



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ-ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΙΕΡΩΝΥΜΑΚΗΣ

Επιβλέπων : Γεώργιος Κοζυράκης

Ηράκλειο, Ιανουάριος 2021



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGY EFFICIENCY STUDY OF RESIDENTIAL
BUILDING IN HERAKLION, CRETE**

THESIS

DIMITRIOS-CHARALAMPOS IERONYMAKIS

ADVISOR: Georgios Kozirakis

Heraklion , January 2021

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η σύνταξη μελέτης ενεργειακής απόδοσης, για κτίριο χρήσης κατοικίας, η οποία και είναι υποχρεωτική βάση των προβλέψεων του νόμου 3661/2008. Η ως άνω μελέτη συντάσσεται σύμφωνα με τα οριζόμενα στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και των Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.).

Η ως άνω κατοικία βρίσκεται στην περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης και πρόκειται για μία διώροφη διπλοκατοικία με σοφίτα της οποίας η κύρια χρήση θα είναι σοφίτα. Η εν λόγω κατοικία μελετήθηκε αρχικά ως προς το σκέλος των ενεργειακών καταναλώσεων. Έτσι, έχουμε τον αναλυτικό υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων, του δαπέδου, των θερμογεφυρών καθώς και του αθέλητου αερισμού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όπου τεκμηριώνεται ο σχεδιασμός της κατοικίας αλλά και τα διάφορα ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία αυτής. Τέλος, παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα και γίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Στα πλαίσια λοιπόν της εργασίας μας, παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, σύμφωνα με όλες τις προβλέψεις της κείμενης νομοθεσίας, για ένα νέο κτίριο χρήσης πολυκατοικίας, με σκοπό την εξοικείωση και την μελέτη της διαδικασίας αυτής, η οποία αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των απαιτούμενων δεξιοτήτων ενός μηχανικού.

Abstract

The scope of this thesis is the presentation of an energy efficiency study for a residential building, a mandatory official document for every building according to the provisions of law 3661/2008. The aforementioned study is in accordance with the regulation for the energy efficiency of building (KENAK) and the Technical Instructions of the Technical Chamber of Greece (TOTEE).

The residential building mentioned above is located in the area of Heraklion, Crete and is a two-story duplex with an attic which will be used as a house. This building is first of all studied in terms of energy consumption. Thus, we present detailed calculations regarding the thermal permeability coefficients of opaque and transparent structural members, floors, thermal bridges as well as air infiltration. Subsequently, the energy efficiency study of the building is presented, which documents the overall design of the house as well as the various electromechanical systems it is comprised of. Finally, the final results of the energy study are presented and the energy classification of the building.

Therefore, in the context of this work we study and present a comprehensive and extensive energy efficiency study of a building, in accordance with all the provisions of the current legislation, in order to familiarize and study this process, which is an integral part of the required skills of an engineer.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράστασή της όλα αυτά τα χρόνια και σε όλες τις δύσκολες στιγμές.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος θερμά τον κ. καθηγητή μου για την καθοδήγηση, τις χρήσιμες υποδείξεις του και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές, σύντομα συναδέλφους μα πάνω από όλα φίλους για όσα περάσαμε μαζί αυτά τα χρόνια.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	19
1.1	Το ζήτημα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων	19
1.2	Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).....	22
1.3	Παρουσίαση κεφαλαίων.....	24
2	Ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίων.....	25
2.1	Γενικά.....	25
2.2	Το κέλυφος του κτιρίου.....	26
2.3	Εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον	27
2.4	Μεταφορά θερμότητας.....	29
2.5	Θερμικές ζώνες κτιρίου.....	33
2.6	Υαλοπίνακες	33
2.7	Σκίαση.....	34
2.8	Αερισμός	35
2.9	Στέγη κτιρίου	36
2.10	Θερμογέφυρες.....	37
2.11	Η οικία που μοντελοποιήθηκε	38
3	Αναλυτικός υπολογισμός ενεργειακών καταναλώσεων	39
3.1	Εισαγωγή	39
3.2	Γενικά στοιχεία και συνθήκες υπολογισμού κτιρίου	41
3.3	Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	42
3.3.1	Εξωτερική τοιχοποιία	42
3.3.2	Δοκοί υποστυλώματα	43
3.3.3	Δώμα βατό	44
3.3.4	Στέγη.....	45
3.3.5	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	46

3.3.6	Διάφανα δομικά στοιχεία	47
3.3.7	Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	49
3.3.8	Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	63
3.3.9	Διαφανή δομικά στοιχεία.....	65
3.3.10	Θερμογέφυρες.....	65
3.3.11	Μέγιστο επιτρεπόμενο και πραγματοποιήσιμο U_m κτιρίου	66
3.3.12	Αθέλητος αερισμός.....	67
4	Μελέτη ενεργειακής απόδοσης.....	69
4.1	Εισαγωγή	69
4.2	Γενική περιγραφή κτιρίου	71
4.2.1	Γενικά στοιχεία κτιρίου.....	71
4.2.2	Τοπογραφία οικοπέδου κτιρίου.....	71
4.3	Τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού του κτιρίου	73
4.3.1	Χωροθέτηση κτιρίου στο οικόπεδο.....	74
4.3.2	Χωροθέτηση λειτουργιών στο κτίριο	77
4.3.3	Ηλιοπροστασία ανοιγμάτων	78
4.3.4	Φυσικός φωτισμός.....	78
4.3.5	Φυσικός δροσισμός.....	78
4.3.6	Παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίου	78
4.3.7	Διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος	79
4.4	Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας δομικών στοιχείων και κτιρίου	80
4.4.1	Μεθοδολογία ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας δομικού στοιχείου	81
4.4.2	Μεθοδολογία ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου.....	83
4.4.3	Γενικά στοιχεία κτιρίου.....	84
4.4.4	Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου.....	85
4.4.5	Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας διαφανών δομικών στοιχείων	86
4.4.6	Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου	87
5	Τεκμηρίωση ελάχιστων προδιαγραφών και σχεδιασμού των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου	89

5.1	Εισαγωγή	89
5.2	Σχεδιασμός συστημάτων θέρμανσης και ψύξης	91
5.2.1	Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος θέρμανσης.....	91
5.2.2	Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος ψύξης.....	92
5.2.3	Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος αερισμού.....	93
5.3	Σχεδιασμός συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης	94
5.3.1	Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος για την παραγωγή ZNX.....	95
5.3.2	Τεκμηρίωση εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών	95
5.4	Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού.....	98
5.5	Διόρθωση συνημιτόνου	98
5.6	Σκοπιμότητα εφαρμογής εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου	98
6	Ενεργειακή απόδοση κτιρίου	101
6.1	Εισαγωγή	101
6.2	Κλιματικά δεδομένα.....	102
6.3	Χρήσεις κτιρίου	102
6.4	Τμήμα κτιρίου.....	103
6.4.1	Θερμικές ζώνες.....	103
6.4.2	Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης.....	105
6.4.3	Κτιριακό κέλυφος κτιρίου.....	106
6.4.4	Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίου	109
7	Αποτελέσματα υπολογισμών	115
7.1	Εισαγωγή	115
7.2	Κατανάλωση ενέργειας	116
7.3	Ενεργειακή κατάταξη χρήσης κτιρίου.....	118
7.4	Επίλογος εργασίας	119
	Βιβλιογραφία.....	121
	Παράρτημα Α – Υπολογισμός θερμογεφύρων	125

Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1-1: Κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριών στην Ευρώπη	21
Εικόνα 1-2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη.....	21
Εικόνα 2-1: Το κέλυφος του κτιρίου	26
Εικόνα 2-2: Τρόποι μετάδοσης θερμότητας	29
Εικόνα 2-3: Μετάδοση θερμότητας σε δομικό στοιχείο.....	31
Εικόνα 2-4: Θερμογέφυρα που δημιουργείται σε πλάκα ορόφου	37
Εικόνα 3-1: Διατομή εξωτερικής τοιχοποιίας.....	42
Εικόνα 3-2: Διατομή δοκών και υποστηλωμάτων	43
Εικόνα 3-3: Υλικά και ιδιότητες αυτών για δοκούς και υποστυλώματα	43
Εικόνα 3-4: Διατομή βατού δώματος.....	44
Εικόνα 3-5: Διατομή στέγης	45
Εικόνα 3-6: Διατομή δαπέδου σε επαφή με το έδαφος	46
Εικόνα 3-7: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου ανατολικής πλευράς.....	49
Εικόνα 3-8: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου νότιας πλευράς.....	50
Εικόνα 3-9: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου δυτικής πλευράς.....	51
Εικόνα 3-10: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου βόρειας πλευράς	52
Εικόνα 3-11: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου ανατολικής πλευράς.....	54
Εικόνα 3-12: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου νότιας πλευράς.....	55
Εικόνα 3-13: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου δυτικής πλευράς.....	56
Εικόνα 3-14: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου βόρειας πλευράς.....	57
Εικόνα 3-15: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου ανατολικής πλευράς	59
Εικόνα 3-16: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου νότιας πλευράς	60
Εικόνα 3-17: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου δυτικής πλευράς	61
Εικόνα 3-18: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου βόρειας πλευράς.....	62
Εικόνα 4-1: Τοπογραφικό διάγραμμα οικοπέδου και κτιρίου	72
Εικόνα 4-2: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 09:00.....	75
Εικόνα 4-3: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 12:00.....	76
Εικόνα 4-4: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 15:00.....	76
Εικόνα 4-5: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 09:00	76
Εικόνα 4-6: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 12:00	77
Εικόνα 4-7: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 15:00	77
Εικόνα 5-1: Απόσταση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών στο δώμα, ως προς το νότο	97

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3-1: Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης που θα χρησιμοποιηθούν [(m ² K)/W]	41
Πίνακας 3-2: Υλικά και ιδιότητες αυτών για εξωτερική τοιχοποιία	42
Πίνακας 3-3: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για εξωτερική τοιχοποιία	42
Πίνακας 3-4: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για δοκούς και υποστυλώματα	43
Πίνακας 3-5: Υλικά και ιδιότητες αυτών για το βατό δώμα.....	44
Πίνακας 3-6: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για το βατό δώμα.....	44
Πίνακας 3-7: Υλικά και ιδιότητες αυτών για τη στέγη.....	45
Πίνακας 3-8: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για τη στέγη.....	45
Πίνακας 3-9: Υλικά και ιδιότητες αυτών για το δάπεδο	46
Πίνακας 3-10: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης δαπέδου.....	46
Πίνακας 3-11: Υπολογισμός ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με έδαφος	46
Πίνακας 3-12: Υπολογισμός εμβαδού κουφωμάτων.....	47
Πίνακας 3-13: Υπολογισμός θερμικών ιδιοτήτων κουφωμάτων	47
Πίνακας 3-14: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδιοτήτων κουφωμάτων και υαλοπινάκων	48
Πίνακας 3-15: Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων και υαλοπινάκων ανά όροφο	48
Πίνακας 3-16: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου ανατολικής πλευράς	49
Πίνακας 3-17: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου ανατολικής πλευράς	49
Πίνακας 3-18: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου νότιας πλευράς.....	50
Πίνακας 3-19: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου νότιας πλευράς.....	50
Πίνακας 3-20: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου δυτικής πλευράς.....	51
Πίνακας 3-21: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου δυτικής πλευράς	51
Πίνακας 3-22: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου βόρειας πλευράς.....	52
Πίνακας 3-23: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου βόρειας πλευράς.....	52
Πίνακας 3-24: Συγκεντρωτικά στοιχεία Α ορόφου για τους υπολογισμούς.....	53
Πίνακας 3-25: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου ανατολικής πλευράς	54
Πίνακας 3-26: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου ανατολικής πλευράς	54
Πίνακας 3-27: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου νότιας πλευράς.....	55
Πίνακας 3-28: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου νότιας πλευράς	55
Πίνακας 3-29: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου δυτικής πλευράς.....	56
Πίνακας 3-30: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου δυτικής πλευράς	56
Πίνακας 3-31: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου βόρειας πλευράς.....	57
Πίνακας 3-32: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου βόρειας πλευράς	57

Πίνακας 3-33: Συγκεντρωτικά στοιχεία Β ορόφου για τους υπολογισμούς	58
Πίνακας 3-34: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου ανατολικής πλευράς.....	59
Πίνακας 3-35: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου νότιας πλευράς	60
Πίνακας 3-36: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου δυτικής πλευράς	61
Πίνακας 3-37: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου βόρειας πλευράς	62
Πίνακας 3-38: Συγκεντρωτικά στοιχεία Β ορόφου για τους υπολογισμούς	63
Πίνακας 3-39: Ιδιότητες δαπέδου Α ορόφου	63
Πίνακας 3-40: Ιδιότητες πλάκας μεταξύ Α και Β ορόφου.....	63
Πίνακας 3-41: Ιδιότητες πλάκας μεταξύ Β και Γ ορόφου	64
Πίνακας 3-42: Ιδιότητες στέγης κατοικίας	64
Πίνακας 3-43: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδιοτήτων οριζόντιων αδιαφανών στοιχείων	64
Πίνακας 3-44: Αναλυτικός πίνακας ιδιοτήτων κουφωμάτων	65
Πίνακας 3-45: Συγκεντρωτικός πίνακας κουφωμάτων ανά όροφο	65
Πίνακας 3-46: Υπολογισμός όγκου κτιρίου.....	66
Πίνακας 3-47: Υπολογισμός επιφανείας και θερμικής διαπερατότητας	66
Πίνακας 3-48: Μέγιστος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας κατά TOTEE	66
Πίνακας 3-49: Υπολογισμός διείσδυσης αέρα στο κτίριο (αθέλητος αερισμός)	67
Πίνακας 4-1: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.....	80
Πίνακας 4-2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός νέου κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του	81
Πίνακας 4-3: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου	85
Πίνακας 4-4: Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου	86
Πίνακας 4-5: Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων	87
Πίνακας 4-6: Συγκεντρωτικά στοιχεία κτηρίου	88
Πίνακας 5-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμότητας για κάθε ιδιοκτησία.....	93
Πίνακας 5-2: Στοιχεία συστήματος αερισμού.....	93
Πίνακας 5-3: Απαιτούμενο θερμικό φορτίο ZNX.....	94
Πίνακας 5-4: Στοιχεία συστήματος για ZNX.....	95
Πίνακας 5-5: Στοιχεία εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών.....	96

Πίνακας 5-6: Μέση μηνιαία ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m ²) για οριζόντια και κεκλιμένη επιφάνεια.....	96
Πίνακας 5-7: Αποτελέσματα υπολογισμών για κάλυψη φορτίου ZNX από ηλιακούς συλλέκτες.....	97
Πίνακας 6-1: Εμβαδό και όγκος τμήματος.....	103
Πίνακας 6-2: Γενικά δεδομένα για τις θερμικές ζώνες.....	104
Πίνακας 6-3: Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας.....	105
Πίνακας 6-4: Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.....	107
Πίνακας 6-5: Πλάκες σε επαφή με το έδαφος.....	107
Πίνακας 6-6: Δεδομένα κουφωμάτων άμεσου κέρδους.....	108
Πίνακας 6-7: Δεδομένα κουφωμάτων.....	108
Πίνακας 6-8: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης τμήματος Πολυκατοικία.....	110
Πίνακας 6-9: Δεδομένα συστήματος ψύξης τμήματος Πολυκατοικία.....	111
Πίνακας 6-10: Δεδομένα συστήματος ζεστού νερού χρήσης.....	112
Πίνακας 6-11: Δεδομένα συστήματος ηλιακών συλλεκτών.....	113
Πίνακας 7-1: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκπεμπόμενοι ρύποι κατά TOTEE.....	116
Πίνακας 7-2: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης ψύξης τμήματος κτηρίου.....	116
Πίνακας 7-3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση.....	117
Πίνακας 7-4: Κατανάλωση ανά καύσιμο - χρήση Πολυκατοικία.....	117
Πίνακας 7-5: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση.....	117
Πίνακας 7-6: Κατανάλωση ενέργειας και έκλυση αερίων ρύπων ανά καύσιμο.....	118
Πίνακας 7-7: Τελική ενεργειακή κατάταξη κτιρίου κατά KENAK.....	118

1

Εισαγωγή

1.1 Το ζήτημα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων

Τα τελευταία χρόνια, με εφελτήριο την οικονομική κρίση η οποία έπληξε την χώρα μας, το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας και των εναλλακτικών μορφών θέρμανσης αποτελεί αντικείμενο συζήτησης και ενασχόλησης από την συντριπτική πλειοψηφία των συμπολιτών μας. Η αλήθεια είναι όμως ότι η Ελλάδα στο συγκεκριμένο πεδίο αποτελούσε, και συνεχίζει να αποτελεί, το μαύρο πρόβατο της Ευρώπης και η κρίση απλώς μας υπενθύμισε τον κομβικό ρόλο που έχει η ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων που κατοικούμε στη ζωή μας, τόσο για άμεσα για εμάς όσο και έμμεσα για το περιβάλλον και το κοινωνικό σύνολο.

Καταρχάς, η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων αποτελεί μια «τέχνη» την οποία η ανθρωπότητα εκμεταλλεύεται εμπειρικά από αρχαιοτάτων χρόνων. Ακόμα και σήμερα, που διαθέτουμε υψηλότερη τεχνογνωσία και εργαλεία, αρκετά παλαιά κτίσματα αποτελούν υποδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με τον όρο βιοκλιματικό σχεδιασμό αναφερόμαστε στον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων με βάση το τοπικό κλίμα μιας περιοχής, ο οποίος αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος με απώτερο σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης. Έτσι, οι τεχνίτες της εποχής σχεδίαζαν τα κτίρια τους έχοντας υπόψη τους βασικές αρχές αλλά και γνώσεις συμπεριφοράς των υλικών.

Με την μαζική μετεγκατάσταση των κατοίκων όμως στις πόλεις και την εντατική αστικοποίηση που ακολούθησε, η ανθρωπότητα μετατοπίστηκε από το σχεδιασμό αποδοτικών κτιρίων στο σχεδιασμό κατασκευάσιμα εύκολων και φθηνών κτιρίων τα οποία θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν όσο το δυνατόν περισσότερα άτομα στη μικρότερη δυνατή επιφάνεια. Έτσι, για δεκαετίες δημιουργήθηκαν συστηματικά κτίρια που παραβιάζουν κάθε αρχή σχεδιασμού εξοικονόμησης ενέργειας. Τα προβληματικά αυτά από άποψη ενεργειακής συμπεριφοράς κτίρια αποτελούν σήμερα μία βασική πηγή του ενεργειακού προβλήματος.

Η πετρελαϊκή κρίση του 1973 αποτέλεσε ουσιαστικά τον πρώτο κώδωνα κινδύνου, με αποτέλεσμα την αναπροσαρμογή πολλών κρατών ως προς το σκέλος της εθνικής τους νομοθεσίας περί κατασκευής κτιρίων. Στην Ελλάδα, η ανάγκη αυτή μετουσιώθηκε στον «Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων» του 1979, ο οποίος αποτέλεσε το πρώτο βήμα.

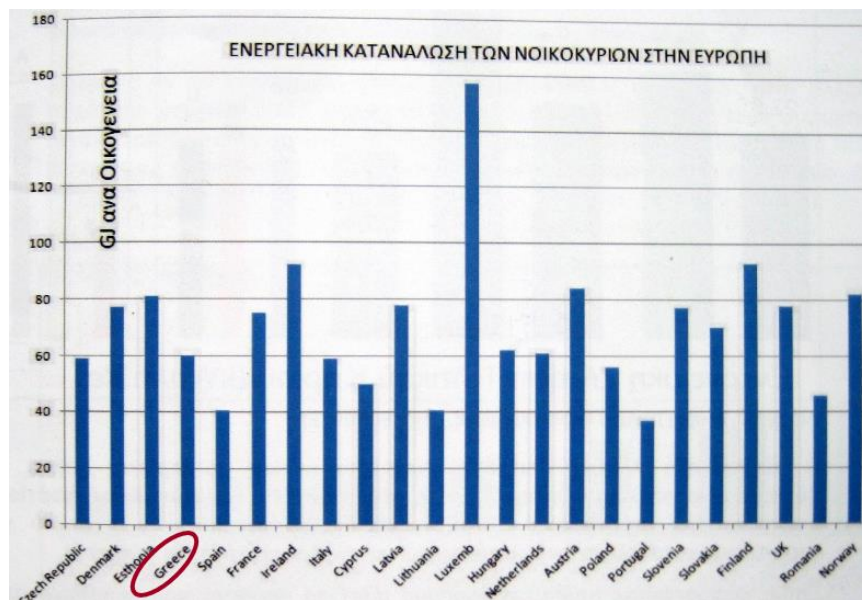
Ακολούθησε η διεθνής προσπάθεια περιορισμού του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής και ο προσδιορισμός του στόχου από την Ευρωπαϊκή Ένωση για μείωση των εκπομπών ρύπων κατά 20% έως το 2020. Για το λόγο αυτό, εκδόθηκε η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕC για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Στόχος της οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων μέσα στην ΕΕ, με οικονομικά αποδοτικά μέτρα και η σύγκλιση των κτιριακών προτύπων προς αυτά των κρατών-μελών που έχουν ήδη υψηλά επίπεδα απαιτήσεων.

Η χώρα μας προσαρμόστηκε στην ως άνω Ευρωπαϊκή Οδηγία εκπρόθεσμα, μέσω του Νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Την 9^η Απριλίου του 2010 εγκρίθηκε ο «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (ΚΕΝΑΚ), κατ' εξουσιοδότηση του Νόμου 3661/2008, ο οποίος θεσμοθετεί έναν ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό στον κτιριακό τομέα με απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων και της εξοικονόμησης ενέργειας.

Παρ' όλα αυτά όμως, το πρόβλημα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων συνεχίζει να υφίσταται. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης είναι σημαντικότερες διότι τα κτίρια κατοικιών στην Ελλάδα αντιπροσωπεύουν το 73% των κτιρίων και εξ' αυτών μόνο το 5.1% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων. Η αιτία για το γεγονός αυτό είναι ότι μόνο το 6.7% των κατοικιών κτίστηκε μετά το 1981, οπότε και άρχισε να ισχύει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης. Επιπροσθέτως, μόλις το 2.1% έχουν διπλά τζάμια ενώ το 4.2% έχει μόνωση των σωληνώσεων στην εγκατάσταση θέρμανσης. (Α. Γάγγλια «Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας – Υπολογιστικές μέθοδοι ενεργειακών επιθεωρήσεων στα κτίρια», ΤΕΕ & Περ. Τμ. ΒΑ. Αιγαίου).

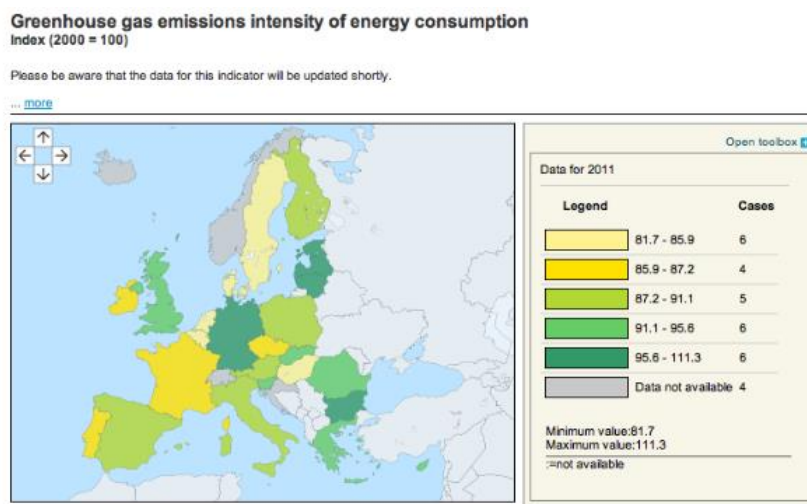
Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα η Ελλάδα να καταναλώνει το περισσότερο από το 75% της ενέργειας που καταναλώνει η Φινλανδία, μια χώρα με ιδιαίτερα ψυχρό κλίμα, ανά νοικοκυριό (εικόνα 1).

Παράλληλα, καταναλώνει σημαντικά περισσότερη ενέργεια από άλλες μεσογειακές χώρες όπως η Ισπανία και η Πορτογαλία, ενώ καταναλώνει συγκρίσιμα ποσά με χώρες όπως η Ιταλία και Ολλανδία που έχουν ψυχρότερο κλίμα (πηγή: Eurostat).



Εικόνα 1-1: Κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριών στην Ευρώπη

Με βάση λοιπόν το ανωτέρω γράφημα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στην Ελλάδα υπάρχει αναλογικά μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, που δεν δικαιολογείται από της κλιματολογικές συνθήκες ή την οικονομική δραστηριότητα.



Εικόνα 1-2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη

Συνεπώς, είναι εύκολα αντιληπτό ότι στην περίπτωση της Ελλάδας υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων της, που θα έχουν σημαντικές επιδράσεις τόσο σε ατομικό επίπεδο μέσω της αύξησης του διαθέσιμου εισοδήματος του νοικοκυριού όσο και σε κοινωνικό επίπεδο, με τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, την δημιουργία ευκαιριών πράσινης ανάπτυξης για την οικονομία και την ελάττωση εκπεμπόμενων ρύπων, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής.

Για την επίτευξη όμως του στόχου αυτού δεν αρκεί μόνο η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων μέσω κατάλληλου σχεδιασμού και χρήσης των αντίστοιχων υλικών. Σημαντικός παράγοντας αποτελεί τόσο η αποδοτικότητα των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε ένα κτίριο, η οποία επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ελλιπή συντήρηση, όσο και η συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου.

Εξάλλου, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που δαπανάται για τη θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα προέρχεται από συμβατικές πηγές όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Επιπλέον, για την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε ένα κτίριο, το 50% του καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της είναι ο λιγνίτης. Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων συνδέεται άμεσα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Συνεπώς, και λαμβάνοντας υπόψη ότι στόχος της κείμενης νομοθεσίας είναι η προστασία του περιβάλλοντος, αποτελεί άμεση προτεραιότητα η περαιτέρω διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας στα κτίρια. Με τον τρόπο αυτό θα μειωθεί ή και θα μηδενιστεί το ενεργειακό αποτύπωμα ενός κτιρίου, το οποίο και θα έπρεπε να αποτελεί το πραγματικό ζητούμενο, σε μια εποχή που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται μια ώριμη τεχνολογία.

