



*<< Ανάλυση δεδομένων από
υφιστάμενα κτήρια και σύγκριση
αποτελεσμάτων με τον ΚΕΝΑΚ >>*

Τομέας: Θερμότητας

Επιβλέπων: Τζιβανίδης Χρήστος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2023

--- κενή σελίδα ---

Ευχαριστίες

Στην αρχή της παρούσας έκθεσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κο. Χρήστο Τζιβανίδη για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος καθώς και για την πλούσια συνεισφορά του, ως καθηγητής, κατά τη διάρκεια φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στο Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτηρίου και ειδικότερα στον Δημήτριο Παλλαντζά, για την σωστή καθοδήγηση και την παροχή βιβλιογραφίας για την εκμάθηση του λογισμικού RHPP, με το οποίο εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την μελετητική εταιρία TECHNOΙΚΟ, στην οποία πραγματοποιήθηκε η πρακτική μου άσκηση στο πέρας του 4^{ου} έτους των σπουδών μου, για την παροχή του υφιστάμενου κτηρίου που τέθηκε υπό μελέτη στην παρούσα εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, τους φίλους μου και όλους τους συμφοιτητές μου, που ήταν συμπαραστάτες σε αυτό το πενταετές ταξίδι ως φοιτητής.

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι προϊόν δικής μου εργασίας και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή τη Διπλωματική εργασία είναι του συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Καρούσης Δημήτριος

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Σύνοψη	7
Abstract	8
Συνοπτικές – Αρκτικόλεξα	9
1. Εισαγωγή	10
1.1 Πλαίσιο, Σκοπός, Οριοθέτηση	10
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	11
2. Παθητικό Κτήριο	12
2.1 Ορισμός του Παθητικού Κτηρίου	12
2.2 Βασικές αρχές και κριτήρια του Παθητικού Κτηρίου	12
2.3 Σχεδιασμός Παθητικού Κτηρίου	14
3. Ανάλυση κτηρίου και ενεργειακή μελέτη με τον KENAK	21
3.1 Γενική Περιγραφή του Κτηρίου	21
3.2 Τοπογραφία του Κτηρίου	21
3.3 Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός και Χωροθέτηση	21
3.4 Ηλιοπροστασία Ανοιγμάτων	22
3.5 Φωτισμός	22
3.6 Φυσικός Δροσισμός	22
3.7 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα	23
3.8 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Δομικών Στοιχείων και Κτηρίου	23
3.9 Κέλυφος Κτηρίου	27
3.10 Κουφώματα Κτηρίου	32
3.11 Σύστημα Θέρμανσης Κτηρίου	34
3.12 Σύστημα Ψύξης Κτηρίου	35
3.13 Σύστημα ZNX Κτηρίου	36
3.14 Εγκατάσταση Ηλιακών Συλλεκτών	37
3.15 Σύστημα Αερισμού Κτηρίου	37
3.16 Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης σύμφωνα με τον KENAK	38
4. Ενεργειακή μελέτη κτηρίου με το λογισμικό PHPP	42
4.1 Γνωριμία με το λογισμικό PHPP	42
4.2 Φύλλο Εργασίας Έλεγχος Κριτηρίων	43
4.3 Φύλλο Εργασίας Κλίμα	44
4.4 Φύλλο Εργασίας Τιμές – U	46
4.5 Φύλλο Εργασίας Επιφάνειες	48
4.6 Φύλλο Εργασίας Έδαφος	56
4.7 Φύλλο Εργασίας Συστήματα	60
4.8 Φύλλο Εργασίας Κουφώματα	62
4.9 Φύλλο Εργασίας Σκίαση	65
4.10 Φύλλο Εργασίας Αερισμός	67
4.11 Φύλλο Εργασίας Ετήσια Θέρμανση	68

4.12	Φύλλο Εργασίας Θέρμανση	70
4.13	Φύλλα Εργασίας Θερινός Αερισμός – Καλοκαίρι	71
4.14	Φύλλο Εργασίας Ψύξη	73
4.15	Φύλλο Εργασίας Μονάδες Ψύξης.....	76
4.16	Φύλλο Εργασίας ΖΝΧ + Διανομή	78
4.17	Φύλλο Εργασίας Ηλιακό ΖΝΧ	79
4.18	Φύλλο Εργασίας Λέβητας	80
4.19	Αποτελέσματα ενεργειακής μελέτης με το λογισμικό RHPP	82
5.	Σύγκριση των λογισμικών TEE KENAK & RHPP	85
6.	Πραγματικές καταναλώσεις του υφιστάμενου κτηρίου	88
7.	Συμπεράσματα	90
8.	Βιβλιογραφία.....	91
9.	Κατάλογος Εικόνων	92
10.	Κατάλογος Πινάκων.....	94
11.	Παράρτημα Ι – Αρχιτεκτονικά Σχέδια.....	95

Σύνοψη

Στην εν λόγω διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η ενεργειακή μελέτη ενός υφιστάμενου κτηρίου που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού PHPP, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μελέτη παθητικών κτηρίων. Το υφιστάμενο κτήριο είναι μία τριώροφη πολυκατοικία με υπόγειο και δώμα που βρίσκεται στην Αθήνα. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης κατά τον σχεδιασμό αυτής της πολυκατοικίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού TEE KENAK. Επομένως, έχοντας όλα τα δεδομένα του εν λόγω κτηρίου, αλλά και τα αποτελέσματα της μελέτης KENAK, στόχος αυτής της εργασίας είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης που προκύπτουν από τα δύο λογισμικά. Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών, με τις πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις ενός από τα διαμερίσματα της πολυκατοικίας, για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Από αυτή τη μελέτη, γίνονται σαφείς η αξιοπιστία του λογισμικού PHPP, αλλά και οι δυνατότητες που έχει, για την περεταίρω ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτηρίου με βάση τα πρότυπα ενός παθητικού.

Abstract

This thesis presents the energy study of an existing building carried out using the PHPP software, which is used for the study of passive house. The existing building is a three-story apartment building with basement and roof, located in Athens. The energy efficiency study during the design of this apartment building was carried out using the TEE KENAK software. Therefore, having all the data of this building, and the results of the KENAK study, the aim of this paper is to compare the energy consumption results obtained from the two software. Finally, a comparison is made between the results of the two software, with the actual energy consumption of one of the apartments of the building, for a specific time period. From this study becomes clear the reliability of the PHPP software, and its potential for the further energy upgrading of a building, based on passive house standards.

Συνομεύσεις – Αρκτικόλεξα

ΤΕΕ – Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε – Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

ΚΕΝΑΚ – Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων

PHPP – Passive House Planning Package

ΕΙΠΑΚ – Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτηρίου

ΠΚ – Παθητικό Κτήριο

ΑΠΕ – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Φ/Β – Φωτοβολταϊκά Συστήματα

ΖΝΧ – Ζεστό Νερό Χρήσης

Η/Μ – Ηλεκτρομηχανολογικά

ΣΗΘ – Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας

ΠΕΑ – Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

ΚΣΜΚΕ – Κτήριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας

ΜΘΧ – Μη Θερμαινόμενος Χώρος

1. Εισαγωγή

1.1 Πλαίσιο, Σκοπός, Οριοθέτηση

Είναι αδιαμφισβήτητο, ότι η παγκόσμια ενεργειακή κρίση της σημερινής εποχής, αλλά και η κλιματική αλλαγή, προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο, όσο και στην κοινωνία. Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, η υψηλή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία είναι μη φιλικά προς το περιβάλλον και η περιορισμένη αξιοποίηση των ΑΠΕ, είναι μερικές από τις αιτίες που εντείνουν το ενεργειακό πρόβλημα και επιβαρύνουν το περιβάλλον διαβίωσης του ανθρώπου.

Ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης των προβλημάτων που προαναφέρθηκαν, είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων ακολουθώντας τις αρχές του παθητικού κτηρίου, οι οποίες συμβάλλουν εξαιρετικά στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, περιορίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που βλάπτουν το περιβάλλον και παρέχουν υψηλά πρότυπα άνεσης, βελτιώνοντας άρδην την ποιότητα των κτηρίων και κατ'επέκταση το ανθρώπινο βιοτικό επίπεδο.

Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η παρουσίαση του προτύπου του ΠΚ, καθώς και η χρήση του λογισμικού PHPP, για την ενεργειακή μελέτη της υφιστάμενης τριώροφης πολυκατοικίας. Επίσης η σύγκριση των αποτελεσμάτων του λογισμικού PHPP, με τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE KENAK αλλά και με τις πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις του υφιστάμενου κτηρίου, αποσκοπεί στην ανάδειξη του ως ένα πολύ καλό και εξαιρετικά ικανό λογισμικό που αναβαθμίζεται συνεχώς, δίνοντας αξιόπιστα αποτελέσματα για κάθε είδους κτήριο, αλλά και αναδεικνύοντας τις ικανότητές του για την περαιτέρω ενεργειακή τους αναβάθμιση, με βάση τις αρχές του ΠΚ.

Σημειώνεται, ότι η παρούσα εργασία οριοθετείται στη σύγκριση των αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης της υφιστάμενης πολυκατοικίας, έπειτα από λεπτομερή ανάλυση των δεδομένων και όχι στην ενεργειακή της αναβάθμιση ώστε να γίνει ΚΣΜΚΕ. Ωστόσο προτείνονται εφικτές και καθοριστικές αλλαγές που μπορούν να την μετατρέψουν σε ένα ΠΚ.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Πρώτο βήμα για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ήταν η αναζήτηση βιβλιογραφίας για την κατανόηση της έννοιας του παθητικού κτηρίου και των βασικών αρχών που το διέπουν, αλλά και η εκμάθηση του λογισμικού PHPP. Στη συνέχεια, έχοντας κατανοήσει όλα τα δεδομένα και τα αρχιτεκτονικά σχέδια της υφιστάμενης πολυκατοικίας, ακολούθησε η εισαγωγή των απαραίτητων στοιχείων στο λογισμικό και ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου. Τέλος αναλύοντας τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης και συγκρίνοντάς τα, με τα ήδη υπάρχοντα αποτελέσματα της μελέτης ΚΕΝΑΚ, προκύπτουν τα τελικά συμπεράσματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, γίνεται εισαγωγή στο υπό μελέτη αντικείμενο και αναφέρονται το γενικότερο θέμα και ο στόχος της εργασίας, κάνοντας μικρή ανάλυση στα βασικά της σημεία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εισάγεται η έννοια του ΠΚ, οι βασικές αρχές του και τα βασικά στοιχεία για τον σχεδιασμό και την λειτουργία του.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται πλήρης ανάλυση του υφιστάμενου κτηρίου και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης της μελέτης ΚΕΝΑΚ.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η ενεργειακή μελέτη της υφιστάμενης πολυκατοικίας με τη χρήση του λογισμικού PHPP, εμβαθύνοντας σε όλα τα απαραίτητα σημεία του ενεργειακού υπολογισμού και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των λογισμικών ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και PHPP. Επίσης προτείνονται τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου, ακολουθώντας το πρότυπο του ΠΚ.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις ενός διαμερίσματος της πολυκατοικίας για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ώστε να αποδειχθεί η ισχύς των αποτελεσμάτων από τα δύο λογισμικά.

Στο έβδομο κεφάλαιο, αποτυπώνονται γενικότερα συμπεράσματα και σχολιασμοί, που προέκυψαν από τη συνολική εκπόνηση του θέματος της διπλωματικής εργασίας.

Στο παράρτημα Ι, δίνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του υφιστάμενου κτηρίου που ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση της ενεργειακής μελέτης.

2. Παθητικό Κτήριο

2.1 Ορισμός του Παθητικού Κτηρίου

Το παθητικό κτήριο, είναι ένα κτήριο, στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730), εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για την σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας του αέρα.

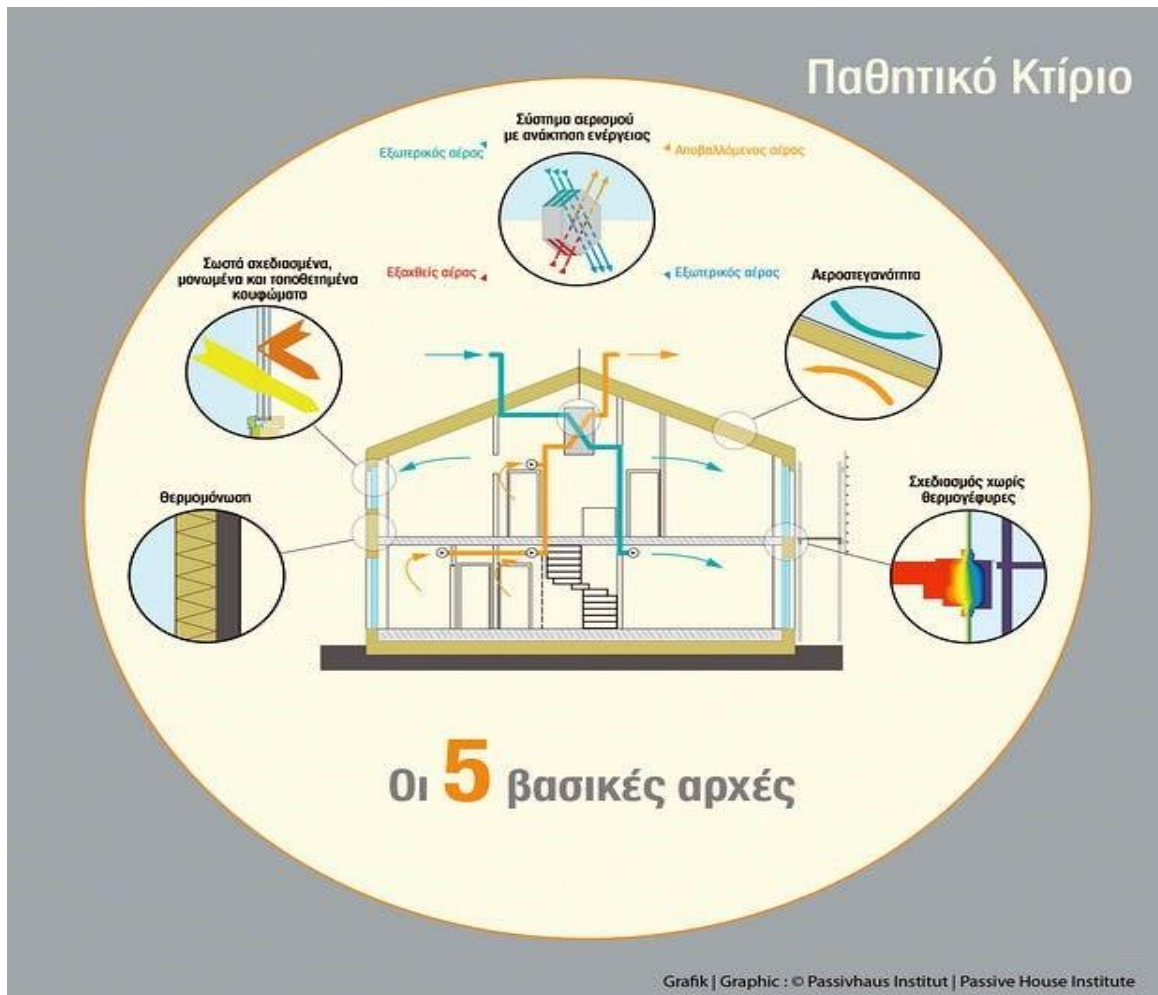
Το πρότυπο του παθητικού κτηρίου εξελίσσεται συνεχώς και έχει παγκόσμια εμβέλεια, καθώς θεωρείται το βέλτιστο για την κατασκευή κτηρίων. Ο λεπτομερής σχεδιασμός του με τα κατάλληλα υλικά, εγγυάται τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτηρίου και μία ευχάριστη ατμόσφαιρα, με τις θερμοκρασίες να διατηρούνται όλο το χρόνο σε ιδανικό επίπεδο, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες και τις κλιματικές αλλαγές κάθε περιοχής. Η διαφορά ενός ΠΚ από ένα συμβατικό κτήριο, δεν είναι τόσο στην εμφάνιση, όσο στην ποιότητα ζωής που προσφέρει στο χρήστη, εξοικονομώντας παράλληλα μέχρι και το 90% (ή και παραπάνω) της ενέργειας που θα καταναλώσει ένα κλασικό υφιστάμενο κτήριο.

2.2 Βασικές αρχές και κριτήρια του Παθητικού Κτηρίου

Οι πέντε βασικές αρχές ενός ΠΚ, πάνω στις οποίες βασίζεται ο σχεδιασμός και η λειτουργία του είναι οι εξής:

- Θερμομόνωση
- Κουφώματα
- Αεροστεγανότητα
- Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας
- Θερμογέφυρες

Διατηρώντας αυτές τις αρχές στα επιθυμητά επίπεδα κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, επιτυγχάνονται οι βέλτιστες επιδόσεις του ΠΚ.



Εικόνα 1: Οι 5 βασικές αρχές του παθητικού κτηρίου [1]

Τα κριτήρια για να είναι ένα κτήριο παθητικό είναι τα εξής:

- Η απαίτηση του κτηρίου για θέρμανση ή ψύξη δεν πρέπει να ξεπερνά τις $15 \text{ kWh} / (\text{m}^2\text{a})$.
- Το μέγιστο φορτίο για θέρμανση ή ψύξη δεν πρέπει να ξεπερνά τα $10 \text{ W} / \text{m}^2$.
- Η χρήση πρωτογενούς ενέργειας, δεν μπορεί να υπερβαίνει τις $120 \text{ kWh} / (\text{m}^2\text{a})$.
- Το ποσοστό εμφάνισης της υπερθέρμανσης που εμφανίζεται στα θερμά κλίματα και τους καλοκαιρινούς μήνες, δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% του χρόνου.
- Η οριακή τιμή του ρυθμού εναλλαγής αέρα στα παθητικά κτήρια είναι $n50 = 0,6 \text{ h}^{-1}$.

2.3 Σχεδιασμός Παθητικού Κτηρίου

Ο σχεδιασμός του παθητικού κτηρίου, γίνεται με αυτοσκοπό την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων και την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται, τηρώντας στο μέγιστο τις πέντε βασικές αρχές που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και επεξηγούνται αναλυτικότερα παρακάτω:

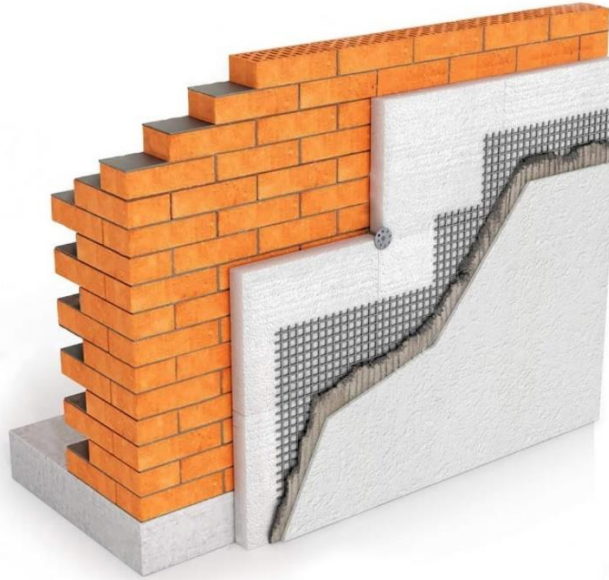
- Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση, γίνεται με κατάλληλα υλικά από το σχεδιαστή, ο οποίος επιλέγει τον τύπο και το πάχος της μόνωσης με βάση τα πρότυπα του παθητικού κτηρίου. Ειδικότερα, η μόνωση πρέπει να έχει πάχος περίπου 15 cm και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $U \leq 0,1 \text{ W} / (\text{m K})$. Η θερμομόνωση μειώνει σημαντικά την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού χώρου του κτηρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος, διατηρώντας έτσι εσωτερική θερμική άνεση εντός του κτηρίου τόσο τη χειμερινή όσο και τη θερινή περίοδο.

Διάφοροι τύποι θερμομόνωσης κτηρίου είναι οι εξής:

- Εξωτερική Θερμομόνωση: Η εξωτερική θερμομόνωση χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα κτήρια που ακολουθούν το πρότυπο του ΠΚ. Ο λόγος για τον οποίο υπερτερεί από τους άλλους τύπους, είναι γιατί η εξωτερική θερμομόνωση, μειώνει σημαντικά τις θερμογέφυρες του κτηρίου, οι οποίες αποτελούν βασική πηγή απωλειών. Επίσης, με αυτόν τον τύπο θερμομόνωσης, προστατεύονται οι εξωτερικές επιφάνειες, ενώ δεν μειώνεται καθόλου ο εσωτερικός χώρος του κτηρίου. Ωστόσο, πρέπει να τονισθεί, ότι εγκατάστασή της στα κτήρια είναι πιο περίπλοκη από την εγκατάσταση των άλλων τύπων θερμομόνωσης.
- Εσωτερική Θερμομόνωση: Η εσωτερική θερμομόνωση χρησιμοποιείται σε πολύ μικρό βαθμό τη σημερινή εποχή, κυρίως για ανακαινίσεις παλαιότερων κτηρίων. Η εγκατάστασή της είναι οικονομική και απλούστερη από αυτή της εξωτερικής θερμομόνωσης και μονώνει σε ικανοποιητικό βαθμό τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Από την άλλη πλευρά, κατά την τοποθέτησή της, υπάρχει ο κίνδυνος της υγραποίησης, ειδικότερα στα υφιστάμενα κτήρια.
- Θερμομόνωση μεταξύ δύο τοίχων.

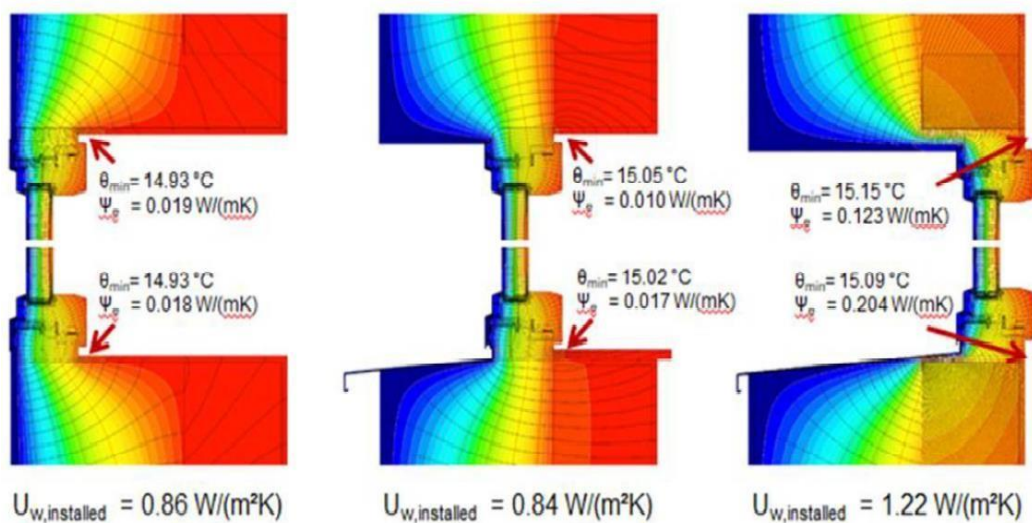
iv. Θερμομόνωση με ειδικά τούβλα.



Εικόνα 2: Εξωτερική θερμομόνωση κτηρίου [2]

- Κουφώματα

Τα κουφώματα έχουν καθοριστικό ρόλο σε ένα κτήριο, καθώς αποτελούν την κύρια πηγή απωλειών θερμότητας, αλλά και βασική πηγή κέρδους. Για τον λόγο αυτό, τόσο ο σχεδιασμός τους από τον κατασκευαστή, όσο και η τοποθέτησή τους, πρέπει να γίνονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες μέσα από αυτά και να αυξάνεται η ενεργειακή τους συνεισφορά. Ειδικότερα, ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να εκμεταλλεύονται τον φωτισμό και τη θέρμανση που προσφέρονται από τον ήλιο και να αξιοποιούν ορθά τα θερμικά τους κέρδη οποιαδήποτε περίοδο κατά τη διάρκεια του έτους. Τα βασικότερα στοιχεία των κουφωμάτων είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_g και U_f , του υαλοπίνακα και του πλαισίου του κουφώματος αντίστοιχα και η θερμογέφυρα Ψ_g μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα.



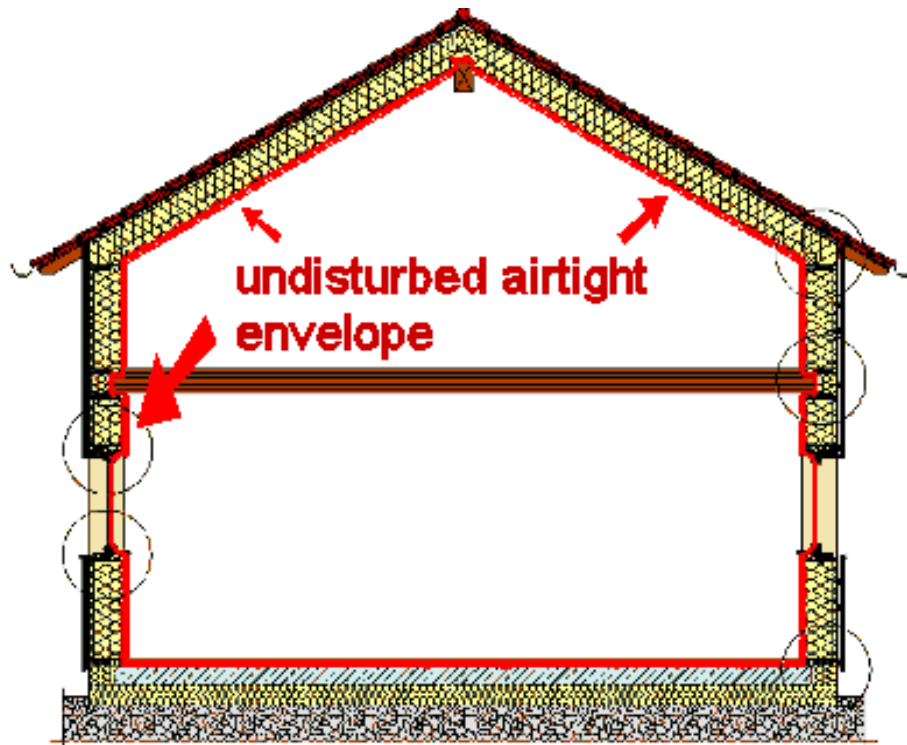
Εικόνα 3: Βέλτιστη τοποθέτηση ενεργειακών κουφωμάτων κτηρίου [3]



Εικόνα 4: Διαφορετικές κατηγορίες υλικών ενεργειακών κουφωμάτων [4]

- Αεροστεγανότητα

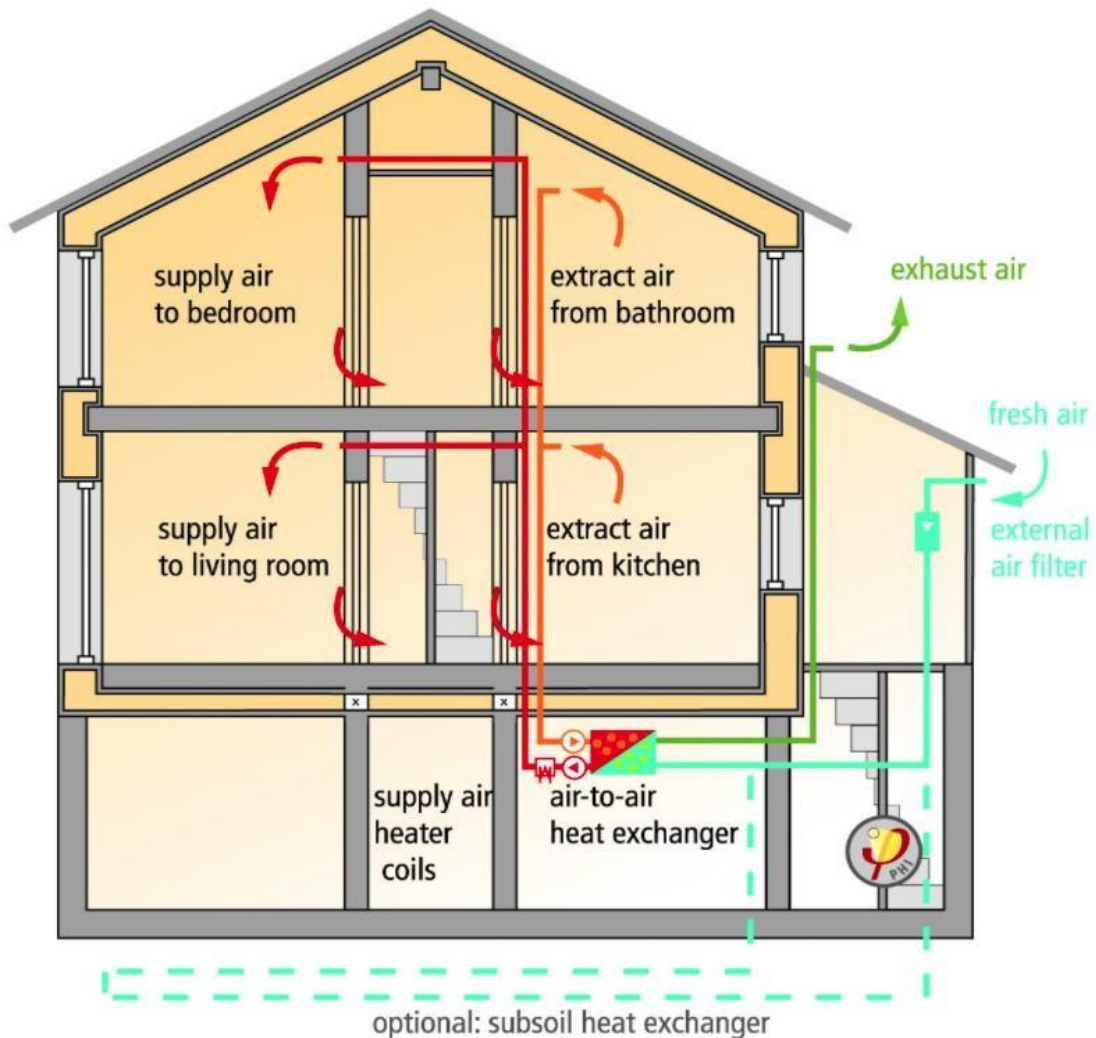
Η αεροστεγανότητα ενός κτηρίου παίζει σημαντικό ρόλο ως προς την ενεργειακή του απόδοση. Ένα παθητικό κτήριο συνήθως σχεδιάζεται με αρκετά καλή αεροστεγανότητα, ώστε να ελαχιστοποιεί την ανεξέλεγκτη κίνηση του αέρα μέσω των τοίχων, των κουφωμάτων, του δαπέδου και της οροφής. Ο αέρας αυτός, μπορεί να μειώσει δραστικά την αποτελεσματικότητα της μόνωσης ή και να τη φθείρει εάν συσσωρευτεί υγρασία στην κοιλότητα του τοίχου. Έτσι, η ποιότητα και η αποδοτικότητα της μόνωσης με το πέρασμα του χρόνου, εξαρτάται άμεσα από την αεροστεγανότητα του κτηρίου. Έτσι, γίνεται αντιληπτό, ότι η αεροστεγανότητα διασφαλίζει θερμότερα, στεγνότερα και πιο υγιεινά κτήρια οποιαδήποτε χρονική στιγμή.



