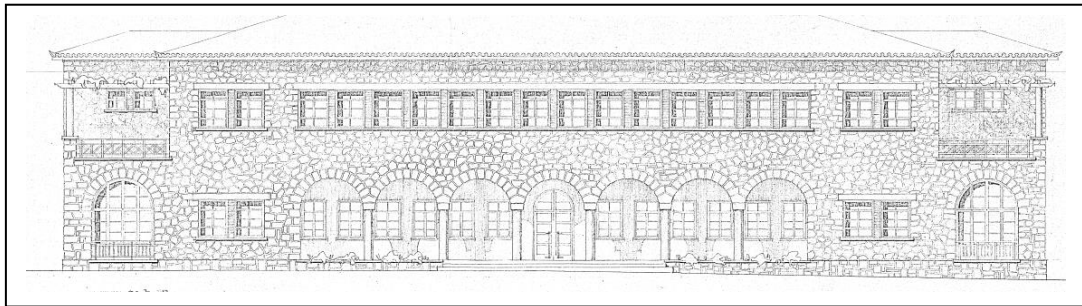




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΕ CAD ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΖΑΝΝΕΙΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ & ΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ



Φοιτήτρια: Λειβαδάρα Σταυρούλα
ΑΜ: 46079

Επιβλέποντες Καθηγητές:
Κανετάκη Ζωή
Προεστάκης Εμμανουήλ

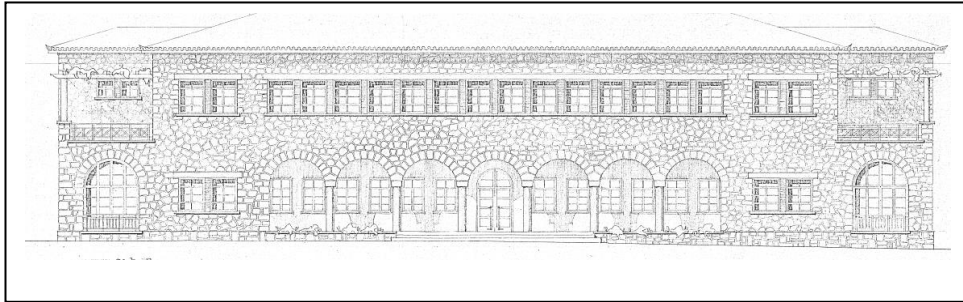
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ,
ΙΟΥΝΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Bachelor's Thesis

COMPUTER AIDED DESIGN (CAD) AND UPGRADE OF THE ENERGY EFFICIENCY OF AN OFFICE BUILDING (ZANNIO INSTITUTION) WITH TECHNICAL AND FINANCIAL STUDY OF INVESTMENT AND AMOR- TISATION SCHEDULE



Student: Leivadara Stavroula
Registration Number: 46079

Supervisors

Kanetaki Zoi
Proestakis Emmanouil

ATHENS-EGALEO,
JUNE,2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΖΩΗ ΚΑΝΕΤΑΚΗ ΛΕΚΤΟΡΑΣ	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΡΟΕΣΤΑΚΗΣ ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΑΡΡΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και (Όνοματεπώνυμο Φοιτητή/ήτριας),
Μήνας, Έτος**

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΛΕΙΒΑΔΑΡΑ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ του ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ και της ΛΑΜΠΡΙΝΗΣ, με αριθμό μητρώου 46079 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 05/05/2025 και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Ο/Η Δηλών/ούσα
Λειβαδάρα Σταυρούλα



*Στους γονείς μου και
στον συμφοιτητή μου Δημήτριο Θεριανό*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, κα. Κανετάκη και κ. Προεστάκη για την υπομονή, καθοδήγηση και την ουσιαστική βοήθεια που απλόχερα μου προσέφεραν κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υπομονή και κατανόηση που έδειξαν κατά την διάρκεια της μελέτης

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή και ενεργειακή κρίση έχουν εντείνει την λήψη άμεσων μέτρων ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος παγκοσμίως. Ο κτηριακός τομέας είναι ένας τους ενεργοβόρους τομείς που συμβάλλουν στην κατάσταση αυτή, με συμμετοχή του 40% της συνολικής κατανάλωσης και του 36% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Πολιτικές, επιδοτούμενα προγράμματα και καλές πρακτικές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτηρίων εφαρμόζονται παγκοσμίως και σε εθνικό επίπεδο για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Το ελληνικό κράτος έχει θέσει ως στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του 12-15% των κτιρίων εντός της επόμενης δεκαετίας, προκειμένου να μειώσει τις καταναλώσεις της πρωτογενούς ενέργειας και τους ρύπους. Επιπλέον, προωθεί την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την προστασία του κτηριακού κελύφους μέσω προγραμμάτων. Στο επίκεντρο, εκτός των κατοικιών, βρίσκεται πλέον και η ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων του τριτογενούς τομέα, όπως γραφείων. Οι ενεργειακές απαιτήσεις σε αυτό το τομέα αναμένεται να αυξηθούν κατά 26 % το 2030 σε σχέση με το 2005. Ιδανικός στόχος είναι όλα τα κτήρια να είναι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η ενεργειακή προφίλ των γραφείων του Ζαννείου Ιδρύματος στην Εκάλη και οι προτάσεις αναβάθμισης του σε μηδενικής κατανάλωσης. Η μεθοδολογία βασίζεται στις τεχνικές οδηγίες του TOTEE 270710-1/2017 και το πιστοποιημένο λογισμικό TEE KENAK από το ΥΠΕΚΑ. Το εξεταζόμενο κτήριο υπάγεται σε χαμηλή ενεργειακή κλάση κυρίως λόγω απουσίας θερμομόνωσης, του τύπου των λαμπτήρων και της κατάστασης των Η/Μ συστημάτων του. Τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας προτάθηκαν βάσει της οικονομικής βιωσιμότητας και των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων. Ο συνδυασμός πάνω από μιας επέμβασης, όπως προσθήκης θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους με εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων κλπ, μπορεί να κάνει το κτήριο σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και κλάση (A++). Ωστόσο, σημαντικός είναι και ο οικονομικός παράγοντας στη λήψη αποφάσεων. Τέλος, γίνεται μια αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αναφορικά με το κόστος και τα οφέλη κάθε σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας.