1.2 Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) αποτελεί κατ' ουσία εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», η οποία εκδόθηκε στις 16-12-2002. Η οδηγία αυτή αφορά την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε νέα και υφιστάμενα κτίρια με στόχο να ικανοποιούν ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή τους απόδοση

με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα μέτρα και μέσα είναι στην ευχέρεια του κράτους που εφαρμόζει την οδηγία, με σκοπό να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες του κάθε κράτους σχετικά με τον τύπο των κτιρίων, το κλίμα, τις συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων και τη βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους – οφέλους.

Η χώρα μας είχε την υποχρέωση εναρμόνισης με την παραπάνω οδηγία έως τον Ιανουάριο του 2006. Τελικά, το πρώτο βήμα για την εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία έγινε το 2008 με το νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ Α 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις».

Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.) στον οποίο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει να καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων). Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή μας με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις».

Ο ΚΕΝΑΚ αποτελεί μία υποχρέωση της χώρας προς την Ευρωπαϊκή νομοθεσία αλλά κυρίως προς τους πολίτες της χώρας καθώς και το φυσικό πλούτο αυτής. Η περαιτέρω εξειδίκευση των απαιτούμενων προτύπων γίνεται με βάση της Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες εγκρίθηκαν και αποτελούν νόμο του κράτους και συγκεκριμένα της ΤΟΤΕΕ 20701-1 έως και 20701-5.

1.3 Παρουσίαση κεφαλαίων

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι δομημένη σε **7** κεφάλαια. Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση των επιμέρους αυτών κεφαλαίων.

- **Κεφάλαιο 1:**Γενική εισαγωγή στο ζήτημα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και την σημασία της παρούσας εργασίας.
- **Κεφάλαιο 2:**Παρατίθενται οι βασικές έννοιες που αφορούν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων και αναλύονται οι εξισώσεις που διέπουν τα φαινόμενα της μεταφοράς ενέργειας.
- **Κεφάλαιο 3:**Γίνεται ο αναλυτικός υπολογισμός των απαιτούμενων ενεργειακών καταναλώσεων για την μελέτη και τεκμηρίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου που μελετάται.
- **Κεφάλαιο 4:**Αναλύονται η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και ελέγχεται η εναρμόνισή της με τις απαιτήσεις της κείμενης νομοθεσίας.
- **Κεφάλαιο 5:**Τεκμηριώνεται ο σχεδιασμός των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου για την ψύξη και θέρμανση αυτού σύμφωνα με τα πρότυπα.
- **Κεφάλαιο 6:**Αποτυπώνεται αναλυτικά η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σύμφωνα με τους υπολογισμούς των υπόλοιπων κεφαλαίων.
- **Κεφάλαιο 7:**Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, η κατάταξη αυτού και τέλος γίνεται μια σύνοψη της εργασίας.

2

Ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίων

2.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, ποικίλοι παράγοντες έχουν συμβάλει στην ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας που οφείλεται στην χρήση του κτιρίου στο οποίο διαβιούν. Το γεγονός αυτό αποτελεί βήμα προς την σωστή κατεύθυνση διότι μεγάλο ποσοστό της ενέργειας καταναλώνεται στον τομέα των κατοικιών. Σύμφωνα με το Αμερικανικό υπουργείο ενέργειας [1] το 20% της συνολικής ενέργειας που καταναλίσκεται σε παγκόσμιο επίπεδο αφορά τα κτίρια. Επίσης, σύμφωνα με έρευνα [2] του υπουργείου ενέργειας και κλιματικής αλλαγής του Ηνωμένου Βασιλείου, το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 24% με 27% στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ομοίως, παρόμοια αποτελέσματα έχουν προκύψει από έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [3].

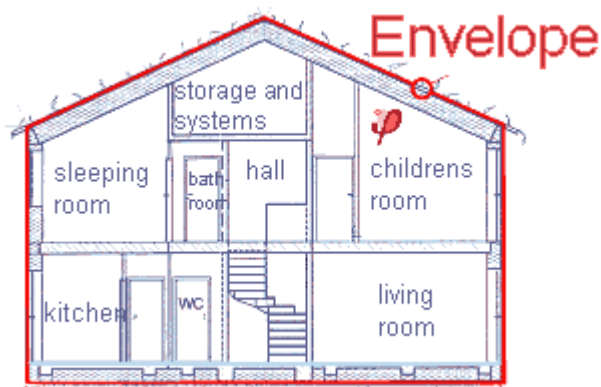
Η κατανάλωση ενέργειας αυτή σχετίζεται με διάφορους παράγοντες, όπως οι θερμο-φυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, ο τρόπος και η μεθοδολογία κατασκευής του κτιρίου, η κλιματικές συνθήκες στην περιοχή κατασκευής, η απόδοση και η συντήρηση των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης καθώς και οι συνήθειες των διαμενόντων στην οικία [4].

Σημαντικό εργαλείο για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης κάθε κτιρίου και την επίδραση των ως άνω παραγόντων αποτελεί η διεξαγωγή προσομοιώσεων κατά τη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου με κατάλληλα υπολογιστικά προγράμματα. Στην αγορά υπάρχει πληθώρα τέτοιων εργαλείων

που το καθένα παρέχει σημαντικές και ξεχωριστές δυνατότητες στο χρήστη του [5]. Παρ' όλα αυτά, έρευνες [6] έχουν δείξει ότι η πραγματική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να διαφέρει σημαντικά από την αναμενόμενη. Η διαφορά αυτή μπορεί να είναι ακόμα και 3 φορές μεγαλύτερη από ότι η πραγματική και οφείλεται κατά κύριο λόγο σε κατασκευαστικές ατέλειες και αδυναμία τήρησης των προτύπων καθώς και η διαφορά στην συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου από αυτήν που μοντελοποιήθηκε. Το γεγονός όμως αυτό δεν μειώνει την αξία των εργαλείων αυτών για την λήψη καίριων σχεδιαστικών αποφάσεων.

2.2 Το κέλυφος του κτιρίου

Βασικό στοιχείο της συμπεριφοράς, από ενεργειακής άποψης, ενός κτιρίου είναι το περίβλημά του, το οποίο και είναι γνωστό ως κτιριακό κέλυφος. Αποτελεί ουσιαστικά το διαχωριστικό όριο ανάμεσα στο φυσικό εξωτερικό περιβάλλον και το εσωτερικό του κτιρίου και ενεργεί ως θερμικό φράγμα, δηλαδή καθορίζει τη ροή ενέργειας και εν συνεχεία τις συνθήκες που επικρατούν εντός του κτιρίου [7].



Εικόνα 2-1: Το κέλυφος του κτιρίου

Τα δομικά μέρη του κτιρίου που συνθέτουν το κέλυφος είναι τα θεμέλια, το δάπεδο, η εξωτερική τοιχοποιία, οι πόρτες και τα παράθυρα και η οροφή. Καθοριστικοί παράγοντες που συνθέτουν την συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται, οι διαστάσεις των δομικών στοιχείων καθώς και ο τρόπος κατασκευής και σύνδεσης των επιμέρους στοιχείων [8].

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελεί το κέλυφος είναι η μεταφορά των μηχανικών φορτίων που αναπτύσσονται, η κάλυψη των αναγκών των ανθρώπων τόσο από λειτουργικής όσο και αισθητικής άποψης αλλά και ο έλεγχος της ροής ενέργειας. Όσον αφορά το τελευταίο, σημαντικός είναι ο έλεγχος της μεταφερόμενης θερμότητας από και προς το περιβάλλον, η κυκλοφορία του αέρα και η προστασία από το νερό. Η μεταφερόμενη ενέργεια δια μέσω του κελύφους επηρεάζεται από τον προσανατολισμό του κτιρίου, τις συνθήκες εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος αλλά και τη θερμική συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων.

Βασικός στόχος κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου είναι η ελαχιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας δια μέσω του κελύφους του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση του κτιρίου κατά τους θερινούς και χειμερινούς μήνες αντίστοιχα. Για τον λόγο αυτό λαμβάνονται και τα αντίστοιχα μέτρα.

2.3 Εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε, σκοπός κάθε κτιρίου είναι να εξυπηρετεί τις ανάγκες των χρηστών του. Η συνθήκη αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και αποτελεί αντικείμενο εκτενούς ανάλυσης, ανάλογα με την κατηγορία του εκάστοτε κτιρίου. Όμως, είναι γενικά αποδεκτό ότι για κατοικίες υπάρχουν ορισμένοι δείκτες και συγκεκριμένα η θερμική, οπτική, ακουστική άνεση και η ποιότητα αέρα [9]. Οι τέσσερις αυτοί δείκτες καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου αλλά και τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης που χρησιμοποιούνται. Στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας θα ασχοληθούμε με το δείκτη θερμικής άνεσης.

Η επίτευξη θερμικής άνεσης αποτελεί βασικό στόχο κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού. Όμως, η θερμική άνεση αποτελεί ένα αίσθημα και είναι ένα υποκειμενικό σε μεγάλο βαθμό μέγεθος διότι εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως η ένδυση και ο μεταβολισμός ενός ατόμου, η ηλικία, το φύλλο, το βάρος, η ικανότητα προσαρμογής στις συνθήκες και η κατάσταση της υγείας του. Εξαρτάται όμως και από μετρήσιμες παραμέτρους, δηλαδή από τη θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία επιφανειών, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία [10]. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν και το αντικείμενο μελέτης μας.

Ο σημαντικότερος εκ των παραγόντων που αναφέρθηκαν είναι ίσως η θερμοκρασία του αέρα. Σίγουρα, λόγω της υποκειμενικότητας της θερμικής άνεσης, το επιθυμητό επίπεδο αυτής ποικίλει από άτομο σε άτομο. Κατά την ASHRAE, το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμική άνεση για θερμοκρασία αέρα μεταξύ 21,5°C και 25°C [10]. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και εφόσον δεν συντρέχουν ειδικοί λόγοι, τα όρια αυτά καθορίζονται από τις ισχύουσες τεχνικές οδηγίες για κάθε εποχή. Η θερμοκρασία του αέρα εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες, τα υλικά κατασκευής, τον προσανατολισμό, τις διάφορες συσκευές, τον αερισμό και τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.

Ως σχετική υγρασία ορίζουμε το λόγο της περιεχόμενης υγρασίας του αέρα προς την υγρασία που θα είχε αυτός αν ήταν κορεσμένος, για ίδια θερμοκρασία και πίεση. Η σχετική υγρασία επιδρά σημαντικά στο αίσθημα θερμικής άνεσης αφού το ανθρώπινο σώμα ρυθμίζει τη θερμοκρασία του μέσω του μηχανισμού της εφίδρωσης, δηλαδή της αποβολής νερού και εξάτμισής του στην επιφάνεια του

ανθρώπινου σώματος [11]. Συνεπώς, ο συνδυασμός υψηλής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας προκαλεί αίσθημα δυσφορίας στο άτομο.

Η θερμοκρασία των επιφανειών σχετίζεται με την μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών είναι δυνατό να διαφέρει, ενίοτε σημαντικά όπως για παράδειγμα αν έχουμε δομικό στοιχείο δίχως μόνωση, από την θερμοκρασία του αέρα. Έτσι λοιπόν, αφού ο άνθρωπος πραγματικά αισθάνεται έναν συνδυασμό της θερμοκρασίας αέρα και της θερμοκρασίας εσωτερικών επιφανειών, λόγω των αρχών μεταφοράς θερμότητας, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Η ταχύτητα του αέρα είναι ένα ακόμα σημαντικό μέγεθος. Όπως αναφέρθηκε, ο μηχανισμός της εφίδρωσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην θερμορύθμιση του ανθρώπινου σώματος. Η ταχύτητα αέρα επιδρά στο ρυθμό εφίδρωσης, είτε θετικά είτε αρνητικά. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή του ανθρώπινου σώματος, τότε δημιουργεί αίσθημα δροσισμού. Αντίστοιχα, αν αυτή είναι μικρότερη, τότε προκαλεί αίσθηση ψύχους και δυσφορίας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να παραμένει σε προκαθορισμένα όρια, εκτός και αν υπάρχει συγκεκριμένη ανάγκη.

Τέλος, κρίνεται σημαντικό να αναφερθούμε και στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Ο όρος αυτός αναφέρεται στη σχέση του αέρα με την υγεία και την άνεση των ατόμων και επηρεάζεται από αέρια που εκλύονται εντός του χώρου, ουσίες ή μικροοργανισμούς. Για παράδειγμα, η ποιότητα του αέρα υποβαθμίζεται από το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο εκπέμπεται φυσικά από τους χρήστες του χώρου με την εκπονή. Για το λόγο αυτό υπάρχει πρόβλεψη για ανανέωση του αέρα ενός χώρου.

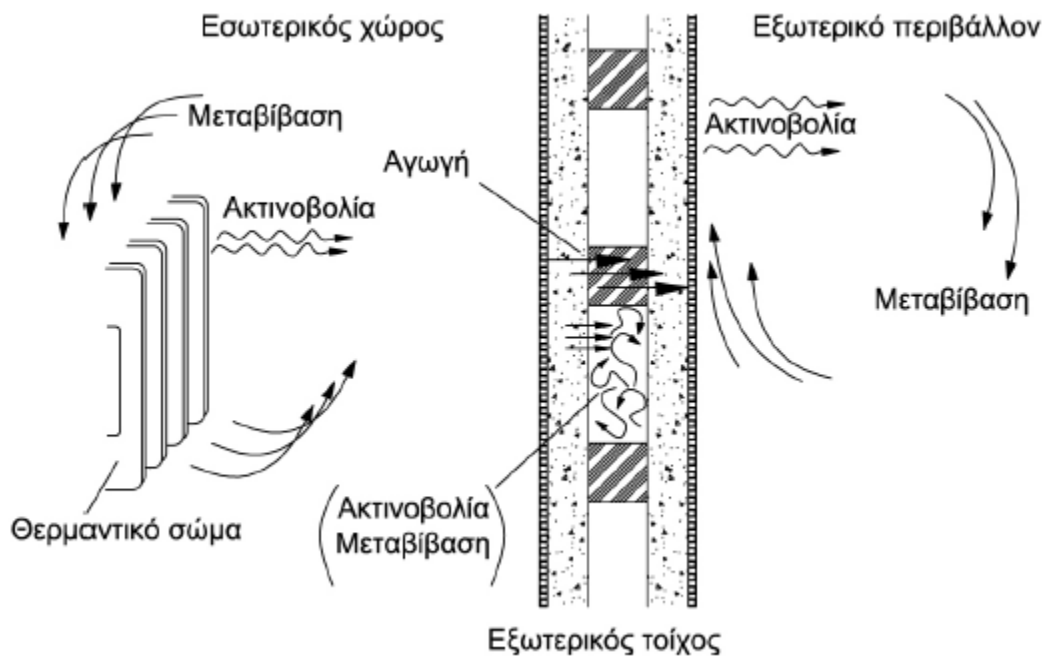
Το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το εξωτερικό του περιβάλλον. Με τον όρο εξωτερικό περιβάλλον αναφερόμαστε στις συνθήκες που επικρατούν εκτός του κελύφους του κτιρίου. Ο σημαντικότερος λοιπόν παράγοντας που καθορίζει τις συνθήκες αυτές είναι το κλίμα του τόπου και κατ' επέκταση η θέση που είναι κατασκευασμένο το κτίριο.

Κλίμα ονομάζεται το σύνολο των μέσων συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή και προκύπτει από παρατηρήσεις σε βάθος χρόνου μετεωρολογικών δεδομένων. Από τις συνθήκες αυτές, οι πιο σημαντικές παράμετροι είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία, η κατεύθυνση και ένταση του ανέμου καθώς και η σχετική υγρασία που επικρατεί.

Το κλίμα λοιπόν αποτελεί ουσιαστικά τον καθοριστικό παράγοντα των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου. Για το λόγο αυτό, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, για την ενεργειακή μελέτη κτιρίων η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες και κάθε νομός κατατάσσεται σε μια εξ' αυτών των ζωνών. Ανάλογα με τη ζώνη στην οποία κατασκευάζεται ένα κτίριο, τότε προκύπτουν και κατασκευαστικοί παράμετροι για το κτίριο αυτό. Συγκεκριμένα, από τον κανονισμό καθορίζεται ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου καθώς και ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για όλο το κτίριο.

2.4 Μεταφορά θερμότητας

Με τον όρο θερμότητα αναφερόμαστε στην θερμική ενέργεια που μεταδίδεται από ένα σώμα σε ένα άλλο, όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τους. Η ροή αυτή ενέργειας είναι από το θερμό προς το ψυχρότερο σώμα. Η θερμότητα μεταδίδεται με τρεις τρόπους στο χώρο: αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία [12].



Εικόνα 2-2: Τρόποι μετάδοσης θερμότητας

Η μετάδοση θερμότητας με αγωγή αφορά την από μόριο σε μόριο μεταφορά θερμότητας. Τα μόρια (ή άτομα) των υλικών χαρακτηρίζονται από την εσωτερική τους ενέργεια, η οποία είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας τους, και λόγω της ενέργειας αυτής εκτελούν κίνηση στο χώρο, είτε άτακτη όπως στα αέρια και υγρά είτε με τη μορφή δονήσεων – ταλαντώσεων στα στερεά. Η μετάδοση με αγωγή στα στερεά σώματα είναι κατά κανόνα ευκολότερη αφού τα μόρια τους βρίσκονται σε σχετικά κοντινή απόσταση, είτε μέσω μεταφοράς των ελεύθερων ηλεκτρονίων, κυρίως στα μέταλλα. Στα υγρά και αέρια έχουμε μεταφορά θερμότητας μέσω των κρούσεων που συμβαίνουν αλλά και διάχυσης. Στα κτίρια έχουμε κατά βάση απώλειες μέσω αγωγής τους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα από αγωγή στα

στοιχεία τοιχοποιίας, στους υαλοπίνακες και την οροφή. Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή διέπεται από τον νόμο του Fourier.

$$\dot{q} = -\lambda \nabla T$$

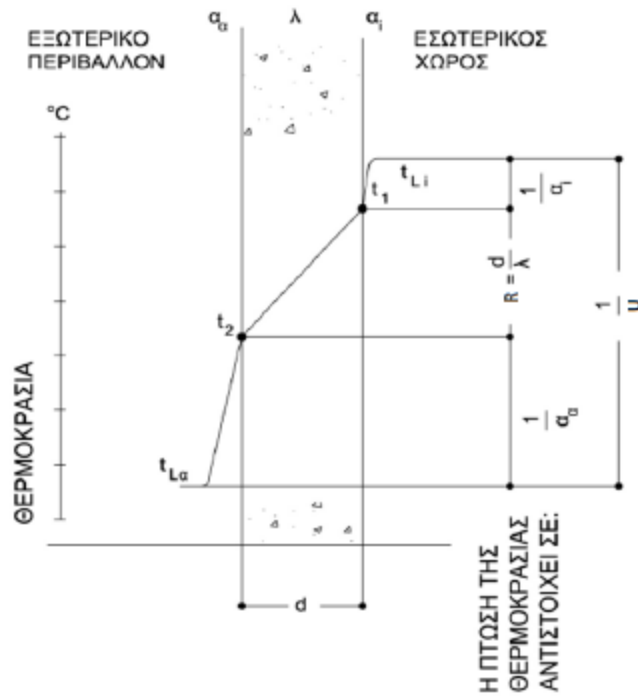
Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή ονομάζεται η μετάδοση θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων μέσω της κίνησης ενός ρευστού ή υγρού. Στην μελέτη των κτιρίων ο τρόπος αυτός εμφανίζεται στα δομικά στοιχεία είτε με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα είτε με τον άνεμο που πνέει. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελούν τα θερμαντικά σώματα, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας μεταφέρεται με συναγωγή. Η διαφορική εξίσωση του νόμου συναγωγής είναι:

$$\dot{q} = h * A * \Delta T$$

Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία ονομάζεται η μετάδοση θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων τα οποία απέχουν μεταξύ τους μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Όλα τα σώματα με θερμοκρασία μεγαλύτερη του μηδενός ακτινοβολούν. Ο τρόπος αυτός είναι σημαντικός για τις επιφάνειες κτιρίων, όπως για παράδειγμα δομικά στοιχεία τα οποία δεν φέρουν θερμομόνωση, καθώς και για θερμαντικές επιφάνειες.

Χαρακτηριστικό κάθε υλικού αποτελεί ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , ο οποίος καθορίζει την θερμική ροή δια αγωγής, όπως αυτή διατυπώθηκε από τον νόμο του Fourier. Ο συντελεστής αυτός μας προσδιορίζει την ποσότητα θερμότητας που ρέει μέσα από ένα υλικό για δεδομένο χρόνο, πάχος και επιφάνεια. Έτσι λοιπόν, διαστατικά ορίζεται ως η θερμότητα σε Wh που ρέει σε 1 ώρα μέσα από ένα στρώμα υλικού επιφανείας 1 m^2 και πάχους 1 m για διαφορά θερμοκρασίας 1 K . Συνεπώς, ο συντελεστής αυτός έχει (στο σύστημα SI) μονάδες $\text{W/m}\cdot\text{K}$ [13]. Όπως αναφέρθηκε, ο συντελεστής αυτός είναι χαρακτηριστικός για κάθε υλικό και εξαρτάται από τη φύση του υλικού, την περιεχόμενη του υγρασία, την πυκνότητά του καθώς και από την θερμοκρασία. Τυπικές τιμές για δομικά υλικά είναι από $0,1$ έως $2,7 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ενώ για θερμομονωτικά υλικά από $0,02$ έως $0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Πολλές φορές σε κατασκευαστικά στοιχεία δίδεται, έναντι του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U . Ο συντελεστής αυτός προκύπτει από συνδυασμό των φαινομένων αγωγής και συναγωγής που υφίσταται ένα δομικό στοιχείο. Συγκεκριμένα, για ένα απλό δομικό στοιχείο, στις δύο διεπιφάνειες αέρα-στοιχείου έχουμε συναγωγή με συντελεστές θερμικής μετάβασης α_i και α_a αντίστοιχα, ενώ δια μέσω του στοιχείου έχουμε αγωγή με συντελεστή αγωγής λ και πάχος υλικού d . Επεξηγηματικά, τα ανωτέρω προκύπτουν στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2-3: Μετάδοση θερμότητας σε δομικό στοιχείο

Έτσι, προκύπτουν οι σχέσεις:

$$Q_1 = a_i * A * (T_{Li} - T_1)$$

$$Q_2 = \frac{\lambda}{d} * A * (T_1 - T_2)$$

$$Q_3 = a_\alpha * A * (T_2 - T_{La})$$

Με βάση την αρχή διατήρησης ενέργειας θα πρέπει:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = U * A * (T_{Li} - T_{La})$$

Συνεπώς ισχύει:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{a_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_\alpha}$$

Με παρόμοιο τρόπο ορίζεται και ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας σύνθετων δομικών στοιχείων, για παράδειγμα ενός διπλού δομικού τοίχου με θερμομόνωση και επίχρισμα. Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ενός δομικού στοιχείου είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, καθώς μας φανερώνει την ενεργειακή συμπεριφορά του. Είναι χαρακτηριστικό μέγεθος το οποίο καθορίζεται και από την κείμενη νομοθεσία, όσον αφορά τα όρια του, για κάθε κλιματική ζώνη, όπως αναφέραμε.

Τέλος, ένα ακόμα χαρακτηριστικό και πολύ σημαντικό μέγεθος ενός υλικού είναι η θερμοχωρητικότητά του. Ως θερμοχωρητικότητα αναφέρεται η ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει ενέργεια στη μάζα του και να την αποδίδει με χρονική διαφορά [14]. Η ειδική θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε υλικού και εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία ανά μονάδα μάζας του υλικού κατά 1 K. Στο σύστημα SΙέχει μονάδες J/kgK. Είναι συνεπώς προφανές ότι η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι η μάζα του πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή ειδικής θερμοχωρητικότητας.

Η θερμοχωρητικότητα είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος λόγω της περιοδικότητας που εμφανίζει η θερμοκρασία ενός δομικού στοιχείου, λόγω της περιοδικής μεταβολής της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της προσπίπτουσας σε αυτό ακτινοβολίας. Εξαιτίας της θερμοχωρητικότητας, έχουμε αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Στόχος μας αποτελεί η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα να αποδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτή της μάζας των δομικών στοιχείων. Έτσι, όταν έχουμε αυξημένη θερμοχωρητικότητα, ο ρυθμός θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου είναι μικρός. Όμως, η θερμοχωρητικότητα αυτή εξισορροπεί τις απότομες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Καθοριστικό μέγεθος για τη συμπεριφορά λοιπόν του δομικού στοιχείου είναι η θερμική του αδράνεια, που σχετίζεται με θερμοχωρητικότητά του και τη θερμική του αγωγιμότητα. Το φαινόμενο αυτό έχει σημαντικές πρακτικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα η χρήση ειδικών υλικών αλλαγής φάσης (PCM), τα οποία δρουν ως θερμοσυσσωρευτές το χειμώνα αποθηκεύοντας την θερμότητα του ήλιου την ημέρα και αποδίδοντάς την στο εσωτερικό τη νύκτα [15].

2.5 Θερμικές ζώνες κτιρίου

Για την εκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, εισάγεται η έννοια των θερμικών ζωνών. Ως θερμική ζώνη ορίζεται ένας χώρος ή σύνολο χώρων τα οποία έχουν παρόμοια χρήση και επίπεδο χρήσης καθώς και ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Κατά κανόνα, η συνήθης προσέγγιση είναι ένα κτίριο να αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία θερμική ζώνη, εκτός και αν οι ανάγκες επιτάσσουν διαφορετικά.