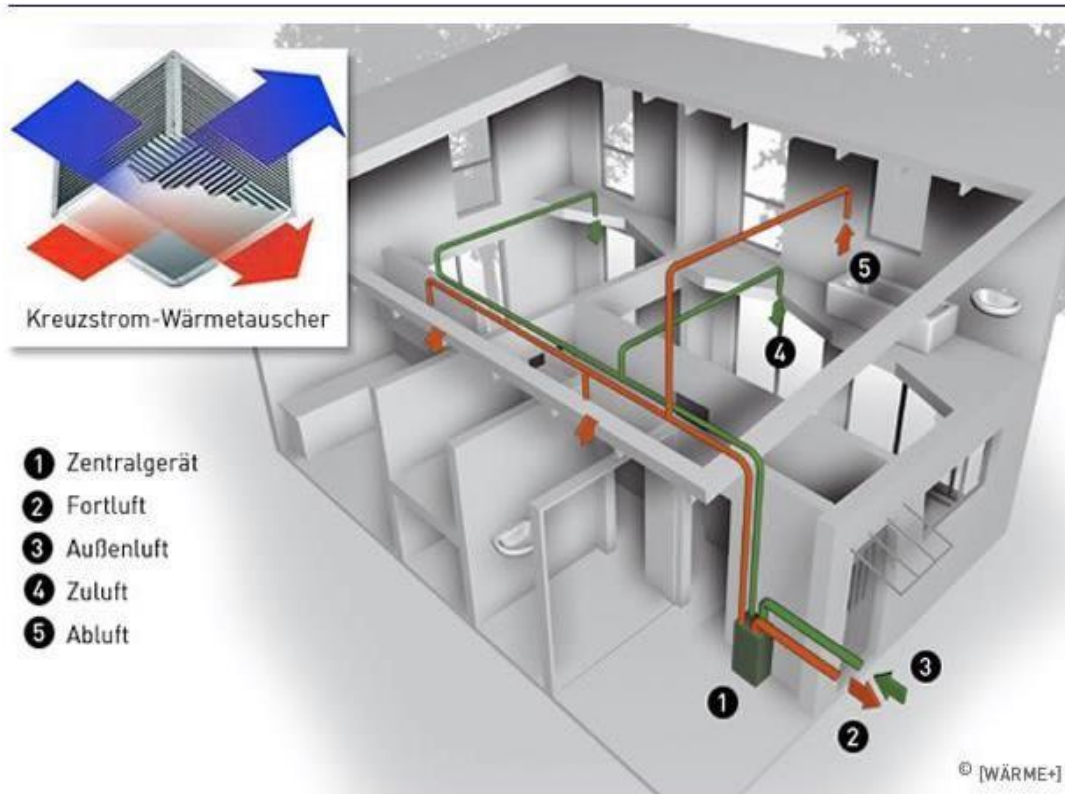
Εικόνα 5: Διαρροές αέρα διαμέσου του κελύφους [5]

- Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας

Όπως είναι γνωστό, σε κάθε παθητικό σπίτι είναι σχεδιασμένο ένα σύστημα μηχανικού αερισμού. Ο μηχανικός αερισμός είναι τις περισσότερες φορές απαραίτητος στα ΠΚ, καθώς η ισχυρή θερμομόνωση και τα κουφώματα που διαθέτουν, αποτρέπουν τον απαραίτητο φυσικό αερισμό του κτηρίου, με κίνδυνο μέχρι και την ανάπτυξη μούχλας. Λύση σε αυτό το πρόβλημα, δίνουν τα συστήματα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση ενέργειας, που παρέχουν ελεγχόμενα, φρέσκο αέρα με μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Έτσι ο μηχανικός αερισμός εξασφαλίζει την εσωτερική θερμική άνεση των κτηρίων, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι.



Εικόνα 6: Μηχανικός αερισμός κτηρίου [5]

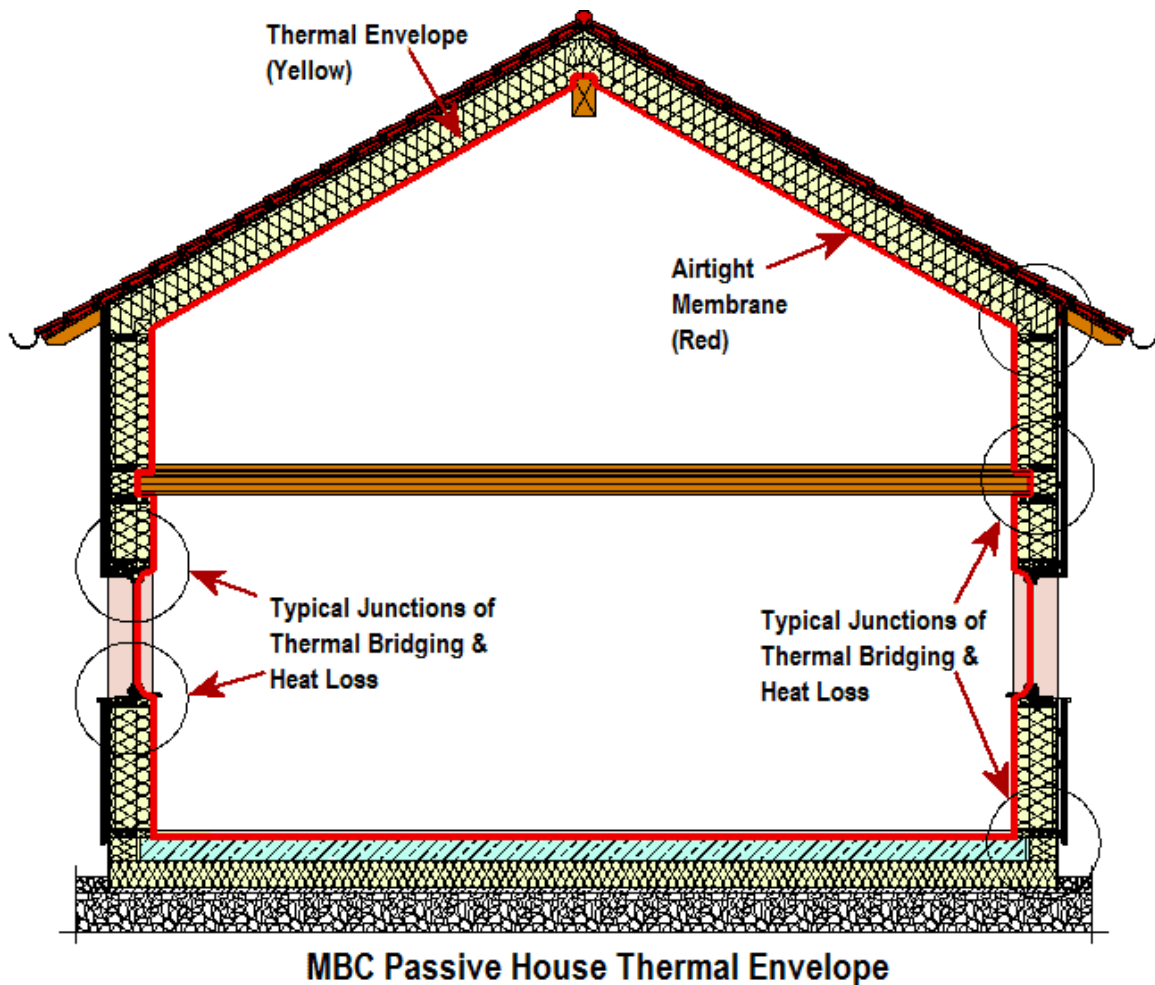


Εικόνα 7: Ροή αέρα σε σύστημα αερισμού κτηρίου [5]

- Θερμογέφυρες

Οι θερμογέφυρες, είναι περιοχές του κελύφους όπου παρατηρούνται απώλειες θερμότητας. Σε αυτές τις περιοχές, παρατηρείται συνήθως αύξηση της ροής θερμότητας, η οποία έχει κατεύθυνση από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω. Η ελαχιστοποίηση αυτών των αδύναμων σημείων στο κέλυφος του κτηρίου, δημιουργεί ευχάριστη και σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτηρίου, εξαλείφει τις φθορές από την υγρασία, ενώ συμβάλλει στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου. Οι δύο κατηγορίες θερμογεφυρών, είναι οι κατασκευαστικές, οι οποίες εμφανίζονται όταν δημιουργηθεί ασυνέχεια στην θερμομόνωση και οι γεωμετρικές, οι οποίες οφείλονται στη γεωμετρία του κτηρίου.

Στην *Εικόνα 8*, απεικονίζεται το θερμικό περίβλημα ενός κτηρίου, δηλαδή το στρώμα ελέγχου θερμότητας το οποίο δημιουργεί η μόνωση, το πιο κρίσιμο δομικό στοιχείο για την επίτευξη του προτύπου παθητικού κτηρίου. Το παχύ φράγμα μόνωσης (κίτρινο χρώμα) του παθητικού κτηρίου, ουσιαστικά σχηματίζει το θερμικό περίβλημα σε συνδυασμό με το αεροστεγές σύστημα μεμβράνης (κόκκινο χρώμα). Η μόνωση πρέπει να είναι ένα συνεχές στρώμα, χωρίς σπασίματα ή κενά. Σε οποιοδήποτε σημείο σε ένα κτήριο υπάρχει διακοπή της μόνωσης, μπορεί να σχηματιστεί θερμογέφυρα. Το φράγμα μόνωσης πρέπει να περικλείει πλήρως τη δομή, διασφαλίζοντας ότι δεν υπάρχει σημείο εμφάνισης θερμογέφυρας.



Εικόνα 8: Θερμικό περίβλημα κτηρίου και πιθανά σημεία εμφάνισης θερμογεφυρών [6]

3. Ανάλυση κτηρίου και ενεργειακή μελέτη με τον ΚΕΝΑΚ

3.1 Γενική Περιγραφή του Κτηρίου

Το υφιστάμενο κτήριο που μελετάται, είναι μία τριώροφη οικοδομή κατοικιών, με ισόγειο, υπόγειο και δώμα. Η πολυκατοικία βρίσκεται στην Αθήνα, στον νομό Αττικής και επομένως ανήκει στην Β κλιματική ζώνη. Το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου διαφοροποιείται ως προς τις χρήσεις του και λαμβάνεται όπως ορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017. Οι χώροι στον καθένα από τους τρεις ορόφους του κτηρίου, έχουν χρήση κατοικίας και έχουν συνολική επιφάνεια 305,88 m². Το κλιμακοστάσιο αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο στο κτήριο με συνολική επιφάνεια 107,8 m².

3.2 Τοπογραφία του Κτηρίου

Στον περιβάλλοντα χώρο, υπάρχουν κτήρια κατοικιών, πιο συγκεκριμένα:

- Η δυτική πλευρά του οικοπέδου βλέπει στην οδό Αξιουπόλεως.
- Η νότια πλευρά του οικοπέδου είναι σε επαφή με κτήριο, ύψους 12 μέτρα.
- Η ανατολική πλευρά του οικοπέδου, συνορεύει με οικόπεδο στο οποίο υπάρχει κτήριο, ύψους 3 μέτρα, σε απόσταση 4,3 μέτρα από το υπό μελέτη κτήριο.
- Η βόρεια πλευρά του οικοπέδου, συνορεύει με οικόπεδο, στο οποίο υπάρχει κτήριο ύψους 6 μέτρα, σε απόσταση 2 μέτρα από το υπό μελέτη κτήριο.

Το υφιστάμενο κτήριο βρίσκεται σε υψόμετρο 100 μέτρων πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, ενώ η ακριβής του τοποθεσία έχει γεωγραφικό πλάτος 38,03° και γεωγραφικό μήκος 23,73°.

3.3 Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός και Χωροθέτηση

Ο κτηριακός σχεδιασμός έγινε, λαμβάνοντας υπόψιν:

- Τη χωροθέτηση του κτηρίου και τον προσανατολισμό του στο οικόπεδο.
- Την κατάλληλη χωροθέτηση των ανοιγμάτων για επαρκή ηλιασμό, φυσικό φωτισμό και φυσικό δροσισμό, καθώς και την ηλιοπροστασία τους.

- Τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- Την ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος, ενός εκ των οποίων δύναται να είναι το σύστημα του άμεσου κέρδους.

Η τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να γίνει εκμετάλλευση των βασικών κλιματικών παραμέτρων.

Η χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο έγινε ώστε στη βόρεια όψη του, να τοποθετηθούν όσο το δυνατό λιγότερα ανοίγματα. Αντίθετα, τα περισσότερα ανοίγματα βρίσκονται στην ανατολική και δυτική όψη. Ο σχεδιασμός εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι τα απέναντι κτήρια είναι χαμηλότερα και σε μεγάλη απόσταση.

Όπως προέκυψε από τα αρχιτεκτονικά σχέδια, κατά τη διάρκεια της χειμερινής και της θερινής περιόδου, το κτήριο σκιάζεται μερικώς υπό προϋποθέσεις. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν και στους αντίστοιχους υπολογισμούς της ενεργειακής μελέτης.

3.4 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.

3.5 Φωτισμός

Σε όλους τους κυρίως χώρους τοποθετήθηκαν ανοίγματα τα οποία θα προσφέρουν επαρκή φωτισμό. Ειδικά στους χώρους με μεγάλο βάθος τοποθετήθηκαν ανάλογα ανοίγματα μεγαλύτερου μεγέθους.

3.6 Φυσικός Δροσισμός

Τοποθετήθηκαν κατάλληλα ανοίγματα εξασφαλίζοντας διαμπερή αερισμό, για τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του φυσικού δροσισμού. Επίσης έγινε τοποθέτηση ανοιγμάτων σε όλους τους χώρους, τα οποία προσφέρουν επαρκή φυσικό δροσισμό.

3.7 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

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

3.8 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Δομικών Στοιχείων και Κτηρίου

Το παρών υφιστάμενο κτήριο, ανήκει στη Β κλιματική ζώνη. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των διαφόρων δομικών στοιχείων, επιλέγονται με βάση τις μέγιστες επιτρεπόμενες της ζώνης αυτής. 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 της Β κλιματικής ζώνης.
2. Υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου U_m .

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a}$$

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:

$$U_{\text{π}} = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου, U_f ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος, U_g ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος, A_f το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος, A_g το εμβαδό 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:

$$U \leq U_{\delta, \sigma, \max}$$

όπου, U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του δομικού στοιχείου όπως υπολογίστηκε βάσει των σχέσεων που αναπτύχθηκαν παραπάνω και $U_{\delta, \sigma, \max}$ η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το δομικό στοιχείο που προκύπτει με βάση τη κλιματική ζώνη που βρίσκεται το υφιστάμενο κτήριο.

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου

Έχοντας υπολογίσει το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, 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:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

όπου, A_j το εμβαδόν 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 να ισχύει: $U_m \leq U_{m, \max}$

όπου, $U_{m,max}$ είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου με βάση την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται. 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:

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

Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου

Στον πίνακα 1 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.

Πίνακας 1: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου. [ΚΕΝΑΚ]

Δομικό Στοιχείο	U (W / m ² K)
Εξωτερική Τοιχοποιία	0,391
Δοκοί Υποστυλώματα	0,418
Εσωτερική Τοιχοποιία (E1)	0,699
Εσωτερικοί Δοκοί Υποστυλώματα (E2)	0,792
Εσωτερική Τοιχοποιία (E3)	0,614
Δάπεδο σε πιλοτή	0,376
Δάπεδο σε ΜΘΧ	0,523
Δώμα	0,335

Συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου

Το κτήριο θα λειτουργήσει ως Πολυκατοικία. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για τη Β κλιματική ζώνη τα κουφώματα που θα τοποθετηθούν οφείλουν να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $U \leq 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Στον πίνακα 2, δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου για τον έλεγχο της θερμομονωτικής του επάρκειας, οι οποίοι καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 2: Συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου. [ΚΕΝΑΚ]

Α/α κουφώματος	Πλάτος κουφώματος	Ύψος κουφώματος	Εμβαδόν κουφώματος	U(W/m ² K) κουφώματος	U _{max} (W/m ² K)
1	0,8	1,55	1,24	1,954	2,6
2	2,2	2,3	5,06	1,717	2,6
3	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
4	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
5	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
6	0,8	1,55	1,24	1,954	2,6
7	2,2	2,3	5,06	1,717	2,6
8	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
9	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
10	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
11	0,8	1,55	1,24	1,954	2,6
12	2,2	2,3	5,06	1,717	2,6
13	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
14	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6
15	1,3	2,3	2,99	1,715	2,6

Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου

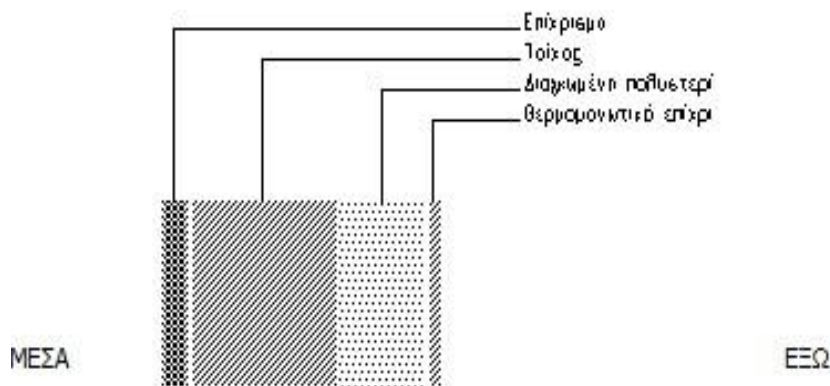
Έπειτα από αναλυτικούς υπολογισμούς, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των συντελεστών θερμοπερατότητας που παρουσιάστηκαν στους πίνακες 1 και 2, προκύπτει ότι σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου, είναι $U_m = 0,749 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$.

3.9 Κέλυφος Κτηρίου

Στην ενεργειακή μελέτη του υφιστάμενου κτηρίου σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. , έπειτα από ανάλυση του κτηριακού κελύφους έγινε η επιλογή των κατάλληλων στρώσεων για κάθε δομικό στοιχείο του κτηρίου, όπως φαίνεται παρακάτω.

Εξωτερικοί Τοίχοι

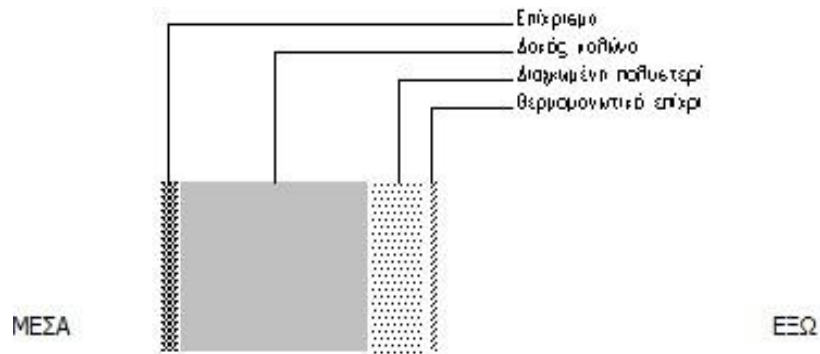
Οι εξωτερικοί τοίχοι του υπό μελέτη κτηρίου έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $0,391 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και αποτελούνται από 2cm επίχρισμα, 12cm τοίχο, 7cm διογκωμένη πολυστερίνη και 1cm θερμομονωτικό επίχρισμα, με συνολικό πάχος 22cm.



Εικόνα 9: Εξωτερικοί τοίχοι κτηρίου

Εξωτερικοί Δοκοί Υποστυλώματα

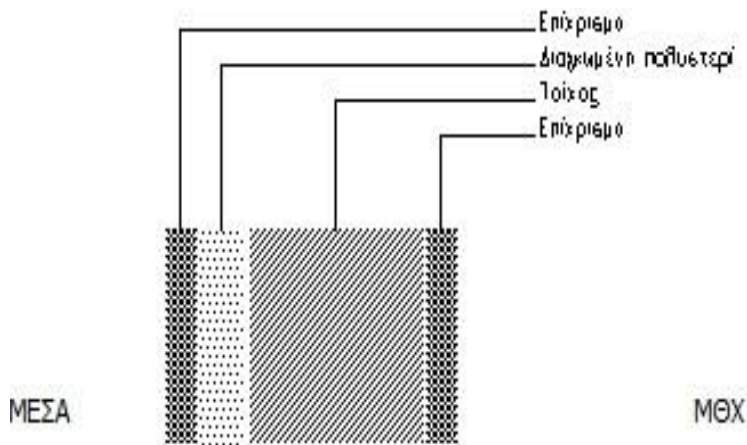
Οι εξωτερικοί δοκοί του υπό μελέτη κτηρίου έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $0,418 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και αποτελούνται από 2cm επίχρισμα, 25cm δοκό, 7cm διογκωμένη πολυστερίνη και 1cm θερμομονωτικό επίχρισμα, με συνολικό πάχος 35cm.



Εικόνα 10: Εξωτερικοί δοκοί κτηρίου

Εσωτερικοί τοίχοι (E1)

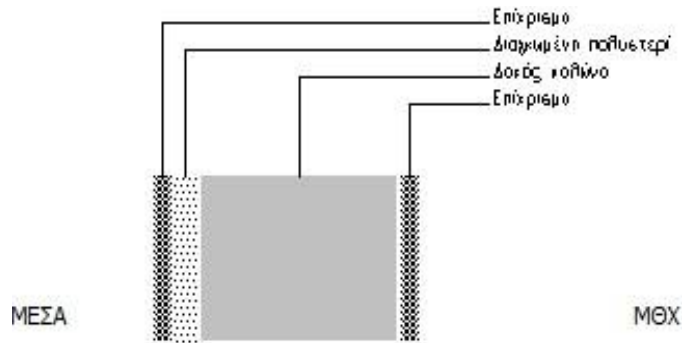
Οι εσωτερικοί τοίχοι (E1) του υπό μελέτη κτηρίου έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $0,699 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και αποτελούνται από 2cm επίχρισμα, 3cm διογκωμένη πολυστερίνη, 12cm τοίχο και 2cm επίχρισμα, με συνολικό πάχος 19cm.



Εικόνα 11: Εσωτερικοί τοίχοι κτηρίου (E1)

Εσωτερικοί Δοκοί Υποστυλώματα (E2)

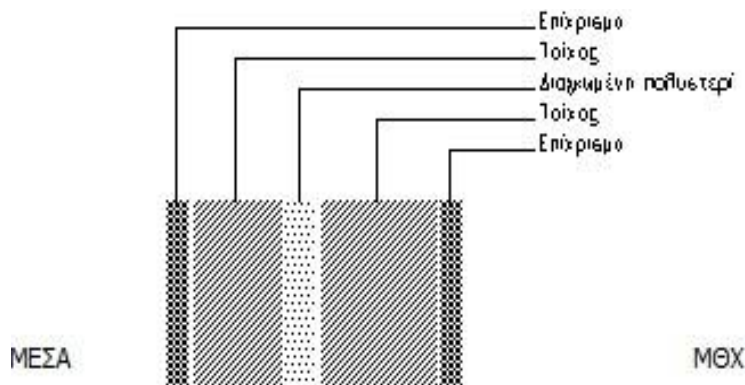
Οι εσωτερικοί δοκοί του υπό μελέτη κτηρίου έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $0,792 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και αποτελούνται από 2cm επίχρισμα, 25cm δοκό, 3cm διογκωμένη πολυστερίνη και 2cm επίχρισμα, με συνολικό πάχος 32cm.



Εικόνα 12: Εσωτερικοί δοκοί κτηρίου (E2)

Εσωτερικοί τοίχοι (E3)

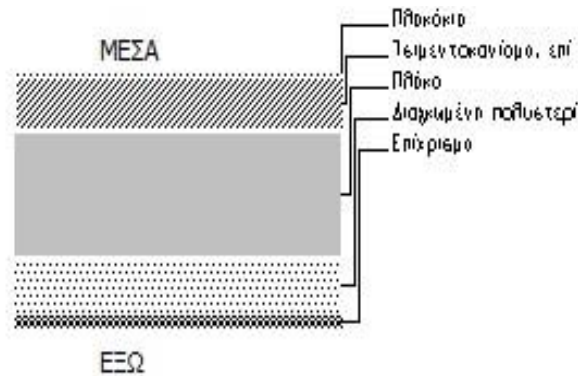
Οι εσωτερικοί τοίχοι του υπό μελέτη κτηρίου έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $0,614 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και αποτελούνται από 2cm επίχρισμα, 9cm τοίχος, 3cm διογκωμένη πολυστερίνη, 12cm τοίχος και 2cm επίχρισμα, με συνολικό πάχος 28cm.



Εικόνα 13: Εσωτερικοί τοίχοι κτηρίου (E3)

Δάπεδο σε πιλοτή

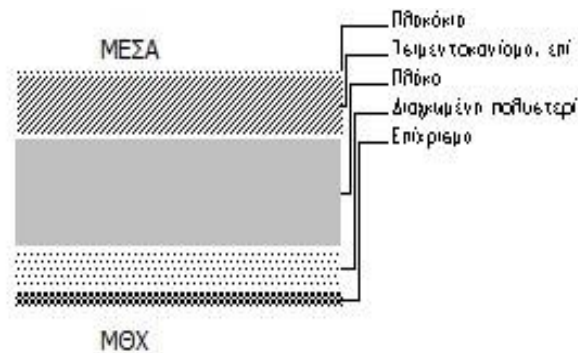
Το δάπεδο του υπό μελέτη κτηρίου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας $0,376 \text{ W / (m}^2\text{K)}$ και αποτελείται από 0,5cm πλακάκια, 8cm τσιμεντοκονίαμα, 20cm πλάκα, 8cm διογκωμένη πολυστερίνη και 2cm επίχρισμα, με συνολικό πάχος 38,5cm.



Εικόνα 14: Δάπεδο κτηρίου

Δάπεδο σε ΜΘΧ

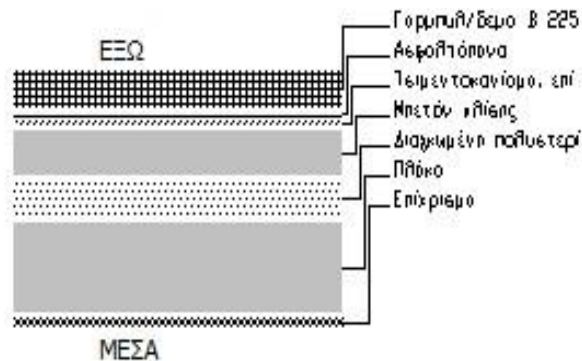
Το δάπεδο του υπό μελέτη κτηρίου, που έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο, έχει συντελεστή θερμοπερατότητας $0,523 \text{ W / (m}^2\text{K)}$ και αποτελείται από 0,5cm πλακάκια, 8cm τσιμεντοκονίαμα, 15cm πλάκα, 5cm διογκωμένη πολυστερίνη και 2cm επίχρισμα, με συνολικό πάχος 30,5cm.



Εικόνα 15: Δάπεδο κτηρίου σε επαφή με ΜΘΧ

Δώμα

Το δώμα του υπό μελέτη κτηρίου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας $0,335 \text{ W / (m}^2\text{K)}$ και αποτελείται από 2cm επίχρισμα, 20cm πλάκα, 8cm διογκωμένη πολυστερίνη, 10cm μπετόν κλίσης, 1cm τσιμεντοκονίαμα, 0,5cm ασφαλτόπανο και 8cm γαρμπυλ/δεμα Β 225, με συνολικό πάχος 49,5cm.



Εικόνα 16: Δώμα κτηρίου

Παρατήρηση

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι στην ενεργειακή μελέτη σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. , έχει γίνει ξεχωριστή αναφορά στα δομικά στοιχεία του ΜΟΧ του κτηρίου που είναι οι εξωτερικοί τοίχοι του κλιμακοστασίου. Ωστόσο στη μελέτη που ακολουθεί στο κεφάλαιο 4 με το λογισμικό PHPP, οι εξωτερικοί τοίχοι στο θερμικό φάκελο του κελύφους λαμβάνονται ενιαίοι, αφαιρώντας μόνο τα τυχόν ανοίγματα του κτηρίου σε κάποιους από αυτούς. Επομένως δεν κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω ανάλυση των εξωτερικών τοίχων του κλιμακοστασίου. Επίσης, στη μελέτη του κτηριακού κελύφους, έγινε αναλυτικός υπολογισμός όλων των θερμογεφυρών (θερμογέφυρες γωνιών – ενώσεων , θερμογέφυρες δαπέδου, θερμογέφυρες οροφής), ο οποίος λήφθηκε υπόψιν και στην ενεργειακή μελέτη με το λογισμικό PHPP, όπως φαίνεται στην αντίστοιχη ενότητα του 4^{ου} κεφαλαίου.

3.10 Κουφώματα Κτηρίου

Τα κουφώματα του υφιστάμενου κτηρίου τοποθετήθηκαν στην ανατολική και στην δυτική πλευρά του, ώστε να εκμεταλλεύεται στο μέγιστο την ενέργεια που προσφέρει ο ήλιος κατά τη διάρκεια της μέρας. Στον πίνακα 3 που δίνεται παρακάτω, είναι συγκεντρωμένα τα δεδομένα για τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα του κτηρίου, που είναι απαραίτητα για την ενεργειακή μελέτη σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Για κάθε κούφωμα υπολογίσθηκε ο συντελεστής σκίασης από ορίζοντα F_{hor} , ο συντελεστής σκίασης από προστέγασμα F_{ov} και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικό τοίχωμα F_{fin} . Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους "g" σε κάθετη πρόσπτωση των υαλοπινάκων δηλώνεται από τον κατασκευαστή.

