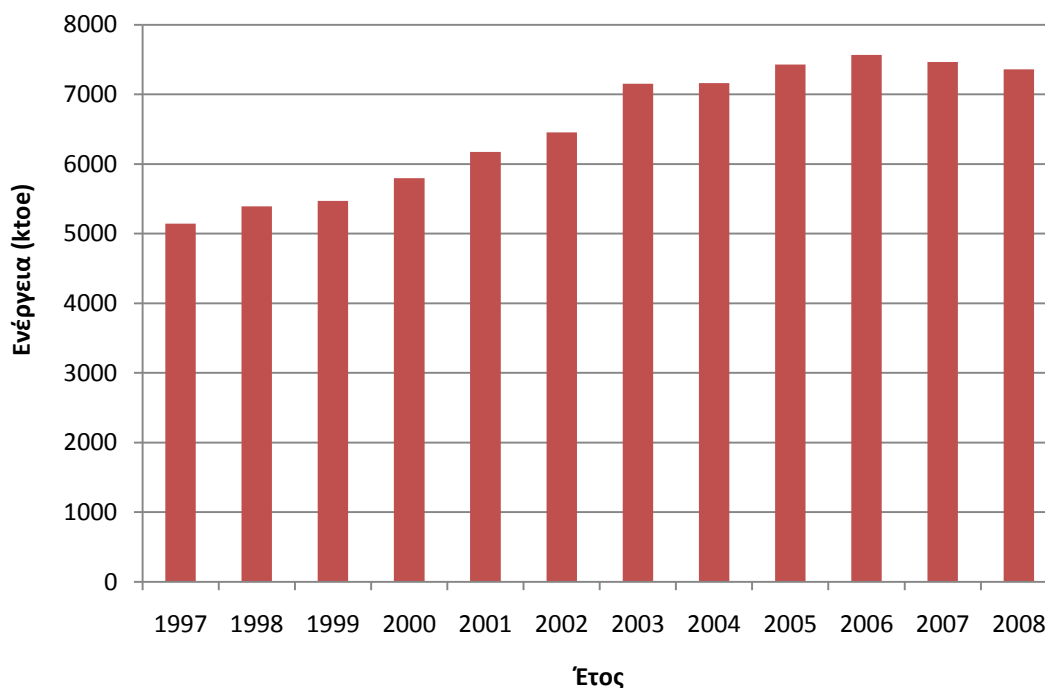


Διάγραμμα 2.5: Κατανάλωση ενέργειας (ktoe) των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (27) στον κτιριακό τομέα για την περίοδο 1997-2008. [5]

Φαίνεται, λοιπόν, ότι στην Ε.Ε. η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα παρουσιάζει αύξηση με το πέρασμα των χρόνων.

Στην Ελλάδα, χώρα Μεσογειακή με πολύ λιγότερες απαιτήσεις σε θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου (ΚΑΠΕ 1997). Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35.5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόματα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρικό ρεύμα και 18% καυσόξυλα. Σε αντίθεση με το σύνολο της Ε.Ε., στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση.

Για την Ελλάδα τώρα, η αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 2.6: Κατανάλωση ενέργειας (ktoe) της Ελλάδας στον κτιριακό τομέα για την περίοδο 1997-2008. [5]

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρείται η αύξηση της καταναλισκόμενης στον κτιριακό τομέα ενέργειας με την πάροδο του χρόνου.

Έτσι, η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα εμφανής στον κτιριακό τομέα, ο οποίος καλύπτει το 36% περίπου της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7%. Επιπλέον, τα κτίρια ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), βασικού αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι η ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων αποτελεί πρωταρχική έννοια για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και για την περιστολή της εκροής συναλλάγματος για την εισαγωγή καυσίμων που απαιτούνται στις σύγχρονες ανθρώπινες δραστηριότητες. [1]

Έτσι, προωθούνται όλο και περισσότερο οι Α.Π.Ε. και γενικότερα όλες οι μορφές ΕΞ.ΕΝ. (Εξοικονόμησης ΕΝέργειας) τόσο σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Έχουν, λοιπόν, ληφθεί μέτρα τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και από το ελληνικό κράτος για την προώθηση και εφαρμογή των παραπάνω.

2.1.3. Ενεργειακό Ισοζύγιο Κτιρίου

2.1.3.1. Εισαγωγή

Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στον κλιματισμό, ο οποίος είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας και το ενεργειακό ισοζύγιο γενικότερα στον κτιριακό τομέα.

Κλιματισμός είναι η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης στα επιθυμητά όρια της:

- **θερμοκρασίας** του αέρα
- **υγρασίας** του αέρα
- **ποιότητας** του αέρα
- **κυκλοφορίας** του αέρα

σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων (κατοικίας, εργασίας, κ.α.) έτσι ώστε να αισθανόμαστε άνετα, ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

Για τον έλεγχο και τη ρύθμιση των πιο πάνω παραμέτρων χρησιμοποιούνται *κλιματιστικές μονάδες*. Οι πιο πολλές από αυτές είναι μικρές αυτόνομες μονάδες, γνωστές σαν κλιματιστικά, οι οποίες τοποθετούνται εύκολα σε μικρούς χώρους (π.χ. ένα δωμάτιο). Για τον κλιματισμό ενός ολόκληρου κτιρίου χρησιμοποιούνται κεντρικές κλιματιστικές μονάδες.

Ο κλιματισμός προσφέρει ένα άνετο περιβάλλον χειμώνα/καλοκαίρι, έτσι ώστε να βρισκόμαστε σε θερμική άνεση.

Οι βασικές παράμετροι και διαδικασίες του κλιματισμού έχουν ως εξής:

- Η **θερμοκρασία** του εσωτερικού αέρα μειώνεται με την αφαίρεση θερμότητας (ψύξη) και αυξάνεται με την προσθήκη θερμότητας (θέρμανση).
- Η **υγρασία** του εσωτερικού αέρα μειώνεται με την αφαίρεση υδρατμών (αφύγρανση) και αυξάνεται με την προσθήκη υδρατμών (ύγρανση)
- Η **ποιότητα** του εσωτερικού αέρα βελτιώνεται με τον καθαρισμό (φιλτράρισμα) του αέρα από σκόνη, γύρη, μικροοργανισμούς και άλλα σωματίδια, και με την ανανέωση του με φρέσκο εξωτερικό αέρα σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Η **κυκλοφορία** του αέρα ρυθμίζεται έτσι ώστε να μη δημιουργούνται ενοχλητικά ρεύματα αέρα (χαμηλή ταχύτητα κυκλοφορίας μέσα στο χώρο).

Κάθε εσωτερικός χώρος κερδίζει θερμότητα (*θερμικό κέρδος*) και χάνει θερμότητα (*θερμική απώλεια*) ανάλογα με τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες.

Το *αισθητό φορτίο*, δηλαδή η διαφορά των θερμικών κερδών και απωλειών καθορίζει την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Το *φορτίο* είναι το ποσό της θερμότητας που κερδίζει ή χάνει ο εσωτερικός αέρας στη μονάδα του χρόνου.

Εάν τα θερμικά κέρδη είναι μεγαλύτερες τότε αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα, ενώ εάν οι θερμικές απώλειες είναι μεγαλύτερες τότε μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα.

Η θερμότητα (θερμικό κέρδος) που προστίθεται στο χώρο, με συνέπεια να αυξηθεί η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα, προέρχεται:

- από **εξωτερικές πηγές** (π.χ. τον ήλιο που περνάει στο χώρο μέσα από τα παράθυρα) και
- από **εσωτερικές πηγές** (π.χ. από τα μηχανήματα, τους ανθρώπους και το φωτισμό)

Η θερμότητα που θα πρέπει να αφαιρέσει η κλιματιστική μονάδα για την ψύξη του αέρα, ονομάζεται *αισθητό ψυκτικό φορτίο*.

Ο έλεγχος της υγρασίας του αέρα είναι επίσης απαραίτητος για να αισθανόμαστε άνετα. Συνεπώς, το μέγεθος της κλιματιστικής μονάδας θα πρέπει να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες για έλεγχο της υγρασίας του αέρα, δηλαδή για αφύγρανση (*λανθάνον ψυκτικό φορτίο*) και για ύγρανση (*λανθάνον θερμικό φορτίο*), εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όλο το χρόνο.

2.1.3.2. Κλιματισμός κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Το **καλοκαίρι** η κλιματιστική μονάδα ενός χώρου λειτουργεί για να καλύψει το **ψυκτικό φορτίο**, δηλαδή τα θερμικά κέρδη του χώρου και να μειώσει την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα (**ψύξη**).

Το μεγαλύτερο φορτίο προέρχεται από τον ήλιο (ηλιακή ακτινοβολία) που μπαίνει στους εσωτερικούς χώρους μέσα από τους υαλοπίνακες (διαφανείς επιφάνειες). Όταν η ηλιακή ακτινοβολία απορροφηθεί από τις εσωτερικές επιφάνειες, αυξάνει τη θερμοκρασία τους και αρχίζουν να εκπέμπουν θερμότητα η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα. Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων απορροφούν επίσης την ηλιακή ακτινοβολία με συνέπεια να αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Η θερμότητα μεταδίδεται προς τον εσωτερικό χώρο μέσα από τους τοίχους και την οροφή, αυξάνοντας το ψυκτικό φορτίο. Επιπλέον, η είσοδος του εξωτερικού ζεστού αέρα στο χώρο (π.χ. από ένα παράθυρο που δεν έχει κλείσει καλά) ή όταν χρειάζεται να φέρουμε φρέσκο εξωτερικό αέρα μέσα στο χώρο, αυξάνει τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα και συνεπώς αυξάνει ακόμη περισσότερο το ψυκτικό φορτίο.

Τα *ψυκτικά φορτία* προέρχονται από:

- **Εξωτερικές πηγές**
Το καλοκαίρι, η ηλιακή ακτινοβολία αυξάνει το ψυκτικό φορτίο και για αυτό είναι απαραίτητος ο εξωτερικός σκιασμός των παραθύρων ή άλλων γυάλινων επιφανειών (π.χ. τέντες) ή εσωτερικός εάν δεν υπάρχει άλλη λύση. Η θερμομόνωση των τοίχων και της οροφής, περιορίζει τα θερμικά κέρδη του χώρου που κλιματίζεται. Το χρώμα μιας επιφάνειας (π.χ. ενός τοίχου) επηρεάζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που θα απορροφηθεί από την επιφάνεια και τη θερμοκρασία που θα φτάσει.
- **Εσωτερικές πηγές**
Τα εσωτερικά φορτία προέρχονται από το φωτισμό, τους ανθρώπους και τις συσκευές ή τα μηχανήματα, τα οποία αυξάνουν τη θερμοκρασία του αέρα με τη θερμότητα που αποβάλλουν (αισθητό ψυκτικό φορτίο). Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. μέρος της αποδιδόμενης θερμότητας από τους ανθρώπους) αυξάνεται και η υγρασία (λανθάνον ψυκτικό φορτίο).
- **Αερισμό**
Τα φορτία αερισμού προέρχονται από το φρέσκο αέρα που απαιτείται για τον αερισμό των χώρων και την είσοδο του ζεστού εξωτερικού αέρα μέσα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων (π.χ. παράθυρα, πόρτες). Ο ζεστός αέρας αυξάνει το αισθητό ψυκτικό φορτίο, ενώ αν έχει υψηλή υγρασία αυξάνεται και το λανθάνον ψυκτικό φορτίο.

2.1.3.3. Κλιματισμός κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το **χειμώνα**, η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί για να καλύψει το θερμικό φορτίο, δηλαδή τη διαφορά μεταξύ των θερμικών κερδών (ποσά θερμότητας που προστίθενται στο χώρο) και των θερμικών απωλειών (ποσά θερμότητας που αφαιρούνται από το χώρο), και να αυξήσει την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα (θέρμανση).

Τα *θερμικά κέρδη* προέρχονται από:

- **Εξωτερικές πηγές**
Τα εξωτερικά θερμικά κέρδη προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία που πιθανώς εισέρχεται στο χώρο από τους υαλοπίνακες (διαφανείς επιφάνειες). Η ηλιακή ενέργεια προσφέρει δωρεάν θέρμανση και μειώνει το θερμικό φορτίο.
- **Εσωτερικές πηγές**
Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη στα κτίρια προέρχονται, όπως ήδη αναφέρθηκε, από το φωτισμό, τους ανθρώπους και τις συσκευές ή τα μηχανήματα, τα οποία αυξάνουν τη θερμοκρασία του αέρα με τη θερμότητα που αποβάλλουν. Τα εσωτερικά κέρδη συνεισφέρουν στη μείωση του θερμικού φορτίου.

Οι *θερμικές απώλειες* μπορεί να προέρχονται από:

- **Τοίχους & Υαλοπίνακες**
 Η μετάδοση θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος (π.χ. στον αέρα, το έδαφος και τους μη θερμαινόμενους χώρους) γίνεται μέσα από τους τοίχους (αδιαφανείς επιφάνειες) και τους υαλοπίνακες (διαφανείς επιφάνειες) λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Η καλή θερμομόνωση των τοίχων περιορίζει τις θερμικές απώλειες.
 Οι απώλειες θερμότητας είναι πολύ μεγαλύτερες μέσα από το μονό (απλό) γυαλί από τις αντίστοιχες μέσα από ένα καλά θερμομονωμένο τοίχο. Οι διπλοί υαλοπίνακες μειώνουν τις θερμικές απώλειες από τα παράθυρα.
- **Αερισμό**
 Τα φορτία αερισμού προέρχονται από την είσοδο του κρύου εξωτερικού αέρα μέσα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων (π.χ. παράθυρα, πόρτες) και το φρέσκο αέρα που απαιτείται για τον αερισμό των χώρων. Ο κρύος αέρας αυξάνει το αισθητό θερμικό φορτίο, ενώ αν έχει χαμηλή υγρασία αυξάνει και το λανθάνον θερμικό φορτίο.

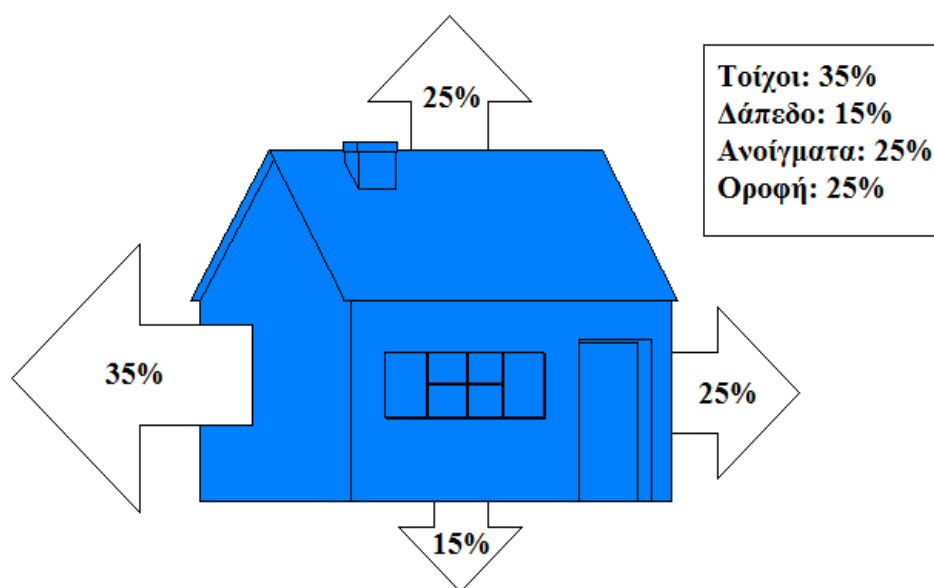
Οι προτεινόμενες εσωτερικές συνθήκες για κλιματιζόμενα κτίρια σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) 2423/86, παρουσιάζονται στον πίνακα. Ανάλογα με τη χρήση των χώρων, οι συνθήκες είναι διαφορετικές, ενώ για χρήσεις όπου υπάρχουν άλλες συγκεκριμένες απαιτήσεις, υπερισχύουν αυτών που δίνονται στον πίνακα.

Πίνακας 2.1: Απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ανάλογα με το χώρο [2]

Είδος χώρου	Χειμώνας	Καλοκαίρι	
	Θερμοκρασία(°C)	Θερμοκρασία(°C)	Σχετική υγρασία(%)
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ			
Υπνοδωμάτια, καθιστικά, κουζίνες	20	26	55-50
Λουτρά	22	--	--
Προθάλαμοι, διάδρομοι	15	28	--
ΣΧΟΛΕΙΑ			
Αίθουσες διδασκαλίας	18	25-26	50
Γραφεία, βιβλιοθήκη	20	25-26	45-50
Λουτρά, αποδυτήρια	22	--	--
Ιατρεία	24	--	--

ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ			
Δωμάτια	20	26	55-50
Λουτρά	22	--	--
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ			
Θάλαμοι ασθενών	22	26	55-50
Λουτρά	22	--	--
Χειρουργεία	20-35	Ειδικός κλιματισμός	
Αίθουσες δημερεύσεως, διάδρομοι	18	--	--

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται οι απώλειες θερμότητας στα κτίρια από τα διάφορα τμήματα ενός κτιρίου ως ποσοστό των συνολικών απωλειών θερμότητας από το κτίριο αυτό.



Σχήμα 2.1: Απώλειες θερμότητας στα κτίρια

Κεφάλαιο 3 :

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

3.1. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών γενικότερα μέσω των Π.Η.Σ. (Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων) επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση η οποία:

- εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία, κλπ.) και
- βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από τη λειτουργία του κτιρίου.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός –αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη- θεωρείται από πολλούς ως μία «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και τη εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Και αυτό, χάρη στις χαμηλότερες απαιτήσεις ενέργειας για τη θέρμανση, το δροσισμό και το φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και τα πολλαπλά οφέλη που προκύπτουν από αυτή: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρίπων) και κοινωνικά.

Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

- εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων,
- παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου,
- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι),
- διατήρηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά το χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με αποτέλεσμα τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου.

Ο βαθμός στον οποίο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σήμερα αξιοποιεί το τοπικό κλίμα ποικίλει, γεγονός που παρέχει μια ευελιξία ως προς τους τρόπους αρχιτεκτονικής έκφρασης και δυνατοτήτων εφαρμογής μέσα από απλές τεχνικές και επεμβάσεις έως και πολύπλοκα παθητικά ηλιακά συστήματα, γεγονός που αποδεικνύεται και από την καταγραφή των βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα. Είναι δε ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική των περισσότερων διακεκριμένων αρχιτεκτόνων και μελετητών στην Ελλάδα – με έργα παράδειγμα (ή και πειραματισμούς) που αποτελούν πρότυπες εφαρμογές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής από τις οποίες όχι μόνο μαθαίνουμε σήμερα, αλλά και αποδεικνύουν τα πολλαπλά οφέλη που προκύπτουν από τη συμβίωση με το περιβάλλον και το κλίμα.

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά «ευαίσθητο» σε εξωγενείς και μη τεχνικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό **βασικά κριτήρια** για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι:

- η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών,
- η μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων,
- η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων,
- η χρήση τεχνικο-οικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών [3]

3.2. Παθητικά Συστήματα

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού είναι συστήματα τα οποία αξιοποιούν τις φυσικές πηγές (ήλιο, άνεμο, κ.ά.) για τη θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον και περιλαμβάνει και την κατάλληλη αποθήκευση και διανομή της ενέργειας μέσα στους χώρους. Τα παθητικά συστήματα αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου και εντάσσονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Εφ' όσον τα παθητικά συστήματα υποβοηθούνται από μηχανικό σύστημα μικρής/χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (π.χ. ανεμιστήρα) ονομάζονται υβριδικά. Στόχος της επιλογής και της διαστασιολόγησης των παθητικών συστημάτων είναι η βελτίωση της θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περίοδο του έτους.

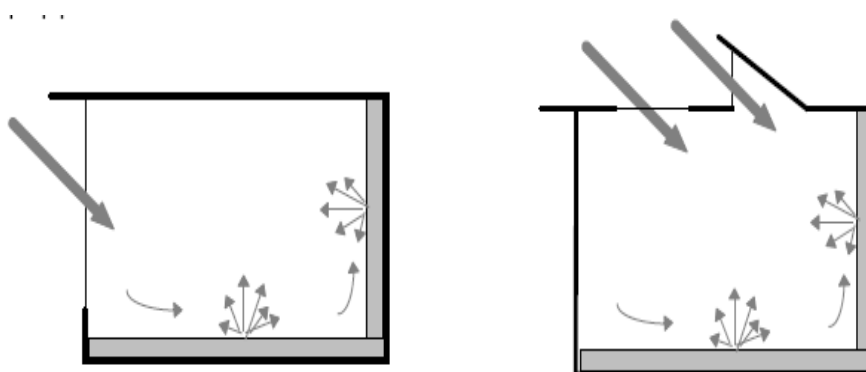
3.2.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, ταξινομούνται σε:

3.2.1.1. Συστήματα με άμεσο ηλιακό κέρδος.

Ο εσωτερικός χώρος θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τα διαφανή ανοίγματα στους τοίχους ή την οροφή.



Σχήμα 3.1: Παθητικά ηλιακά συστήματα με άμεσο ηλιακό κέρδος.

Η θερμική μάζα που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της θερμότητας, πρέπει να είναι εκτεθειμένη σε ηλιακή ακτινοβολία που περνά μέσα στο χώρο (π.χ. τοίχοι, δάπεδο). Η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται σταδιακά στο χώρο με μεταφορά (όταν η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από την θερμοκρασία των επιφανειών) καθώς επίσης και με ακτινοβολία. Οι επιφάνειες του κτιρίου πρέπει να είναι καλά θερμομονωμένες, έτσι ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες.

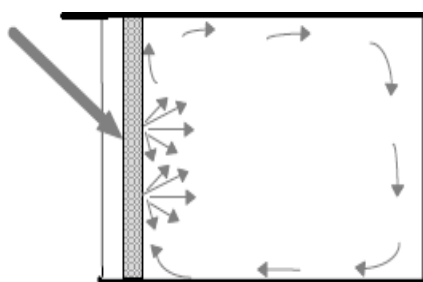
Η αποτελεσματικότητα του παθητικού συστήματος εξαρτάται από:

- τον προσανατολισμό των διαφόρων επιφανειών (μέχρι 25° απόκλιση από το νότο, δέχονται το 90% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που πέφτει σε ένα τελείως νότιο άνοιγμα),
- την κλίση της επιφάνειας, το μέγεθος της επιφάνειας (σε σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και τη γενικότερη κατασκευή του κτιρίου) και
- τα υλικά κατασκευής της θερμικής μάζας.

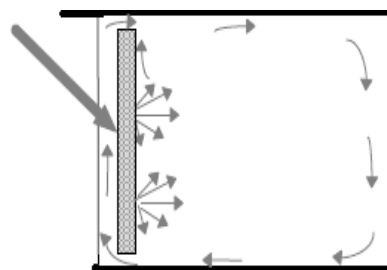
3.2.1.2. Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με έμμεσο τρόπο, μέσω του αποθηκευτικού συστήματος. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε:

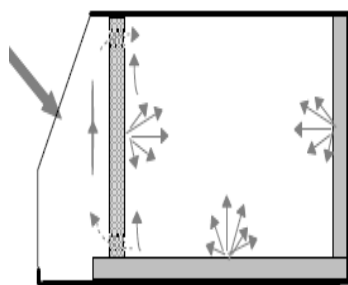
- επιφάνειες συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης και
- προσαρτημένους ηλιακούς χώρους ή θερμοκήπια.
- ηλιακά αίθρια



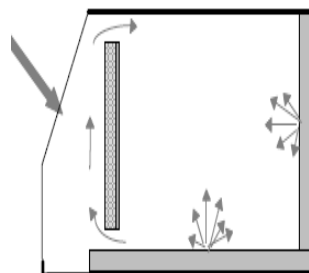
Σχήμα 3.2: Τοίχος αποθήκευσης.



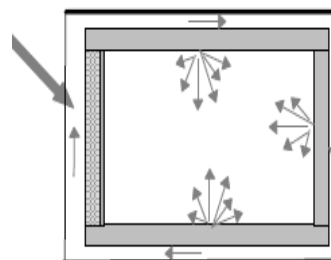
Σχήμα 3.3: Τοίχος Trombe.



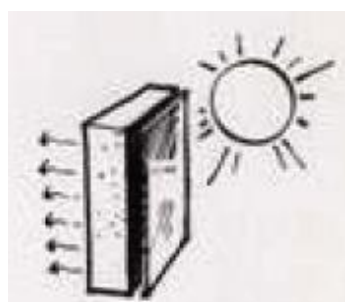
Σχήμα 3.4: Προσαρτημένο θερμοκήπιο (με ή χωρίς ανοίγματα).



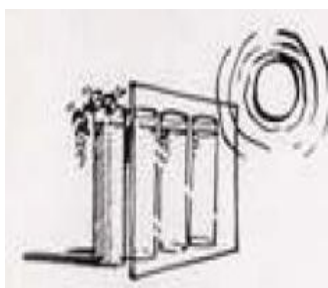
Σχήμα 3.5: Απομονωμένο σύστημα συλλογής.



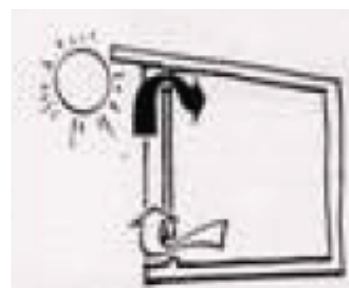
Σχήμα 3.6: Απομονωμένο σύστημα συλλογής.



Σχήμα 3.7: Τοίχος μάζας.



Σχήμα 3.8: Τοίχος νερού.



Σχήμα 3.9: Θερμοσιφωνικό πάνελο.

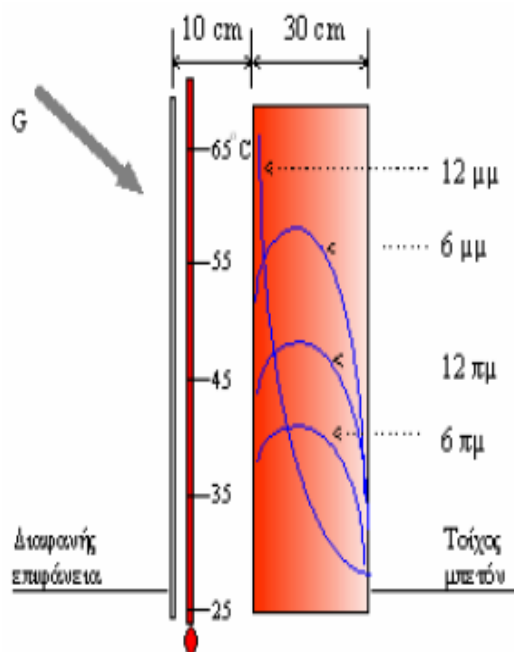
3.2.1.2.1. Αποθηκευτικός Τοίχος

Στο διπλανό σχήμα, παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική θερμοκρασιακή διακύμανση σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, σε ένα αποθηκευτικό τοίχο.

Η θερμοκρασία ενός τοίχου από το υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και πάχος 45cm, έχει πολύ μικρή ημερήσια διακύμανση.

Η μέγιστη ροή θερμότητας σε ένα πιο λεπτό τοίχο, πάχους 10-20cm, επιτυγχάνεται το απόγευμα λίγες ώρες μετά την περίοδο που η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει τη μέγιστη τιμή της.

Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως τα χρησιμοποιούμενα υλικά έχουν υψηλό ποσοστό θερμοχωρητικότητας.

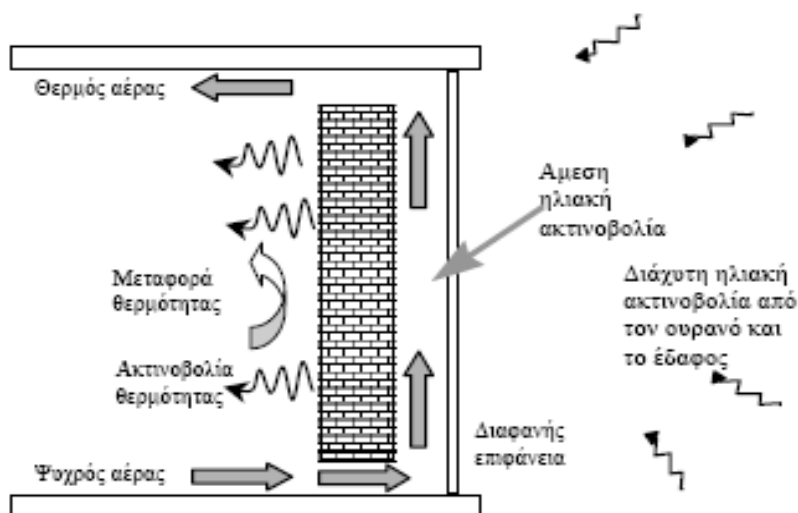


Σχήμα 3.10: Αποθηκευτικός τοίχος.

Ο τοίχος λειτουργεί απορροφώντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην εξωτερική του πλευρά (η οποία βάφεται μαύρη για να μειωθεί ο συντελεστής ανάκλασης και να αυξηθεί ο συντελεστής απορρόφησης). Η θερμότητα κατόπιν μεταδίδεται με αγωγή προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου, και με ακτινοβολία και μεταφορά προς τον εσωτερικό χώρο. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και της μέγιστης θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας, μειωμένης κατά την ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύτηκε στον τοίχο, αντιστοιχεί στη χρονική υστέρηση.

Όσο αυξάνεται το πάχος και η θερμοχωρητικότητα μιας τοιχοποιίας, ενώ η θερμική αγωγιμότητα ελαττώνεται, τόσο πιο μεγάλη είναι η χρονική υστέρηση και η θερμική αδράνεια της κατασκευής. Μια χρονική υστέρηση της τάξης των 6-10 ωρών, είναι επιθυμητή έτσι ώστε η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής πλευράς του τοίχου να επιτυγχάνεται τις πρώτες νυκτερινές ώρες.

3.2.1.2.2. Τοίχος με Ανοίγματα



Σχήμα 3.11: Τοίχος Trombe.

Με τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την απορρόφηση της από την επιφάνεια του τοίχου, η θερμότητα αποδίδεται στον αέρα που βρίσκεται στο διάκενο χώρο μεταξύ του τοίχου και της διαφανούς ή ημιδιαφανούς επιφάνειας και ο ζεστός αέρας αρχίζει να κυκλοφορεί προς τα πάνω.

Μέσω των ανοιγμάτων στο πάνω τμήμα του τοίχου, ο ζεστός αέρας εισέρχεται στο χώρο. Η κίνηση αυτή του αέρα επιτρέπει στον ψυχρό εσωτερικό αέρα να μπει στο διάκενο χώρο από τα χαμηλά ανοίγματα και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Το βράδυ κλείνουν οι θυρίδες και ο τοίχος λειτουργεί όπως και πριν, αποδίδοντας στο χώρο τη διαθέσιμη θερμότητα που αποθηκεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας (με ακτινοβολία και φυσική μεταφορά θερμότητας).

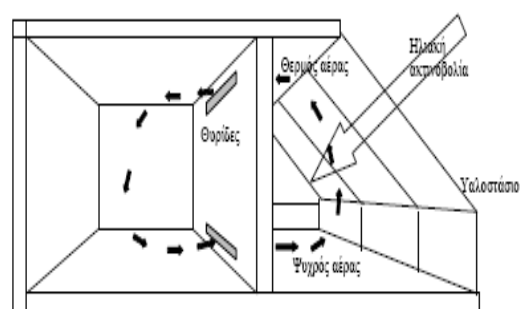
Το τυπικό σύστημα του αποθηκευτικού τοίχου (Trombe) αποτελείται από ένα τοίχο μετόν, πάχους 30-40 cm, βαμμένο σκούρο χρώμα στην εξωτερική πλευρά για να έχει υψηλό συντελεστή απορροφητικότητας, και με τη διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια σε απόσταση 3cm από τον τοίχο.