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO13790:2009, διαχωρισμός των θερμικών ζωνών επιβάλλεται όταν: Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση, η μεταξύ τους θερμοκρασιακή διαφορά είναι μεγαλύτερη των 4 βαθμών, υπάρχουν ανεξάρτητα συστήματα ψύξης/θέρμανσης ανά χώρο, υπάρχουν χώροι με σημαντικά διαφορετική ενεργειακή συμπεριφορά με άλλα μέρη του κτιρίου καθώς και όταν το σύστημα αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

2.6 Υαλοπίνακες

Με βάση τα όσα διατυπώθηκαν ανωτέρω, μπορούμε να κρίνουμε την ενεργειακή συμπεριφορά των αδιαφανών στοιχείων του κτιρίου, όπως οι τοίχοι και οι οροφές, με σχετική άνεση. Όμως, ένα κτιριακό κέλυφος αποτελείται και από διαφανή στοιχεία, όπως κατά βάση οι υαλοπίνακες, των οποίων η συμπεριφορά κρίνεται και από επιπλέον παραμέτρους, τις οποίες κρίνεται σκόπιμο να αναλύσουμε.

Κατ' αντιστοιχία με τους τοίχους που παρουσιάζουν κατά βάση τη μεγαλύτερη θερμική αντίσταση συνήθως, οι υαλοπίνακες παρουσιάζουν την μικρότερη και συνεπώς πρέπει να μελετώνται μετά προσοχής. Έκτος όμως του στοιχείου αυτού, οι υαλοπίνακες επιτρέπουν την είσοδο ηλιακών φορτίων υπό τη μορφή ηλιακής ακτινοβολίας, τα οποία πέρα από τη συσχέτισή τους με τον φωτισμό του κτιρίου, είναι υπεύθυνα για την δημιουργία ενός από τα σημαντικότερα θερμικά φορτία κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης, ενώ η μόνωση ενός κτιρίου δυσκολεύει την είσοδο της θερμικής ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες, ένας υαλοπίνακας επιτρέπει την είσοδό της, αποτέλεσμα επιθυμητό και χρήσιμο, αφού μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη θέρμανση του χώρου, ιδίως σε συνδυασμό με τη θερμοχωρητικότητα.

Είναι λοιπόν φανερό ότι η μελέτη της συμπεριφοράς των υαλοπινάκων παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον ακόμα και από αυτή της θερμικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων και της μόνωσης αυτών. Επίσης, αποτελούν στοιχεία αλληλένδετα, αφού σε περίπτωση που ο μηχανικός αποφασίσει να αυξήσει τα ανοίγματα σε έναν τοίχο, τότε θα πρέπει να αυξήσει κατάλληλα και το πάχος του μονωτικού

υλικού, προκειμένου να αντισταθμίσει το σύνολο των απωλειών και να βρίσκεται εντός των ορίων της κείμενης νομοθεσίας.

Ο προσανατολισμός των υαλοπινάκων επιδρά σημαντικά στην ενεργειακή συμπεριφορά. Γενικά, προτιμώνται τα μεγάλα νότια ανοίγματα, τα μέτρια ανατολικά και δυτικά και κατά το δυνατόν μικρά ανοίγματα στο βορρά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ανοίγματα νοτίου προσανατολισμού δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες και έτσι προκύπτει ηλιακό θερμικό κέρδος. Αντίθετα, τα βορεινά ανοίγματα δέχονται διάχυτη ακτινοβολία και όχι άμεση, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ελάχιστα ηλιακά κέρδη το χειμώνα. Έτσι λοιπόν προκύπτει ότι σε περίπτωση υαλοπινάκων βορείου προσανατολισμού, το επιθυμητό είναι να παρουσιάζουν ήτοι δυνατό χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, ιδιαίτερος δε σε ψυχρά κλίματα [16].

Η αξία των υαλοπινάκων κατά τους χειμερινούς μήνες έχει μελετηθεί εκτενώς. Χαρακτηριστικά, αποτελέσματα μελέτης [17] απέδειξαν ότι υπάρχει οριακή τιμή κάλυψης του κελύφους από υαλοπίνακες πέραν της οποίας η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες είναι ανεξάρτητη του πάχους της μόνωσης του κτιρίου, ενώ σε περίπτωση μικρότερης κάλυψης από την τιμή αυτή η επίδραση της μόνωσης του κτιρίου είναι αρνητική, αφού μειώνει την δια αγωγής θερμική ροή.

2.7 Σκίαση

Ένας διαδεδομένος τρόπος μείωσης του θερμικού κέρδους ενός κτιρίου είναι η σκιάσή του. Ο τρόπος αυτός είναι γνωστός από αρχαίων χρόνων και αποσκοπεί στη μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια με τη χρήση φυσικών, όπως είναι η βλάστηση, ή τεχνητών κατασκευών. Η σκίαση των διαφανών αλλά και αδιαφανών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου είναι σημαντικό να επιτυγχάνεται κατά τους θερινούς μήνες, όμως το αντίθετο ισχύει για τους χειμερινούς μήνες, όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι επιθυμητή. Η σκίαση είναι σημαντική τόσο για την θερμική όσο και οπτική άνεση των χρηστών του κτιρίου [18].

Κατά κύριο λόγο, η σκίαση λοιπόν αφορά τα ανοίγματα ενός κτιρίου, αφού αυτά αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας κατά τους θερινούς μήνες. Ο βαθμός και τρόπος σκίασης εξαρτώνται τόσο από τον τύπο του ανοίγματος, τον προσανατολισμό, τη θέση του ήλιου αλλά και την τοποθεσία. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη χρήση σκιάστρων και βλάστησης, είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά, ενώ τα σκιάστρα μπορούν να είναι κινητά ή σταθερά. Επίσης, ως σκιάστρα μπορούν να λειτουργήσουν παρακείμενα κτίρια ή κατασκευές. Ο πιο διαδεδομένος τύπος εσωτερικού σκιάστρου είναι οι κουρτίνες, ενώ εξωτερικού οι τέντες και τα πατζούρια.

Η εξωτερική σκίαση αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο μείωσης του θερμικού ηλιακού κέρδους, αφού αποκόπτει την ηλιακή ακτινοβολία πριν αυτή φθάσει στον υαλοπίνακα. Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι πολλές φορές ένα σκίαστρο αποκόπτει μόνο την άμεση και όχι τη διάχυτη ακτινοβολία, όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση η μείωση μπορεί να ξεπερνά το 80%.

Τα εσωτερικά σκίαστρα είναι λιγότερο αποτελεσματικά αφού η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο χώρο και σταματά στο σκίαστρο, με αποτέλεσμα ένα μέρος αυτής να ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον και το υπόλοιπο να απορροφάται από το σκίαστρο και να το θερμαίνει. Δεδομένου ότι είναι αδύνατο να επιτευχθεί 100% ανάκλαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, η αποτελεσματικότητα είναι περιορισμένη. Για το λόγο αυτό τα εσωτερικά σκίαστρα πρέπει να είναι ανοιχτού χρώματος.

Τα κινητά σκίαστρα διαθέτουν πλεονεκτήματα συγκριτικά με τα σταθερά σκίαστρα, αφού μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες και ανάγκες του χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι τους χειμερινούς μήνες επιτρέπουν αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία, συγκριτικά με τα σταθερά σκίαστρα που δεν επιτρέπουν μεταβολές.

Τέλος, σημαντική περίπτωση αποτελεί η βλάστηση. Κατά κύριο λόγο, όταν αυτή επιλέγεται για σκίαση, είναι επιθυμητή η χρήση φυλλοβόλων δένδρων. Τα δένδρα αυτά παρέχουν ηλιοπροστασία από την άνοιξη έως το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα δεν εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της βλάστησης ως σκίαση είναι η προστασία του κτιρίου από ανέμους με αποτέλεσμα την θερμική του προστασία.

2.8 Αερισμός

Ο αερισμός του κτιρίου αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο για την άνεση των χρηστών του κτιρίου αλλά και για τις ενεργειακές του ανάγκες. Γενικά, ο αερισμός περιλαμβάνει τρεις περιπτώσεις. Πρώτον, τον φυσικό αερισμό, τον μηχανικό αερισμό και τον αερισμό λόγω μη αεροστεγανότητας του κτιρίου με διείσδυση αέρα από χαραμάδες, κουφώματα κτλ. Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται σε διακριτές χρονικές στιγμές και με ελεγχόμενο τρόπο, εν αντιθέσει με τον αερισμό λόγω αεροστεγανότητας που είναι συνεχούς φύσης. Ο αερισμός έχει σημαντική επίπτωση στις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου τους χειμερινούς μήνες και ψύξης αυτού κατά τους θερινούς [19].

Ο αερισμός λόγω μη επαρκούς αεροστεγανότητας του κτιρίου οφείλεται σε διείσδυση του αέρα στο κτίριο από χαραμάδες στις συναρμογές των κουφωμάτων και θυρών του κελύφους του κτιρίου, από τους αρμούς των δομικών επιφανειών του κτιρίου καθώς και από διάφορα ανοίγματα όπως η καμινάδες των τζακιών.

Για τον υπολογισμό του αερισμού από την διείσδυση αέρα χρειάζεται να υπολογίσουμε το μήκος των χαραμάδων και την ποιότητα αυτών. Γενικά, ισχύει η σχέση:

$$V_{in} = \left(\sum [l * a] \right) * R * H$$

Όπου l το συνολικό μήκος του εκάστοτε ανοίγματος, a ο συντελεστής διείσδυσης το αέρα από της χαραμάδες του ανοίγματος (σε m^3/hm) που σχετίζεται με την ποιότητα του ανοίγματος, R ο συντελεστής διεισδυτικότητας και H ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος. Οι συντελεστές a , R , H προκύπτουν συνήθως από πίνακες από την βιβλιογραφία ή από πειραματικές μετρήσεις.

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την εισαγωγή νωπού αέρα περιβάλλοντος, προκειμένου η ατμόσφαιρα του εσωτερικού χώρου να διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα από άποψης ποιότητας και σχετίζεται με την υγιεινή και άνεση ενός χώρου. Έχει εφαρμογή κατά βάση στις κατοικίες, αφού σε κτίρια του τριτογενούς τομέα υπάρχουν πολύπλοκα συστήματα μηχανικού αερισμού με αυστηρές προδιαγραφές, αναλόγως της εφαρμογής.

2.9 Στέγη κτιρίου

Κατά γενική ομολογία, η στέγη ενός κτιρίου αποτελεί το πιο εκτεθειμένο σε εξωτερικές επιβαρύνσεις δομικό στοιχείο του κελύφους του. Ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να λάβει μεγάλες τιμές, ιδίως σε στέγες με νότιο προσανατολισμό, με αποτέλεσμα τη σημαντική επιβάρυνση του εσωτερικού χώρου. Ομοίως, κατά τους χειμερινούς μήνες, στέγη βρίσκεται άμεσα εκτεθειμένη στην βροχή και στον άνεμο, με αποτέλεσμα την εντονότερη αποβολή θερμότητας από αυτή, ιδίως έχοντας ως δεδομένο ότι ο θερμός αέρας του εσωτερικού χώρου κινείται φυσικά προς αυτήν. Για τον λόγο αυτό είναι σημαντικό η στέγη να είναι προσεκτικά μελετημένη, καθώς επιδρά σημαντικά στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου [20].

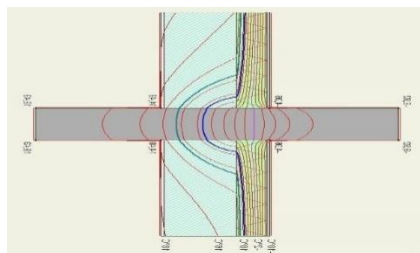
Η κλίση της στέγης αποτελεί ένα μεταβλητό μέγεθος ανά κατασκευή. Γενικά, σε επαρχιακές περιοχές παρατηρούνται στέγες με κλίση μεγαλύτερη των 25° . Για τον υπολογισμό της θερμικής ροής, στέγες με κλίση σχετικά με το οριζόντιο επίπεδο μεγαλύτερη των 30° υπολογίζονται ως κάθετες και η διεύθυνση της ροής θερμότητας θεωρείται οριζόντια ενώ για κλίση μικρότερη των 30° η διεύθυνση θεωρείται κατακόρυφη για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητάς τους.

2.10 Θερμογέφυρες

Οι θερμογέφυρες [21] αποτελούν σημεία ή επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου στα οποία παρατηρείται σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων, συγκριτικά με τις υπόλοιπες επιφάνειες, κάτι το οποίο οδηγεί σε αυξημένη ροή θερμότητας και έτσι αποτελούν σημαντική πηγή θερμικών απωλειών. Εμφανίζονται κατεξοχήν στην διεπιφάνεια δύο διαφορετικών δομικών στοιχείων ή ακόμα και δύο ίδιων δομικών στοιχείων διαφορετικού πάχους, σε συνδέσεις εξωτερικών δομικών στοιχείων καθώς και πλευρικά γύρω από τα ανοίγματα.

Οι θερμικές γέφυρες χαρακτηρίζονται από πολυδιάστατη μεταφορά θερμότητας και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να υπολογισθούν επαρκώς από μονοδιάστατα μοντέλα μεταφοράς θερμότητας, όπως αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή προσομοίωση κτιρίων, όπως για παράδειγμα ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας. Δημιουργούνται σε σημεία ένωσης παραθύρων, σε σημεία συμβολής δοκών και υποστυλωμάτων χωρίς ή με ανεπαρκή θερμομόνωση, με θερμομονωμένα τοιχία του κτιρίου. Μπορούν να αποφευχθούν με την κατάλληλη ενεργειακή σχεδίαση και λεπτομερή εφαρμογή κατασκευής. Παρουσιάζονται υπό την μορφή μυκήτων (μούχλας) και έτσι είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι. Επίσης γίνονται αισθητές από το ανθρώπινο σώμα λόγω της έντονης θερμικής ακτινοβολίας τους, σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία.

Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε κατασκευαστικές και γεωμετρικές. Οι κατασκευαστικές αφορούν σε σημεία συμβολής υλικών με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα. Παραδείγματα τέτοιων θερμογεφυρών είναι οι ενώσεις και η διακοπή της θερμομόνωσης του κτιρίου από δομικά στοιχεία, κουφώματα, προβόλους και άλλα. Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες διακρίνονται με τη σειρά τους σε σημειακές ή γραμμικές, αναλόγως με το αν είναι επαναλαμβανόμενες ή απλά σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Οι γεωμετρικές οφείλονται στη διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού εμβαδού θερμομονωμένης επιφάνειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια θερμομονωμένη γωνία κτιρίου, όπου η επιφάνεια εξωτερικά είναι πάντα μεγαλύτερη από την εσωτερική, με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση της θερμικής αγωγιμότητας και τη δημιουργία θερμογέφυρας. Ο KENAK θεωρεί πρακτικά αμελητέες τις σημειακές θερμογέφυρες και δεν τις λαμβάνει υπόψη στον υπολογισμό.



Εικόνα 2-4: Θερμογέφυρα που δημιουργείται σε πλάκα ορόφου

2.11 Η οικία που μοντελοποιήθηκε

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, επιλέχθηκε να μελετηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά μιας διώροφης διπλοκατοικίας με σοφίτα. Η κατοικία αυτή βρίσκεται στην θέση «Στης γρας το αμπέλι ή πλάκες» της κτηματικής περιφέρειας Ανωπόλεως, δημοτικής κοινότητας Γουβών στο Ηράκλειο της Κρήτης.

Η οικία αυτή αποτελεί μια σύγχρονη κατασκευή και αντιπροσωπευτική μιας συνήθους κατοικίας οπότε αποτελεί ένα κατάλληλο παράδειγμα για σύνταξη μελέτης ενεργειακής απόδοσης.

3

Αναλυτικός υπολογισμός ενεργειακών καταναλώσεων

3.1 Εισαγωγή

Η εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης είναι υποχρεωτική, βάσει του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89), για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια με τις εξαιρέσεις του άρθρου 11, όπως αυτός τροποποιήθηκε σύμφωνα με τα άρθρα 10 και 10Α του νόμου 3851/2010. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης εκπονείται βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας του συντάχθηκαν υποστηρικτικά του κανονισμού όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες. Ειδικότερα, η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βασίζεται στις εξής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων».

Η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.) πέραν του άμεσου κέρδους, εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ.) και συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θέρμανσης (Σ.Η.Θ.) θα καλυφθεί στην αμέσως επόμενη φάση με την έκδοση των ακόλουθων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που θα καθορίσουν με σαφήνεια τις παραμέτρους και τις προδιαγραφές των σχετικών μελετών - εγκαταστάσεων:

- 20701-X/2010: «Βιοκλιματικός σχεδιασμός».
- 20701-X/2010: «Εγκαταστάσεις ΑΠΕ. σε κτήρια».
- 20701-X/2017: «Εγκατασταθείς Σ.Η.Θ. σε κτήρια».

Σύμφωνα με την εγκύκλιο οικ.1603/4.10.2010: «Για την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 1 του άρθρου 3 «Σχεδιασμός Κτιρίου», απαιτείται συστηματική προσέγγιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου με επαρκή τεχνική τεκμηρίωση, στη βάση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και έως την έκδοση σχετικής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Στην περίπτωση που αποδεδειγμένα υπάρχουν αρκετά περιορισμοί (πολεοδομικού, τεχνικού, αισθητικού, οικονομικού χαρακτήρα, κ.ά.) που ενδεχομένως αποκλείουν την εφαρμογή της βέλτιστης ενεργειακά λύσης, υποβάλλεται υποχρεωτικά Τεχνική Έκθεση, η οποία θα τεκμηριώνει επαρκώς τους λόγους μη εφαρμογής κάθε μίας από τις περιπτώσεις της παραγράφου 1 του άρθρου 8.

Στόχος της ενεργειακής μελέτης είναι η ελαχιστοποίηση κατά το δυνατόν της κατανάλωσης ενέργειας για την σωστή λειτουργία του κτηρίου, μέσω:

- του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους, αξιοποιώντας τη θέση του κτηρίου ως προς τον περιβάλλοντα χώρο. την ηλιακή διαθέσιμη ακτινοβολία ανά προσανατολισμό όψης, κ.ά.,
- της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τη δημιουργία θερμογεφυρών, καθώς και την επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, δηλαδή συνδυασμό υαλοπίνακα αλλά και πλαισίου,
- της επιλογής κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση (ανοιγμένης) πρωτογενούς ενέργειας.
- της χρήσης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως ηλιοθερμικά συστήματα, φωτοβολταϊκά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εδάφους, υπόγειων και επιφανειακών νερών) κ. ά. και
- της εφαρμογής διατάξεων αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, για τον περιορισμό της άσκοπης χρήσης τους.

3.2 Γενικά στοιχεία και συνθήκες υπολογισμού κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο της παρούσης εργασίας αποτελεί μια ελαφρά μεταλλική κατασκευή η οποία διαθέτει πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφρά θερμομονωμένα πετάσματα. Τοποθετείται στην πόλη του Ηράκλειου Κρήτης και συνεπώς ανήκει στην κατά ΤΟΤΕΕ κλιματική ζώνη Α.

Το κτίριο αποτελείται από 3 επίπεδα με τυπικό ύψος επιπέδου τα 3m, ενώ το πρώτο επίπεδο βρίσκεται στη στάθμη του εδάφους. Το σύνολο του κτιρίου αποτελεί μία θερμική ζώνη και η περίμετρος του κτιρίου ορίζεται στα 49.50m.

Η συνολική επιφάνεια των ορόφων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι 123.58 m² ενώ η συνολική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι 316.90 m². Η επιφάνεια δαπέδων σε επαφή με το έδαφος είναι 118.50 m² ενώ η επιφάνεια των κουφωμάτων σε επαφή με τον αέρα είναι 42.89m². Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας λαμβάνεται ίση με $U_{\max} = 0.922 \text{ W/m}^2\text{K}$ με βάση το λόγο επιφάνειας (280.37 m²) προς όγκο (864 m³) του κτιρίου και τη θερμική του ζώνη (Ζώνη Α).

Τα δεδομένα του κτηρίου αναφοράς εισάγονται αυτόματα από το λογισμικό του ΤΕΕ σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

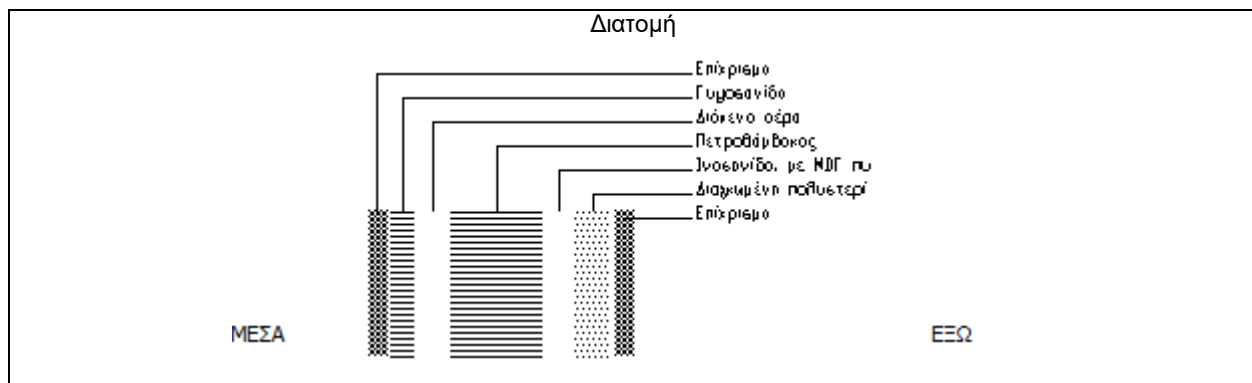
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, εσωτερικά και εξωτερικά λαμβάνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα για κάθε περίπτωση αντίστοιχα.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R _i (εσωτερ.)	R _a (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

Πίνακας 3-1: Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης που θα χρησιμοποιηθούν [(m²K)/W]

3.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

3.3.1 Εξωτερική τοιχοποιία



Εικόνα 3-1: Διατομή εξωτερικής τοιχοποιίας

Η διατομή της εξωτερικής τοιχοποιίας λαμβάνεται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Τα αναλυτικά στοιχεία υπολογισμού για κάθε δομικό υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Γυψοσανίδα	1200	0.025	0.580	0.043
3	Διάκενο αέρα		0.030	0.360	0.023
4	Πετροβάμβακας		0.100	0.041	2.439
5	Ίνoσανίδα, με MDF πυκνότητας 8	800	0.025	0.180	0.139
6	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ		0.040	0.035	1.143
7	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
			Σd=0.260		R_λ=3.833

Πίνακας 3-2: Υλικά και ιδιότητες αυτών για εξωτερική τοιχοποιία

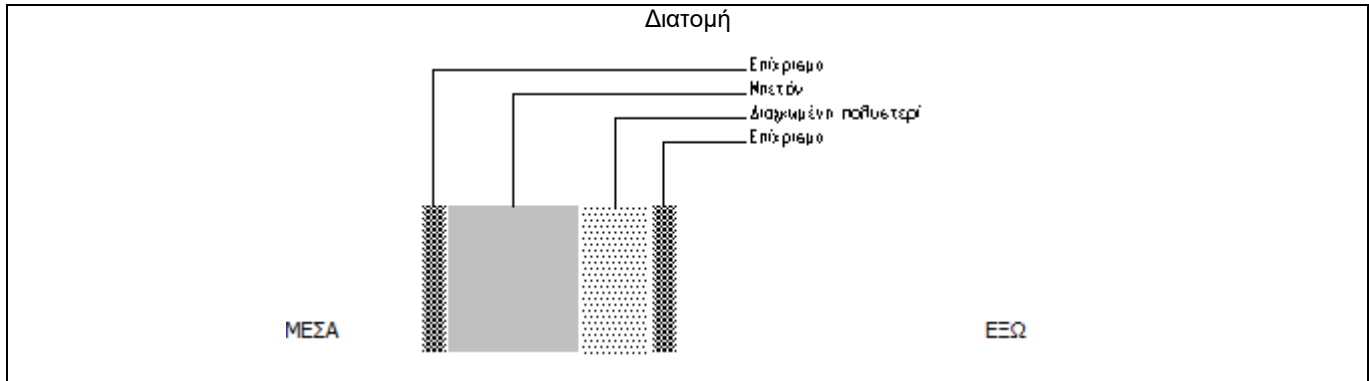
Η ολική θερμική αντίσταση θερμοπερατότητας προκύπτει ως:

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R _λ	(m ² K)/W	3.833
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	4.003

Πίνακας 3-3: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για εξωτερική τοιχοποιία

Κατά συνέπεια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ισούται με 0.246 W/(m²K) και ο οποίος είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο U_{max} = 0.55 W/(m²K), σύμφωνα με τον πίνακα 4-1 της παρούσης.

3.3.2 Δοκοί υποστυλώματα



Εικόνα 3-2: Διατομή δοκών και υποστηλωμάτων

Η διατομή των δοκών και υποστυλωμάτων λαμβάνεται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Τα αναλυτικά στοιχεία υπολογισμού για κάθε δομικό υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Μπετόν	2400	0.120	2.035	0.059
3	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ		0.060	0.035	1.714
4	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
			Σd=0.220		R_λ=1.819

Εικόνα 3-3: Υλικά και ιδιότητες αυτών για δοκούς και υποστυλώματα

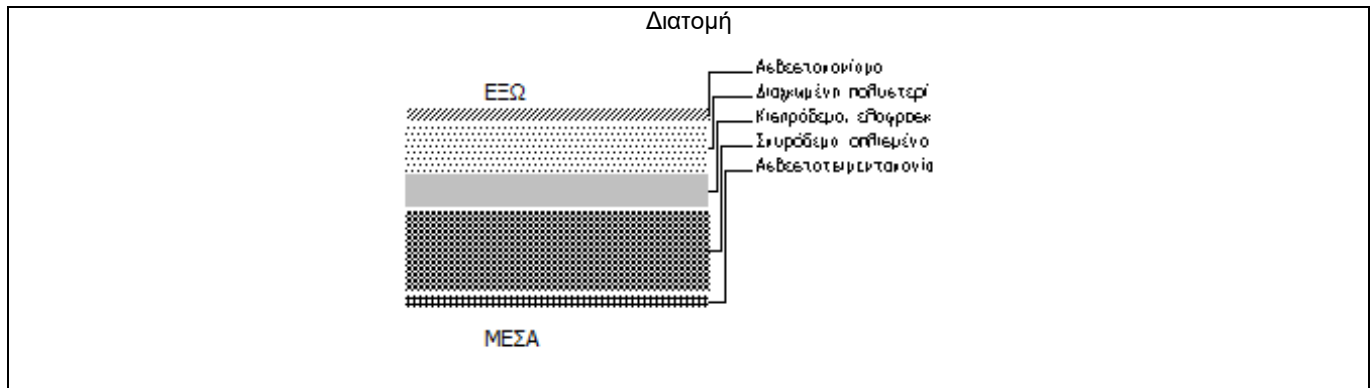
Η ολική θερμική αντίσταση θερμοπερατότητας προκύπτει ως:

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R _λ	(m ² K)/W	1.819
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	1.989

Πίνακας 3-4: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για δοκούς και υποστυλώματα

Κατά συνέπεια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ισούται με 0.503W/(m²K) και ο οποίος είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο U_{max} = 0.55 W/(m²K), σύμφωνα με τον πίνακα 4-1 της παρούσης.