Πίνακας 3: Δεδομένα κουφωμάτων του κτηρίου. [ΚΕΝΑΚ]

Όροφος	$\gamma(^{\circ})$	A(m ²)	U(W/m ² K)	g_w	$F_{hor}(\theta_{ερμ})$	$F_{hor}(\psi_{υξ})$	$F_{ov}(\theta_{ερμ})$	$F_{ov}(\psi_{υξ})$	$F_{fin}(\theta_{ερμ})$	$F_{fin}(\psi_{υξ})$
1 ^{ος}	290	1,24	1,660	0,43	1,00	1,00	0,60	0,54	1,00	1,00
1 ^{ος}	290	5,06	1,482	0,51	1,00	1,00	0,66	0,61	1,00	1,00
1 ^{ος}	290	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,46	0,41	1,00	0,97
1 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00
1 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00
2 ^{ος}	290	1,24	1,660	0,43	1,00	1,00	0,60	0,54	1,00	1,00
2 ^{ος}	290	5,06	1,482	0,51	1,00	1,00	0,66	0,61	1,00	1,00
2 ^{ος}	290	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,46	0,41	1,00	0,97
2 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00
2 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00
3 ^{ος}	290	1,24	1,660	0,43	1,00	1,00	0,60	0,54	1,00	1,00
3 ^{ος}	290	5,06	1,482	0,51	1,00	1,00	0,66	0,61	1,00	1,00
3 ^{ος}	290	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,46	0,41	1,00	0,97
3 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00
3 ^{ος}	110	2,99	1,480	0,49	1,00	1,00	0,79	0,72	1,00	1,00

Παρατήρηση

Στον *πίνακα 3* δίνονται τα στοιχεία των κουφωμάτων ανά όροφο του υφιστάμενου κτηρίου. Η διαφορά του *πίνακα 3* με τον *πίνακα 2*, είναι ότι στον *πίνακα 2* δίνονται τα δεδομένα των κουφωμάτων, που θα χρησιμοποιηθούν στο υπό μελέτη κτήριο κατά περίπτωση, για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Τέλος, η γωνία γ τοποθέτησης των κουφωμάτων στον *πίνακα 3*, μετριέται από τον βορρά.

Τύποι Κουφωμάτων

Κάθε ένας από τους ορόφους της τριώροφης πολυκατοικίας, αποτελείται από πέντε κουφώματα, δύο στην ανατολική και τρία στη δυτική πλευρά του υφιστάμενου κτηρίου. Ειδικότερα:

- Τα δύο κουφώματα της ανατολικής πλευράς και δύο από τα κουφώματα της δυτικής πλευράς του κτηρίου, αποτελούνται από ίδιο τύπο πλαισίου και υαλοπίνακα. Ο τύπος του πλαισίου των κουφωμάτων είναι μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm, με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, μέσο πλάτος πλαισίου 0,075m και γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υαλοπίνακα και πλαισίου $\Psi_g = 0,11 \text{ W}/(\text{mK})$. Η θερμογέφυρα τοποθέτησης σε κάθε πλευρά του κουφώματος, είναι $0,040 \text{ W}/(\text{m K})$. Στη συνέχεια, ο τύπος του υαλοπίνακα των κουφωμάτων είναι διπλό ανοιγόμενο τζάμι διακένου 12mm, με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ και συντελεστή ηλιακού κέρδους $g = 0,60$.
- Το κούφωμα με το μεγαλύτερο πλάτος, που βρίσκεται στη δυτική πλευρά του κτηρίου, έχει διαφορετικό τύπο πλαισίου και υαλοπίνακα από τα υπόλοιπα τέσσερα. Ο τύπος του πλαισίου αυτού του κουφώματος, είναι μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm, με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, μέσο πλάτος πλαισίου 0,085m και γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υαλοπίνακα και πλαισίου $\Psi_g = 0,11 \text{ W}/(\text{mK})$. Η θερμογέφυρα τοποθέτησης σε κάθε πλευρά του κουφώματος, είναι $0,040 \text{ W}/(\text{m K})$. Στη συνέχεια, ο τύπος του υαλοπίνακα του κουφώματος είναι διπλό συρόμενο τζάμι διακένου 12mm, με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ και συντελεστή ηλιακού κέρδους $g = 0,60$.

3.11 Σύστημα Θέρμανσης Κτηρίου

Η θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου, σύμφωνα με τη μελέτη θέρμανσης, γίνεται μέσω ατομικών λεβήτων αερίου, με μονοσωλήνιο σύστημα έχοντας υπολογίσει το μέγιστο απαιτούμενο θερμικό φορτίο του κτηρίου. Για τον υπολογισμό της ισχύος λαμβάνεται συντελεστής προσαύξησης 25%, λόγω θερμικών απωλειών στο λέβητα, στο δίκτυο διανομής και για την επιτάχυνση της έναρξης λειτουργίας. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης, παρουσιάζονται στον πίνακα 4 που δίνεται παρακάτω.

Πίνακας 4: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης πολυκατοικίας. [ΚΕΝΑΚ]

Σύστημα Θέρμανσης Πολυκατοικίας
Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Λέβητας ισχύος 72kW
Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP = 1,177
Είδος καυσίμου: Φυσικό αέριο
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης $n_{g1} = 1,00$
Συντελεστής μόνωσης $n_{g2} = 1,00$
Πραγματικός βαθμός απόδοσης $n_{gm} = 1,177$
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου από το σύστημα (%): Νοέμβριος – Απρίλιος : 100% Μάιος – Οκτώβριος : 0%
Θερμική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 72,00
Χώρος διέλευσης: Χωρίς δίκτυο ή τοπικό σύστημα
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 70,00
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής: 100.0%
Χρήση τερματικών μονάδων για θέρμανση χώρων

Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο
Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W/m ²): 0,10
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 50% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου

3.12 Σύστημα Ψύξης Κτηρίου

Στις κατοικίες, υπάρχουν εγκατεστημένες αερόψυκτες αντλίες θερμότητας. Στη συγκεκριμένη περιοχή του κτηρίου, σε διαμερίσματα κατοικιών η χρήση των μονάδων ψύξης, παρατηρείται κυρίως τις μεσημεριανές ώρες, κατά τις ημέρες με θερμοκρασίες πάνω από 30°C. Η πιθανότητα εμφάνισης θερμοκρασιών πάνω από 30°C είναι περίπου 22%, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. Τις βραδινές ώρες η χρήση των τοπικών μονάδων είναι περιορισμένη, εκτός των ημερών που η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 37°C (κατάσταση καύσωνα). Η συνολική ψυκτική ισχύς όλων των αντλιών θερμότητας του κτηρίου είναι 34,3kW με δυνατότητα κάλυψης 50% ψυκτικού φορτίου σε συνθήκες σχεδιασμού.

Στον πίνακα 5 που ακολουθεί, δίνονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης, σύμφωνα με τις μονάδες που επιλέχτηκαν κατά τη μελέτη ψύξης.

Πίνακας 5: Δεδομένα συστήματος ψύξης πολυκατοικίας. [KENAK]

Σύστημα Ψύξης Πολυκατοικίας
Μονάδα παραγωγής ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 34,3 kW
Βαθμός απόδοσης EER: 1,700
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου από το σύστημα (%) Μάιος – Σεπτέμβριος: 50% Οκτώβριος – Απρίλιος: 0%
Ψυκτική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 34,350
Χώρος διέλευσης: Χωρίς δίκτυο ή τοπικό σύστημα

Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής: 100,0%
Χρήση τερματικών μονάδων για ψύξη χώρων
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων: Τοπικές αντλίες θερμότητας
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 30% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου

3.13 Σύστημα ZNX Κτηρίου

Για την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης του υπό μελέτη κτηρίου, έγινε εγκατάσταση κατάλληλων συστημάτων. Η μέση θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 45°C. Το δίκτυο διανομής είναι μονωμένο σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Πιο συγκεκριμένα, το δίκτυο διανομής ZNX, διαθέτει θερμομόνωση πάχους 13mm, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda = 0,040 \text{ W/(m K)}$ στους 20°C και πάχος των αγωγών που διέρχονται από τους εσωτερικούς χώρους ίσο με 30mm. Στον πίνακα 6 που ακολουθεί, δίνονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος ZNX του υφιστάμενου κτηρίου.

Πίνακας 6: Δεδομένα συστήματος ZNX πολυκατοικίας. [ΚΕΝΑΚ]

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης πολυκατοικίας
Είδος μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: Κεντρική μονάδα λέβητα-καυστήρα ισχύος 72,0 kW
Θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 1,121
Είδος καυσίμου: Φυσικό αέριο
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου για ZNX από το σύστημα (%): 100,0%
Σύστημα ανακυκλοφορίας ZNX: ΟΧΙ
Χώρος διέλευσης δικτύου: Εσωτερικοί χώροι
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής ZNX (%): 100,0%
Μονάδα αποθήκευσης θερμότητας: Εξωτερικά
Θερμική απόδοση μονάδας αποθήκευσης ZNX: 88%

3.14 Εγκατάσταση Ηλιακών Συλλεκτών

Για το συγκεκριμένο κτήριο, μελετήθηκε η εφαρμογή ηλιακών συλλεκτών, για την κάλυψη τουλάχιστον ενός μέρους του απαιτούμενου φορτίου για ζεστό νερό χρήσης. Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετήθηκαν στο δώμα με τη βέλτιστη γωνία κλίσης, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και τον προσανατολισμό τοποθέτησής τους.

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. 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 7 που ακολουθεί:

Πίνακας 7: Δεδομένα ηλιακών συλλεκτών πολυκατοικίας. [ΚΕΝΑΚ]

Ηλιακοί Συλλέκτες Πολυκατοικίας
Είδος ηλιακού συλλέκτη: Επιλεκτικός
Χρήση ηλιακού συλλέκτη: Για ΖΝΧ
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για ζεστό νερό χρήσης (%): 37%
Βαθμός ηλιακής αξιοποίησης για θέρμανση χώρων (%): 0%
Εμβαδόν επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών (m ²): 9,0
Κλίση τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών (°): 45
Προσανατολισμός ηλιακών συλλεκτών (°): 180
Συντελεστής σκίασης F-s: 1,00

3.15 Σύστημα Αερισμού Κτηρίου

Οι απαιτήσεις ελάχιστου αερισμού του κτηρίου καλύπτονται μέσω φυσικού αερισμού και σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε, η απαίτηση για νωπό αέρα των κατοικιών ορίζεται στα 0,75 m³/h/m² επιφάνειας δαπέδου. Ωστόσο, ένα κτήριο, ανάλογα με τις χρήσεις του, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του για αερισμό, μέσω φυσικού ή τεχνικού αερισμού.

3.16 Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ

Από την ενεργειακή μελέτη σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, προκύπτουν αποτελέσματα για την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Ειδικότερα, από το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, προκύπτουν:

- Τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη.
- Η ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική, ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.)
- Η ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και οι αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Κατανάλωση Ενέργειας

Στον πίνακα 8, αποτυπώνονται τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη. Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή.

Πίνακας 8: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης/ψύξης (kWh/m²). [ΚΕΝΑΚ]

Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
Θέρμανση	8,8	6,8	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6,9	29,3
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	9,6	13,4	12,3	2,5	0,0	0,0	0,0	39,4
ΖΝΧ	2,7	2,5	2,6	2,3	2,1	1,7	1,5	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	25,6

Στον πίνακα 9, δίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης.

Πίνακας 9: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²). [KENAK]

Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
Θέρμανση	8,1	6,2	4,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,3	26,9
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,9	4,1	3,8	0,8	0,0	0,0	0,0	12,1
ZNX	1,8	1,5	1,4	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	1,7	9,6
Ηλιακή ενέργεια θερμ.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια ZNX	1,1	1,1	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,0	1,9	1,6	1,2	1,0	18,8
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτοβολταϊκά	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	9,9	7,7	5,3	1,2	1,0	3,0	4,1	3,8	0,8	0,6	3,3	8,0	48,6

Στον πίνακα 10 που ακολουθεί, δίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις καυσίμων ανά καύσιμο.

Πίνακας 10: Ετήσια κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²). [KENAK]

Τελική Χρήση	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)
Ηλεκτρισμός	12,2
Φυσικό αέριο	36,4
Ηλιακή ενέργεια	18,8
Γεωθερμία	0,0
Σύνολο	48,6

Για τον υπολογισμό των ετήσιων καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου, έγινε χρήση των συντελεστών μετατροπής της τελικής ενέργειας κατανάλωσης σε πρωτογενή ενέργεια. Επίσης δίνονται οι εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας

(kgCO₂/kW), για τον υπολογισμό της ετήσιας έκλυσης αέριων ρύπων ανά καύσιμο. Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, δίνονται στον πίνακα 11, ενώ στους πίνακες 12 και 13, δίνονται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση και οι εκλύσεις αέριων ρύπων αντίστοιχα.

Πίνακας 11: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων. [ΚΕΝΑΚ]

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 12: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²). [ΚΕΝΑΚ]

Τελική χρήση	Κτήριο αναφοράς	Υφιστάμενο Κτήριο
Θέρμανση	62,4	28,6
Ψύξη	24,2	35,0
ZNX	35,3	10,1
Φωτισμός	0,0	0,0
Συνεισφορά ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0
Σύνολο	121,9	73,7

Πίνακας 13: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας και έκλυση αέριων ρύπων. [KENAK]

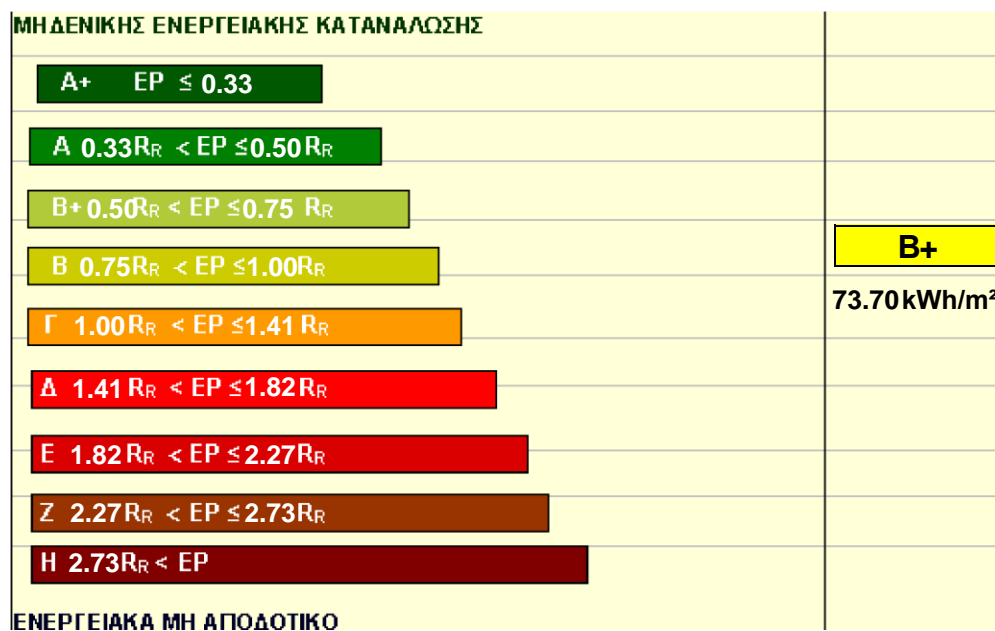
Τελική χρήση	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/m ²)	Έκλυση αερίων ρύπων (kg/έτος/m ²)
Ηλεκτρισμός	12,2	12,0
Φυσικό αέριο	36,4	14,0
Ηλιακή ενέργεια	18,8	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0

Παρατήρηση

Παρατηρείται, ότι στους πίνακες 12 και 13, 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.

Ενεργειακή Κατάταξη του Κτηρίου

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πίνακας 12), προκύπτει ότι σύμφωνα με τις απαιτήσεις του KENAK, το υφιστάμενο κτήριο ανήκει στην κατηγορία B+, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 17. Άρα το κτήριο πληρεί τις ελάχιστες απαιτήσεις του KENAK, για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, συγκρινόμενο με το κτήριο αναφοράς του λογισμικού TEE KENAK.



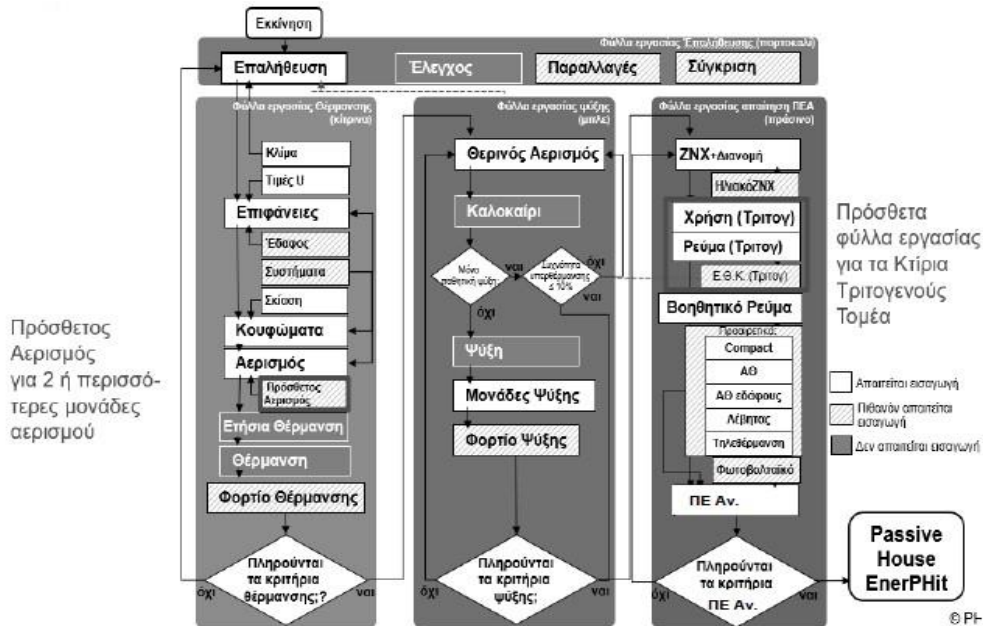
Εικόνα 17: Ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτηρίου [KENAK]

4. Ενεργειακή μελέτη κτηρίου με το λογισμικό PHPP

4.1 Γνωριμία με το λογισμικό PHPP

Το λογισμικό PHPP, είναι το εργαλείο το οποίο εφαρμόζει το πρότυπο του παθητικού κτηρίου και χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό και την υλοποίηση αειφόρων κτηρίων. Ειδικότερα, το PHPP είναι ιδανικό για τη μελέτη των κτηρίων NZEB (κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας) ή άλλων κτηρίων που είναι επίσης βελτιστοποιημένα ως προς τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Έχοντας δεδομένη επιτυχία και συνεχή εξέλιξη εδώ και πολλά χρόνια, αυτή η μέθοδος υπολογισμού για Παθητικά Κτήρια, άρχισε να εφαρμόζεται και για τον υπολογισμό κτηρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, που υλοποιούνται συνεχώς τόσο στην Ευρώπη, όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Το PHPP δεν έχει μόνο τη δυνατότητα επακριβούς υπολογισμού της απαίτησης ενέργειας, αλλά μπορεί να προσθέσει στο σχεδιασμό του κτηρίου τα κατάλληλα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα οποία βελτιώνουν σημαντικά την απόδοση του και μειώνουν σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας. Έτσι συμβάλλει στην κατασκευή κτηρίων με βάση τα πρότυπα του ΠΚ, αλλά και στην ανακαίνιση παλαιότερων με σκοπό τη βέλτιστη δυνατή τροποποίησή τους.

Στην *Εικόνα 18* που δίνεται παρακάτω, αναλύεται συνοπτικά, τα βήματα της ενεργειακής μελέτης και του σχεδιασμού ενός κτηρίου με το λογισμικό PHPP. Όλα όσα αναφέρονται στην *Εικόνα 18*, αποτελούν ξεχωριστά φύλλα εργασίας του λογισμικού, τα οποία αναλύονται λεπτομερώς σε αυτό το κεφάλαιο.



Εικόνα 18: Σειρά εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό PHPP [7]

4.2 Φύλλο Εργασίας Έλεγχος Κριτηρίων

Στο φύλλο εργασίας Έλεγχος Κριτηρίων, δίνονται τα στοιχεία σχετικά με την περιγραφή, τη διεύθυνση, τον ιδιοκτήτη, τον αρχιτέκτονα, τον ενεργειακό σύμβουλο και τον πιστοποιητή του κτηρίου. Επίσης, σημαντικές τιμές που εισάγονται σε αυτό το φύλλο εργασίας, είναι η καθορισμένη θερμοκρασία και ο αριθμός των χρηστών του κτηρίου. Αυτό το φύλλο εργασίας, χρησιμοποιείται για την επαλήθευση και πιστοποίηση του κτηρίου ως Passive House, EnerPHit ή Low Energy Building με βάση τα ισχύοντα κριτήρια πιστοποίησης. Στο δεξί, κάτω μέρος του φύλλου εργασίας, επιλέγεται από την αναπτυσσόμενη λίστα το επιθυμητό πρότυπο ενέργειας, ενώ κάτω από αυτό, καθορίζεται η τάξη στην οποία κατατάσσεται το κτήριο (Classic, Plus ή Premium) και η μέθοδος για την επαλήθευση της πρωτογενούς ενέργειας. Επίσης, εάν κρίνεται απαραίτητο, πρέπει να διατυπωθεί η μέθοδος πιστοποίησης EnerPHit καθώς επίσης και ο τύπος κτηρίου (Νέο κτήριο/ανακαίνιση). Τέλος, στα πράσινα κελιά του φύλλου εργασίας, για τα οποία θα ξαναγίνει αναφορά στο τέλος του κεφαλαίου, δίνονται συνοπτικά τα τελικά αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης, καθώς και αν πληρούνται τα κριτήρια πιστοποίησης.

Στην *Εικόνα 19*, δίνεται το φύλλο εργασίας Έλεγχος Κριτηρίων, όπου φαίνονται τα βασικά στοιχεία για την υφιστάμενη τριώροφη πολυκατοικία με υπόγειο και δώμα, που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και μελετάται στην παρούσα εργασία.

Φωτογραφία ή Σχέδιο		Κτίριο: Τριώροφη Οικοδομή Κατοικιών
		Οδός: Αξιοπούλεως 40
		T.K. / Πόλη: Αθήνα
		Νομός / Χώρα: Αττική GR-Greece
		Τύπος κτηρίου: Πολυκατοικία
		Κλιματικά δεδομένα: GR0002b-Athen
		Κλιματική ζώνη: 5: Θερμή Υψόμετρο της τοποθεσίας: 100 m
		Ιδιοκτήτης / Πελάτης: Ιδιοκτήτες
		Οδός: Αυγής 57
		T.K. / Πόλη: 14121 Αθήνα
		Νομός / Χώρα: Αττική GR-Greece
Αρχιτέκτονας Μηχανικός: Τεχνικό γραφείο		Μηχανολόγος Μηχανικός: Εταιρία μελετών Η/Μ συστημάτων
Οδός: Αυγής 57		Οδός: Αυγής 57
T.K. / Πόλη: 14121 Αθήνα		T.K. / Πόλη: 14121 Αθήνα
Νομός / Χώρα: Αττική GR-Greece		Νομός / Χώρα: Αττική GR-Greece
Ενεργειακός Σύμβουλος: Ενεργειακός Σύμβουλος		Πιστοποίηση: Passive House Institute
Οδός: Αυγής 57		Οδός: Rheinstr.44/46
T.K. / Πόλη: 14121 Αθήνα		T.K. / Πόλη: 64289 Darmstadt
Νομός / Χώρα: Αττική GR-Greece		Νομός / Χώρα: DE-Germany
Έτος κατασκευής: 2019	Εσωτερική θερμοκρασία χειμώνα [°C]: 20,0	Εσ. θερμ. καλοκαιριού [°C]: 25,0
Αριθμός μονάδων κατοικίας: 3	Εσωτερικά θερμικά κέρδη (ΕΘΚ) περίπτωση θέρμανσης [W/m²]: 2,6	ΕΘΚ περιπτ. ψύξης [W/m²]: 2,6
Αριθμός χρηστών: 7,2	Ειδική θερμοχωρητικότητα [Wh/K ανά m² TFA]: 60	Μηχανική ψύξη: x

Εικόνα 19: Φύλλο εργασίας έλεγχος κριτηρίων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

4.3 Φύλλο Εργασίας Κλίμα

Στο φύλλο εργασίας κλίμα, εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για το κλίμα της τοποθεσίας, όπου βρίσκεται το υφιστάμενο κτήριο. Οι κλιματικές οριακές συνθήκες είναι καθοριστικές για την απαίτηση ωφέλιμης ενέργειας καθώς επηρεάζουν το φορτίο θέρμανσης και ψύξης ενός κτηρίου. Προκειμένου να επιτευχθεί το πρότυπο του Passive House, το EnerPHit ή τα Low Energy Building Standards, τα χαρακτηριστικά του κτηρίου πρέπει να βελτιστοποιηθούν για τις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες.

Η επιλογή των κλιματικών δεδομένων, γίνονται στο πάνω μέρος του φύλλου εργασίας επιλέγοντας τη χώρα, την περιοχή και τα πραγματικά κλιματικά δεδομένα της περιοχής, από την αναπτυσσόμενη λίστα. Επιπλέον, εισάγεται το υψόμετρο (ύψος πάνω από τη στάθμη της θάλασσας) της θέσης του έργου, το οποίο ρυθμίζει την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα, με βάση την απόκλιση που έχει από το ύψος του μετεωρολογικού σταθμού των κλιματικών δεδομένων. Τα κλιματικά δεδομένα προσδιορίζονται ακριβέστερα, με την εισαγωγή του γεωγραφικού πλάτους και μήκους της περιοχής του υφιστάμενου κτηρίου, στο δεξί μέρος του φύλλου εργασίας.

Στις *Εικόνες 20 και 21*, παρουσιάζονται τα απαραίτητα κλιματικά δεδομένα του υπό μελέτη κτηρίου.

Επιλογή κλιματικών δεδομένων		Επισκόπηση αποτελεσμάτων	
Χώρα:	GR-Greece	Ετήσια απαίτηση θέρμανσης	27,3 kWh/(m ² a)
Περιοχή:	Όλα	Φορτίο θέρμανσης	18,0 W/m ²
	1-Sortierung: Alphabetisch	Συχνότητα υπερθέρμανσης	- %
Κλιματικά δεδομένα:	GR0002b-Athen	Αισθητή ψύξη	37,4 kWh/(m ² a)
Κλιματική ζώνη:	5: Θερμή	Λανθάνουσα ψύξη	0,2 kWh/(m ² a)
		Φορτίο ψύξης	22,8 W/m ²
		Απαίτηση ΠΕ Av.	102,3 kWh/(m ² a)
Υψόμετρο			
Μετεωρολογικός σταθμός:	15,0 m		
Τοποθεσία κτηρίου:	100 m		

Εικόνα 20: Κλιματικά δεδομένα υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

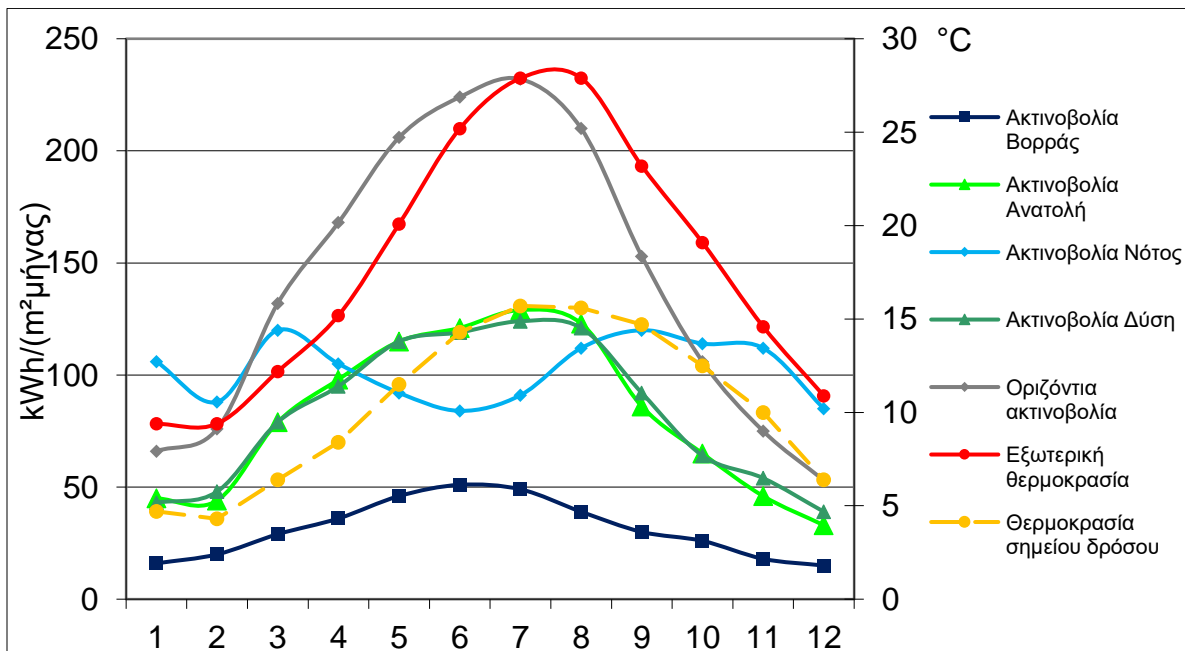
Γεωγραφικό πλάτος °	38,03
Γεωγραφικό μήκος °	23,73

Για προσανατολισμό: πλησιέστερα κλιματικά δεδομένα που έχει οριστεί σε αυτό το αρχείο RHPP

	Απόσταση km	Υψόμετρο[m]	Δεδομένα
1	14	15	GR0002b-Athen
2	159	197	GR0001a-Volos
3	447	373	BG0009a-Blagoevgrad
4	462	183	BG0008a-Haskovo
5	467	171	BG0006a-Plovdiv

Εικόνα 21: Πλησιέστερα κλιματικά δεδομένα σύμφωνα με τη γεωγραφική θέση [RHPP]

Έχοντας εισάγει όλα τα βασικά στοιχεία για τα κλιματικά δεδομένα της θέσης του υφιστάμενου κτηρίου, στο φύλλο εργασίας κλίμα, σχεδιάζονται οι αντίστοιχες καμπύλες κλιματικών δεδομένων, οι οποίες προκύπτουν με βάση το υψόμετρο της θέσης του έργου και το ύψος του μετεωρολογικού σταθμού των κλιματικών δεδομένων. Η ακρίβεια αυτών των καμπυλών, οι οποίες παρουσιάζονται στο διάγραμμα της *Εικόνας 22*, είναι σημαντική για την ορθότητα των αποτελεσμάτων στο τέλος της ενεργειακής μελέτης.