Η ημερήσια διακύμανση της ροής θερμότητας εξαρτάται από τη θερμική μάζα του τοίχου, το πάχος του τοίχου και τη διακύμανση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η μείωση των θερμικών απωλειών από τον τοίχο το βράδυ, μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μια μετακινούμενη θερμοκουρτίνα.

Σε μονοκατοικίες στις κλιματικές ζώνες Α και Β, οι ηλιακοί τοίχοι (μάζας, Trombe, κτλ) εξοικονομούν ενέργεια για θέρμανση κατά 40% τουλάχιστον (περίπου 15-18 kWh/m²). Στην κλιματική ζώνη Γ η εξοικονόμηση ενέργειας είναι περίπου 13 kWh/m² (10-12% του φορτίου θέρμανσης του κτιρίου).

3.2.1.2.3. Προσαρτημένος ηλιακός χώρος

Ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος, είναι συνδυασμός ενός ηλιακού παθητικού συστήματος, ενός θερμοκηπίου δηλαδή, που λειτουργεί σαν σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους και ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το θερμοκήπιο βρίσκεται συνήθως στη νότια πλευρά του κτιρίου, καλύπτοντας μία ή και τρεις πλευρές με ένα διαφανές υλικό.



Σχήμα 3.12: Προσαρτημένος ηλιακός χώρος.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Η διαφανής επιφάνεια απέχει αρκετά από τον τοίχο με τη θερμική μάζα, έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός κατοικήσιμος χώρος. Άλλες φορές ο χώρος αυτός χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών. Ο χώρος του θερμοκηπίου επικοινωνεί με το κυρίως κτίριο μέσω μιας τοιχοποιίας με την κατάλληλη θερμική μάζα. Συχνά τα θερμοκήπια είναι χώροι που προστίθενται σε υπάρχοντα κτίρια, με μικρό κόστος και μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλές λειτουργίες. Για τη σωστή λειτουργία του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα για τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας με την υψηλή ηλιοφάνεια και ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη ηλιοπροστασία (κατά προτίμηση εξωτερικό κινητό σκίαστρο) ακόμη και το χειμώνα, και δυνατότητα αερισμού, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου.



Εικόνα 3.1 : Προσαρτημένος ηλιακός χώρος.

Το θερμοκήπιο μπορεί να λειτουργεί σαν χώρος ανάσχεσης της μετάδοσης θερμότητας από ή προς το κτίριο, σα συλλέκτης ηλιακής ενέργειας και επιπλέον να προσφέρει ηλιοπροστασία.

Η **απόδοση** του συστήματος επηρεάζεται από:

- *Τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου.* Προσαρτάται στη νότια όψη του κτιρίου, κατά τον άξονα ανατολή-δύση. Για την καλύτερη λειτουργία του, απαιτείται η άμεση σύνδεση του με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, στη νότια πλευρά του κτιρίου, που διαχωρίζει το θερμοκήπιο με τον εσωτερικό χώρο. Τα θερμοκήπια που προσαρτώνται στους άλλους προσανατολισμούς, λειτουργούν σαν χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών (ανεμοπροστασία και παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας). Το καλοκαίρι, όμως, απαιτούν καλό αερισμό (π.χ. ανοίγματα έτσι ώστε όταν χρειάζεται να μπορεί ο θερμός αέρας να απομακρυνθεί προς το εξωτερικό περιβάλλον) και σκίαση γιατί δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα με την υπερθέρμανση του αέρα μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Η ηλιοπροστασία του θερμοκηπίου το καλοκαίρι ή ακόμη και για περιόδους με υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γίνεται με τέντες ή περσίδες προσαρτημένες στη διαφανή επιφάνεια. Προτιμάται η τοποθέτηση της ηλιοπροστασίας από την εξωτερική πλευρά. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του διαφανούς υλικού στο θερμοκήπιο και συνεπώς η παγίδευση της θερμότητας μέσα στο χώρο.

- *Το μέγεθος του θερμοκηπίου.* Προσδιορίζεται με βάση το μέγεθος και το σχήμα του κτιρίου και τη λειτουργική διάταξη των εσωτερικών χώρων. Για κρύα κλίματα απαιτούνται 0.65-1.5 m² νότιου διπλού υαλοστασίου για κάθε τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενου εσωτερικού χώρου. Σε εύκρατα κλίματα η αναλογία αυτή μειώνεται σε 0.33-0.9 m². Η επιφάνεια αυτή των υαλοστασίων επιτυγχάνει εσωτερικές θερμοκρασίες 15-21°C, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

- *Την κλίση του υαλοστασίου.* Προσδιορίζεται το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που τελικά εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Η μέγιστη ηλιακή διαπερατότητα το χειμώνα επιτυγχάνεται με κλίση 40-70° με το οριζόντιο επίπεδο. Για βορειότερα κλίματα, η κλίση μειώνεται σε 30-40°.

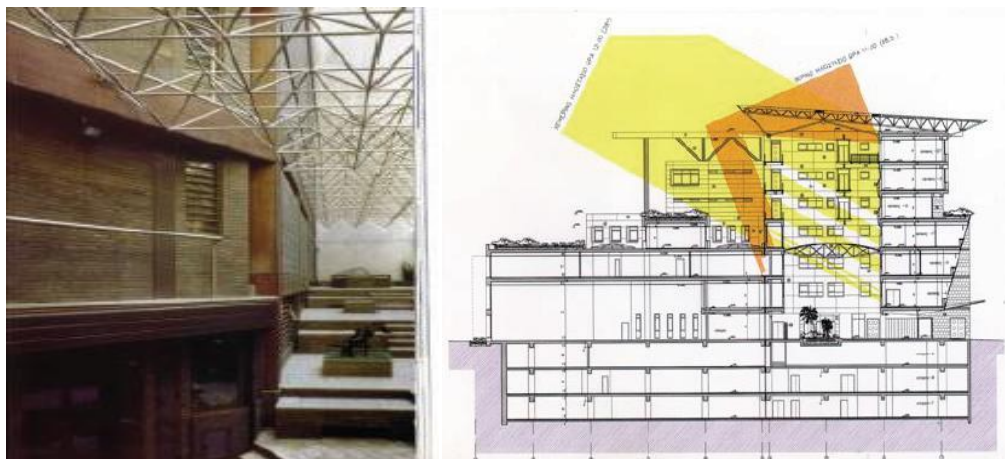
- *Το υλικό κάλυψης.* Απαιτούνται διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά (π.χ. γυαλί ή πλαστικό). Η επιλογή γίνεται ανάλογα με το κόστος εγκατάστασης, την ποιότητα κατασκευής και τη λειτουργία του θερμοκηπίου.

Η σύνδεση του θερμοκηπίου με το κτίριο καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την τελική επιλογή των υλικών και την κατασκευή του θερμοκηπίου.

Για τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος πρέπει να διασφαλιστεί η μείωση των θερμικών απωλειών και η αποφυγή η αποφυγή υπερθέρμανσης. Η νυκτερινή μόνωση μπορεί να μειώσει σημαντικά τις θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, με την τοποθέτηση κινητής μονωτικής επιφάνειας στην εξωτερική πλευρά του διαχωριστικού τοίχου θα μειώσει σημαντικά τις απώλειες. Η χρήση διπλού υαλοπίνακα για την κατασκευή του θερμοκηπίου συμβάλλει στον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Ο σκιασμός, κατά προτίμηση εξωτερικά, των επιφανειών του θερμοκηπίου, επιβάλλεται για την αποφυγή προβλημάτων από την υπερθέρμανση, ακόμη και το χειμώνα. Επιπλέον, ορισμένα τμήματα του θερμοκηπίου πρέπει να είναι ανοιγόμενα έτσι ώστε να επιτρέπεται ο εύκολος αερισμός του.

3.2.1.2.4. Ηλιακό αίθριο

Ηλιακό αίθριο, ονομάζεται ο αιθριακός χώρους του κτιρίου, ο οποίος επικαλύπτεται με υαλοστάσια και η θερμική του λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή του θερμοκηπίου.



Εικόνα 3.2: Ηλιακό αίθριο.

Σχήμα 3.13: Ηλιακό αίθριο

3.2.2. Παθητικός – Υβριδικός Δροσισμός

Οι τεχνικές και τα συστήματα δροσισμού για τη λειτουργία τους δεν απαιτούν την κατανάλωση άλλων μορφών ενέργειας, παρά μόνο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι γνωστά σαν παθητικά (φυσικά) συστήματα **δροσισμού**.

Από τις πλέον επιτυχημένες τεχνικές παθητικού δροσισμού, είναι ο σκιασμός του κτιρίου, ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων, η βελτίωση του μικροκλίματος, το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών, η θερμική μάζα.

3.2.2.1. Ηλιοπροστασία - Σκιασμός

Το κέλυφος των κτιρίων επηρεάζει το θερμικό ισοζύγιο των κτιρίων. Το ποσοστό και το είδος των ανοιγμάτων και τα υλικά κατασκευής των αδιαφανών επιφανειών, καθορίζουν τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι. Η βασικότερη παράμετρος για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων είναι ο *σκιασμός*.

Η *εξωτερική ηλιοπροστασία (σκιασμός)* είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος περιορισμού της εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση της θερμότητας, στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου. Προτεραιότητα δίνεται στο σκιασμό των διαφανών και μετά των αδιαφανών επιφανειών:

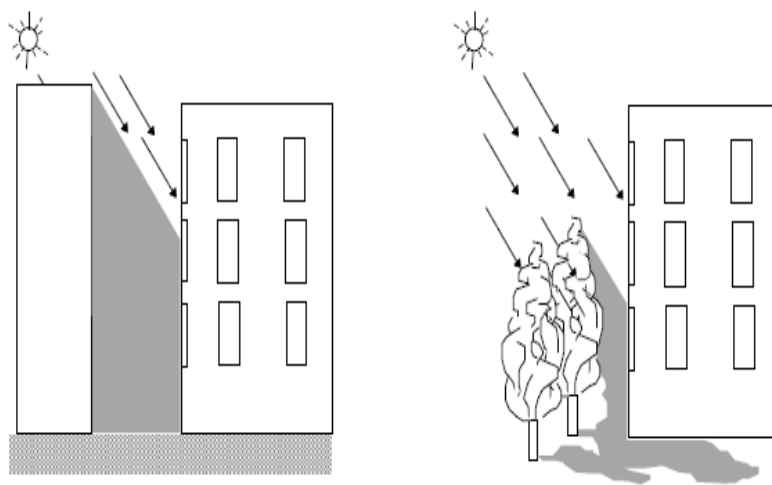
- ✓ Τα φυλλοβόλα δέντρα ή άλλα αναρριχόμενα φυτά προσφέρουν σκιασμό και βελτιώνουν το μικρόκλιμα του κτιρίου.
- ✓ Διάφοροι τύποι σκιάστρων, από τέντες μέχρι εξωτερικά πατζούρια, μπορούν να σκιάσουν τις διαφανείς επιφάνειες.
- ✓ Το άσπρο και τα ανοικτά χρώματα πλεονεκτούν.
- ✓ Ορισμένοι τύποι σκιάστρων, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν το χειμώνα, για την ανεμοπροστασία των ανοιγμάτων.

Η προστασία του κτιρίου από άμεσα ηλιακά κέρδη, είναι βασική παράμετρος για τη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών (οπτική και θερμική άνεση). Η μείωση των εξωτερικών ψυκτικών φορτίων, δηλαδή της ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνει τις εσωτερικές θερμοκρασίες ακόμη και σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια. Ο εξωτερικός σκιασμός, με φυσικό τρόπο (π.χ. δέντρα, βλάστηση, κ.α.), με κινητά ή ακίνητα σκίαστρα, είναι ο πλέον αποδοτικός τρόπος.

Τα κινητά σκίαστρα, απαιτούν μηχανισμούς κίνησης, με συνέπεια να αυξάνεται το κόστος εγκατάστασής τους. Προσφέρουν όμως, μεγαλύτερη ευελιξία στην ακριβέστερη ρύθμιση του φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους. Η λειτουργία τους μπορεί να αυτοματοποιηθεί και να ελέγχεται είτε από τοπικά χειριστήρια ελέγχου, είτε από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και διαχείρισης του κτιρίου. Η ρύθμιση της λειτουργίας τους, γίνεται ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, όπως για παράδειγμα, ανάλογα με την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ρυθμίζεται η ακριβής θέση των σκιάστρων και το ποσοστό ηλιοπροστασίας, ή ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, αποφασίζεται η θέση των σκιάστρων, για λόγους ασφαλείας.

Τα σκίαστρα μπορούν επίσης να τοποθετηθούν μέσα σε διπλούς υαλοπίνακες ή στην εσωτερική πλευρά των ανοιγμάτων. Τα εσωτερικά σκίαστρα τοποθετούνται πιο εύκολα, είναι τα πιο οικονομικά και είναι πιο εύκολος ο έλεγχος της λειτουργίας τους. Όμως, ο εσωτερικός σκιασμός, δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικός, για την θερμοπροστασία του χώρου, σε σχέση με τον εξωτερικό σκιασμό.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο κέλυφος ενός κτιρίου εξαρτάται από τη θέση του κτιρίου και τον *προσανατολισμό* των επιφανειών του. Επίσης, τα γειτονικά κτίρια ή άλλα φυσικά εμπόδια, όπως για παράδειγμα τα δέντρα, περιορίζουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, ανάλογα με την ώρα της ημέρας και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

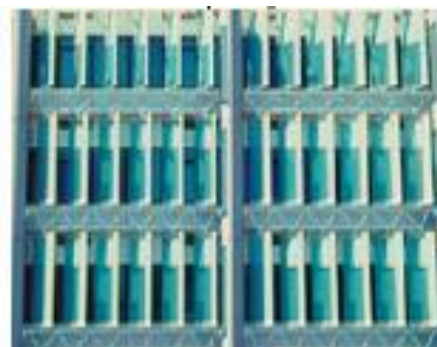


Σχήμα 3.14: Εξωτερικά εμπόδια (όπως τα γειτονικά κτίρια και τα δέντρα) που περιορίζουν την έκθεση των όψεων του κτιρίου στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Αντιπροσωπευτικοί τύποι σκιάστων



Εικόνα 3.3: Φυσικός σκιασμός.



Εικόνα 3.4: Εξωτερικές κινητές κατακόρυφες περσίδες.



Εικόνα 3.5: Τέντες.



Εικόνα 3.6: Κατακόρυφες τέντες.



Εικόνα 3.7: Ημιδιαφανή υλικά.



Εικόνα 3.8: Εσωτερικές οριζόντιες περσίδες.



Εικόνα 3.9: Εσωτερικές κατακόρυφες κουρτίνες.

Οι διαθέσιμοι τύποι σκιάστρων προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία εναλλακτικών λύσεων, που μπορούν να ενσωματωθούν στην οποιαδήποτε αρχιτεκτονική κτιρίου, διατηρώντας την αισθητική και την ιδιαιτερότητα του κάθε κτιρίου. Ο κατάλληλος σκιασμός βελτιώνει τις εσωτερικές συνθήκες άνεσης και μειώνει τα εξωτερικά ψυκτικά φορτία, βελτιώνοντας την απόδοση των εγκαταστάσεων κλιματισμού, που πιθανών λειτουργούν σε ένα κτίριο.

Τα κατάλληλα σκίαστρα μπορούν να αντιμετωπίσουν πρακτικά όλου του είδους τα προβλήματα ηλιοπροστασίας στα κτίρια. Ο εξωτερικός σκιασμός είναι ο πλέον αποτελεσματικός. Η ηλιοπροστασία του κτιρίου πρέπει να αρχίσει από το εξωτερικό περιβάλλον του, στη συνέχεια εξετάζουμε τις δυνατότητες τοποθέτησης των σκιάστρων πάνω στο κέλυφος του κτιρίου και στο τέλος, αν έχουμε εξαντλήσει όλες τις επιλογές, χρησιμοποιούμε τα εσωτερικά σκίαστρα, τα οποία σε όλες τις περιπτώσεις είναι και τα πλέον εύκολα στην τοποθέτηση και τη λειτουργία τους.

Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου σκιάστρων εξαρτάται από διαφορετικά κριτήρια, ανάλογα με την αρχιτεκτονική του κτιρίου, και πρακτικές παραμέτρους, όπως για παράδειγμα, σε συνάρτηση με την κατασκευή, πιθανά λειτουργικά προβλήματα, την απαιτούμενη συντήρηση και καθαρισμό, αντοχή και αισθητική των ίδιων των σκιάστρων, με την πάροδο του χρόνου.[2]

Το κόστος για την τοποθέτηση σκιάστρων ξεκινά από 50 €/m².

Για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των διαφορετικών τύπων σκιασμού, ακόμη και όταν πρόκειται για έγχρωμους υαλοπίνακες χρησιμοποιείται ο **συντελεστής σκιασμού** (shading coefficient – **SC**). Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή SC, τόσο πιο αποδοτικός είναι ο σκιασμός της διαφανούς επιφάνειας. Η τιμή αναφοράς που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του συντελεστή, είναι ένας διαφανής υαλοπίνακα, πάχους 3mm. Ο συντελεστής SC υπολογίζεται σαν το πηλίκο των ηλιακών θερμικών κερδών μιας συγκεκριμένης επιφάνειας προς τα ηλιακά θερμικά κέρδη του υαλοπίνακα αναφοράς. Για ένα διαφανή υαλοπίνακα 3mm είναι SC=1.

Πίνακας 3.1: Συντελεστής σκιασμού (SC) για διάφορους τύπους υαλοπινάκων [4]

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής σκίασης
5mm μονός, διαφανής	1.0
6mm διπλός	0.81
6mm διπλός με πράσινη απόχρωση	0.54
6mm διπλός με γκρι απόχρωση	0.54
Χαμηλής εκπομπής, διαφανής	0.64
Χαμηλής εκπομπής με πράσινη απόχρωση	0.42
Χαμηλής εκπομπής με γρι απόχρωση	0.43
Μεταλλικό καφέ	0.32
Μεταλλικό μπλε	0.30

Πίνακας 3.2: Οπτικές ιδιότητες στη μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία (κάθετη πρόσπτωση) διαφόρων τύπων εσωτερικών σκιάστρων [4]

Τύπος εσωτερικού σκιάστρου	Διαπερατότητα	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Οριζόντιες περσίδες/ Βενετικά στόρια (πλάτος περσίδων προς την απόσταση των περσίδων 1.2 και γωνία περσίδων 45°)			
Περσίδες ανοιχτού χρώματος	0.05	0.55	0.40
Περσίδες μεσαίου χρωματισμού	0.05	0.35	0.60
Κατακόρυφες περσίδες			
Άσπρες περσίδες	0.00	0.77	0.23
Κατακόρυφες κουρτίνες			
Ανοιχτού χρώματος (ημιδιαφανείς)	0.25	0.60	0.15
Άσπρου χρώματος (αδιαφανείς)	0.00	0.65	0.35
Σκούρου χρώματος (αδιαφανείς)	0.00	0.20	0.80

Θεωρητικά ο ιδανικός υαλοπίνακας θα έχει 100% διαπερατότητα στην ορατού μήκους ακτινοβολία και μηδενική διαπερατότητα στη μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία (θερμική ή υπέρυθρη). Τα νέα κρύσταλλα συνδυάζουν υψηλή διαπερατότητα φωτός, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, με μικρή διαπερατότητα στην υπέρυθρη ακτινοβολία, μειώνοντας έτσι τα ηλιακά θερμικά κέρδη και τα ψυκτικά φορτία. Οι επιλεκτικού μήκους κύματος υαλοπίνακες βελτιώνουν τις εσωτερικές συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.

Η διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια πρώτη ένδειξη των πιθανών ηλιακών κερδών ενός χώρου, που προέρχονται από τις διαφανείς επιφάνειες του. Στα παθητικά ηλιακά κτίρια, τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση, είναι επιθυμητή η υψηλή διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας.

Πίνακας 3.3: Συντελεστής ηλιακής διαπερατότητας, για μονά και μονωμένα υαλοστάσια [4]

Τύπος υαλοπίνακα	Διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας
Μονός υαλοπίνακας	
3mm διαφανής	0.86
6mm διαφανής	0.78
10mm διαφανής	0.72
12mm διαφανής	0.67
3mm θερμοαπορροφητικός	0.64
6mm θερμοαπορροφητικός	0.46
10mm θερμοαπορροφητικός	0.33
12mm θερμοαπορροφητικός	0.24
Θερμομονωτικός υαλοπίνακας	
3mm διαφανής εξωτ. επιφάνεια/ διαφανής εσωτ. επιφάνεια	0.71
6mm διαφανής έξω/ διαφανής μέσα	0.61
6mm θερμοαπορροφητική εξωτ. επιφάνεια/ διαφανής εσωτ. επιφάνεια (γκρι, καφέ και πράσινες αποχρώσεις)	0.36

3.2.2.2. Πράσινες όψεις

Ο όρος πράσινες όψεις (ή κρεμαστοί κήποι) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη χρήση φυτών πάνω ή σε μικρή απόσταση από την όψη ενός κτιρίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι φυλλοβόλων αναρριχόμενων φυτών ή δέντρων. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργείται ένα ζωντανό προστατευτικό κέλυφος, πρακτικά σε όλο το ύψος του κτιρίου (μέχρι περίπου 8 ορόφους), καλύπτοντας όλη την επιφάνεια της όψης. Όπως είναι αναμενόμενο, τα φυτά ή τα δέντρα, προσφέρουν φυσική ηλιοπροστασία στις αδιαφανείς επιφάνειες του κτιρίου, αλλά και στις διαφανείς επιφάνειες, στην περίπτωση των δέντρων ή των κρεμαστών κήπων. Επιπλέον, μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα λόγω της εξατμισοδιαπνοής, δημιουργώντας ένα καλύτερο μικρόκλιμα, ενώ βελτιώνεται και η ποιότητα του αέρα.



Εικόνα 3.10, 3.11, 3.12: Πράσινες όψεις κτιρίων με αναρριχόμενα φυτά και κρεμαστούς κήπους.

Η εξωτερική βλάστηση πάνω στην τοιχοποιία, προστατεύει όλη την όψη του κτιρίου από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, περιορίζοντας έτσι τη θερμότητα που θα μεταφερόταν με αγωγή στο εσωτερικό του κτιρίου, μέσω των δομικών υλικών. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Το χειμώνα, η βλάστηση υποχωρεί, επιτρέποντας τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών.



Εικόνα 3.13: Πράσινη όψη κτιρίου το καλοκαίρι.



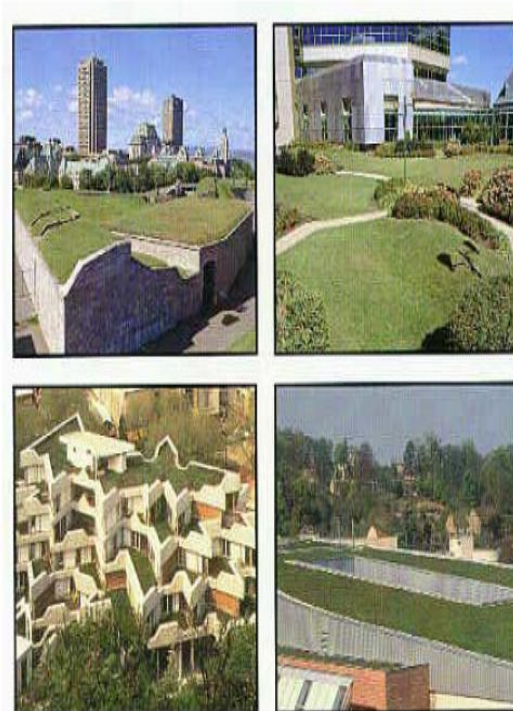
Εικόνα 3.14: Πράσινη όψη κτιρίου το χειμώνα.

3.2.2.3. Πράσινα δώματα και οροφές

Οι οροφές και τα δώματα των κτιρίων δε μπορούν να σκιαστούν με τα διάφορα συστήματα που συνήθως σκιάζονται οι όψεις και οι διαφανείς επιφάνειες. Ουσιαστικά, οι μόνοι τρόποι είναι η κάλυψη του δώματος με υλικά που έχουν υψηλό συντελεστή ανάκλασης, έτσι ώστε να ανακλάται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ή με γρασίδι και άλλου τύπου φυτά για τη δημιουργία κήπων (πράσινα δώματα).

Τα πράσινα δώματα και οροφές, όπως και οι κάθετοι/κρεμαστοί κήποι ή τα αναρριχόμενα φυτά, δεν είναι καινούρια ιδέα. Σε συγκεκριμένες χώρες, αποτελούν συνηθισμένη πρακτική εδώ και αιώνες.

Οι πολύ καλές θερμομονωτικές ιδιότητες που προσφέρει ένα στρώμα από χώμα και φυτά, βοηθάει σημαντικά στη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα και των θερμικών κερδών το καλοκαίρι. Τα φυτά και τα δέντρα μειώνουν τη θερμοκρασία και βελτιώνουν τόσο την ποιότητα του αέρα όσο και την αισθητική του αστικού περιβάλλοντος.



Εικόνες 3.15, 3.16, 3.17, 3.18: Παραδείγματα πράσινων δωμαίων.

Τα δώματα των κτιρίων δέχονται τα υψηλότερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια αποθηκεύουν υψηλά ποσά θερμότητας. Η δημιουργία πράσινων οροφών και κήπων στα δώματα συμβάλλει στην:

- Μείωση των ψυκτικών φορτίων του τελευταίου ορόφου των κτιρίων,
- Μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας των δωματίων,
- Μείωση του φαινομένου της αστικής νησίδας,
- Αύξηση της διάρκειας ζωής των υλικών του δώματος.

Η κατασκευή πράσινων δωματίων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή, διότι παρουσιάζει ειδικά κατασκευαστικά προβλήματα. Για τις πράσινες οροφές, πρέπει να επιλέγονται φυτά ή ποικιλίες που δεν απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα, είναι κατάλληλα για τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και τις ιδιαίτερες εδαφικές συνθήκες που θα δημιουργηθούν, δε χρειάζονται πολύ και συχνό πότισμα (έτσι ώστε να μην καταναλώνουν πολύ νερό), κλπ. Επίσης, πρέπει να συνυπολογιστούν τα πρόσθετα φορτία από τη δημιουργία κήπου στο δώμα. Ανάλογα με το είδος των φυτών, απαιτείται διαφορετικού βάθους στρώμα φύτευσης και αποστράγγισης, και συνεπώς η κατασκευή επιβαρύνεται με διαφορετικά φορτία.

Οι πιο απλές και οικονομικές κατασκευές πράσινων δωματίων είναι ο τύπος της **ελαφριάς φύτευσης**, με ένα στρώμα φύτευσης 5-15 cm από μίγμα άμμου, χαλικιών, οργανικών υλικών και λίγο χώμα. Το βάρος της κατασκευής αυτής κυμαίνεται μεταξύ 55-169 kg/m². Ο τύπος **βαριάς φύτευσης** του δώματος είναι πιο απαιτητικός και έχει μεγαλύτερο κόστος. Το στρώμα φύτευσης είναι χώμα βάθους 20-60 cm και το βάρος της κατασκευής κυμαίνεται μεταξύ 290-967.7 kg/m². [2]

Οι πράσινες οροφές και τα δώματα μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό κατά 30% στον αμέσως κάτω όροφο και κατά 10% περίπου στους υπόλοιπους.

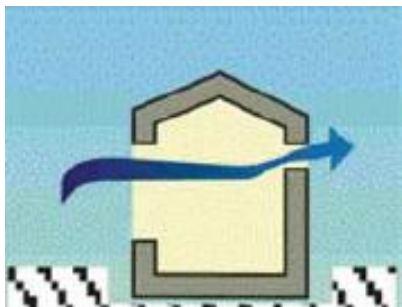
Κόστος:

- εκτατικός τύπος: 90-100 €/m²
- ημιεντατικός τύπος: 120-140 €/m²
- εντατικός τύπος: από 140 €/m²

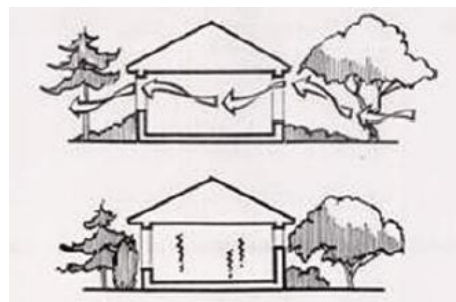
3.2.2.4. Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός είναι η φυσική κυκλοφορία του αέρα. Αποτελεί μία από τις βασικές τεχνικές φυσικού δροσισμού και επίτευξης των συνθηκών θερμικής άνεσης και ανανέωσης του εσωτερικού αέρα, σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια. Η κυκλοφορία του αέρα μέσα στο χώρο πρέπει να μελετηθεί σωστά, με την κατάλληλη διαστασιολόγηση και τοποθέτηση και τοποθέτηση των ανοιγμάτων, ώστε να έχει ουσιαστικά αποτελέσματα. Ο *διαμπερής* αερισμός είναι ο πλέον αποτελεσματικός. Ο φυσικός αερισμός είναι επίσης απαραίτητος σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια για τη

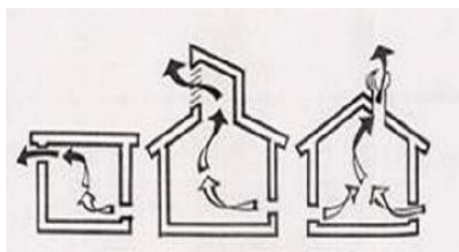
βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες ποσότητες φρέσκου (νωπού) αέρα. Δυστυχώς, όμως, ο φυσικός αερισμός δεν είναι πάντα εφικτός κατά τη διάρκεια της ημέρας, αφού στα κτίρια που βρίσκονται σε αστικές περιοχές, συνήθως οι εξωτερικές ατμοσφαιρικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες και υψηλά ποσοστά ρύπανσης.



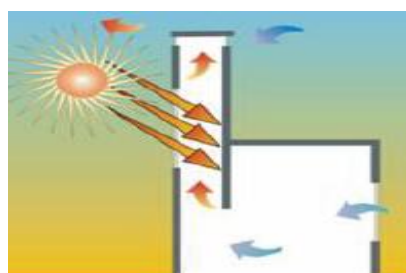
Εικόνα 3.19: Φυσικός διαμετρής αερισμός.



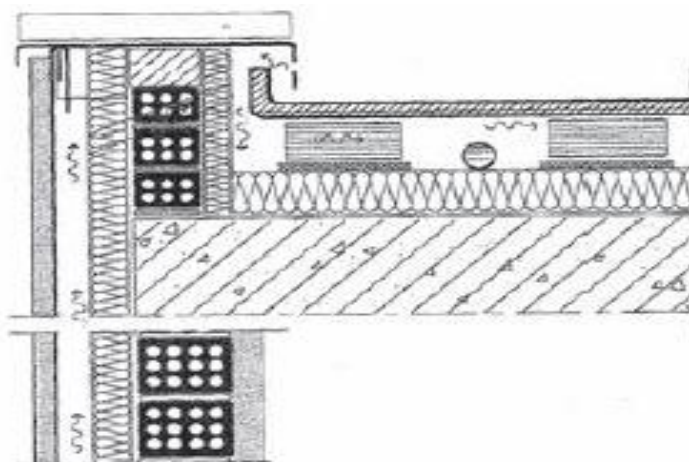
Εικόνα 3.20: Φυσικός διαμετρής αερισμός.



Εικόνα 3.21: Φυσικός κατακόρυφος αερισμός.



Εικόνα 3.22: Ηλιακή καμινάδα.



Σχήμα 3.15: Αεριζόμενο κέλυφος

Ο νυκτερινός φυσικός αερισμός προσφέρει επίσης σημαντικά πλεονεκτήματα με τον αερισμό των χώρων το βράδυ, εφόσον το επιτρέπουν οι εξωτερικές ατμοσφαιρικές συνθήκες και εξασφαλίζεται η ασφάλεια του κτιρίου. Συνήθως οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του εξωτερικού αέρα το βράδυ, επιτρέπουν τη σταδιακή αφαίρεση της θερμότητας που έχει παγιδευτεί μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε η λειτουργία του κτιρίου την επόμενη μέρα να αρχίσει με καλύτερες, πιο ευχάριστες εσωτερικές συνθήκες.