Λέξεις – κλειδιά

Ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, λογισμικό TEE- KENAK, γραφεία, ενεργειακή επιθεώρηση, ενεργειακή μελέτη, ενεργειακή κατανάλωση

Abstract

Climate change and the energy crisis have forced us to take immediate action to save energy and reduce the carbon footprint worldwide. The building sector is responsible for 40% of the total end-use energy consumption and 36% of the greenhouse gas emissions. Strategies, directives, financial incentives, and best practice interventions for energy upgrading of existing buildings are implemented at global and the national level.

The Greek national plan aims to energy upgrade by 12-15% of existing buildings within the next decade (2021-2030) to reduce primary energy consumption and GHGs. Furthermore, the government has established national programs to facilitate the uptake of energy efficiency, promote the implementation of renewable energy sources, and the renovation of the building envelope. The programs do not involve only to residential buildings but also concern the tertiary sector. The estimated energy demand in this sector is expected to be increased by 26% in 2030 compared to 2005. The best scenario is for the existing building to be nearly zero energy consumption buildings (nZEB).

In this thesis, the office building of the Non-government Foundation in Ekali was selected to evaluate its energy profile and propose three energy saving potentials. The final goal is to become a nearly zero energy building. The methodology is a cost-optimal study, based on the technical guidelines of the TOTEE 270710-1/2017 and software TEE KENAK, both approved by the Ministry of Internal Affairs and Communications. The existing building is in the low energy category due to the lack of thermal insulation, the type of systems, and the condition of its HVAC systems. Energy-saving scenarios were proposed based on economic sustainability and energy-effective results. The combination of more than one action, such as the retrofit of the building envelope with the implementation of photovoltaic systems, can make the building in zero nearly zero energy building (A++). On the other hand, the economic factor is also crucial in decision making. Finally, a benchmarking study on the energy efficiency and financial per energy-saving scenario should take place to give us complete results.

Keywords

Energy upgrade, Energy savings, TEE-KENAK software, office building, energy inspection, energy study, Interventions proposal, energy consumption.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	10
Κατάλογος εξισώσεων	10
Κατάλογος Εικόνων	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	13
Σκοπός, Στόχοι και Δομή διπλωματικής εργασίας.....	13
Μεθοδολογία.....	14
Δομή 14	
1. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	15
1.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ.....	15
1.2. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	18
1.1.1 Προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης.....	21
1.1.2 Εμπόδια στη λήψη επενδυτικής απόφασης ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίου.....	23
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ	24
2.1 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΑ ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	25
2.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	29
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	30
2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ.....	31
2.5 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (SMART HOME)	32
2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	33
2.7 ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΛΥΓΧΟΥ.....	35
2.8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	35
3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	37
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ/ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	37
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	40
3.2.1 Περιγραφή θέσης, προσανατολισμού του κτηρίου μελέτης.....	40
3.2.2 Ιστορικά χαρακτηριστικά και η σημασία του ιδρύματος και χρήσεις του κτηρίου μελέτης.....	42
3.2.3 Γενικά δεδομένα - συνθήκες λειτουργίας κτηρίου μελέτης	43
3.2.4 Περιγραφή της γεωμετρίας του κτηρίου	45
3.2.5 Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων	48
3.2.6 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	58
3.2.7 Αποτελέσματα υπολογισμών- ενεργειακή κατάταξη.....	64
3.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ	67
3.3.1 Σενάριο 1: Συντήρηση συστήματος θέρμανσης και αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού.....	67
3.3.2 Σενάριο 2: Τοποθέτηση θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων και αντλία θερμότητας.....	69
3.3.3 Σενάριο 3: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πλαισίου	72
3.3.4 Αποτελέσματα ενεργειακών επεμβάσεων.	73
3.4 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	76
3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ -ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	78
4. ΑΝΤΙ ΕΠΙΛΟΓΟΥ	80
Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	82

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συνολικός αριθμός κτηρίων και χρήση για το έτος 2015	21
Πίνακας 2: Εκτίμηση εξοικονόμησης ενέργειας (Πηγή [5])	23
Πίνακας 3: Οικονομικά μέτρα για την ανακαίνιση του κτηριακού αποθέματος και πεδία εφαρμογής (Πηγή [5])	23
Πίνακας 4: Σύγκριση εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης (Πηγή [1])	27
Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα κατάργησης λαμπτήρων	32
Πίνακας 6: Γενικά στοιχεία λειτουργίας του υπό εξέταση κτηρίου	43
Πίνακας 7 Επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων γραφείων σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 του TOTEE και το ΕΛΟΤ EN 15251:2007	44
Πίνακας 8: Επιθυμητή Στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά γραφείου σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 του TOTEE	45
Πίνακας 9: Στοιχεία κτηρίου	46
Πίνακας 10: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ανοιγμάτων	51
Πίνακας 11: Συντελεστές ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας και θερμικής ακτινοβολίας σύμφωνα με τους πίνακες 3.15-3.16 του TOTEE-20701-1/2017	52
Πίνακας 12: Συντελεστές σκίασης από προβόλους β.....	54
Πίνακας 13 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F _{fin} από την δεξιά πλευρά.....	55
Πίνακας 14: Υπολογισμός αερισμού λόγω αεροστεγανότητας.....	56
Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης.....	60
Πίνακας 16: Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης	61
Πίνακας 17: Σύστημα μηχανικού αερισμού	62
Πίνακας 18: Συνολική ισχύς φωτισμού.....	63
Πίνακας 19: Ποσοστό κάλυψης φυσικού φωτισμού	64
Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά συστήματος φωτισμού	64
Πίνακας 21: Απαιτούμενα μηνιαία φορτία για την θέρμανση και την ψύξη στο εξεταζόμενο κτήριο και στο κτήριο αναφοράς.....	65
Πίνακας 22: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά σύστημα	65
Πίνακας 23 : Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση	65
Πίνακας 24 Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης μετά την συντήρηση.....	67
Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά σύστημα προτεινόμενου φωτισμού.....	69
Πίνακας 26: Νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας μετά την προσθήκη θερμομόνωσης	70
Πίνακας 27: Χαρακτηριστικά προτεινόμενης αντλίας θερμότητας αέρος-νερού	72
Πίνακας 28: Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	73
Πίνακας 29: Πρώτο σενάρια τα φωτοβολταϊκά συστήματα	73