Εικόνα 22: Διάγραμμα καμπυλών κλιματικών δεδομένων του υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

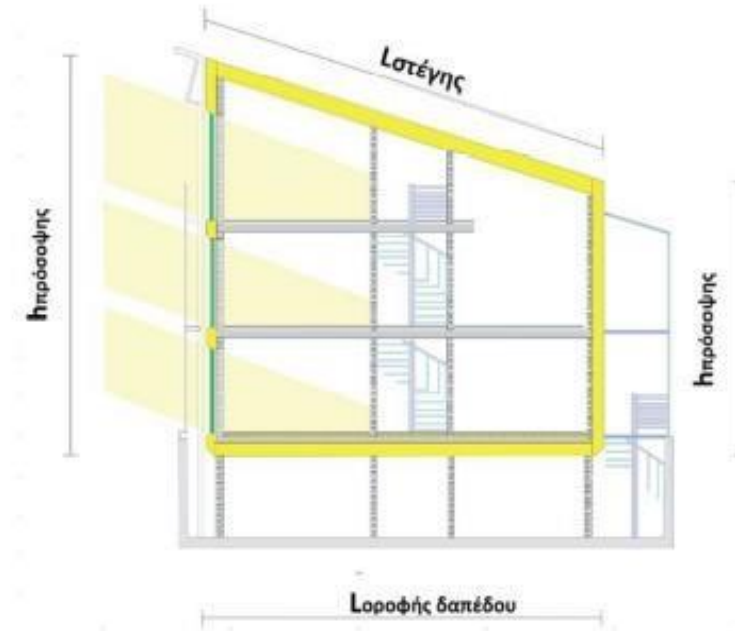
4.4 Φύλλο Εργασίας Τιμές – U

Στο φύλλο εργασίας τιμές – U, πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας (τιμές – U), όλων των δομικών στοιχείων του υφιστάμενου κτηρίου. Για τον υπολογισμό της τιμής – U ενός δομικού στοιχείου με το λογισμικό RHPP, πρέπει αρχικά να επιλεγθούν οι κατάλληλες στρώσεις υλικών από τις οποίες θα αποτελείται, εισάγοντας παράλληλα τα αντίστοιχα πάχη και τους αντίστοιχους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λ κάθε μιας από αυτές. Στη συνέχεια δηλώνεται ο προσανατολισμός του δομικού στοιχείου (οροφή, τοίχος, δάπεδο) και με τι έρχεται σε επαφή (εξωτερικός αέρας, έδαφος, αεριζόμενο). Έτσι, προσδιορίζεται η αντίσταση της θερμικής μετάβασης [m^2K/W] του δομικού στοιχείου, τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά από αυτό. Τέλος έπειτα από κατάλληλους υπολογισμούς που κάνει το λογισμικό προκύπτει ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U [W/m^2K] και το συνολικό πάχος του εκάστοτε δομικού στοιχείου.

Στην παρούσα εργασία, για την ενεργειακή μελέτη της υφιστάμενης τριώροφης πολυκατοικίας, χρησιμοποιούνται τα δομικά στοιχεία που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και αναλύονται λεπτομερώς, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Αριθμός δομικού στοιχείου	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Εσωτερική μόνωση:				
01ud	Εξωτερικός τοίχος					
Προσανατολισμός δομικού στοιχείου:	Αντίσταση της θερμικής μετάβασης [m^2K/W]					
2-Τοίχος	εσωτερικός R_{si} 0,13					
Σε επαφή με: 1-Εξwt. αέρας	εξωτερικός R_{se} 0,04					
Τμήμα Επιφάνειας 1	λ [$W/(mK)$]	Τμήμα Επιφάνειας 2 (προαιρετικό)	λ [$W/(mK)$]	Τμήμα Επιφάνειας 3 (προαιρετικό)	λ [$W/(mK)$]	Πάχος [mm]
Επίχρισμα	0,870					20
Τοίχος	0,450					120
Διογκωμένη Πολυστερίνη	0,035					70
Θερμομονωτικό Επίχρισμα	0,100					10
Ποσοστό τμήματος 1	Ποσοστό τμήματος 2	Ποσοστό τμήματος 3	Συνολικά			
100%			22,0 cm			
Διόρθωση Τιμής-U	W/(m^2K)	Τιμή-U:	0,391 W/(m^2K)			

Εικόνα 23: Τιμή – U των εξωτερικών τοίχων του κτηρίου [RHPP]



Εικόνα 27: Υπολογισμός επιφανειών δομικών στοιχείων με το RHPP [7]

Στο πάνω μέρος του φύλλου εργασίας επιφάνειες, υπάρχει ένας συγκεντρωτικός πίνακας με όλες τις επιφάνειες και τις θερμογέφυρες που έχουν εισαχθεί στο λογισμικό, χωρισμένες σε συγκεκριμένες υποκατηγορίες. Στην 1^η στήλη, βρίσκεται η ζώνη θερμοκρασίας που αντιστοιχεί σε κάθε επιφάνεια. Οι ζώνες θερμοκρασίας στο RHPP, είναι οι εξής:

- A: Εσωτερικός αέρας σε αντιπαραβολή με εξωτερικό αέρα.
- B: Εσωτερικός αέρας σε αντιπαραβολή με έδαφος ή υπόγειο.
- P: Θερμογέφυρα στην περίμετρο σε αντιπαραβολή με το έδαφος.
- Χ: Λοιπές επιφάνειες με μειωτικούς συντελεστές που υπολογίζονται ξεχωριστά.

Στις δύο επόμενες στήλες του συγκεντρωτικού πίνακα ακολουθούν οι ομάδες και ο αριθμός των ομάδων στις οποίες αντιστοιχούν οι εισαγόμενες επιφάνειες και οι διαφορετικοί τύποι θερμογεφυρών, όπως φαίνεται στον *πίνακα 14*.

Πίνακας 14: Περιγραφή ομάδων επιφανειών και θερμογεφυρών. [7]

Ομάδα Επιφάνειας	Αριθμός Ομάδας
Κλιματιζόμενη επιφάνεια	1
Βόρεια κουφώματα	2
Ανατολικά κουφώματα	3
Νότια κουφώματα	4
Δυτικά κουφώματα	5
Οριζόντια κουφώματα	6
Εξωτερική πόρτα	7
Εξωτερικός τοίχος – Εξωτ. αέρας	8
Εξωτερικός τοίχος – Έδαφος	9
Στέγη / Οροφή - Εξωτ. αέρας	10
Πλάκα δαπέδου / Οροφή υπογείου	11
Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	15
Περιμετρικές θερμογέφυρες	16
Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	17

Στον πίνακα εισαγωγής επιφάνειας του φύλλου εργασίας, αφού γίνει η περιγραφή των επιφανειών και η αντιστοίχισή τους στις κατάλληλες ομάδες, ακολουθεί η εισαγωγή των γεωμετρικών διαστάσεων της εκάστοτε επιφάνειας. Έπειτα, γίνεται η επιλογή του δομικού στοιχείου, με την αντίστοιχη τιμή – U, από το οποίο θα αποτελείται κάθε επιφάνεια.

Πολύ σημαντικός είναι ο προσανατολισμός των επιφανειών, καθώς επιδρά στον υπολογισμό του ισοζυγίου ακτινοβολίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με τον προσανατολισμό των επιφανειών, ορίζεται και ο προσανατολισμός των κουφωμάτων, που είναι εγκατεστημένα στον αντίστοιχο τοίχο ή την οροφή. Έτσι προσδιορίζεται και η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του κουφώματος. Ο βορράς χρησιμοποιείται ως κατεύθυνση αναφοράς, καθώς όλες οι γωνίες μετρούνται σε σχέση με αυτόν κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Η απόκλιση από το βορρά φ, μετριέται ως γωνία στο οριζόντιο επίπεδο μεταξύ του άξονα Βορρά-Νότου και της οριζόντιας προβολής μιας φανταστικής δέσμης φωτός κάθετα στο κούφωμα.

Τέλος, για κάθε επιφάνεια, εισάγεται ο μειωτικός συντελεστής σκίασης, η εξωτερική απορροφητικότητα και η εξωτερική εκπεμπικότητα, για τα οποία ισχύουν τα παρακάτω:

- Μειωτικός συντελεστής σκίασης: Για απολύτως μη σκιασμένες επιφάνειες, ο μειωτικός συντελεστής πρέπει να είναι 1. Αυτή η κατάσταση ισχύει κυρίως για τις επιφάνειες οροφής. Ο μειωτικός συντελεστής για τους τοίχους κτηρίων που βρίσκονται σε αγροτικές ή προαστιακές περιοχές, με ελάχιστα κοντινά κτήρια, θα έχει τιμή 0,7. Για τα κτήρια που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης ή που έχουν μεγάλες προεξοχές στέγης, ο μειωτικός συντελεστής σκίασης θα πρέπει να είναι 0,4.
- Εξωτερική απορροφητικότητα: Ο συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας του δομικού στοιχείου, κυμαίνεται από 0 έως 1. Οι τυπικές τιμές είναι 0,8 για πλακάκια οροφής και 0,4 για τοίχους επιχρισμένους με λευκό χρώμα.
- Εξωτερική εκπεμπικότητα: Ο συντελεστής εκπεμπικότητας μπορεί να είναι 0,9, για υλικά που χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε κατασκευές, ενώ για μη επιστρωμένα μέταλλα, λαμβάνει συνήθως την τιμή 0,15.

Στο παρόν φύλλο εργασίας, εισάγεται επίσης η κλιματιζόμενη επιφάνεια του υφιστάμενου κτηρίου, η οποία είναι η ωφέλιμη επιφάνεια και υπολογίζεται ως η επιφάνεια μιας ορθογώνιας προβολής του θερμικού ή κλιματιζόμενου κτηριακού φακέλου στον οριζόντιο άξονα. Οι μόνες επιφάνειες που δεν εισάγονται σε αυτό το φύλλο εργασίας, είναι οι επιφάνειες των κουφωμάτων του κτηρίου, για τα οποία γίνεται ξεχωριστή αναφορά παρακάτω.

Για την εισαγωγή των θερμογεφυρών, πρέπει να διατυπωθεί ότι γίνεται με αντίστοιχο τρόπο, όπως και στις επιφάνειες, με τη διαφορά ότι εισάγεται επιπλέον ο γραμμικός συντελεστής θερμικής μετάδοσης Ψ , ο οποίος καθορίζεται από το χρήστη έπειτα από κατάλληλους υπολογισμούς.

Έτσι, έπειτα από την ανάλυση των δεδομένων και των αρχιτεκτονικών σχεδίων της υφιστάμενης τριώροφης πολυκατοικίας που είναι υπό μελέτη στην παρούσα εργασία, έγινε η εισαγωγή όλων των επιφανειών και των θερμογεφυρών του κτηριακού κελύφους του κτηρίου, όπως παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες.

Αριθμός επιφάνειας	Περιγραφή δομικού στοιχείου	Στον αριθμό ομάδας	Αντιστοίχιση σε ομάδα επιφάνειας	Ποσότητα	x (	a [m]	x	b [m]	+	Καθορισμένα από το χρήστη [m ²]	-	Αφαίρεση χρήστη [m ²]	-	Αφαίρεση επιφανειών κουφωμάτων [m ²]	) =	Επιφάνεια [m ²]
	Προβολή κτηρίου στο έδαφος	0	Προβολή κτηρίου στο έδαφος	1	x (	98,20	x	1,00	+		-		-		=	98,2
	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	1	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	3	x (		x		+	101,96	-		-		=	305,9
	Εξωτερική πόρτα	7	Εξωτερική πόρτα	3	x (	1,00	x	2,20	+		-		-		=	6,6
1	Εξωτερικοί τοίχοι ανατολικοί	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	7,90	x	2,90	+		-	9,44	-	17,9	=	22,5
2	Εξωτερικοί δοκοί ανατολικοί-1	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	7,90	x	0,45	+		-		-	0,0	=	10,7
3	Εξωτερικοί δοκοί ανατολικοί-2	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,40	x	2,45	+		-		-	0,0	=	2,9
4	Εξωτερικοί δοκοί ανατολικοί-3	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,00	x	2,45	+		-		-	0,0	=	14,7
5	Εξωτερικοί τοίχοι νότιοι	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,42	x	2,90	+	34,53	-	27,73	-	0,0	=	41,5
6	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-1	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,42	x	0,45	+		-		-	0,0	=	3,3
7	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-2	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,10	x	2,45	+		-		-	0,0	=	15,4
8	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-3	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	3,98	x	0,60	+		-		-	0,0	=	7,2
9	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-4	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,00	x	2,45	+		-		-	0,0	=	14,7
10	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-5	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	7,34	x	0,60	+		-		-	0,0	=	13,2
11	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-6	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,00	x	2,45	+		-		-	0,0	=	14,7
12	Εξωτερικοί δοκοί νότιοι-7	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,00	x	2,45	+		-		-	0,0	=	14,7
13	Εξωτερικοί τοίχοι δυτικοί	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	6,45	x	2,90	+	9,08	-	7,00	-	27,9	=	34,5
14	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-1	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	6,45	x	0,45	+		-		-	0,0	=	8,7
15	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-2	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,25	x	2,45	+		-		-	0,0	=	1,8
16	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-3	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,25	x	2,45	+		-		-	0,0	=	1,8
17	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-4	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	3,13	x	0,45	+		-		-	0,0	=	4,2
18	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-5	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,25	x	2,45	+		-		-	0,0	=	1,8
19	Εξωτερικοί δοκοί δυτικοί-6	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,28	x	3,05	+		-		-	0,0	=	2,6
20	Εξωτερικοί τοίχοι βόρειοι	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	3,30	x	3,05	+	18,03	-	11,53	-	0,0	=	49,7
21	Εξωτερικοί δοκοί βόρειοι-1	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	3,30	x	0,60	+		-		-	0,0	=	5,9
22	Εξωτερικοί δοκοί βόρειοι-2	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	0,25	x	2,45	+		-		-	0,0	=	1,8
23	Εξωτερικοί δοκοί βόρειοι-3	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	5,91	x	0,60	+		-		-	0,0	=	10,6
24	Εξωτερικοί δοκοί βόρειοι-4	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	3	x (	2,20	x	2,45	+		-		-	0,0	=	16,2
25	Δάπεδο πιλοτής	11	Πλάκα δαπέδου / Οροφή υπογειοίου	1	x (	98,20	x	1,00	+		-		-	0,0	=	98,2
26	Οροφή δώματος	10	Στέγη/Οροφή - Εξωτ. αέρας	1	x (	102,00	x	1,00	+		-		-	0,0	=	102,0
27																
28																
29																
30																
31																
32	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία - Ανατολική	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	6,08	-		-	0,0	=	6,1
33	ΚΛΙΜ- Εξωτερικοί δοκοί - Ανατολικοί	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	28,76	-		-	0,0	=	28,8
34	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία - Νότια	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	10,21	-		-	0,0	=	10,2
35	ΚΛΙΜ- Εξωτερικοί δοκοί - Νότιοι	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	16,07	-		-	0,0	=	16,1
36	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία - Νότια	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	8,32	-		-	0,0	=	8,3
37	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία - Νότια	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	1,83	-		-	0,0	=	1,8
38	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία - Δυτική	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	19,02	-		-	0,0	=	19,0
39	ΚΛΙΜ- Εξωτερικοί δοκοί - Δυτικοί	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	15,69	-		-	0,0	=	15,7
40	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία -Βόρεια	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	33,72	-		-	0,0	=	33,7
41	ΚΛΙΜ- Εξωτερικοί δοκοί -Βόρειοι	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	31,20	-		-	0,0	=	31,2
42	ΚΛΙΜ-Εξωτερική τοιχοποιία -Βόρεια	8	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	1	x (		x		+	7,24	-		-	0,0	=	7,2

Εικόνα 28: Εισαγωγή επιφανειών του κτηριακού κελύφους [PHPP]

Επιλογή δομικού στοιχείου / Δομικού συστήματος	Τιμή-U [W/(m²K)]	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός	Μειωτικός συντελεστής σκίασης	Εξωτερική απορροφητικότητα	Εξωτερική εκπεμπτικότητα
Εξωτερική πόρτα	2,00						
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
12ud-Δάπεδο σε πιλοτή	0,376	20	0	Οριζ	1,00	0,00	0,00
07ud-Δώμα	0,335	20	0	Οριζ	1,00	0,65	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	110	90	Ανατολή	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	200	90	Νότος	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	290	90	Δύση	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
02ud-Δοκοί υποστυλώματα	0,418	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80
01ud-Εξωτερικός τοίχος	0,391	20	90	Βορράς	1,00	0,40	0,80

Εικόνα 29: Εισαγωγή των χαρακτηριστικών της εκάστοτε επιφάνειας [PHPP]

Αριθμός	Θερμογέφυρα - ονομασία	Αριθμός Ομάδας	Αντιστοίχιση σε ομάδα θερμογέφυρας	Ποσότητα	x (	Μήκος [m]	-	Μήκος αφαιρέσεως [m]	)=	Μήκος ℓ [m]	Καθορισμένη από το χρήστη τιμή Ψ [W/(mK)]
1	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 1	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	7,75	-		)=	23,25	-0,100
2	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 2	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	9,80	-		)=	29,40	-0,100
3	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 3	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	4,90	-		)=	14,70	-0,100
4	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 4	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	0,45	-		)=	1,35	0,800
5	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 5	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	0,45	-		)=	1,35	0,550
6	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 6	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	2,45	-		)=	7,35	0,050
7	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 7	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	0,90	-		)=	2,70	0,050
8	Θερμογέφυρες Γωνιών - Ενώσεων - 8	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	3	x (	2,45	-		)=	7,35	0,050
9	Θερμογέφυρες Δαπέδου - 1	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	8,73	-		)=	8,73	0,800
10	Θερμογέφυρες Δαπέδου - 2	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	5,25	-		)=	5,25	1,150
11	Θερμογέφυρες Δαπέδου - 3	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	12,07	-		)=	12,07	0,650
12	Θερμογέφυρες Δαπέδου - 4	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	8,57	-		)=	8,57	0,850
13	Θερμογέφυρες Δαπέδου - 5	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	1	x (	6,10	-		)=	6,10	0,750
27	Θερμογέφυρες Ενδιάμεσου Δαπέδου - 1	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	2	x (	8,73	-		)=	17,46	0,000
28	Θερμογέφυρες Ενδιάμεσου Δαπέδου - 2	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	2	x (	5,25	-		)=	10,50	1,250
29	Θερμογέφυρες Ενδιάμεσου Δαπέδου - 3	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	2	x (	12,07	-		)=	24,14	0,000
30	Θερμογέφυρες Ενδιάμεσου Δαπέδου - 4	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	2	x (	8,57	-		)=	17,14	1,050
31	Θερμογέφυρες Ενδιάμεσου Δαπέδου - 5	17	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	2	x (	6,10	-		)=	12,20	1,100
32	Θερμογέφυρες Οροφής - 1	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	8,73	-		)=	8,73	0,250
33	Θερμογέφυρες Οροφής - 2	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	5,25	-		)=	5,25	0,900
34	Θερμογέφυρες Οροφής - 3	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	12,07	-		)=	12,07	0,250
35	Θερμογέφυρες Οροφής - 4	15	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	1	x (	14,67	-		)=	14,67	0,900

Εικόνα 30: Εισαγωγή θερμογεφυρών του κτηριακού κελύφους [RHPP]

Έπειτα από την εισαγωγή των επιφανειών και των θερμογεφυρών του κτηριακού κελύφους του υπό μελέτη κτηρίου, το RHPP συνοψίζει τα δεδομένα στον συγκεντρωτικό πίνακα, στο πάνω μέρος του φύλλου εργασίας και υπολογίζει την μέση τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U του θερμικού φακέλου, όπως φαίνεται παρακάτω.

Σύνοψη					
Ζώνη θερμοκρασίας	Ομάδα επιφάνειας	Αριθμός ομάδας	Επιφάνεια / Μήκος	Μονάδα	Παρατήρηση
	Κλιματιζόμενη επιφάνεια	1	305,88	m ²	Κλιματιζόμενη επιφάνεια σύμφωνα με το εγχειρίδιο του ΡΗΡΡ
A	Βόρεια κουφώματα	2	0,00	m ²	Τα αποτελέσματα προέρχονται από το φύλλο εργασίας 'Κουφώματα', στο οποίο οι επιφάνειες των κουφωμάτων εισάγονται και αφαιρούνται από τις μεμονωμένες αδιαφανείς επιφάνειες.
A	Ανατολικά κουφώματα	3	17,94	m ²	
A	Νότια κουφώματα	4	0,00	m ²	
A	Δυτικά κουφώματα	5	27,87	m ²	
A	Οριζόντια κουφώματα	6	0,00	m ²	
A	Εξωτερική πόρτα	7	6,60	m ²		Παρακαλώ αφαιρέστε την επιφάνεια της πόρτας από το αντίστοιχο δομικό στοιχείο
A	Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	8	493,32	m ²	Η θερμοκρασιακή ζώνη "Α" είναι ο εξωτερικός αέρας
B	Εξωτερικός τοίχος - Έδαφος	9	0,00	m ²	Η θερμοκρασιακή ζώνη "B" είναι το έδαφος
A	Στέγη/Οροφή - Εξωτ. αέρας	10	102,00	m ²	
B	Πλάκα δαπέδου / Οροφή υπογείου	11	98,20	m ²	
		12	0,00	m ²	Οι θερμοκρασιακές ζώνες "Α", "B", "P" και "X" μπορούν να χρησιμοποιηθούν. ΟΧΙ "I"
		13	0,00	m ²	Οι θερμοκρασιακές ζώνες "Α", "B", "P" και "X" μπορούν να χρησιμοποιηθούν. ΟΧΙ "I" Συντελεστής για X
X		14	0,00	m ²	Θερμοκρασιακή ζώνη "X". Παρακαλώ εισάγετε τον καθορισμένο από τον χρήστη μειωτικό συντελεστή (0 <
A	Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	15	128,17	m	Μονάδες σε m
P	Περιμετρικές θερμογέφυρες	16	0,00	m	Μονάδες σε m; Θερμοκρασιακή ζώνη "P" είναι περίμετρος (βλέπε φύλλο εργασίας 'Έδαφος')
B	Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	17	122,16	m	Μονάδες σε m
I	Δομικό στοιχείο προς όμορο κτίριο	18	0,00	m ²	Όχι απώλειες θερμότητας, λαμβάνεται υπόψη μόνο για τον υπολογισμό του φορτίου θέρμανσης
Συνολικός θερμικός φακέλος			745,93	m ²	

Εικόνα 31: Συγκεντρωτικός πίνακας επιφανειών και θερμογεφυρών του κτηρίου [ΡΗΡΡ]

Επισκόπηση δομικού στοιχείου	Μέση Τιμή-U [W/(m ² K)]	Κέρδη λόγω ακτινοβολίας κατά την περίοδο θέρμανσης	Φορτίο ακτινοβολίας κατά την περίοδο ψύξης
		7 Μήνες	12 Μήνες
Βόρεια κουφώματα			
Ανατολικά κουφώματα	1,816	3059	7041
Νότια κουφώματα			
Δυτικά κουφώματα	1,843	1933	5313
Οριζόντια κουφώματα			
Εξωτερική πόρτα	2,000		
Εξωτερικός τοίχος - Εξωτ. αέρας	0,405	641	1394
Εξωτερικός τοίχος - Έδαφος			
Στέγη/Οροφή - Εξωτ. αέρας	0,335	373	1184
Πλάκα δαπέδου / Οροφή υπογείου	0,376		
Θερμογέφυρες - Επισκόπηση	Ψ [W/(mK)]		
Θερμογέφυρες εξωτ. αέρα	0,149		
Περιμετρικές θερμογέφυρες			
Θερμογέφυρες ΠΔ/ΟΥ	0,633		
Δομικό στοιχείο προς όμορο κτίριο			
Μέση Τιμή-U θερμικού φακέλου	0,623		

Εικόνα 32: Υπολογισμός μέσης τιμής – U του θερμικού φακέλου [ΡΗΡΡ]

4.6 Φύλλο Εργασίας Έδαφος

Στο φύλλο εργασίας έδαφος, υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας των δομικών στοιχείων που βρίσκονται κάτω από το έδαφος, λαμβάνοντας υπόψιν τη γεωμετρία του κτηρίου. Καθίσταται σαφές, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πλάκα δαπέδου τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες θερμότητας, λόγω της ικανότητας του εδάφους να λειτουργεί ως μόνωση.

Στο παρόν φύλλο εργασίας, έκτος από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, που είναι συγκεκριμένα για κάθε τύπο εδάφους, εισάγονται μερικά δεδομένα του υπό μελέτη κτηρίου, όπως είναι:

- A: Η επιφάνεια της εδαφόπλακας, στην οποία δεν συμπεριλαμβάνονται οι επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος.
- P: Η περίμετρος της εδαφόπλακας, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό των απωλειών θερμότητας μέσω του εδάφους. Η περίμετρος αυτή, πρέπει να δείχνει την έκταση της πλάκας ή της οροφής του υπογείου. Για τον υπολογισμό της, λαμβάνονται υπόψιν μόνο οι ελεύθερες άκρες, ενώ τα μήκη της περιμέτρου που είναι σε επαφή με θερμαινόμενα δωμάτια δεν προσμετρούνται στη συνολική περίμετρο.
- Uf: Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εδαφόπλακας. Όταν η πλάκα έρχεται σε επαφή με το έδαφος, εισάγεται η τιμή – U της εδαφόπλακας. Σε περίπτωση μη θερμαινόμενων υπογείων ή αεριζόμενων χώρων, εισάγεται η Τιμή-U της οροφής υπογείου.
- ΨB*I: Σε περίπτωση θερμογεφυρών στην επιφάνεια της πλάκας δαπέδου/οροφής υπογείου, εισάγεται η αντίστοιχη τιμή Ψ και το μήκος I της θερμογέφυρας ή το συνολικό άθροισμα ΨB*I, εάν οι θερμογέφυρες είναι περισσότερες από μία.

Στην υφιστάμενη τριώροφη πολυκατοικία που είναι υπό μελέτη, η πλάκα δαπέδου, βρίσκεται πάνω από το μη θερμαινόμενο υπόγειο του κτηρίου. Το μη θερμαινόμενο υπόγειο, βρίσκεται εκτός του θερμικού φακέλου του κτηρίου, ο οποίος όμως διαπερνά την οροφή του υπογείου. Επομένως για να γίνει ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών μέσω της οροφής του υπογείου στο φύλλο εργασίας Έδαφος είναι απαραίτητο να εισαχθούν τα εξής δεδομένα:

- h : Το ύψος του εξωτερικού τοίχου του υπογείου που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Η επιφάνεια αυτή του εξωτερικού τοίχου του υπογείου, υπολογίζεται με βάση την περίμετρο και το ύψος.
- U_w : Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου του υπογείου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- z : Το ύψος του τοίχου του υπογείου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Όταν το έδαφος βρίσκεται υπό κλίση, η τιμή z υπολογίζεται, διαιρώντας την επιφάνεια του εξωτερικού τοίχου διά του μήκους της περιμέτρου.
- U_{wb} : Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου του υπογείου ($R_{se} = 0$).
- n : Ο ρυθμός εναλλαγής αέρα σε μη θερμαινόμενο υπόγειο. Μια τυπική τιμή είναι 0.2 h^{-1} .
- V : Ο όγκος αέρα του μη θερμαινόμενου υπογείου. Μέσω του όγκου αέρα V και του ρυθμού εναλλαγής αέρα n , μπορούν να υπολογιστούν οι απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού του υπογείου.
- U_{fb} : Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας της πλάκας δαπέδου του υπογείου.

Εισάγοντας τα παραπάνω απαραίτητα δεδομένα στο φύλλο εργασίας έδαφος, προκύπτουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα, τα οποία αποτελούνται από τρία μέρη. Αρχικά υπολογίζεται ο μειωτικός συντελεστής στο έδαφος, ο οποίος χρησιμοποιείται στην ετήσια μέθοδο. Ακόμη, από το παρόν φύλλο εργασίας παρέχονται οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό της μηνιαίας μεθόδου για την απαίτηση θέρμανσης και την ωφέλιμη απαίτηση ψύξης. Οι διαφορές μεταξύ θερινών και χειμερινών δεδομένων προκύπτουν από τις διαφορετικές θερμοκρασίες εσωτερικού χώρου. Τέλος, υπολογίζεται και η θερμοκρασία σχεδιασμού, μέσω της οποίας υπολογίζονται τα φορτία θέρμανσης και ψύξης.

Για το υπό μελέτη κτήριο, τα δεδομένα εισαγωγής και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το φύλλο εργασίας, δίνονται στις παρακάτω εικόνες.

Χαρακτηριστικά εδάφους			
Θερμική αγωγιμότητα	λ	2,0	W/(mK)
Θερμοχωρητικότητα	ρc	2,0	MJ/(m ³ K)
Περιοδικό βάθος διείσδυσης	δ	3,17	m

Κλιματικά δεδομένα			
Μέση εσωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα	T_i	20,0	°C
Μέση εσωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι	T_i	25,0	°C
Μέση θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους	$T_{g,ave}$	18,9	°C
Εύρος της $T_{g,ave}$	$T_{g,\Delta}$	9,3	°C
Διαφορά φάσης της $T_{e,m}$	τ	1,4	Μήνες
Διάρκεια της περιόδου θέρμανσης	n	3,4	Μήνες
Βαθμώρες-εξωτερική	G_t	26,4	kKh/a

Δεδομένα κτιρίου			
Επιφάνεια εδαφόπλακας / οροφής υπογείου	A	98,2	m ²
Μήκος περιμέτρου	P	75,2	m
Χαρακτηριστική διάσταση της εδαφόπλακας	B'	2,61	m

Τιμή-U πλάκας δαπέδου/οροφής υπογείου	U_f	0,376	W/(m ² K)
ΘΓς πλάκας δαπέδου / οροφής υπογείου	Ψ_B^*I	32,73	W/K
Τιμή-U πλάκας δαπέδου / οροφής υπογείου συμπερ.	U_f'	0,709	W/(m ² K)
Ισοδύναμο πάχος δαπέδου	d_t	2,82	m

Εικόνα 33: Δεδομένα εισαγωγής στο φύλλο εργασίας Έδαφος [PHPP]

x Μη θερμαινόμενο υπόγειο			
Ύψος τοίχου πάνω από το εδάφος	h	0,00	m
Ύψος τοίχου υπογείου κάτω από το έδαφος	z	2,50	m
Εναλλαγή αέρα στο μη θερμαινόμενο υπόγειο	n	0,20	h^{-1}
Όγκος αέρα υπογείου	V	416	m^3

Τιμή-U τοίχου πάνω από το έδαφος	U_W	0,391	W/(m ² K)
Τιμή-U τοίχου κάτω από το έδαφος	U_{WB}	0,870	W/(m ² K)
Τιμή-U πλάκας δαπέδου υπογείου	U_{fB}	0,523	W/(m ² K)

Εικόνα 34: Τύπος πλάκας δαπέδου υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στο έδαφος για την μηνιαία μέθοδο (όλα τα δομικά στοιχεία)

Μήνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Μέση τιμή
Χειμώνας	17,2	16,3	16,2	16,9	18,3	19,9	21,4	22,3	22,4	21,6	20,3	18,6	19,3
Καλοκαίρι	18,8	17,9	17,8	18,5	19,9	21,5	23,0	23,9	24,0	23,3	21,9	20,2	20,9

Θερμοκρασία σχεδιασμού εδάφους για το φύλλο εργασίας 'Φορτίο Θέρμανσης' **16,2**

Για το φύλλο εργασίας 'Φορτίο Ψύξης' **24,0**

Μειωτικός συντελεστής για το φύλλο εργασίας 'Ετήσια Θέρμανση' **0,27**

Εικόνα 35: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας Έδαφος [RHPP]

4.7 Φύλλο Εργασίας Συστήματα

Στο φύλλο εργασίας συστήματα, περιλαμβάνει διάφορα συστήματα που εφαρμόζονται στο πρότυπο του παθητικού κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα το παρόν φύλλο εργασίας περιλαμβάνει τα συστήματα: δομικά στοιχεία (Τιμές-U) και θερμογέφυρες (Τιμές-Ψ), υαλοπίνακες και πλήρωση αδιαφανούς πόρτας, πλαίσια κουφωμάτων και πλαίσια πορτών, μονάδες αερισμού με ανάκτηση θερμότητας, μονάδες compact για Παθητικά Κτήρια με αντλία θερμότητας απορριπτόμενου αέρα και ανάκτηση θερμότητας ΖΝΧ. Στο υπό μελέτη υφιστάμενο κτήριο, έγινε εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα των υαλοπινάκων και στα πλαίσια κουφωμάτων.