3.2.2.5. Θερμική μάζα

Η *θερμική μάζα* του κτιρίου απορροφά θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας την οποία αποδίδει σταδιακά, μειώνοντας έτσι τα μέγιστα ψυκτικά φορτία. Επιπλέον, η χρονική υστέρηση της μετάδοσης θερμότητας επιτρέπει, με συνδυασμό άλλων τεχνικών, όπως για παράδειγμα του νυκτερινού φυσικού αερισμού, τη μεταφορά της θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους προς το εξωτερικό περιβάλλον, τις περιόδους που η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη.

Η θερμική μάζα είναι πιο αποδοτική όταν βρίσκεται μέσα από τη θερμομόνωση του τοίχου. Περιορίζει τα υψηλά θερμικά κέρδη το μεσημέρι, όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι οι πλέον δυσμενείς.

Επίσης μειώνει τις υψηλές θερμοκρασίες των επιφανειών και του εσωτερικού αέρα, επιτυγχάνοντας πιο ομοιόμορφη διακύμανση θερμοκρασιών, και συνεπώς βελτιώνει τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Αύξηση της θερμικής μάζας από 21kg/m^2 σε 201kg/m^2 επιφάνειας δαπέδου, μειώνει τη μέγιστη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα κατά $1\text{-}2^\circ\text{C}$, αντίστοιχα. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από τη μείωση των μέγιστων θερμικών και ψυκτικών φορτίων, μπορεί να φτάσει το 18-20%.

3.2.2.6. Δροσισμός με εξάτμιση

Βασίζεται στο φαινόμενο της εξάτμισης του νερού στον αέρα, κατά τη διάρκεια της οποίας αφαιρείται η απαιτούμενη θερμότητα από τον αέρα, με συνέπεια τη μείωση της θερμοκρασίας του.



Εικόνα 3.23



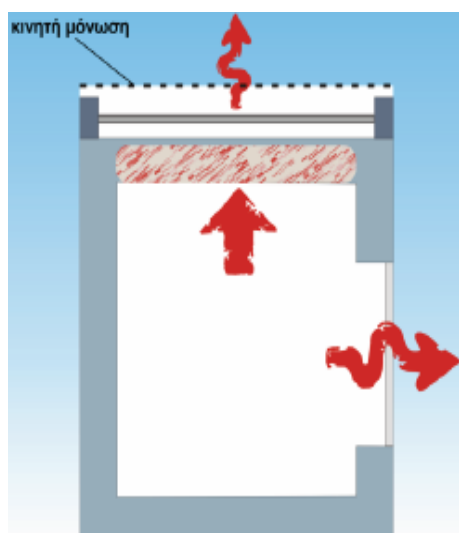
Εικόνα 3.24



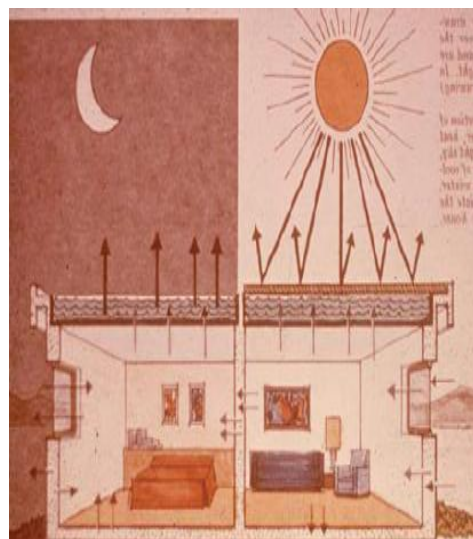
Εικόνα 3.25

3.2.2.7. Δροσισμός με ακτινοβολία

Βασίζεται στα φαινόμενα μετάδοσης θερμότητας, με την ανταλλαγή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από μια επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα, κατά τη διάρκεια της νύχτας.



Σχήμα 3.16: Δροσισμός με νυκτερινή ακτινοβολία.



Σχήμα 3.17: Λίμνες οροφής

3.2.2.8. Δροσισμός μέσω του εδάφους

Βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα και μικρή θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Η μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους παρουσιάζει μια εποχιακή χρονική υστέρηση σε σχέση με αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα, και διατηρείται χαμηλότερη το καλοκαίρι, και υψηλότερη το χειμώνα. Συνεπώς, το έδαφος που προστατεύει ένα υπόσκαφο κτίριο λειτουργεί σαν άμεσο σύστημα δροσισμού. Ένα υπόσκαφο κτίριο μπορεί να προστατευτεί από τις αντίξοες κλιματικές συνθήκες, για όλο το χρόνο.

3.2.2.9. Υβριδικός δροσισμός

Στην περίπτωση που για τη χρήση κάποιων παθητικών συστημάτων ή τεχνικών παράλληλα καταναλώνεται μια μικρή ποσότητα ενέργειας, τα συστήματα αυτά είναι γνωστά σαν **υβριδικά συστήματα δροσισμού**.

Οι εφαρμογές των τεχνικών δροσισμού με **εξάτμιση, ακτινοβολία** και το **έδαφος**, μπορούν να γίνουν σε συνδυασμό με την κυκλοφορία ενός ρευστού, μέσω μιας αντλίας ή ανεμιστήρα, οπότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά συστήματα δροσισμού.

Για παράδειγμα, ένα έμμεσο σύστημα υπόγειου δροσισμού βασίζεται στην κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα ενός κτιρίου, με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα, μέσα από υπόγειους σωλήνες (εναλλάκτες αέρα-εδάφους), όπου μειώνεται η θερμοκρασία του και στη συνέχεια προσάγεται σε εσωτερικούς χώρους ή χρησιμοποιείται σε κλιματιστικές μονάδες.

Από τις πλέον επιτυχημένες τεχνικές υβριδικού δροσισμού, είναι η χρησιμοποίηση των *ανεμιστήρων οροφής*. [2] Η αύξηση της κυκλοφορίας του αέρα γύρω από το σώμα, διευκολύνει τη μετάδοση θερμότητας από το δέρμα, προκαλώντας έτσι μια αίσθηση δροσιάς ακόμη και σε θερμοκρασίες 2-3°C πάνω από τα επιθυμητά όρια.

Ένας ανεμιστήρα οροφής 50-100W αναλογα με τη χρήση μπορεί να εξοικονομήσει τους θερινούς μήνες έως και 60 € από το λογαριασμό της ΔΕΗ.

Κόστος: 50-150 €

Κατανάλωση ενέργειας: 0.05-0.1kWh

Κόστος ενέργειας:

- 0.43-0.87 λεπτά/ ώρα λειτουργίας

Κόστος ενέργειας κλιματιστικού inverter 12000btu:

- 7.9-10.6 λεπτά/ ώρα λειτουργίας

3.2.2.10. Εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού στο παρελθόν

Οι τεχνικές του φυσικού δροσισμού ήταν ευρύτατα γνωστές για πολλούς αιώνες, ιδιαίτερα στις περιοχές με θερμά κλίματα. Η αρχιτεκτονική και η κατασκευή των κτιρίων, αλλά και γενικότερα ο πολεοδομικός σχεδιασμός σε αυτές τις περιοχές, έχει προσαρμοστεί στα ιδιαίτερα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα, υψηλή ηλιοφάνεια και ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, υψηλές θερμοκρασίες αέρα, ισχυρούς ανέμους. Η προσαρμογή των οικισμών στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες χαρακτηρίζεται από στενούς δρόμους έτσι ώστε να αλληλοσκιάζονται τα κτίρια το καλοκαίρι, αλλά να ανεμοσκιάζονται το χειμώνα. Επίσης, σε ορισμένες περιοχές, τα υπόσκαφα κτίρια περιόριζαν τις επιδράσεις των εξωτερικών συνθηκών, μειώνοντας τα ηλιακά κέρδη και τις εσωτερικές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, αλλά και τις θερμικές απώλειες το χειμώνα. Ο καλός αερισμός των εσωτερικών χώρων αποτελεί και σε αυτή την περίπτωση, βασική προϋπόθεση για να διασφαλίζεται η καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα και να αποφεύγονται τα προβλήματα υγρασίας. Ένα κοινό επίσης χαρακτηριστικό πολλών περιοχών, ιδιαίτερα των κυκλαδίτικων, είναι το άσπρο χρώμα των εξωτερικών επιφανειών και οι μεγάλοι πάχους τοιχοποιίες (θερμική μάζα).



Εικόνα 3.26



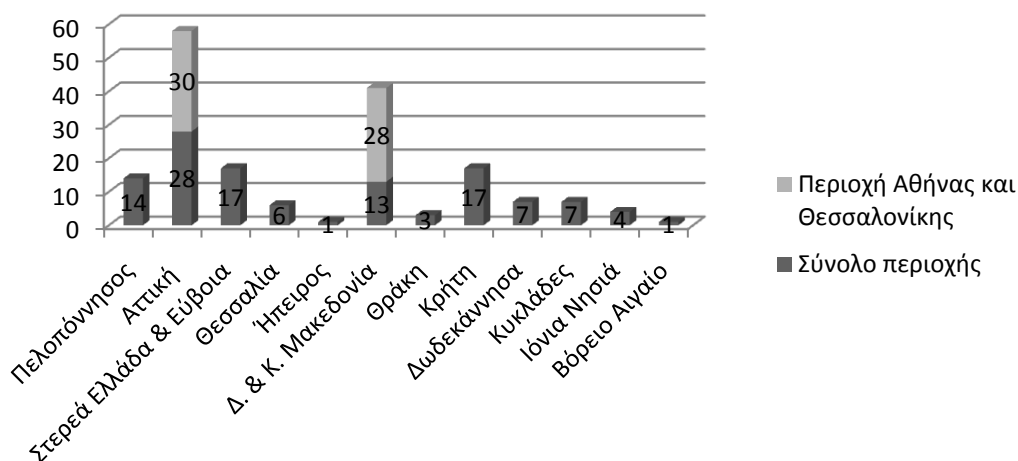
Εικόνα 3.27

Από τα συνηθισμένα χαρακτηριστικά της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και πολεοδομικής ανάπτυξης ήταν οι στενοί δρόμοι για την ηλιοπροστασία και την ανεμοπροστασία των κτιρίων και των οδούσεων κυκλοφορίας (αριστερή φωτογραφία), αλλά και οι άσπρες εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, η μεγάλη θερμική μάζα, ιδιαίτερα στα κυκλαδίτικα νησιά, και σε ορισμένες περιπτώσεις τα υπόσκαφα κτίσματα (δεξιά φωτογραφία). [2]

3.3. Εφαρμογές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σήμερα, υπάρχουν περίπου 180 εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων, εκ των οποίων οι 2 αποτελούν οικιστικά σύνολα. Από αυτά, ο μεγαλύτερος αριθμός των κτιρίων βρίσκεται στην περιοχή της Αττικής (58 περιπτώσεις συμπεριλαμβανομένου του Ηλιακού Χωριού) και στη Μακεδονία (41 περιπτώσεις κτιρίων). Με ένα μέσο αριθμό εφαρμογών έχουν καταγραφεί βιοκλιματικά κτίρια στην υπόλοιπη Στερεά Ελλάδα και Εύβοια (17), στην Κρήτη (17), στην Πελοπόννησο (14) και μικρότερο στις υπόλοιπες περιοχές.

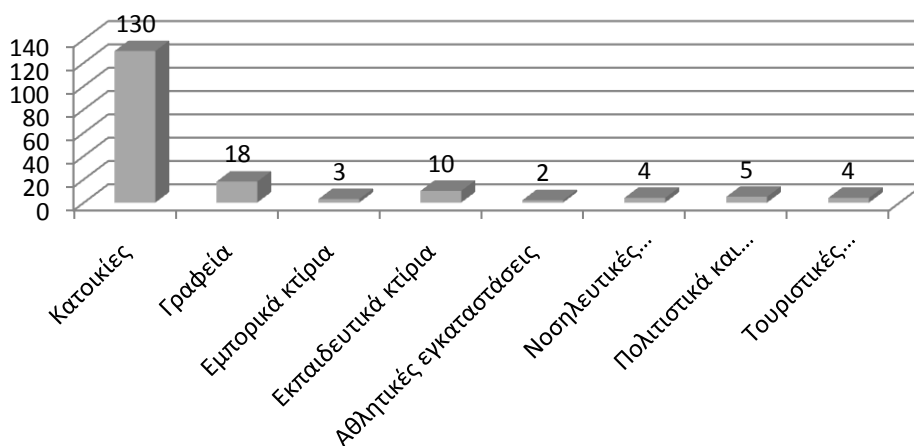
Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων ανά γεωγραφική περιοχή



Διάγραμμα 3.1: Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων ανά γεωγραφική περιοχή. [1]

Η εφαρμογή παθητικών συστημάτων στο κέλυφος των κτιρίων για αυξημένα κέρδη από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, κυρίως αφορά στον τομέα κατοικίας χαμηλού ύψους (1-2 όροφοι). Η χρήση παθητικών συστημάτων για θέρμανση και ψύξη, σε άλλες χρήσεις κτιρίων δεν έχει εφαρμοστεί ιδιαίτερα. Στην Ελλάδα, μόνο την τελευταία δεκαετία έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε κτίρια του τριτογενή τομέα, στα πλαίσια της συνολικότερης νέας αντιμετώπισης του σχεδιασμού. Έτσι, από τα ήδη καταγεγραμμένα κτίρια, το 74% των περιπτώσεων αφορά σε κτίρια κατοικίας, ενώ μία πιο λεπτομερής καταγραφή σε χρήσεις του τριτογενή τομέα δίνει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε κτίρια γραφείων και εκπαίδευσης.

Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων ανά χρήση



Διάγραμμα 3.2: Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων ανά χρήση. [1]

3.3.1. Παθητικά Συστήματα που εφαρμόζονται στα κτίρια

Η χρήση παθητικών συστημάτων στα βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα αξιολογείται κατά τη χειμερινή περίοδο κυρίως για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών άνεσης, ενώ για τη θερινή περίοδο κυρίως για εξασφάλιση θερμικής άνεσης (αφού αφορά κατά πλειοψηφία σε μη κλιματιζόμενα κτίρια) μέσω απλών μεθόδων και τεχνικών φυσικού δροσισμού.

Από τα συστήματα και τις τεχνικές που έχουν ευρύτερα εφαρμοστεί σε βιοκλιματικά κτίρια, την κύρια θέση κατέχουν απλές τεχνικές για μεγιστοποίηση των νότιων ανοιγμάτων (παθητικά συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους για θέρμανση), που εμφανίζονται στο 81% των κτιρίων (αποκλειστικά στο 11%) και χρήση ηλιακών χώρων έμμεσου κέρδους (κυρίως θερμοκήπια που εμφανίζονται στο 42% των κτιρίων). Ηλιακοί τοίχοι (Trombe, μάζας και θερμοσιφωνικά πανέλα), εμφανίζονται στο 27% των κτιρίων που καταγράφηκαν. Από τους ηλιακούς τοίχους, το 68% αποτελούν οι τοίχοι Trombe, 11% οι τοίχοι μάζας, 4% οι τοίχοι νερού και 17% τα θερμοσιφωνικά πανέλα. Επί πλέον, η αυξημένη θερμομόνωση, η διαφοροποιημένη μη συμβατική κατασκευή των εξωτερικών τοιχοποιειών, τα φυτεμένα δώματα και η ελαχιστοποίηση των βορινών ανοιγμάτων προσφέρουν επιπρόσθετη προστασία το χειμώνα.

Αντίστοιχα για τη θερινή περίοδο, ο σκιασμός, η ελαχιστοποίηση των δυτικών ανοιγμάτων και ο διαμεπής αερισμός αποτελούν κύριες τεχνικές φυσικού δροσισμού που εμφανίζονται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις που έχουν καταγραφεί. Η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με εξωτερικά ή εσωτερικά συστήματα σκιασμού, και συγκεκριμένα ειδικά συστήματα ηλιοπροστασίας αναφέρονται στο 29% των περιπτώσεων και φύτευση του περιβάλλοντος χώρου στο 9% των περιπτώσεων.

Άλλα παθητικά συστήματα που έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα είναι τα ηλιακά αίθρια, φεγγίτες οροφής για βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, καμινάδες δροσισμού και σωλήνες εδάφους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο φυσικός αερισμός, αν και δεν επισημαίνεται ιδιαίτερα από τους μελετητές, εφαρμόζεται στο σύνολο των κτιρίων. [3]

3.3.2. Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του έργου Κ.Π.Σ.-Ε.Π.Ε.-Μέτρο 3.1.4: «Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων σε βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα» που εκπονήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε. και των προσομοιώσεων ειδικότερα που εκπονήθηκαν βάσει των καταγεγραμμένων πραγματικών συνθηκών χρήσης των κτιρίων, οι ενεργειακές καταναλώσεις που προκύπτουν για τη θέρμανση των βιοκλιματικών κατοικιών (κτιρίων συνεχούς χρήσης) στην Α' κλιματική ζώνη κυμαίνονται από 25 έως 42 kWh/m², στη Β' κλιματική ζώνη από 28 έως 55 kWh/m², ενώ στη Γ'

κλιματική ζώνη από 44 έως 90 kWh/m² ετησίως. Εκτιμάται δε ότι σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτίρια κατασκευής μετά το 1979 (έτος εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης) τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30%, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Από τα αποτελέσματα του έργου προκύπτει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρει η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική-ανεξαρτήτως της χρήσης των βιοκλιματικών κτιρίων. Αποτελεί όμως παράμετρο σχεδιασμού, η οποία πρέπει να συνδυάζεται παράλληλα με τη λήψη μέτρων ηλιοπροστασίας και σκιασμού, για μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη θερινή περίοδο (και άρα των αναγκών δροσισμού).

Εκτός από τα σημαντικά θερμικά οφέλη των συστημάτων άμεσου κέρδους, η συμβολή άλλων συστημάτων έμμεσου κέρδους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά των βιοκλιματικών κτιρίων είναι εξ' ίσου σημαντική.

Ειδικότερα, από την προσομοιωτική ανάλυση προκύπτει ότι στην υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων:

- οι θερμοκηπιακοί χώροι αποδίδουν έως 30%.
- οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (ηλιακοί) μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας που ξεπερνά το 40% σε κτίρια κατοικιών στην Α και Β κλιματική ζώνη, ενώ στη Γ κλιματική ζώνη φτάνει το 12%.

Η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω των αυξημένων νότιων ανοιγμάτων εξαρτάται από την επιφάνεια των ανοιγμάτων, αλλά και τη συνολική λειτουργία του κτιρίου (μόνωση, εσωτερικά κέρδη, κλίμα της περιοχής, κλπ.). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αυξημένη γυάλινη επιφάνεια, λόγω των μεγάλων νυχτερινών απωλειών θερμότητας σε περιοχές με ψυχρές νύχτες, συντελεί στην αύξηση του φορτίου θέρμανσης του κτιρίου. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση της νυχτερινής μόνωσης στα ανοίγματα.

Τα θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι) είναι το πιο διαδεδομένο παθητικό ηλιακό σύστημα στα κτίρια στην Ελλάδα. Η απόδοσή τους εξαρτάται από το μέγεθος τους και τον τρόπο χρήσης τους και είναι παρόμοια και στις 3 κλιματικές ζώνες της χώρας.

Όλα τα θερμοκήπια έχουν σύστημα σκίασης, είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά και έχουν ανοιγόμενα τμήματα για το θερινό αερισμό τους. Η θερινή αυτή προστασία των θερμοκηπίων έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει ιδιαίτερη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου από τα θερμοκήπια. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα θερμοκήπια έχουν αδιαφανή οροφή, ή η οροφή τους είναι απόλυτα σκιαζόμενη κατά τους θερινούς μήνες. Η θερμική επιβάρυνση από την οροφή είναι σημαντική το καλοκαίρι, και για το λόγο αυτό συνιστώνται τα θερμοκήπια με αδιαφανή στέγη.

Η απόδοση των ηλιακών τοίχων εξαρτάται από το μέγεθός τους σε σχέση με το κτίριο, αλλά και από τη χρήση του κτιρίου. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης και θερμοσιφωνικά πανέλα μικρά σε μέγεθος έχουν μικρή συνεισφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Οι ηλιακοί τοίχοι όταν δε σκιάζονται και δεν αερίζονται, επιβαρύνουν εν γένει το κτίριο το καλοκαίρι. Μπορούν όμως να συνεισφέρουν και θετικά εφόσον σκιάζονται και ιδιαίτερα όταν αξιοποιούνται για το φυσικό αερισμό του κτιρίου. [3]

3.4. Διαφοροποίηση της κατασκευής ή χρήσης από τη μελέτη

Η υλοποίηση της μελέτης ενός κτιρίου με σωστή κατασκευή και εφαρμογή των τεχνικών δόμησης και των παθητικών συστημάτων αποτελεί σημαντική παράμετρο απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στις περισσότερες των περιπτώσεων κτιρίων που μελετήθηκαν, η απόκλιση της τελικής κατασκευής από την αρχική μελέτη του κτιρίου αποτελεί τον βασικό παράγοντα στον οποίο οφείλεται η μειωμένη απόδοση των Π.Η.Σ.

Εν γένει, μικρές αποκλίσεις της μελέτης από την κατασκευή (π.χ. τροποποιήσεις στην κατασκευή της οροφής ή της τοιχοποιίας), συνεπάγονται μικρές αποκλίσεις της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Η μεταβολή του μεγέθους των ανοιγμάτων, η ενσωμάτωση ή μη παθητικών συστημάτων, η κακή ποιότητας κατασκευή (π.χ. ελλιπής μόνωση), αλλά ιδιαίτερα η κακή λειτουργία των παθητικών συστημάτων και του κτιρίου (π.χ. υπερβολικός χειμερινός αερισμός, σκίαση των παθητικών συστημάτων, αδρανοποίηση των ηλιακών τοίχων) οδηγούν σε σημαντικές αποκλίσεις της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου από την αναμενόμενη.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επίδραση της μη σωστής εφαρμογής της μελέτης στη συμπεριφορά του κτιρίου τους θερινούς μήνες, όπου συχνά παρουσιάζεται σημαντική υπερθέρμανση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε ανεπαρκή σκίαση ή αερισμό. Πολύ συχνά παρατηρείται παράθυρα και άλλα ανοίγματα που είχαν προβλεφθεί ανοιγόμενα, είτε να κατασκευάζονται σταθερά είτε να σφραγίζονται από τους χρήστες, ή απλώς να παραμένουν κλειστά. Επίσης, εξωτερικά σκίαστρα κατασκευάζονται διαφορετικά από τα προβλεπόμενα ή καθόλου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα δύο σχολεία, στο Ρέθυμνο και την Άνδρο, όπου, λόγω ελλιπούς σκίασης και αερισμού, το Σεπτέμβριο η εσωτερική θερμοκρασία στις αίθουσες φτάνει έως 30 °C και 34 °C αντίστοιχα, η οποία δε θα υπερέβαινε τους 27.5 °C και 30 °C αντίστοιχα, αν τα κτίρια λειτουργούσαν σωστά.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις που προέκυψαν από το έργο, ο κυριότερος παράγοντας που οδηγεί στην ελλιπή εφαρμογή και κακή χρήση των παθητικών συστημάτων είναι η άγνοια ή η έλλειψη ενδιαφέροντος των χρηστών σχετικά με τη λειτουργία των παθητικών συστημάτων. [3]

3.5. Συμπεράσματα-Οδηγίες για την επιτυχή εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Το ιδιαίτερα ήπιο κλίμα στην Ελλάδα, η αυξημένη ηλιοφάνεια και οι δροσεροί καλοκαιρινοί άνεμοι αποτελούν κλιματικούς παράγοντες που επιτρέπουν τη δυνατότητα σχεδιασμού κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, με παθητικές τεχνικές και χωρίς την απαίτηση συστημάτων που αυξάνουν το κόστος κατασκευής (είτε παθητικών είτε υβριδικών).

Όπως προκύπτει από το έργο, αλλά και όπως είναι γνωστό, η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από το σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό – όσον αφορά στη χωροθέτηση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη θέση των ανοιγμάτων, την προστασία του κελύφους (θερμομόνωση, ανεμοπροστασία και ηλιοπροστασία) – ο οποίος αποτελεί και το βασικότερο παράγοντα που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη οι μελετητές.

Έτσι, η απόδοση μιας τεχνικής (ή και παθητικού συστήματος), ενώ σχετίζεται με την κλιματική περιοχή εφαρμογής, εξαρτάται ιδιαίτερα από τη συνολική κατασκευή του κτιρίου και τη συμβολή των υπόλοιπων δομικών στοιχείων (ποσότητα θερμικής μάζας, ποσοστά ανοιγμάτων, σημεία του κελύφους όπου μεγιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες κλπ.) αλλά και στις απαιτήσεις άνεσης που τίθενται από τους χρήστες του κτιρίου. Είναι δηλαδή δυνατόν, ενώ έχει προβλεφθεί το κατάλληλο (για μια περιοχή) σύστημα, αν δε μελετηθεί με υπολογισμό και ανάλυση ολόκληρου του κελύφους να μην αποδώσει τα αναμενόμενα οφέλη. Αντίστοιχα, οι αποκλίσεις στην κατασκευή του και η λανθασμένη χρήση του από τους χρήστες μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένα ενεργειακά οφέλη ή ακόμη και σε αρνητική λειτουργία.

Από τη μέχρι τώρα εμπειρία στην πρακτική αυτή, βασικός παράγοντας για την επιλογή των τεχνικών κατά το βιοκλιματικό σχεδιασμό αποτελεί η απλότητα στη χρήση της προτεινόμενης τεχνικής. Αφ' ενός μεν η συμβολή των χρηστών των κτιρίων αποτελεί βασικότερη παράμετρο της αποδοτικής λειτουργίας των παθητικών τεχνικών και συστημάτων, αφ' ετέρου η πολυπλοκότητα ενός συστήματος κάποιες φορές μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην απόδοση του συστήματος.

Ειδικότερα, οι παράμετροι της επιτυχούς απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

i) Σωστός σχεδιασμός και ορθολογική επιλογή τεχνικών

Γενικότερα προτείνεται η εφαρμογή βασικών αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού με εξασφάλιση βέλτιστου ηλιασμού του κτιρίου για θέρμανση το χειμώνα, και δυνατοτήτων αερισμού για δροσισμό το καλοκαίρι, καθώς και η επιλογή απλών τεχνικών προστασίας και συστημάτων αξιοποίησης των περιβαλλοντικών πηγών.

Βασικά οφέλη παρέχονται από την προστασία του κελύφους (μείωση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα και των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι), από την επιλογή κατάλληλων υλικών κατασκευής του κτιρίου για βελτιωμένη θερμοχωρητικότητα και θερμομόνωση, αλλά και τη χρήση μη συμβατικών τεχνικών δόμησης (αεριζόμενα δομικά στοιχεία, ακτινοβολητές, φράγματα ακτινοβολίας, επιπρόσθετη μόνωση κ.α.).

Ο φυσικός δροσισμός με διαμπερή αερισμό και άλλες τεχνικές ενδείκνυται για όλες τις κλιματικές περιοχές της Ελλάδας, συμβάλλοντας σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη έως και 100% στις βόρειες κλιματικές περιοχές (για κτίρια κατοικίας). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού αποτελεί η ηλιοπροστασία του κτιρίου, ενώ ο νυχτερινός αερισμός προτείνεται και για χρήστες κτιρίων του τριτογενή τομέα.

Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη είναι το κόστος του συστήματος. Το όφελος που προκύπτει από παθητικές τεχνικές και συστήματα είναι δυνατόν να παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις, ανάλογα με τον τύπο, τη χρήση και το μέγεθος του κτιρίου, την κλιματική περιοχή, το σύστημα δόμησης της περιοχής εφαρμογής κ.α. Έτσι, είναι απαραίτητο ο μελετητής να επιλέγει συστήματα και τεχνικές έπειτα από ανάλυση της σχέσης κόστους/οφέλους, ώστε το κόστος της εφαρμογής να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες οφέλους και ο χρόνος απόσβεσης του συστήματος να είναι σύντομος.

ii) Ορθή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή.

Η υλοποίηση της μελέτης ενός κτιρίου με σωστή κατασκευή και εφαρμογή των τεχνικών δόμησης και των παθητικών συστημάτων αποτελεί τη δεύτερη παράμετρο απόδοσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στις περισσότερες των περιπτώσεων βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα, η απόκλιση της τελικής κατασκευής από την αρχική μελέτη του κτιρίου αποτελεί το βασικό παράγοντα στον οποίο οφείλεται η μειωμένη απόδοση των Π.Η.Σ. Η απόκλιση αυτή, η οποία οφείλεται είτε σε κατασκευαστικά λάθη και παραλείψεις, είτε σε αποφάσεις των χρηστών, μπορεί να αντιστρέψει τη συμπεριφορά των συστημάτων και ολόκληρου του κτιρίου, με αποτέλεσμα να έχουμε δυσμενέστερες συνθήκες (αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και μειωμένη θερμική άνεση) από ότι σε ένα συμβατικό κτίριο χωρίς παθητικά συστήματα.

iii) Σωστή χρήση και λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων.

Η συμβολή των χρηστών των βιοκλιματικών κτιρίων αποτελεί βασικό μη τεχνικό παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται σε πολύ μεγάλο ποσοστό η απόδοση των Π.Η.Σ. και του ίδιου του κελύφους του κτιρίου.

Για όλα τα Π.Η.Σ. και τις τεχνικές κελύφους για εξοικονόμηση ενέργειας υπάρχει ως ένα βαθμό η αναγκαιότητα της συμβολής του χρήστη. Ο παράγοντας αυτός πρέπει να αποτελεί για τους μελετητές βασικό κριτήριο κατά την επιλογή των συστημάτων και τεχνικών, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις αναμένεται μειωμένη συμβολή από την απαιτούμενη κατά τη λειτουργία και χρήση του κτιρίου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις κτιρίων του τριτογενή τομέα η αποδοτική λειτουργία των παθητικών συστημάτων απαιτεί εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού, καθώς είναι δυσχερής ή αδύνατη η συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων.

iv) Επαρκής συντήρηση.

Η συντήρηση αποτελεί την τελευταία παράμετρο για την εξασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης των βιοκλιματικών κτιρίων με παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές. Παρ' ότι τα Π.Η.Σ. λειτουργούν κυρίως την παρεμβολή μηχανικών μέσων, η συντήρηση (ως παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η λειτουργία σχεδόν όλων των συστημάτων και εγκαταστάσεων) συμβάλλει στη διαχρονική λειτουργία αυτών χωρίς μειωμένη απόδοση. Κύριους λόγους συντήρησης αποτελούν η σκόνη, η παλαιότητα διαφανών υλικών, παλαιότητα κουφωμάτων, το σκούριασμα και άλλοι, που συνήθως δημιουργούνται με το χρόνο και τη χρήση και λειτουργία των συστημάτων. [3]

3.6. Σχόλια

Λαμβάνοντας όμως υπόψη το πραγματικό ενεργειακό κόστος των διαφόρων επιμέρους συστημάτων και υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, τότε δημιουργείται ένα πιο σύνθετο πρόβλημα. Η συνολική ενέργεια ενός υλικού περιλαμβάνει την ποσότητα της ενέργειας που καταναλώθηκε κατά τη διαδικασία παραγωγής, κατασκευής, χρήσης και διάθεσης μετά τη χρήσιμη διάρκεια ζωής του οποιουδήποτε κατασκευαστικού υλικού.