Κατάλογος εξισώσεων

Εξίσωση 1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας	51
Εξίσωση 2: Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους	53
Εξίσωση 3: Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ισχύος.....	58
Εξίσωση 4: Υπολογισμός εποχιακού βαθμού απόδοσης.....	59
Εξίσωση 5: Υπολογισμός θερμικών απωλειών	59
Εξίσωση 6: Υπολογισμός απόδοσης θερμικών σωμάτων	60
Εξίσωση 7: Υπολογισμός βάθους ζώνης φυσικού φωτισμού	63

Εξίσωση 8: Υπολογισμός πλάτους ζώνης φυσικού φωτισμού.....	63
Εξίσωση 9: Ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ λαμπτήρων.....	68
Εξίσωση 10: Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ισχύος.....	71

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Εξέλιξη των αερίων του θερμοκηπίου από ορυκτά καύσιμα	15
Εικόνα 2: Παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση ανά τομέα το 2005.....	16
Εικόνα 3 Εκπομπές αερίων ρύπων ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση	18
Εικόνα 4: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια (Εθνικό Αστεροσκοπείο), Πηγή[7].....	21
Εικόνα 5: Ενεργειακή κατάταξη κτηρίων ανάλογα την ενεργειακή του κατάσταση (Πηγή [5])	25
Εικόνα 6: Κατανομή ελληνικών κτηρίων σε σχέση με τη μόνωσή τους (Πηγή [7])	26
Εικόνα 7: Σημεία και ποσοστά θερμικής απώλειας	26
Εικόνα 8: Τμήματα ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος	34
Εικόνα 9: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την ανακαίνιση ^{iv}	36
Εικόνα 10: Πλατφόρμα επιθεωρήσεις κτηρίων.....	38
Εικόνα 11: Εγκεκριμένο τοπογραφικό διάγραμμα (1966)	40
Εικόνα 12: Θέση κτηρίου (κτηματολόγιο, google map, 14/04/2023)	41
Εικόνα 13: Προσανατολισμός κτηρίου	41
Εικόνα 14: Δυτική και Ανατολική όψη κτηρίου	42
Εικόνα 15: Βόρεια και νότια όψη του κτηρίου	42
Εικόνα 16: Εγκεκριμένη όψη κτηρίου μελέτης (αρχείο Πολεοδομίας)	43
Εικόνα 17: Ηλεκτρονική αποτύπωση ισογείου	46
Εικόνα 18 Ηλεκτρονική αποτύπωση πρώτου ορόφου.....	47
Εικόνα 19: Τομή.....	47
Εικόνα 20: Επιχρισμένο τμήμα βόρειας πλευράς και επενδυμένο τμήμα δυτικής όψης	49
Εικόνα 21: Νότια εσοχή	49
Εικόνα 22: Είδη οροφών	50
Εικόνα 23: Ξύλινο μόνο κούφωμα	51
Εικόνα 24: Σκιάσεις ισογείου.....	55
Εικόνα 25: Σκιάσεις πρώτου ορόφου	56
Εικόνα 26: Κυκλοφορητής κεντρικής θέρμανσης.....	60
Εικόνα 27: Φωτιστικό εσωτερικού χώρου	63
Εικόνα 28: Κατανάλωση ανά καύσιμο εξεταζόμενου κτηρίου	66
Εικόνα 29: Κατανάλωση ανά καύσιμο του κτηρίου αναφοράς	66
Εικόνα 30: Ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτηρίου	66
Εικόνα 31 Ενδεικτικός έλεγχος φωτεινότητας με εφαρμογή led.	69
Εικόνα 33: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά σενάριο (kWh/m ²).....	74
Εικόνα 34: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά χρήση και σενάριο	74
Εικόνα 35: Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές CO ₂ ανά παρέμβαση.....	75
Εικόνα 36: Ενεργειακή κατάταξη ανά σενάριο	75
Εικόνα 37 Το κόστος και το κέρδος ανά σενάριο	76

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξάρτηση και η «έλλειψη» ενέργειας λόγω γεωπολιτικών ζητημάτων σε συνδυασμό με την ρύπανση του περιβάλλοντος από τις συμβατικές πηγές, π.χ. ορυκτά καύσιμα, καθιστούν επιτακτική ανάγκη την λήψη άμεσων μέτρων για την διαχείριση της. Αναγνωρίζοντας την σοβαρότητα της κατάστασης του περιβάλλοντος και την σημασία της ενεργειακής αυτονομίας, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κανονισμούς και παρέχει προγράμματα για την εξοικονόμηση ενέργειας ανά ενεργοβόρο τομέα, όπως μεταφορές, βιομηχανία, κτήρια, αγροτικό τομέα. Ένα τέτοιο πρόγραμμα ήταν το «20-20-20», δηλαδή η υλοποίηση μέχρι το 2020, του 20% παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), 20% εξοικονόμησης ενέργειας και 20% μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, σε σύγκριση με το έτος αναφοράς 1990. Οι αντίστοιχοι στόχοι μέχρι το 2030 είναι 32% ΑΠΕ, 32,5% εξοικονόμηση και 40% μείωση των ρύπων.