Ο πίνακας του συστήματος υαλοπινάκων, περιλαμβάνει:

- Την περιγραφή των υαλοπινάκων.
- Τις τιμές g των συντελεστών ηλιακού κέρδους των υαλοπινάκων.
- Τις τιμές Ug των συντελεστών θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων.

Ο πίνακας του συστήματος υαλοπινάκων για το υπό μελέτη κτήριο δίνεται στην *Εικόνα 36*.

Υαλοπίνακες		Υαλοπίνακες	
	Προτεινόμενος τύπος υαλοπίνακα για την έναρξη του σχεδιασμού: Διπλός υαλοπίνακας υψηλής θερμομονωτικής προστασίας (Παρακαλώ αναλογιστείτε το κριτήριο άνεσης!)		
ID	Περιγραφή	Τιμή-g	Τιμή-U _g
			W/(m ² K)
01ud	Διπλό ανοιγόμενο διακένου 12mm	0,60	1,20
02ud	Διπλό συρόμενο διακένου 12mm	0,60	1,20

Εικόνα 36: Σύστημα υαλοπινάκων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

Ο πίνακας πλαισίου κουφωμάτων, περιλαμβάνει:

- Τις περιγραφές των πλαισίων κουφωμάτων.
- Τις διαστάσεις πλαισίων κουφωμάτων (πλάτος περβαζιού, προφίλ πρεκιού).
- Τους συντελεστές θερμοπερατότητας U_f του πλαισίου.
- Τους συντελεστές απώλειας θερμότητας θερμογέφυρας αποστάτη κουφώματος ($\Psi_{glazingedge}$).
- Τους συντελεστές απώλειας θερμότητας θερμογέφυρας τοποθέτησης κουφώματος ($\Psi_{Installation}$). Μία τυπική τιμή του συντελεστή θερμογέφυρας που χρησιμοποιείται σε πολλά πιστοποιημένα πλαίσια κουφωμάτων είναι $\Psi = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$.

Ο πίνακας του συστήματος πλαισίου κουφωμάτων, για το υπό μελέτη κτήριο δίνεται στις επόμενες εικόνες.

Πλαίσια κουφωμάτων					
ID	Περιγραφή	Τιμή- U_f			
		αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)
01ud	Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -1	2,80	2,80	2,80	2,80
02ud	Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -2	3,50	3,50	3,50	3,50

Πλαίσια κουφωμάτων												
Πλάτος πλαισίου				Θερμογέφυρα αποστάτη				Θερμογέφυρα τοποθέτησης				Προσόψεις πετασμάτων:
αριστερά	δεξιά	κάτω	πάνω	$\Psi_{αποστάτη αριστερά}$	$\Psi_{αποστάτη δεξιά}$	$\Psi_{αποστάτη κάτω}$	$\Psi_{αποστάτη πάνω}$	$\Psi_{τοποθέτησης αριστερά}$	$\Psi_{τοποθέτησης δεξιά}$	$\Psi_{τοποθέτησης κάτω}$	$\Psi_{τοποθέτησης πάνω}$	Τιμή- χ_{GC} Glass carrier
m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/K
0,075	0,075	0,075	0,075	0,110	0,110	0,110	0,110	0,040	0,040	0,040	0,040	
0,085	0,085	0,085	0,085	0,110	0,110	0,110	0,110	0,040	0,040	0,040	0,040	

Εικόνα 37: Σύστημα πλαισίου κουφωμάτων του υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

4.8 Φύλλο Εργασίας Κουφώματα

Στο φύλλο εργασίας κουφώματα, εισάγονται οι βασικές πληροφορίες των κουφωμάτων του υφιστάμενου κτηρίου και προκύπτουν σημαντικά αποτελέσματα που επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.

Πιο συγκεκριμένα, στο παρόν φύλλο εργασίας, εισάγονται οι γεωμετρικές διαστάσεις των κουφωμάτων, ενώ γίνεται και η εισαγωγή των επιφανειών στις οποίες αντιστοιχούν, ώστε να προσδιοριστεί και ο προσανατολισμός τους. Ακόμη, σε αυτό το φύλλο εργασίας, γίνεται εισαγωγή των συστημάτων υαλοπίνακα και πλαισίου κουφώματος, τα οποία υπολογίστηκαν στο φύλλο εργασίας συστήματα. Τέλος, εισάγονται οι συντελεστές των θερμογεφυρών εγκατάστασης, οι οποίοι ισούνται με 1, εάν η προεξοχή του κουφώματος έρχεται σε επαφή με το κέλυφος του κτηρίου, ή με 0 εάν δύο κουφώματα φθάνουν συμμετρικά μεταξύ τους. Έτσι κάθε κούφωμα είναι γεωμετρικά ορισμένο και εξοπλισμένο με τα κατάλληλα συστήματα.

Έπειτα από κατάλληλους υπολογισμούς, καθορίζονται οι επιφάνειες και οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U των κουφωμάτων. Επίσης, προσδιορίζεται η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω των κουφωμάτων, με τις αντίστοιχες τιμές των συντελεστών μείωσης. Τέλος, υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας και τα κέρδη των κουφωμάτων, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτηρίου.

Η τιμή $-U$ του κουφώματος εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα του υαλοπίνακα, το πλαίσιο, τον αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα και την εγκατάσταση και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = 1/A_w \cdot [U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \Psi_{\text{Glazing edge}} + l_f \cdot \Psi_{\text{Installation}}]$$

όπου, A_w η συνολική επιφάνεια του κουφώματος, A_g η συνολική επιφάνεια του υαλοπίνακα, A_f η συνολική επιφάνεια πλαισίου του κουφώματος, U_g η τιμή- U του υαλοπίνακα, U_f η μέση τιμή- U πλαισίου του κουφώματος, l_g η περίμετρος του υαλοπίνακα, l_f η περίμετρος πλαισίου του κουφώματος, $\Psi_{\text{Glazing edge}}$ ο μέσος συντελεστής απώλειας θερμότητας της θερμογέφυρας στον αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα και $\Psi_{\text{Installation}}$ ο μέσος συντελεστής απώλειας θερμότητας της θερμογέφυρας εγκατάστασης.

Οι μειωτικοί συντελεστές Γ , υπολογίζονται μέσω της σχέσης:

$$\Gamma = \Gamma_{\text{Shading}} \cdot \Gamma_{\text{Dirt}} \cdot \Gamma_{\text{Incidence angle}} \cdot \Gamma_{\text{Frame}}$$

όπου, Γ_{Shading} ο μειωτικός συντελεστής σκίασης από γειτνιαζόν χώρους, με τυπική τιμή 0,75, Γ_{Dirt} ο μειωτικός συντελεστής λόγω ακάθαρτων υαλοπινάκων, με πρότυπη τιμή = 0,95,

$r_{\text{incidence angle}}$ ο μειωτικός συντελεστής για τη μείωση της μετάδοσης ενέργειας λόγω της μη κατακόρυφης πρόσπτωσης ακτινοβολίας, με πρότυπη τιμή = 0,85 και r_{Frame} ο μειωτικός συντελεστής για την επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος.

Τα δεδομένα εισαγωγής και τα αποτελέσματα του φύλλου εργασίας κουφώματα για το υπό μελέτη υφιστάμενο κτήριο, δίνονται στις επόμενες εικόνες.

		Βαθμώσεις [κWh/a]:			Καθαρό άνοιγμα κουφωμάτων		Τοποθετημένο σε	Υαλοπίνακες	Πλαίσιο
Ποσότητα	Περιγραφή	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία απόκλισης από το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός	Πλάτος	Ύψος	Επιλογή από το φύλλο εργασίας 'Επιφάνειες'	Επιλογή από το φύλλο εργασίας 'Συστήματα'	Επιλογή από το φύλλο εργασίας 'Συστήματα'
		°	°		m	m		1-Ταξινόμηση: Ως λίστα	1-Ταξινόμηση: Ως λίστα
3	A2	290	90	Δύση	0,800	1,550	13-Εξωτερικοί τοίχοι δυτικοί	01ud-Διπλό ανοιγόμενο διακένου 12mm	01ud-Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -1
3	A3	290	90	Δύση	2,200	2,300	13-Εξωτερικοί τοίχοι δυτικοί	02ud-Διπλό σιρόμενο διακένου 12mm	02ud-Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -2
3	A4 - Δύση	290	90	Δύση	1,300	2,300	13-Εξωτερικοί τοίχοι δυτικοί	01ud-Διπλό ανοιγόμενο διακένου 12mm	01ud-Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -1
6	A4 - Ανατολή	110	90	Ανατολή	1,300	2,300	1-Εξωτερικοί τοίχοι ανατολικοί	01ud-Διπλό ανοιγόμενο διακένου 12mm	01ud-Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm -1

Τιμή g	Τιμή U		Ψ Αποστάτη	Κατάσταση εγκατάστασης				Ψ _{αποστάτη} (μέσο)	Αποτελέσματα			
	Υαλοπίνακας	Πλαίσιο (μέσο)		τιμή καθορισμένη από το χρήστη για Ψ _{τοποθέτησης} ή '1': Ψ _{τοποθέτησης} από φύλλο εργασιών 'Συστήματα' '0': σε περίπτωση γειτνιαζόντων κουφωμάτων					Επιφάνεια Κουφώματος	Επιφάνεια Υαλοπίνακα	U _w τοποθετημένο	Αναλογία υαλοπίνακα ανά κούφωμα
-	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(mK)	W/(mK) ή 1/0				W/(mK)	m ²	m ²	W/(m ² K)	%
0,60	1,20	2,80	0,110	1	1	1	1	0,040	3,7	2,73	2,14	73%
0,60	1,20	3,50	0,110	1	1	1	1	0,040	15,2	12,97	1,79	85%
0,60	1,20	2,80	0,110	1	1	1	1	0,040	9,0	7,42	1,82	83%
0,60	1,20	2,80	0,110	1	1	1	1	0,040	17,9	14,84	1,82	83%

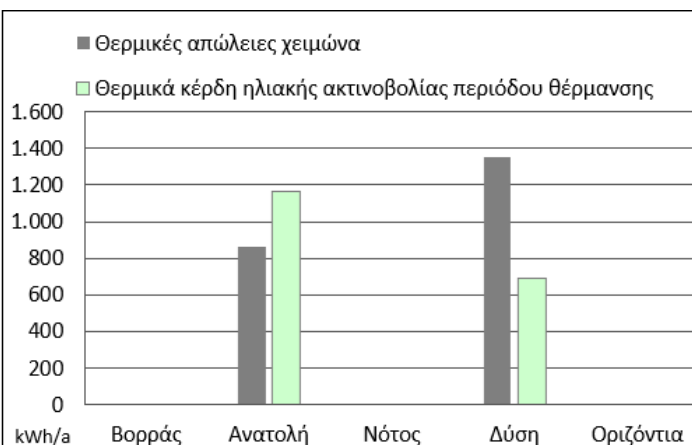
Εικόνα 38: Δεδομένα κουφωμάτων υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

Προσανατολισμός επιφάνειας κουφωμάτων	Ολική ακτινοβολία (κύριοι προσανατολισμοί) kWh/(m ² a)	Σκίαση	Σκόνη	Μη κατακόρυφη πρόσπτωση ακτινοβολίας	Αναλογία υαλοπίνακα
Τυπικές τιμές →		0,75	0,95	0,85	
Βορράς	60	1,00	0,95	0,85	0,00
Ανατολή	149	0,83	0,95	0,85	0,83
Νότος	305	1,00	0,95	0,85	0,00
Δύση	155	0,53	0,95	0,85	0,83
Οριζόντια	242	1,00	0,95	0,85	0,00

Συνολική ή μέση τιμή για όλα τα κουφώματα.

Τιμή-g	Μειωτικός συντελεστής ακτινοβόλησης	Επιφάνεια κουφώματος m ²	Τιμή-U κουφώματος W/(m ² K)	Επιφάνεια υαλοπίνακα m ²	Μέση ολική ακτινοβολία kWh/(m ² a)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60
0,60	0,56	17,94	1,82	14,84	195
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	305
0,60	0,35	27,87	1,84	23,12	117
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	242
0,60	0,43	45,81	1,83	37,95	

Θερμικές απώλειες χειμώνα kWh/a	Θερμικά κέρδη ηλιακής ακτινοβολίας περιόδου θέρμανσης kWh/a
0	0
859	1166
0	0
1354	687
0	0
2213	1853



Εικόνα 39: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας Κουφώματα [RHPP]

4.9 Φύλλο Εργασίας Σκίαση

Στο φύλλο εργασίας σκίαση, υπολογίζεται ο συνολικός μειωτικός συντελεστής σκίασης r_s , για τις επιφάνειες υαλοπινάκων, λαμβάνοντας υπόψη τους εξής συντελεστές:

- r_H : Συντελεστής σκίασης συνεχούς οριζόντιας παρεμπόδισης μπροστά από το κούφωμα, π.χ. μια σειρά κτιρίων παρόμοιου ύψους.
- r_R : Κατακόρυφος συντελεστής σκίασης που δημιουργείται από τα κάθετα στοιχεία στις πλευρές του κουφώματος, π.χ. λάμπα, ανωκάσι.
- r_O : Οριζόντιος συντελεστής σκίασης που προκύπτει από τα οριζόντια στοιχεία που προεξέχουν πάνω από το κούφωμα, π.χ. προεξοχές, μπαλκόνια.
- r_{other} : Πρόσθετοι συντελεστές σκίασης.

Ο συνολικός μειωτικός συντελεστής σκίασης, δεν δείχνει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που αποφεύγεται λόγω της σκίασης. Αντιθέτως, δείχνει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα όπως μειώνεται από το αντίστοιχο στοιχείο σκίασης. Επομένως, ένας συντελεστής σκίασης 100%, δηλώνει ότι το κούφωμα δεν είναι καθόλου σκιασμένο, ενώ ένας συντελεστής σκίασης 0%, δηλώνει ότι το κούφωμα είναι τελείως σκιασμένο.

Ο συνολικός μειωτικός συντελεστής σκίασης r_s , υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$r_s = r_H * r_R * r_O * r_{other}$$

Έπειτα από την εισαγωγή των διαστάσεων των αντικειμένων σκίασης, αλλά και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα κουφωμάτων που έχουν ήδη εισαχθεί στο φύλλο εργασίας κουφώματα, όπως τη γεωμετρία και τον προσανατολισμό τους, προκύπτουν οι συντελεστές σκίασης των κουφωμάτων του υπό μελέτη υφιστάμενου κτηρίου.

Ποσό- τητα	Περιγραφή	Απόκλιση από Βορρά	Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός	Πλάτος υαλοπίνακα	Ύψος υαλοπίνακα	Επιφάνεια υαλοπίνακα
		[Μοίρες]	[Μοίρες]		w_G [m]	h_G [m]	A_G [m ²]
3	A2	290	90	Δύση	0,65	1,40	2,7
3	A3	290	90	Δύση	2,03	2,13	13,0
3	A4 - Δύση	290	90	Δύση	1,15	2,15	7,4
6	A4 - Ανατολή	110	90	Ανατολή	1,15	2,15	14,8

Οριζόντας		Πλευρική προεξοχή		Πρόβολος / Οριζόντια προεξοχή	
Ύψος ανικειμένου σκίασης	Οριζόντια απόσταση	Βάθος πλευρικής προεξοχής κουφώματος	Απόσταση από αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα έως πλευρική προεξοχή	Βάθος οριζόντιας προεξοχής	Απόσταση από άνω αποστάτη πλαισίου υαλοπίνακα έως οριζόντια προεξοχή
h_{Hori} [m]	d_{Hori} [m]	o_{Reveal} [m]	d_{Reveal} [m]	o_{over} [m]	d_{over} [m]
0,00	0,00	0,00	0,000	1,95	0,60
0,00	0,00	0,00	0,000	2,01	0,60
0,00	0,00	2,62	0,075	4,49	0,60
0,00	0,00	0,00	0,000	1,06	0,60

Εικόνα 40: Δεδομένα κουφωμάτων και στοιχείων σκίασης [PHPP]

Μειωτικοί συντελεστές για σκίαση το χειμώνα				Μειωτικοί συντελεστές για σκίαση το καλοκαίρι				
Οριζόντας	Πλευρική προεξοχή	Οριζόντια προεξοχή	Συνολικά για την περίοδο θέρμανσης	Οριζόντας	Πλευρική προεξοχή	Οριζόντια προεξοχή	Συνολικά για την περίοδο ψύξης	Συνολικά για το φορτίο ψύξης
r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	r_S [%]	r_H [%]	r_R [%]	r_O [%]	$r_{S,1}$ [%]	$r_{S,2}$ [%]
100%	100%	65%	65%	100%	100%	61%	61%	61%
100%	100%	71%	71%	100%	100%	69%	69%	69%
100%	33%	49%	16%	100%	62%	44%	27%	27%
100%	100%	83%	83%	100%	100%	83%	83%	83%

Προσανατολισμός	Υαλοπίνακας επιφάνεια [m ²]	Μειωτικός συντελεστής χειμώνα r_v	Μειωτικός συντελεστής ψύξης $r_{v,1}$	Μειωτικός συντελεστής φορτίου ψύξης $r_{v,2}$	Ηλιακό φορτίο [kWh/(m ² _{υαλοπίνακα} Χ)]
Βορράς	0,00	100%	100%	100%	0
Ανατολή	14,84	83%	83%	83%	475
Νότος	0,00	100%	100%	100%	0
Δύση	23,12	53%	54%	54%	230
Οριζόντια	0,00	100%	100%	100%	0

Εικόνα 41: Συντελεστές σκίασης κουφωμάτων υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

4.10 Φύλλο Εργασίας Αερισμός

Στο φύλλο εργασίας αερισμός, γίνεται εισαγωγή δεδομένων του κτηριακού κελύφους και του τύπου αερισμού του κτηρίου. Ο ελεγχόμενος ισορροπημένος αερισμός με ανάκτηση θερμότητας αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των παθητικών κτηρίων στις περισσότερες κλιματικές ζώνες και είναι καθοριστικός για την επίτευξη εξαιρετικών συνθηκών υγιεινής. Ωστόσο στο υπό μελέτη κτήριο της παρούσας εργασίας, οι απαιτήσεις αερισμού του κτηρίου καλύπτονται με φυσικό αερισμό μέσω παραθύρων, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και όχι με μηχανικό αερισμό.

Εισάγοντας τα κατάλληλα δεδομένα αερισμού του υφιστάμενου κτηρίου, το φύλλο εργασίας αερισμός, υπολογίζει τους συντελεστές προστασίας e και f από τον άνεμο και τον ρυθμό εναλλαγής αέρα λόγω διείσδυσης $n_{V, Rest}$, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Δεδομένα αερισμού

Τριόροφη Οικοδομή Κατοικιών / Κλίμα: Athen / TFA: 306 m² / Θέρμανση: 27,3 kWh/(m²a) / Ψύξη: 37,6 kWh/(m²a) / ΠΕ Av.: 102,3 kWh/(m²a)

Κλιματιζόμενη επιφάνεια A_{TFA}	m ²	306	(φύλλο εργασίας 'Επιφάνειες')
Ύψος δωματίου h	m	2,50	2,50
Όγκος αεριζόμενου χώρου ($A_{TFA} \cdot h$) = V_V	m ³	765	(φύλλο εργασίας 'Ετήσια θέρμανση')

Τύπος αερισμού:

Παρακαλώ επιλέξτε

3-Μόνο αερισμός μέσω παραθύρων

Εικόνα 42: Δεδομένα αερισμού υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

Ρυθμός εναλλαγών αέρα λόγω διείσδυσης

Συντελεστές προστασίας από άνεμο e και f			
Συντελεστής e για κλάση προστασίας από άνεμο	Αρκετές πλευρές εκτεθειμένες	Μία πλευρά εκτεθειμένη	
Καμία προστασία	0,10	0,03	
Μέτρια προστασία	0,07	0,02	
Υψηλή προστασία	0,04	0,01	
Συντελεστής f	15	20	

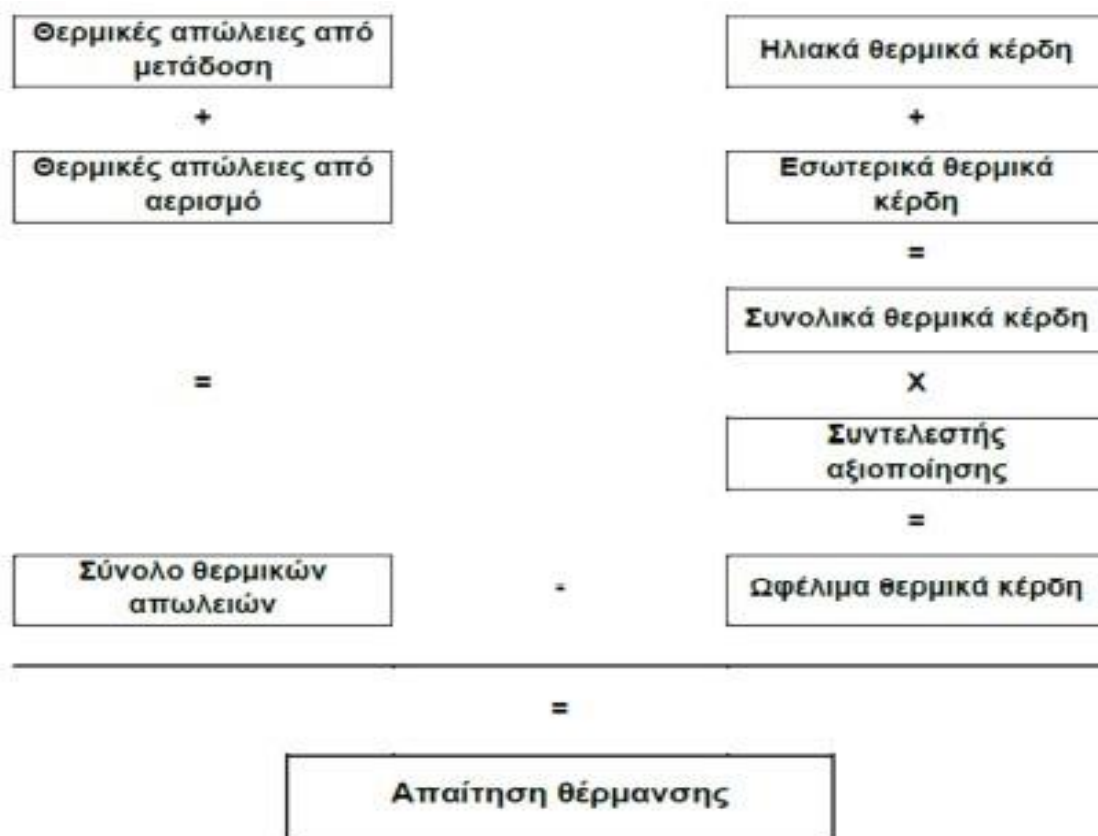
Συντελεστής προστασίας από άνεμο, e	0,04	0,10	
Συντελεστής προστασίας από άνεμο, f	20	20	Καθαρός όγκος αέρα για τεστ συμπίεσης V_{n50}
Ρυθμός εναλλαγών αέρα στο τεστ συμπίεσης n_{50}	1/h 0,60	0,60	933 m ³
			Διαπερατότητα αέρα q_{50}
			0,75 m ² /(h·m ²)

Πλεόνασμα αέρα απαγωγής	1/h 0,00	0,00	
Ρυθμός εναλλαγών αέρα λόγω διείσδυσης $n_{V, Rest}$	1/h 0,029	0,073	

Εικόνα 43: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας αερισμός [PHPP]

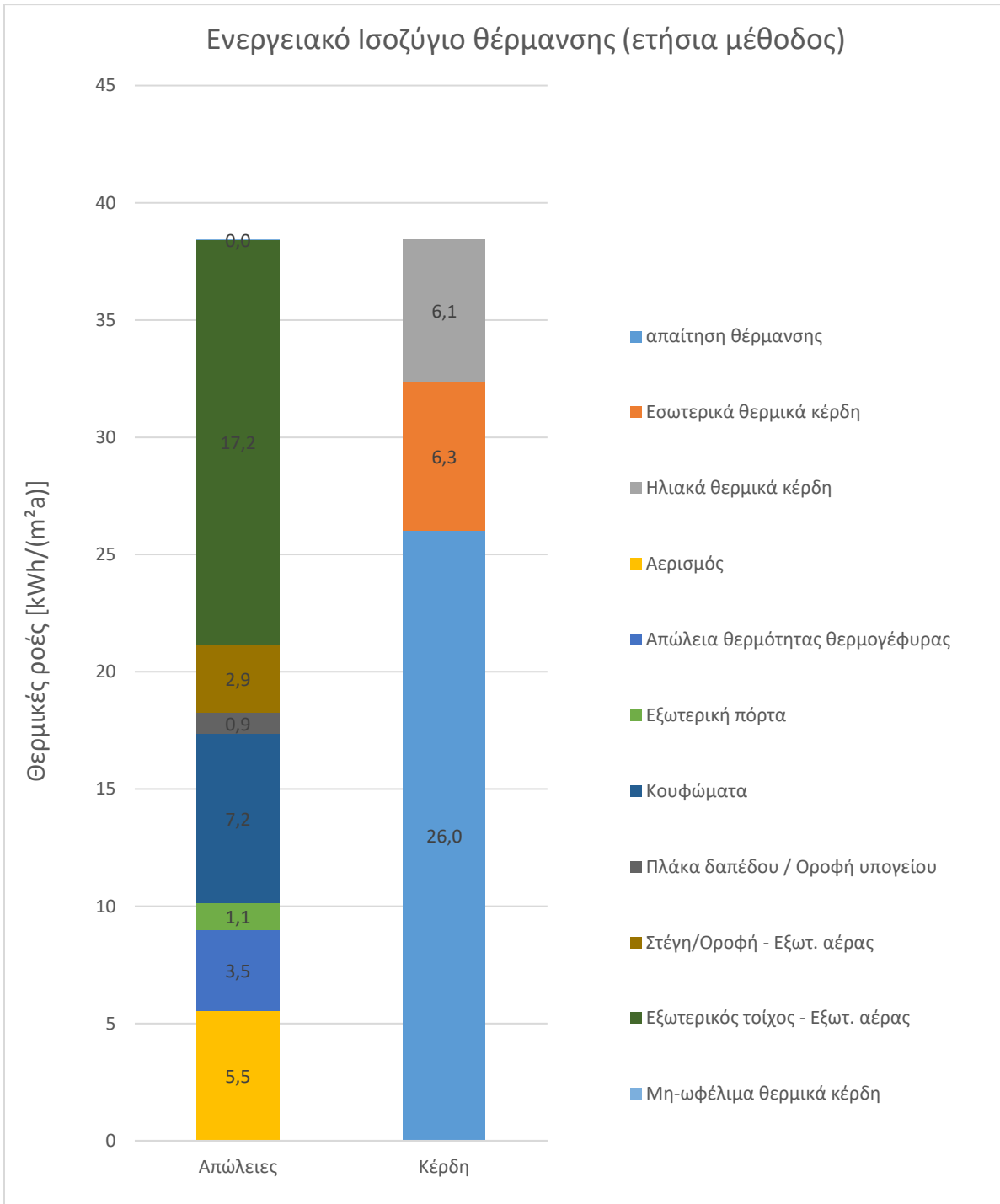
4.11 Φύλλο Εργασίας Ετήσια Θέρμανση

Στο φύλλο εργασίας ετήσια θέρμανση, το λογισμικό PHPP, ανακτά αυτόματα όλα τα απαραίτητα δεδομένα και αποτελέσματα από τα προηγούμενα φύλλα εργασίας και υπολογίζει την ετήσια απαίτηση θέρμανσης του υφιστάμενου κτηρίου, ακολουθώντας μία συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία συνοψίζεται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 44: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου [7]

Τα αποτελέσματα για την απαίτηση θέρμανσης του κτηρίου, που προκύπτουν από την παραπάνω μεθοδολογία, συνοψίζονται στο διάγραμμα θερμικών ροών των απωλειών και των κερδών του κτηρίου, που δίνεται στη συνέχεια.



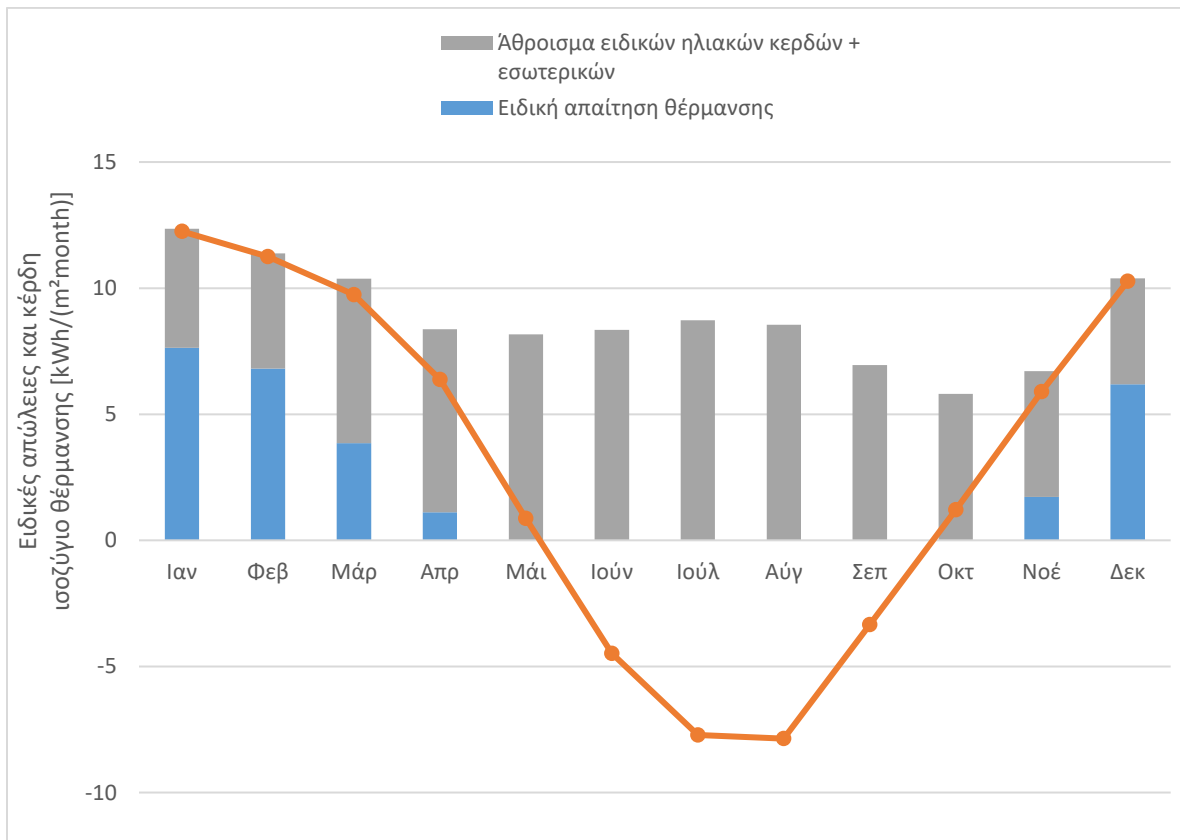
Εικόνα 45: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου θέρμανσης κτηρίου [PHPP]

4.12 Φύλλο Εργασίας Θέρμανση

Στο φύλλο εργασίας θέρμανση, υπολογίζεται το ενεργειακό ισοζύγιο, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μιας περιόδου θέρμανσης. Το ενεργειακό ισοζύγιο, υπολογίζεται επίσης από τη μηνιαία μέθοδο EN 13790, για κάθε μήνα του έτους, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα.