Η κατασκευή ενός «φιλικού»-«πράσινου» κτιρίου δε σημαίνει μόνο χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση για να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, αλλά παράλληλα και *χρήση υλικών που έχουν τις μικρότερες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις*. Δυστυχώς, οι δύο αυτές απαιτήσεις δεν είναι πάντα εύκολο να ικανοποιούνται ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας διπλούς υαλοπίνακες με πλαστικά κουφώματα, κατά τη διάρκεια της ζωής ενός κτιρίου, θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από την αξία του πρόσθετου CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια παραγωγής των πλαστικών κουφωμάτων. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν ξύλινα κουφώματα, πρέπει να συνυπολογιστεί η ενέργεια που θα καταναλωθεί για την εισαγωγή/μεταφορά του ξύλου, ή την αντικατάσταση του λόγω του μικρότερου κύκλου ζωής που έχει. Για το ξύλο γίνονται προσπάθειες η χρήση του να μην έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον με την καταστροφή δασών. Στην Αγγλία, για παράδειγμα, εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα πιστοποίησης του ξύλου που χρησιμοποιείται στις οικοδομές, ώστε να χαρακτηρίζεται περιβαλλοντικά φιλικό, απαιτώντας τη χρήση πρώτης ύλης που προέρχεται από αναδάσωση. Η διάθεση τέτοιου είδους ξύλου δεν καλύπτει, όμως, τις ανάγκες της αγοράς, με αποτέλεσμα το κόστος του να είναι συγκριτικά υψηλό.

Γεγονός είναι, ότι υπάρχει μια αλυσίδα στην προμήθεια, κατασκευή, χρήση και διάθεση των υλικών, με συγκεκριμένες ενεργειακές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συνήθως, τέτοιου είδους θέματα απαιτούν λεπτομερή ανάλυση που δεν έχει ακόμη τυποποιηθεί και έτσι δύσκολα λαμβάνονται υπόψη. Ακόμη και σε ερευνητικό επίπεδο, τα διαθέσιμα στοιχεία είναι πολλές φορές ελλιπή και αντιφατικά.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει στην αξιολόγηση της ενέργειας που εμπεριέχουν τα διάφορα υλικά είναι η διαφοροποίηση που πρέπει να γίνει σε σχέση με το είδος της πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του υλικού και η δυνατότητα ανακύκλωσής του. Για παράδειγμα το αλουμίνιο. Από τη μία πλευρά η παραγωγική διαδικασία του αλουμινίου είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Όμως, η πρωτογενής ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αλουμινίου προέρχεται κατά 60% από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ακόμη πιο σημαντική παράμετρος είναι η δυνατότητα ανακύκλωσης του υλικού. Το αλουμίνιο έχει χαμηλή θερμοκρασία τήξης και συνεπώς μπορεί να ανακυκλωθεί με σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή αλουμινίου από ανακύκλωση (δευτερόχυτο) είναι μόλις το 5% της αντίστοιχης ενέργειας που απαιτείται για το πρωτόχυτο, δηλαδή την παραγωγή αλουμινίου από το βωξίτη. Περίπου 30% της παγκόσμιας παραγωγής αλουμινίου είναι δευτερόχυτο και ιδιαίτερα για εφαρμογές στα κτίρια το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται παράγεται κατά κύριο λόγο από ανακύκλωση. Το δευτερόχυτο αλουμίνιο έχει τις ίδιες ιδιότητες με το πρωτόχυτο αλουμίνιο και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί πολλές φορές, διαφυλάσσοντας την πρώτη ύλη. Η διάρκεια ζωής του αλουμινίου σε κτιριακές εφαρμογές είναι 30-50 χρόνια. [2]

Κεφάλαιο 4 :

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Εκπαιδευτική Κτιριακή Μονάδα

4.1. Περιγραφή των κτιριακών εγκαταστάσεων

Για την παρούσα διπλωματική εργασία, επιλέχθηκαν προς μελέτη οι εγκαταστάσεις ενός Φροντιστηρίου στην περιοχή του Αμαρουσίου. Το φροντιστήριο αποτελείται από 4 κτίρια. Το Κτίριο Α με εμβαδό 354,18 m², το Κτίριο Β με εμβαδό 277,72 m², το Κτίριο Γ με εμβαδό 341,25 m² και το Κτίριο Δ με εμβαδό 127,22 m².

Οι βασικοί χρήστες των κτιρίων αυτών είναι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και καθηγητές. Το πιο αντιπροσωπευτικό κομμάτι των κτιρίων είναι οι αίθουσες διδασκαλίας μέσα στις οποίες συνυπάρχουν ο καθηγητής και οι μαθητές (το πολύ 7 μαθητές ανά τμήμα) και μέσα στις οποίες εκτυλίσσεται η λειτουργία της φροντιστηριακής αυτής μονάδας.

4.2. Ενεργειακή κατανάλωση κτιριακών εγκαταστάσεων

Τα κτίρια καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, με την οποία καλύπτουν τις ανάγκες τους τόσο για φωτισμό, όσο και για θέρμανση και ψύξη. Άλλη μορφή ενέργειας δεν καταναλώνεται.

Για τη μελέτη, λοιπόν, της καταναλισκόμενης ενέργειας κινηθήκαμε σε 2 άξονες. Αρχικά, χρησιμοποιήσαμε τους λογαριασμούς της Δ.Ε.Η. για να δούμε ποια είναι η ακριβής κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα εξεταζόμενα κτίρια κατά τα έτη 2007, 2008 και 2009. Στη συνέχεια, αφού καταγράψαμε τον εξοπλισμό των κτιρίων, δημιουργήσαμε ένα μοντέλο λειτουργίας, σύμφωνα με το πρόγραμμα του φροντιστηρίου και υποδείξεις της διεύθυνσης, ώστε να έχουμε μια αναλυτικότερη εικόνα για την καταναλισκόμενη ενέργεια. Να μπορούμε, δηλαδή, να δούμε πως κατανέμεται η κατανάλωση ανάλογα με τις διάφορες χρήσεις.

4.2.1. Λογαριασμοί της Δ.Ε.Η.

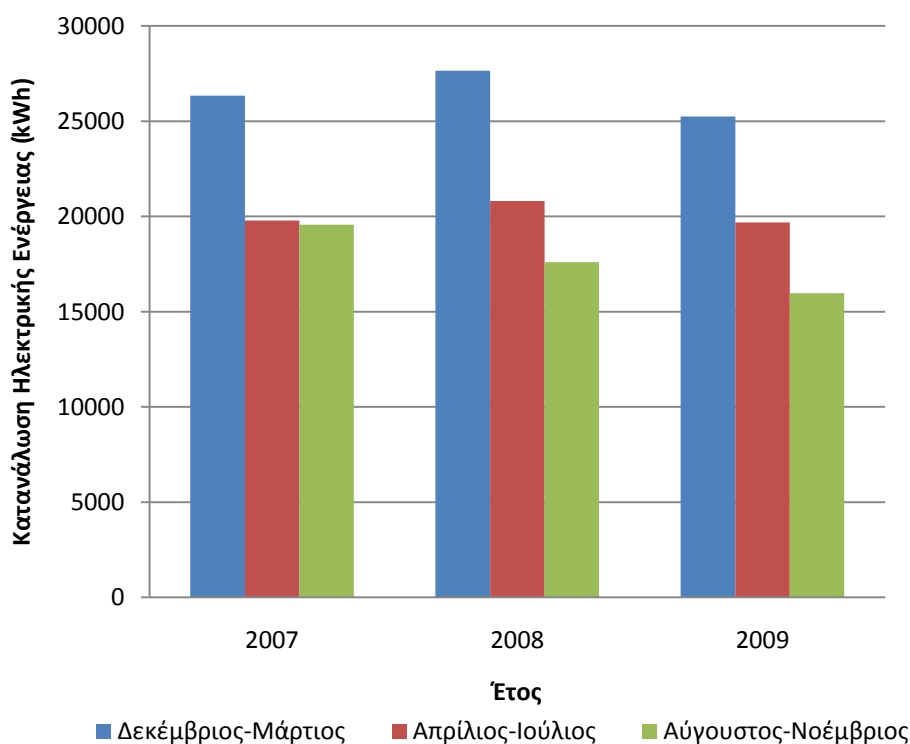
Ύστερα από μελέτη και επεξεργασία των λογαριασμών της Δ.Ε.Η. που μας παραχωρήθηκαν από το λογιστήριο της εταιρείας προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία.

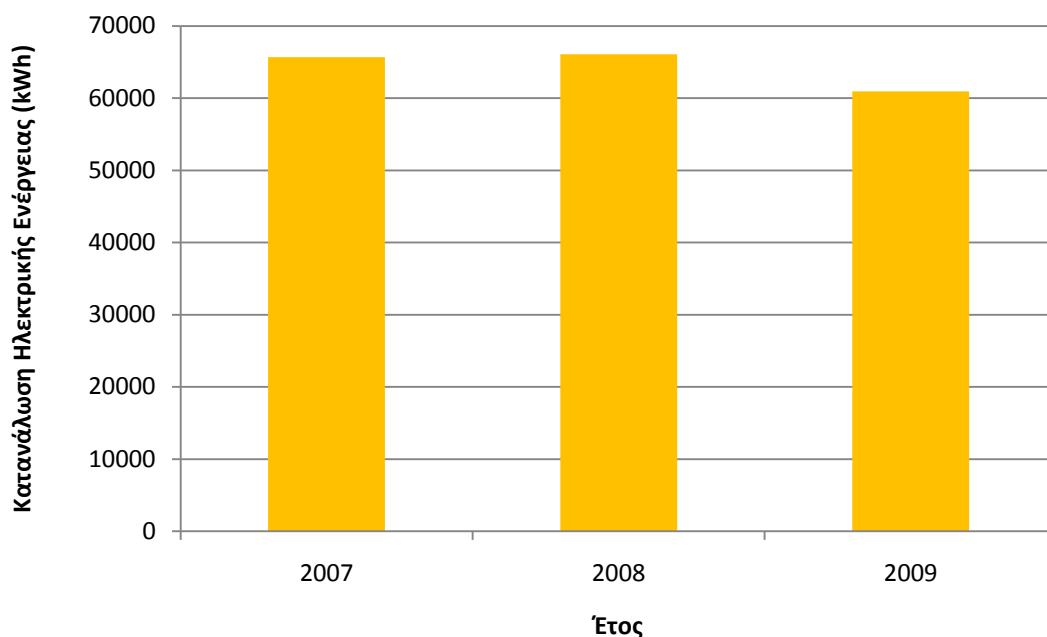
Για το **Κτίριο Α** έχουμε:

Πίνακας 4.1: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Α

Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίου Α (kWh)			
Έτος	2007	2008	2009
Περίοδος			
Δεκέμβρης-Μάρτης	26.346	27.647	25.255
Απρίλης-Ιούλης	19.781	20.815	19.685
Αύγουστος-Νοέμβρης	19.566	17.596	15.979
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	65.693	66.058	60.919

Στον πίνακα αυτό φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου Α για τα έτη 2007 έως 2009 τόσο ανά τετράμηνο όσο και συνολικά. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται γραφικά στα παρακάτω διαγράμματα:

**Διάγραμμα 4.1: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Α ανά τετράμηνο.**



Διάγραμμα 4.2: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Α.

Τα έτη 2007 και 2008 η ετήσια κατανάλωση ενέργειας παραμένει σταθερή, ενώ το έτος 2009 μειώνεται.

Η μικρή διαφορά στην κατανάλωση ανάμεσα στα έτη 2008 και 2009 οφείλεται πιθανότατα σε αλλαγή του προγράμματος λειτουργίας του φροντιστηρίου π.χ. μείωση των ωρών διδασκαλίας, αφού δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας δεν έχουν πραγματοποιηθεί ως τώρα.

Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου Α είναι $E_A=354,18 \text{ m}^2$

Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης δίνεται από τον τύπο:

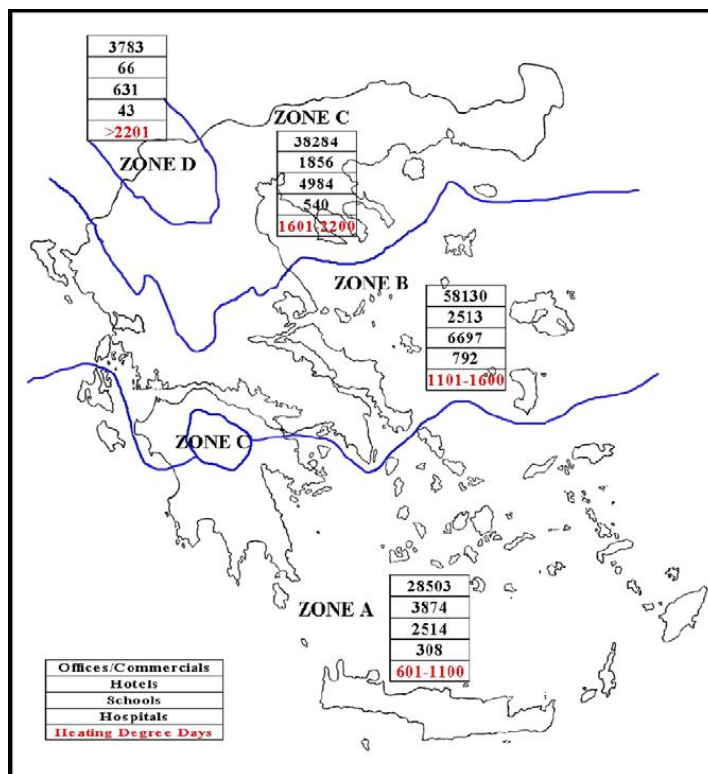
$$E.K. = \frac{\text{Συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια}}{\text{Επιφάνεια προς μελέτη}}$$

Έτσι προκύπτει δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του Κτιρίου Α για κάθε έτος:

Πίνακας 4.2: Δείκτης Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίου Α

Έτος	2007	2008	2009
E.K.	185	187	172

Τα κτίρια, ανάλογα με τη χρήση τους, την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκουν και το Δείκτη Ενεργειακής Κατανάλωσης κατατάσσονται σε 4 κατηγορίες. Για την καλύτερη κατανόηση της κατηγοριοποίησης αυτής παρατίθενται τα ακόλουθα στοιχεία.



Σχήμα 4.1. Διάκριση των κλιματικών ζωνών στην Ελλάδα (Πηγή: “Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings”, Energy Conversion and Management, έτος 2007)

Πίνακας 4.3: Όρια ενεργειακών κατηγοριών εκπαιδευτικών κτιρίων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις 4 κλιματικές ζώνες.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ/ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
Α			Β			Γ			Δ			
A+		$EK <$	15		$EK <$	20		$EK <$	25		$EK <$	35
A	15	\leq $EK <$	25	20	\leq $EK <$	30	25	\leq $EK <$	35	35	\leq $EK <$	55
B+	25	\leq $EK <$	40	30	\leq $EK <$	40	35	\leq $EK <$	50	55	\leq $EK <$	80
B	40	\leq $EK <$	50	40	\leq $EK <$	50	50	\leq $EK <$	70	80	\leq $EK <$	105
Γ	50	\leq $EK <$	60	50	\leq $EK <$	60	70	\leq $EK <$	80	105	\leq $EK <$	120
Δ	60	\leq $EK <$	65	60	\leq $EK <$	70	80	\leq $EK <$	90	120	\leq $EK <$	140
E	65	\leq $EK <$	85	70	\leq $EK <$	90	90	\leq $EK <$	115	140	\leq $EK <$	170
Z	85	\leq $EK <$	100	90	\leq $EK <$	105	115	\leq $EK <$	135	170	\leq $EK <$	205
H	100	$\leq EK$		105	$\leq EK$		135	$\leq EK$		205	$\leq EK$	

Από το Σχήμα 4.1 γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το υπό μελέτη κτίριο ανήκει στη Β Κλιματική Ζώνη.

Έτσι λόγω του δείκτη Ενεργειακής Κατανάλωσης από τον Πίνακα 4.3 έχουμε:

$E.K._{2007} > 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Η

$E.K._{2008} > 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Η

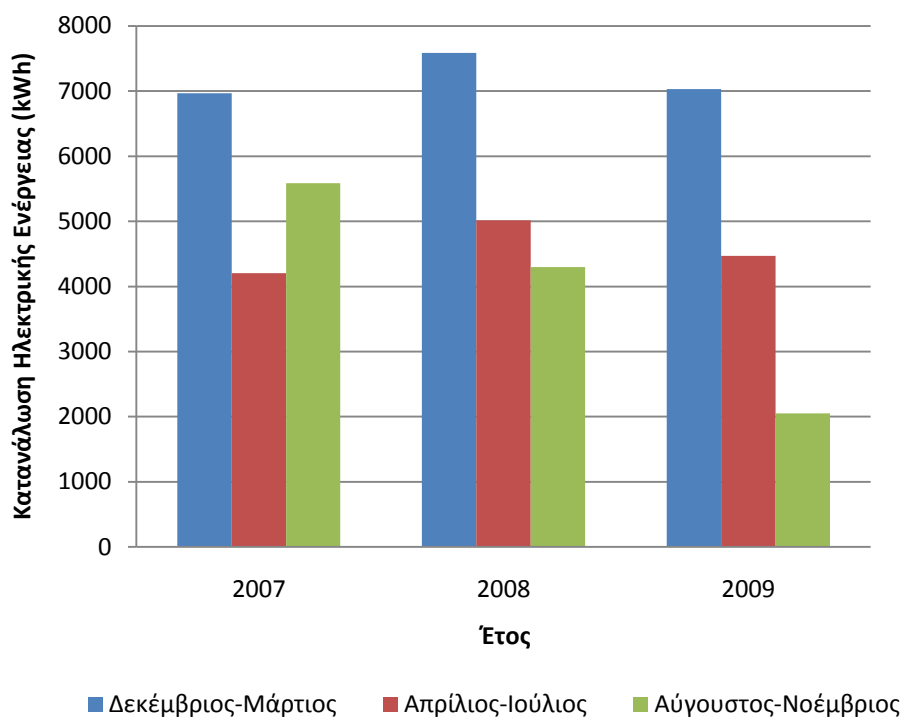
$E.K._{2009} > 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Η

Για το **Κτίριο Β** έχουμε:

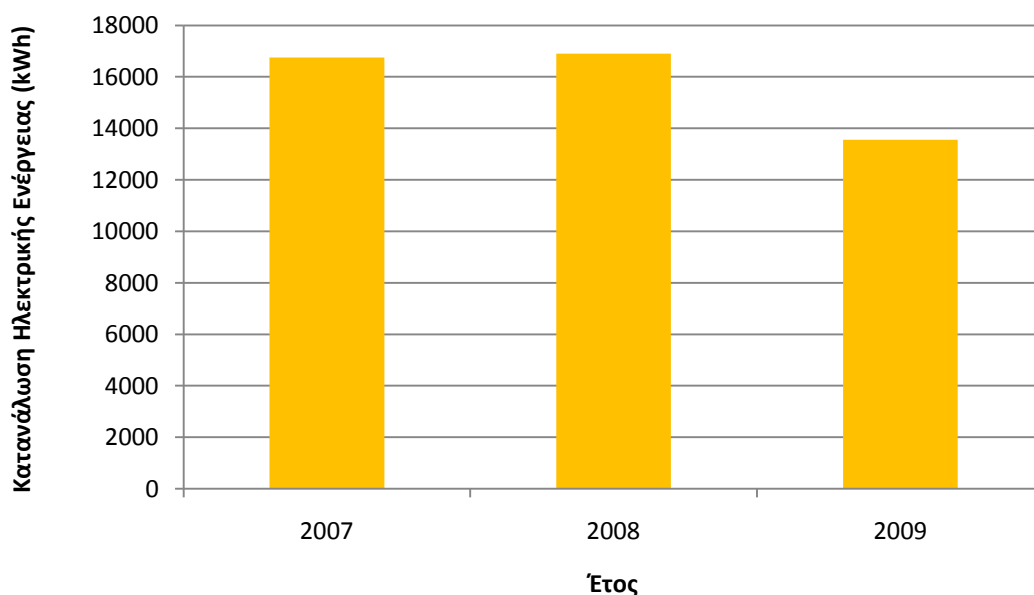
Πίνακας 4.4: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Β

Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίου Β (kWh)			
Έτος	2007	2008	2009
Περίοδος			
Δεκέμβρης-Μάρτης	6.968	7.585	7.031
Απρίλης-Ιούλης	4.202	5.015	4.469
Αύγουστος-Νοέμβρης	5.584	4.300	2.054
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	16.754	16.900	13.554

Στον πίνακα αυτό φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου Β για τα έτη 2007 έως 2009 τόσο ανά τετράμηνο όσο και συνολικά. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται γραφικά στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.3: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Β ανά τετράμηνο.



Διάγραμμα 4.4: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Β.

Τα έτη 2007 και 2008 η ετήσια κατανάλωση ενέργειας παραμένει σταθερή, ενώ το έτος 2009 μειώνεται.

Η αισθητή διαφορά στην κατανάλωση ανάμεσα στα έτη 2008 και 2009 οφείλεται πιθανότατα σε αλλαγή του προγράμματος λειτουργίας του φροντιστηρίου π.χ. μείωση των ωρών διδασκαλίας, αφού δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας δεν έχουν πραγματοποιηθεί ως τώρα.

Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου Β είναι $E_B=277,72 \text{ m}^2$

Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης δίνεται από τον τύπο:

$$E.K. = \frac{\text{Συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια}}{\text{Επιφάνεια προς μελέτη}}$$

Έτσι προκύπτει δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του Κτιρίου Β για κάθε έτος:

Πίνακας 4.5: Δείκτης Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίου Β

Έτος	2007	2008	2009
E.K.	60	61	49

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3 έχουμε:

$60 \leq E.K._{2007} < 70 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Δ

$60 \leq E.K._{2008} < 70 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Δ

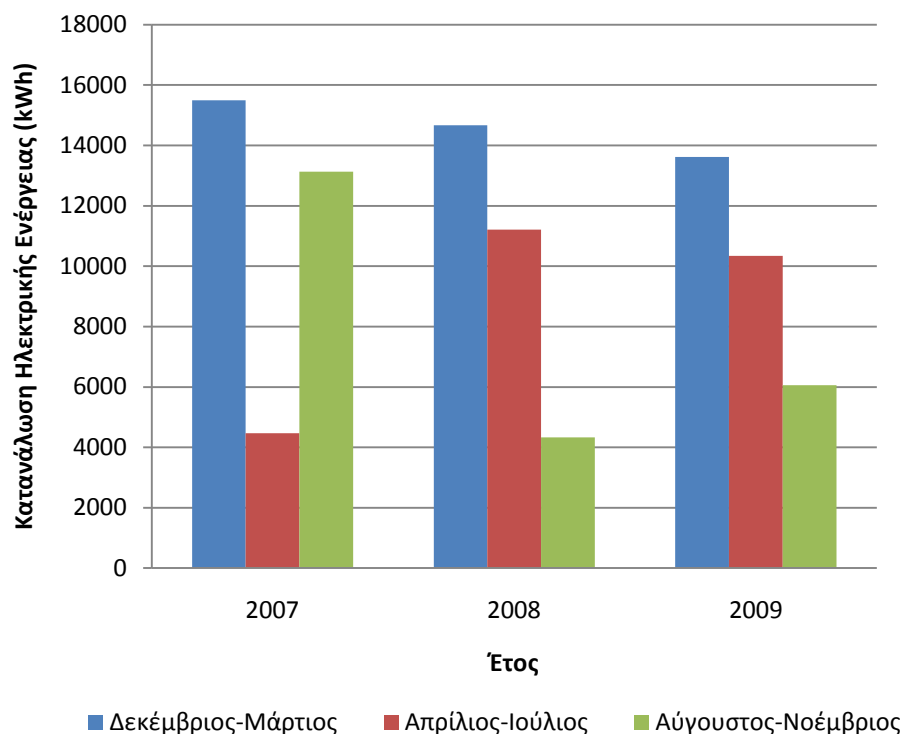
$40 \leq E.K._{2009} < 50 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Β

Για το **Κτίριο Γ** έχουμε:

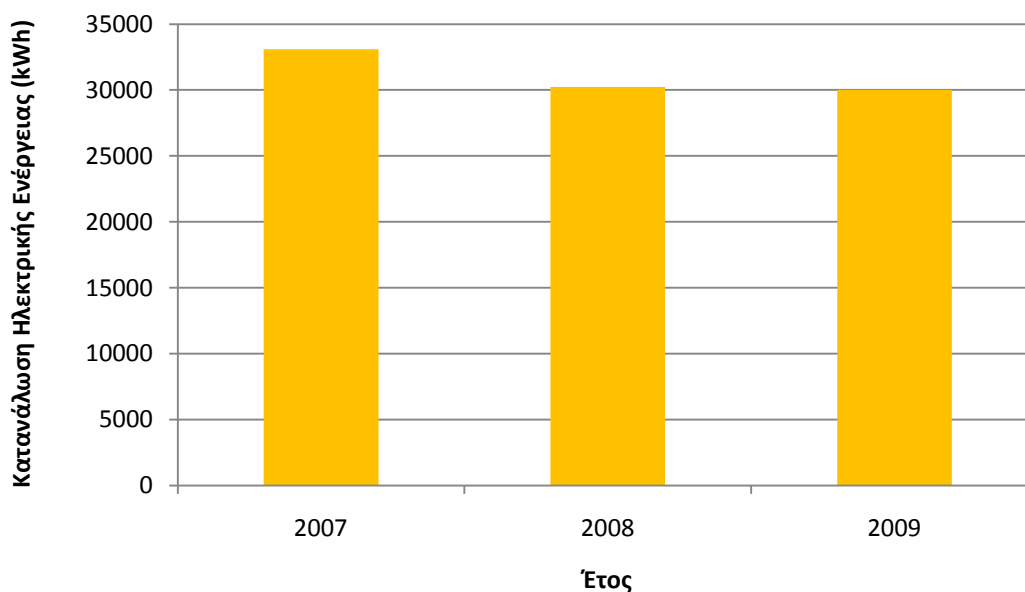
Πίνακας 4.6: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Γ

Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίου Γ (kWh)			
Έτος	2007	2008	2009
Περίοδος			
Δεκέμβρης-Μάρτης	15.492	14.669	13.615
Απρίλης-Ιούλης	4.474	11.213	10.344
Αύγουστος-Νοέμβρης	13.133	4.335	6.063
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	33.099	30.217	30.022

Στον πίνακα αυτό φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου Γ για τα έτη 2007 έως 2009 τόσο ανά τετράμηνο όσο και συνολικά. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται γραφικά στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.5: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Γ ανά τετράμηνο.



Διάγραμμα 4.6: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Γ.

Η μικρή διαφορά στην κατανάλωση ανάμεσα στα έτη 2007 και 2008/2009 οφείλεται πιθανότατα σε αλλαγή του προγράμματος λειτουργίας του φροντιστηρίου π.χ. μείωση των ωρών διδασκαλίας, μεταφορά ωρών διδασκαλίας σε άλλα κτίρια, κτλ αφού δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας δεν έχουν πραγματοποιηθεί ως τώρα.

Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου Γ είναι $E_{\Gamma}=341,25 \text{ m}^2$
Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης δίνεται από τον τύπο:

$$E.K. = \frac{\text{Συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια}}{\text{Επιφάνεια προς μελέτη}}$$

Έτσι προκύπτει δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του Κτιρίου Γ για κάθε έτος:

Πίνακας 4.7: Δείκτης Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίου Γ

Έτος	2007	2008	2009
E.K.	97	89	88

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.4 έχουμε:

$90 \leq E.K._{2007} < 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Ζ

$70 \leq E.K._{2008} < 90 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Ε

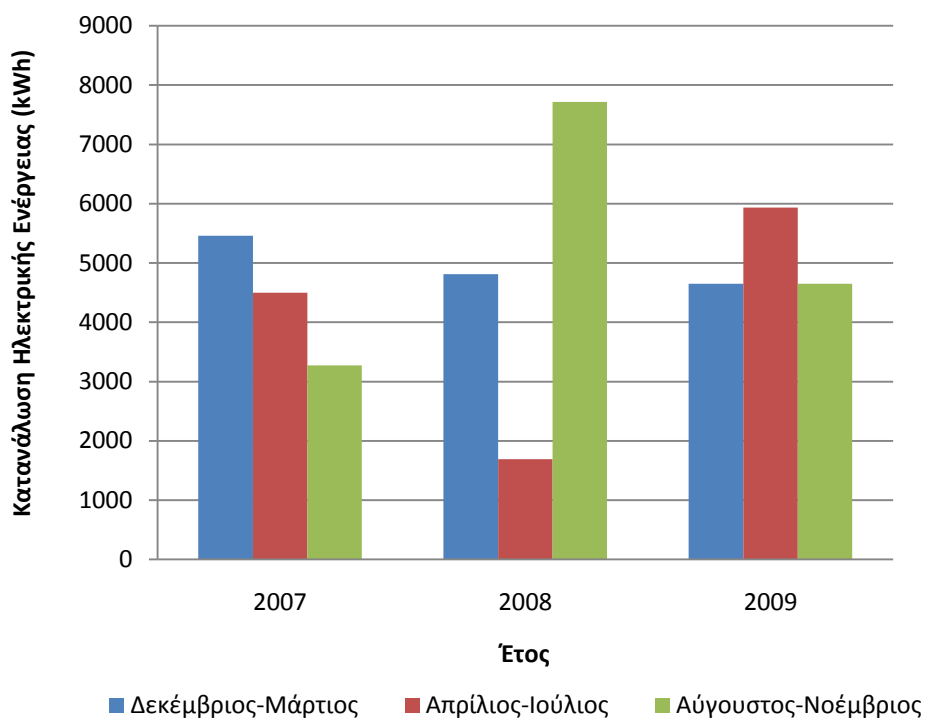
$70 \leq E.K._{2009} < 90 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Ε

Για το **Κτίριο Δ** έχουμε:

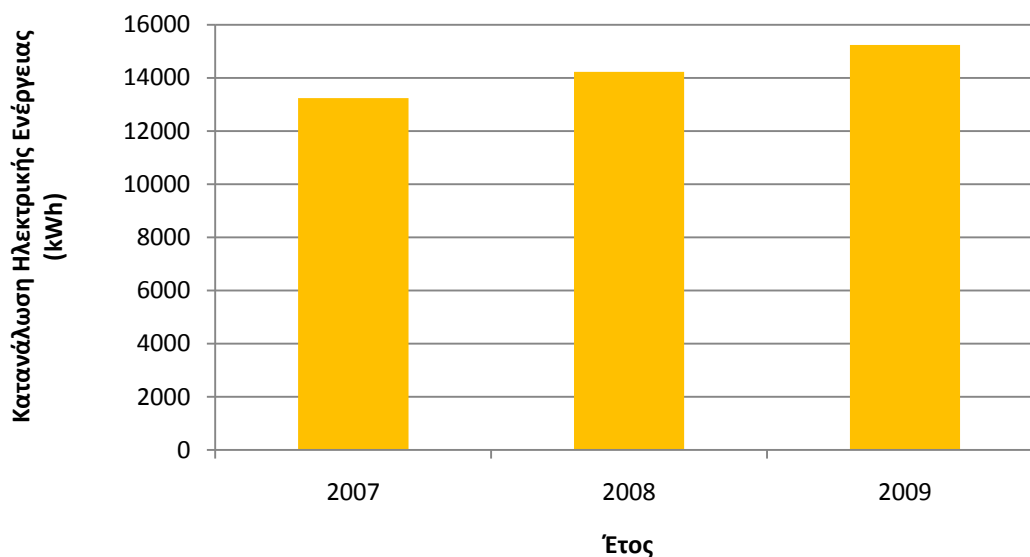
Πίνακας 4.8: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Δ

Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίου Δ (kWh)			
Έτος	2007	2008	2009
Περίοδος			
Δεκέμβρης-Μάρτης	5.460	4.813	4.651
Απρίλης-Ιούλης	4.501	1.692	5.934
Αύγουστος-Νοέμβρης	3.271	7.719	4.651
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	13.232	14.224	15.236

Στον πίνακα αυτό φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου Δ για τα έτη 2007 έως 2009 τόσο ανά τετράμηνο όσο και συνολικά. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται γραφικά στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.7: Ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Δ ανά τετράμηνο.