Ο κτηριακός τομέας ευθύνεται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης και το 36% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Ως απάντηση στην αναμενόμενη αύξηση των ενεργειακών, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει την 2002/91/EK οδηγία με στόχο-μεταξύ άλλων- την ενεργειακή αναβάθμιση των νέων και υφιστάμενων κτηρίων.

Το ελληνικό κράτος υιοθετώντας τις βασικές αρχές της Ευρωπαϊκής Οδηγίας και της επικαιροποίησης της, έχει εφαρμόσει νέους νόμους και εκπονήσει έκθεση Μακροπρόθεσμης Στρατηγικής για την Ανακαίνιση Δημόσιων και Ιδιωτικών Κτηρίων. Τα καινούρια κτήρια κατασκευάζονται πλέον βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων από το 2010. Επιπλέον, έχει δοθεί ιδιαίτερο βάρος στα υφιστάμενα κτήρια, καθώς το 71% των ελληνικών κτηρίων (έτος κατασκευής πριν το 1980) είναι χωρίς θερμομόνωση, παρουσιάζοντας χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Τα προηγούμενα χρόνια, τα επιδοτούμενα προγράμματα αφορούσαν κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας σε κατοικίες, καθώς αποτελούν το 77% των ελληνικών κτηρίων. Η Μακροπρόθεσμη Στρατηγική εστιάζει και στην ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων του τριτογενούς τομέα, μέσω επιδοτούμενων προγραμμάτων. Σταδιακά, για τα δημόσια και ιδιωτικά κτήρια, του τριτογενούς τομέα, η αναβάθμιση σε «B» ενεργειακή κλάση είναι αποδεκτή. Ιδανικός στόχος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης.

Με το ενεργειακό προφίλ και τα μέτρα αναβάθμισης κτηρίων τριτογενούς τομέα, κυρίως των γραφείων, έχουν ασχοληθεί ερευνητές διεθνώς, αναγνωρίζοντας ότι η συμβολή τους στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Οι προτεινόμενες ενεργειακές επεμβάσεις αφορούν στην παθητική προστασία του κτηρίου, στην αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών, και στην εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η τεχνολογία και η επιστήμη έχουν καταφέρει να παρέχουν προσιτές λύσεις προς την επίτευξη αυτών των στόχων.

Βάσει των επερχόμενων προγραμμάτων και πολιτικών, το ενδιαφέρον ως προς τα γραφεία, αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, καθώς η υλοποίηση επεμβάσεων με άμεσα αποτελέσματα θα βοηθήσουν στην ενεργειακή τους αναβάθμιση και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ενεργειακή συμπεριφορά και αναβάθμιση του υφιστάμενου κτηρίου γραφείων κοινωφελούς ιδρύματος (προ του 1980). Η ενεργειακή αναβάθμιση αποτελεί πλέον μονόδρομο τόσο για τη μείωση του λειτουργικού κόστους όσο γιατί αναμένεται να έχει υποχρεωτικό χαρακτήρα τις επόμενες δεκαετίες σε όλα τα κτήρια.

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στηρίχθηκαν στις προτάσεις των τρεχόντων προγραμμάτων, τα αναμενόμενα αποτελέσματα βάσει βιβλιογραφίας, την αγορά, το κόστος και το χρόνο απόσβεσης.

Δεδομένων των προαναγγελθέντων προγραμμάτων χρηματοδότησης στον τριτογενή τομέα, το κτήριο μπορεί να αναβαθμιστεί ενεργειακά σε μηδενικής κατανάλωσης, με την εφαρμογή ΑΠΕ και την ενίσχυση του κτηριακού κελύφους. Ο καθορισμός του ενεργειακού κέρδους, της κατάταξης και της μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα έγινε με τη χρήση του προγράμματος TEE KE-NAK.

Σκοπός, Στόχοι και Δομή διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτηρίου γραφείων, κοινωφελούς ιδρύματος στην περιοχή της Εκάλης. Για την επίτευξη του σκοπού, οι επιμέρους στόχοι ήταν οι ακόλουθοι:

- ✓ Ανάλυση και προσδιορισμός της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης του κτηρίου
- ✓ Εντοπισμός των αδύναμων σημείων του κτηρίου που απαιτούν μεγάλα ενεργειακά φορτία και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.
- ✓ Πρόταση σεναρίων ενεργειακής εξοικονόμησης και προσδιορισμός του ενεργειακού και λειτουργικού κέρδους, των εκκλύμενων εκπομπών διοξειδίων του άνθρακα.
- ✓ Οικονομοτεχνική ανάλυση και σύγκριση των προτάσεων για τον εντοπισμό της βιώσιμης τεχνικά και οικονομικά, λύσης.

Μεθοδολογία.

Η μεθοδολογία αναλύεται στην μελέτη περίπτωσης και βασίζεται στην ισχύουσα νομοθεσία, το KENAK και τα εφαρμοζόμενα εργαλεία.

Δομή

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες: την βιβλιογραφική ανασκόπηση και την μελέτη περίπτωσης.

Η πρώτη ενότητα, βιβλιογραφική ανασκόπηση, υποδιαιρείται τις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ την παγκόσμια, ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, κυρίως στον κτηριακό τομέα.
- ✓ Την εθνική νομοθεσία και μέτρα αναβάθμισης.
- ✓ Τις εφαρμοσμένες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και τα αναμενόμενα αποτελέσματα τους βιβλιογραφικά. Οι επεμβάσεις εξετάζονται μεμονωμένα και συνδυαστικά, με παραδείγματα από μελέτες ή/και εφαρμογές.