Εσωτερική θερμοκρασία: 20 °C
 Τύπος κτηρίου: Πολυκατοικία
 Κλιματιζόμενη επιφάνεια A_{εφα}: 306 m²

	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ	Έτος	
Βαθμώρες - Εξωτερικά	8,5	7,6	6,4	4,1	0,6	-3,0	-5,1	-5,0	-1,7	1,2	4,4	7,3	25	kKh
Βαθμώρες - Εδαφος	2,1	2,5	2,9	2,2	0,1	-1,1	-2,2	-2,9	-2,9	-1,2	-0,2	1,0	0	kKh
Απώλειες - Εξωτερικά	3506	3155	2653	1693	256	-1245	-2106	-2075	-692	509	1825	3028	10509	kWh
Απώλειες - Εδαφος	241	288	327	256	11	-125	-254	-330	-328	-139	-22	117	41	kWh
Άθροισμα ειδικών απωλειών	12,3	11,3	9,7	6,4	0,9	-4,5	-7,7	-7,9	-3,3	1,2	5,9	10,3	34,5	kWh/m ²
Ηλιακά κέρδη - Βορράς	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακά κέρδη - Ανατολή	373	339	563	638	703	721	774	778	598	483	383	280	6633	kWh
Ηλιακά κέρδη - Νότος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακά κέρδη - Δύση	175	219	371	473	600	633	651	609	441	293	233	168	4867	kWh
Ηλιακά κέρδη - Οριζόντια ηλιακά κερδη - κοιφαναής	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	590	532	590	570	590	570	590	590	570	590	570	590	6941	kWh
Άθροισμα ειδικών ηλιακών κερδών + εσωτ	4,7	4,6	6,5	7,2	8,2	8,3	8,7	8,5	7,0	5,8	5,0	4,2	78,8	kWh/m ²
Συντελεστής αξιοποίησης	98%	97%	90%	73%	11%	100%	100%	100%	100%	21%	84%	97%	9%	
Ετήσια απαίτηση θέρμανσης	2336	2085	1178	342	0	0	0	0	0	1	527	1891	8360	kWh
Ειδική απαίτηση θέρμανσης	7,6	6,8	3,8	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,2	27,3	kWh/m ²



Εικόνα 46: Ειδική ενέργεια θέρμανσης του κτηρίου (μηνιαία μέθοδος) [RHPP]

4.13 Φύλλα Εργασίας Θερινός Αερισμός – Καλοκαίρι

Στα φύλλα εργασίας θερινός αερισμός και καλοκαίρι, εξετάζεται ο αερισμός και η εσωτερική θερμική άνεση του κτηρίου, κατά την θερινή περίοδο. Ο θερινός αερισμός παίζει σημαντικό ρόλο στο εσωτερικό περιβάλλον το καλοκαίρι. Ειδικότερα, ο νυχτερινός αερισμός κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου οι θερμοκρασίες πέφτουν γύρω στους 20 °C, είναι ικανός να εξαγάγει τον υπερβολικά θερμό αέρα από ένα κτήριο. Έτσι βελτιώνεται η θερμική άνεση του κτηρίου, ενώ παράλληλα εξοικονομείται ενέργεια.

Ο νυχτερινός αερισμός των κτηρίων είναι συνήθως χειροκίνητος. Τα παράθυρα ανοίγουν κατά τη διάρκεια των 12 κρύων ωρών της ημέρας, υπό την προϋπόθεση ότι η ενθαλπία του εσωτερικού αέρα μειώνεται λόγω αυτού. Έτσι, εάν η εξωτερική υγρασία αέρα είναι υπερβολικά υψηλή, ο αερισμός δεν θα πραγματοποιηθεί ακόμη και αν οι θερμοκρασίες φαίνεται να είναι κατάλληλες. Κατά τη διάρκεια ενός μέρους της περιόδου αερισμού, η εξωτερική θερμοκρασία μπορεί επίσης να είναι υψηλότερη από αυτή της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Κατά τον σχεδιασμό του νυχτερινού αερισμού, θα πρέπει να τονισθεί ότι δεν είναι πάντοτε εφικτός για όλες τις θέσεις των παραθύρων του κτηρίου. Η ανάγκη για προστασία από τους διαρρήκτες, τις καιρικές συνθήκες και τον θόρυβο, πέραν των ζητημάτων που σχετίζονται με την ασφαλιστική κάλυψη, μπορεί να δημιουργήσει εμπόδια στο σχεδιασμό του αερισμού μέσω παραθύρων.

Στη παρούσα μελέτη, ο αερισμός του κτηρίου επιτυγχάνεται με διαμπερή φυσικό δροσισμό, από τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα του υφιστάμενου κτηρίου. Με διαμπερή αερισμό, ισχυρή μόνωση και αποτελεσματική ηλιακή προστασία, η εσωτερική θερμοκρασία μπορεί να διατηρηθεί σε χαμηλότερα επίπεδα από την υψηλότερη ημερήσια μέση θερμοκρασία. Ο ρυθμός εναλλαγής αέρα μέσω ανοιχτών παραθύρων είναι μια καθοριστική παράμετρος για το εσωτερικό κλίμα του κτηρίου κατά τη θερινή περίοδο και είναι απαραίτητος από πλευράς υγιεινής το καλοκαίρι. Στο φύλλο εργασίας Θερινός Αερισμός, μπορεί να εκτιμηθεί ο ρυθμός ροής αέρα μέσω συγκεκριμένων διαμορφώσεων ανοίγματος παραθύρων.

Στο φύλλο εργασίας καλοκαίρι, εξετάζεται η καλοκαιρινή εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος των κουφωμάτων, τον προσανατολισμό, τη σκίαση, τον αερισμό, τις εσωτερικές πηγές θερμότητας και κυρίως την κλιματική περιοχή σε σχέση με την ετήσια κατανάλωση θερμότητας. Αν ληφθεί υπόψη η θερμική άνεση των καλοκαιρινών μηνών κατά τη φάση σχεδιασμού του κτηρίου, μπορεί να επιτευχθεί ένα άνετο καλοκαιρινό περιβάλλον με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

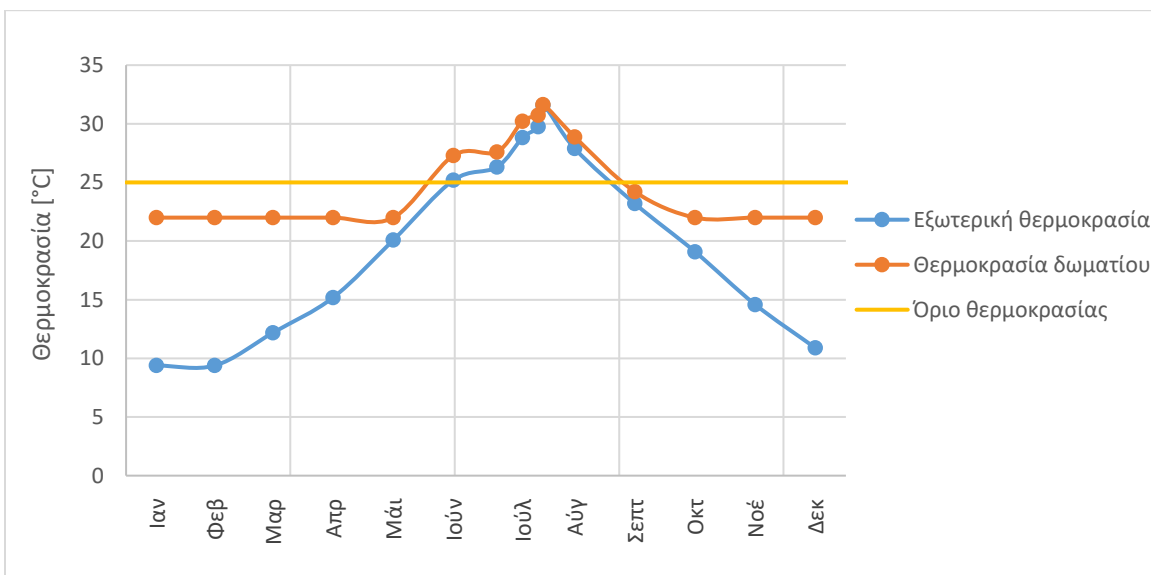
Η συχνότητα με την οποία οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν το καθορισμένο όριο άνεσης θ_{max} εκφραζόμενο ως ποσοστό του συνολικού χρόνου του έτους, καθορίζει την εσωτερική θερμική άνεση του κτηρίου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Η προεπιλεγμένη θ_{max} που χρησιμοποιείται στο PHPP είναι 25 °C. Όσο χαμηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο άνεσης. Όταν η συχνότητα των θερμοκρασιών που

υπερβαίνουν το όριο άνεσης, ($h_{\theta} \geq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ξεπερνά το 10%, κρίνονται αναγκαία επιπλέον μέτρα προστασίας, κατά τη θερινή περίοδο. Συνιστάται η συχνότητα υπερθέρμανσης να μην ξεπερνά το 5%, προκειμένου να εξασφαλίζεται υψηλή εσωτερική θερμική άνεση του κτηρίου και το καλοκαίρι.

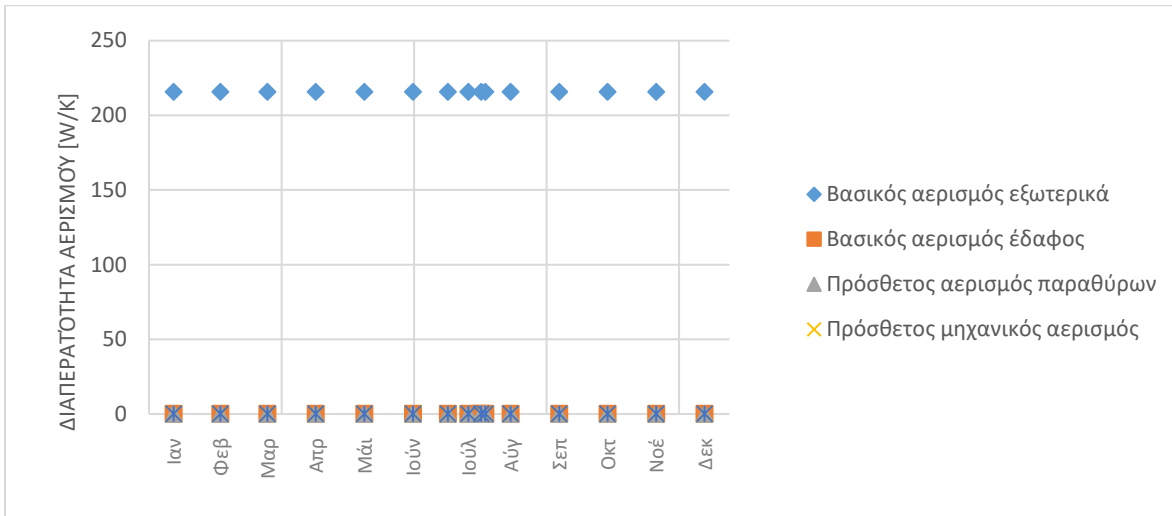
$h_{\theta} \geq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Κατάσταση
> 15 %	Καταστροφική
10 – 15 %	Κακή
5 – 10 %	Μποδοκτή
2 – 5 %	Καλή
0 – 2 %	Εξαιρετική

Εικόνα 47: Αξιολόγηση της συχνότητας υπερθέρμανσης [7]

Το υπό μελέτη κτήριο, παρέχοντας μόνο τον φυσικό αερισμό μέσω των παραθύρων, παρουσιάζει σχετικά υψηλό ποσοστό υπερθέρμανσης σύμφωνα με τα πρότυπα του παθητικού κτηρίου. Στα παρακάτω διαγράμματα, δίνονται οι εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες μέσα σε ένα έτος και οι διαφορετικές εισροές αερισμού στο υφιστάμενο κτήριο, σύμφωνα με τις συνθήκες αερισμού.



Εικόνα 48: Διάγραμμα εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών του κτηρίου [PHPP]



Εικόνα 49: Διάγραμμα εισροών αερισμού στο υφιστάμενο κτήριο [RHPP]

4.14 Φύλλο Εργασίας Ψύξη

Στο φύλλο εργασίας ψύξη, πραγματοποιείται ο υπολογισμός της αισθητής ωφέλιμης απαίτησης ψύξης.

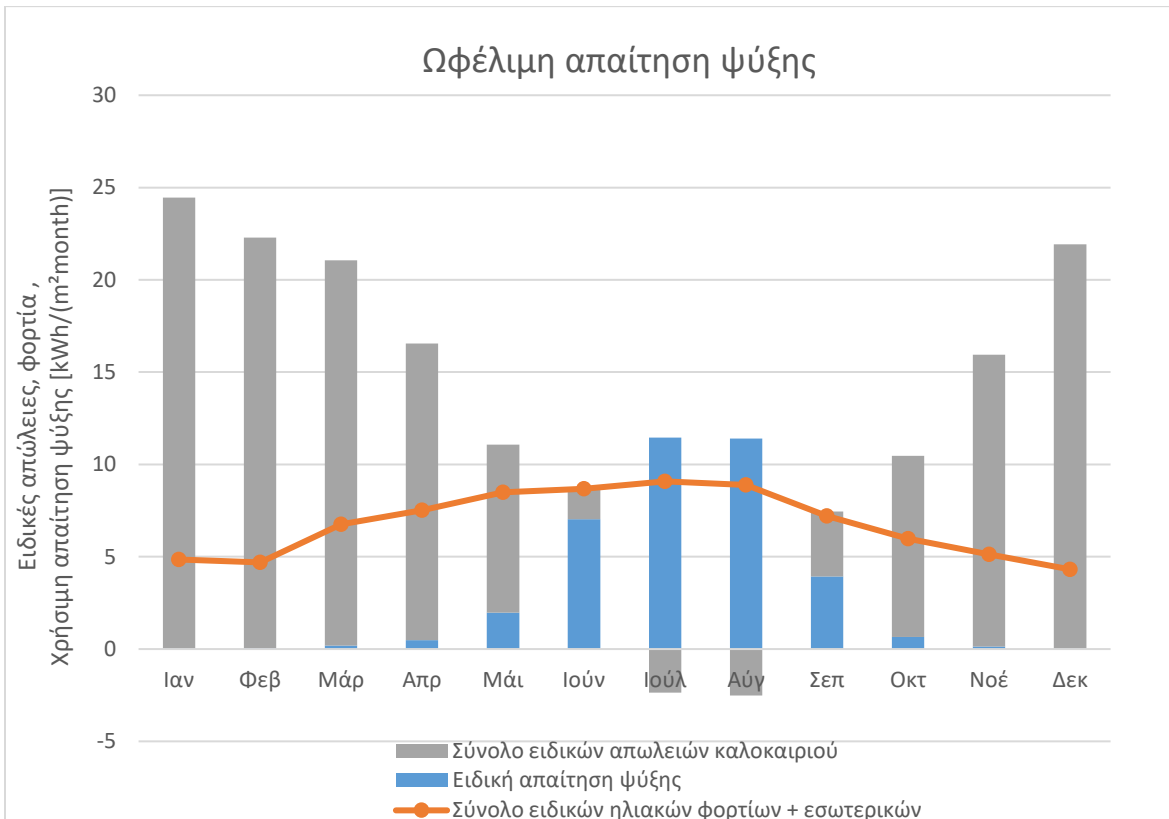
Για την επίτευξη υψηλής ενεργειακής απόδοσης στο κτήριο, είναι καθοριστικός ο περιορισμός των ηλιακών θερμικών φορτίων. Αυτό επιτυγχάνεται, με τη χρήση συστημάτων εξωτερικής σκίασης για τα κουφώματα και με την τοποθέτηση ισχυρής μόνωσης ή τη χρήση υψηλής ποιότητας ανακλαστικών επιφανειών στους τοίχους και τις οροφές. Επιπλέον, για τη μείωση της απαίτησης ψύξης, πρέπει να ελαχιστοποιηθούν τα εσωτερικά θερμικά φορτία. Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές και Βορειοαμερικανικές κλιματικές ζώνες, τα κτήρια σχεδιάζονται με βάση αυτές τις αρχές, ώστε να μην απαιτείται ενεργητική ψύξη στο εσωτερικό τους.

Στην περίπτωση εγκατάστασης ενός συστήματος ψύξης σε ένα κτήριο, το φύλλο εργασίας ψύξη υπολογίζει την απαίτηση ωφέλιμης ψύξης. Όπως και με την ετήσια απαίτηση θέρμανσης, η απαίτηση ωφέλιμης ψύξης αντιπροσωπεύει το ποσό θερμότητας, το οποίο πρέπει να εξαχθεί από το κτήριο κατά τη διάρκεια του έτους, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η εσωτερική θερμική άνεση του κτηρίου. Σε αυτούς τους υπολογισμούς, δεν συμπεριλαμβάνονται η ενέργεια που απαιτείται για αφύγρανση και οι απώλειες του συστήματος ψύξης, παρά μόνο η αισθητή ενέργεια ψύξης.

Όπως και στη μηνιαία μέθοδο για την χειμερινή περίοδο, έτσι και το καλοκαιρινό μηνιαίο ισοζύγιο υπολογίζεται και παρίσταται γραφικά, όπως φαίνεται παρακάτω.

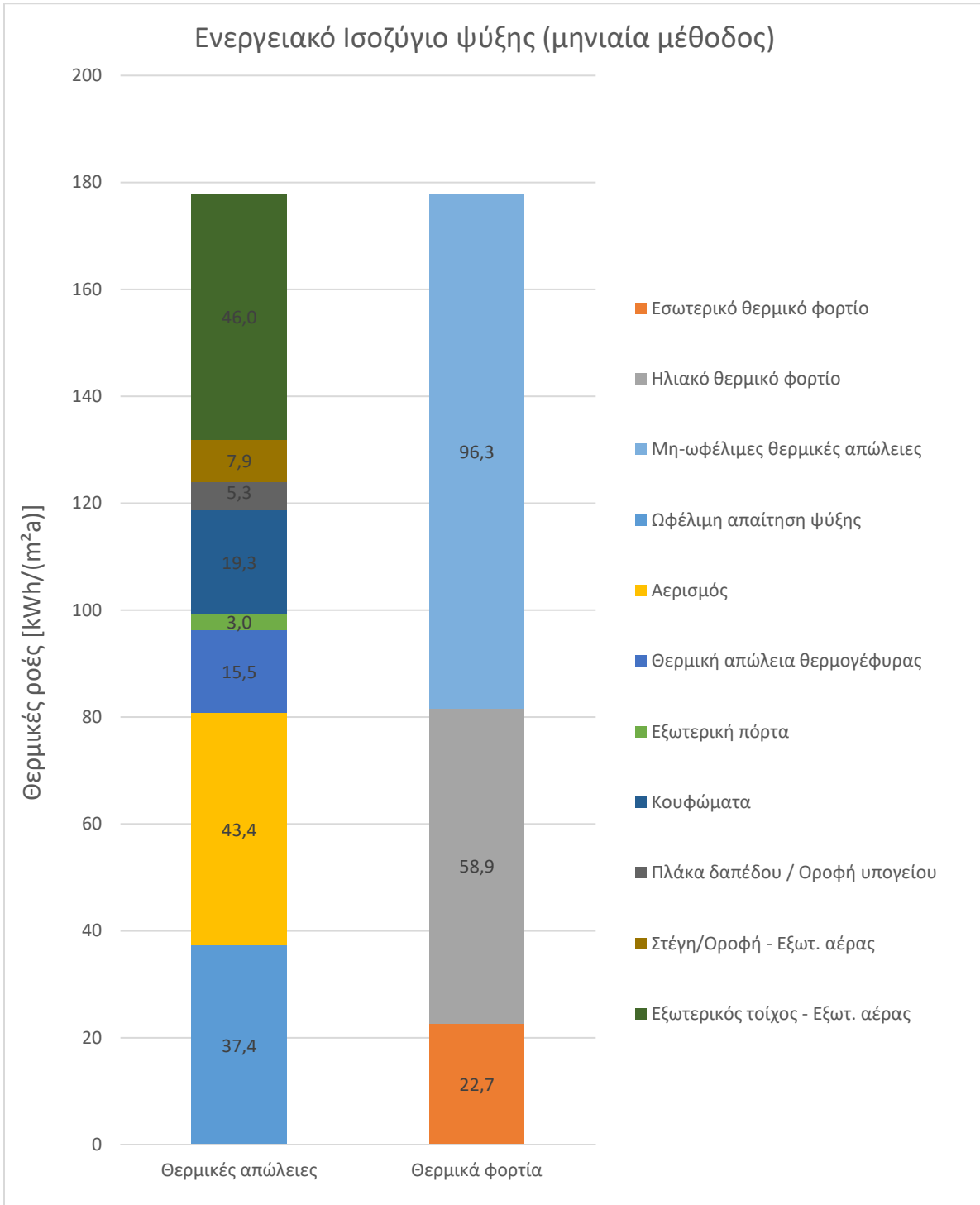
Εσωτερική θερμοκρασία: **25** °C
 Τύπος κτηρίου: **Πολυκατοικία**
 Κλιματιζόμενη επιφάνεια A_{ΤFA}: **306** m²

	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ	Έτος	
Βαθμώμερες - Εξωτερικά	12,3	11,1	10,2	7,8	4,5	0,7	-1,2	-1,1	2,0	5,0	8,1	11,1	70	kKh
Βαθμώμερες - Έδαφος	5,8	5,9	6,6	5,8	3,8	2,5	1,5	0,8	0,7	2,5	3,4	4,7	44	kKh
Απώλειες - Εξωτερικά	6801	6132	5633	4250	2346	222	-895	-863	992	2712	4448	6154	37933	kWh
Απώλειες - Έδαφος	666	671	752	667	436	287	171	94	83	285	389	541	5043	kWh
Απώλειες θερινού αερισμού	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Σύνολο ειδικών απωλειών καλοκαιριού	24,4	22,2	20,9	16,1	9,1	1,7	-2,4	-2,5	3,5	9,8	15,8	21,9	140,5	kWh/m ²
Ηλιακό φορτίο Βορράς	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακό φορτίο Ανατολή	396	360	597	678	746	765	822	826	635	512	407	297	7041	kWh
Ηλιακό φορτίο Νότος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακό φορτίο Δύση	191	240	405	517	655	691	711	664	482	320	254	183	5313	kWh
Ηλιακό φορτίο Οριζ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Ηλιακό φορτίο Αδιαφανή	306	303	475	534	604	629	656	638	517	409	337	250	5658	kWh
Εσωτερικά θερμικά κέρδη	590	532	590	570	590	570	590	590	570	590	570	590	6941	kWh
Σύνολο ειδικών ηλιακών φορτίων + εσωτ	4,8	4,7	6,8	7,5	8,5	8,7	9,1	8,9	7,2	6,0	5,1	4,3	81,6	kWh/m ²
Συντελεστής αξιοποίησης απωλειών	20%	21%	32%	44%	72%	99%	100%	100%	93%	54%	32%	20%	31%	
Απαιτήση ωφέλιμης ενέργειας ψύξης	11	13	55	145	605	2151	3501	3486	1203	203	42	10	11425	kWh
Ειδική απαίτηση ψύξης	0,0	0,0	0,2	0,5	2,0	7,0	11,4	11,4	3,9	0,7	0,1	0,0	37,4	kWh/m ²
Ειδική απαίτηση αφύγρυνσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	kWh/m ²
Αναλογία αισθητής	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	



Εικόνα 50: Ειδική ενέργεια ψύξης του κτηρίου (μηνιαία μέθοδος) [RHPP]

Εν τέλει, το φύλλο εργασίας ψύξης, υπολογίζει το ισοζύγιο της περιόδου ψύξης των ρών θερμότητας, το οποίο συνοψίζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 51: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου ψύξης κτηρίου [PHPP]

4.15 Φύλλο Εργασίας Μονάδες Ψύξης

Στο φύλλο εργασίας μονάδες ψύξης, καθορίζεται η συνολική τελική ενεργειακή απαίτηση για (αισθητή) ψύξη και αφύγρανση. Επιπλέον, στο παρόν φύλλο εργασίας, γίνεται επιλογή των μονάδων ψύξης οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψιν στον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου, καθώς θα χρησιμοποιηθούν για την ψύξη του υφιστάμενου κτηρίου. Τέλος, γίνεται υπολογισμός του αισθητού και λανθάνοντος ποσοστού της συνολικής απαίτησης ψύξης για καθεμία από τις επιλεγμένες μονάδες ψύξης. Το λογισμικό RHPP, παρέχει τέσσερις δυνατές επιλογές μονάδων ψύξης, καθεμιά απ' τις οποίες ακολουθεί διαφορετική διαδικασία ψύξης του κτηρίου. Οι τέσσερις δυνατές επιλογές δίνονται στη συνέχεια, ενώ ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής μόνο μίας από αυτές:

- Αέρας προσαγωγής ψύξης.
- Κυκλοφορία ψύξης π.χ. fan-coils ή μονάδες split.
- Επιφανειακή ψύξη χωρίς αφύγρανση.
- Επιπρόσθετη αφύγρανση χωρίς αισθητή ψύξη.

Σε όλες τις παραπάνω διαδικασίες, η ψύξη του κτηρίου γίνεται με αντλία θερμότητας η οποία έχει ηλεκτρική λειτουργία. Στο υπό μελέτη υφιστάμενο κτήριο, όπως αναλύθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το σύστημα ψύξης των χώρων αποτελείται από αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 34,35 kW.

Τύπος κτηρίου:	Πολυκατοικία		Κλιματιζόμενη επιφάνεια A _{ΤΡΑ} :	305,9	m ²
Εσωτερική θερμοκρασία καλοκαιριού:	25,0	°C	Μηχανική ψύξη:	x	
Ονομαστική υγρασία:	12,0	g/kg	Ρυθμός εναλλαγών αέρα μέσω συστήματος αερισμού με αέρα προσαγωγής:	0,2	
Εσωτερικές πηγές υγρασίας:	2,4	g/(m ² h)			

Ψύξη με νωπό αέρα

επιλέξτε αν είναι κατάλληλο

On/Off λειτουργία (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)

Μεγ. ψυκτική ικανότητα (αισθητή + λανθάνουσα)

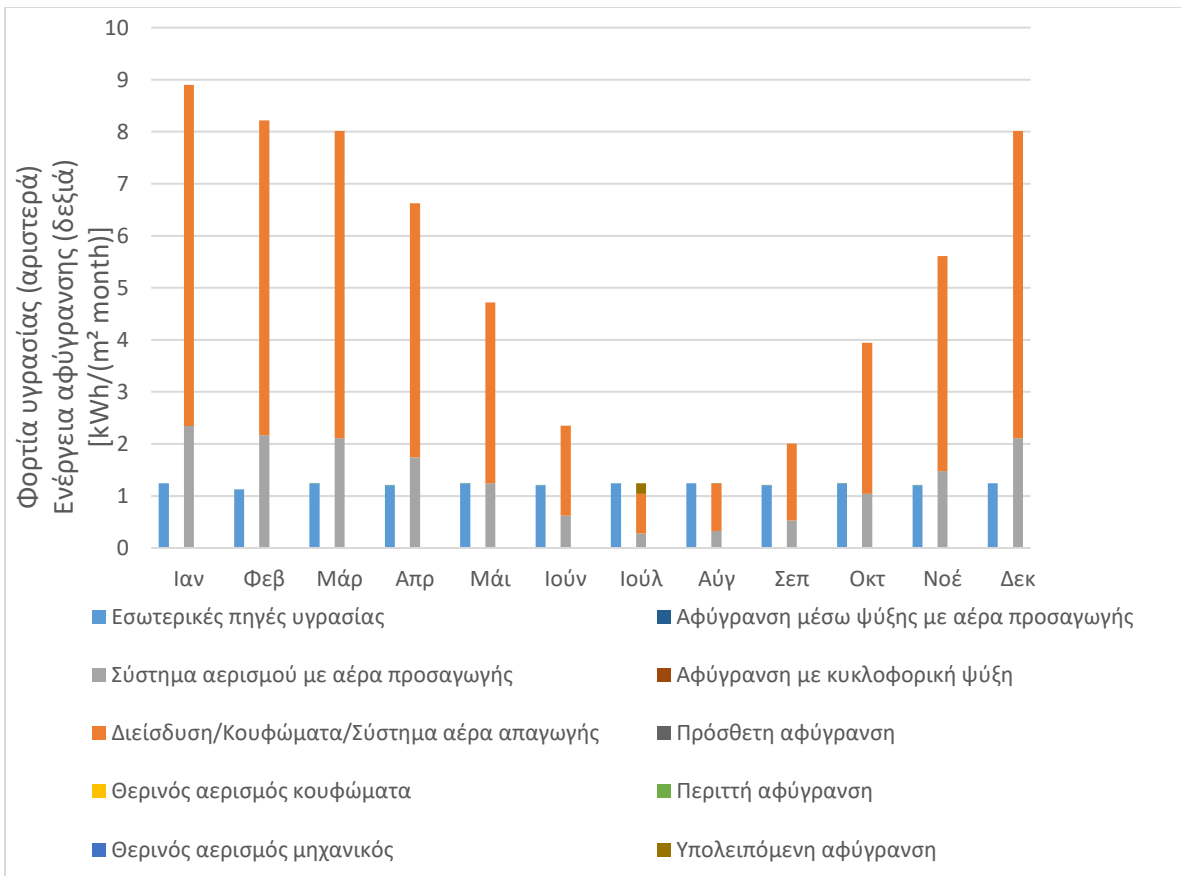
Μείωση θερμοκρασίας ξηρή

Εποχιακός βαθμός απόδοσης ενέργειας

<input checked="" type="checkbox"/>	x	
	34,4	kW
	587,2	K
	1,7	

Εικόνα 52: Μονάδα ψύξης υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

Από αυτό το φύλλο εργασίας, προκύπτει η μηνιαία ισορροπία υγρασίας όπως φαίνεται στο διάγραμμα της *Εικόνας 53*. Το διάγραμμα δείχνει δύο ράβδους για κάθε μήνα. Στην αριστερή ράβδο φαίνονται τα φορτία υγρασίας, ενώ στη δεξιά φαίνονται οι συνεισφορές αφύγρανσης. Ο εξωτερικός αέρας μπορεί να προκαλέσει αύξηση ή μείωση της υγρασίας του εσωτερικού αέρα. Αυτό εξαρτάται τόσο από το κλίμα της περιοχής του κτηρίου, όσο και από το μήνα του έτους. Επομένως, οι ροές όγκου φρέσκου αέρα μπορούν να εμφανιστούν στην αριστερή ή τη δεξιά ράβδο. Η ράβδος στα δεξιά θα είναι υψηλότερη από αυτή στα αριστερά, εάν τα φορτία υγρασίας είναι μικρότερα από την απομάκρυνση της υγρασίας μέσω του φρέσκου αέρα. Έτσι θα κυριαρχήσει το επίπεδο υγρασίας του εσωτερικού αέρα κάτω από το καθορισμένο σημείο στο κτήριο. Σε αυτή την περίπτωση, αν η υγρασία αφαιρεθεί μαζί με την αισθητή ψύξη, αυτή η ενεργειακή συμβολή εμφανίζεται μία φορά ως αφύγρανση στη ράβδο στα δεξιά και το ίδιο ποσοστό εμφανίζεται μια δεύτερη φορά με κόκκινο χρώμα στη ράβδο στα αριστερά ως συμβολή για " περιττή αφύγρανση ".