3.3.3 Δώμα βατό



Εικόνα 3-4: Διατομή βατού δώματος

Η διατομή του βατού δώματος λαμβάνεται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Τα αναλυτικά στοιχεία υπολογισμού για κάθε δομικό υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m^3	m	$\text{W}/(\text{mK})$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$
1	Ασβεστοσιμεντοκονία	1800	0.020	0.870	0.023
2	Σκυρόδεμα οπλισμένο με 2% χάλυ	2400	0.120	2.500	0.048
3	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0.050	0.200	0.250
4	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ	12-30	0.070	0.035	2.000
5	Ασβεστοκονία	1900	0.020	0.870	0.023
			$\Sigma d=0.280$		$R_L=2.344$

Πίνακας 3-5: Υλικά και ιδιότητες αυτών για το βατό δώμα

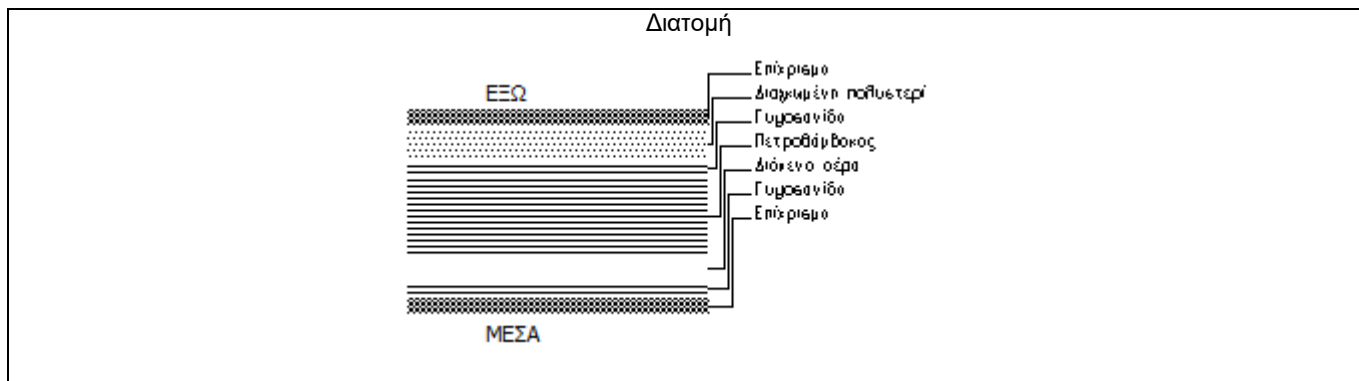
Η ολική θερμική αντίσταση θερμοπερατότητας προκύπτει ως:

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.100
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R_L	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	2.344
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	2.484

Πίνακας 3-6: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για το βατό δώμα

Κατά συνέπεια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ισούται με $0.403 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ και ο οποίος είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{\max} = 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, σύμφωνα με τον πίνακα 4-1 της παρούσης.

3.3.4 Στέγη



Εικόνα 3-5: Διατομή στέγης

Η διατομή της στέγης λαμβάνεται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Τα αναλυτικά στοιχεία υπολογισμού για κάθε δομικό υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
2	Γυψοσανίδα	1200	0.0125	0.580	0.022
3	Διάκενο αέρα		0.030	0.360	0.023
4	Πετροβάμβακας		0.100	0.041	2.439
5	Γυψοσανίδα	1200	0.0125	0.580	0.022
6	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ		0.040	0.035	1.143
7	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
			Σd=0.235		R_λ=3.694

Πίνακας 3-7: Υλικά και ιδιότητες αυτών για τη στέγη

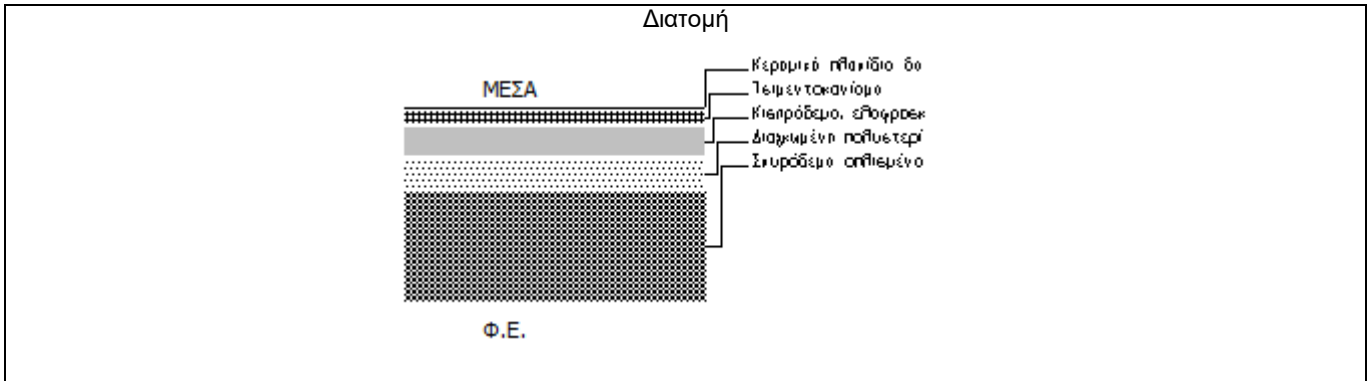
Η ολική θερμική αντίσταση θερμοπερατότητας προκύπτει ως:

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R _λ	(m ² K)/W	3.694
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	3.834

Πίνακας 3-8: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης για τη στέγη

Κατά συνέπεια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ισούται με 0.257 W/(m²K) και ο οποίος είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο U_{max} = 0.45 W/(m²K), σύμφωνα με τον πίνακα 4-1 της παρούσης.

3.3.5 Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος



Εικόνα 3-6: Διατομή δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

Η διατομή του δαπέδου που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος λαμβάνεται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Τα αναλυτικά στοιχεία υπολογισμού για κάθε δομικό υλικό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ kg/m ³	Πάχος στρ. d m	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ W/(mK)	Θερμ. αντίστ. d/λ (m ² K)/W
1	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.005	1.840	0.003
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0.020	0.870	0.023
3	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0.050	0.200	0.250
4	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ	12-30	0.050	0.035	1.429
5	Σκυρόδεμα οπλισμένο με 2% χάλυ	2400	0.200	2.500	0.080
			Σd=0.325		R_λ=1.784

Πίνακας 3-9: Υλικά και ιδιότητες αυτών για το δάπεδο

Η ολική θερμική αντίσταση θερμοπερατότητας προκύπτει ως:

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R _λ	(m ² K)/W	1.784
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.00
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	1.954

Πίνακας 3-10: Υπολογισμός ολικής θερμικής αντίστασης δαπέδου

Κατά συνέπεια, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ισούται με 0.512 W/(m²K) και ο οποίος είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο U_{max} = 1.10 W/(m²K), σύμφωνα με τον πίνακα 4-1 της παρούσης.

Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας της πλάκας με το έδαφος υπολογίζεται ως:

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	B'=2A/Π [m]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
Δάπεδο	0.512	118.500	49.500	4.788	0.0	0.300

Πίνακας 3-11: Υπολογισμός ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με έδαφος

3.3.6 Διάφανα δομικά στοιχεία

Στην παράγραφο αυτή ακολουθεί μία ανάλυση των ιδιοτήτων των διάφανων δομικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην υπό μελέτη κατοικία καθώς και των κουφωμάτων αυτών.

- Τύπος πλαισίου: Συνθετικό
- U_f πλαισίου: $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Τύπος υαλοπίνακα: Διπλό διακένου 12mm (Συνθετικό ισ.πλ. 10cm)
- U_g υαλοπίνακα: $2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- g υαλοπίνακα σε κάθ. προσπτ.: 0.75
- g υαλοπίνακα: 0.68
- Γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ_g : 0.06 W/mK
- Μέσο πλάτος πλαισίου: 0.100 m

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m ²]
A1	1.30	1.40	2	1.82
A2	1.30	0.70	1	0.91
A3	1.60	1.38	1	2.21
A4	2.25	2.58	2	5.81
A6	1.50	2.58	2	3.87
A9	1.05	1.20	1	1.26
A10	1.60	2.38	2	3.81
A11	0.90	2.38	1	2.14
A12	0.60	1.48	1	0.89
A13	2.70	2.38	2	6.43
A14	1.50	1.48	2	2.22
A15	1.05	0.70	2	0.73
A16	1.05	0.70	2	0.73

Πίνακας 3-12: Υπολογισμός εμβαδού κουφωμάτων

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m ²]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m ²]	Ποσοστό πλαισίου	Μήκος L_g [m]	U κουφώματος [W/(m ² K)]	g_w κουφώματος
A1	0.82	1.26	39%	7.400	2.256	0.41
A2	0.36	0.55	40%	3.200	2.253	0.41
A3	0.54	1.54	26%	5.000	2.240	0.50
A4	1.37	4.25	24%	12.90	2.240	0.51
A5	0.46	0.68	40%	4.200	2.260	0.41
A6	1.22	2.53	33%	11.40	2.252	0.46
A9	0.52	1.43	27%	4.800	2.241	0.50
A10	1.22	2.70	31%	11.40	2.250	0.47
A11	0.54	1.26	30%	5.000	2.247	0.48
A12	0.40	0.56	42%	3.600	2.258	0.40
A13	1.50	5.25	22%	14.20	2.237	0.53
A14	0.86	1.54	36%	7.800	2.252	0.44
A15	0.46	0.45	51%	3.800	2.248	0.34
A16	0.44	0.36	55%	3.600	2.250	0.31

Πίνακας 3-13: Υπολογισμός θερμικών ιδιοτήτων κουφωμάτων

Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας ιδιοτήτων για κάθε κούφωμα και υαλοπίνακα της κατοικίας.

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Τύπος	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	UxA [W/K]	g _w	Αριθμός επιφανειών
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	1.50	2.58	A6	3.87	2.252	8.45	0.46	1
	Δ2	2.25	2.58	A4	5.81	2.260	2.58	0.41	1
	Δ3	0.90	2.50	A7	2.25	2.240	12.60	0.51	1
	Δ4	1.60	1.38	A3	2.21	2.240	4.66	0.50	1
	N1	1.05	1.40	A17	1.47	2.256	4.69	0.41	1
	N2	1.30	1.40	A1	1.82	2.256	4.69	0.41	1
	N3	1.30	0.70	A2	0.91	2.253	2.05	0.41	1
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	1.50	1.48	A14	2.22	2.252	5.40	0.44	1
	B1	2.70	2.38	A13	6.43	2.237	15.10	0.53	1
	Δ2	0.60	1.48	A12	0.89	2.258	2.17	0.40	1
	Δ3	0.60	1.48	A12	0.89	2.258	2.17	0.40	1
	N1	0.90	2.38	A11	2.14	2.247	4.04	0.48	1
	Δ4	1.60	2.38	A10	3.81	2.250	8.82	0.47	1
	N2	1.05	1.20	A9	1.26	2.241	4.37	0.50	1
ΚΑΤΟΚΙΑ	N1	1.05	0.70	A15	0.73	2.248	2.05	0.34	1
	B1	1.05	0.70	A16	0.73	2.250	1.80	0.31	1

Πίνακας 3-14: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδιοτήτων κουφωμάτων και υαλοπινάκων

Τα τελικά στοιχεία ανά όροφο δίδονται στον πίνακα 3-15.

Όροφος	Εμβαδό [m ²]	Σ(UxA) [W/K]	n	ΣΑ [m ²]	n x Σ(UxA) [W/K]
ΚΑΤΟΚΙΑ	17.67	39.72	1	17.67	39.72
ΚΑΤΟΚΙΑ	18.74	42.07	1	18.74	42.07
ΚΑΤΟΚΙΑ	1.71	3.85	1	1.71	3.85
Συνολικά				38.12	85.64

Πίνακας 3-15: Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων και υαλοπινάκων ανά όροφο

3.3.7 Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία

3.3.7.1 Α όροφος

3.3.7.1.1 Ανατολικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Α ορόφου του κτιρίου.

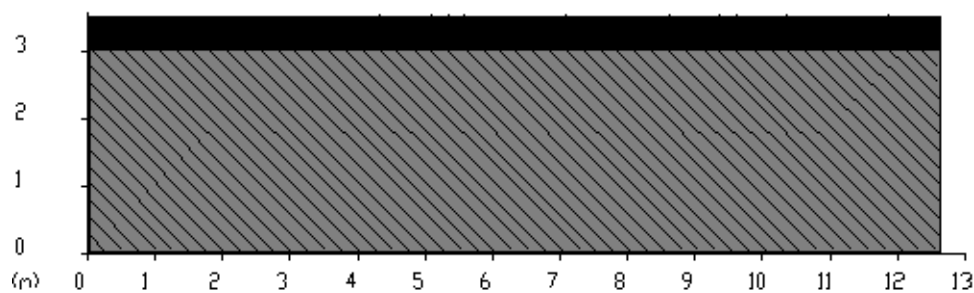
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	12.60	3.47	43.72
2	-12.60	0.47	-5.92
		ΣΑ =	37.80

Πίνακας 3-16: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου ανατολικής πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	12.60	0.47	5.92
		ΣΑ =	5.92

Πίνακας 3-17: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου ανατολικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 37.80 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 5.92 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.00 m²



Εικόνα 3-7: Σκαρίφημαδομικών στοιχείων Α ορόφου ανατολικής πλευράς

3.3.7.1.2 Νότιος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την νότια πλευρά του Α ορόφου του κτιρίου.

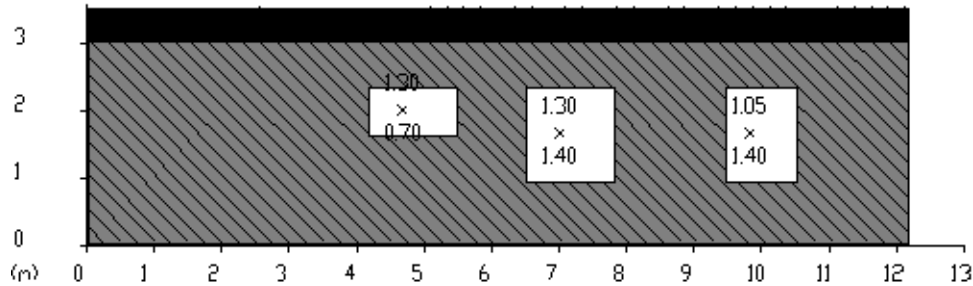
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	12.15	3.47	42.16
2	-1.05	1.40	-1.47
3	-1.30	1.40	-1.82
4	-1.30	0.70	-0.91
5	-12.15	0.47	-5.71
		ΣΑ =	32.25

Πίνακας 3-18: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου νότιας πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	12.15	0.47	5.71
		ΣΑ =	5.71

Πίνακας 3-19: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου νότιας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 32.25 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 5.71 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 4.20 m²



Εικόνα 3-8: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου νότιας πλευράς

3.3.7.1.3 Δυτικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την δυτική πλευρά του Α ορόφου του κτιρίου.

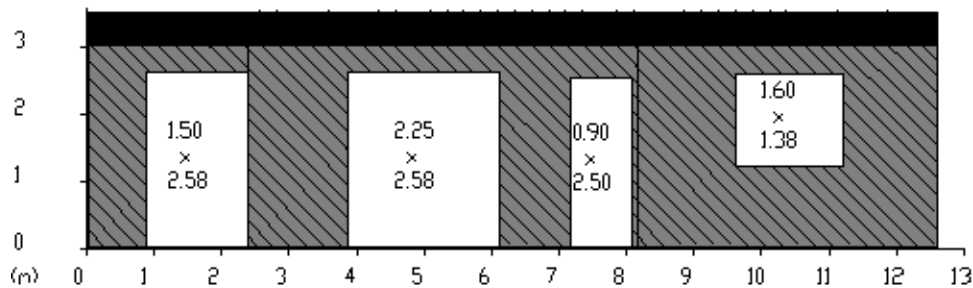
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.35	3.47	8.15
2	-1.50	2.58	-3.87
3	-2.35	0.47	-1.10
4	5.80	3.47	20.13
5	-2.25	2.58	-5.81
6	-0.90	2.50	-2.25
7	-5.80	0.47	-2.73
8	4.45	3.47	15.44
9	-1.60	1.38	-2.21
10	-4.45	0.47	-2.09
		ΣΑ =	23.67

Πίνακας 3-20: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου δυτικής πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.35	0.47	1.10
2	5.80	0.47	2.73
3	4.45	0.47	2.09
		ΣΑ =	5.92

Πίνακας 3-21: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου δυτικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 23.67 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 5.92 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 14.13 m²



Εικόνα 3-9: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου δυτικής πλευράς

3.3.7.1.4 Βόρειος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την βόρεια πλευρά του Α ορόφου του κτιρίου.

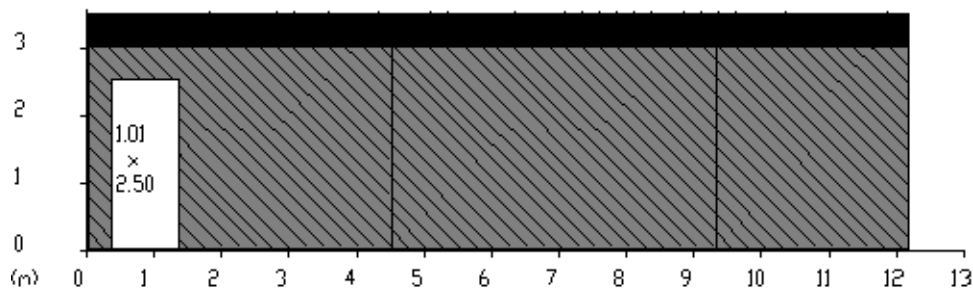
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.80	3.47	16.66
2	-4.80	0.47	-2.26
3	2.85	3.47	9.89
4	-2.85	0.47	-1.34
5	4.50	3.47	15.62
6	-1.01	2.50	-2.53
7	-4.50	0.47	-2.11
		ΣΑ =	33.92

Πίνακας 3-22: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Α ορόφου βόρειας πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.80	0.47	2.26
2	2.85	0.47	1.34
3	4.50	0.47	2.11
		ΣΑ =	5.71

Πίνακας 3-23: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Α ορόφου βόρειας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 33.92 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 5.71 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 2.53 m²



Εικόνα 3-10: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Α ορόφου βόρειας πλευράς

3.3.7.1.5 Συγκεντρωτικά στοιχεία Α ορόφου

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων για τους υπολογισμούς θερμομονωτικής επάρκειας και ενεργειακής απόδοσης.

προσανατολισμός	δομ. στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	b	ΣbxAxU [W/K]
A	Τοιχοποιία	0.246	37.80	1	9.30
A	Φέρων οργανισμός	0.503	5.92	1	2.98
N	Τοιχοποιία	0.246	32.25	1	7.72
N	Φέρων οργανισμός	0.503	5.71	1	2.87
Δ	Τοιχοποιία	0.246	23.67	1	5.93
Δ	Φέρων οργανισμός	0.503	5.92	1	2.98
Δ	Πόρτα	2.800	2.25	1	6.30
B	Τοιχοποιία	0.246	33.92	1	8.06
B	Φέρων οργανισμός	0.503	5.71	1	2.87
B	Πόρτα	2.800	2.53	1	7.07
			150.91		56.08

Πίνακας 3-24: Συγκεντρωτικά στοιχεία Α ορόφου για τους υπολογισμούς

3.3.7.2 Β όροφος

3.3.7.2.1 Ανατολικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Β ορόφου του κτιρίου.

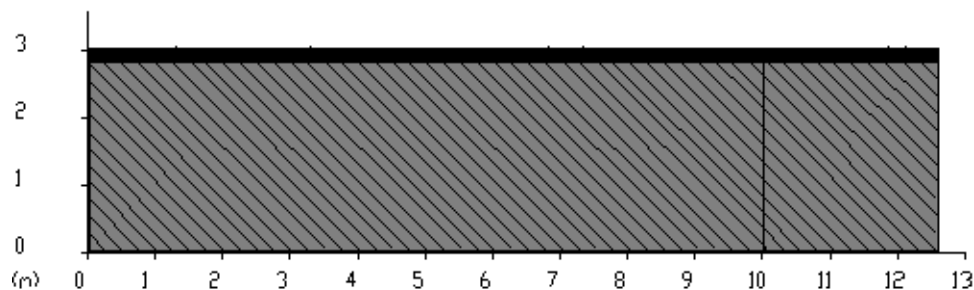
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	10.00	3	30.00
2	-10.00	0.20	-2.00
3	2.60	3	7.80
4	-2.60	0.20	-0.52
		ΣΑ =	35.28

Πίνακας 3-25: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου ανατολικής πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	10.00	0.20	2.00
2	2.60	0.20	0.52
		ΣΑ =	2.52

Πίνακας 3-26: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου ανατολικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 35.28 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 2.52 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.00 m²



Εικόνα 3-11: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου ανατολικής πλευράς

3.3.7.2.2 Νότιος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Β ορόφου του κτιρίου.

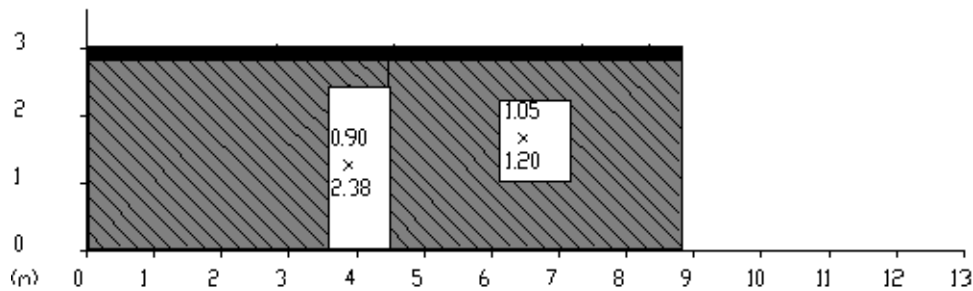
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.45	3	13.35
2	-0.90	2.38	-2.14
3	-4.45	0.20	-0.89
4	4.35	3	13.05
5	-1.05	1.20	-1.26
6	-4.35	0.20	-0.87
		ΣΑ =	21.24

Πίνακας 3-27: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου νότιας πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρον οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.45	0.20	0.89
2	4.35	0.20	0.87
		ΣΑ =	1.76

Πίνακας 3-28: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου νότιας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 21.24 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 1.76 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 3.40 m²



Εικόνα 3-12: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου νότιας πλευράς

3.3.7.2.3 Δυτικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Β ορόφου του κτιρίου.

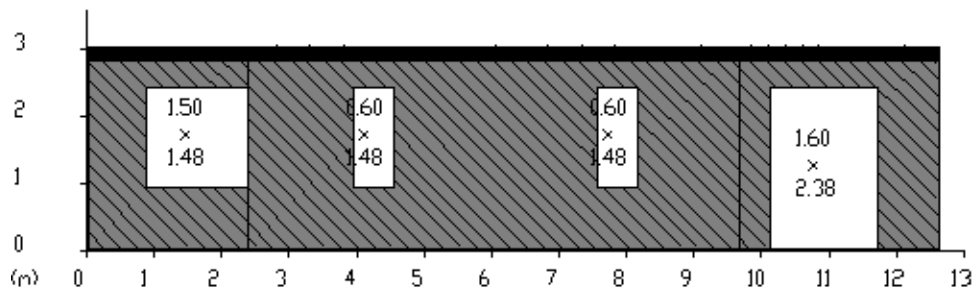
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.35	3	7.05
2	-1.50	1.48	-2.22
3	-2.35	0.20	-0.47
4	7.30	3	21.90
5	-0.60	1.48	-0.89
6	-0.60	1.48	-0.89
7	-7.30	0.20	-1.46
8	2.95	3	8.85
9	-1.60	2.38	-3.81
10	-2.95	0.20	-0.59
		ΣΑ =	27.47

Πίνακας 3-29: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου δυτικής πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	2.35	0.20	0.47
2	7.30	0.20	1.46
3	2.95	0.20	0.59
		ΣΑ =	2.52

Πίνακας 3-30: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου δυτικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 27.47 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 2.52 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 7.80 m²



Εικόνα 3-13: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου δυτικής πλευράς

3.3.7.2.4 Βόρειος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Β ορόφου του κτιρίου.