Η δεύτερη ενότητα επικεντρώνεται ανάλυση της μελέτης περίπτωσης, η οποία χωρίζεται στις εξής υπό-ενότητες:

- ✓ Αναλυτική αναφορά στη μεθοδολογία, που ακολουθήθηκε.
- ✓ Υφιστάμενη ενεργειακή τάξη του εξεταζόμενου κτηρίου. Η υποενότητα αναλύει όλες γεωμετρικές, φυσικοθερμικές και άλλες παραμέτρους που διαμορφώνουν το υφιστάμενο ενεργειακό προφίλ του υπό εξέταση κτηρίου. Το υποκεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ανάλυση τους.
- ✓ Προτάσεις για ενεργειακή αναβάθμιση. Η υπο-ενότητα περιέχει την ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών προτάσεων, την τεκμηρίωση επιλογής τους, τα οφέλη σε εξοικονόμηση ενέργειας και την επίδραση στην ενεργειακή βαθμίδα του εξεταζόμενου κτηρίου.
- ✓ Οικονομοτεχνική ανάλυση. Το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης των τριών προτάσεων παρατίθενται σε αυτή την υπο-ενότητα.
- ✓ Τα αποτελέσματα των προτάσεων ενεργειακής απόδοσης σε σχέση σε συνδυασμό με το κόστος και τη βέλτιστη λύση.

Ο επίλογος περιέχει την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, αναφέρει ενδεχόμενα εμπόδια για τη υλοποίηση τους και τις μελλοντικές προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του εξεταζόμενου κτηρίου.

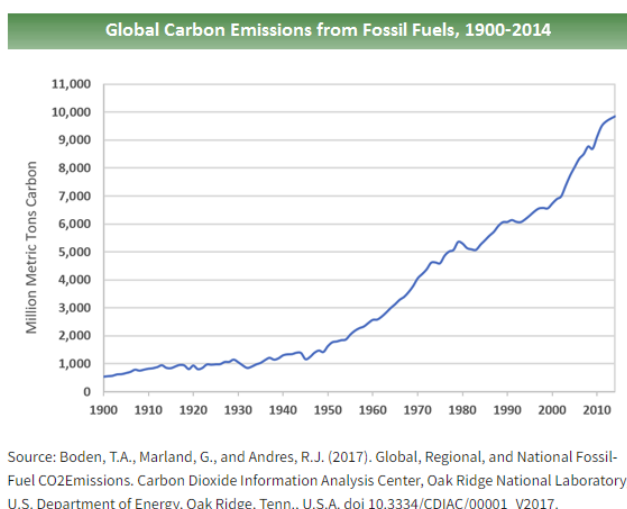
1. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Η παγκόσμια ανησυχία για την κλιματική αλλαγή και την ενεργειακή κρίση είναι η αφετηρία για την λήψη πολιτικών, μέτρων και δράσεων μέχρι και σε εθνικό επίπεδο. Στην παρούσα ενότητα, αναλύεται η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική, εστιάζοντας στα μέτρα για τον κτηριακό τομέα, και πως αυτή έχει επηρεάσει αντίστοιχα την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία. Ακόμα, αναφέρονται τα κρατικά προγράμματα και πιθανά ενδεικτικά εμπόδια υλοποίησης για την επίτευξη των στόχων.

1.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Η ενέργεια αποτελεί ένα αγαθό, το οποίο παρουσιάζει ολοένα μεγαλύτερη ζήτηση προκειμένου να εξυπηρετήσει τις κοινωνικές και αναπτυξιακές ανάγκες, ενώ οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον είναι καθοριστικές (ΤΕΕ, 2012). Επειδή η διαχείριση της, από την παραγωγή ως την κατανάλωση και τις επιπτώσεις, έχει αποτελέσει αιτία γεωπολιτικών ζητημάτων, η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική έχει θεσπίσει ενεργειακές πολιτικές, στρατηγικές και τις προσεγγίσεις που αναπτύσσονται από τις χώρες και τις διεθνείς οργανώσεις.

Ένας από τους βασικούς πυλώνες της είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης. Η αύξηση της εκπομπής αερίων ρύπων από την χρήση ορυκτών καυσίμων, συνέβαλε στην άνοδο της μέσης θερμοκρασίας στο πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ραγδαία αύξηση έκλυσης αερίων ρύπων, από το 1900-2014.

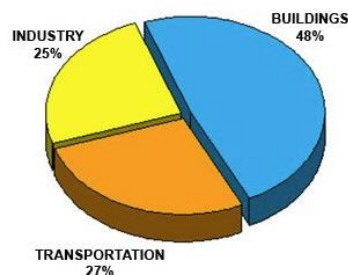


Εικόνα 1: Εξέλιξη των αερίων του θερμοκηπίου από ορυκτά καύσιμα (EPA, n.d.)ⁱ

Το 1992, η διεθνής κοινότητα αναγνωρίζει παγκοσμίως την κλιματική αλλαγή λόγω της ανθρωπογενών εκπομπών ως πρόβλημα και την ανάγκη για άμεση λήψη μέτρων για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της, στην Διεθνή Διάσκεψη για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (*Earth Summit*), στο Ρίο ντε Ζανέιρο. Οι πρώτες διεθνείς συμφωνίες ολοκληρώθηκαν με την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, το 1997, με στόχο τον περιορισμό των εκλυόμενων αέριων ρύπων κατά 5% το διάστημα 2008-2012 σε σύγκριση με το έτος αναφοράς, 1990. Το Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ το 2005. Οι ενέργειες για τον περιορισμό των ρύπων έχουν εντατικοποιηθεί, με τελευταία την Συμφωνία του Παρισιού, τον Δεκέμβριο του 2015, να αποτελεί ορόσημο για τις διαπραγματεύσεις των Συμβαλλομένων Μερών. Βασικές προσεγγίσεις είναι η **προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**, η **ενεργειακή αποδοτικότητα σε όλους τους τομείς**: μεταφορές, κτήρια και βιομηχανία, η **διεθνής συνεργασία** για την επίτευξη των στόχων. Όλα τα συμβαλλόμενα Κράτη έχουν δεσμευτεί στη μείωση των εκλυόμενων ρύπων και περιορισμό του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1.5°C.