Διάγραμμα 4.8: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση Κτιρίου Δ.

Η μικρή διαφορά στην κατανάλωση ανάμεσα στα έτη 2007, 2008 και 2009 οφείλεται πιθανότατα σε αλλαγή του προγράμματος λειτουργίας του φροντιστηρίου π.χ. αύξηση των ωρών διδασκαλίας λόγω αύξηση του πλήθους των σπουδαστών, μεταφορά ωρών διδασκαλίας από άλλα κτίρια στο Κτίριο Δ, ή σε μικρή επιδείνωση των καιρικών συνθηκών από τη μία χρονιά στην άλλη με αποτέλεσμα την αύξηση των ενεργειακών αναγκών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις κλιματισμού του χώρου.

Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου Δ είναι $E_{\Delta}=127,22 \text{ m}^2$
Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης δίνεται από τον τύπο:

$$E.K. = \frac{\text{Συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια}}{\text{Επιφάνεια προς μελέτη}}$$

Έτσι προκύπτει δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του Κτιρίου Δ για κάθε έτος:

Πίνακας 4.9: Δείκτης Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίου Δ

Έτος	2007	2008	2009
E.K.	104	112	120

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.4 έχουμε:

$90 \leq E.K._{2007} < 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Z

$E.K._{2008} > 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Η

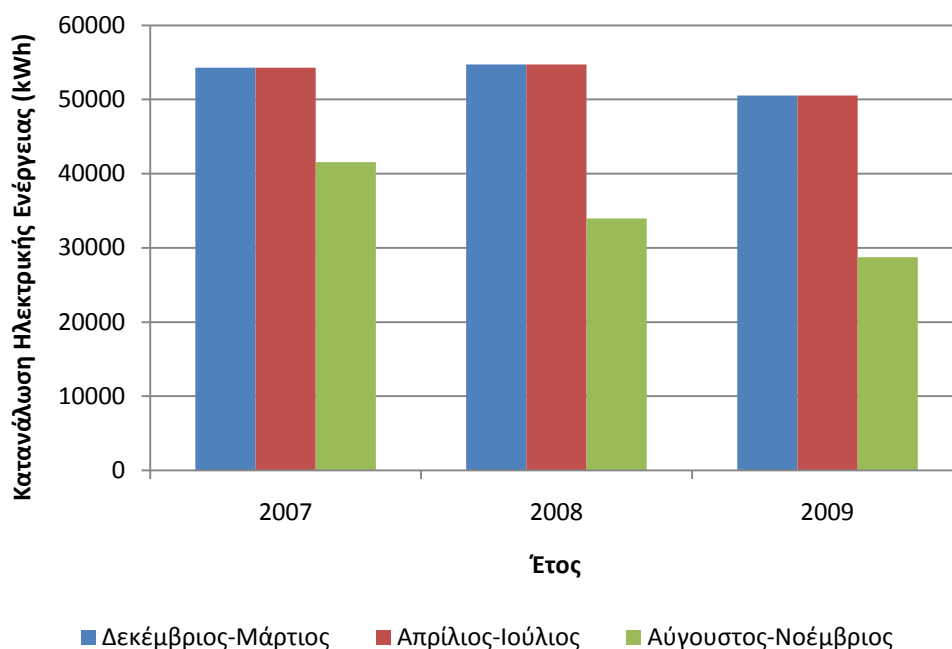
$E.K._{2009} > 105 \rightarrow$ Ενεργειακή Κατηγορία Η

Για το **Φροντιστήριο** συνολικά έχουμε:

Πίνακας 4.10: Ενεργειακή κατανάλωση Φροντιστηρίου

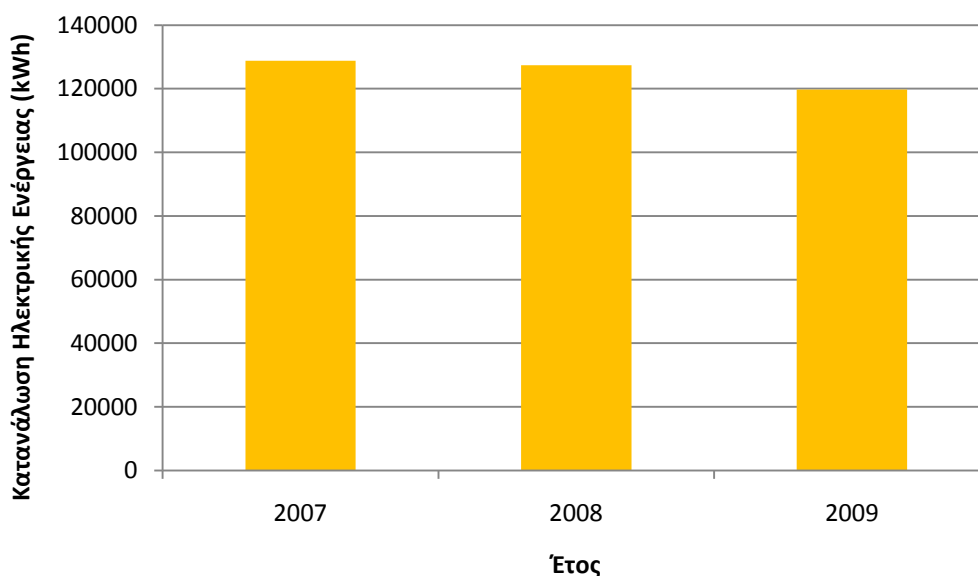
Ενεργειακή Κατανάλωση Φροντιστηρίου (kWh)			
Έτος	2007	2008	2009
Περίοδος			
Δεκέμβρης-Μάρτης	54.266	54.714	50.552
Απρίλης-Ιούλης	32.958	38.735	40.432
Αύγουστος-Νοέμβρης	41.554	33.950	28.747
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	128.778	127.399	119.731

Στον πίνακα αυτό φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Φροντιστηρίου για τα έτη 2007 έως 2009 τόσο ανά τετράμηνο όσο και συνολικά. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται γραφικά στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.9: Ενεργειακή κατανάλωση Φροντιστηρίου ανά τετράμηνο.

Στο παραπάνω διάγραμμα, είναι εμφανές πως τα δύο πρώτα τετράμηνα κάθε έτους (Δεκέμβριος- Μάρτιος, Απρίλιος-Ιούλιος) είναι πιο ενεργοβόρα από το τελευταίο (Αύγουστος-Νοέμβριος). Αυτό οφείλεται τόσο στις καιρικές συνθήκες, όσο και στο πρόγραμμα λειτουργίας του Φροντιστηρίου στις αντίστοιχες περιόδους.



Διάγραμμα 4.10: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση Φροντιστηρίου.

Στο διάγραμμα αυτό, παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η κατανάλωση ενέργειας του Φροντιστηρίου για τα έτη 2007, 2008 και 2009, παρατηρείται μικρή διαφοροποίηση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας του Φροντιστηρίου για τα τρία αυτά χρόνια, η οποία ίσως οφείλεται σε κάποια μικρή μεταβολή των καιρικών συνθηκών ή σε αλλαγή του προγράμματος λειτουργίας του φροντιστηρίου (π.χ. λόγω μείωσης των μαθητών το έτος 2009).

4.2.2. Καταγραφή εξοπλισμού και προσομοίωση λειτουργίας για το έτος 2009.

Ύστερα από την καταγραφή του εξοπλισμού των κτιρίων και τη μοντελοποίηση της λειτουργίας τους για το έτος 2009 προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία

4.2.2.1. Κτίριο Α

Το Κτίριο Α, αποτελείται από ένα ισόγειο και έναν όροφο. Στον 1^ο όροφο βρίσκονται 11 αίθουσες διδασκαλίας, γραμματεία και γραφείο επιτηρητών. Στο Ισόγειο βρίσκονται το γραφείο των διευθυντών, το γραφείο καθηγητών, το γραφείο υπολογιστών και το λογιστήριο. Ο εξοπλισμός του κτιρίου φαίνεται συγκεντρωτικά στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.11: Εξοπλισμός Κτιρίου Α.

Χρήση	Εξοπλισμός
Φωτισμός	42 λαμπτήρες φθορισμού των 18W 49 λαμπτήρες φθορισμού των 36W 32 λαμπτήρες φθορισμού των 58W 25 λαμπτήρες αλογόνου των 20W
Ψύξη/Θέρμανση	15 κλιματιστικά των 1.000W 3 κλιματιστικά των 1.500W
Υπόλοιπες χρήσεις	17 ηλεκτρονικοί υπολογιστές των 250W 1 φωτοτυπικό μηχάνημα των 1.000W

Για την περίοδο Δεκέμβρης 2008-Μάρτης 2009 η εγκατεστημένη ισχύς, οι χρήσεις και οι ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.12: Κτίριο Α – Φωτισμός, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009				
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
			Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-11	1,224	87,5	7	750	
Γραμματεία	0,180	105	14	265	
Γραφείο. Επιτηρητών	0,108	17,5	6	11	
Αίθουσα μεταξύ των 4,5	0,036	87,5	7	22	
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,008	87,5	14	1.235	
Γραφείο Καθηγητών	0,724	87,5	7	443	
Γραφείο Υπολογιστών	0,592	87,5	10	518	
Λογιστήριο	1,544	87,5	8	1.081	
Μπαλκόνια	0,432	122,5	14	741	
Φωτεινή επιγραφή	0,072	122,5	14	123	
Σύνολο				5.189	

Πίνακας 4.13: Κτίριο Α – Φωτισμός, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009				
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
			Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-11	1,224	72,5	4	355	
Γραμματεία	0,180	87	14	219	
Γραφείο. Επιτηρητών	0,108	14,5	6	9	
Αίθουσα μεταξύ των 4,5	0,036	72,5	4	10	
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,008	72,5	7	512	
Γραφείο Καθηγητών	0,724	72,5	3	157	
Γραφείο Υπολογιστών	0,592	72,5	5	215	
Λογιστήριο	1,544	72,5	8	896	
Μπαλκόνια	0,432	101,5	11	482	
Φωτεινή επιγραφή	0,072	101,5	10	73	
Σύνολο				2.929	

Πίνακας 4.14: Κτίριο Α – Φωτισμός, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009				
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
			Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-11	1,224	60	4	294	
Γραμματεία	0,180	72	14	181	
Γραφείο. Επιτηρητών	0,108	12	6	8	
Αίθουσα μεταξύ των 4,5	0,036	60	4	9	
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,008	60	7	423	
Γραφείο Καθηγητών	0,724	60	3	130	
Γραφείο Υπολογιστών	0,592	60	5	178	
Λογιστήριο	1,544	60	8	741	
Μπαλκόνια	0,432	84	11	399	
Φωτεινή επιγραφή	0,072	84	10	60	
Σύνολο				2.424	

Πίνακας 4.15: Κτίριο Α – Ψύξη/Θέρμανση, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					Ισχύς * Ώρες (kWh)	
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				
			Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
			Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	Ημέρες		Ώρες/Ημέρα
Αίθουσες 1-11	11	87,5	7	35	6	9.048	
Γραμματεία	1	87,5	14	17,5	6	1.330	
Γραφείο. Επιτηρητών	1	17,5	0	14	6	84	
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,5	87,5	14	17,5	6	1.995	
Γραφείο Καθηγητών	1,5	87,5	14	17,5	6	1.995	
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	87,5	10	17,5	6	1.470	
Λογιστήριο	2	87,5	8	17,5	8	1.680	
Σύνολο						17.602	

Πίνακας 4.16: Κτίριο Α – Ψύξη/Θέρμανση, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-11	11	11	72,5	7	29	7.497
Γραμματεία	1	1	72,5	14	14,5	1.102
Γραφείο. Επιτηρητών	1	1	14,5	0	14	84
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,5	1,5	72,5	14	14,5	1.653
Γραφείο Καθηγητών	1,5	1,5	72,5	14	14,5	1.653
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	1,5	72,5	10	14,5	1.218
Λογιστήριο	2	2	72,5	8	14,5	1.392
Σύνολο						14.599

Πίνακας 4.17: Κτίριο Α – Ψύξη/Θέρμανση, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-11	11	60	7	24	6	6.204
Γραμματεία	1	60	14	12	6	912
Γραφείο. Επιτηρητών	1	12	0	14	6	84
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	1,5	60	14	12	6	1.368
Γραφείο Καθηγητών	1,5	60	14	12	6	1.368
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	60	10	12	6	1.008

Λογιστήριο	2	60	8	12	8	1.152
Σύνολο						12.096

Πίνακας 4.18: Κτίριο Α – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009			
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
		Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Γραμματεία	1,25	105	4	525
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	0,25	87,5	4	88
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	87,5	4	525
Λογιστήριο	1,75	105	7	1.286
Σύνολο				2.424

Πίνακας 4.19: Κτίριο Α – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009			
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
		Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Γραμματεία	1,25	87	4	435
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	0,25	72,5	4	73
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	72,5	4	435
Λογιστήριο	1,75	87	7	1.066
Σύνολο				2.009

Πίνακας 4.20: Κτίριο Α – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

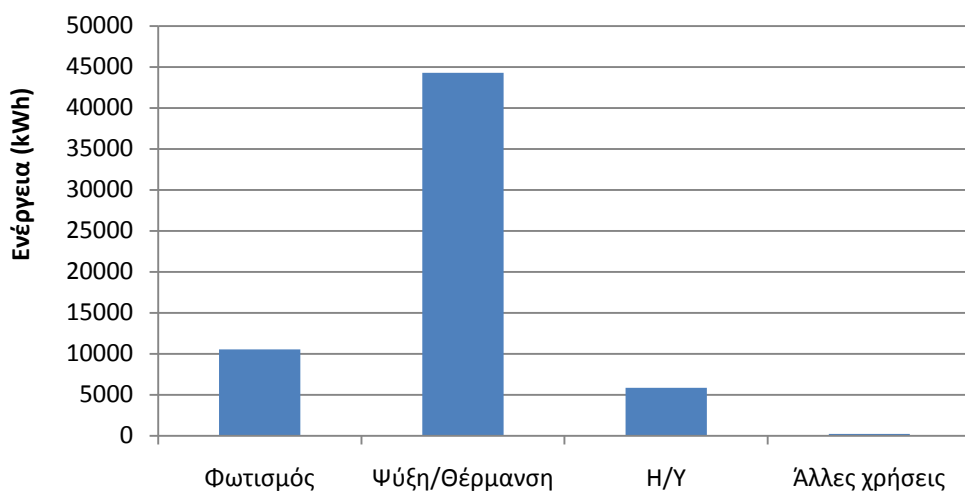
Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009			
	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ώρες (kWh)
		Ημέρες	Ώρες/Ημέρα	
Γραμματεία	1,25	72	3	270
Γραφείο ΔΙΕΥΘΥΝΤΩΝ	0,25	60	3	45
Γραφείο Υπολογιστών	1,5	60	4	360
Λογιστήριο	1,75	72	6	756
Σύνολο				1.431

Τελικά, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας του φροντιστηρίου, η κατανάλωση του για την περίοδο Δεκέμβριος 2008-Αύγουστος 2009 φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

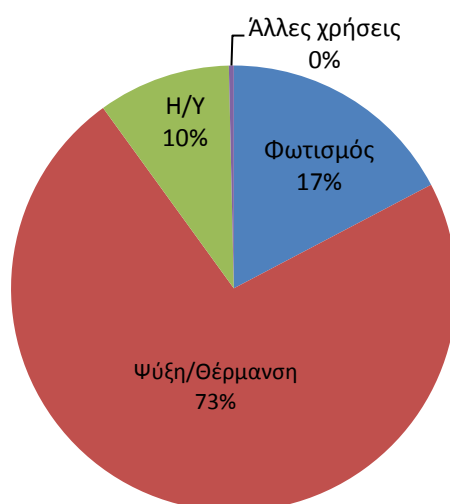
Πίνακας 4.21: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας του Κτιρίου Α ανάλογα με τη χρήση για την περίοδο Δεκέμβριος 2008 – Αύγουστος 2009.

Χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
Φωτισμός	10.541
Ψύξη/Θέρμανση	44.296
H/Y	5.863
Άλλες χρήσεις	219

Οι άλλες χρήσεις είναι ουσιαστικά τα σφάλματα που έγιναν στις διάφορες παραδοχές, με αποτέλεσμα να μη συμπίπτουν ακριβώς τα νούμερα που προέκυπταν από το μοντέλο κατανάλωσης με τα αντίστοιχα νούμερα που προέκυψαν από τους λογαριασμούς της Δ.Ε.Η. Τα στοιχεία του πίνακα αυτού απεικονίζονται γραφικά στα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.11: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Α (1).



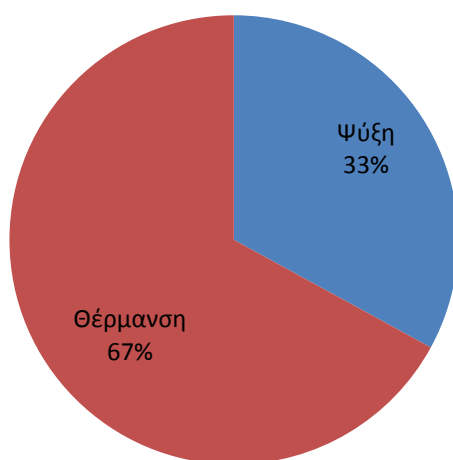
Διάγραμμα 4.12: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Α (2).

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας στο Κτίριο Α, οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό στην ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο καταμερισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας στις χρήσεις αυτές.

Πίνακας 4.22: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Α στην Ψύξη/Θέρμανση.

Χρήση	Ενέργεια (kWh)
Ψύξη	14.599
Θέρμανση	29.698
<i>Σύνολο</i>	<i>44.297</i>

Τα στοιχεία αυτού του πίνακα απεικονίζονται γραφικά στο ακόλουθο διάγραμμα:

**Διάγραμμα 4.13: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Α στην Ψύξη/Θέρμανση (%)**

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως για την Ψύξη/Θέρμανση, που αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα στην κατανάλωση (ηλεκτρικής) ενέργειας για το Κτίριο Α, το μεγαλύτερο τμήμα της καταναλισκόμενης ενέργειας δαπανάται για τη θέρμανση του κτιρίου (67%).

4.2.2.2. Κτίριο Β

Το Κτίριο Β, αποτελείται από το ισόγειο και ένα όροφο. Στον 1^ο όροφο βρίσκονται 4 αίθουσες διδασκαλίας και η γραμματεία. Στο Ισόγειο βρίσκονται δύο αίθουσες διδασκαλίας και δύο αμφιθέατρα. Ο εξοπλισμός του κτιρίου φαίνεται συγκεντρωτικά στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.23: Εξοπλισμός Κτιρίου Β.

Χρήση	Εξοπλισμός
Φωτισμός	88 λαμπτήρες φθορισμού των 18W 32 λαμπτήρες φθορισμού των 36W
Ψύξη/Θέρμανση	9 κλιματιστικά των 1.000W
Υπόλοιπες χρήσεις	1 ηλεκτρονικός υπολογιστής των 250W

Για την περίοδο Δεκεμβρίου 2008-Μάρτιος 2009 η εγκατεστημένη ισχύς, οι χρήσεις και οι ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.24: Κτίριο Β – Φωτισμός, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς *	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4	0,432	87,5	6	35	3	272
Αίθουσες 7-8	0,432	87,5	6	35	3	272
Αμφιθέατρο 1	0,216	87,5	6	35	3	136
Αμφιθέατρο 2	0,828	87,5	6	35	3	522
Διάδρομος- Γραφείο (πάνω)	0,180	87,5	6	35	3	113
Μικρό γραφείο (πάνω)	0,108	87,5	6	35	3	68
Διάδρομος πριν τις αίθουσες (πάνω)	0,144	87,5	6	35	3	91
WC, κουζίνα	0,072	87,5	6	35	3	45
Διάδρομος (κάτω)	0,252	87,5	6	35	3	159
Σκάλες	0,072	87,5	6	35	3	45
Σύνολο						1.724

Πίνακας 4.25: Κτίριο Β – Φωτισμός, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια			
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4	0,432	72,5	4	29	2	150
Αίθουσες 7-8	0,432	72,5	4	29	2	150
Αμφιθέατρο 1	0,216	72,5	4	29	2	75
Αμφιθέατρο 2	0,828	72,5	4	29	2	288
Διάδρομος-Γραφείο (πάνω)	0,180	72,5	4	29	2	63
Μικρό γραφείο (πάνω)	0,108	72,5	4	29	2	38
Διάδρομος πριν τις αίθουσες (πάνω)	0,144	72,5	4	29	2	50
WC, κουζίνα	0,072	72,5	4	29	2	25
Διάδρομος (κάτω)	0,252	72,5	4	29	2	88
Σκάλες	0,072	72,5	4	29	2	25
Σύνολο						952

Πίνακας 4.26: Κτίριο Β – Φωτισμός, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς *	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			Ωρες (kWh)
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4	0,432	60	4	24	2	124
Αίθουσες 7-8	0,432	60	4	24	2	124
Αμφιθέατρο 1	0,216	60	4	24	2	62
Αμφιθέατρο 2	0,828	60	4	24	2	238
Διάδρομος- Γραφείο (πάνω)	0,180	60	4	24	2	52
Μικρό γραφείο (πάνω)	0,108	60	4	24	2	31
Διάδρομος πριν τις αίθουσες (πάνω)	0,144	60	4	24	2	41
WC, κουζίνα	0,072	60	4	24	2	21
Διάδρομος (κάτω)	0,252	60	4	24	2	73
Σκάλες	0,072	60	4	24	2	21
Σύνολο						788

Πίνακας 4.27: Κτίριο Β – Ψύξη/Θέρμανση, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ωρες (kWh)	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4, 7-8	6	87,5	5	35	4	3.465
Αμφιθέατρο 1	1	87,5	5	35	4	578
Αμφιθέατρο 2	2	87,5	5	35	4	1.155
Σύνολο						5.198

Πίνακας 4.28: Κτίριο Β – Ψύξη/Θέρμανση, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ωρες (kWh)	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4, 7-8	6	72,5	4	29	3	2.262
Αμφιθέατρο 1	1	72,5	4	29	3	377
Αμφιθέατρο 2	2	72,5	4	29	3	754
Σύνολο						3.393

Πίνακας 4.29: Κτίριο Β – Ψύξη/Θέρμανση, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς * Ωρες (kWh)	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-4, 7-8	6	60	2	24	0,5	792
Αμφιθέατρο 1	1	60	2	24	0,5	132
Αμφιθέατρο 2	2	60	2	24	0,5	264
Σύνολο						1.188

Πίνακας 4.30: Κτίριο Β – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Διάδρομος- γραφείο (πάνω)	0,100	87,5	7	35	6	109

Πίνακας 4.31: Κτίριο Β – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Διάδρομος- γραφείο (πάνω)	0,100	72,5	7	29	6	120

Πίνακας 4.32: Κτίριο Β – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

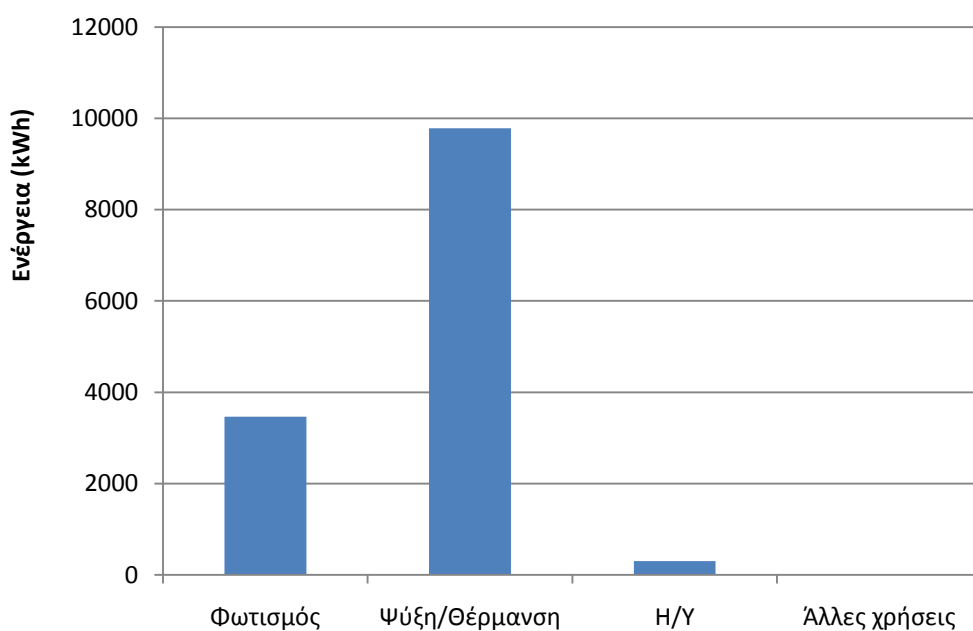
Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Διάδρομος- γραφείο (πάνω)	0,100	60	7	24	6	78

Τελικά, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας του φροντιστηρίου, η κατανάλωση του για την περίοδο Δεκέμβριος 2008-Αύγουστος 2009 φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

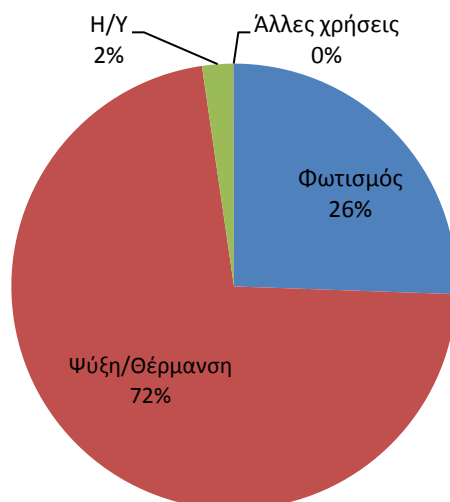
Πίνακας 4.33: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας του Κτιρίου Β ανάλογα με τη χρήση για την περίοδο Δεκέμβριος 2008 – Αύγουστος 2009.

Χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
Φωτισμός	3.464
Ψύξη/Θέρμανση	9.779
H/Y	307
Άλλες χρήσεις	5

Οι άλλες χρήσεις είναι ουσιαστικά τα σφάλματα που έγιναν στις διάφορες παραδοχές, με αποτέλεσμα να μη συμπίπτουν ακριβώς τα νούμερα που προέκυπταν από το μοντέλο κατανάλωσης με τα αντίστοιχα νούμερα που προέκυψαν από τους λογαριασμούς της Δ.Ε.Η. Τα στοιχεία του πίνακα αυτού απεικονίζονται γραφικά στα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.14: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Β (1).



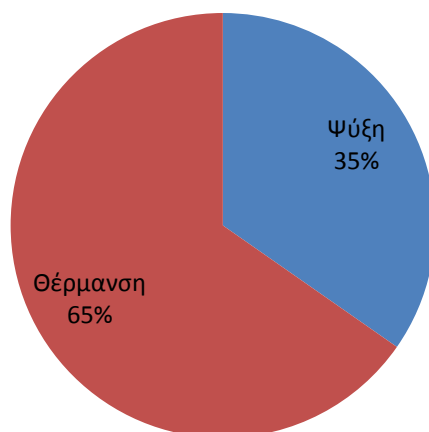
Διάγραμμα 4.15: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Β (2).

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας στο Κτίριο Β, οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό στην ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο καταμερισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας στις χρήσεις αυτές.

Πίνακας 4.34: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Β στην Ψύξη/Θέρμανση.

Χρήση	Ενέργεια (kWh)
Ψύξη	3.393
Θέρμανση	6.386
Σύνολο	9.779

Τα στοιχεία αυτού του πίνακα απεικονίζονται γραφικά στο ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 4.16: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Β στην Ψύξη/Θέρμανση (%)

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως για την Ψύξη/Θέρμανση, που αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα στην κατανάλωση (ηλεκτρικής) ενέργειας για το Κτίριο Β, το μεγαλύτερο τμήμα της καταναλισκόμενης ενέργειας δαπανάται για τη θέρμανση του κτιρίου (65%)

4.2.2.3. Κτίριο Γ

Το Κτίριο Γ, αποτελείται από το ισόγειο και δύο ορόφους. Για το μοντέλο λειτουργία μελετήθηκε η λειτουργία του 2^{ου} ορόφου, ως τυπικού δείγματος ορόφου, μιας και τόσο το Ισόγειο όσο και ο 1^{ος} όροφος είναι πανομοιότυποι τόσο αρχιτεκτονικά όσο και λειτουργικά. Στον τυπικό όροφο του κτιρίου αυτού υπάρχουν 6 αίθουσες διδασκαλίας και ένα W.C..

Πίνακας 4.35: Εξοπλισμός (τυπικού ορόφου) Κτιρίου Γ.

Χρήση	Εξοπλισμός
Φωτισμός	14 λαμπτήρες φθορισμού των 18W 16 λαμπτήρες φθορισμού των 36W
Ψύξη/Θέρμανση	7 κλιματιστικά των 1.000W

Για την περίοδο Δεκέμβρης 2008-Μάρτης 2009 η εγκατεστημένη ισχύς, οι χρήσεις και οι ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.36: Κτίριο Γ – Φωτισμός, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	0,648	87,5	6	35	3	408
Διάδρομος	0,144	87,5	6	35	3	91
WC	0,036	87,5	6	35	3	23
Σύνολο ορόφου						522
Κτίριο Γ						1565

Πίνακας 4.37: Κτίριο Γ – Φωτισμός, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	0,648	72,5	4	29	2	226
Διάδρομος	0,144	72,5	4	29	2	50
WC	0,036	72,5	4	29	2	13
Σύνολο ορόφου						288
Κτίριο Γ						864

Πίνακας 4.38: Κτίριο Γ – Φωτισμός, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	0,648	60	4	24	2	187

Διάδρομος	0,144	60	4	24	2	41
WC	0,036	60	4	24	2	10
Σύνολο ορόφου						238
Κτίριο Γ						715

Πίνακας 4.39: Κτίριο Γ – Ψύξη/Θέρμανση, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	6	87,5	5	35	4	3.465
Διάδρομος	1	87,5	4,5	35	3,5	516
Σύνολο ορόφου						3.981
Κτίριο Γ						11.944

Πίνακας 4.40: Κτίριο Γ – Ψύξη/Θέρμανση, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	6	72,5	5	29	4	2.871
Διάδρομος	1	72,5	3	29	2	276
Σύνολο ορόφου						3.147
Κτίριο Γ						9.440

Πίνακας 4.41: Κτίριο Γ – Ψύξη/Θέρμανση, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

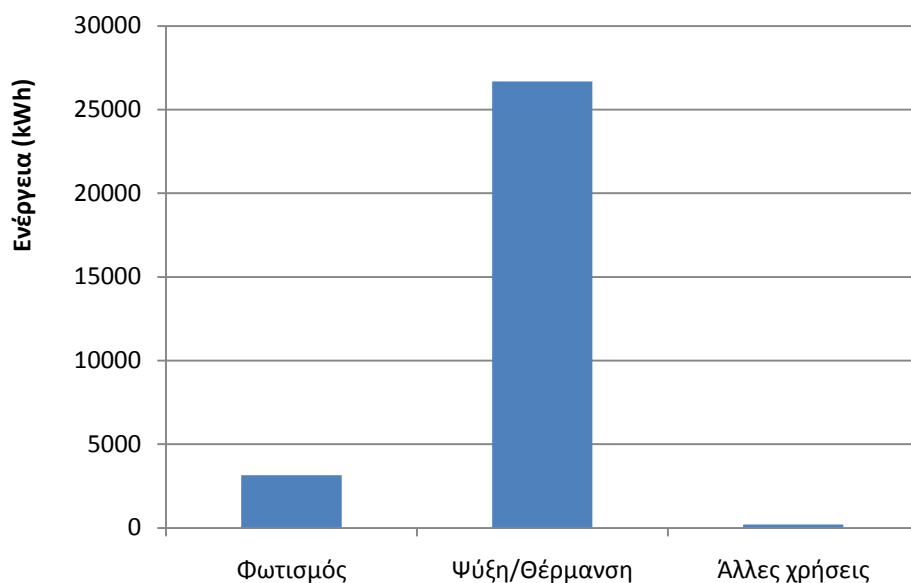
Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009					Ισχύς * Ωρες (kWh)
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια		Ισχύς *	
Δευτέρα-Παρασκευή			Σαββατοκύριακο			Ωρες (kWh)
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	6	60	3,5	24	2,5	1.620
Διάδρομος	1	60	2	24	1	144
Σύνολο ορόφου						1.764
Κτίριο Γ						5.292

Τελικά, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας του φροντιστηρίου, η κατανάλωση του για την περίοδο Δεκέμβριος 2008-Αύγουστος 2009 φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

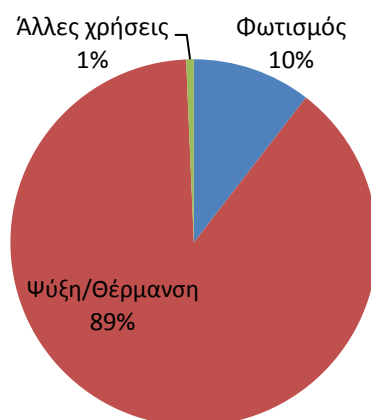
Πίνακας 4.42: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας του Κτιρίου Γ ανάλογα με τη χρήση για την περίοδο Δεκέμβριος 2008 – Αύγουστος 2009.

Χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
Φωτισμός	3.145
Ψύξη/Θέρμανση	26.675
Άλλες χρήσεις	202

Οι άλλες χρήσεις είναι ουσιαστικά τα σφάλματα που έγιναν στις διάφορες παραδοχές, με αποτέλεσμα να μη συμπίπτουν ακριβώς τα νούμερα που προέκυπταν από το μοντέλο κατανάλωσης με τα αντίστοιχα νούμερα που προέκυψαν από τους λογαριασμούς της Δ.Ε.Η. Τα στοιχεία του πίνακα αυτού απεικονίζονται γραφικά στα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.17: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Γ (1).



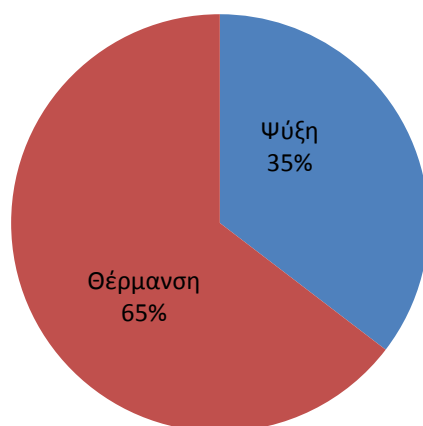
Διάγραμμα 4.18: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Γ (2).

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας στο Κτίριο Γ, οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό στην ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο καταμερισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας στις χρήσεις αυτές.

Πίνακας 4.43: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Γ στην Ψύξη/Θέρμανση.

Χρήση	Ενέργεια (kWh)
Ψύξη	9.440
Θέρμανση	17.236
Σύνολο	26.676

Τα στοιχεία αυτού του πίνακα απεικονίζονται γραφικά στα ακόλουθο διάγραμμα:

**Διάγραμμα 4.19: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Γ στην Ψύξη/Θέρμανση (%)**

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως για την Ψύξη/Θέρμανση, που αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα στην κατανάλωση (ηλεκτρικής) ενέργειας για το Κτίριο Γ, το μεγαλύτερο τμήμα της καταναλισκόμενης ενέργειας δαπανάται για τη θέρμανση του κτιρίου (65%).

4.2.2.4. Κτίριο Δ

Το Κτίριο Β είναι ισόγειο. Αποτελείται από επτά αίθουσες διδασκαλίας και τη γραμματεία. Ο εξοπλισμός του κτιρίου φαίνεται συγκεντρωτικά στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.44: Εξοπλισμός Κτιρίου Δ.

Χρήση	Εξοπλισμός
Φωτισμός	2 λαμπτήρες φθορισμού των 11W 10 λαμπτήρες φθορισμού των 15W 1 λαμπτήρα φθορισμού των 18W 32 λαμπτήρες φθορισμού των 36W
Ψύξη/Θέρμανση	8 κλιματιστικά των 1.000W
Υπόλοιπες χρήσεις	1 ηλεκτρονικός υπολογιστής των 250W 1 φωτοτυπικό μηχάνημα των 2kW

Για την περίοδο Δεκέμβρης 2008-Μάρτης 2009 η εγκατεστημένη ισχύς, οι χρήσεις και οι ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 4.45: Κτίριο Δ – Φωτισμός, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					
	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
Χώρος		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-6	0,864	87,5	6	35	3	544
Αίθουσα 7	0,150	87,5	6	35	3	95
Γραμματεία	0,090	87,5	6	35	3	57
WC	0,022	87,5	6	35	3	14
Διάδρομος 1	0,144	87,5	6	35	3	91
Διάδρομος 2	0,072	87,5	6	35	3	45
Σύνολο						845

Πίνακας 4.46: Κτίριο Δ – Φωτισμός, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009						
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
			Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα		
Αίθουσες 1-6	0,864	72,5	6	29	3	451	
Αίθουσα 7	0,150	72,5	6	29	3	78	
Γραμματεία	0,090	72,5	6	29	3	47	
WC	0,022	72,5	6	29	3	11	
Διάδρομος 1	0,144	72,5	6	29	3	75	
Διάδρομος 2	0,072	72,5	6	29	3	38	
Σύνολο						701	

Πίνακας 4.47: Κτίριο Δ – Φωτισμός, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009						
	Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
			Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα		
Αίθουσες 1-6	0,864	60	6	24	3	373	
Αίθουσα 7	0,150	60	6	24	3	65	
Γραμματεία	0,090	60	6	24	3	39	
WC	0,022	60	6	24	3	10	
Διάδρομος 1	0,144	60	6	24	3	62	
Διάδρομος 2	0,072	60	6	24	3	31	
Σύνολο						580	

Πίνακας 4.48: Κτίριο Δ – Ψύξη/Θέρμανση, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-7	7	87,5	4	35	3	3.185
Γραμματεία	1	87,5	2,5	35	1,5	271
Σύνολο						3.456

Πίνακας 4.49: Κτίριο Δ – Ψύξη/Θέρμανση, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-7	7	72,5	6	29	5	4.060
Γραμματεία	1	72,5	4	29	3	377
Σύνολο						4.437

Πίνακας 4.50: Κτίριο Δ– Ψύξη/Θέρμανση, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 – Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Αίθουσες 1-7	7	60	6	24	5	3.360
Γραμματεία	1	60	4	24	3	312
Σύνολο						3.672

Πίνακας 4.51: Κτίριο Δ – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Δεκέμβριος 2008 – Μάρτιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	0,25	87,5	4	35	1,5	101

Πίνακας 4.52: Κτίριο Δ – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 – Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	0,25	72,5	4	29	1,5	83

Πίνακας 4.53: Κτίριο Δ – Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	0,25	60	3,5	24	1,5	62

Πίνακας 4.54: Κτίριο Δ – Φωτοτυπικό μηχάνημα, Δεκέμβριος 2008 - Μάρτιος 2009.

Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	2	87,5	1	35	1	245

Πίνακας 4.55: Κτίριο Δ – Φωτοτυπικό μηχάνημα, Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009.

Περίοδος	Απρίλιος 2009 - Ιούλιος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	2	72,5	3,5	29	3,5	711

Πίνακας 4.56: Κτίριο Δ – Φωτοτυπικό μηχάνημα, Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009.

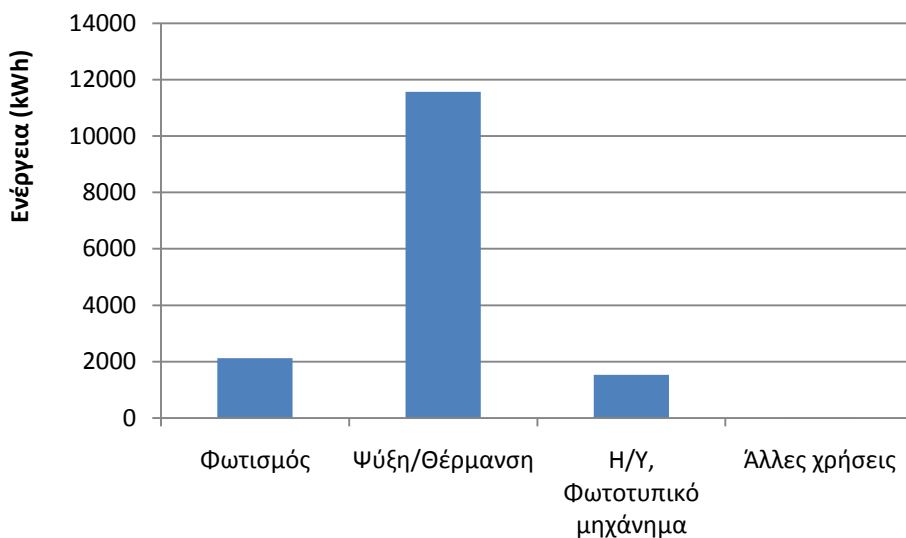
Περίοδος	Αύγουστος 2009 - Νοέμβριος 2009					
Χώρος	Ισχύς (kW)	Διάρκεια				Ισχύς * Ωρες (kWh)
		Δευτέρα-Παρασκευή		Σαββατοκύριακο		
		Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες	Ωρες/Ημέρα	
Γραμματεία	2	60	2	24	2	336

Τελικά, σύμφωνα με το μοντέλο λειτουργίας του φροντιστηρίου, η κατανάλωση του για την περίοδο Δεκέμβριος 2008-Αύγουστος 2009 φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

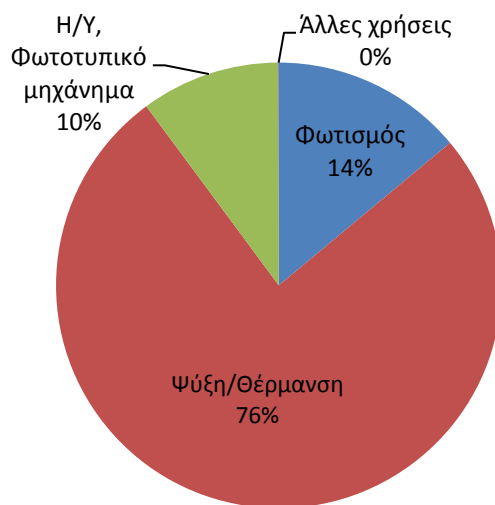
Πίνακας 4.57: Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας του Κτιρίου Δ ανάλογα με τη χρήση για την περίοδο Δεκέμβριος 2008 – Αύγουστος 2009.

Χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
Φωτισμός	2.126
Κλιματισμός	11.565
H/Y, Φωτοτυπικό μηχάνημα	1.537
Άλλες χρήσεις	8

Οι άλλες χρήσεις είναι ουσιαστικά τα σφάλματα που έγιναν στις διάφορες παραδοχές, με αποτέλεσμα να μη συμπίπτουν ακριβώς τα νούμερα που προέκυπταν από το μοντέλο κατανάλωσης με τα αντίστοιχα νούμερα που προέκυψαν από τους λογαριασμούς της Δ.Ε.Η. Τα στοιχεία του πίνακα αυτού απεικονίζονται γραφικά στα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 4.20: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Δ (1).



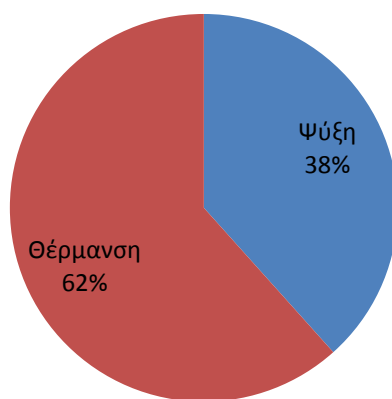
Διάγραμμα 4.21: Κατανομή καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Δ (2).

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας στο Κτίριο Δ, οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό στην ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο καταμερισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας στις χρήσεις αυτές.

Πίνακας 4.58: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Δ στην Ψύξη/Θέρμανση.

Χρήση	Ενέργεια (kWh)
Ψύξη	4.437
Θέρμανση	7.128
<i>Κλιματισμός</i>	<i>11.565</i>

Τα στοιχεία αυτού του πίνακα απεικονίζονται γραφικά στο ακόλουθο διάγραμμα:

**Διάγραμμα 4.21: Καταμερισμός καταναλισκόμενης ενέργειας Κτιρίου Δ στην Ψύξη/Θέρμανση (%)**

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως για την Ψύξη/Θέρμανση, που αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα στην κατανάλωση (ηλεκτρικής) ενέργειας για το Κτίριο Δ, το μεγαλύτερο τμήμα της καταναλισκόμενης ενέργειας δαπανάται για τη θέρμανση του κτιρίου (62%).

4.3. Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίων

4.3.1. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Α

4.3.1.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

Σε πρώτο στάδιο, υπολογίζουμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας k , για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μας. Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κέλυφος του κτιρίου παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

4.3.1.1.1. Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης για κάθε δομικό στοιχείο.

Πίνακας 4.59: Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (m^2K/W)

Δομικό στοιχείο	Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης m^2K/W	
	$1/\alpha_i$ (εσωτερ.)	$1/\alpha_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα	0,12	0,04
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,12	0,04
Τοίχος, οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,12	0,12
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0,12	0,00
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση	0,17	0,04

Αρχικά, υπολογίζουμε την αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) κάθε δομικού στοιχείου. Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται οι θερμικές αντιστάσεις d/λ , σε m^2K/W .

Πίνακας 4.60: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ [W/(mK)]	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,30	2,03	0,1478
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229

Επειδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής 1/Λ είναι το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων d/λ, από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/Λ= 0,1936 (m²K/W).

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 4.61: Αντίσταση Θερμοδιαφυγής και Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά)

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	1/α _i	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	1/Λ	0,1936
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	1/α _a	0,04

Επειδή η αντίσταση θερμοπερατότητας 1/k είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/k= 0,3536 (m²K/W). Συνεπώς, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής είναι k= 2,828 W/(m²K).

Όμως, ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β είναι 0,6 W/(m²K).

4.3.1.1.2. Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται οι θερμικές αντιστάσεις d/λ για τα διάφορα δομικά στοιχεία, σε m²K/W.

Πίνακας 4.62: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m ² K/W
Τοιχοποιία από διάτρητους οπτόπλινθους	0,12	0,46	0,2609
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229
Επίχρισμα εξωτερικό-ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,0229

Επειδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής 1/Λ είναι το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων d/λ, από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/Λ= 0,3067 (m²K/W).

Στον ακόλουθο πίνακα είναι συγκεντρωμένα τα δεδομένα της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης (εσωτερικής και εξωτερικής).

Πίνακας 4.63: Αντίσταση Θερμοδιαφυγής και Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά)

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	1/α _i	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	1/Λ	0,3067
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	1/α _a	0,04

Επειδή η αντίσταση θερμοπερατότητας 1/k είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/k= 0,4667 (m²K/W). Συνεπώς, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής είναι k= 2,1427 W/(m²K).

Όμως, ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β είναι 0,6 W/(m²K).

4.3.1.1.3. Δάπεδα πάνω στο έδαφος (πλακίδια επίστρωσης)

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται οι θερμικές αντιστάσεις d/λ για τα διάφορα δομικά στοιχεία, σε m²K/W.

Πίνακας 4.64: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m ² K/W
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B120	0,15	1,51	0,0993
Πλακίδια επίστρωσης	0,01	1,05	0,0095

Επειδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής 1/Λ είναι το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων d/λ, από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/Λ= 0,1088 (m²K/W).

Στον ακόλουθο πίνακα είναι συγκεντρωμένα τα δεδομένα της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης (εσωτερικής και εξωτερικής).

Πίνακας 4.65: Αντίσταση Θερμοδιαφυγής και Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά)

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	1/a _i	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	1/Λ	0,1088
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	1/a _a	0,00

Επειδή η αντίσταση θερμοπερατότητας 1/k είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής από τον παραπάνω πίνακα έχουμε 1/k= 0,2788 (m²K/W). Συνεπώς, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής είναι k= 3,5868 W/(m²K).

Όμως, ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β είναι 1,5 W/(m²K).

4.3.1.1.4. Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω.

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται οι θερμικές αντιστάσεις d/λ για τα διάφορα δομικά στοιχεία, σε m²K/W.

Πίνακας 4.66: Θερμικές Αντιστάσεις (m^2K/W)

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m^2K/W
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,15	2,03	0,0738
Περλιτόδεμα 1:6	0,10	0,145	0,6896
Ασφαλτόχαρτο	0,003	0,19	0,0157
Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμικτα αδρανή	0,05	0,58	0,0862

Επειδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda$ είναι το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων d/λ, από τον παραπάνω πίνακα έχουμε $1/\Lambda = 0,8653 (m^2K/W)$.

Στον ακόλουθο πίνακα είναι συγκεντρωμένα τα δεδομένα της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης (εσωτερικής και εξωτερικής).

Πίνακας 4.67: Αντίσταση Θερμοδιαφυγής και Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά)

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	0,8653
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	0,04

Επειδή η αντίσταση θερμοπερατότητας $1/k$ είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής από τον παραπάνω πίνακα έχουμε $1/k = 1,0253 (m^2K/W)$. Συνεπώς, ο συντελεστής θερμοδιαφυγής είναι $k = 0,9753 W/(m^2K)$.

Όμως, ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β είναι $0,5 W/(m^2K)$.

4.3.1.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για τον 1^ο όροφο και το Ισόγειο.

Πίνακας 4.68: Ισόγειο

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	91,395	2,828	258,4651
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	475,193	2,1427	1.018,196
3	Απλός υαλοπίνακας	152,325	5,81	885,0083
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	0	5,81	0
Σύνολο		718,913		2.161,669

Έτσι, για το Ισόγειο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{2.161,669}{718,913} = 3,006858 \geq 1,86 \text{ W}/(m^2K)$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Πίνακας 4.69: 1^{ος} Όροφος

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	34,214	2,828	96,75719
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	189,3375	2,1427	405,6935
3	Απλός υαλοπίνακας	53,22	5,81	309,2082
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	8,64	5,81	50,1984
Σύνολο		285,4115		861,8573

Έτσι, για τον 1^ο Όροφο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{861,8573}{285,4115} = 3,019701 \geq 1,86 \text{ W}/(m^2K)$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

4.3.1.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το σύνολο του περιβλήματος του Κτιρίου Α.

Πίνακας 4.70: Θερμομόνωση περιβλήματος

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνει α F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατό τητας k σε W/(m ² K)	Μειωτικός συντελεστής	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομέ νων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	125,609	2,828		355,2
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομέ νων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	664,5305	2,1427		1.423,9
3	Απλός υαλοπίνακας	205,545	5,81		1194,2
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	8,64	5,81		50,2
5	Δάπεδο πάνω από το έδαφος	121,41	3,5868	0,5	217,8
6	Οροφή που χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	175,27	0,9753		170,9
Σύνολο		1301,005			3412,2

Έτσι, για το περίβλημα συνολικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{3412,2}{1301,005} = 2,6227 \text{ W}/(m^2K)$$

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τον επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του F/V.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας, συναρτήσει του λόγου της συνολικής περιβάλλουσας επιφάνειας προς το συνολικό όγκο του κτιρίου (F/V)

Πίνακας 4.71: Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του F/V

F/V	k _m σε kcal/(m ² h°C)			k _m σε W/(m ² K)		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
m ⁻¹						
≤0,2	1,335	1,015	0,807	1,553	1,180	0,938
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,884
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,775
0,6	1,030	0,795	0,635	1,198	0,924	0,738
0,7	0,985	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,575	1,101	0,834	0,669
0,9	0,927	0,695	0,550	1,078	0,808	0,640
≥1,0	0,920	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

Έχουμε $F=1301,005 \text{ m}^2$ και $V=955,683 \text{ m}^3 \rightarrow F/V= 1,361 \text{ m}^{-1}$

Επειδή το κτίριο μας ανήκει στη Β κλιματική ζώνη, $k_{m,max}=0,791 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Όμως $k_m = 2,6227 \geq 0,791 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Δηλαδή, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του περιβλήματος είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

4.3.2. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Β

4.3.2.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

Οι απαραίτητοι συντελεστές θερμοπερατότητας k , για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μας, έχουν υπολογιστεί πιο πάνω.

4.3.2.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το Ισόγειο και τον 1^ο όροφο.

Πίνακας 4.72: Ισόγειο

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	20,47	2,828	57,90
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	192,22	2,1427	411,87
3	Τοίχος από υαλόπλινθους πάχους 80 mm (πλαίσιο από μέταλλο ή σκυρόδεμα)	4,81	3,49	16,80
4	Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm	20,87	3,72	77,62
5	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	3,13	5,81	18,18
Σύνολο		241,5		582,37

Έτσι, για το Ισόγειο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{582,37}{241,5} = 2,41 \geq 1,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Πίνακας 4.73: 1^{ος} Όροφος

α/α	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	17,56	2,828	49,65
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	119,27	2,1427	255,57
3	Απλός υαλοπίνακας	25,20	3,72	93,74
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	3,78	5,81	21,96
Σύνολο		165,81		420,92

Έτσι, για τον 1^ο Όροφο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{420,92}{165,81} = 2,54 \geq 1,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

4.3.2.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το σύνολο του περιβλήματος του Κτιρίου Β.

Πίνακας 4.74: Θερμομόνωση περιβλήματος

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφ. F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότη τας k σε W/(m ² K)	Μειωτικός συντελεστής	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	38,03	2,828		107,55
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	311,49	2,1427		667,43
3	Τοίχος από υαλόπλινθους πάχους 80 mm (πλαίσιο από μέταλλο ή σκυρόδεμα)	4,81	3,49		16,80
4	Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm	46,07	3,72		171,36
5	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	8,64	5,81		50,20
6	Δάπεδο πάνω από το έδαφος	137,98	3,5868	0,5	247,45
7	Οροφή που χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	137,98	0,9753		67,29
Σύνολο		685			1.328,1

Έτσι, για το περίβλημα συνολικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{1.328,1}{685} = 1,939 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Έχουμε F= 646,94 m² και V= 1016,65 m³ → F/V= 0,636 m⁻¹

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.54 (με γραμμική παρεμβολή) και επειδή το κτίριο μας ανήκει στη Β κλιματική ζώνη, $k_{m,max}=0,905 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Όμως $k_m = 1,939 \geq 0,905 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Δηλαδή, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του περιβλήματος είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

4.3.3. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Γ

4.3.3.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

Οι απαραίτητοι συντελεστές θερμοπερατότητας k , για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μας, έχουν υπολογιστεί πιο πάνω.

4.3.3.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το Ισόγειο και τους 1^ο και 2^ο Ορόφους.

Οι υπολογισμοί έγιναν για το Ισόγειο, αφού οι υπόλοιποι δύο όροφοι είναι πανομοιότυποι με αυτό.

Πίνακας 4.75: Ισόγειο

α/α	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m^2	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	30,08	2,828	85,07
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	65,20	2,1427	139,70
3	Απλός υαλοπίνακας	34,50	5,81	200,45
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	5,18	5,81	30,10
Σύνολο		134,96		455,31

Έτσι, για το Ισόγειο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{455,31}{134,96} = 3,374 \geq 1,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Τα παραπάνω ισχύουν και για τους δύο ορόφους του κτιρίου.

4.3.3.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το σύνολο του περιβλήματος του Κτιρίου Α.

Πίνακας 4.76: Θερμομόνωση περιβλήματος

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	Μειωτικός συντελεστής	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	90,24	2,828		255,20
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	195,60	2,1427		419,11
3	Απλός υαλοπίνακας	103,50	5,81		601,34
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	15,54	5,81		90,29
5	Δάπεδο πάνω από το έδαφος	121,03	3,5868	0,5	217,06
6	Οροφή που χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	121,03	0,9753		118,04
Σύνολο		646,94			1.701

Έτσι, για το περίβλημα συνολικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{1.701}{646,94} = 2,629 \text{ W}/(m^2K)$$

Έχουμε $F= 685,000 \text{ m}^2$ και $V= 910,668 \text{ m}^3 \rightarrow F/V= 0,752 \text{ m}^{-1}$

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.54 (με γραμμική παρεμβολή) και επειδή το κτίριο μας ανήκει στη Β κλιματική ζώνη, $k_{m,max}=0,853 \text{ W}/(m^2K)$.

Όμως $k_m = 1,939 \geq 0,853 \text{ W}/(m^2K)$

Δηλαδή, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του περιβλήματος είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

4.3.4. Μελέτη θερμομόνωσης Κτιρίου Δ

4.3.4.1. Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

Οι απαραίτητοι συντελεστές θερμοπερατότητας k , για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μας, έχουν υπολογιστεί πιο πάνω.

4.3.4.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το Ισόγειο και τους 1^ο και 2^ο Ορόφους.

Οι υπολογισμοί έγιναν για το Ισόγειο, αφού οι υπόλοιποι δύο όροφοι είναι πανομοιότυποι με αυτό.

Πίνακας 4.77: Ισόγειο

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	33,95	2,828	96,01
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	116,74	2,1427	250,15
3	Απλός υαλοπίνακας	25,96	5,81	150,80
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	14,45	5,81	83,97
Σύνολο		191,10		580,92

Έτσι, για το Ισόγειο ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{580,92}{191,10} = 3,040 \geq 1,86 \text{ W}/(m^2K)$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Τα παραπάνω ισχύουν και για τους δύο ορόφους του κτιρίου.

4.3.3.3. Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το σύνολο του περιβλήματος του Κτιρίου Α.

Πίνακας 4.78: Θερμομόνωση περιβλήματος

a/a	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/(m ² K)	Μειωτικός συντελεστής	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (σκυρόδεμα B160)	33,95	2,828		96,01
2	Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (διάτρητοι οπτόπλινθοι)	116,74	2,1427		250,15
3	Απλός υαλοπίνακας	25,96	5,81		150,80
4	Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (μέταλλο)	14,45	5,81		83,97
5	Δάπεδο πάνω από το έδαφος	145	3,5868	0,5	260,04
6	Οροφή που χωρίζει θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	145	0,9753		141,42
Σύνολο		481,10			982,38

Έτσι, για το περίβλημα συνολικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:

$$k_m = \frac{982,38}{481,10} = 2,042 \text{ W}/(m^2K)$$

Έχουμε $F=481 \text{ m}^2$ και $V= 565,5 \text{ m}^3 \rightarrow F/V= 0,851 \text{ m}^{-1}$

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.54 (με γραμμική παρεμβολή) και επειδή το κτίριο μας ανήκει στη Β κλιματική ζώνη, $k_{m,max}=0,821 \text{ W}/(m^2K)$.

Όμως $k_m = 2,042 \geq 0,821 \text{ W}/(m^2K)$

Δηλαδή, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του περιβλήματος είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

4.4. Θερμοκάμερα

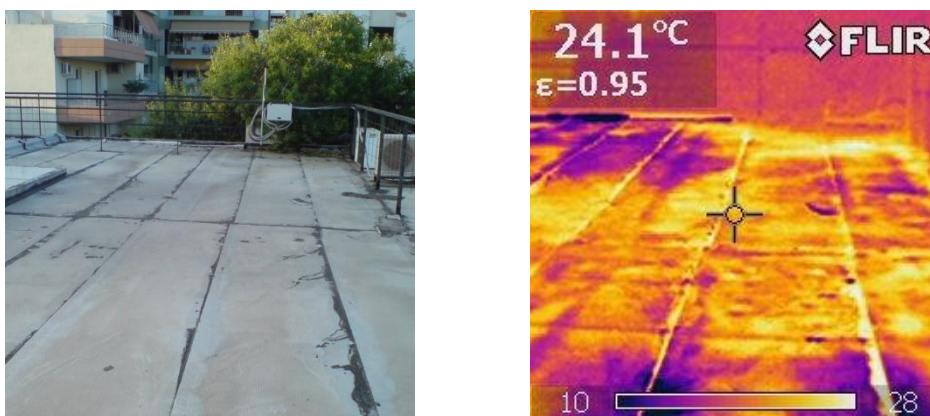
Η θερμοκάμερα χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την ανάδειξη σημείων που είναι υπεύθυνα για θερμικές απώλειες, που ορισμένες φορές είναι δύσκολος ο εντοπισμός τους με γυμνό μάτι, αλλά και την επαλήθευση των διαπιστώσεων που έγιναν για το κέλυφος του κτιρίου κατά τη φάση του οπτικού ελέγχου. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες θερμοφωτογραφίες οι οποίες προέρχονται από τις οροφές των υπό μελέτη κτιρίων.

Οι φωτογραφίες από τις οροφές των κτιρίων ελήφθησαν λίγο πριν νυχτώσει. Κι αυτό γιατί εκείνη την ώρα διευκολύνεται ο εντοπισμός των σημείων με προβλήματα υγρασίας. Την ώρα αυτή που ο ήλιος δε θερμαίνει πια τις οροφές των κτιρίων οι επιφάνειες αρχίζουν να αποβάλλουν τη θερμότητα που είχαν μέχρι τότε απορροφήσει χωρίς πλέον να παίρνουν άλλη. Έτσι τα σημεία με υγρασία εκείνη την ώρα φαίνονται πιο θερμά από τα σημεία χωρίς ή με μικρότερα προβλήματα υγρασίας. Κι αυτό λόγω της υψηλής θερμοχωρητικότητας του νερού (υγρασία).

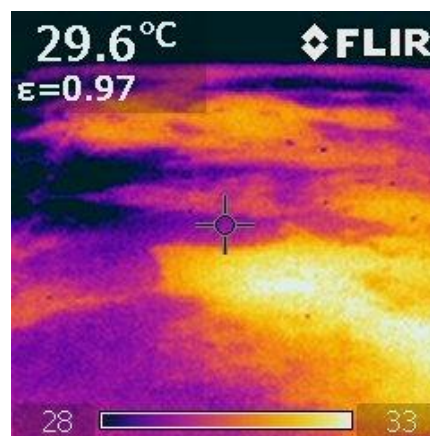
Αν κάποια σημεία δέχονται ακόμα θερμότητα από τον ήλιο τότε όπου υπάρχει υγρασία η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, κάτι που απεικονίζεται με το σκουρότερο χρώμα στις φωτογραφίες.

Οι φωτογραφίες που αναφέρονται στο υπόλοιπο κέλυφος ελήφθησαν νυχτερινές ώρες.