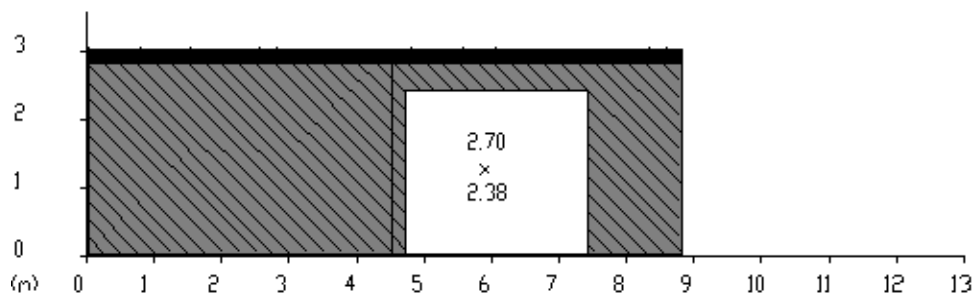
δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.50	3	13.50
2	-4.50	0.20	-0.90
3	4.30	3	12.90
4	-2.70	2.38	-6.43
5	-4.30	0.20	-0.86
		ΣΑ =	18.21

Πίνακας 3-31: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Β ορόφου βόρειας πλευράς

δομ. στοιχ.:		Φέρων οργανισμός	
φύλ.:	1.2	U=	0.503
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.50	0.20	0.90
2	4.30	0.20	0.86
		ΣΑ =	1.76

Πίνακας 3-32: Υπολογισμός ιδιοτήτων φέροντος οργανισμού Β ορόφου βόρειας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 18.21 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 1.76 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 6.43 m²



Εικόνα 3-14: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Β ορόφου βόρειας πλευράς

3.3.7.2.5 Συγκεντρωτικά στοιχεία Β ορόφου

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων για τους υπολογισμούς θερμομονωτικής επάρκειας και ενεργειακής απόδοσης του Β ορόφου.

προσανατολισμός	δομ. στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	b	ΣbxAxU [W/K]
A	Τοιχοποιία	0.246	35.28	1	8.68
A	Φέρων οργανισμός	0.503	2.52	1	1.27
N	Τοιχοποιία	0.246	21.24	1	5.14
N	Φέρων οργανισμός	0.503	1.76	1	0.89
Δ	Τοιχοποιία	0.246	27.47	1	6.65
Δ	Φέρων οργανισμός	0.503	2.52	1	1.27
B	Τοιχοποιία	0.246	18.21	1	4.40
B	Φέρων οργανισμός	0.503	1.76	1	0.89
			110.76		29.18

Πίνακας 3-33: Συγκεντρωτικά στοιχεία Β ορόφου για τους υπολογισμούς

3.3.7.3 Γ όροφος

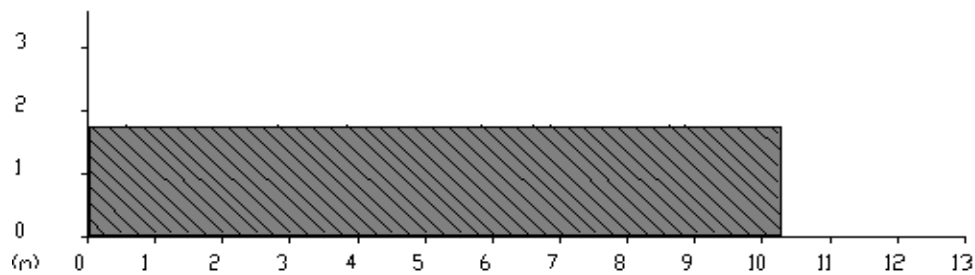
3.3.7.3.1 Ανατολικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την ανατολική πλευρά του Γ ορόφου του κτιρίου.

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	10.25	1.70	17.43
		ΣΑ =	17.43

Πίνακας 3-34: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου ανατολικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 17.43 m²
ΜΠΕΤΟΝ : 0.00 m²
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.00 m²



Εικόνα 3-15: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου ανατολικής πλευράς

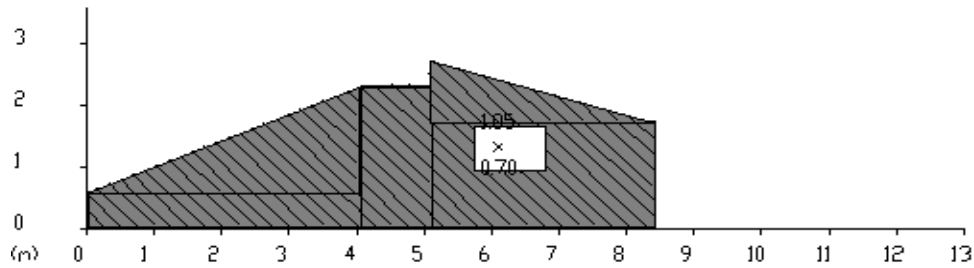
3.3.7.3.2 Νότιος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την νότια πλευρά του Γ ορόφου του κτιρίου.

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	4.05	0.58	2.35
2	4.05	1.71	3.46
3	1.05	2.28	2.39
4	1.05	0.01	0.01
5	3.30	1.70	5.61
6	-1.05	0.70	-0.73
7	3.30	1.01	1.67
		ΣΑ =	14.76

Πίνακας 3-35: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου νότιας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 14.76 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 0.00 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.73 m²



Εικόνα 3-16: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου νότιας πλευράς

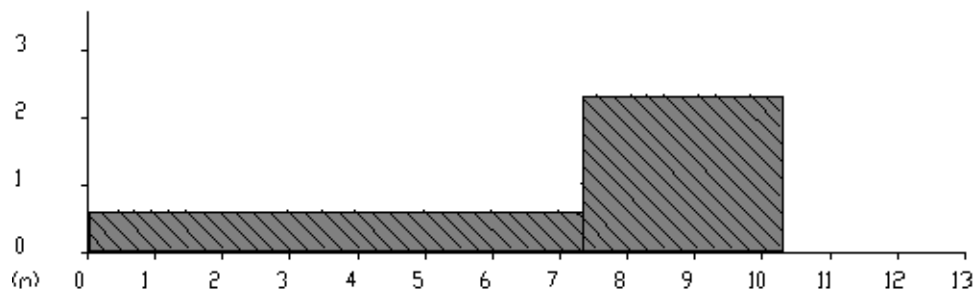
3.3.7.3.3 Δυτικός προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την δυτική πλευρά του Γ ορόφου του κτιρίου.

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	7.30	0.58	4.23
2	2.95	2.28	6.73
3	2.95	0.01	0.03
		ΣΑ =	10.99

Πίνακας 3-36: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου δυτικής πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 10.99 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 0.00 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.00 m²



Εικόνα 3-17: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου δυτικής πλευράς

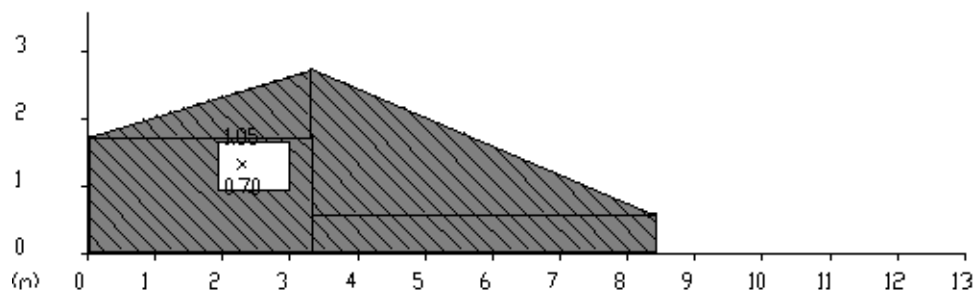
3.3.7.3.4 Βόρειος προσανατολισμός

Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού για την βόρεια πλευρά του Γ ορόφου του κτιρίου.

δομ. στοιχ.:		Τοιχοποιία	
φύλ.:	1.1	U=	0.246
αα	πλάτος [m]	ύψος [m]	εμβαδό [m ²]
1	5.10	0.58	2.96
2	5.10	2.15	5.48
3	3.30	1.70	5.61
4	-1.05	0.70	-0.73
5	3.30	1.01	1.67
		ΣΑ =	14.99

Πίνακας 3-37: Υπολογισμός ιδιοτήτων τοιχοποιίας Γ ορόφου βόρειας πλευράς

ΤΟΙΧΟΙ : 14.99 m²
 ΜΠΕΤΟΝ : 0.00 m²
 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ: 0.73 m²



Εικόνα 3-18: Σκαρίφημα δομικών στοιχείων Γ ορόφου βόρειας πλευράς

3.3.7.3.5 Συγκεντρωτικά στοιχεία Γ ορόφου

Συγκεντρωτικά στοιχεία κατακόρυφων δομικών στοιχείων για τους υπολογισμούς θερμομονωτικής επάρκειας και της ενεργειακής απόδοσης του Γ ορόφου της κατοικίας.

προσανατολισμός	δομ. στοιχ.	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	b	ΣbxAxU [W/K]
A	Τοιχοποιία	0.246	17.43	1	4.29
N	Τοιχοποιία	0.246	14.76	1	3.59
Δ	Τοιχοποιία	0.246	10.99	1	2.70
B	Τοιχοποιία	0.246	14.99	1	3.67
			58.16		14.25

Πίνακας 3-38: Συγκεντρωτικά στοιχεία Β ορόφου για τους υπολογισμούς

3.3.8 Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία

Στην παράγραφο αυτή ακολουθούν πίνακες υπολογισμού των ιδιοτήτων για τον υπολογισμό των θερμομονωτικών ιδιοτήτων σχετικά με τα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία της κατοικίας.

3.3.8.1 Δάπεδο Α ορόφου

δομ. στοιχ.:		Δάπεδο προς έδαφος	
φύλ.:	4.1	U'=	0.300
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	118.5	118.50
			118.50

Πίνακας 3-39: Ιδιότητες δαπέδου Α ορόφου

3.3.8.2 Πλάκα μεταξύ Α και Β ορόφου

δομ. στοιχ.:		Οροφή	
φύλ.:	2.1	U'=	0.403
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	30.94	30.94
			30.94

Πίνακας 3-40: Ιδιότητες πλάκας μεταξύ Α και Β ορόφου

3.3.8.3 Πλάκα μεταξύ Β και Γ ορόφου

δομ. στοιχ.:		Οροφή	
φύλ.:	2.1	U'=	0.403
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	10.57	10.57
2	1	2.93	2.93
			13.50

Πίνακας 3-41: Ιδιότητες πλάκας μεταξύ Β και Γ ορόφου

3.3.8.4 Στέγη

δομ. στοιχ.:		Οροφή	
φύλ.:	2.2	U'=	0.257
τμήμα	πλάτος [m]	μήκος [m]	εμβαδό [m ²]
1	1	43.76	43.76
2	1	35.38	35.38
			79.14

Πίνακας 3-42: Ιδιότητες στέγης κατοικίας

3.3.8.5 Συγκεντρωτικά στοιχεία οριζόντιων αδιαφανών δομικών στοιχείων

Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα αδιαφανή οριζόντια στοιχεία για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και της θερμομονωτικής επάρκειας των οριζόντιων αδιαφανών στοιχείων.

όροφος	δομικό στοιχείο	ΣΑ [m ²]	U' [W/(m ² K)]	ΣΑxU' [W/K]	b	b x ΣΑxU' [W/K]
1	δάπεδο	118.50	0.300	35.55	1.000	35.55
	Οροφή	30.94	0.403	12.47	1.000	12.47
2	Οροφή	13.50	0.403	5.44	1.000	5.44
3	Οροφή	79.14	0.257	20.34	1.000	20.34
		242.08				73.80

Πίνακας 3-43: Συγκεντρωτικός πίνακας ιδιοτήτων οριζόντιων αδιαφανών στοιχείων

3.3.9 Διαφανή δομικά στοιχεία

Πίνακας αναλυτικών στοιχείων κουφωμάτων της κατοικίας και υπολογισμός βασικών θερμομονωτικών ιδιοτήτων για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας.

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Τύπος	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	b	b \times U \times A [W/K]
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	1.50	2.50	A6	3.75	2.252	1	8.45
	B1	0.60	1.90	A5	1.14	2.260	1	2.58
	Δ2	2.25	2.50	A4	5.63	2.240	1	12.60
	Δ4	1.60	1.30	A3	2.08	2.240	1	4.66
	N1	1.30	1.60	A1	2.08	2.256	1	4.69
	N2	1.30	1.60	A1	2.08	2.256	1	4.69
	N3	1.30	0.70	A2	0.91	2.253	1	2.05
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	1.50	1.60	A14	2.40	2.252	1	5.40
	B1	2.50	2.70	A13	6.75	2.237	1	15.10
	Δ2	0.60	1.60	A12	0.96	2.258	1	2.17
	Δ3	0.60	1.60	A12	0.96	2.258	1	2.17
	N1	0.90	2.00	A11	1.80	2.247	1	4.04
	Δ4	1.60	2.45	A10	3.92	2.250	1	8.82
	N2	1.30	1.50	A9	1.95	2.241	1	4.37
ΚΑΤΟΚΙΑ	N1	1.30	0.70	A15	0.91	2.248	1	2.05
	B1	1.00	0.80	A16	0.80	2.250	1	1.80

Πίνακας 3-44: Αναλυτικός πίνακας ιδιοτήτων κουφωμάτων

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων ανά όροφο και συνολικές θερμομονωτικές ιδιότητες για τους υπολογισμούς θερμομονωτικής επάρκειας.

Όροφος	Εμβαδό [m ²]	b \times Σ (U \times A) [W/K]	n	Σ A [m ²]	n \times b \times Σ (U \times A) [W/K]
ΚΑΤΟΚΙΑ	17.67	39.72	1	17.67	39.72
ΚΑΤΟΚΙΑ	18.74	42.07	1	18.74	42.07
ΚΑΤΟΚΙΑ	1.71	3.85	1	1.71	3.85
Συνολικά:				38.12	85.64

Πίνακας 3-45: Συγκεντρωτικός πίνακας κουφωμάτων ανά όροφο

3.3.10 Θερμογέφυρες

Από αναλυτικό υπολογισμό των θερμογεφυρών της υπό μελέτη κατοικίας προκύπτει ότι $\Sigma(b\chi\psi) = 31.5$ [W/K]. Ο συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων παρατίθεται στο παράρτημα Α.

3.3.11 Μέγιστο επιτρεπόμενο και πραγματοποιήσιμο U_m κτιρίου

Αρχικά θα υπολογισθεί ο θερμαινόμενος όγκος του κτιρίου. Αναλυτικά λοιπόν στον πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι $V = 863 \text{ m}^3$.

Θερμική Ζώνη	Εμβαδό [m ²]	Ύψος [m]	Όγκος [m ³]
ΚΑΤΟΚΙΑ	280.37	3.08	864
Συνολικά			864

Πίνακας 3-46: Υπολογισμός όγκου κτιρίου

Ακολουθεί ο υπολογισμός της συνολικής επιφάνειας καθώς και του συνολικού συντελεστή θερμικής διαπερατότητας.

	ΣΑ [m ²]	Σ[bxUxA] [W/K] ή Σ[bxΨxI] [W/K]
κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	321.7	99.5
οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	242.1	73.8
διαφανή δομικά στοιχεία	38.1	85.6
θερμογέφυρες	-	31.5
Συνολικά	601.9	290.5

Πίνακας 3-47: Υπολογισμός επιφάνειας και θερμικής διαπερατότητας

Ο λόγος της επιφάνειας προς τον όγκο του κτιρίου υπολογίζεται ως:
 $\Sigma A/V = 601.87(\text{m}^2)/863.54(\text{m}^3) = 0.697 \text{ m}^{-1}$

A/V m ⁻¹	U_m σε W/m ² K			
	ζωνη Α	ζωνη Β	ζωνη Γ	ζωνη Δ
≤0.2	1.25	1.13	1.04	0.95
0.3	1.17	1.05	0.96	0.88
0.4	1.10	0.99	0.91	0.83
0.5	1.04	0.93	0.86	0.78
0.6	0.98	0.89	0.81	0.73
0.7	0.92	0.83	0.76	0.68
0.8	0.86	0.77	0.71	0.63
0.9	0.80	0.73	0.65	0.59
≥1.0	0.77	0.69	0.62	0.55

Πίνακας 3-48: Μέγιστος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας κατά TOTEE

Συνεπώς μέγιστο επιτρεπτό $U_{m,max}$ σύμφωνα με τον πίνακα 3-48 (μέσω γραμμικής παρεμβολής με βάση τον λόγο επιφάνειας – όγκου) προκύπτει ίσο με $U_{m,max} = 0.922 [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$. Το τελικά πραγματοποιούμενο είναι $U_m = 290.5 (\text{W}/\text{K}) / 601.87 (\text{m}^2) = 0.483 < 0.922 [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

3.3.12 Αθέλητος αερισμός

Συγκεντρωτικά στοιχεία κουφωμάτων ανά όροφο για τον υπολογισμό αθέλητου αερισμού του κτιρίου.

Όροφος	Τύπος	Κουφωμ α	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Εμβαδό [m ²]	Διείσδυ ση αέρα [m ³ /(m ² h)]	Διείσδυ ση αέρα [m ³ /h]
ΚΑΤΟΚΙΑ	παράθυρο	A6	1.50	2.50	3.75	6.20	23
	παράθυρο	A5	0.60	1.90	1.14	6.20	7
	παράθυρο	A4	2.25	2.50	5.63	6.20	35
	πόρτα	A7	0.90	2.50	2.25	0.00	0
	παράθυρο	A3	1.60	1.30	2.08	6.20	13
	παράθυρο	A1	1.30	1.60	2.08	6.20	13
	παράθυρο	A1	1.30	1.60	2.08	6.20	13
	παράθυρο	A2	1.30	0.70	0.91	6.20	6
	πόρτα	A8	1.01	2.50	2.53	0.00	0
ΚΑΤΟΚΙΑ	παράθυρο	A14	1.50	1.60	2.40	6.20	15
	παράθυρο	A13	2.50	2.70	6.75	6.20	42
	παράθυρο	A12	0.60	1.60	0.96	6.20	6
	παράθυρο	A12	0.60	1.60	0.96	6.20	6
	παράθυρο	A11	0.90	2.00	1.80	6.20	11
	παράθυρο	A10	1.60	2.45	3.92	6.20	24
	παράθυρο	A9	1.30	1.50	1.95	6.20	12
ΚΑΤΟΚΙΑ	παράθυρο	A15	1.30	0.70	0.91	6.20	6
	παράθυρο	A16	1.00	0.80	0.80	6.20	5
Συνολικά							236

Πίνακας 3-49: Υπολογισμός διείσδυσης αέρα στο κτίριο (αθέλητος αερισμός)

Η διείσδυση του αέρα ανά τύπο κουφώματος λαμβάνεται από τον πίνακα 3.24 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701 - 1/2017 Α έκδοση.

4

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης

4.1 Εισαγωγή

Η εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης είναι υποχρεωτική, βάσει του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89) , για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια με τις εξαιρέσεις του άρθρου 11, όπως αυτός τροποποιήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 10 και 10Α του νόμου 3851/2010. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης εκπονείται βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας που συντάχθηκαν υποστηρικτικά του κανονισμού όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες. Ειδικότερα, η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βασίζεται στις εξής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων» - Γ' Έκδοση (Νοέμβριος 2014),

Η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.) πέραν του άμεσου κέρδους, εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) και συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θέρμανσης (Σ.Η.Θ.) θα καλυφθεί στην αμέσως επόμενη φάση με την έκδοση των ακόλουθων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που θα καθορίσουν με σαφήνεια τις παραμέτρους και τις προδιαγραφές των σχετικών μελετών - εγκαταστάσεων :

- 20701-X/2010: "Βιοκλιματικός σχεδιασμός".
- 20701-X/2010: "Εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. σε κτήρια".
- 20701-5/2017: "Εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ. σε κτήρια".

Σύμφωνα με την εγκύκλιο οικ. 1603/4.10.2010: "Για την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 1 του άρθρου 8 "Σχεδιασμός Κτηρίου", απαιτείται συστηματική προσέγγιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηρίου με επαρκή τεχνική τεκμηρίωση, στη βάση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και έως την έκδοση σχετικής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Στην περίπτωση που αποδεδειγμένα υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί (πολεοδομικού, τεχνικού, αισθητικού, οικονομικού χαρακτήρα, κ.ά.) που ενδεχομένως αποκλείουν την εφαρμογή της βέλτιστης ενεργειακά λύσης, υποβάλλεται υποχρεωτικά Τεχνική Έκθεση, η οποία θα τεκμηριώνει επαρκώς τους λόγους μη εφαρμογής κάθε μίας από τις περιπτώσεις της παραγράφου 1 του άρθρου 8. "

Στόχος της ενεργειακής μελέτης είναι η ελαχιστοποίηση κατά το δυνατόν της κατανάλωσης ενέργειας για τη σωστή λειτουργία του κτηρίου, μέσω:

- του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους, αξιοποιώντας τη θέση του κτηρίου ως προς τον περιβάλλοντα χώρο, την ηλιακή διαθέσιμη ακτινοβολία ανά προσανατολισμό όψης, κ.ά.,
- της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τη δημιουργία θερμογεφυρών, καθώς και την επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, δηλαδή συνδυασμό υαλοπίνακα, αλλά και πλαισίου,
- της επιλογής κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση (ανοιγμένης) πρωτογενούς ενέργειας,
- της χρήσης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως, ηλιοθερμικά συστήματα, φωτοβολταϊκά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εδάφους, υπόγειων και επιφανειακών νερών) κ.ά. και
- της εφαρμογής διατάξεων αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, για τον περιορισμό της άσκοπης χρήσης τους.

4.2 Γενική περιγραφή κτιρίου

Σε αυτήν την ενότητα, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου, σχετικά με την θέση του και τον περιβάλλοντα χώρο, τη χρήση και το προφίλ λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων (χώρων) του.

4.2.1 Γενικά στοιχεία κτιρίου

Το υπό μελέτη κτήριο θα ανεγερθεί στις γρασ το αμπέλι κτημ. περιφ. Ανωπόλεως δ.ε. Γουβών – Δ. Χερσονήσου. Πρόκειται για νέα διώροφη διπλοκατοικία με σοφίτα. Η κύρια χρήση θα είναι πολυκατοικία.

Το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου θα διαφοροποιείται ως προς τις χρήσεις του και λαμβάνεται όπως ορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Το κτίριο αποτελείται από μοναδική χρήση κατοικίας και μία θερμική ζώνη, συνολικού εμβαδού 280.37 m².

4.2.2 Τοπογραφία οικοπέδου κτιρίου

Το οικόπεδο 1,2,3,4,5.....35,1, στο οποίο θα ανεγερθεί το κτήριο είναι ορθογωνικού σχήματος. Το οικόπεδο βρίσκεται σε μη πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον, με διώροφα κτήρια κυρίως κατοικιών. Η θέση του κτηρίου θα ευνοεί τον ηλιασμό, κυρίως του δώματος αλλά και των κατακόρυφων όψεων. Το δώμα του κτηρίου θα διαθέτει αρκετό χώρο ελεύθερο με δυνατότητα επαρκούς ηλιασμού.

Στο σχήμα 4-1 που ακολουθεί δίνεται τοπογραφικό με την ακριβή θέση του κτηρίου στο οικόπεδο όπου φαίνονται οι αποστάσεις που θα έχει σε σχέση με τα γειτονικά κτήρια.



Εικόνα 4-1: Τοπογραφικό διάγραμμα οικοπέδου και κτιρίου

4.3 Τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού του κτιρίου

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. , το κτήριο πρέπει να σχεδιασθεί, λαμβάνοντας υπόψη:

- τη χωροθέτηση του κτηρίου και τον προσανατολισμό του στο οικόπεδο,
- την εσωτερική χωροθέτηση χώρων λόγω λειτουργιών του κτηρίου.
- την κατάλληλη χωροθέτηση των ανοιγμάτων για επαρκή ηλιασμό, φυσικό φωτισμό και φυσικό δροσισμό, καθώς και την ηλιοπροστασία τους,
- την ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος, ενός εκ των οποίων δύναται να είναι το σύστημα του άμεσου κέρδους,
- διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.

Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεκμηρίωση, σύμφωνα πάντα με το Κ.Εν.Α.Κ.

Ακόμη, σύμφωνα με το άρθρο 11 του Κ.Εν.Α.Κ. τα περιεχόμενα της ενεργειακής μελέτης τα οποία λαμβάνονται υπόψη και για τον ενεργειακό σχεδιασμό είναι τα ακόλουθα:

- γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτηρίου και των ανοιγμάτων (κάτοψη, όγκος, επιφάνεια, προσανατολισμός, συντελεστές σκίασης κ.α.),
- τεκμηρίωση της χωροθέτησης και προσανατολισμού του κτηρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών, με διαγράμματα ηλιασμού λαμβάνοντας υπόψη την περιβάλλουσα δόμηση,
- τεκμηρίωση της επιλογής και χωροθέτησης φύτευσης και άλλων στοιχείων βελτίωσης του μικροκλίματος,
- τεκμηρίωση του σχεδιασμού και χωροθέτησης των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φωτισμού και αερισμού (ποσοστό, τύπος και εμβαδόν διαφανών επιφανειών ανά προσανατολισμό),
- χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης και ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού),
- περιγραφή λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων για τη χειμερινή και θερινή περίοδο: υπολογισμός επιφάνειας παθητικών ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους

κατακόρυφης/ κεκλιμένης / οριζόντιας επιφάνειας), για τα συστήματα με μέγιστη απόκλιση έως 30° από το νότο, καθώς και του ποσοστού αυτής επί της αντίστοιχης συνολικής επιφάνειας της όψης,

- περιγραφή των συστημάτων ηλιοπροστασίας του κτηρίου ανά προσανατολισμό: διαστάσεις και υλικά κατασκευής, τύπος (σταθερά / κινητά, οριζόντια / κατακόρυφα, συμπαγή / διάτρητα) και ένδειξη του προκύπτοντος ποσοστού σκίασης για
 - την 21^η Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο: μικρότερη διάρκεια ημέρας και χαμηλότερη θέση ήλιου)
 - την 21^η Ιουνίου, (θερινό ηλιοστάσιο: μεγαλύτερη διάρκεια ημέρας και υψηλότερη θέση ήλιου)
- γενική περιγραφή των τεχνικών εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού.
- σχεδιαστική απεικόνιση με κατασκευαστικές λεπτομέρειες της θερμομονωτικής στρώσης, των παθητικών συστημάτων και των συστημάτων ηλιοπροστασίας στα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου (κατόψεις, όψεις, τομές).

4.3.1 Χωροθέτηση κτιρίου στο οικόπεδο

Το κτήριο θα ανεγερθεί εκτός του πυκνοκατοικημένου αστικού ιστού επιτρέποντας ουσιαστικά τη βέλτιστη εκμετάλλευση των βασικών αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Η τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο θα γίνει με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να γίνει δυνατή εκμετάλλευση των βασικών κλιματικών παραμέτρων.