Παγκόσμια ενεργειακή πολιτική στον κτηριακό τομέα.

Σύμφωνα με τον *MJ Kelly* (2009) και τους *Song et al*, το 33% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως μπορεί να αποδοθεί στην κάλυψη των αναγκών λειτουργίας των κτηρίων. Ο κτηριακός τομέας συμμετέχει με μεγάλο ποσοστό όχι μόνο στην έκλυση ρύπων αλλά και στην συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, με ποσοστό 40%.



Εικόνα 2: Παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση ανά τομέα το 2005 (πηγή:Elaydi & Qaraa, 2014)

Αρκετές έρευνες και μελέτες έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, σχετικά με την ενεργειακή απόδοση κτηρίων και τους τρόπους μείωσης της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Το 2013, οι *Bozano et al*, παρατήρησαν ότι οι περισσότερες έρευνες για την ενεργειακή κατανάλωση και μέτρα αντιμετώπισης αφορούσαν κατοικίες, ενώ λίγες είναι μελέτες για υπόλοιπα κτήρια. Ο τριτογενής τομέας, όπως γραφεία, διαθέτει κτήρια με τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις. Στο ίδιο άρθρο οι συγγραφείς αναφέρουν, ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε γραφεία της Ευρώπης, κυμαίνεται από 100 μέχρι 1000 kWh/m² ανάλογα την θέση και την κατασκευή, των Η/Μ

εξοπλισμό. Οι κύριες δραστηριότητες, (εξοπλισμός, φωτισμός, ψύξη/θέρμανση) στους χώρους αυτούς απαιτούν τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αναμένεται να αυξηθεί μέχρι το 2030. Παρά την αυξημένη ζήτηση του, ο ηλεκτρισμός θεωρείται πιο ακριβή και περιβαλλοντικά ρυπογόνος ενέργεια, και η εξοικονόμηση του είναι αναγκαία.

Ένα μέτρο αντιμετώπισης είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, το οποίο θα συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας και τον περιορισμό των εκλυόμενων ρύπων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών.

Η παγκόσμια ενεργειακή πολιτική στον κτηριακό τομέα επιδιώκει τη μείωση όχι μόνο της τελικής αλλά της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης, με συνεπακόλουθο και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ορισμένες προσεγγίσεις της είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Ενεργειακή αποδοτικότητα: Περιλαμβάνει την ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων.
- ✓ Κατασκευαστικά πρότυπα και προδιαγραφές νέων κτηρίων: π.χ. βιοκλιματικός σχεδιασμός, απαιτήσεις ως προς τη μόνωση, τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις με το μικρότερο ενεργειακό αντίκτυπο στο περιβάλλον, καθώς και την αποτελεσματική διαχείριση των κατασκευαστικών αποβλήτων
- ✓ Προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- ✓ Ενεργειακές πιστοποιήσεις και πρότυπα, π.χ. τα πιστοποιητικά LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) κα.
- ✓ Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση.

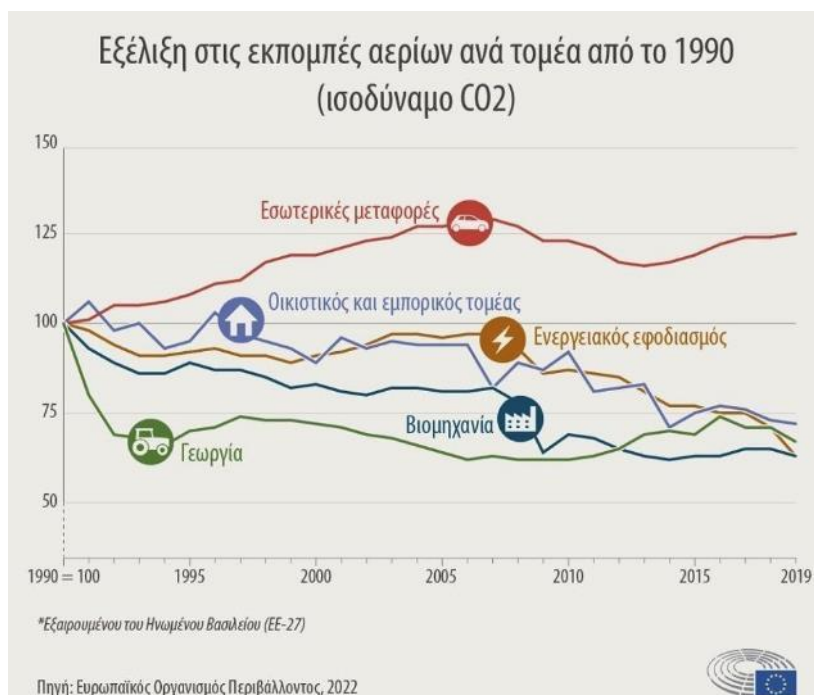
Ευρωπαϊκή Πολιτική για τον ενεργειακή αποδοτικότητα

Η υποχρέωση για την υλοποίηση επεμβάσεων, είναι απόρροια πολιτικών και στρατηγικών που πρέπει να θέσει το κάθε Συμβαλλόμενο κράτος μέλος. Το 2005, η Ευρωπαϊκή Ένωση δημοσίευσε την «Πράσινη Βίβλο για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα» ενώ έχει ήδη θέσει Στρατηγική για μια «Κλιματικά- Ουδέτερη Οικονομία» μέχρι το 2050. Στόχος της είναι η τήρηση των υποχρεώσεων του Πρωτόκολλου του Κιότο, και η αντιστροφή της τάσης για αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας τις επόμενες δεκαετίες.