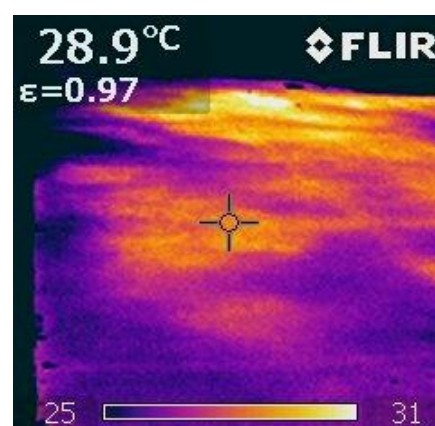
4.4.1. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Α



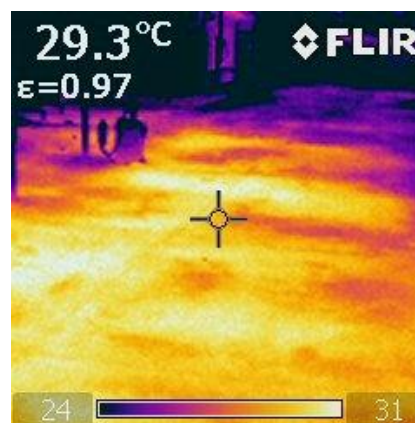
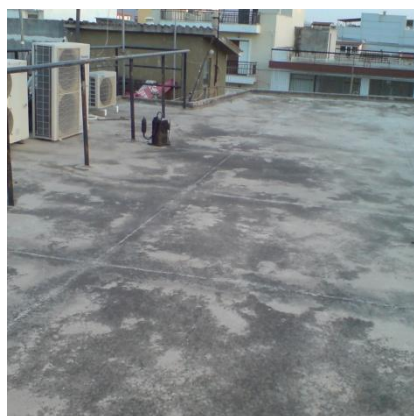
Εικόνα 4.1: Οροφή Κτιρίου Α (1)



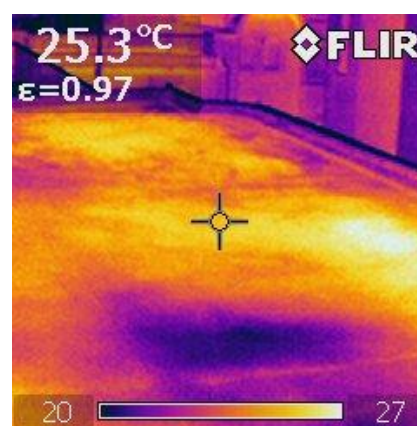
Εικόνα 4.2 : Οροφή Κτιρίου Α (2)



Εικόνα 4.3 : Οροφή Κτιρίου Α (3)



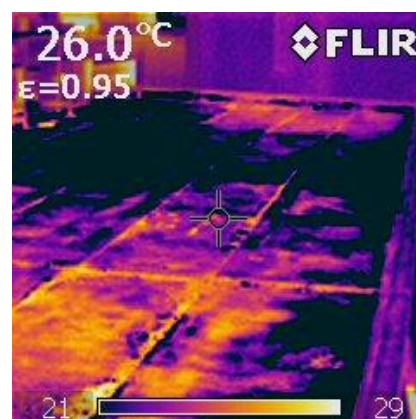
Εικόνα 4.4 : Οροφή Κτιρίου Α (4)



Εικόνα 4.5 : Οροφή Κτιρίου Α (5)



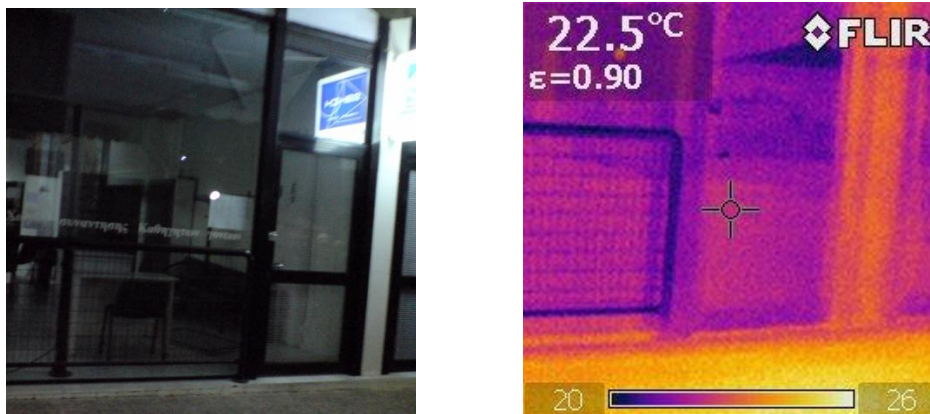
Εικόνα 4.6 : Οροφή Κτιρίου Α (6)



Εικόνα 4.7 : Οροφή Κτιρίου Α (7)

Στις προηγούμενες εικόνες θα σημεία που αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τη μόνωση φαίνονται αρχικά στην κανονική φωτογραφία, ενώ μπορούν να γίνουν αντιληπτά και στη θερμοφωτογραφία με τις πιο ανοιχτές αποχρώσεις (μεγάλες θερμοκρασίες) για λόγους που εξηγήθηκαν προηγουμένως.

Η εικόνα που ακολουθεί προέρχεται από την πρόσοψη του Κτιρίου Α.

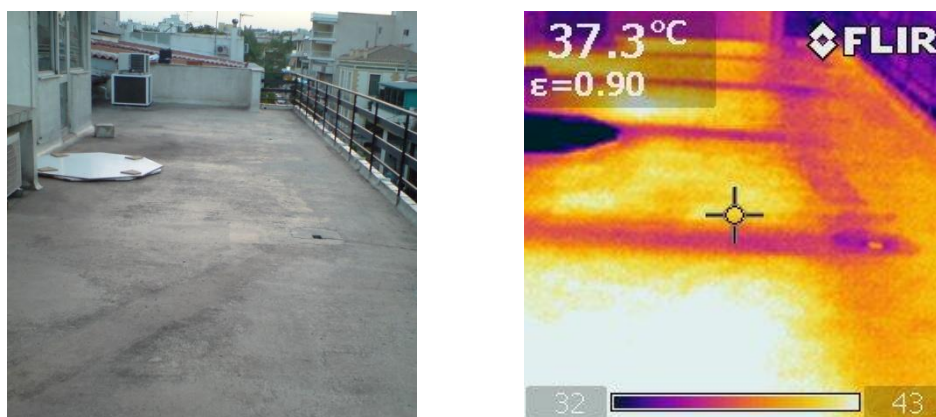


Εικόνα 4.8 : Πρόσωση Κτιρίου Α

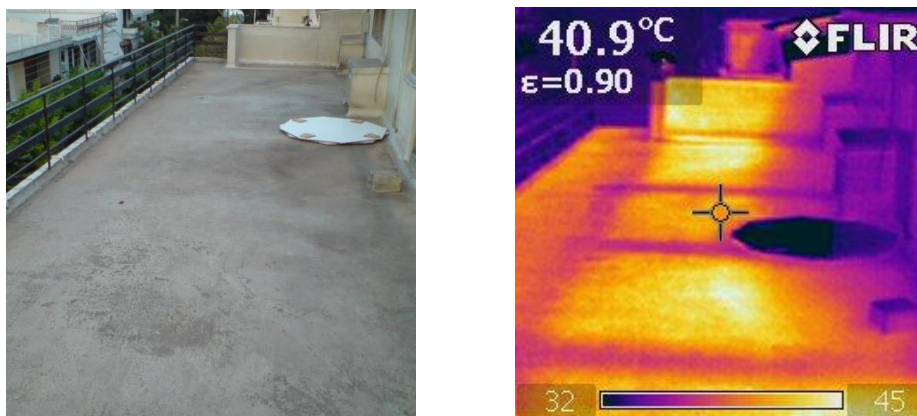
Στην εικόνα αυτή, οι υαλοπίνακες έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία (πιο σκούρο χρώμα) από τους τοίχους, γεγονός που οφείλεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα των δύο στοιχείων. Οι υαλοπίνακες δηλαδή, με τη χαμηλή θερμοχωρητικότητα και την υψηλότερη σε σχέση με τους τοίχους θερμοπερατότητά τους, χάνουν πιο γρήγορα τη θερμότητα που έχουν ανακτήσει κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ παράλληλα επιταχύνουν τις απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου. Οι γυάλινοι υαλοπίνακες, λοιπόν, είναι ο κύριος παράγοντας στον οποίο οφείλονται οι ενεργειακές απώλειες του Κτιρίου Α.

4.4.2. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Β

Οι εικόνες που ακολουθούν απεικονίζουν την οροφή του Κτιρίου Β.



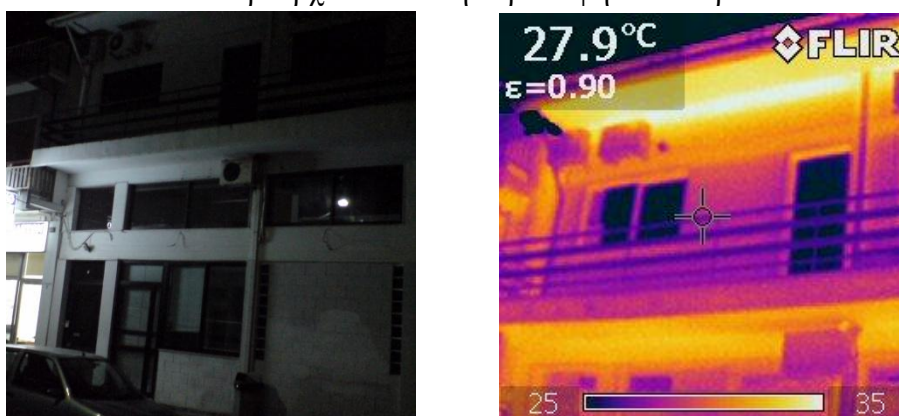
Εικόνα 4.9 : Οροφή Κτιρίου Β (1)



Εικόνα 4.10 : Οροφή Κτιρίου Β (2)

Στις προηγούμενες εικόνες θα σημεία που αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τη μόνωση φαίνονται αρχικά στην κανονική φωτογραφία, ενώ μπορούν να γίνουν αντιληπτά και στη θερμοφωτογραφία είτε με τις πιο ανοιχτές αποχρώσεις (υψηλές θερμοκρασίες) είτε με τις πιο σκούρες (χαμηλότερες θερμοκρασίες) λόγω της υψηλής θερμοχωρητικότητας του νερού.

Οι εικόνα που ακολουθεί προέρχεται από την πρόσοψη του Κτιρίου Β.



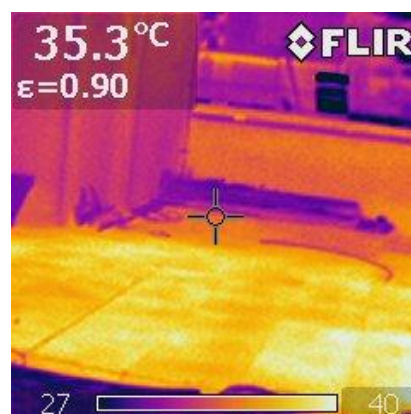
Εικόνα 4.11 : Πρόσοψη Κτιρίου Β

Η διαφορά στη χρωματική απόχρωση, δηλαδή η διαφορά στη θερμοκρασία οφείλεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα και θερμοπερατότητα των υαλοπινάκων και του τοίχου.

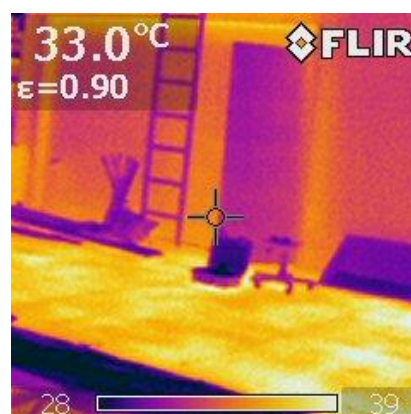
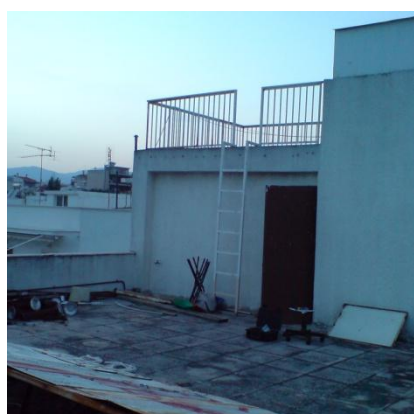
Στην εικόνα αυτή παρατηρείται πως οι γυάλινοι υαλοπίνακες, που είναι ο κύριος παράγοντας στον οποίο οφείλονται οι ενεργειακές απώλειες του Κτιρίου Β, αποτυπώνονται με ποιο σκούρο χρώμα.

4.4.3. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Γ

Οι εικόνες που ακολουθούν απεικονίζουν την οροφή του Κτιρίου Γ.



Εικόνα 4.12 : Οροφή Κτιρίου Γ (1)



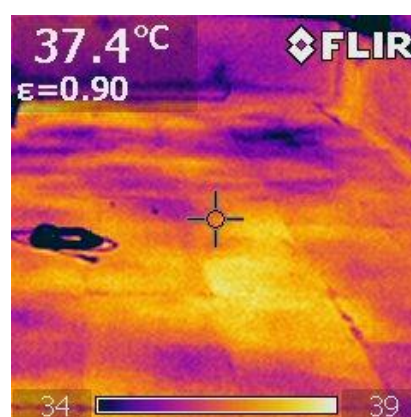
Εικόνα 4.13 : Οροφή Κτιρίου Γ (2)



Εικόνα 4.14 : Οροφή Κτιρίου Γ (3)



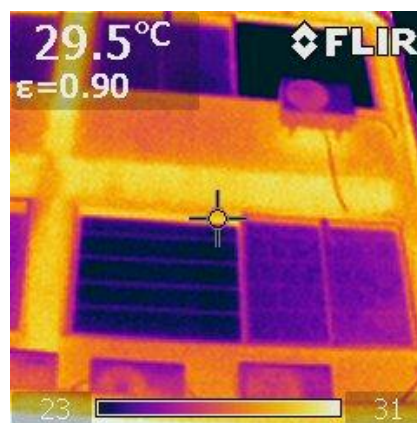
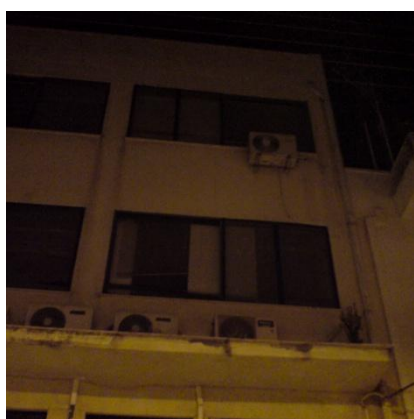
Εικόνα 4.15 : Οροφή Κτιρίου Γ (4)



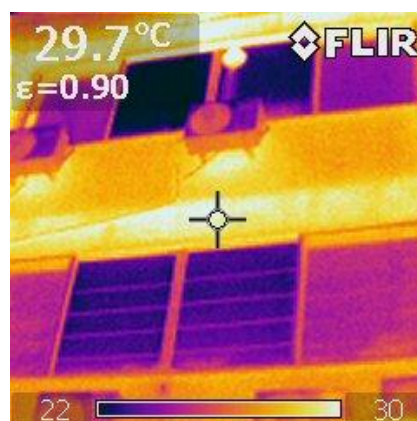
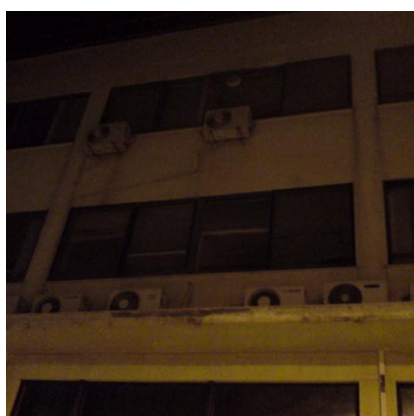
Εικόνα 4.16 : Οροφή Κτιρίου Γ (5)

Στις προηγούμενες εικόνες θα σημεία που αντιμετωπίζουν προβλήματα υγρασίας φαίνονται αρχικά στην κανονική φωτογραφία, ενώ μπορούν να γίνουν αντιληπτά και στη θερμοφωτογραφία με τις πιο ανοιχτές αποχρώσεις (υψηλές θερμοκρασίες) λόγω της υψηλής θερμοχωρητικότητας του νερού.

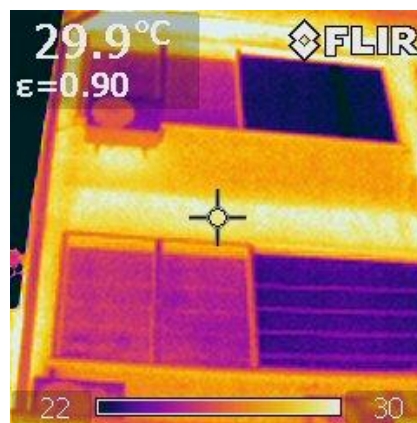
Οι εικόνες που ακολουθούν προέρχονται από την πρόσοψη του Κτιρίου Γ.



Εικόνα 4.17 : Πρόσοψη Κτιρίου Γ (1)



Εικόνα 4.18 : Πρόσοψη Κτιρίου Γ (2)



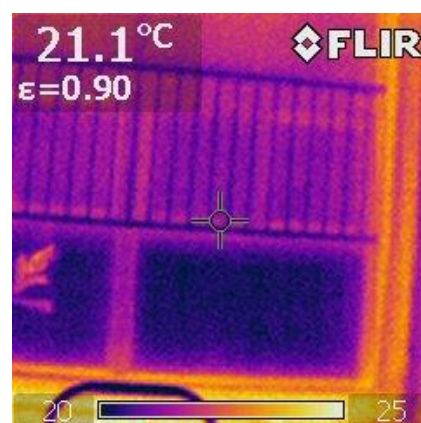
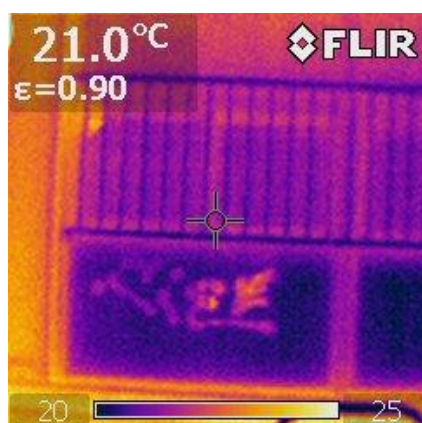
Εικόνα 4.19 : Πρόσοψη Κτιρίου Γ (3)

Η διαφορά στη χρωματική απόχρωση, δηλαδή η διαφορά στη θερμοκρασία οφείλεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα και θερμοπερατότητα των υαλοπινάκων και του τοίχου.

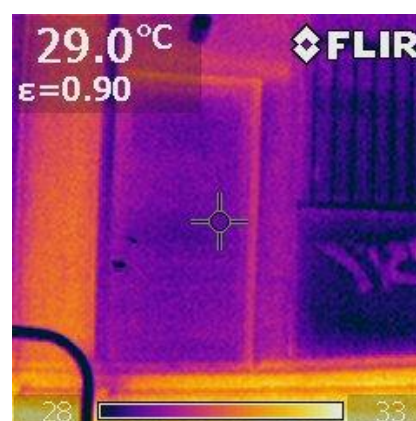
Στις εικόνες αυτές παρατηρείται πως οι γυάλινοι υαλοπίνακες, που είναι ο κύριος παράγοντας στον οποίο οφείλονται οι ενεργειακές απώλειες του Κτιρίου Γ, αποτυπώνονται με ποιο σκούρο χρώμα.

4.4.4. Θερμοφωτογραφίες Κτιρίου Δ

Οι εικόνες που ακολουθούν προέρχονται από την πρόσοψη του Κτιρίου Δ.



Εικόνα 4.20 : Πρόσοψη Κτιρίου Δ (1)



Εικόνα 4.21 : Πρόσοψη Κτιρίου Δ (2)

Στις εικόνες αυτές παρατηρείται πως οι τα κουφώματα, αποτυπώνονται με ποιο σκούρο χρώμα.

Η διαφορά στη χρωματική απόχρωση ανάμεσα στα κουφώματα και τους τοίχους, οφείλεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα και θερμοπερατότητα των δύο στοιχείων. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό πως οι απώλειες λόγω κουφωμάτων είναι εντονότερες σε σχέση με αυτές που οφείλονται στους τοίχους του Κτιρίου Δ.

Κεφάλαιο 5 :

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.1. Εισαγωγή

Από το προηγούμενο κεφάλαιο, έχει γίνει κατανοητό πως τα κτίρια μας έχουν ανάγκη από δράσεις που θα έχουν ως στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής τους αποδοτικότητας.

Σημαντικό ρόλο ως προς την κατεύθυνση αυτή μπορεί να διαδραματίσει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου, ο οποίος ελαχιστοποιώντας τις απώλειες ενός κτιρίου και αξιοποιώντας τις φυσικές πηγές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, μπορεί να οδηγήσει στη βέλτιστη ενεργειακά συμπεριφορά ενός κτιρίου. Κάτι τέτοιο όμως προϋποθέτει (όπως λέει και η λέξη άλλωστε) το σχεδιασμό, τη μελέτη δηλαδή πριν από την κατασκευή. Γιατί μόνο τότε, η χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορεί να έχει ουσιαστικά αποτελέσματα.

Έτσι, αυτό που μπορεί να γίνει είναι να προταθούν κάποιες διορθωτικές κινήσεις-δράσεις πάνω στις υφιστάμενες υποδομές. Παρατίθενται, λοιπόν, για κάθε κτίριο οι προτεινόμενες δράσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ενεργειακά και ενίοτε οικονομικά καλύτερη λειτουργία των κτιρίων.

Για την αξιολόγηση των εκάστοτε επενδύσεων θα χρησιμοποιηθεί το κριτήριο της Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ). Η ΚΠΑ υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

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

όπου:

K: αρχική επένδυση

F_t: 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

Θα εξεταστεί επίσης η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ), η οποία προσδιορίζει 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 και προκύπτει από τη λύση της εξίσωσης: $NPV_{(N=DPB)} = 0$.

Τέλος θα υπολογιστεί ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA), ο οποίος είναι το επιτόκιο για το οποίο μηδενίζεται η ΚΠΑ στον επιλεγμένο κύκλο ζωής της επένδυσης.

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

5.2. Κτίριο A

5.2.1. Δράσεις για το φωτισμό

5.2.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας

Προτείνεται η τοποθέτηση ανιχνευτών κίνησης και κίνησης-θερμοκρασίας στους διάφορους χώρους του κτιρίου. Οι πρώτοι ανιχνεύουν αποκλειστικά την κίνηση και θέτουν σε λειτουργία το φωτισμό για κάποιο χρονικό διάστημα ενώ οι δεύτεροι ανιχνεύουν τόσο την κίνηση όσο και τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται να υπάρχει απαραίτητα κίνηση μέσα σε μια αίθουσα ώστε να είναι σε λειτουργία ο φωτισμός.

Το κόστος των πρώτων είναι 30 €/μονάδα και των δεύτερων 60 €/μονάδα. Για τη δράση αυτή χρειάστηκαν 1 ανιχνευτής κίνησης και 16 ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας. Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης προέκυψε $K=990$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 10.541 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή υπολογίζεται στο 10% που μεταφράζεται σε 148 € ετησίως.

Για την επένδυση μας έχουμε:

$$K=990 \text{ €}$$

$$F_i=148 \text{ €}$$

Έτσι προκύπτει $KPA=149,69$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPA=9$ έτη και $EBA=0,0801$ ή $EBA=8,01\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.1: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την τοποθέτηση αισθητήρων στο Κτίριο Α.

K: αρχική επένδυση	-990 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 148 €
	2 ^ο έτος: 148 €
	3 ^ο έτος: 148 €
	4 ^ο έτος: 148 €
	5 ^ο έτος: 148 €
	6 ^ο έτος: 148 €
	7 ^ο έτος: 148 €
	8 ^ο έτος: 148 €
	9 ^ο έτος: 148 €
	10 ^ο έτος: 148 €
ΚΠΑ	149,69 €
ΕΠΑ	9 ^ο έτος
ΕΒΑ	8,01%

5.2.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού

Οι φωτιστικές διατάξεις του κτιρίου περιλαμβάνουν μαγνητικά ballast (αντισταθμιστικές διατάξεις) που παρέχουν το επίπεδο τάσης που απαιτείται για την εκκίνηση του ηλεκτρικού τόξου και τη ρύθμιση της έντασης του.

Στο σημείο αυτό προτείνεται η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά. Η δράση αυτή δρα επικουρικά στην εξοικονόμηση ενέργειας γιατί μέσω αυτής επιτυγχάνονται:

- καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα
- χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα
- μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 11,06 € για δύο φωτιστικά σώματα φθορισμού των 18W, 12,30 € για 2 φωτιστικά σώματα των 36W και 11,06 € για ένα φωτιστικό σώμα των 36W και 14,16 € για 2 φωτιστικά σώματα των 58W. Έτσι προκύπτει $K=765$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 10.541 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 20% που μεταφράζεται σε 295€ ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ=1.514,38 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=3 έτη και ΕΒΑ=0,3692 ή ΕΒΑ=36,92%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.2: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού στο Κτίριο Α.

K: αρχική επένδυση	-765 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 295 €
	2 ^ο έτος: 295 €
	3 ^ο έτος: 295 €
	4 ^ο έτος: 295 €
	5 ^ο έτος: 295 €
	6 ^ο έτος: 295 €
	7 ^ο έτος: 295 €
	8 ^ο έτος: 295 €
	9 ^ο έτος: 295 €
	10 ^ο έτος: 295 €
ΚΠΑ	1.514,38 €
ΕΠΑ	3 ^ο έτος
ΕΒΑ	36,92 %

5.2.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση

5.2.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 700 € για κάθε σώμα των 9.000 btu και 900 € για κάθε σώμα των 12.000 btu. Χρειάστηκαν 15 σώματα των 9.000 btu και 3 σώματα των 12.000 btu. Έτσι προκύπτει Κ=13.200 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 44.296 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 46% που μεταφράζεται σε 2.853 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ=8.830,65 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=6 έτη και ΕΒΑ=0,1719 ή ΕΒΑ=17,19%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.3: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5 στο Κτίριο Α.

Κ: αρχική επένδυση	-13.200 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 2.853 €
	2 ^ο έτος: 2.853 €
	3 ^ο έτος: 2.853 €
	4 ^ο έτος: 2.853 €
	5 ^ο έτος: 2.853 €
	6 ^ο έτος: 2.853 €
	7 ^ο έτος: 2.853 €
	8 ^ο έτος: 2.853 €
	9 ^ο έτος: 2.853 €
	10 ^ο έτος: 2.853 €
ΚΠΑ	8.830,65 €
ΕΠΑ	6 ^ο έτος
ΕΒΑ	17,19 %

5.2.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 1000 € για κάθε σώμα των 9.000 btu και 1300 € για κάθε σώμα των 12.000 btu. Χρειάστηκαν 15 σώματα των 9.000 btu και 3 σώματα των 12.000 btu. Έτσι προκύπτει Κ=18.900 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 44.296 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 63% που μεταφράζεται σε 3.907 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ=11.272,41 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=6 έτη και ΕΒΑ= 0,1598 ή ΕΒΑ=15,98%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.4: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,ΕΕR~5,5 στο Κτίριο Α.

Κ: αρχική επένδυση	-18.900 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 3.907 €
	2 ^ο έτος: 3.907 €
	3 ^ο έτος: 3.907 €
	4 ^ο έτος: 3.907 €
	5 ^ο έτος: 3.907 €
	6 ^ο έτος: 3.907 €
	7 ^ο έτος: 3.907 €
	8 ^ο έτος: 3.907 €
	9 ^ο έτος: 3.907 €
	10 ^ο έτος: 3.907 €
ΚΠΑ	11.272,41 €
ΕΠΑ	6 ^ο έτος
ΕΒΑ	15,98 %

5.2.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι: $K=8.000$ €

Για τη θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 29.697,5 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 40% που μεταφράζεται σε 1.663 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ=4.844 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=6 έτη και ΕΒΑ=0,1613 ή ΕΒΑ=16,13%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.5: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την εγκατάσταση Φυσικού Αερίου στο Κτίριο Α.

Κ: αρχική επένδυση	-8.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 1.663 €
	2 ^ο έτος: 1.663 €
	3 ^ο έτος: 1.663 €
	4 ^ο έτος: 1.663 €
	5 ^ο έτος: 1.663 €
	6 ^ο έτος: 1.663 €
	7 ^ο έτος: 1.663 €
	8 ^ο έτος: 1.663 €
	9 ^ο έτος: 1.663 €
	10 ^ο έτος: 1.663 €
ΚΠΑ	4.844 €
ΕΠΑ	6 ^ο έτος
ΕΒΑ	16,13 %

5.2.3. Δράσεις για το κελύφος

5.2.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 40 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που μπορεί να μονωθεί εξωτερικά είναι 965,41 m². Έτσι προκύπτει K=38.616 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 44.296 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 50% που μεταφράζεται σε 3.101 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -14.670 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=20 έτη και ΕΒΑ= -0,038 ή ΕΒΑ= -3,8%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.6: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους στο Κτίριο Α.

Κ: αρχική επένδυση	-38.616 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 3.101 €
	2 ^ο έτος: 3.101 €
	3 ^ο έτος: 3.101 €
	4 ^ο έτος: 3.101 €
	5 ^ο έτος: 3.101 €
	6 ^ο έτος: 3.101 €
	7 ^ο έτος: 3.101 €
	8 ^ο έτος: 3.101 €
	9 ^ο έτος: 3.101 €
	10 ^ο έτος: 3.101 €
ΚΠΑ	-14.670 €
ΕΠΑ	20 ^ο έτος
ΕΒΑ	-3,8%

5.2.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 30 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που καλύπτεται από μονούς υαλοπίνακες είναι 205,45 m². Έτσι προκύπτει Κ=6.134 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 44.296 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 15% που μεταφράζεται σε 930 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= 1.020 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=9 έτη και ΕΒΑ= 0,0828 ή ΕΒΑ= 8,28%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς στο Κτίριο Α.

Κ: αρχική επένδυση	-6.134 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 930 €
	2 ^ο έτος: 930 €
	3 ^ο έτος: 930 €
	4 ^ο έτος: 930 €
	5 ^ο έτος: 930 €
	6 ^ο έτος: 930 €
	7 ^ο έτος: 930 €
	8 ^ο έτος: 930 €
	9 ^ο έτος: 930 €
	10 ^ο έτος: 930 €
ΚΠΑ	-1.020 €
ΕΠΑ	9 ^ο έτος
ΕΒΑ	8,28%

5.3. Κτίριο Β

5.3.1. Δράσεις για το φωτισμό

5.3.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας

Για τη δράση αυτή χρειάστηκαν 3 ανιχνευτές κίνησης και 11 ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας. Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης προέκυψε $K=750$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 3.464 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή υπολογίζεται στο 10% που μεταφράζεται σε 49 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -375,47 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=33 έτη και ΕΒΑ= -0,0723 ή ΕΒΑ= -7,23%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.8: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την τοποθέτηση αισθητήρων στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-750 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 49 €
	2 ^ο έτος: 49 €
	3 ^ο έτος: 49 €
	4 ^ο έτος: 49 €
	5 ^ο έτος: 49 €
	6 ^ο έτος: 49 €
	7 ^ο έτος: 49 €
	8 ^ο έτος: 49 €
	9 ^ο έτος: 49 €
	10 ^ο έτος: 49 €
ΚΠΑ	-375,47 €
ΕΠΑ	33 ^ο έτος
ΕΒΑ	-7,23%

5.3.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 11,06 € για δύο φωτιστικά σώματα φθορισμού των 18W και 12,30 € για 2 φωτιστικά σώματα των 36W. Έτσι προκύπτει $K=683$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 3.464 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 20% που μεταφράζεται σε 97 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPIA=66,05$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη $EPA=9$ έτη και $EBA=0,0695$ ή $EBA=6,95\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των $KPIA$, EPA και EBA .

Πίνακας 5.9: Υπολογισμός $KPIA$, EPA και EBA για την αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-683 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 97 €
	2 ^ο έτος: 97 €
	3 ^ο έτος: 97 €
	4 ^ο έτος: 97 €
	5 ^ο έτος: 97 €
	6 ^ο έτος: 97 €
	7 ^ο έτος: 97 €
	8 ^ο έτος: 97 €
	9 ^ο έτος: 97 €
	10 ^ο έτος: 97 €
KPIA	66,05 €
EPA	9 ^ο έτος
EBA	6,95%

5.3.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση

5.3.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.