Στις εικόνες 4-2 –4-7 δίνεται ο σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου και την 21 Ιουνίου για τις ώρες 9:00, 12:00 και 15:00 (ηλιακός χρόνος). Στο σχέδιο σκιασμού του οικοπέδου (ENAK 1) δίνεται το αζιμούθιο του ήλιου για τις προαναφερθείσες ώρες και μέρες, ενώ στο σχέδιο σκιασμού των όψεων (ENAK 2) δίνεται το ηλιακό ύψος για την 21η Δεκεμβρίου και την 21η Ιουνίου, για την ανατολική όψη στις 09:00, για τη νότια στις 12:00 και για τη δυτική στις 15:00.

Όπως προκύπτει από τις παρακάτω εικόνες και το σχέδιο σκιασμού των όψεων κατά τη διάρκεια της χειμερινής και της θερινής περιόδου, το κτήριο θα σκιάζεται μερικώς υπό προϋποθέσεις. Τα στοιχεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν και στους αντίστοιχους υπολογισμούς του προγράμματος.

Σημειώνεται ότι οι εικόνες 4-2 έως 4-7 έχουν παραχθεί με χρήση λογισμικού και δεν θεωρούνται απαραίτητο στοιχείο της μελέτης. Αντίθετα, το σχέδιο σκιασμού των όψεων που συνοδεύει την παρούσα μελέτη αποτελεί απαραίτητο συστατικό της αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης. Οι γωνίες που αποτυπώνονται στο σχέδιο είναι οι κατακόρυφες γωνίες σκιάς (Vertical Shadow Angle) και υπολογίζονται από τη σχέση:

$$VSA = \tan^{-1} \left[\frac{\tan(\alpha)}{\cos(HSA)} \right] \quad (4.1)$$

όπου:

α το ηλιακό ύψος και υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση 4.11 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και
 HSA η οριζόντια γωνία σκιάς (Horizontal Shadow Angle).

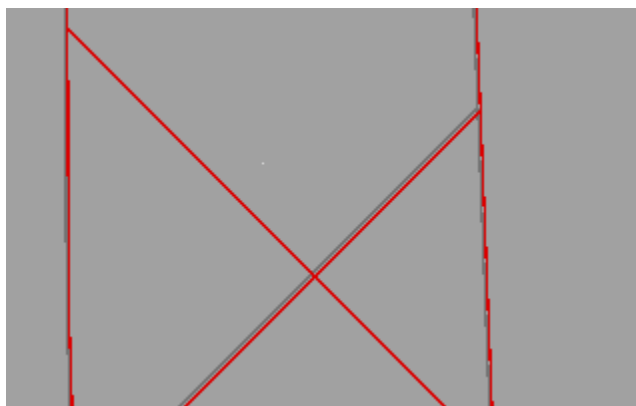
Η οριζόντια γωνία σκιάς (HSA) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$HSA = l_{\gamma s} - l_{\gamma} \leq 90^{\circ} \quad (4.2)$$

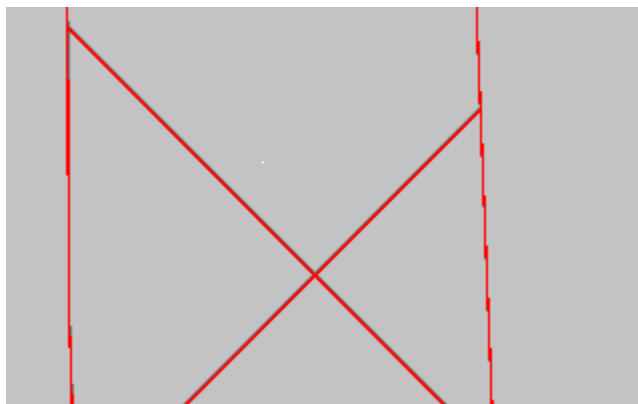
όπου:

γs το ηλιακό αζιμούθιο και υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση 4.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2014
 γ το αζιμούθιο της όψης.

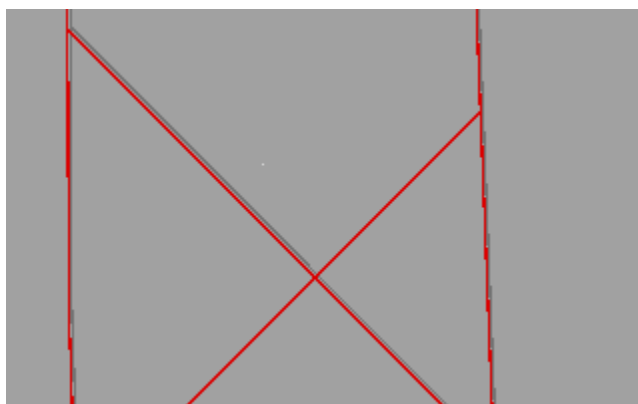
Στις παραπάνω σχέσεις, καθώς και στις σχέσεις 4.11 και 4.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. η αφετηρία μέτρησης του αζιμουθίου ορίζεται ο νότος, και λαμβάνει θετικές και αρνητικές τιμές.



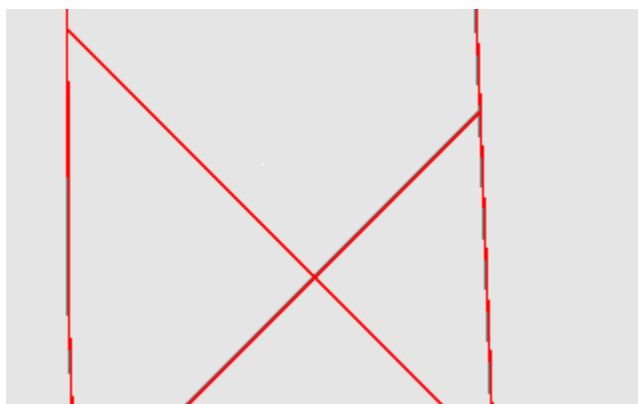
Εικόνα 4-2:Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 09:00



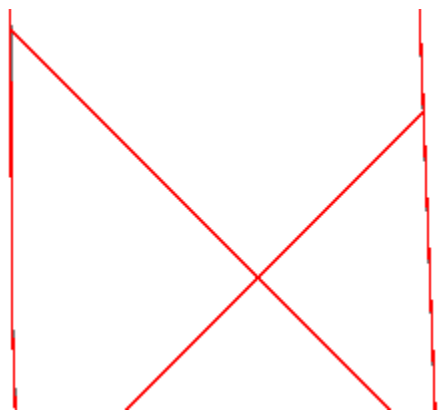
Εικόνα 4-3: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 12:00



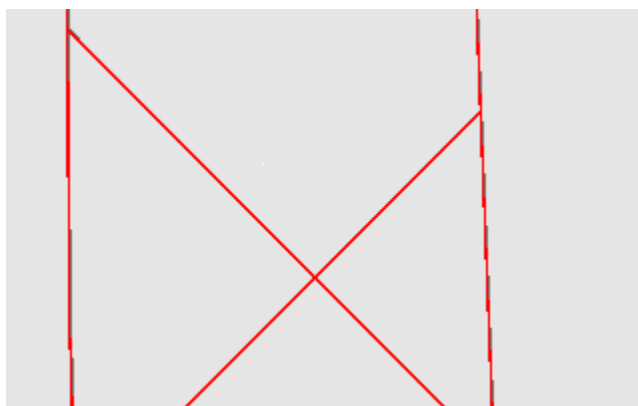
Εικόνα 4-4: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Δεκεμβρίου, ώρα 15:00



Εικόνα 4-5: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 09:00



Εικόνα 4-6: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 12:00



Εικόνα 4-7: Σκιασμός του οικοπέδου την 21η Ιουνίου, ώρα 15:00

4.3.2 Χωροθέτηση λειτουργιών στο κτίριο

Ο εσωτερικός σχεδιασμός και η διαμόρφωση των χώρων στο κτήριο, έγιναν με γνώμονα τη μέγιστη εκμετάλλευση ή αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με την εποχή. Έγινε προσπάθεια τοποθέτησης ορισμένων εκ των κύριων χώρων στο νότιο προσανατολισμό, αλλά και στον ανατολικό, ώστε κατά τους χειμερινούς μήνες να γίνει δυνατή η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τις πρωινές ώρες, ενώ κατά τους θερινούς μήνες να είναι ευχάριστη η χρήση των χώρων αυτών, προτού η εξωτερική θερμοκρασία να ανέβει αισθητά. Τέλος, η τοποθέτηση ορισμένων χώρων στους δυτικούς προσανατολισμούς έγινε ώστε να είναι δυνατή η χρήση του φυσικού δροσισμού ακόμη και τις πρώτες πρωινές ώρες κατά τη θερινή περίοδο.

4.3.3 Ηλιοπροστασία ανοιγμάτων

Ως μέσο ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων επιλέχθηκαν οι πρόβολοι. Σε συνδυασμό με την κινητή ηλιοπροστασία, η οποία όμως δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου θεωρούνται ότι προσφέρουν επαρκή προστασία.

Πιο συγκεκριμένα, ο σκιασμός που προσφέρεται στο κτήριο φαίνεται αναλυτικά για κάθε άνοιγμα, για την 21η Δεκεμβρίου και την 21η Ιουνίου στα σχέδια σκιασμού των ανοιγμάτων (ENAK 3 - ENAK 5). Για τα ανατολικά ανοίγματα δίνεται ο σκασμός στις 09:00, για τα νότια στις 12:00 και για τα δυτικά στις 15:00.

Σε όλα τα σχέδια δίνεται το ηλιακό αζιμούθιο για τις ίδιες μέρες και ώρες. Οι συντελεστές σκίασης των ανοιγμάτων φαίνονται στα επισυναπτόμενα σχέδια. Οι γωνίες που αποτυπώνονται στο σχέδιο είναι οι κατακόρυφες γωνίες σκιάς που υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση [4.1] της παρούσας μελέτης.

4.3.4 Φυσικός φωτισμός

Σε όλους τους κυρίως χώρους θα τοποθετηθούν ανοίγματα τα οποία θα προσφέρουν επαρκή φωτισμό. Ειδικά στους χώρους με μεγάλο βάθος θα υπάρχει ειδική πρόνοια να τοποθετηθούν μεγάλα ανοίγματα.

4.3.5 Φυσικός δροσισμός

Θα τοποθετηθούν ανοίγματα στην ανατολική και δυτική όψη εξασφαλίζοντας διαμπερή αερισμό, για τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του φυσικού δροσισμού. Προσπάθεια θα γίνει επίσης να τοποθετηθούν ανοίγματα σε όλους τους χώρους, τα οποία θα προσφέρουν επαρκή φυσικό δροσισμό.

4.3.6 Παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίου

Το παθητικό σύστημα που επιλέχθηκε να ενσωματωθεί στο σχεδιασμό του κτηρίου είναι αυτό του άμεσου κέρδους.

Όπως φαίνεται και στα σχέδια σκιασμού των ανοιγμάτων, κατά τη διάρκεια του χειμώνα υπάρχει επαρκής ηλιασμός ενώ κατά την περίοδο του θέρους η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται στο

ελάχιστο. Έχει γίνει προσπάθεια ούτως ώστε το κτήριο να μπορεί να λειτουργήσει ως συλλέκτης, αποθήκη και παγίδα ηλιακής ενέργειας.

4.3.7 Διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος

Λόγω της θέσης του οικοπέδου, και του μεγέθους του κτιρίου είναι εφικτή η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου ούτως ώστε να βελτιωθεί το μικροκλίμα της περιοχής.

4.4 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας δομικών στοιχείων και κτιρίου

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. όλα τα δομικά στοιχεία ενός νέου κτηρίου οφείλουν να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωσης του πίνακα 4-1

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

Πίνακας 4-1: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Ταυτόχρονα η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτηρίου δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια του πίνακα 4.2:

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,25	1,13	1,04	0,95
0,3	1,17	1,05	0,96	0,88
0,4	1,10	0,99	0,91	0,83
0,5	1,04	0,93	0,86	0,78
0,6	0,98	0,89	0,81	0,73
0,7	0,92	0,83	0,76	0,68
0,8	0,86	0,77	0,71	0,63
0,9	0,80	0,73	0,65	0,59
≥ 1,0	0,77	0,69	0,62	0,55

Πίνακας 4-2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός νέου κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

1. Υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U όλων των δομικών στοιχείων και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια των απαιτήσεων του πίνακα 4.1.
2. Υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου U_m και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια του πίνακα 4.2.

4.4.1 Μεθοδολογία ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας δομικού στοιχείου

Ο υπολογισμός τόσο των συντελεστών θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων, όσο και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτηρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_\alpha} \quad (4.3)$$

όπου,

d_j το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού j ,

λ_j ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού j ,

R_i και R_a οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και

R_{δ} η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα

Αντίστοιχα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου U_w δίνεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + l_g * \Psi_g}{A_f + A_g} \quad (4.4)$$

όπου,

U_f ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

U_g ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_f το εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

A_g το εμβαδόν επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

L_g το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

Ψ_g ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει τόσο για τα διαφανή όσο και για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία να ισχύει:

$$U < U_{\delta, \sigma, \max} \quad (4.5)$$

όπου

U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δομικού στοιχείου όπως υπολογίστηκε βάσει των σχέσεων [4.3] ή [4.4] και

$U_{\delta, \sigma, \max}$ η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το δομικό στοιχείο [πίνακας 4.1].

4.4.2 Μεθοδολογία ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Εφόσον κάθε δομικό στοιχείο καλύπτει τις απαιτήσεις του πίνακα 4.1, απαιτείται και το κτήριο στο σύνολό του να παρουσιάζει ένα ελάχιστο βαθμό θερμικής προστασίας. Ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του κτηρίου δίνεται από τη σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j + \sum_{i=1}^p l_i * \Psi_i * b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (4.6)$$

όπου:

- A_j το εμβαδό δομικού στοιχείου j
- U_j ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου j,
- Ψ_i ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας i,
- l_i το μήκος της θερμογέφυρας i και
- b μειωτικός συντελεστής

Σε κάθε περίπτωση πρέπει:

$$U_m \leq U_{m,max} \quad (4.7)$$

Όπου U_{m,max} είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου και δίνεται στον πίνακα 4.1.

Σε περίπτωση που U_m > U_{m,max} ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει μια εκ των τριών παρακάτω επιλογών ή συνδυασμό τους και να αρχίσει εκ νέου τον υπολογισμό:

- να βελτιώσει τη θερμική προστασία των αδιαφανών δομικών στοιχείων,
- να βελτιώσει τη θερμική προστασία των διαφανών δομικών στοιχείων,
- να μειώσει τη δημιουργία θερμογεφυρών στο κτηριακό κέλυφος, τροποποιώντας τον σχεδιασμό των δομικών στοιχείων στα οποία οφείλονται αυτές.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών, ο μελετητής έχει δύο επιλογές:

1. να επακολουθήσει την απλουστευμένη μέθοδο με χρήση του πίνακα 15, της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017

2. να κάνει αναλυτικά τους υπολογισμούς με χρήση των πινάκων 16α έως και 16λ της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017.

Ο μειωτικός συντελεστής b υπολογίζεται με χρήση της σχέσης 2.25 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017. Εναλλακτικά, και για λόγους απλοποίησης, μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0,5.

Στην παρούσα μελέτη ακολουθείται η αναλυτική μέθοδος υπολογισμού των θερμογεφυρών.

4.4.3 Γενικά στοιχεία κτηρίου

Το κτήριο θα κατασκευαστεί στο Ηράκλειο, οπότε βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. ανήκει στη Α κλιματική ζώνη. Κάθε δομικό στοιχείο πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από αυτούς που δίνονται στον πίνακα 4.1 για την Α κλιματική ζώνη.

Τα διαμερίσματα της πολυκατοικίας θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι, οπότε οφείλουν να είναι θερμομονωμένοι. Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου φέρει θερμομόνωση εξωτερικά, καθώς και οι τοιχοποιίες πλήρωσης.

Η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και οι υπολογισμοί των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτηρίου γίνεται έχοντας υπόψη τα εξής:

1. για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων αλλά και των μη θερμαινόμενων σε επαφή με τους θερμαινόμενους,
2. τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που γειτνιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτήρια, κατά τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτηρίου θεωρείται ότι έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρούνται αδιαβατικά,
3. τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτηρίου που γειτνιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτηρίου θεωρούνται αδιαβατικά,
4. οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους και τον σκιασμό τους,
5. σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για λόγους απλοποίησης, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, για κατακόρυφα δομικά αδιαφανή στοιχεία με συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ο συντελεστής σκίασης δύναται να θεωρηθεί ίσος με 0,9.

Επειδή στα ελληνικά κτήρια είναι συνηθισμένο να υπάρχει ένας ή περισσότεροι τυπικοί όροφοι, για λόγους απλότητας αλλά και ελέγχου από τις αρμόδιες Πολεοδομικές Υπηρεσίες, συνιστάται, χωρίς να

είναι υποχρεωτικό, η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων να γίνεται κατ' όροφο και προσανατολισμό. Υπενθυμίζεται ότι ο έλεγχος θερμικής επάρκειας ορόφου που υπήρχε στον παλαιότερο Κανονισμό Θερμομόνωσης δεν υφίσταται πλέον.

4.4.4 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου

Στον πίνακα 4.3 δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου, οι οποίοι πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.. Στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη δίνονται αναλυτικά οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας.

Δομικό στοιχείο	Φύλλο ελέγχου	$U[W/(m^2K)]$	$U_{max}[W/(m^2K)]$ [Πίνακας 1]
Εξωτερική τοιχοποιία	1.1	0.246	0.55
Δοκοί υποστυλώματα 25	1.2	0.503	0.55
Δώμα βατό	2.1	0.403	0.45
Στέγη	2.2	0.257	0.45
Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	4.1	0.512	1.10

Πίνακας 4-3: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 για τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών με τιμή $\lambda \leq 0,18 W/(m.K)$ οι τιμές που δίνονται στον πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. είναι ενδεικτικές. Οι τιμές που ελήφθησαν υπόψη για τα θερμομονωτικά υλικά προέκυψαν έπειτα από έρευνα αγοράς και με ευθύνη των μελετητών. Στη φάση της ενεργειακής επιθεώρησης που θα γίνει υποχρεωτικά με την αποπεράτωση της κατασκευής και πριν το κλείσιμο του φακέλου του κτηρίου στα αρμόδια Πολεοδομικά Γραφεία, ο ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει τα δελτία αποστολής των θερμομονωτικών υλικών καθώς και τα κατάλληλα πιστοποιητικά που τα συνοδεύουν.

Με βάση τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 οι συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου και τον υπολογισμό κατανάλωσης ενέργειας είναι οι ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας U' και όχι αυτοί που δίνονται στον πίνακα 4.2. Ο αναλυτικός υπολογισμός τους γίνεται βάσει της μεθοδολογίας που αναπτύσσεται στην ενότητα 2.1.6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

20701-2/2017 και δίνεται αναλυτικά στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη. Στον πίνακα 4.4 δίνονται συνοπτικά οι ισοδύναμοι συντελεστές U' των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος.

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
Δ1	0.512	118.500	0.0	0.300

Πίνακας 4-4: Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου

4.4.5 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας διαφανών δομικών στοιχείων

Το κτήριο θα λειτουργήσει ως Πολυκατοικία. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για τη Α κλιματική ζώνη τα κουφώματα που θα τοποθετηθούν οφείλουν να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $U \leq 2.8$ W/(m²K).

Ο υπολογισμός του U των κουφωμάτων έγινε βάσει της σχέσης 4.2 και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017. Οι υπολογισμοί αυτοί δίνονται αναλυτικά στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη.

Στον πίνακα 4.5 δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου. Όπως φαίνεται στους πίνακες οι τιμές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις.

Ο μελετητής εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιήσει τις τιμές θερμοπερατότητας της σήμανσης CE των κουφωμάτων. Στη φάση της ενεργειακής επιθεώρησης που θα γίνει υποχρεωτικά με την αποπεράτωση της κατασκευής, ο ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει τα δελτία αποστολής των κουφωμάτων καθώς και τα κατάλληλα πιστοποιητικά CE που τα συνοδεύουν. Η σήμανση CE των κουφωμάτων είναι υποχρεωτική βάσει της ΚΥΑ Αριθμ. 12397/409 ΦΕΚ Β 1794/28-8-2009 από την 1η Φεβρουαρίου 2010.

A/α κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Εμβαδό κουφώματος [m ²]	U κουφώματος [W/(m ² K)]	U max [W/(m ² K)]
1	1.50	2.50	3.75	2.252	2.8
2	0.60	1.90	1.14	2.260	
3	2.25	2.50	5.63	2.240	
4	1.60	1.30	2.08	2.240	
5	1.30	1.60	2.08	2.256	
6	1.30	1.60	2.08	2.256	
7	1.30	0.70	0.91	2.253	
8	1.50	1.60	2.40	2.252	
9	2.50	2.70	6.75	2.237	
10	0.60	1.60	0.96	2.258	
11	0.60	1.60	0.96	2.258	
12	0.90	2.00	1.80	2.247	
13	1.60	2.45	3.92	2.250	
14	1.30	1.50	1.95	2.241	
15	1.30	0.70	0.91	2.248	
16	1.00	0.80	0.80	2.250	

Πίνακας 4-5: Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων

4.4.6 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του λόγου της εξωτερικής περιβάλλουσας επιφάνειας των θερμαινόμενων τμημάτων του κτηρίου προς τον όγκο τους. Στο Τεύχος Υπολογισμών δίνεται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού του λόγου A/V.

Όπως προέκυψε $A/V = 0.697 \text{ m}^{-1}$ το οποίο από τον πίνακα 4.2 αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπτό $U_{m,max} = 0.922 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Στον πίνακα 4.6 δίνονται συγκεντρωτικά τα εμβαδά των δομικών στοιχείων, τα αθροίσματα των U_{xA} , καθώς και τα αθροίσματα των Ψ_{xI} . Όπως προκύπτει, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου ισούται με:

$$U_m = 0.483 \text{ W}/\text{m}^2 * K \leq U_{m,max} = 0.922 \text{ W}/\text{m}^2 * K$$

Συνεπώς το κτήριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο.

Επομένως, σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. για το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U_m , το κτήριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο. Στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη δίνονται αναλυτικά όλοι οι υπολογισμοί.

	ΣΑ [m ²]	Σ[bxUxA] [W/K] ή Σ[bxΨxI] [W/K]
κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	321.7	99.5
οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	242.1	73.8
διαφανή δομικά στοιχεία	38.1	85.6
θερμογέφυρες	-	31.5
Συνολικά	601.9	290.5
	$[\Sigma(bxUxA)+\Sigma(bx\Psi xI)]/\Sigma A$	0.483

Πίνακας 4-6: Συγκεντρωτικά στοιχεία κτηρίου

5

Τεκμηρίωση ελάχιστων προδιαγραφών και σχεδιασμού των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου

5.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια, πρέπει να πληρούν ορισμένες ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους, όπως:

- Όπου τοποθετούνται κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ) ή μονάδες παροχής νωπού αέρα ή μονάδες εξαερισμού και όσες από αυτές λειτουργούν με νωπό αέρα > 60% της παροχής τους, πρέπει να διαθέτουν σύστημα ανάκτησης θερμότητας με απόδοση τουλάχιστον 50%.
- Όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή άλλου μέσου) των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης-κλιματισμού και ZNX, πρέπει να διαθέτουν την ελάχιστη θερμομόνωση που καθορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Ιδιαίτερα τα δίκτυα που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους θα διαθέτουν κατ' ελάχιστον θερμομόνωση πάχους 19mm για θέρμανση-ψύξη-κλιματισμό και 13mm για ZNX, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C (ή ισοδύναμα πάχη άλλου πιστοποιημένου θερμομονωτικού υλικού).

- Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και ανακυκλοφορίας) που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους πρέπει να διαθέτουν θερμομόνωση με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C , και ελάχιστο πάχος 40mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους το αντίστοιχο πάχος είναι 30mm (ή ισοδύναμα πάχη άλλων πιστοποιημένων θερμομονωτικών υλικών).
- Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης της θερμοκρασίας προσαγωγής σε μερικά φορτία, ή άλλο πιστοποιημένο ισοδύναμο σύστημα.
- Σε μεγάλα δίκτυα ανακυκλοφορίας ZNX ανά κλάδους, θα χρησιμοποιούνται κυκλοφορητές με ρύθμιση στροφών ανάλογα με τη ζήτηση σε ZNX
- Σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη τουλάχιστον του 60% των αναγκών σε ZNX από ηλιοθερμικά συστήματα. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλιών θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από $(1,15 \times 1/\eta)$, όπου "η" είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/EK. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του η, ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.
- Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτήρια του τριτογενή τομέα έχουν ελάχιστη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m² ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών.
- Σε κτήρια με πολλές ιδιοκτησίες και κεντρικά συστήματα, επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης, ψύξης, καθώς και ZNX (όπου εφαρμόζεται κεντρική παραγωγή/διανομή) και εφαρμόζεται κατανομή δαπανών με θερμιδομέτρηση.
- Σε όλα τα κτήρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου τουλάχιστον ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτηρίου.
- Σε όλα τα κτήρια του τριτογενή τομέα επιβάλλεται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργης ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστο 0,95.

Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Στο υπό μελέτη κτήριο θα εξεταστούν ανεξάρτητα οι τυχόν διαφορετικές χρήσεις του, σε ό,τι αφορά την ενεργειακή τους κατάταξη. Για τον λόγο αυτό οι πιο πάνω περιορισμοί δεν ισχύουν για το σύνολο του κτηρίου, αλλά διαφοροποιούνται για κάθε μία από τις τυχόν χρήσεις του κτηρίου.

5.2 Σχεδιασμός συστημάτων θέρμανσης και ψύξης

Η θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου, σύμφωνα με τη μελέτη θέρμανσης (διαστασιολόγησης συστήματος), θα γίνεται μέσω κεντρικής μονάδας θέρμανσης, με αντλίες θερμότητας συνολικής θερμικής ισχύος 13 kW και 13 kW, με δισωλήνιο σύστημα και αυτονομία ανά χώρο και fan coil.