Εικόνα 53: Φορτία υγρασίας και απομάκρυνση υγρασίας [RHPP]

4.16 Φύλλο Εργασίας ZNX + Διανομή

Στο φύλλο εργασίας ZNX + Διανομή, γίνεται ο υπολογισμός της απαίτησης ωφέλιμης ενέργειας για ZNX. Παράλληλα, γίνεται υπολογισμός των θερμικών απωλειών του κτηρίου μέσω των υδραυλικών εγκαταστάσεων, εξαιτίας των διαφορετικών συστημάτων διανομής και αποθήκευσης για θέρμανση, ζεστό νερό και ψύξη.

Για την ανακυκλοφορία και τη σωστή διανομή του ζεστού νερού, οι πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του αγωγού, εισάγονται σε αυτό το φύλλο εργασίας. Η απαραίτητη εισαγωγή περιλαμβάνει το μήκος του δικτύου αγωγών και άλλα χαρακτηριστικά αγωγών (ονομαστική διάμετρος, πάχος και ποιότητα μόνωσης, συμπεριλαμβανομένων των θερμογεφυρών) από τα οποία μπορεί να υπολογιστούν οι ειδικές απώλειες θερμότητας ανά μέτρο μήκους αγωγών. Εισάγεται επίσης η ημερήσια περίοδος ανακυκλοφορίας. Η υπερλειτουργία, αλλά και οι υψηλές θερμοκρασιακές διαφορές στους αγωγούς ανακυκλοφορίας, μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες θερμότητας. Επομένως, η επαρκής μόνωση είναι καθοριστική. Σημαντικό ρόλο για την ορθή διανομή ZNX, παίζουν και οι θερμογέφυρες στη μόνωση των αγωγών. Συνίστανται, το πάχος μόνωσης των αγωγών, να είναι διπλάσιο από την ονομαστική τους διάμετρο. Επίσης, κατά το σχεδιασμό των σωληνώσεων, πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε να επιλέγεται κατάλληλο δίκτυο αγωγών, με μήκη αγωγών όσο το δυνατόν μικρότερα και οι αγωγοί ανακυκλοφορίας και η θερμοκρασία ροής προσαγωγής να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα. Τέλος το σύστημα δικτύου αγωγών, είναι απαραίτητο να βελτιστοποιείται, ακολουθώντας συγκεκριμένες μεθόδους, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες. Παρακάτω, δίνονται τα δεδομένα εισαγωγής στο φύλλο εργασίας ZNX + Διανομή, που αφορούν το υπό μελέτη κτήριο.

Θερμ. δωματίου από το οποίο περνάει ο αγωγός	ϑ_{χ}	°C	20,0
Θερμοκρασία σχεδιασμού ροής προσαγωγής	ϑ_{dist}	°C	60,0
Αγωγοί ανακυκλοφορίας ZNX			
Μήκος αγωγών ανακυκλοφορίας (ροή προσαγωγής + επιστροφής)	L_{HS}	m	13,5
Ονομαστική διάμετρος αγωγού		mm	30
Πάχος μόνωσης		mm	13
Μόνωση με ανακλαστική επίστρωση;		-	
Θερμική αγωγιμότητα μόνωσης		W/(mK)	0,040
Συντελεστής θερμικών απωλειών ανά m μονωμένου αγωγού		W/(mK)	0,325
Ποιότητα μόνωσης στηριγμάτων, αναρτήσεων αγωγών, κλπ.		-	3 -Καλή
Συμπληρωματική τιμή θερμογέφυρας		W/K	0,208
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών ανά m αγωγού	ψ	W/(mK)	0,340
Ημερήσια περίοδος λειτουργίας ανακυκλοφορίας.	td_{Circ}	h/d	18,0
Θερμοκρασία σχεδιασμού ροής επιστροφής	ϑ_R	°C	55
Περίοδος λειτουργίας ανακυκλοφορίας ανά έτος	t_{Circ}	h/a	6570
Ετήσια εκλυόμενη θερμότητα ανά m αγωγού	q^*_z	kWh/m/a	84
Ετήσια θερμική απώλεια από τις γραμμές ανακυκλοφορίας	QZ	kWh/a	1131

Εικόνα 54: Σύστημα διανομής ZNX του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

4.17 Φύλλο Εργασίας Ηλιακό ZNX

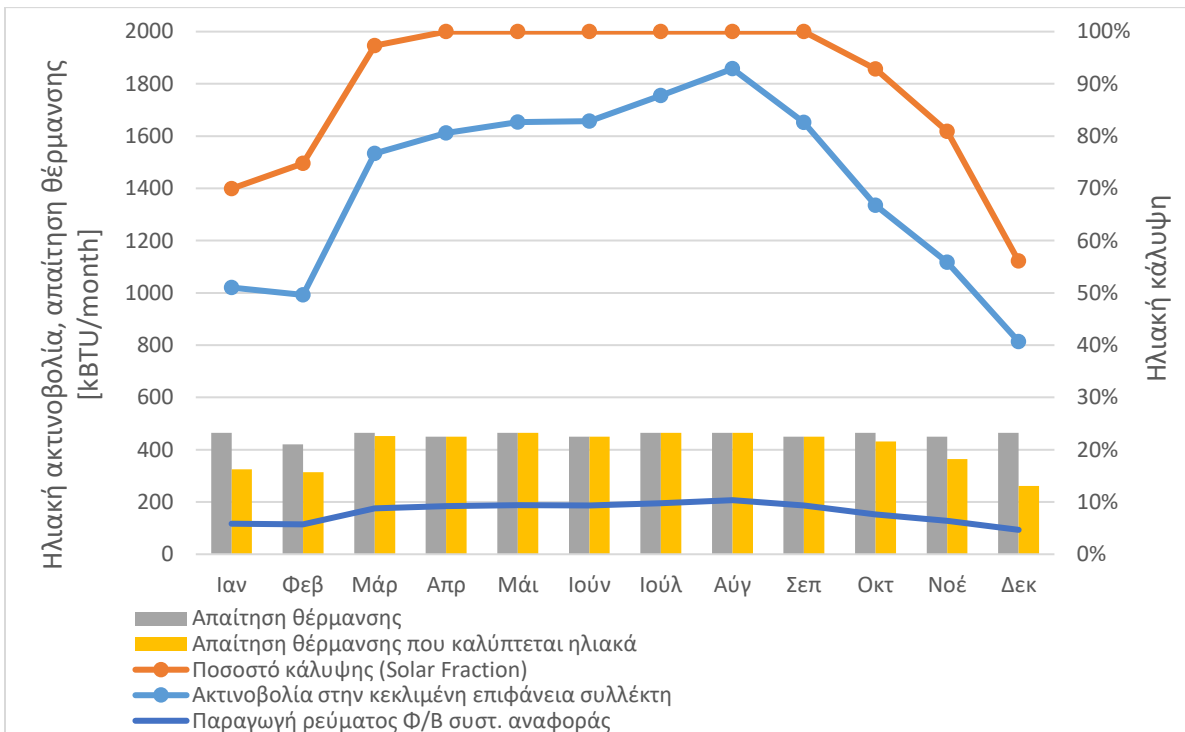
Στο φύλλο εργασίας ηλιακό ZNX, γίνεται ο υπολογισμός της συνολικής θερμικής συνεισφοράς του ηλιακού θερμικού συστήματος στην παροχή ZNX. Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψιν σε αυτό το φύλλο εργασίας είναι:

- Η αρχική επιλογή του ηλιακού θερμικού συστήματος, να παρέχει ενέργεια με προτεραιότητα για ZNX ή θέρμανση.
- Η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη.
- Οι προδιαγραφές όγκου και θερμικής ισχύος της δεξαμενής αποθήκευσης ZNX που καθορίζονται στο φύλλο εργασίας ZNX + Διανομή.
- Η ωφέλιμη απαίτηση ενέργειας για παροχή ZNX με βάση τον βαθμό χρήσης του κτηρίου και το μέγεθος των αγωγών.
- Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλέκτη, η οποία προκύπτει σύμφωνα με τον προσανατολισμό και την κλίση της επιφάνειας.
- Η σκίαση της επιφάνειας του συλλέκτη από γειτονικά αντικείμενα.

Στις παρακάτω εικόνες, δίνονται η εισαγωγή των δεδομένων του ηλιακού θερμικού συστήματος του υπό μελέτη κτηρίου, και το διάγραμμα που παρουσιάζει την ηλιακή ακτινοβολία, την ηλιακή κάλυψη και την απαίτηση θέρμανσης του συστήματος κατά τη διάρκεια του έτους.

Τοποθέτηση: Επιλογή από το φύλλο εργασίας 'Επιφάνειες'	28-Οροφή δώματος		Συλλέκτης	7-Επιλεκτικός συλλέκτης
Μέγεθος επιλεγμένης επιφάνειας	102	m ²	Υποστήριξη θέρμανσης (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)	
Ελεύθερη επιφάνεια (λιγότερα θερμικά ηλιακά και ηλεκτρικά συστήματα)	93,0	m ²	Προτεραιότητα ZNX (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)	x
Απόκλιση από Βορρά	180	°		
Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	45	°		
Εναλλακτική εισαγωγή: Απόκλιση από Βορρά	180	°		
Εναλλακτική εισαγωγή: Γωνία κλίσης από το οριζόντιο επίπεδο	45	°		
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	9,00	m ²		
Ειδική επιφάνεια συλλέκτη	1,2	m ² /Pers		
Ύψος του πεδίου συλλεκτών	1,00	m		
Ύψος γραμμής του οριζοντα	0,00	m		
Οριζόντια απόσταση	1000,00	m		
Πρόσθετος μειωτικός συντελεστής σκίασης	100%			

Εικόνα 55: Θερμικό ηλιακό σύστημα υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]



Εικόνα 56: Διάγραμμα θερμικού ηλιακού συστήματος υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]

4.18 Φύλλο Εργασίας Λέβητας

Σε αυτό το φύλλο εργασίας προσδιορίζεται ο βαθμός απόδοσης του λέβητα για τη θέρμανση των χώρων και την παροχή ΖΝΧ. Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης γίνεται σύμφωνα με το EN V 4701- 10. Η παροχή θερμότητας για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ υπολογίζεται ξεχωριστά ακολουθώντας τις διαδικασίες υπολογισμού σύμφωνα με αυτό το πρότυπο. Ο βαθμός απόδοσης αναφέρεται στην θερμαντική αξία του φορέα ενέργειας. Σε αυτό το φύλλο εργασίας, αρχικά επιλέγεται ο τύπος του λέβητα θέρμανσης από την αναπτυσσόμενη λίστα που δίνεται. Οι δυνατές επιλογές είναι οι λέβητες χαμηλής θερμοκρασίας ή συμπύκνωσης, χρησιμοποιώντας είτε πηγές φυσικού αερίου ή καυσίμου ή λέβητες καύσης ξύλου. Στη συνέχεια, εισάγεται "x" στο φύλλο εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα συγκεκριμένα στοιχεία του λέβητα για το υπό μελέτη κτήριο, τα οποία δίνονται από τον κατασκευαστή ώστε τα τελικά αποτελέσματα να είναι πιο ακριβή και με ευνοϊκότερους δείκτες απόδοσης για την παραγωγή θερμότητας. Τέλος, εισάγονται τα δεδομένα του λέβητα που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων και την παροχή ΖΝΧ, όπως φαίνεται παρακάτω. Στην Εικόνα 58, δίνονται οι συνολικές απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ΖΝΧ, όπως προκύπτουν από το παρόν φύλλο εργασίας.

Τύπος λέβητα	12-Λέβητας συμύκνωσης αερίου	
Καύσιμο	30-Φυσικό αέριο	
Συντελεστής ΠΕ Av. (πρωτογενής ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές)	(φύλλο εργασίας 'Δεδομένα')	1,75 kWh _{ΠΕ Av} /kWh _{Τελική}
Συντελεστής ΠΕ (πρωτογενής ενέργεια από μη ανανεώσιμες πηγές)	(φύλλο εργασίας 'Δεδομένα')	1,10 kWh _{Πε} /kWh _{Τελική}
Συντελεστής εκπομπών CO ₂ (CO ₂ -equivalent)	(φύλλο εργασίας 'Δεδομένα')	0,250 g/kWh
Ωφέλιμη θερμότητα που παρέχεται	Q _υ	8946 kWh/a
Μέγιστη θερμική ισχύς που απαιτείται για την θέρμανση του κτιρίου	P _{βH} (φύλλο εργασίας 'Φορτίο Θέρμ	5,50 kW
Διάρκεια της περιόδου θέρμανσης	t _{HP}	2449 h
Διάρκεια περιόδου παραγωγής ZNX	t _{ZNX}	8760 h

Να χρησιμοποιηθούν οι χαρακτηριστικές τιμές που έχουν εισαχθεί (επιλέξτε αν είναι κατάλληλο)?

	Δεδομένα έργου	Τυπικές τιμές	Πεδίο εισαγωγής
Αποτέλεσμα σχεδιασμού	P _{nom} (Πινακίδα χαρακτηριστικών)	72 kW	72
Εγκατάσταση λέβητα (Εξωτερικά: 0, Εσωτερικά: 1)		0	0
Τιμές εισαγωγής (λέβητας πετρελαίου και αερίου)			
Απόδοση λέβητα σε φορτίο 30%	η _{30%} (Κατασκευαστής)	100%	100%
Απόδοση λέβητα στην ονομαστική ισχύ	η _{100%} (Κατασκευαστής)	100%	100%
Απώλειες θερμότητας λόγω αναμονής λέβητα στους 70 °C	q _{L,70} (Κατασκευαστής)	1,1%	1,1%
Μέση θερμοκρασία επιστροφής μετρημένη στο 30% του φορτίου	θ _{30%} (Κατασκευαστής)	40 °C	40

Εικόνα 57: Δεδομένα εισαγωγής λέβητα του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

	Τύπος κτιρίου: Πολυκατοικία	
	Κλιματιζόμενη επιφάνεια A _{ΤFA}	306 m ²
Αναλογία απαίτησης θέρμανσης χώρου που καλύπτεται	(φύλλο εργασίας 'ΠΕ Av.')	100%
Απαίτηση θέρμανσης χώρου + απώλειες διανομής	Q _H +Q _{HS} : (ZNX+Διανομή)	8364 kWh
Ηλιακή συνεισφορά για την θέρμανση χώρου	η _{Ηλιακό, H} (φύλλο εργασίας 'Ηλιακό ZNX')	0%
Ετήσια απαιτούμενη ωφέλιμη ενέργεια θέρμανσης	Q _{H,WI} =Q _H *(1-η _{Ηλιακό, H})	8364 kWh
Απαίτηση θέρμανσης χώρου χωρίς απώλειες διανομής	Q _H (φύλλο εργασίας 'Έλεγχος Κριτ	8360 kWh
Αναλογία απαίτησης ZNX που καλύπτεται	(φύλλο εργασίας 'ΠΕ Av.')	11%
Συνολική απαίτηση θέρμανσης του συστήματος ZNX	Q _{gZNX} : (ZNX+Διανομή)	5476 kWh
Ηλιακή συνεισφορά για το ZNX	η _{Ηλιακό, ZNX} (φύλλο εργασίας 'Ηλιακό ZNX')	89%
Απαιτούμενη ωφέλιμη ενέργεια για ZNX	Q _{ZNX,WI} =Q _{ZNX} *(1-η _{Ηλιακό, ZNX})	582 kWh

Εικόνα 58: Συνολικές απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ZNX [PHPP]

4.19 Αποτελέσματα ενεργειακής μελέτης με το λογισμικό PHPP

Έπειτα από την ανάλυση των δεδομένων του υφιστάμενου κτηρίου και την εισαγωγή τους στα κατάλληλα φύλλα εργασίας του λογισμικού PHPP, προκύπτουν οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις του κτηρίου που εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Πιο αναλυτικά, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα της *Εικόνας 59*, το PHPP υπολογίζει την ετήσια απαίτηση θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου. Επίσης υπολογίζεται η ετήσια απαίτηση πρωτογενούς ενέργειας τόσο από μη ανανεώσιμες (ΠΕ), όσο και από ανανεώσιμες (ΠΕ Αν.) πηγές ενέργειας. Προφανώς, το υφιστάμενο κτήριο, δεν ικανοποιεί τα κριτήρια ενός παθητικού κτηρίου καθώς δεν χτίστηκε σύμφωνα με τις αρχές του ΠΚ. Ωστόσο, έχει καλές προδιαγραφές, ώστε με κάποιες μικρές αλλαγές που θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο, να ακολουθήσει το πρότυπο του παθητικού κτηρίου.

Ειδικά χαρακτηριστικά κτιρίου με αναφορά στην κλιματιζόμενη επιφάνεια

	Κλιματιζόμενη επιφάνεια m ²	305,9
Θέρμανση χώρου	Απαίτηση θέρμανσης kWh/(m ² a)	27
	Φορτίο θέρμανσης W/m ²	18
Ψύξη χώρου	Απαίτηση ψύξης και αφύγρανσης kWh/(m ² a)	38
	Φορτίο ψύξης W/m ²	23
	Συχνότητα υπερθέρμανσης (> 25 °C) %	-
	Συχνότητα υπερβολικά υψηλής υγρασίας (> 12 g/kg) %	9
Αεροστεγανότητα	τοτέλεσμα ελέγχου συμπίεσης n ₅₀ 1/h	0,6
Πρωτογενής Ενέργεια από μη Ανανεώσιμες Πηγές (ΠΕ)	Απαίτηση ΠΕ kWh/(m ² a)	102
Πρωτογενής Ενέργεια από Ανανεώσιμες πηγές (ΠΕ Αν.)	Απαίτηση ΠΕ Αν. kWh/(m ² a)	89
	Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας (σε σχέση με την kWh/(m ² a) προβολή του κτιρίου στο	16

Εικόνα 59: Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]

Επιπλέον, το φύλλο εργασίας ΠΕ Αν. του PHPP, υπολογίζει αναλυτικά την απαίτηση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ του υπό μελέτη κτηρίου. Το νέο σύστημα αξιολόγησης του PHPP, θεωρεί ότι το κτήριο αξιολογείται στο σενάριο ενός κόσμου όπου

χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική ενέργεια παρέχουν την πρωτογενή ηλεκτρική ενέργεια. Το σύστημα πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που περιγράφεται, παρέχει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης των κτηρίων στο μέλλον. Ωστόσο, το PHPP, εξακολουθεί να παρέχει και την αξιολόγηση και πιστοποίηση των κτηρίων σύμφωνα με τη συμβατική μέθοδο που χρησιμοποιεί την απαίτηση πρωτογενούς ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές. Στις παρακάτω εικόνες, δίνεται η τελική ενέργεια ανά χρήση του υφιστάμενου κτηρίου, οι ετήσιες εκπομπές αέριων ρύπων CO₂ ανά καύσιμο και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και από ανανεώσιμες (ΠΕ Av.), αλλά και από μη ανανεώσιμες (ΠΕ) πηγές ενέργειας. Μάλιστα, για τη σύγκριση των λογισμικών PHPP και TEE KENAK, θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα σύμφωνα με τη συμβατική μέθοδο που χρησιμοποιεί τις μη ανανεώσιμες πηγές (ΠΕ), καθώς την ίδια μέθοδο ακολουθεί και ο KENAK.

Απαίτηση ενέργειας Αναφορά: Κλιματιζόμενη επιφάνεια	Απόδοση		Τελική ενέργεια		ΠΕ Av.		
	Υπολογισμός	Τιμή καθορισμένη από τον χρήστη	Συνεισφορά (τελική ενέργεια)	Τελική απαίτηση ενέργειας kWh/(m ² a)	συντελεστής ΠΕ Av. kWh/kWh	Πραγματικός συντελεστής ΠΕ Av. (συμπεριλαμβανομένης της ύπαρξης βιομάζας) kWh/kWh	ειδική τιμή ΠΕ Av. kWh/(m ² a)
	-	-					88,5
Θέρμανση			100%			1,34	38,4
Ρεύμα (compact μονάδα ΑΘ)					1,60		
Ρεύμα (αντλία θερμότητας)					1,60		
Τηλεθέρμανση: 1-Κανένα					2,8(4,5|3,3)		
Εύλο και άλλη βιομάζα					1,10		
Φυσικό αέριο / Βιοαέριο	0,96		100%	28,5	1,75	1,34	38,1
Πετρέλαιο θέρμανσης / RE μεθανόλη					2,30		
Ηλιακό θερμικό σύστημα							
Ρεύμα (ηλεκτρικό)					1,60		
Βοηθητικό ρεύμα (θέρμανση, αερισμός κατά τη διάρκεια του χειμώνα)				0,1	1,60	1,60	0,2
Ψύξη και αφύγρανση					1,50		19,2
Ρεύμα ψύξης (αντλία θερμότητας)	2,92			12,8	1,50		19,2
Βοηθητικό ρεύμα ψύξης, θερινός αερισμός					1,50		
Ρεύμα αφύγρανσης (αντλία θερμότητας)					2,00		
Βοηθητικό ρεύμα(αφύγρανση)					2,00		
Παραγωγή ΖΝΧ			100%			0,78	18,7
Ρεύμα (ΑΘ compact μονάδα)					1,20		
Ρεύμα (αντλία θερμότητας)					1,20		
Τηλεθέρμανση: 1-Κανένα					2,8(4,5|3,3)		
Εύλο και άλλη βιομάζα					1,10		
Φυσικό αέριο / Βιοαέριο	0,27		11%	7,1	1,75	1,75	12,4
Πετρέλαιο θέρμανσης/ Μεθανόλη					2,30		
Ηλιακό θερμικό σύστημα			89%	16,0	0,33	0,33	5,3
Ρεύμα (ηλεκτρικό)					1,20		
Βοηθητικό ρεύμα (ΖΝΧ+ ηλιακό ΖΝΧ)				0,8	1,20	1,20	1,0
Ρεύμα νοικοκυριού				10,2		1,20	12,3
Ρεύμα (κατοικίας ή φωτισμός κτηρίου μη τριτογενούς τομέα, κτλ.)				10,2	1,20	1,20	12,3
Βοηθητικό ρεύμα (άλλο)					1,20		

Εικόνα 60: Τελική απαίτηση ενέργειας ανά χρήση και ειδική τιμή ΠΕ Av. [PHPP]

Απαίτηση ενέργειας Αναφορά: Κλιματιζόμενη επιφάνεια	Απόδοση		ΠΕ		CO ₂	
	Υπολογισμός	Τιμή καθορισμένη από τον χρήστη	συντελεστής ΠΕ kWh/kWh	τιμή ΠΕ kWh/(m ² a)	συντελεστής εκπομπών CO ₂ (CO ₂ -eq) kg/kWh	εκπομπές CO ₂ eq kg/(m ² a)
	-	-	1-Συντελεστής ΠΕ (από μη ανανεώσιμες πηγές) Πιστοποίηση PHI		1-Συντελεστής CO2 GEMIS (Germany)	
				101,6		22,4
Θέρμανση			1,11	31,8		7,2
Ρεύμα (compact μονάδα ΑΘ)			2,60		0,532	
Ρεύμα (αντλία θερμότητας)			2,60		0,532	
Τηλεθέρμανση: 1-Κανένα					0,000	
Ξύλο και άλλη βιομάζα			-		-	
Φυσικό αέριο / Βιοαέριο	0,96		1,10	31,4	0,250	7,1
Πετρέλαιο θέρμανσης / RE μεθανόλη			1,10		0,320	
Ηλιακό θερμικό σύστημα			0,00		0,045	
Ρεύμα (ηλεκτρικό)			2,60		0,532	
Βοηθητικό ρεύμα (θέρμανση, αερισμός κατά τη διάρκεια του χειμώνα)			2,60	0,4	0,532	0,1
Ψύξη και αφύγρανση				33,3		6,8
Ρεύμα ψύξης (αντλία θερμότητας)	2,92		2,60	33,3	0,532	6,8
Βοηθητικό ρεύμα ψύξης, θερινός αερισμός			2,60		0,532	
Ρεύμα αφύγρανσης (αντλία θερμότητας)			2,60		0,532	
Βοηθητικό ρεύμα(αφύγρανση)			2,60		0,532	
Παραγωγή ZNX			0,42	10,0		2,9
Ρεύμα (ΑΘ compact μονάδα)			2,60		0,532	
Ρεύμα (αντλία θερμότητας)			2,60		0,532	
Τηλεθέρμανση: 1-Κανένα					0,000	
Ξύλο και άλλη βιομάζα			-		-	
Φυσικό αέριο / Βιοαέριο	0,27		1,10	7,8	0,250	1,8
Πετρέλαιο θέρμανσης/ Μεθανόλη			1,10		0,320	
Ηλιακό θερμικό σύστημα			0,00	0,0	0,045	0,720
Ρεύμα (ηλεκτρικό)			2,60		0,532	
Βοηθητικό ρεύμα (ZNX+ ηλιακό ZNX)			2,60	2,2	0,532	0,4
Ρεύμα νοικοκυριού				26,6		5,4
Ρεύμα (κατοικίας ή φωτισμός κτίριου μη τριτογενούς τομέα, κτλ.)			2,60	26,6	0,532	5,4
Βοηθητικό ρεύμα (άλλο)			2,60		0,532	

Εικόνα 61: Ετήσια κατανάλωση ΠΕ και εκπομπές αέριων ρύπων CO₂ [PHPP]

5. Σύγκριση των λογισμικών TEE KENAK & RHPP

Έχοντας ολοκληρώσει την ανάλυση δεδομένων του υφιστάμενου κτηρίου και λαμβάνοντας τα αποτελέσματα των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων του κτηρίου, τόσο από τη μελέτη με το λογισμικό TEE KENAK, όσο και από τη μελέτη με το λογισμικό RHPP, είναι επόμενο, να γίνει μία σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο λογισμικών.

Στους παρακάτω πίνακες, συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τις δύο ενεργειακές μελέτες. Αρχικά, στον πίνακα 15, δίνονται οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου σε ψύξη και θέρμανση. Στη συνέχεια, στον πίνακα 16, παρουσιάζεται η τελική κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου, σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ, αλλά και η ετήσια κατανάλωση των καυσίμων (πίνακας 17). Ακόμη, στον πίνακα 18, γίνεται σύγκριση των καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας (ΠΕ), από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τέλος, στον πίνακα 19, δίνονται τα αποτελέσματα των δύο λογισμικών που αναφέρονται στις ετήσιες εκπομπές αέριων ρύπων CO₂ του κτηρίου.

Πίνακας 15: Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας του κτηρίου σε ψύξη και θέρμανση (kWh/m²). [KENAK][RHPP]

Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
KENAK													
Θέρμανση	8,8	6,8	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6,9	29,3
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	9,6	13,4	12,3	2,5	0,0	0,0	0,0	39,4
ZNX	2,7	2,5	2,6	2,3	2,1	1,7	1,5	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	25,6
RHPP													
Θέρμανση	7,6	6,8	3,8	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,2	27,3
Ψύξη	0,0	0,0	0,2	0,5	2,0	7,0	11,6	11,4	3,9	0,7	0,1	0,0	37,6
ZNX	1,52	1,37	1,52	1,47	1,52	1,47	1,52	1,52	1,47	1,52	1,47	1,52	18

Πίνακας 16: Τελική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²). [ΚΕΝΑΚ][ΡΗΡΡ]

Τελική Χρήση	ΚΕΝΑΚ	ΡΗΡΡ
Θέρμανση	26,9	28,6
Ψύξη	12,1	12,8
ZNX	9,6	7,1
Ηλιακή ενέργεια ZNX	18,8	16,8
Σύνολο	48,6	48,5

Στον πίνακα 17 που ακολουθεί, δίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις καυσίμων ανά καύσιμο που προκύπτουν από τα δύο λογισμικά.

Πίνακας 17: Ετήσια κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²). [ΚΕΝΑΚ][ΡΗΡΡ]

Τελική Χρήση	ΚΕΝΑΚ	ΡΗΡΡ
Ηλεκτρισμός	12,2	12,8
Φυσικό αέριο	36,4	35,7
Ηλιακή ενέργεια	18,8	16,8
Γεωθερμία	0,0	0,0
Σύνολο	48,6	48,5

Πίνακας 18: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (ΠΕ) (kWh/m²). [ΚΕΝΑΚ][ΡΗΡΡ]

Τελική Χρήση	ΚΕΝΑΚ	ΡΗΡΡ
Θέρμανση	28,6	31,8
Ψύξη	35,0	33,3
ZNX	10,1	10,0
Σύνολο	73,7	75,1

Πίνακας 19: Ετήσιες εκπομπές αέριου CO₂ του κτηρίου (kg/έτος/m²). [ΚΕΝΑΚ][ΡΗΡΡ]

Τελική χρήση	ΚΕΝΑΚ	ΡΗΡΡ
Ηλεκτρισμός	12,0	12,2
Φυσικό αέριο	14,0	10,1
Ηλιακή ενέργεια	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Σύνολο	26,0	22,3

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο λογισμικών από τους παραπάνω πίνακες, γίνεται αντιληπτό ότι τα λογισμικά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και ΡΗΡΡ συγκλίνουν αρκετά, καθώς έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις ως προς τα αποτελέσματα που καταλήγουν οι ενεργειακές τους μελέτες. Οι αποκλίσεις αυτές είναι λογικό να υπάρχουν, καθώς τα δύο λογισμικά έχουν διαφορετικές αρχές λειτουργίας και ακολουθούν διαφορετικές διαδικασίες υπολογισμού των ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτηρίου. Παρόλα αυτά, από τις παραπάνω συγκρίσεις, επαληθεύεται η αξιοπιστία των δύο λογισμικών και η ικανότητα τους για ακριβείς ενεργειακούς υπολογισμούς για κάθε είδος κτηρίου.