Χρειάστηκαν 10 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει $K=7.000 \text{ €}$.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 9.779 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 46% που μεταφράζεται σε 630 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -2.136,41 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=17 έτη και ΕΒΑ=-0,0188 ή ΕΒΑ= -1,88%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5 στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-7.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 630 €
	2 ^ο έτος: 630 €
	3 ^ο έτος: 630 €
	4 ^ο έτος: 630 €
	5 ^ο έτος: 630 €
	6 ^ο έτος: 630 €
	7 ^ο έτος: 630 €
	8 ^ο έτος: 630 €
	9 ^ο έτος: 630 €
	10 ^ο έτος: 630 €
ΚΠΑ	-2.136,41 €
ΕΠΑ	17 ^ο έτος
ΕΒΑ	-1,88%

5.3.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 1000 € για κάθε σώμα των 9.000 btu. Χρειάστηκαν 10 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει $K=10.000$ €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 9.779 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 63% που μεταφράζεται σε 863 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -3.339 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=18 έτη και ΕΒΑ= -0,026 ή ΕΒΑ= -2,6%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.11: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5 στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-10.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 863 €
	2 ^ο έτος: 863 €
	3 ^ο έτος: 863 €
	4 ^ο έτος: 863 €
	5 ^ο έτος: 863 €
	6 ^ο έτος: 863 €
	7 ^ο έτος: 863 €
	8 ^ο έτος: 863 €
	9 ^ο έτος: 863 €
	10 ^ο έτος: 863 €
ΚΠΑ	-3.339 €
ΕΠΑ	18 ^ο έτος
ΕΒΑ	-2,6%

5.3.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι: $K=5.000 \text{ €}$

Για τη θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 6.386 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 40% που μεταφράζεται σε 358 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPIA = -2.238,19 \text{ €}$. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPIA=25 \text{ έτη}$ και $EBA = -0,0567$ ή $EBA = -5,67\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των $KPIA$, $EPIA$ και EBA .

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός $KPIA$, $EPIA$ και EBA για την εγκατάσταση Φυσικού Αερίου στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-5.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 358 €
	2 ^ο έτος: 358 €
	3 ^ο έτος: 358 €
	4 ^ο έτος: 358 €
	5 ^ο έτος: 358 €
	6 ^ο έτος: 358 €
	7 ^ο έτος: 358 €
	8 ^ο έτος: 358 €
	9 ^ο έτος: 358 €
	10 ^ο έτος: 358 €
KPIA	-2.238,19 €
EPIA	25 ^ο έτος
EBA	-5,67%

5.3.3. Δράσεις για το κέλυφος

5.3.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 40 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που μπορεί να μονωθεί εξωτερικά είναι 371 m². Έτσι προκύπτει K=14.840 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 9.779 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 50% που μεταφράζεται σε 685 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -9.553,49 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ>100 έτη και ΕΒΑ= -0,1205 ή ΕΒΑ= -12,05%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.13: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-14.840 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 685 €
	2 ^ο έτος: 685 €
	3 ^ο έτος: 685 €
	4 ^ο έτος: 685 €
	5 ^ο έτος: 685 €
	6 ^ο έτος: 685 €
	7 ^ο έτος: 685 €
	8 ^ο έτος: 685 €
	9 ^ο έτος: 685 €
	10 ^ο έτος: 685 €
ΚΠΑ	-9.553,49 €
ΕΠΑ	>100 ^ο έτος
ΕΒΑ	-12,05%

5.3.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς

Το κτίριο διαθέτει κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες.

5.4. Κτίριο Γ

5.4.1. Δράσεις για το φωτισμό

5.4.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας

Για τη δράση αυτή χρειάστηκαν 9 ανιχνευτές κίνησης και 16 ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας. Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης προέκυψε $K=1.230$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 3.145 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή υπολογίζεται στο 10% που μεταφράζεται σε 44 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA = -889,96$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPA > 100$ έτη και $EBA = -0,1533$ ή $EBA = -15,33\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA , EPA και EBA .

Πίνακας 5.14: Υπολογισμός KPA , EPA και EBA για την τοποθέτηση αισθητήρων στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-1.230 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 44 €
	2 ^ο έτος: 44 €
	3 ^ο έτος: 44 €
	4 ^ο έτος: 44 €
	5 ^ο έτος: 44 €
	6 ^ο έτος: 44 €
	7 ^ο έτος: 44 €
	8 ^ο έτος: 44 €
	9 ^ο έτος: 44 €
	10 ^ο έτος: 44 €
KPA	-889,96 €
EPA	>100 ^ο έτος
EBA	-15,33%

5.4.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 11,06 € για δύο φωτιστικά σώματα και 9,82 € για ένα φωτιστικό σώμα των 18W και 11,06 € για ένα φωτιστικό σώμα και 12,30 € για 2 φωτιστικά σώματα των 36W. Έτσι προκύπτει $K=612$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 3.145 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 20% που μεταφράζεται σε 88 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA=68,07$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη $EPA=9$ έτη και $EBA=0,0723$ ή $EBA=7,23\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA , EPA και EBA .

Πίνακας 5.15: Υπολογισμός KPA , EPA και EBA για την αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-612 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 88 €
	2 ^ο έτος: 88 €
	3 ^ο έτος: 88 €
	4 ^ο έτος: 88 €
	5 ^ο έτος: 88 €
	6 ^ο έτος: 88 €
	7 ^ο έτος: 88 €
	8 ^ο έτος: 88 €
	9 ^ο έτος: 88 €
	10 ^ο έτος: 88 €
KPA	68,07 €
EPA	9 ^ο έτος
EBA	7,23%

5.4.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση

5.4.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.

Χρειάστηκαν 21 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει $K=14.700 \text{ €}$.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 26.675,25 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 46% που μεταφράζεται σε 1718 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPIA = -1.433,04 \text{ €}$. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPA=12 \text{ έτη}$ και $EBA=0,0294$ ή $EBA=2,94\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των $KPIA$, EPA και EBA .

Πίνακας 5.16: Υπολογισμός $KPIA$, EPA και EBA για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5 στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-14.700 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 1718 €
	2 ^ο έτος: 1718 €
	3 ^ο έτος: 1718 €
	4 ^ο έτος: 1718 €
	5 ^ο έτος: 1718 €
	6 ^ο έτος: 1718 €
	7 ^ο έτος: 1718 €
	8 ^ο έτος: 1718 €
	9 ^ο έτος: 1718 €
	10 ^ο έτος: 1718 €
KPIA	-1.433,04 €
EPA	12 ^ο έτος
EBA	2,94%

5.4.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 1000 € για κάθε σώμα των 9.000 btu. Χρειάστηκαν 21 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει $K=21.000$ €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 26.675,25 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 63% που μεταφράζεται σε 2.353 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA = -2.830$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPA = 13$ έτη και $EBA = 0,0212$ ή $EBA = 2,12\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA , EPA και EBA .

Πίνακας 5.17: Υπολογισμός KPA , EPA και EBA για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5 στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-21.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 2.353 €
	2 ^ο έτος: 2.353 €
	3 ^ο έτος: 2.353 €
	4 ^ο έτος: 2.353 €
	5 ^ο έτος: 2.353 €
	6 ^ο έτος: 2.353 €
	7 ^ο έτος: 2.353 €
	8 ^ο έτος: 2.353 €
	9 ^ο έτος: 2.353 €
	10 ^ο έτος: 2.353 €
KPA	-2.830 €
EPA	13 ^ο έτος
EBA	2,12%

5.4.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι: $K=7.000 \text{ €}$

Για τη θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 17.235,8 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 40% που μεταφράζεται σε 965 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA= 454,12 \text{ €}$. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη $EPA=10 \text{ έτη}$ και $EBA= 0,0632$ ή $EBA= 6,32\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA, EPA και EBA .

Πίνακας 5.18: Υπολογισμός KPA, EPA και EBA για την εγκατάσταση Φυσικού Αερίου στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-7.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 965 €
	2 ^ο έτος: 965 €
	3 ^ο έτος: 965 €
	4 ^ο έτος: 965 €
	5 ^ο έτος: 965 €
	6 ^ο έτος: 965 €
	7 ^ο έτος: 965 €
	8 ^ο έτος: 965 €
	9 ^ο έτος: 965 €
	10 ^ο έτος: 965 €
KPA	454,12 €
EPA	10 ^ο έτος
EBA	6,32%

5.4.3. Δράσεις για το κέλυφος

5.4.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 40 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που μπορεί να μονωθεί εξωτερικά είναι 335,41 m². Έτσι προκύπτει K=13.416 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 26.675,25 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 50% που μεταφράζεται σε 1868 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= 1.004 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=10 έτη και ΕΒΑ= 0,0651 ή ΕΒΑ= 6,51%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.19: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-13.416 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 1868 €
	2 ^ο έτος: 1868 €
	3 ^ο έτος: 1868 €
	4 ^ο έτος: 1868 €
	5 ^ο έτος: 1868 €
	6 ^ο έτος: 1868 €
	7 ^ο έτος: 1868 €
	8 ^ο έτος: 1868 €
	9 ^ο έτος: 1868 €
	10 ^ο έτος: 1868 €
ΚΠΑ	1.004 €
ΕΠΑ	10 ^ο έτος
ΕΒΑ	6,51%

5.4.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 30 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που καλύπτεται από μονούς υαλοπίνακες είναι 119,04 m². Έτσι προκύπτει K=3.571 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 26.675,25 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 15% που μεταφράζεται σε 560 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= 754,98 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=8 έτη και ΕΒΑ= 0,0915 ή ΕΒΑ= 9,15%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.20: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς στο Κτίριο Γ.

K: αρχική επένδυση	-3.571 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 560 €
	2 ^ο έτος: 560 €
	3 ^ο έτος: 560 €
	4 ^ο έτος: 560 €
	5 ^ο έτος: 560 €
	6 ^ο έτος: 560 €
	7 ^ο έτος: 560 €
	8 ^ο έτος: 560 €
	9 ^ο έτος: 560 €
	10 ^ο έτος: 560 €
ΚΠΑ	754,98 €
ΕΠΑ	8 ^ο έτος
ΕΒΑ	9,15%

5.5. Κτίριο Δ

5.5.1. Δράσεις για το φωτισμό

5.5.1.1. Ανιχνευτής κίνησης-θερμοκρασίας

Για τη δράση αυτή χρειάστηκαν 2 ανιχνευτές κίνησης και 7 ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας. Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης προέκυψε $K=480$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 2.126 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή υπολογίζεται στο 10% που μεταφράζεται σε 30 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -250,14 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=34 έτη και ΕΒΑ= -0,0786 ή ΕΒΑ= -7,86%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.21: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την τοποθέτηση αισθητήρων στο Κτίριο Δ.

K: αρχική επένδυση	-480 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 30 €
	2 ^ο έτος: 30 €
	3 ^ο έτος: 30 €
	4 ^ο έτος: 30 €
	5 ^ο έτος: 30 €
	6 ^ο έτος: 30 €
	7 ^ο έτος: 30 €
	8 ^ο έτος: 30 €
	9 ^ο έτος: 30 €
	10 ^ο έτος: 30 €
ΚΠΑ	-250,14€
ΕΠΑ	34 ^ο έτος
ΕΒΑ	-7,86%

5.5.1.2. Αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού

Το κόστος της αντικατάστασης αυτής είναι: 9,82 € για 1 φωτιστικό σώμα φθορισμού των 18W και 11,06 € για 1 φωτιστικό σώμα των 36W. Έτσι προκύπτει $K=364$ €.

Για το φωτισμό του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 2.126 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 20% που μεταφράζεται σε 60 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA=95,73$ €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη $EPA=8$ έτη και $EBA=0,1012$ ή $EBA=10,12\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA , EPA και EBA .

Πίνακας 5.22: Υπολογισμός KPA , EPA και EBA για την αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού στο Κτίριο Β.

K: αρχική επένδυση	-364 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 60 €
	2 ^ο έτος: 60 €
	3 ^ο έτος: 60 €
	4 ^ο έτος: 60 €
	5 ^ο έτος: 60 €
	6 ^ο έτος: 60 €
	7 ^ο έτος: 60 €
	8 ^ο έτος: 60 €
	9 ^ο έτος: 60 €
	10 ^ο έτος: 60 €
KPA	95,73 €
EPA	8 ^ο έτος
EBA	10,12%

5.5.2. Δράσεις για την ψύξη/θέρμανση

5.5.2.1. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5.

Χρειάστηκαν 8 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει $K=5.600 \text{ €}$.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 11.565 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 46% που μεταφράζεται σε 745 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= 151,86 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=10 έτη και ΕΒΑ= 0,0555 ή ΕΒΑ= 5,55%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.23: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~3,5 στο Κτίριο Δ.

K: αρχική επένδυση	-5.600 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 745 €
	2 ^ο έτος: 745 €
	3 ^ο έτος: 745 €
	4 ^ο έτος: 745 €
	5 ^ο έτος: 745 €
	6 ^ο έτος: 745 €
	7 ^ο έτος: 745 €
	8 ^ο έτος: 745 €
	9 ^ο έτος: 745 €
	10 ^ο έτος: 745 €
ΚΠΑ	151,86 €
ΕΠΑ	10 ^ο έτος
ΕΒΑ	5,55%

5.5.2.2. Αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5.

Χρειάστηκαν 8 σώματα των 9.000 btu. Έτσι προκύπτει K=8.000 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 11.565 kWh, με κόστος 0,14002€/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 63% που μεταφράζεται σε 1020 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= -122,45 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη ΕΠΑ=11 έτη και ΕΒΑ= 0,0468 ή ΕΒΑ= 4,68%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.24: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την αντικατάσταση των υπαρχόντων κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter, ενεργειακής κλάσης A και COP,EER~5,5 στο Κτίριο Δ.

K: αρχική επένδυση	-8.000 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 1020 €
	2 ^ο έτος: 1020 €
	3 ^ο έτος: 1020 €
	4 ^ο έτος: 1020 €
	5 ^ο έτος: 1020 €
	6 ^ο έτος: 1020 €
	7 ^ο έτος: 1020 €
	8 ^ο έτος: 1020 €
	9 ^ο έτος: 1020 €
	10 ^ο έτος: 1020 €
ΚΠΑ	-122,45 €
ΕΠΑ	11 ^ο έτος
ΕΒΑ	4,68%

5.5.2.3. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου.

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι: $K=4.500 \text{ €}$

Για τη θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 7.128 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 40% που μεταφράζεται σε 399 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει $KPA = -1.417,29 \text{ €}$. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Ακόμη $EPA = 17 \text{ έτη}$ και $EBA = -0,0212$ ή $EBA = -2,12\%$.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των KPA, EPA και EBA .

Πίνακας 5.25: Υπολογισμός KPA, EPA και EBA για την εγκατάσταση Φυσικού Αερίου στο Κτίριο Δ.

K: αρχική επένδυση	-4.500 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 399 €
	2 ^ο έτος: 399 €
	3 ^ο έτος: 399 €
	4 ^ο έτος: 399 €
	5 ^ο έτος: 399 €
	6 ^ο έτος: 399 €
	7 ^ο έτος: 399 €
	8 ^ο έτος: 399 €
	9 ^ο έτος: 399 €
	10 ^ο έτος: 399 €
KPA	-1.417,29 €
EPA	17 ^ο έτος
EBA	-2,12%

5.5.3. Δράσεις για το κέλυφος

5.5.3.1. Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους

Το κόστος της επένδυσης αυτής είναι 40 €/m². Το συνολικό εμβαδό του κελύφους που μπορεί να μονωθεί εξωτερικά είναι 100,46 m². Έτσι προκύπτει K=4.018 €.

Για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου καταναλώνονται ετησίως 11.565 kWh, με κόστος 0,14002 €/kWh. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη δράση αυτή είναι της τάξης του 35% που μεταφράζεται σε 567 € ετησίως.

Έτσι προκύπτει ΚΠΑ= 358 €. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ακόμη ΕΠΑ=9 έτη και ΕΒΑ= 0,068 ή ΕΒΑ= 6,8%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ.

Πίνακας 5.26: Υπολογισμός ΚΠΑ,ΕΠΑ και ΕΒΑ για την εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους στο Κτίριο Δ.

K: αρχική επένδυση	-4.018 €
d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης	10 έτη
F_t: ετήσιο καθαρό όφελος	1 ^ο έτος: 567 €
	2 ^ο έτος: 567 €
	3 ^ο έτος: 567 €
	4 ^ο έτος: 567 €
	5 ^ο έτος: 567 €
	6 ^ο έτος: 567 €
	7 ^ο έτος: 567 €
	8 ^ο έτος: 567 €
	9 ^ο έτος: 567 €
	10 ^ο έτος: 567 €
ΚΠΑ	358 €
ΕΠΑ	9 ^ο έτος
ΕΒΑ	6,8%

5.5.3.2. Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς

Το κτίριο διαθέτει κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες.

5.6. Διαμόρφωση προτάσεων

Από την προηγούμενη ανάλυση θα εξαχθούν κάποια συμπεράσματα σχετικά με τις τελικές προτάσεις που θα γίνουν σχετικά με τις δράσεις για την ενεργειακή βελτίωση των κτιρίων.

5.6.1. Κτίριο Α

Για το Κτίριο Α, οι μελετηθείσες δράσεις ενεργειακής βελτίωσης με τα βασικά τους οικονομικά μεγέθη, είναι συγκεντρωμένα στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.27: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για το Κτίριο Α

Δράσεις	Αρχική επένδυση K (€)	Καθαρά ετήσια έσοδα F _t (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΠΑ (έτη)	ΕΒΑ (%)
Φωτισμός					
1.Ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας	990	148	149,69	9	8,01
2.Ηλεκτρονικά ballast	765	295	1.514,38	3	36,92
Ψύξη/Θέρμανση					
1.Κλιματιστικά με COP,ΕΕR~3,5	13.200	2.853	8.830,65	6	17,19
2.Κλιματιστικά με COP,ΕΕR~5,5	18.900	3.907	11.272,41	6	15,98
3.Εγκατάσταση ΦΑ	8.000	1.663	4.844	6	16,13
Κέλυφος					
1.Εξ. θερμομόνωση	38.616	3.101	-14.670	20	-3,8
2.Αντικ. υαλοπινάκων	6.134	930	1.020	9	8,28

- Από τα στοιχεία αυτά παρατηρούμε ότι η μόνη προτεινόμενη δράση που ίσως δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα είναι η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους αφού έχει ΚΠΑ<0 και ΕΠΑ=20>10. Εντούτοις, η απόφαση για μια τέτοια επένδυση αφήνεται στην κρίση του επενδυτή αφού μια δράση αυτής της μορφής πρακτικά δεν έχει ημερομηνία λήξης στα 10 χρόνια, αλλά ακολουθεί το κτίριο για πολύ περισσότερο μετά την εφαρμογή της.
- Όλες οι υπόλοιπες δράσεις που μελετήθηκαν για το κτίριο αυτό προκύπτουν οικονομικά βιώσιμες αφού ΚΠΑ>0, ΕΠΑ≤10 και ΕΒΑ>5%.

ΑΡΑ, θα προταθούν όλες οι παραπάνω δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για το Κτίριο Α, με μία επιφύλαξη σε ότι αφορά στην εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.

5.6.2. Κτίριο Β

Για το Κτίριο Β, οι μελετηθείσες δράσεις ενεργειακής βελτίωσης με τα βασικά τους οικονομικά μεγέθη, είναι συγκεντρωμένα στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.28: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για το Κτίριο Β

Δράσεις	Αρχική επένδυση Κ (€)	Καθαρά ετήσια έσοδα F_t (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΠΑ (έτη)	ΕΒΑ (%)
Φωτισμός					
1.Ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας	750	49	-357,47	33	-7,23
2.Ηλεκτρονικά ballast	683	97	66,05	9	6,95
Ψύξη/Θέρμανση					
1.Κλιματιστικά με COP, EER~3,5	7.000	630	-2.136,41	17	-1,88
2.Κλιματιστικά με COP, EER~5,5	10.000	863	-3.339	18	-2,6
3.Εγκατάσταση ΦΑ	5.000	358	-2.238,2	25	-5,67
Κέλυφος					
1.Εξ. θερμομόνωση	14.840	685	-9.553,49	-	-12,05

- Σχετικά με τους *ανιχνευτές κίνησης*, η αρνητική τιμή της ΚΠΑ και η ΕΠΑ=33 καθιστούν την επένδυση μη συμφέρουσα.
- Για όλες τις δράσεις στο κομμάτι *Ψύξη/Θέρμανση*, τόσο η αρνητική ΚΠΑ όσο και η ΕΠΑ που είναι πολύ πάνω από το 10ετή κύκλο ζωής για τον οποίο εξετάστηκαν οι επενδύσεις, τις καθιστούν μη συμφέρουσες. Η μόνη περίπτωση να γίνουν οι επενδύσεις αυτές οικονομικά υλοποιήσιμες είναι ίσως κάποιες οικονομικές διευκολύνσεις από την πλευρά του κράτους υπό τη μορφή επιδοτήσεων, φορολογικών απαλλαγών, κτλ.
- Για την *εξωτερική θερμομόνωση* του κελύφους τώρα πέρα από την αρνητική ΚΠΑ παρατηρούμε ότι η επένδυση αυτή με τα υφιστάμενα οικονομικά δεδομένα δε θα αποπληρωθεί ποτέ. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι η επένδυση αυτή κρίνεται ακατάλληλη.

Οι παραπάνω επενδύσεις θα είχαν διαφορετικά οικονομικά μεγέθη αν το Κτίριο Β είχε αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση με το Κτίριο Α, αφού η εξοικονόμηση από κάθε δράση θα ήταν σαφώς μεγαλύτερη.

Οι επενδύσεις στις οποίες δε γίνεται αναφορά κρίνονται για ευνόητους λόγους οικονομικά βιώσιμες (λόγω $KPA > 0$, $EPA \leq 10$ έτη και $EBA > 5\%$).

ΑΡΑ, η μόνη δράση που θα προταθεί για το Κτίριο Β, είναι η αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού.

5.6.3. Κτίριο Γ

Για το Κτίριο Γ, οι μελετηθείσες δράσεις ενεργειακής βελτίωσης με τα βασικά τους οικονομικά μεγέθη, είναι συγκεντρωμένα στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.29: Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για το Κτίριο Γ

Δράσεις	Αρχική επένδυση K (€)	Καθαρά ετήσια έσοδα F _t (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΠΑ (έτη)	ΕΒΑ (%)
Φωτισμός					
1.Ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας	1.230	44	-889,96	-	-15,33
2.Ηλεκτρονικά ballast	612	88	68,07	9	7,23
Ψύξη/Θέρμανση					
1.Κλιματιστικά με COP, EER~3,5	14.700	1.718	-1.433,04	12	2,94
2.Κλιματιστικά με COP, EER~5,5	21.000	2.353	-2.830	13	2,12
3.Εγκατάσταση ΦΑ	7.000	965	454,12	10	6,32
Κέλυφος					
1.Εξ. θερμομόνωση	13.416	1.868	1.004	10	6,51
2.Αντικ. υαλοπινάκων	3.571	560	755	8	9,15

- Σχετικά με τους *ανιχνευτές κίνησης*, η αρνητική τιμή της ΚΠΑ καθιστά την επένδυση μη συμφέρουσα. Παρατηρείται επίσης ότι αν πραγματοποιούνταν, η επένδυση αυτή δε θα αποπληρωνόταν ποτέ.
- Για την *αντικατάσταση των υφιστάμενων κλιματιστικών μονάδων*, έχουμε μεν αρνητική ΚΠΑ και στις δύο περιπτώσεις. Παρατηρείται, όμως, πως οι ΕΠΑ είναι 12 και 13 έτη αντίστοιχα (όχι δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από τον 10ετή κύκλο ζωής). Συνεπώς, το κατά πόσο είναι η επένδυση αυτή συμφέρουσα αφήνεται στην κρίση του επενδυτή.

Οι παραπάνω επενδύσεις θα είχαν διαφορετικά οικονομικά μεγέθη αν το Κτίριο Γ είχε αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση με το Κτίριο Α, αφού η εξοικονόμηση από κάθε δράση θα ήταν σαφώς μεγαλύτερη.

Οι επενδύσεις στις οποίες δε γίνεται αναφορά κρίνονται για ευνόητους λόγους οικονομικά βιώσιμες (λόγω $KPA > 0$, $EPA \leq 10$ έτη και $EBA > 5\%$).

ΑΡΑ, για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του Κτιρίου Γ προτείνονται:

- ✓ η αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού
- ✓ η εγκατάσταση φυσικού αερίου
- ✓ η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους
- ✓ η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς

5.6.4. Κτίριο Δ

Για το Κτίριο Δ, οι μελετηθείσες δράσεις ενεργειακής βελτίωσης με τα βασικά τους οικονομικά μεγέθη, είναι συγκεντρωμένα στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.30: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για το Κτίριο Δ

Δράσεις	Αρχική επένδυση Κ (€)	Καθαρά ετήσια έσοδα F_t (€)	KPA (€)	EPA (έτη)	EBA (%)
Φωτισμός					
1.Ανιχνευτές κίνησης-θερμοκρασίας	480	30	-250,14	34	-7,86
2.Ηλεκτρονικά ballast	364	60	95,73	8	10,12
Ψύξη/Θέρμανση					
1.Κλιματιστικά με COP,EER~3,5	5.600	745	151,86	10	5,55
2.Κλιματιστικά με COP,EER~5,5	8.000	1.020	-122,45	11	4,68
3.Εγκατάσταση ΦΑ	4.500	399	-1.417,29	17	-2,12
Κέλυφος					
1.Εξ. θερμομόνωση	4.018	567	358,02	9	6,80

- Σχετικά με τους *ανιχνευτές κίνησης*, τόσο η αρνητική τιμή της ΚΠΑ όσο και η ΕΠΑ που είναι 34 έτη καθιστούν την επένδυση μη συμφέρουσα.
- Για την *αντικατάσταση των υφιστάμενων κλιματιστικών μονάδων* με νέες με COP,EER~5,5 κρίνεται οριακά βιώσιμη αφού η ΚΠΑ είναι κοντά στο 0 και η ΕΠΑ είναι 11 έτη (1 δηλαδή περισσότερο από τον 10ετή κύκλο ζωής για τον οποίο εξετάζεται η επένδυση). Συνεπώς, το κατά πόσο είναι η επένδυση αυτή συμφέρουσα αφήνεται στην κρίση του επενδυτή.
- Αναφορικά με την *εγκατάσταση Φυσικού Αερίου* στο κτίριο, τόσο η αρνητική ΚΠΑ όσο και η ΕΠΑ που είναι 17 έτη καθιστούν την επένδυση αντικειμενικά οικονομικά μη βιώσιμη. Επειδή, όμως η δράση αυτή αποτελεί μακροχρόνια επένδυση και ακολουθεί το κτίριο για περισσότερο από το 10ετή κύκλο ζωής για το οποίο εξετάζεται, εν τέλει, η απόφαση για το αν είναι οικονομικά συμφέρουσα ή όχι αφήνεται στην κρίση του επενδυτή.

Οι παραπάνω επενδύσεις θα είχαν διαφορετικά οικονομικά μεγέθη αν το Κτίριο Δ είχε αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση με το Κτίριο Α, αφού η εξοικονόμηση από κάθε δράση θα ήταν σαφώς μεγαλύτερη.

Οι επενδύσεις στις οποίες δε γίνεται αναφορά κρίνονται για ευνόητους λόγους οικονομικά βιώσιμες (λόγω $KPA > 0$, $EPA \leq 10$ έτη και $EBA > 5\%$).

ΑΡΑ, για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του Κτιρίου Δ προτείνονται:

- ✓ η αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast στους λαμπτήρες φθορισμού
- ✓ η αντικατάσταση των παλιών κλιματιστικών με νέα τεχνολογίας Inverter ενεργειακής κλάσης Α.
- ✓ η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους

Κεφάλαιο 6 :

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε Ενεργειακή Επιθεώρηση σε 4 κτίρια. Από την επιθεώρηση αυτή προέκυψαν αδυναμίες στη ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων. Ο πιο ενεργοβόρος τομέας ήταν αυτός της ψύξης/θέρμανσης, αφού ήταν υπεύθυνος για το μεγαλύτερο κομμάτι της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτό οφείλεται κυρίως στα κακής ποιότητας κουφώματα, στη μη ύπαρξη θερμομόνωσης του κελύφους, στη μη ύπαρξη ή την κακή κατάσταση (όπου υπήρχε) της υγραμόνωσης, τη θέρμανση αποκλειστικά με χρήση κλιματιστικών σωμάτων παλιάς τεχνολογίας, καθώς επίσης και στη μη αποδοτική λειτουργία των υφιστάμενων εγκαταστάσεων ψύξης-θέρμανσης. Έτσι υπήρχαν περιθώρια για τη βελτίωση της ενεργειακής ταυτότητας των κτιρίων αυτών και την οικονομικά αποδοτικότερη λειτουργία τους. Κάτι τέτοιο δεν μπορούσε να επιτευχθεί με δράσεις νοικοκυρέματος ή χαμηλού κόστους. Στην κατεύθυνση αυτή προτάθηκαν ορισμένες δράσεις ανακατασκευής για τις οποίες στο προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση. Άλλες από αυτές κρίθηκαν οικονομικά βιώσιμες, άλλες οριακά βιώσιμες ενώ άλλες μη συμφέρουσες.

Για το Κτίριο Α, προτείνονται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης-θερμοκρασίας, η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στους λαμπτήρες φθορισμού, η αντικατάσταση των παλιών κλιματιστικών με νέα καλύτερης απόδοσης, η δημιουργία εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου, η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους και η αντικατάσταση των απλών μονών υαλοπινάκων με διπλούς.

Για το Κτίριο Β, προτείνεται η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στους λαμπτήρες φθορισμού, αφού οι υπόλοιπες δράσεις κρίθηκαν οικονομικά ασύμφορες.

Για το Κτίριο Γ, προτείνονται η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στους λαμπτήρες φθορισμού, η αντικατάσταση των παλιών κλιματιστικών με νέα καλύτερης απόδοσης, η δημιουργία εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου, η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους και η αντικατάσταση των απλών μονών υαλοπινάκων με διπλούς.

Για το Κτίριο Δ, προτείνονται η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στους λαμπτήρες φθορισμού, η αντικατάσταση των παλιών κλιματιστικών με νέα καλύτερης απόδοσης, η δημιουργία εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου και η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους.

Από τη μελέτη αυτή, έγινε αντιληπτό πως το κόστος για ορισμένες επενδύσεις είναι δυσβάστακτο για έναν ιδιώτη, ακόμα και για μια αρκετά μεγάλη και υγιή επιχείρηση. Για το λόγο αυτό επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές, χαμηλότοκα δάνεια ή άλλες διευκολύνσεις στον επενδυτή μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στη βιωσιμότητα των επενδύσεων αυτών.

Στη σημερινή εποχή, περισσότερο από ποτέ άλλοτε, κρίνεται αναγκαία η σωστή ενεργειακή διαχείριση με στόχο την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων και συνεπώς την ενεργειακά-και κατ' επέκταση οικονομικά- αποδοτικότερη λειτουργία των κτιρίων. Για το λόγο αυτό, ο σχεδιασμός των νέων κτιρίων πρέπει να ακολουθεί τις γραμμές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Στα υφιστάμενα, όμως κτίρια, η Ενεργειακή Επιθεώρηση μπορεί να δράσει επικουρικά στον εντοπισμό των «ενεργειακών αδυναμιών» τους και με σωστή μελέτη να προταθούν δράσεις που θα βοηθήσουν ουσιαστικά στην ενεργειακή αναβάθμιση της λειτουργίας τους, με οφέλη τόσο για τον ιδιοκτήτη, όσο και για το περιβάλλον και την ανθρωπότητα γενικότερα. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα από την εφαρμογή σωστής ενεργειακής διαχείρισης μπορούν να γίνουν εμφανέστερα στον κτιριακό τομέα, που είναι υπεύθυνος για το 35% [5] της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Οι προοπτικές της Ενεργειακής Επιθεώρησης, λοιπόν, είναι αρκετά ευοίωνες, αφού με την εφαρμογή της όχι μόνο διευκολύνεται η ενεργειακή διαχείριση, με αποτέλεσμα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, αλλά βελτιώνονται και οι συνθήκες διαβίωσης και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Βιβλιογραφία

[1] : <http://www.cres.gr> (ΚΑΠΕ)

[2] : «**Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτίρια**» , Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

[3] : Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής, ΚΑΠΕ και Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια και τις Μεταφορές

[4] : ASHRAE

[5]: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

[6]: <http://el.wikipedia.org>

[7]: <http://www.kelyfos.eu>

[8]: <http://www.bagourdis.gr>

[9]: Ενεργειακός-Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών, Γεώργιος Μ. Κοντορούπης

[10]: <http://www.technicalreview.gr>

[11]: <http://www.greenbuilding.gr>

[12]: <http://www.calda.gr>