Η ψύξη των χώρων του κτηρίου θα γίνεται μέσω κεντρικής αντλίας θερμότητας και fan coil. Στα δωμάτια θα εγκατασταθούν fan coil με δυνατότητα κάλυψης του 90% του μέγιστου απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου του κτιρίου.

Με τροποποίηση του κτηριοδομικού κανονισμού σχετικά με το άρθρο 25, οι ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες είναι πλέον υποχρεωτικές για όλα τα κτήρια με επιφάνεια άνω των 50 m². Κατά το σχεδιασμό (διαστασιολόγηση) των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες προδιαγραφές για τα Η-Μ όπως καθορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ. και να επιλέγονται τεχνολογίες που να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε πλήρη και μερικά φορτία κατά τη θέρμανση ή ψύξη. Η υπερδιαστασιολόγηση του κεντρικού συστήματος λέβητα-καυστήρα για τη θέρμανση χώρων, μειώνει την τελική απόδοση του συστήματος σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στην παράγραφο 4.1.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

5.2.1 Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος θέρμανσης

Σύμφωνα με τη μελέτη θέρμανσης του κτηρίου, έχει υπολογιστεί το μέγιστο απαιτούμενο θερμικό φορτίο του κτηρίου. Για τον υπολογισμό της ισχύος λαμβάνεται συντελεστής προσαύξησης 20%, λόγω θερμικών απωλειών στο λέβητα, στο δίκτυο διανομής και για την επιτάχυνση της έναρξης λειτουργίας. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής θερμότητας θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Η αντλία θερμότητας θα είναι σταθερών στροφών τριών βημάτων για την κάλυψη των μερικών φορτίων σε υψηλή απόδοση.

Η διανομή στα δωμάτια, θα γίνεται με δισωλήνιο σύστημα, με κατακόρυφες κεντρικές σωλήνες προσαγωγής θερμού νερού και κατακόρυφες σωλήνες επιστροφής. Οι κατακόρυφες σωλήνες

προσαγωγής θα τροφοδοτούνται μέσω ενός κοινού κεντρικού συλλέκτη (κολεκτέρ), όπως και οι κατακόρυφες σωλήνες επιστροφής θερμού νερού. Θα υπάρχουν ξεχωριστοί συλλέκτες (κολεκτέρ) διανομής (προσαγωγή και επιστροφή), από τους οποίους θα αναχωρούν και στους οποίους θα επιστρέφουν όλα τα οριζόντια κυκλώματα θερμού νερού προς και από τα θερμαντικά σώματα των επιμέρους χώρων κάθε ιδιοκτησίας.

Όλες οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής που διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους θα είναι μονωμένες και σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζει ο KENAK και η TOTEE 20701-1/2017 του δικτύου θα θερμομονωθούν στο σύνολό τους.

Επίσης σε κάθε δωμάτιο εφαρμόζεται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου.

Η κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης θα διαθέτει σύστημα αντιστάθμισης, για την κάλυψη μερικών φορτίων θέρμανσης, με την χρήση τρίοδης βάνας αυτόματης ρύθμισης κυκλοφορίας νερού. Ο κυκλοφορητής που βρίσκεται στην κεντρική σωλήνα προσαγωγής ζεστού νερού, θα έχει χαρακτηριστικά που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Για κάθε ιδιοκτησία, οι επιμέρους κλάδοι διανομής θερμικής ενέργειας από το κολεκτέρ προς τα σώματα καλοριφέρ, θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να καλύπτουν χώρους με ίδιες λειτουργικές ιδιαιτερότητες όπως: ίδια χρήση και ωράριο λειτουργίας (υπνοδωμάτια, κοινόχρηστοι χώροι, κ.α.). ίδια εσωτερικά φορτία (συσκευές, ηλιακά κέρδη λόγω κοινού προσανατολισμού), κ.α. Με το σχεδιασμό αυτό μπορεί να εφαρμοστεί και ξεχωριστός θερμοστατικός έλεγχος στους επιμέρους αυτούς χώρους κάθε ιδιοκτησίας (π.χ. διαμέρισμα), με παράλληλη ρύθμιση τροφοδοσίας κάθε κλάδου ξεχωριστά (μέσω αυτόματης βάνας στο επίπεδο του κολεκτέρ), ανάλογα τις απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια.

5.2.2 Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος ψύξης

Σύμφωνα με την μελέτη ψύξης του κτηρίου, σε όλους τους χώρους θα εγκατασταθούν fan coil. Η συνολική ψυκτική ισχύς είναι 13.6 KW και 13.6 KW.

Η πιθανότητα εμφάνισης θερμοκρασιών πάνω 30°C προκύπτει σύμφωνα με την TOTEE 20701-3/2014. Τις βραδινές ώρες, η χρήση των τοπικών μονάδων ψύξης είναι περιορισμένη, εκτός τις ημέρες που υπάρχει καύσωνας.

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί, δίνονται αναλυτικά, η ονομαστική ψυκτική ισχύς (kW) και ο δείκτης αποδοτικότητας EER των αντλιών θερμότητας που εγκατασταθούν στις επιμέρους ιδιοκτησίες του κτηρίου, σύμφωνα με τις μονάδες που επιλέχθηκαν κατά τη μελέτη ψύξης.

Σύστημα	Τύπος	Ονομαστική ψυκτική ισχύς [KW]	Δείκτης αποδοτικότητας EER	Καύσιμο
1	Αερόψυκτη Α.Θ.	13.6	3.180	Ηλεκτρισμός
	Αερόψυκτη Α.Θ.	13.6	3.180	Ηλεκτρισμός

Πίνακας 5-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμότητας για κάθε ιδιοκτησία

Σε περίπτωση που για το υπό μελέτη κτήριο δεν προβλεπόταν η εγκατάσταση συστήματος ψύξης, για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι το κτήριο ψύχεται και το σύστημα ψύξης θα έχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντίστοιχου κτηρίου αναφοράς, όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (παράγραφος 4.2.1) και στον Κ.Εν.Α.Κ. Στην περίπτωση αυτή, στην παρούσα παράγραφο θα περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης του κτηρίου αναφοράς.

5.2.3 Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος αερισμού

Το κτήριο, αναλόγως τη χρήση του, καλύπτει τις ανάγκες του για αερισμό μέσω φυσικού ή τεχνικού αερισμού και σύμφωνα πάντα με τις ελάχιστες απαιτήσεις νωπού αέρα που ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 στην παράγραφο 2.4.3 (πίνακας 2.3).

Τα στοιχεία του συστήματος αερισμού του υπό μελέτη κτηρίου παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ζώνη	Χρήση	Τύπος αερισμού	Απαίτηση για νωπό αέρα [m ³ /h/m ²]
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Πολυκατοικία	Φυσικός	0.75

Πίνακας 5-2: Στοιχεία συστήματος αερισμού

5.3 Σχεδιασμός συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNX) για το υπο μελέτη τμήμα ορίζεται στην παράγραφο 2.5 (πίνακας 2.5) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανά χρήση, και είναι αυτή η τιμή που θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς.

- Πολυκατοικία: $27.38\text{m}^3/\text{υπν.}/\text{έτος} \times 6 \text{ υπνοδωμάτια} \times 1000 \text{ lt/m}^3 / 365 \text{ ημέρες}/\text{έτος} = 450.08 \text{ lt}/\text{ημέρα}$

Η συνολική ημερήσια κατανάλωση για ZNX στο κτήριο είναι 450.08 lt

Η μέση θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 45°C, ενώ οι θερμοκρασίες νερού δικτύου του Ηρακλείου όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2014, δίνονται στον πίνακα 5.2.

Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d σε (kWh/day) για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου για Z.N.X. δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \rho \cdot \Delta T$$

όπου:

V_d [lt /ημέρα] το ημερήσιο φορτίο, $V_d = 450.08$ (lt/ημέρα),

ρ [kg/lt] η μέση πυκνότητα του ζεστού νερού χρήση, $\rho = 1$ (kg/ lt),

c [kJ/(kg.K)] η ειδική θερμότητα, $c = 4,18$ kJ/(kg.K),

ΔT [K] ή [°C] θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου και της θερμοκρασίας του Z.N.X..

Εφαρμόζοντας την πιο πάνω σχέση και για τις θερμοκρασίες νερού δικτύου (πίνακας 5.2), υπολογίστηκε το ημερήσιο θερμικό φορτίο (kWh/ημέρα) για ZNX του κτηρίου για κάθε μήνα, όπως δίνεται στον πίνακα 5.3.

Ζώνη	Χρήση	V_d [lt/ημέρα]	V_{store} [lt]	Q_D [kWh/ημέρα]	P_n [kW]
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Πολυκατοικία	450.08	90.02	13.43	2.69

Πίνακας 5-3: Απαιτούμενο θερμικό φορτίο ZNX

5.3.1 Ελάχιστες προδιαγραφές συστήματος για την παραγωγή ZNX

Για την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης του υπό μελέτη κτηρίου, θα εγκατασταθούν τα παρακάτω συστήματα, όπως αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Οι σχέσεις υπολογισμού για τη συνολική χωρητικότητα και τη θερμική ισχύ είναι σύμφωνες με τις αντίστοιχες που αναφέρονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Σύστημα	Τύπος	Ισχύς [KW]	Βαθμός απόδοσης	Καύσιμο
1	Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας/ταχυθερμοσιφώνας	4.0	1.000	Ηλεκτρισμός
	Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας/ταχυθερμοσιφώνας	4.0	1.000	Ηλεκτρισμός

Πίνακας 5-4: Στοιχεία συστήματος για ZNX

Οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής ZNX θα είναι θερμομονωμένες σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του άρθρου 8 του Κ.Εν.Α.Κ. και τα οριζόμενα στην σχετική Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (πίνακας 4.7).

5.3.2 Τεκμηρίωση εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών

Για τον υπολογισμό του φορτίου κάλυψης των ηλιακών συλλεκτών στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκε η μέθοδος καμπυλών f (S. Klein, W.A. Beckman και J.A Duffie). Η μέθοδος αυτή, δίνει περίπου τα ίδια αποτελέσματα για την κάλυψη του φορτίου ζεστού νερού χρήσης, με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού όπως δίνεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 12976.2:2006, και για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης είναι επαρκής.

Για το συγκεκριμένο κτήριο, μελετήθηκε η εφαρμογή ηλιακών συλλεκτών, προκειμένου για την κάλυψη τουλάχιστον ενός μέρους του απαιτούμενου φορτίου για ζεστό νερό χρήσης. Τα στοιχεία των συλλεκτών που επιλέχθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 5.4.

Η βέλτιστη γωνία κλίσης ηλιακών συλλεκτών, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και τον προσανατολισμό τοποθέτησης τους. Σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα, για τις ελληνικές περιοχές, η βέλτιστη κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη για ετήσια χρήση είναι περίπου ίση με το

γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, όπου για την Ηράκλειο είναι 35.33°. Στο υπό μελέτη κτήριο ο προσανατολισμός των ηλιακών συλλεκτών καθώς και η γωνία κλίσης της εγκατάστασης τους φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Σύστημα	Προσανατολισμός	Γωνία κλίσης [°]
1	180	45

Πίνακας 5-5: Στοιχεία εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών

Έγιναν αναλυτικοί υπολογισμοί για επιμέρους γωνίες κλίσεως των ηλιακών συλλεκτών, όπου παρουσιάστηκαν μικρές διαφορές στο φορτίο κάλυψης του υπό μελέτη κτηρίου.

Στον πίνακα 5.6 δίνονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²), για την περιοχή της του Ηρακλείου, για οριζόντια επιφάνεια και για επιφάνεια με κλίση 45° .

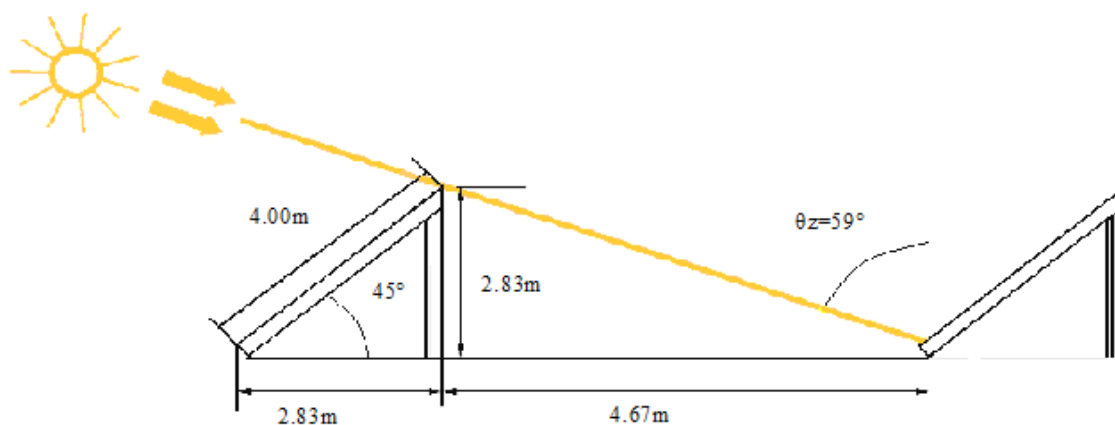
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβ. σε οριζ. επίπεδο (kWh/m ²)	65.6	81.6	125.0	166.5	207.3	222.4	227.1	207.0	163.0	117.3	78.6	61.2
Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβ. σε επίπεδο 45.0°	101.0	106.0	140.0	160.0	178.0	181.0	189.0	189.0	175.0	152.0	121.0	101.0

Πίνακας 5-6: Μέση μηνιαία ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²) για οριζόντια και κεκλιμένη επιφάνεια.

Προκειμένου για τη σωστή τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών και για την αποφυγή αλληλοσκίασης, υπολογίστηκε η κατάλληλη μεταξύ τους απόσταση τοποθέτησης ως προς τον άξονα βορρά-νότου. Η απόσταση αυτή υπολογίστηκε για την ημέρα του χρόνου με το χαμηλότερο ηλιακό ύψος που είναι η 21η Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Για την περιοχή του Ηρακλείου (γεωγραφικό πλάτος $\varphi = 35.33^\circ$), η ηλιακή απόκλιση στις 21 Δεκεμβρίου είναι $\delta = -23.45^\circ$.

Για την ηλιακή απόκλιση αυτή η ζενιθιακή γωνία (θ_z) κατά το ηλιακό μεσημέρι, είναι περίπου 59°. Με βάση αυτή τη γωνία και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ηλιακού συλλέκτη, υπολογίζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να απέχουν οι ηλιακοί συλλέκτες μεταξύ τους, όταν τοποθετηθούν υπό γωνία, για να μην αλληλοσκιάζονται.

Στο σχήμα 5.1 δίνεται σχηματική απεικόνιση της διάταξης και απόστασης τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών για το υπό μελέτη κτήριο.



Σύστημα 1

Εικόνα 5-1: Απόσταση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών στο δώμα, ως προς το νότο

Με βάση την ελάχιστη απόσταση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών, τις διαστάσεις τους και τη διαθέσιμη επιφάνεια, η οποία δεν παρουσιάζει προβλήματα σκιασμού, εκτιμήθηκε ο αριθμός ηλιακών συλλεκτών που μπορούν να εγκατασταθούν στο υπό μελέτη κτήριο. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το φορτίο κάλυψης για τους συγκεκριμένους ηλιακούς συλλέκτες όπως περιγράφονται στη μελέτη διαστασιολόγησης και τη συγκεκριμένη κλίση και προσανατολισμό τοποθέτησης. Στο πίνακα 5.4, δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα υπολογισμών για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών.

	Μέσο μηνιαίο φορτίο (kWh/mo)	Μέσο μηνιαίο φορτίο κάλυψης από Η.Σ. (kWh/mo)	Ποσοστό κάλυψης φορτίου από Η.Σ. - fi (%)	Ποσοστό ηλιακής αξιοποίησης από Η.Σ. (%)
I	447.53	294.11	65.7	36.4
Φ	404.22	308.67	76.4	36.4
M	447.53	407.68	91.1	36.4
A	433.09	433.09	100.0	36.4
M	447.53	447.53	100.0	36.4
I	433.09	433.09	100.0	36.4
I	447.53	447.53	100.0	36.4
A	447.53	447.53	100.0	36.4
Σ	433.09	433.09	100.0	36.4
O	447.53	442.62	98.9	36.4
N	433.09	352.35	81.4	36.4
Δ	447.53	294.11	65.7	36.4
Σύνολο	5269.25	4741.40		
Μέσος όρος ετησίως			90.0	36.4

Πίνακας 5-7: Αποτελέσματα υπολογισμών για κάλυψη φορτίου ZNX από ηλιακούς συλλέκτες

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών, το μέσο ετήσιο ποσοστό κάλυψης του φορτίου για ζεστό νερό χρήσης ανέρχεται σε 74.32%. Τα επιμέρους μηνιαία ποσοστά κάλυψης φορτίου από τους

προτεινόμενους ηλιακούς συλλέκτες κυμαίνονται από 49.3% έως και 92.2%. Η μεγαλύτερη κάλυψη παρουσιάζεται το μήνα Ιούλιο για τη δεδομένη κλίση εγκατάστασης

Η εγκατάσταση μεγαλύτερης επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών, θα δημιουργούσε προβλήματα αλληλοσκίασης μεταξύ των επιφανειών, κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να μεταβάλλεται η κλίση των ηλιακών συλλεκτών ιδιαίτερα τους εαρινούς και φθινοπωρινούς μήνες, ώστε να υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια κάλυψη των θερμικών φορτίων για ZNX από τους ηλιακούς συλλέκτες. Σε περίπτωση μεταβολής της κλίσης εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών, αυτή δεν μπορεί να υπερβεί την επιλεγείσα κλίση.

5.4 Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού

Η κύρια χρήση του κτηρίου είναι πολυκατοικία. Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στις κατοικίες δε λαμβάνεται υπόψη για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Έτσι, η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό θα υπολογισθεί μόνο για άλλη χρήση κτηρίου και θα συμπεριληφθεί στην τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την ενεργειακή πιστοποίηση του αντίστοιχου τμήματος του κτηρίου.

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στις κατοικίες δεν λαμβάνεται υπόψη για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.

5.5 Διόρθωση συνημιτόνου

Στο κτήριο δεν εφαρμόζεται διόρθωση (συνφ) λόγω χαμηλής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος.

5.6 Σκοπιμότητα εφαρμογής εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου

Σύμφωνα με τη μελέτη σκοπιμότητας εξετάστηκαν οι εξής εναλλακτικές λύσεις για την κάλυψη των θερμικών, ψυκτικών και ηλεκτρικών φορτίων του κτηρίου:

1. Η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, η οποία κρίνεται ως μη οικονομικά βιώσιμη εφαρμογή.

2. Η περίπτωση εγκατάστασης οριζόντιων γεωθερμικών εναλλακτών για τη λειτουργία αντλίας θερμότητας δεν μπορεί να εφαρμοστεί, λόγω ανεπαρκούς ελευθέρου οικοπέδου (υπολογίστηκε πως υπάρχει δυνατότητα κάλυψης μόνο του 14% των απαιτούμενων ψυκτικών - θερμικών φορτίων του κτηρίου).

3. Η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών όπως παρουσιάστηκε παραπάνω και η οποία είναι υποχρεωτική βάσει των κανονισμών, θα καλύψει μέρος του θερμικού φορτίου για ζεστό νερό χρήσης του κτηρίου. Λόγω της περιορισμένης επιφάνειας, δεν υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής περαιτέρω εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών ή φωτοβολταϊκών στοιχείων.

6

Ενεργειακή απόδοση κτιρίου

6.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων θα πρέπει να εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 καθώς και των υπολοίπων υποστηρικτικών προτύπων τα οποία αναφέρονται στο παράρτημα 1 του ίδιου κανονισμού. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, οι θερμικές ζώνες ενός κτηρίου θεωρούνται θερμικά ασύζευκτες.

Οι υπολογισμοί της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου έγιναν με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου TEE-KENAK, βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και της αντίστοιχης Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Για τους επιμέρους υπολογισμούς και τη διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτηρίου (εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης, κ.ά.), χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικές μέθοδοι και τεχνικές οδηγίες, όπως εφαρμόζονται μέχρι σήμερα και αναφέρονται στις αντίστοιχες παραγράφους.

6.2 Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα για την περιοχή του Ηρακλείου, είναι ενσωματωμένα στη βιβλιοθήκη του λογισμικού και σύμφωνα με όσα ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2014, "Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών". Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους τους προσανατολισμούς, για την περιοχή της του Ηρακλείου. Το υψόμετρο της περιοχής όπου θα κατασκευασθεί το κτήριο είναι μικρότερο από τα 500 m. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Α.

6.3 Χρήσεις κτηρίου

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης εκδίδεται ανά κύρια χρήση και για ξεχωριστές ιδιοκτησίες (Ν. 3851/2010-ΦΕΚ 85), ανεξαρτήτως εάν τα τμήματα του κτηρίου που αφορούν στις χρήσεις/ιδιοκτησίες εξυπηρετούνται από το ίδιο σύστημα θέρμανσης/ψύξης. Συνεπώς για το υπό μελέτη κτήριο θα εκδοθεί ΠΕΑ για αντίστοιχη κύρια χρήση: Πολυκατοικία.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κάθε τμήματος του κτηρίου με διαφορετική κύρια χρήση, προσδιορίζονται τα δεδομένα των διαφόρων παραμέτρων και τεχνικών μεγεθών όπως ορίζονται στο άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ. και στη σχετική Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμού στο συγκεκριμένο κτήριο και ανά τμήμα μελέτης, λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι και δεδομένα:

- Η χρήση του κτηρίου, Πολυκατοικία,
- Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, κ.ά.) και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτηρίου (ωράριο, εσωτερικά κέρδη κ.ά).
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτηρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.), ο προσανατολισμός τους, τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (π.χ. εσωτερικοί τοίχοι) και άλλα.
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών (διαφανών και μη) στοιχείων του κτηριακού κελύφους, όπως: η θερμοπερατότητα, η θερμική μάζα, η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, η διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία κ.ά.

- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων, όπως: ο τύπος της μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας, η απόδοσή τους, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού, ο τύπος των τερματικών μονάδων, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων, όπως: ο τύπος των μονάδων παραγωγής ψυκτικής ενέργειας, η απόδοσή τους, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής, ο τύπος των τερματικών μονάδων κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ZNX, όπως: ο τύπος της μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η απόδοσή της, οι απώλειες του δικτύου διανομής ζεστού νερού χρήσης, το σύστημα αποθήκευσης κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού όσον αφορά τους χώρους των καταστημάτων.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που έχουν επιλεγεί από τη μελέτη σχεδιασμού για το κτήριο.
- Η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη τμήματος του φορτίου για ZNX.

6.4 Τμήμα κτιρίου

Το εμβαδό και ο όγκος του υπό μελέτη τμήματος ανά χρήση δίνονται στον πίνακα 6.1.

Θερμική Ζώνη	Θερμαινόμενη επιφάνεια [m ²]	Ψυχόμενη επιφάνεια [m ²]	Θερμαινόμενος όγκος [m ³]	Ψυχόμενος όγκος [m ³]
ΚΑΤΟΚΙΑ	280.371	140.186	863.5435	431.772

Πίνακας 6-1: Εμβαδό και όγκος τμήματος

6.4.1 Θερμικές ζώνες

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η διακριτοποίηση ενός κτηρίου σε θερμικές ζώνες γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- 1) Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων να διαφέρει περισσότερο από 4 Κ για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- 2) Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία.
- 3) Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.

4) Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών.

5) Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο,
- ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου,
- τμήματα του κτηρίου με επιφάνεια μικρότερη από το 10% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Με βάση τα παραπάνω, τα γενικά δεδομένα για κάθε θερμική ζώνη του υπό μελέτη κτηρίου δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)		
Χρήση θερμικής ζώνης	Πολυκατοικία	
Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²)	280.4	
Ανοιγμένη ειδική θερμοχωρητικότητα [kJ/(m ² K)]	110	
Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου για ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό	Δ	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 5.5
Αερισμός		
Διείσδυση αέρα (m ³ /h)	236	Τεύχος υπολογισμών
Φυσικός αερισμός (m ³ /h/m ²)	0.00	Μόνο για κατοικίες από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1
Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού	1	100% για κατοικίες 0% για τριτογενή τομέα
Αριθμός θυρίδων εξαερισμού για φυσικό αέριο		
Αριθμός καμινάδων		
Αριθμός εξώθυρων με περιθώριο στο κάτω μέρος > 1.0 cm και σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον		
Αριθμός ανεμιστήρων οροφής	0	
Ποσοστό ζώνης που καλύπτεται από ανεμιστήρες οροφής		

Πίνακας 6-2: Γενικά δεδομένα για τις θερμικές ζώνες

6.4.2 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 έχουν καθορισθεί οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός) και τα εσωτερικά θερμικά φορτία από τους χρήστες και τις συσκευές.

Τα δεδομένα για τις συνθήκες λειτουργίας του τμήματος κατοικιών δίνονται αναλυτικά στον πίνακα 6.3.

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)		
Ωράριο λειτουργίας	18	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010
Ημέρες λειτουργίας	7	
Μήνες λειτουργίας	12	
Περίοδος θέρμανσης	1/11 έως 15/4	
Περίοδος ψύξης	15/5 έως 15/9	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	40	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	0.75	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	200	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m ²)	6.4	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /m ² έτος)	1.87	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	45	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	19.3	
Εκλύομενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	4.0	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.75	
Εκλύομενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	8.40	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.75	

Πίνακας 6-3: Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

6.4.3 Κτιριακό κέλυφος κτιρίου

6.4.3.1 Δεδομένα για αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου θα επιχριστούν με ανοιχτόχρωμα επίχρισμα. Όπου θεωρηθεί σκόπιμο πιθανόν να χρησιμοποιηθούν στρώσεις από πλάκες πεξοδρομίου ή κεραμικά πλακίδια κ.α. Σε κάθε περίπτωση, οι συντελεστές απορροφητικότητας και οι συντελεστές εκπομπής των δομικών στοιχείων λαμβάνονται από τον πίνακα 3.14 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Στον πίνακα 6.4 δίνονται συγκεντρωτικά τα απαιτούμενα για τους υπολογισμούς δεδομένα.