Ενεργειακή αναβάθμιση του υφιστάμενου κτηρίου

Όπως αποδείχθηκε από την μελέτη του προηγούμενου κεφαλαίου, η υπό μελέτη πολυκατοικία, δεν τηρεί τις προδιαγραφές του παθητικού κτηρίου. Ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα, έπειτα από σωστό σχεδιασμό στο λογισμικό ΡΗΡΡ, να αναβαθμιστεί ενεργειακά και να ακολουθήσει το πρότυπο του ΠΚ. Μερικές ενέργειες που μπορούν να οδηγήσουν στην ενεργειακή της αναβάθμιση, είναι οι εξής:

- Αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους.
- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων που θα συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών απωλειών.
- Ενσωμάτωση μηχανικού αερισμού για εξασφάλιση θερμικής άνεσης και μείωσης των απωλειών θέρμανσης και ψύξης.
- Εξάλειψη των θερμογεφυρών του κτηριακού κελύφους.
- Εγκατάσταση ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας και αύξηση της απόδοσης του κτηρίου.

6. Πραγματικές καταναλώσεις του υφιστάμενου κτηρίου

Στα κεφάλαια 3 και 4 της παρούσας εργασίας, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δεδομένων του υφιστάμενου κτηρίου και ακολούθησε η ενεργειακή του μελέτη από το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και το λογισμικό ΡΗΡΡ. Όπως φάνηκε και στο κεφάλαιο 5 της εργασίας, τα αποτελέσματα των δύο μελετών συνέκλιναν αρκετά μεταξύ τους. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να αποδειχθεί αν αυτά τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών συμπίπτουν με τις πραγματικές καταναλώσεις του υφιστάμενου κτηρίου. Έτσι, έπειτα από μία διαδικασία έρευνας, επικοινωνίας και συνεργασίας με τον ιδιοκτήτη ενός από τα διαμερίσματα της υφιστάμενης τριώροφης πολυκατοικίας που μελετήθηκε σε αυτήν την εργασία, έγινε συλλογή των εκκαθαριστικών λογαριασμών του ρεύματος. Στις παρακάτω εικόνες, δίνονται οι πραγματικές καταναλώσεις ρεύματος του διαμερίσματος του 1^{ου} ορόφου της πολυκατοικίας για τη χρονική περίοδο 12/02/22 – 30/03/23 δηλαδή για χρονική περίοδο σχεδόν 14 μηνών.

Εκκαθαριστικός λογαριασμός		ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ	
		*347,00€		Σκανάρτε για άμεση εξόφληση
Τιμολόγιο:	myHome Enter + Green Pass	ΕΞΟΦΛΗΣΗ ΕΩΣ	
Διεύθυνση ακινήτου:	ΑΞΙΟΥΠΟΛΕΩΣ 40 111 42 ΑΘΗΝΑ	29/06/2022	
Επόμενη καταμέτρηση:	03/10/2022		
Αριθμός παροχής	7 13591892-01 6		
Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ	178, 29€		
Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	49, 13€		
Εναντι Κατανάλωσης			
Διάφορα - Δήμος - ΕΡΤ	105, 82€		
ΦΠΑ	13, 76€		
Προηγούμενο Ανεξόφλητο Ποσό			
Αγνοήστε το εάν έχει πληρωθεί			
Συνολικό ποσό πληρωμής	*347, 00€		
		Η κατανάλωσή σας	
		Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	935 kWh
		Περίοδος Κατανάλωσης	12/02/2022 - 31/05/2022
		Ημέρες	109
		Ημ/νία Έκδοσης	04/06/2022
		A/A Λογαριασμού	1296378500

Εκκαθαριστικός λογαριασμός		ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ	
		*85,00€		Σκανάρτε για άμεση εξόφληση
Τιμολόγιο:	myHome Enter + Green Pass	ΕΞΟΦΛΗΣΗ ΕΩΣ	
Διεύθυνση ακινήτου:	ΑΞΙΟΥΠΟΛΕΩΣ 40 111 42 ΑΘΗΝΑ	25/08/2022	
Επόμενη καταμέτρηση:	01/12/2022		
Αριθμός παροχής	7 13591892-01 6		
Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ	91, 45€		
Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	25, 13€		
Εναντι Κατανάλωσης	-64, 70€		
Διάφορα - Δήμος - ΕΡΤ	29, 94€		
ΦΠΑ	3, 18€		
Προηγούμενο Ανεξόφλητο Ποσό			
Αγνοήστε το εάν έχει πληρωθεί			
Συνολικό ποσό πληρωμής	*85, 00€		
		Η κατανάλωσή σας	
		Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	477 kWh
		Περίοδος Κατανάλωσης	01/06/2022 - 31/07/2022
		Ημέρες	61
		Ημ/νία Έκδοσης	03/08/2022
		A/A Λογαριασμού	1302625203

Εκκαθαριστικός λογαριασμός		ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ	
		*107,00€		Σκανάρτετε για άμεση εξόφληση
Τιμολόγιο:	myHome Enter + Green Pass	ΕΞΟΦΛΗΣΗ ΕΩΣ	
Διεύθυνση ακινήτου:	ΑΞΙΟΥΠΟΛΕΩΣ 40 111 42 ΑΘΗΝΑ	27/12/2022	
Επόμενη καταμέτρηση:	31/03/2023	Η κατανάλωσή σας	
Αριθμός παροχής	7 13591892-01 6	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	1.022 kWh
Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ	205,40€	Περίοδος Κατανάλωσης	01/08/2022 - 30/11/2022
Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	55,56€	Ημέρες	122
Έναντι Κατανάλωσης	-188,53€	Ημ/νία Έκδοσης	05/12/2022
Διάφορα - Δήμος - ΕΡΤ	30,09€	Α/Α Λογαριασμού	1315008422
ΦΠΑ	4,48€		
Προηγούμενο Ανεξόφλητο Ποσό			
Αγνοήστε το εάν έχει πληρωθεί			
Συνολικό ποσό πληρωμής	*107,00€		

Εκκαθαριστικός λογαριασμός		ΠΟΣΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ	
		*128,00€		Σκανάρτετε για άμεση εξόφληση
Τιμολόγιο:	myHome Open Green Pass	ΕΞΟΦΛΗΣΗ ΕΩΣ	
Διεύθυνση ακινήτου:	ΑΞΙΟΥΠΟΛΕΩΣ 40 111 42 ΑΘΗΝΑ	28/04/2023	
Επόμενη καταμέτρηση:	01/08/2023	Η κατανάλωσή σας	
Αριθμός παροχής	7 13591892-01 6	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	1.180 kWh
Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ	222,42€	Περίοδος Κατανάλωσης	01/12/2022 - 30/03/2023
Ρυθμιζόμενες χρεώσεις	64,66€	Ημέρες	120
Έναντι Κατανάλωσης	-194,34€	Ημ/νία Έκδοσης	04/04/2023
Διάφορα - Δήμος - ΕΡΤ	29,37€	Α/Α Λογαριασμού	1327245472
ΦΠΑ	5,89€		
Προηγούμενο Ανεξόφλητο Ποσό			
Αγνοήστε το εάν έχει πληρωθεί			
Συνολικό ποσό πληρωμής	*128,00€		

Εικόνα 62: Πραγματικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου

Προσθέτοντας τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας από 12/02/22 – 30/03/23, η συνολική κατανάλωση ρεύματος που προκύπτει είναι ίση με $935 + 477 + 1.022 + 1.180 = 3.614$ kWh. Διαιρώντας τις kWh με την κλιματιζόμενη επιφάνεια του διαμερίσματος, προκύπτει ότι η συνολική κατανάλωση ρεύματος ισούται με $3.614/101,96 = 35,44$ kWh/m². Πράγματι, κοιτάζοντας τον πίνακα 18, παρατηρούμε ότι η πραγματική κατανάλωση ρεύματος του κτηρίου είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για την ψύξη του κτηρίου, όπως προκύπτει από τα δύο λογισμικά. (Υπενθυμίζεται ότι το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται ως καύσιμο στο σύστημα ψύξης του κτηρίου, ενώ το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο στο σύστημα θέρμανσης του υφιστάμενου κτηρίου και για την παροχή ΖΝΧ). Έτσι αποδεικνύεται η ισχύς των λογισμικών TEE KENAK και RHPP, καθώς τα αποτελέσματα από τις μελέτες του υφιστάμενου κτηρίου, συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με τις πραγματικές του καταναλώσεις.

7. Συμπεράσματα

Από τη διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε, βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα λογισμικά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και ΡΗΡΡ, αποτελούν εξίσου δύο πολύ χρήσιμα εργαλεία, τα οποία είναι ικανά να αναλύσουν σε βάθος οποιοδήποτε τύπο κτηρίου και έπειτα από την ενεργειακή του μελέτη να καταλήξουν σε έγκυρα και βέβαια αποτελέσματα τα οποία είναι συμβατά με την πραγματική κατανάλωση ενός κτηρίου. Έτσι, χρησιμοποιώντας αυτά τα λογισμικά, υπάρχει η δυνατότητα να σχεδιαστούν κτήρια με αρκετά χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

Το λογισμικό ΡΗΡΡ, όντας πιο νέο και καινοτόμο, έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει από την αρχή ή να ανακαινίσει ένα παλαιότερο κτήριο σύμφωνα με τις αρχές του παθητικού κτηρίου. Τα παθητικά κτήρια είναι το πρότυπο των μελλοντικών “πράσινων” κτηρίων, το οποίο έχει αρχίσει και επεκτείνεται τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό. Το πρότυπο αυτό, καταπολεμά την παγκόσμια ενεργειακή κρίση και τις κλιματικές αλλαγές. Στην Ελλάδα είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί αυτή η ενεργειακή μετάβαση, καθώς θα επιφέρει μεγάλο κέρδος, τόσο στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον. Όπως άλλωστε έχει διατυπωθεί, το πρότυπο του παθητικού κτηρίου και η εφαρμογή του, μετατρέπει τα κτήρια από πρόβλημα σε λύση και από καταστροφέα του περιβάλλοντος σε “μηχανή” βιωσιμότητας. Αυτό σημαίνει, ότι το πρότυπο του παθητικού κτηρίου επεκτείνεται συνεχώς με ραγδαίους ρυθμούς και θα συνεχίσει να εξελίσσεται παγκοσμίως, συμβάλλοντας στην προσπάθεια για ένα καλύτερο και βιώσιμο μέλλον.

8. Βιβλιογραφία

- [1] "Passipedia," [Online]. Available: <https://passipedia.org>.
- [2] "HALUCOM," [Online]. Available: <https://halucom.gr/proionta/exoteriki-thermomonosi/>
- [3] ASHRAE, Advanced Energy Design Guide For K-12 School Buildings Achieving a Zero Energy Building, U.S. Department of Energy, 2014.
- [4] "Climateframe," [Online]. Available: <https://climateframedoubleglazing.com.au/>
- [5] ΕΙΠΑΚ-Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου www.eipak.org
- [6] Passive House Institute www.passiv.de
- [7] D. W. Feist, «Passive House Planning Package,» [Ηλεκτρονικό].
- [8] Κ. Ε. Τζιβανίδης Χρήστος, "Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων," in Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, 2020.
- [9] Δ. Παλλαντζάς, "«Ενεργειακή ανάλυση παθητικών συστημάτων σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης με χρήση των λογισμικών PHPP και DesignPH,»» 2019.
- [10] Τ.Ε.Ε., "- Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης," "Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701, Αθήνα, 2017.

9. Κατάλογος Εικόνων

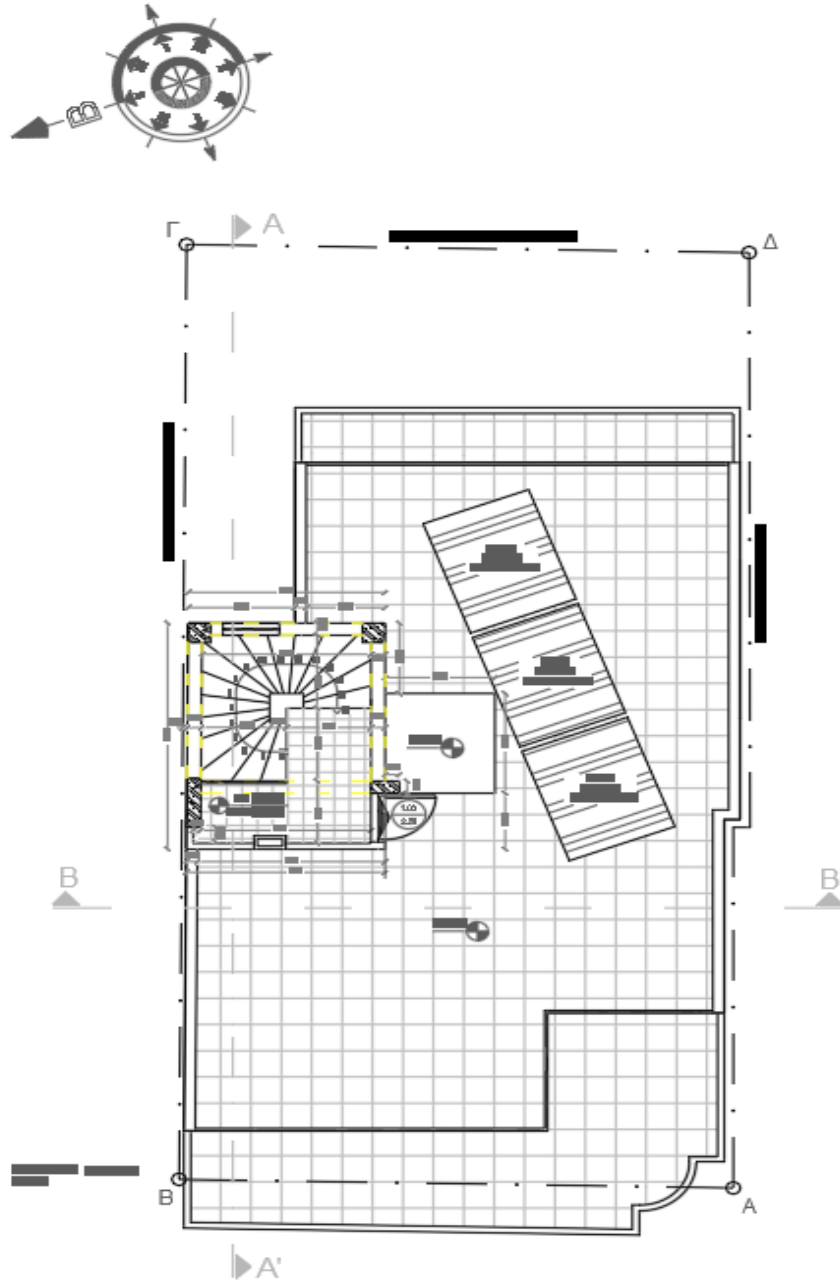
Εικόνα 1: Οι 5 βασικές αρχές του παθητικού κτηρίου [1].....	13
Εικόνα 2: Εξωτερική θερμομόνωση κτηρίου [2].....	15
Εικόνα 3: Βέλτιστη τοποθέτηση ενεργειακών κουφωμάτων κτηρίου [3].....	16
Εικόνα 4: Διαφορετικές κατηγορίες υλικών ενεργειακών κουφωμάτων [4].....	16
Εικόνα 5: Διαρροές αέρα διαμέσου του κελύφους [5].....	17
Εικόνα 6: Μηχανικός αερισμός κτηρίου [5].....	18
Εικόνα 7: Ροή αέρα σε σύστημα αερισμού κτηρίου [5].....	19
Εικόνα 8: Θερμικό περίβλημα κτηρίου και πιθανά σημεία εμφάνισης θερμογεφυρών [6]	20
Εικόνα 9: Εξωτερικοί τοίχοι κτηρίου.....	27
Εικόνα 10: Εξωτερικοί δοκοί κτηρίου.....	28
Εικόνα 11: Εσωτερικοί τοίχοι κτηρίου (E1).....	28
Εικόνα 12: Εσωτερικοί δοκοί κτηρίου (E2).....	29
Εικόνα 13: Εσωτερικοί τοίχοι κτηρίου (E3).....	29
Εικόνα 14: Δάπεδο κτηρίου.....	30
Εικόνα 15: Δάπεδο κτηρίου σε επαφή με ΜΘΧ.....	30
Εικόνα 16: Δώμα κτηρίου.....	31
Εικόνα 17: Ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτηρίου [KENAK].....	41
Εικόνα 18: Σειρά εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό PHPP [7].....	42
Εικόνα 19: Φύλλο εργασίας έλεγχος κριτηρίων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	43
Εικόνα 20: Κλιματικά δεδομένα υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	44
Εικόνα 21: Πλησιέστερα κλιματικά δεδομένα σύμφωνα με τη γεωγραφική θέση [PHPP] .	45
Εικόνα 22: Διάγραμμα καμπυλών κλιματικών δεδομένων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP]	45
.....	
Εικόνα 23: Τιμή – U των εξωτερικών τοίχων του κτηρίου [PHPP].....	46
Εικόνα 24: Τιμή – U των εξωτερικών δοκών – υποστυλωμάτων του κτηρίου [PHPP].....	47
Εικόνα 25: Τιμή – U δώματος του κτηρίου [PHPP].....	47
Εικόνα 26: Τιμή – U δαπέδου του κτηρίου [PHPP].....	48
Εικόνα 27: Υπολογισμός επιφανειών δομικών στοιχείων με το PHPP [7].....	49
Εικόνα 28: Εισαγωγή επιφανειών του κτηριακού κελύφους [PHPP].....	52
Εικόνα 29: Εισαγωγή των χαρακτηριστικών της εκάστοτε επιφάνειας [PHPP].....	53
Εικόνα 30: Εισαγωγή θερμογεφυρών του κτηριακού κελύφους [PHPP].....	54
Εικόνα 31: Συγκεντρωτικός πίνακας επιφανειών και θερμογεφυρών του κτηρίου [PHPP]	55
Εικόνα 32: Υπολογισμός μέσης τιμής – U του θερμικού φακέλου [PHPP].....	55
Εικόνα 33: Δεδομένα εισαγωγής στο φύλλο εργασίας Έδαφος [PHPP].....	58
Εικόνα 34: Τύπος πλάκας δαπέδου υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	59
Εικόνα 35: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας Έδαφος [PHPP].....	59
Εικόνα 36: Σύστημα υαλοπινάκων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	60
Εικόνα 37: Σύστημα πλαισίου κουφωμάτων του υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	61
Εικόνα 38: Δεδομένα κουφωμάτων υφιστάμενου κτηρίου [PHPP].....	63

Εικόνα 39: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας Κουφώματα [RHPP]	64
Εικόνα 40: Δεδομένα κουφωμάτων και στοιχείων σκίασης [RHPP]	66
Εικόνα 41: Συντελεστές σκίασης κουφωμάτων υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]	66
Εικόνα 42: Δεδομένα αερισμού υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]	67
Εικόνα 43: Αποτελέσματα φύλλου εργασίας αερισμός [RHPP]	67
Εικόνα 44: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου [7].....	68
Εικόνα 45: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου θέρμανσης κτηρίου [RHPP]	69
Εικόνα 46: Ειδική ενέργεια θέρμανσης του κτηρίου (μηνιαία μέθοδος) [RHPP].....	70
Εικόνα 47: Αξιολόγηση της συχνότητας υπερθέρμανσης [7].....	72
Εικόνα 48: Διάγραμμα εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών του κτηρίου [RHPP] ..	72
Εικόνα 49: Διάγραμμα εισροών αερισμού στο υφιστάμενο κτήριο [RHPP]	73
Εικόνα 50: Ειδική ενέργεια ψύξης του κτηρίου (μηνιαία μέθοδος) [RHPP]	74
Εικόνα 51: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου ψύξης κτηρίου [RHPP]	75
Εικόνα 52: Μονάδα ψύξης υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]	76
Εικόνα 53: Φορτία υγρασίας και απομάκρυνση υγρασίας [RHPP]	77
Εικόνα 54: Σύστημα διανομής ΖΝΧ του υφιστάμενου κτηρίου [RHPP].....	78
Εικόνα 55: Θερμικό ηλιακό σύστημα υφιστάμενου κτηρίου [RHPP].....	79
Εικόνα 56: Διάγραμμα θερμικού ηλιακού συστήματος υφιστάμενου κτηρίου [RHPP].....	80
Εικόνα 57: Δεδομένα εισαγωγής λέβητα του υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]	81
Εικόνα 58: Συνολικές απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ΖΝΧ [RHPP].....	81
Εικόνα 59: Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του υφιστάμενου κτηρίου [RHPP]	82
Εικόνα 60: Τελική απαίτηση ενέργειας ανά χρήση και ειδική τιμή ΠΕ Αν. [RHPP]	83
Εικόνα 61: Ετήσια κατανάλωση ΠΕ και εκπομπές αέριων ρύπων CO2 [RHPP].....	84
Εικόνα 62: Πραγματικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου .	89
Εικόνα 63: Κάτοψη δώματος υφιστάμενου κτηρίου.....	95
Εικόνα 64: Κάτοψη τυπικού ορόφου υφιστάμενου κτηρίου.....	96
Εικόνα 65: Κάτοψη ισογείου υφιστάμενου κτηρίου.....	97
Εικόνα 66: Κάτοψη υπογείου υφιστάμενου κτηρίου.....	98

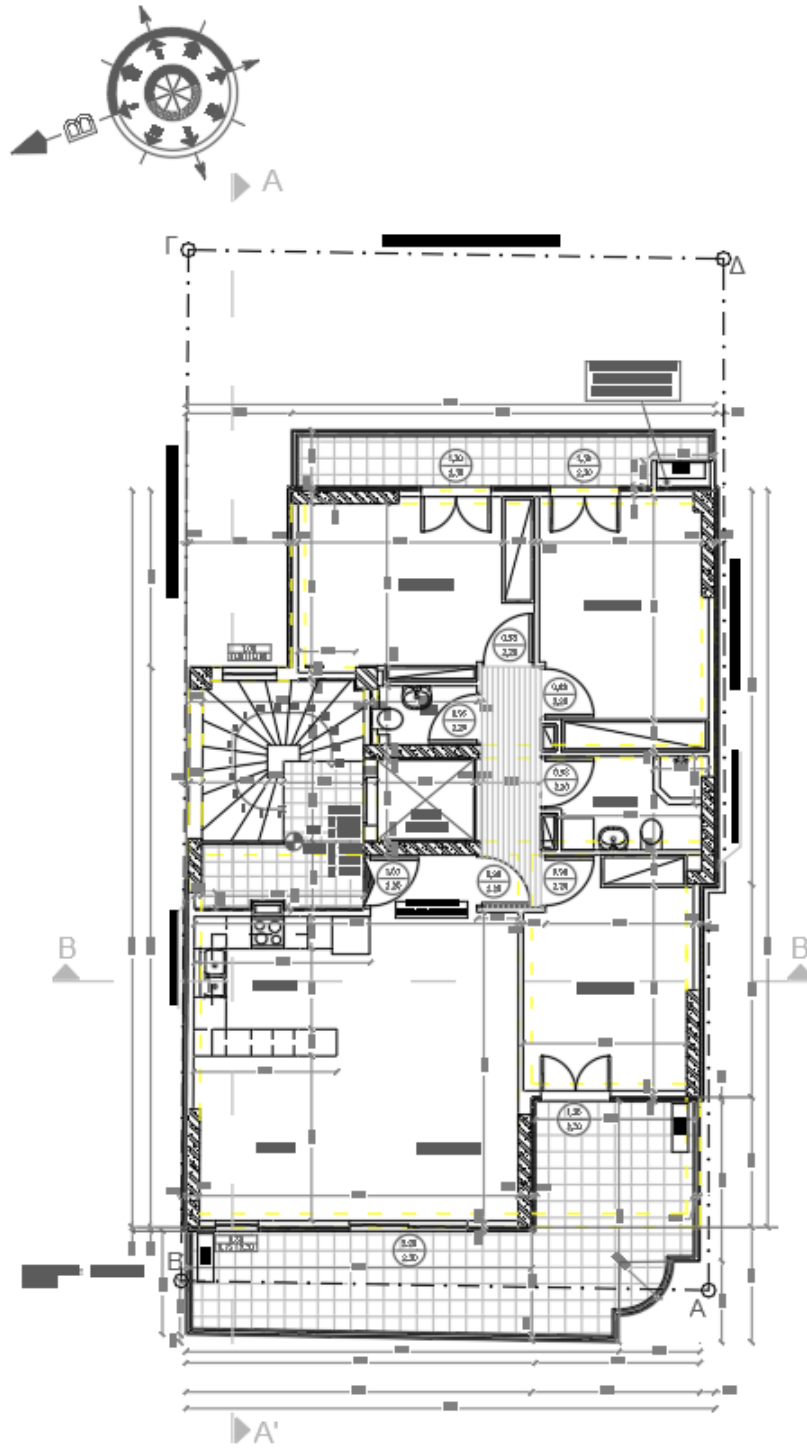
10. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου. [KENAK]	25
Πίνακας 2: Συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου. [KENAK]	26
Πίνακας 3: Δεδομένα κουφωμάτων του κτηρίου. [KENAK]	32
Πίνακας 4: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης πολυκατοικίας. [KENAK]	34
Πίνακας 5: Δεδομένα συστήματος ψύξης πολυκατοικίας. [KENAK]	35
Πίνακας 6: Δεδομένα συστήματος ΖΝΧ πολυκατοικίας. [KENAK]	36
Πίνακας 7: Δεδομένα ηλιακών συλλεκτών πολυκατοικίας. [KENAK]	37
Πίνακας 8: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης/ψύξης (kWh/m ²). [KENAK]	38
Πίνακας 9: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m ²). [KENAK]	39
Πίνακας 10: Ετήσια κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²). [KENAK]	39
Πίνακας 11: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων. [KENAK]	40
Πίνακας 12: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²). [KENAK]	40
Πίνακας 13: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας και έκλυση αερίων ρύπων. [KENAK]	41
Πίνακας 14: Περιγραφή ομάδων επιφανειών και θερμογεφυρών. [7]	50
Πίνακας 15: Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας του κτηρίου σε ψύξη και θέρμανση (kWh/m ²). [KENAK][RHPP]	85
Πίνακας 16: Τελική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m ²). [KENAK][RHPP]	86
Πίνακας 17: Ετήσια κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²). [KENAK][RHPP]	86
Πίνακας 18: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (ΠΕ) (kWh/m ²). [KENAK][RHPP]	86
Πίνακας 19: Ετήσιες εκπομπές αερίου CO ₂ του κτηρίου (kg/έτος/m ²). [KENAK][RHPP]	87

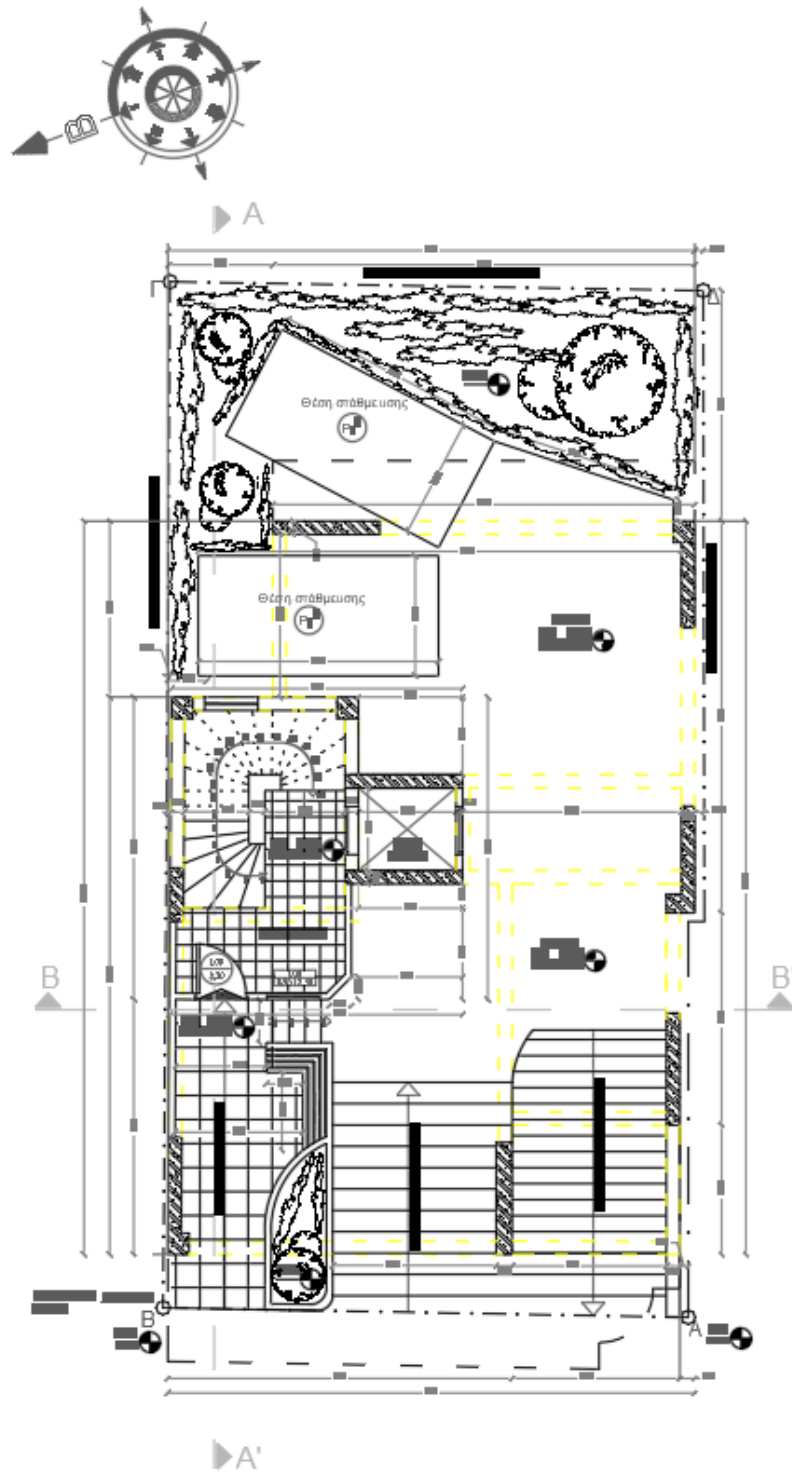
11. Παράρτημα Ι – Αρχιτεκτονικά Σχέδια



Εικόνα 63: Κάτοψη δώματος υφιστάμενου κτηρίου



Εικόνα 64: Κάτοψη τυπικού ορόφου υφιστάμενου κτηρίου



Εικόνα 65: Κάτοψη ισογείου υφιστάμενου κτηρίου