Στο κτηριακό τομέα, η κύρια Οδηγία είναι η 2002/91/EK «για την ενεργειακή αποδοτικότητα» για τα κτήρια και η αναδιατύπωσή της 36/EC/2010. Η Οδηγία 2012/27/EE για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα υπογραμμίζει εκτός από την ανάγκη της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων, τη σημασία της μακροπρόθεσμης θεώρησης των επενδύσεων για την ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος. Εκτός από το νομοθετικό πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει υποστηρικτικά

εργαλεία, όπως προγράμματα οικονομικής χρηματοδότησης, Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης (ΚΠΣ) και ΕΣΠΑ.

Στην ακόλουθη ενότητα απεικονίζεται τα αποτελέσματα των δράσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου τα προηγούμενα χρόνια. Ο κτηριακός τομέας παρουσιάζει μια σχετική μείωση.



Εικόνα 3: Εκπομπές αερίων ρύπων ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Αnon., 2023)ⁱⁱ

Οι νέοι στόχοι της ΕΕ για το 2030 περιλαμβάνουν τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% σε σχέση με το 1990, μερίδιο τουλάχιστον 32% των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ και τουλάχιστον 32,5 % για την ενεργειακή απόδοση (χωρίς δεσμευτικούς στόχους για τα κράτη μέλη).

Στην επόμενη ενότητα, αναλύεται η πολιτική και οι δράσεις του ελληνικού κράτους προς εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές οδηγίες και την δέσμευση του στο Πρωτόκολλο του Κιότο.

1.2. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ.

Η Ελλάδα έχει αναγνωρίσει την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια εδώ και πολύ καιρό. Το πρώτο υποχρεωτικό μέτρο που εφαρμόσε ήταν η θέσπιση του Κανονισμού θερμομόνωσης Κτηρίων (ΦΕΚ Δ'362/04.07.1979). Στην αρχή της εφαρμογής του, αρκετές αστοχίες είχαν καταγραφεί και τα αποτελέσματα δεν ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά (Ζορμπάς, 2016). Εντούτοις, παρά τις δυσκολίες ανταπόκρισης στις απαιτήσεις του, ο κανονισμός αυτός διήρκεσε σχεδόν σαράντα χρόνια. Το ελληνικό κράτος επιχείρησε να τον αντικαταστήσει με τον «Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε) ΦΕΚ Β-880/19.08.1998. Ο

νέος κανονισμός ανέφερε μεταξύ άλλων την εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, την μείωση κατανάλωσης της συμβατικής ενέργειας, με την χρήση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και πιστοποιήσεις. Ο Κανονισμός, παρότι θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως προάγγελος των μετέπειτα νομοθετικών αλλαγών, δεν εφαρμόστηκε ποτέ (Ζορμπάς, 2016). Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΚΑ ως το 2001 το 70% των κτιρίων ήταν χωρίς μόνωση το 20% είχε ελλιπή μόνωση και μόνο το 10% ήταν επαρκώς μονωμένοⁱⁱⁱ.

Η δέσμευση του ελληνικού κράτους στους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο (νόμος 3017/2002), αλλά και οι εξελίξεις στην Ευρώπη, με την Οδηγία ΕΕ 2002/91 περί ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, επανάφεραν την ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο κτηριακό ενεργειακό σχεδιασμό. Το ελληνικό κράτος, προκείμενου να εναρμονιστεί με τη νέα Οδηγία, θεσμοθετεί το νόμο 366/2008 «μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νέου νόμου, εκδόθηκε και εφαρμόστηκε τον Οκτώβρη του **2010**, ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ΚΕΝΑΚ (ΚΥΑ Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 ΦΕΚ Β 407/09.04.2010). Ο ΚΕΝΑΚ καθορίζει τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις και τεχνικές προδιαγραφές στα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτήρια (ΤΕΕ,2012). Ακολούθησαν συμπληρωματικοί νόμοι όπως, ο ν. 3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις». Τεχνικές οδηγίες που εγκρίθηκαν με την υπουργική απόφαση (οικ. 17178/2010/ΦΕΚ 1387/Β/2.9.2010) του Υπουργείου Περιβάλλοντος (ΥΠΕΚΑ) και αποτελούν εργαλεία εφαρμογής του, είναι οι ακόλουθες (επικαιροποιημένες εκδόσεις):

- ✓ ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 «Αναλυτικές, εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- ✓ ΤΟΤΕΕ 20701-2/20107 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»
- ✓ ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».
- ✓ ΤΟΤΕΕ 20701-4/2017 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»
- ✓ ΤΟΤΕΕ 20701-5/2017 «Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας & ψύξης: εγκαταστάσεις σε κτήρια».

Από τον Ιανουάριο του 2012, έγινε υποχρεωτική η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), στις περιπτώσεις νέων συμβάσεων μίσθωσης κτιρίων ή τμημάτων τους, όπως και πώλησης αυτών.