Όροφος	Τύπος	Δομικό στοιχείο	γ^1	U [W/(m ² K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3	
ΚΑΤΟΚΙΑ	Τοίχος	T1	268	0.246	3.30	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	1.10	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	358	0.246	13.26	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	358	0.503	2.26	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	268	0.246	9.53	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	2.73	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	358	0.246	8.55	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	358	0.503	1.34	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	268	0.246	11.27	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	2.09	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	178	0.246	31.38	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	178	0.503	5.71	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	88	0.246	37.80	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	88	0.503	5.92	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	358	0.246	10.98	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	358	0.503	2.11	0.40	0.80	
	Δάπεδο	Δ1			0.512	118.50	0.00	0.00
	Οροφή	Ο1			0.403	30.94	0.65	0.80
ΚΑΤΟΚΙΑ	Τοίχος	T1	358	0.246	12.60	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	358	0.503	0.90	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	268	0.246	4.18	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	0.47	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	358	0.246	5.29	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	358	0.503	0.86	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	268	0.246	18.52	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	1.46	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	178	0.246	10.66	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	178	0.503	0.89	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	268	0.246	4.34	0.40	0.80	
	Τοίχος	T2	268	0.503	0.59	0.40	0.80	
	Τοίχος	T1	178	0.246	10.23	0.40	0.80	

	Τοίχος	T2	178	0.503	0.87	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	88	0.246	28.00	0.40	0.80
	Τοίχος	T2	88	0.503	2.00	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	88	0.246	7.28	0.40	0.80
	Τοίχος	T2	88	0.503	0.52	0.40	0.80
	Οροφή	O1		0.403	10.57	0.65	0.80
	Οροφή	O1		0.403	2.93	0.65	0.80
ΚΑΤΟΚΙΑ	Τοίχος	T1	358	0.246	2.96	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	358	0.246	5.48	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	268	0.246	4.23	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	2.35	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	3.46	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	268	0.246	6.73	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	268	0.246	0.03	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	2.39	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	0.01	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	4.70	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	178	0.246	1.67	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	88	0.246	17.43	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	358	0.246	4.81	0.40	0.80
	Τοίχος	T1	358	0.246	1.67	0.40	0.80
	Οροφή	O2		0.257	43.76	0.65	0.80
	Οροφή	O2		0.257	35.38	0.65	0.80

Πίνακας 6-4: Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

6.4.3.2 Δεδομένα για αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα αναλυτικά δεδομένα υπολογισμού σχετικά με τα αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος.

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	B'=2A/Π [m]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
Δ1	0.512	118.500	49.500	4.788	0.0	0.300

Πίνακας 6-5: Πλάκες σε επαφή με το έδαφος

6.4.3.3 Δεδομένα για διαφανή δομικά στοιχεία

Στην παράγραφο 3.3.9 παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στο υπό μελέτη κτήριο κατά περίπτωση.

Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους "g" σε κάθετη πρόσπτωση των υαλοπινάκων δηλώνεται από τον κατασκευαστή και φαίνεται στους αναλυτικούς υπολογισμούς που παρατίθενται.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί σχετικά με τα διαφανή δομικά στοιχεία δίνονται στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη.

Για κάθε κούφωμα υπολογίσθηκε ο συντελεστής σκίασης από ορίζοντα F_{hor} , ο συντελεστής σκίασης από προστέγασμα F_{ov} και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικό F_{fin} .

Στα σχέδια ENAK-6 έως ENAK-9 δίνονται οι γωνίες σκίασης των κουφωμάτων από μακρινά εμπόδια (περιβάλλον κτηρίου), προστεγάσματα και πλευρικά σκίαστρα.

Στον πίνακα 6.6 δίνονται συγκεντρωτικά τα απαιτούμενα για τους υπολογισμούς δεδομένα για τα νότια ανοίγματα (άμεσου κέρδους) και στον πίνακα 6.7 για όλα τα υπόλοιπα.

Όροφος	Κούφωμα	γ	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	g_w	F_{hor} θερμ.	F_{hor} ψύξη	F_{ov} θερμ.	F_{ov} ψύξη	F_{fin} θερμ.	F_{fin} ψύξη
ΚΑΤΟΚΙΑ	N1	178	2.08	2.256	0.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	N2	178	2.08	2.256	0.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	N3	178	0.91	2.253	0.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ΚΑΤΟΚΙΑ	N1	178	1.80	2.247	0.48	1.00	1.00	0.50	0.39	0.77	0.85
	N2	178	1.95	2.241	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ΚΑΤΟΚΙΑ	N1	178	0.91	2.248	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Πίνακας 6-6: Δεδομένα κουφωμάτων άμεσου κέρδους

Όροφος	Κούφωμα	γ	Εμβαδό [m ²]	U [W/(m ² K)]	g_w	F_{hor} θερμ.	F_{hor} ψύξη	F_{ov} θερμ.	F_{ov} ψύξη	F_{fin} θερμ.	F_{fin} ψύξη
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	268	3.75	2.252	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	0.62	0.88
	B1	358	1.14	2.260	0.41	1.00	1.00	0.49	0.53	1.00	0.92
	Δ2	268	5.63	2.240	0.51	1.00	1.00	0.64	0.56	0.79	0.95
	Δ4	268	2.08	2.240	0.50	1.00	1.00	0.69	0.62	1.00	1.00
ΚΑΤΟΚΙΑ	Δ1	268	2.40	2.252	0.44	1.00	1.00	0.36	0.32	0.62	0.88
	B1	358	6.75	2.237	0.53	1.00	1.00	0.55	0.60	1.00	0.92
	Δ2	268	0.96	2.258	0.40	1.00	1.00	0.75	0.68	1.00	1.00
	Δ3	268	0.96	2.258	0.40	1.00	1.00	0.75	0.68	1.00	1.00
	Δ4	268	3.92	2.250	0.47	1.00	1.00	0.44	0.38	1.00	0.93
ΚΑΤΟΚΙΑ	B1	358	0.80	2.250	0.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Πίνακας 6-7: Δεδομένα κουφωμάτων.

6.4.4 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίου

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του υπό μελέτη κτηρίου και σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του, αφορούν στα εξής:

- Σύστημα θέρμανσης χώρων,
- Σύστημα ψύξης χώρων,
- Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης,
- Σύστημα ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης,

Στις παραγράφους που ακολουθούν, δίνονται αναλυτικά τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, στο λογισμικό.

6.4.4.1 Δεδομένα για σύστημα θέρμανσης χώρων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης που θα χρησιμοποιηθεί για τη θερμική ζώνη με χρήση "Πολυκατοικία" .

Σύστημα θέρμανσης θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 13.0 kW											
Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 3.469											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης n_{g1} : 1.000											
Συντελεστής μόνωσης n_{g2} :											
Πραγματικός βαθμός απόδοσης n_{gm} : 3.469											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥΛ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (€/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας: Μόνωση ίση με την ακτίνα σωλήνα											
Θερμική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 0.000											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/> Χωρίς δίκτυο ή τοπικό											

σύστημα <input type="checkbox"/>		
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 90.00		
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής: 95.5%		
Ύπαρξης μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>		
Τερματικές μονάδες		
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων Άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο		
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.88 T.O.T.E.E. 20701-1/2017, πίνακας 4.12		
Βοηθητική ενέργεια		
Τύπος βοηθητικών συστημάτων	Αριθμός συστημάτων	Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W/m ²)
		0.08
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 50% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου		

Πίνακας 6-8: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης τμήματος Πολυκατοικία

Η υπολογισμένη ισχύς του λέβητα-καυστήρα, ελέγχθηκε για υπερδιαστασιολόγηση σύμφωνα με την σχέση 4.1 της T.O.T.E.E. 20701-1/2017.

Ο κυκλοφορητής που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του θερμού νερού, έχει ισχύ που δίνεται από τον κατασκευαστή. Επειδή καλύπτει κάθε υπό μελέτη τμήμα, θα πρέπει να επιμεριστεί η ισχύς του αντίστοιχα με τα υπολογιζόμενα από τη μελέτη θέρμανσης θερμικά φορτία των τμημάτων.

Στον πίνακα 6.8. δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης του τμήματος με χρήση "Πολυκατοικία"

6.4.4.2 Δεδομένα για σύστημα ψύξης χώρων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα ψύξης του τμήματος με χρήση "Πολυκατοικία"

Σύστημα ψύξης θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 13.6 kW											
Βαθμός απόδοσης EER: 1.908											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	0.5	ΙΟΥΝ	0.5
ΙΟΥΛ	0.5	ΑΥΓ	0.5	ΣΕΠ	0.5	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Δίκτυο διανομής ψύξης: Μόνωση ίση με την ακτίνα σωλήνα											
Ψυκτική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 13.600											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/> Χωρίς δίκτυο ή τοπικό σύστημα <input type="checkbox"/>											
Θερμοκρασία προσαγωγής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C):											
Θερμοκρασία επιστροφής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C):											
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής: 98.5%											
Ύπαρξης μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>											
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων: Άμεσα συστήματα (μονάδες ανεμιστήρα (fan coils), δαπέδου ή οροφής											
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.96 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 4.14											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων				Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W/m ²)			
								0.08			
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 30% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου											

Πίνακας 6-9: Δεδομένα συστήματος ψύξης τμήματος Πολυκατοικία

6.4.4.3 Δεδομένα για σύστημα αερισμού

Ο αερισμός που εφαρμόζεται σε όλους τους χώρους του κτηρίου είναι φυσικός και σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η παροχή του αέρα θα είναι ίση με τον απαιτούμενο νεπό αέρα.

Από τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 λαμβάνεται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τη χρήση του υπό μελέτη τμήματος ως εξής :

- Πολυκατοικία: 0.75 m³/h/m²

6.4.4.4 Δεδομένα για σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης

Τα στοιχεία (ισχύς, καύσιμο, δίκτυο διανομής κτλ) του συστήματος που χρησιμοποιείται στο υπό μελέτη κτήριο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης παρουσιάζονται στον πίνακα 6.10 που ακολουθεί.

Το δίκτυο διανομής είναι μονωμένο σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και με ποσοστό απωλειών που φαίνεται παρακάτω.

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Είδος μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας/ταχυθερμοσίφωνα ισχύος 8.0 kW											
Θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 1.000											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου για ZNX από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥΛ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Σύστημα ανακυκλοφορίας ZNX: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>											
Χώρος διέλευσης δικτύου: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/>											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής ZNX (%): 100.0%											
Μονάδα αποθήκευσης θερμότητας											
Θερμική απόδοση μονάδας αποθήκευσης ZNX: 93%											

Πίνακας 6-10: Δεδομένα συστήματος ζεστού νερού χρήσης

6.4.4.5 Δεδομένα για σύστημα ηλιακών συλλεκτών

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα εγκατασταθούν στο δώμα, έχουν τη δυνατότητα κάλυψης μέρος του ZNX του κτηρίου. Το είδος, η επιφάνεια, ο βαθμός αξιοποίησης, αλλά και τα υπόλοιπα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου δίνονται στον πίνακα 6.11 που ακολουθεί:

Ηλιακοί συλλέκτες θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)	
Είδος ηλιακού συλλέκτη	Επιλεκτικός
Χρήση ηλιακού συλλέκτη για: <input checked="" type="checkbox"/> ZNX <input type="checkbox"/> Θέρμανση χώρων	
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ζεστό νερό χρήσης (%):	36
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων (%):	-
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²):	6.0
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (°):	45
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (°):	180
Συντελεστής σκίασης F-s:	1.00

Πίνακας 6-11: Δεδομένα συστήματος ηλιακών συλλεκτών

6.4.4.6 Δεδομένα για σύστημα κτηρίου αναφοράς

Τα δεδομένα του κτηρίου αναφοράς εισάγονται αυτόματα από το λογισμικό, παράλληλα με την εισαγωγή και ανάλογα τη χρήση και τη λειτουργία του κτηρίου ή των θερμικών ζωνών και σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

7

Αποτελέσματα υπολογισμών

7.1 Εισαγωγή

Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m²), όπως:

- Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη
- Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.)
- Ετήσια ανοιγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Ελκυσόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kW)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Πίνακας 7-1: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκπεμπόμενοι ρύποι κατά TOTEE

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

7.2 Κατανάλωση ενέργειας

Το υπό μελέτη τμήμα έχει χρήση "Πολυκατοικία" και τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη δίδονται στον πίνακα 7.2. Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή.

Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης/ψύξης (kWh/m ²)													
Μήνες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
Θέρμανση	2.80	2.30	1.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.80	9.00
Ψύξη	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	6.80	9.00	8.80	2.70	0.00	0.00	0.00	29.10
Ζεστό νερό χρήσης	1.80	1.70	1.80	1.60	1.50	1.20	1.10	1.10	1.10	1.30	1.50	1.70	17.40

Πίνακας 7-2: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης ψύξης τμήματος κτηρίου

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης.

Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m ²)													
Μήνες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
Θέρμανση	1.10	0.90	0.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.70	3.50
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ψύξη	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.10	2.70	2.70	0.80	0.00	0.00	0.00	8.80
ZNX	1.20	1.00	0.80	0.50	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.70	1.10	5.70
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0.80	0.80	1.10	1.20	1.40	1.40	1.50	1.50	1.40	1.20	0.90	0.80	14.00
Φωτισμός	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Φωτοβολταϊκά	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σύνολο	2.30	1.90	1.50	0.50	0.70	2.10	2.70	2.70	0.80	0.30	0.80	1.80	18.00

Πίνακας 7-3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις καυσίμων ανά καύσιμο (πηγή ωφέλιμης ενέργειας) δίνονται στον πίνακα 7.4.:

Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	
Ηλεκτρισμός	18.0
Ηλιακή ενέργεια	14.0
Γεωθερμία	0.0
Σύνολο	18.0

Πίνακας 7-4: Κατανάλωση ανά καύσιμο - χρήση Πολυκατοικία

Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του τμήματος του κτηρίου, δίνονται στον πίνακα 7.5. που ακολουθεί.

Τελική χρήση	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)	
	Κτήριο αναφοράς	Εξεταζόμενο κτήριο
Θέρμανση	14.2	10.1
Ψύξη	19.7	25.6
ZNX	24.3	16.6
Φωτισμός	0.0	0.0
Συνεισφορά ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0
Σύνολο	58.2	52.4

Πίνακας 7-5: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας και εκλύσεις αερίων ρύπων CO₂ ανά καύσιμο, δίνονται στον πίνακα 7.6.

Τελική χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/m ²)	Έκλυση αερίων ρύπων (kg/έτος/m ²)
Ηλεκτρισμός	18.0	17.0
Ηλιακή ενέργεια	14.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.0

Πίνακας 7-6: Κατανάλωση ενέργειας και έκλυση αερίων ρύπων ανά καύσιμο

7.3 Ενεργειακή κατάταξη χρήσης κτιρίου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πίνακας 7.4) του τμήματος του υπο μελέτη κτηρίου, φαίνεται να ανήκει στην κατηγορία B (βλ. επόμενο σχήμα σχήμα).

Άρα υπερπληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του KENAK, για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά μέγιστο ίση με την αντίστοιχη του κτηρίου αναφοράς.

Ενεργειακή κατηγορία:		
Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:		
EP ≤ 0,33 R _R	A+	
0,33 R _R < EP ≤ 0,5 R _R	A	
0,50 R _R < EP ≤ 0,75 R _R	B+	
0,75 R _R < EP ≤ 1,00 R _R	B	B 52.40 kWh/m ²
1,00 R _R < EP ≤ 1,41 R _R	Γ	
1,41 R _R < EP ≤ 1,82 R _R	Δ	
1,82 R _R < EP ≤ 2,27 R _R	E	
2,27 R _R < EP ≤ 2,73 R _R	Z	
2,73 R _R < EP	H	

Πίνακας 7-7: Τελική ενεργειακή κατάταξη κτιρίου κατά KENAK

7.4 Επίλογος εργασίας

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, στα πλαίσια της παρούσης εργασίας παρουσιάσαμε μια πλήρη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των απαιτήσεων της κείμενης νομοθεσίας.

Η εργασία αυτή αποτέλεσε ένα πολύ περίπλοκο αλλά ιδιαίτερα χρήσιμο εγχείρημα, καθώς προσέφερε την ευκαιρία για ενδελεχή μελέτη τόσο της νομοθεσίας που διέπει τον κανονισμό κτιρίων στην χώρα μας, όσο και βασικών γνώσεων μηχανικού σχετικά με τον υπολογισμό τυπικών στοιχείων που αφορούν τη μεταφορά ενέργειας και τη συμπεριφορά των κτιρίων, από ενεργειακής άποψης.

Εν κατακλείδι, η παρούσα εργασία αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό και χρήσιμο πρότυπο για έναν μηχανικό, καθώς είναι δομημένη με τρόπο λογικό και συνοχή, παραθέτει αναλυτικά τόσο βασικά στοιχεία γνώσεων όσο και απαραίτητους υπολογισμούς, τεκμηριώνει αναλυτικά τα όσα διατυπώνονται και αντικατοπτρίζει στο βέλτιστο δυνατό βαθμό την πραγματικότητα.

Βιβλιογραφία

- [1] eia, «International Energy Outlook,» U.S. Energy Information Administration, 2016.
- [2] Wilkes E, Goodright V, «Energy consumption in the UK,» Department of Energy & Climate Change, London, 2015.
- [3] EEA, «Final energy consumption by sector and fuel,» European Environment Agency, 2015.
- [4] Chen S, Yang W, Yoshino H, Levine MD, Newhouse K, Hinge A., «Definition of occupant behavior in residential buildings and its application to behavior analysis in case studies,» *Energy and Buildings*, τόμ. 104, p. 113, 2015.
- [5] Drury B. Crawleya, Jon W. Handb, Michael Kummertc, Brent T. Griffith, «Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs,» *Building and Environment*, αρ. 43, pp. 661-673, 2008.
- [6] Fabi V, Andersen RV, Corgnati SP, Olesen BW., «A methodology for modelling energy-related human behaviour: Application to window opening behaviour in residential buildings,» *Building Simulation*, τόμ. 6, αρ. 4, pp. 415-427, 2013.
- [7] Ανδρουτσόπουλος Α., «Τεχνολογίες κτιριακού κελύφους,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414_androutsopoulos.pdf. [Πρόσβαση 16 03 2019].
- [8] «Wikipedia,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Building_envelope. [Πρόσβαση 16 03 2019].
- [9] Ε. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα, Κ.Α. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης, Τυπολογία ελληνικών κτιρίων κατοικίας, 2011.
- [10] Κλειώ Ν. Αζαρηλή,, Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων - Γενικές αρχές του

βιοκλιματικού σχεδιασμού.

- [11] «Wikipedia,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort. [Πρόσβαση 16 03 2019].
- [12] Αιμ.Γ. Κορωναίος, Γ.Ι.Πουλάκος, Τεχνικά υλικά, 2005.
- [13] Ξ. Κακάτσιος, Αρχές μεταφοράς θερμότητας και μάζης, Αθήνα, 2006.
- [14] ΚΑΠΕ, Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης, 1999.
- [15] «Bioclima,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.bioclima.com.gr/media/pdf/bioclima_technical.pdf. [Πρόσβαση 16 03 2019].
- [16] Α. Κ., ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ, Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ, 2015.
- [17] Χ. Τζιβανίδης, Φ. Γιώτη, Κ.Α. Αντωνόπουλος, «Επίδραση του συνδυασμού μόνωσης και υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων,» 2010.
- [18] Χ. Τζιβανίδης, Θερμική συμπεριφορά κτιρίων.
- [19] Δ. Αραβαντινός,, Θερμομόνωση και στεγανοποίηση των κτιρίων: διάγνωση, ευαίσθητα σημεία, επιλογή λύσης, υλικά, εφαρμογή, 2005.
- [20] Δ. Μπίκας, Ξύλινη στέγη, 2007.
- [21] Τ.Ε.Ε. / Τ.Κ.Μ., «Θερμογέφυρες & Θερμομονωτική προστασία των κτιρίων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1604/kma_m1604_Aravantinos.pdf. [Πρόσβαση 28 08 2020].
- [22] Δ. Αραβαντινός, «Εξωτερικές τοιχοποιίες,» 2008.
- [23] A. D. Christopher Koroneos, «Environmental assessment of brick production in Greece,» *Building and Environment*, αρ. 42, pp. 2114-2123, 2007.
- [24] Καταβούτας Κ., *Χτίζοντας με πηλό*, Θεσσαλονίκη: Goethe Institut, 2013.
- [25] Α. Μοροπούλου, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG114/Building%20materials%20and%20energy%20efficiency%20of%20buildings.pdf>. [Πρόσβαση 16 03 2019].
- [26] Τ.Ε.Ε., «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 - Θερμοφυσικές ιδιότητες δομών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων,» Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 2017.

Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».

Φ.Ε.Κ. 89, νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις».

Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων- Κ.Εν.Α.Κ..».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» Α' Έκδοση

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» Γ' Έκδοση

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2014, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών» Γ' Έκδοση

Duffie A John., Beckman A. William, «Solar Engineering of Thermal Processes». John Wiley & Sons, INC., Second edition, 1991.

Παράρτημα Α – Υπολογισμός θερμογεφύρων

Είδος Επιφ.	Προσαν.	Γειτνιάζων	Επιφάνεια F	Συντελ. U	b	b \times U \times F
T1	268	ΕΠ	3.305	0.246	1.000	0.813
A6	268	ΕΠ	3.750	2.252	1.000	8.445
T2	268	ΕΠ	1.104	0.503	1.000	0.556
T1	358	ΕΠ	13.256	0.246	1.000	3.261
A5	358	ΕΠ	1.140	2.260	1.000	2.576
T2	358	ΕΠ	2.256	0.503	1.000	1.135
T1	268	ΕΠ	9.526	0.246	1.000	2.343
A4	268	ΕΠ	5.625	2.240	1.000	12.600
A7	268	ΕΠ	2.250	2.8	1.000	6.300
T2	268	ΕΠ	2.726	0.503	1.000	1.371
T1	358	ΕΠ	8.550	0.246	1.000	2.103
T2	358	ΕΠ	1.339	0.503	1.000	0.674
T1	268	ΕΠ	11.272	0.246	1.000	2.773
A3	268	ΕΠ	2.080	2.240	1.000	4.659
T2	268	ΕΠ	2.091	0.503	1.000	1.052
T1	178	ΕΠ	31.380	0.246	1.000	7.720
A1	178	ΕΠ	2.080	2.256	1.000	4.692
A1	178	ΕΠ	2.080	2.256	1.000	4.692
A2	178	ΕΠ	0.910	2.253	1.000	2.050
T2	178	ΕΠ	5.710	0.503	1.000	2.872
T1	88	ΕΠ	37.802	0.246	1.000	9.299
T2	88	ΕΠ	5.922	0.503	1.000	2.979
T1	358	ΕΠ	10.975	0.246	1.000	2.700
A8	358	ΕΠ	2.525	2.8	1.000	7.070
T2	358	ΕΠ	2.115	0.503	1.000	1.064
Δ 1		ΦΕ	118.500	0.300	1.000	35.550
O1		ΕΠ	30.940	0.403	1.000	12.469
T1	358	ΕΠ	12.600	0.246	1.000	3.100
T2	358	ΕΠ	0.900	0.503	1.000	0.453
T1	268	ΕΠ	4.180	0.246	1.000	1.028
A14	268	ΕΠ	2.400	2.252	1.000	5.405
T2	268	ΕΠ	0.470	0.503	1.000	0.236
T1	358	ΕΠ	5.290	0.246	1.000	1.301
A13	358	ΕΠ	6.750	2.237	1.000	15.100
T2	358	ΕΠ	0.860	0.503	1.000	0.433
T1	268	ΕΠ	18.520	0.246	1.000	4.556
A12	268	ΕΠ	0.960	2.258	1.000	2.168
A12	268	ΕΠ	0.960	2.258	1.000	2.168
T2	268	ΕΠ	1.460	0.503	1.000	0.734
T1	178	ΕΠ	10.660	0.246	1.000	2.622
A11	178	ΕΠ	1.800	2.247	1.000	4.045
T2	178	ΕΠ	0.890	0.503	1.000	0.448
T1	268	ΕΠ	4.340	0.246	1.000	1.068
A10	268	ΕΠ	3.920	2.250	1.000	8.820
T2	268	ΕΠ	0.590	0.503	1.000	0.297
T1	178	ΕΠ	10.230	0.246	1.000	2.517
A9	178	ΕΠ	1.950	2.241	1.000	4.370

T2	178	ΕΠ	0.870	0.503	1.000	0.438
T1	88	ΕΠ	28.000	0.246	1.000	6.888
T2	88	ΕΠ	2.000	0.503	1.000	1.006
T1	88	ΕΠ	7.280	0.246	1.000	1.791
T2	88	ΕΠ	0.520	0.503	1.000	0.262
O1		ΕΠ	10.570	0.403	1.000	4.260
O1		ΕΠ	2.930	0.403	1.000	1.181
T1	358	ΕΠ	2.958	0.246	1.000	0.728
T1	358	ΕΠ	5.483	0.246	1.000	1.349
T1	268	ΕΠ	4.234	0.246	1.000	1.042
T1	178	ΕΠ	2.349	0.246	1.000	0.578
T1	178	ΕΠ	3.463	0.246	1.000	0.852
T1	268	ΕΠ	6.726	0.246	1.000	1.655
T1	268	ΕΠ	0.030	0.246	1.000	0.007
T1	178	ΕΠ	2.394	0.246	1.000	0.589
T1	178	ΕΠ	0.005	0.246	1.000	0.001
T1	178	ΕΠ	4.700	0.246	1.000	1.156
A15	178	ΕΠ	0.910	2.248	1.000	2.046
T1	178	ΕΠ	1.666	0.246	1.000	0.410
T1	88	ΕΠ	17.425	0.246	1.000	4.287
T1	358	ΕΠ	4.810	0.246	1.000	1.183
A16	358	ΕΠ	0.800	2.250	1.000	1.800
T1	358	ΕΠ	1.666	0.246	1.000	0.410
O2		ΕΠ	43.760	0.257	1.000	11.246
O2		ΕΠ	35.380	0.257	1.000	9.093
ΣΥΝΟΛΟ			601.869			258.940