Εκτός από τη νομοθεσία και για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και το κλίμα, η Ελλάδα έχει συντάξει Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (Ε-ΣΕΚ), όπως ορίζει ο Κανονισμός 2018/1999/ΕΕ. Ο στόχος είναι η **ενεργειακή αναβάθμιση του 12-15%** των κτιρίων ή/και κτιριακών μονάδων εντός της δεκαετίας **2021-2030**, μέσω στοχευμένων μέτρων πολιτικής. Η δράση αυτή θα οδηγήσει σε **8 δισεκατομμύρια** αύξηση της εγχώριας προστιθέμενης αξίας. Ο πιο μακροπρόθεσμος στόχος, το 2050, είναι το **κτιριακό απόθεμα να πλησιάσει σε μηδενικό ισοζύγιο ενέργειας**, καθώς οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν κατά 80-95% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Επειδή ο ρυθμός κατασκευής νέων οικοδομών είναι σχετικά μικρός, μεγάλη βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί στην **ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων/παλαιών κτιρίων**, προκειμένου η πλειοψηφία του κτιριακού αποθέματος το 2050 να είναι σε υψηλή ενεργειακή κλάση (B ή/και A++).

Πρόσφατα, στο ΕΣΕΚ προστέθηκε η έκθεση «Μακροπρόθεσμη Στρατηγική Ανακαίνισης του εθνικού κτιριακού αποθέματος», όπως κυρώθηκε με την υπ' Αριθμ. ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕ-Α/20334/148/2021. Αποτελεί συνέχεια της δεύτερης Έκθεσης Μακροπρόθεσμης Στρατηγικής «Έγκριση δεύτερης έκδοσης Έκθεσης στρατηγικής για την ανακαίνιση», που ενσωματώνει την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2012/27/ΕΕ. Η έκθεση αυτή εξετάζει το διαθέσιμο κτιριακό δυναμικό και τις τεχνοοικονομικά βέλτιστες προτάσεις για την ανακαίνιση τους, εκτιμά την εξοικονόμηση ενέργειας και τα οφέλη που προκύπτουν τις επόμενες τρεις δεκαετίες μέχρι το 2050, έχοντας μετρήσιμους εθνικούς δείκτες. Τέλος, η Έκθεση αναφέρει πολιτικές χρηματοδότησης για την ανακαίνιση κτηρίων ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι.

Βραχυπρόθεσμα, το ελληνικό κράτος για το έτος 2023-2024, έχει ορίσει ως έβδομο στόχο στο σχέδιο δράσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος, την «Βελτίωση της ενεργειακής εξοικονόμησης και αποδοτικότητας», που ξεκινάει από το 2019. Στόχος των δύο προγραμμάτων είναι «η **αναβάθμιση σε 45.000 κτηρίων και μονάδων**» και οι «**παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του 3% του συνολικού εμβαδού των κτηρίων με δυνατότητα συμμετοχής και των εταιρειών ενεργειακών υπηρεσιών**». Προσδοκώμενο αποτέλεσμα των παρεμβάσεων είναι η «**επίτευξη του στόχου για βελτίωση το έτος 2030 ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 38%, όταν ο αντίστοιχος Ευρωπαϊκός στόχος είναι τουλάχιστον 32,5%**» (Σχέδιο Δράσης ΥΠΕΚΑ, 2023-24).

Επιπρόσθετα κανονιστικά μέτρα που αναμένεται το ελληνικό κράτος να λάβει είναι τα ακόλουθα (ΚΥΑ ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148/2021):

- ✓ Αναθεώρηση του ΚΕΝΑΚ. Μια βασική αλλαγή είναι ως προς τη μέθοδο σύγκρισης από το κτήριο αναφοράς στην πραγματική λειτουργία του κτηρίου. Η ενσωμάτωση ανακαίνισης και στον τριτογενή τομέα.
- ✓ Αναβάθμιση του ρόλου του ενεργειακού υπεύθυνου δημοσίων κτηρίων.

- ✓ Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης σε όλα τα δημόσια κτήρια κατά ISO50000
- ✓ Μέτρα για την ενεργειακή πενία
- ✓ Υποχρέωση για ελάχιστες απαιτούμενες ενεργειακές κλάσεις κατά τη μίσθωση ή αγορά ακινήτου.

1.1.1 Προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης.

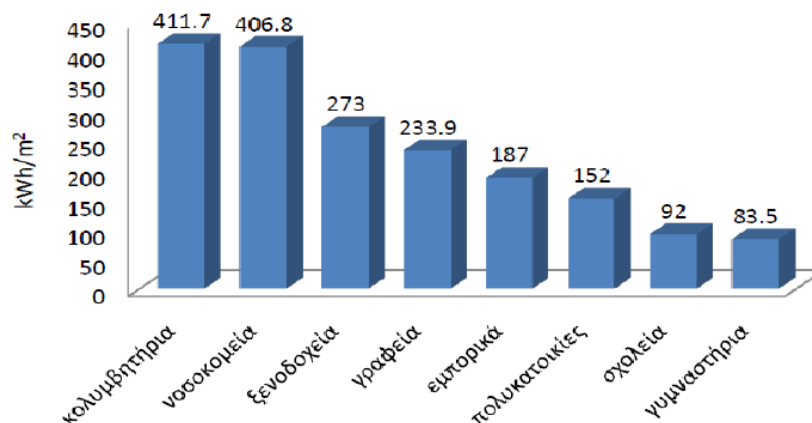
Σύμφωνα με την Μακροπρόθεσμη έκθεση, η ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτήρια στην Ελλάδα ανέρχεται στο 42% της συνολικής τελικής κατανάλωσης, το έτος 2017. Από τον ακόλουθο πίνακα, πάνω από το 70% του κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα είναι κατοικίες.

Πίνακας 1: Συνολικός αριθμός κτηρίων και χρήση για το έτος 2015 (Πηγή: [23])

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ – ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	
Κατοικίες	4.631.528
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	
Ξενοδοχεία και εστιατόρια	24,109
Σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα	19,167
Γραφεία και άλλα κτίρια	53,064
Νοσοκομεία και κλινικές	38,664
Εμπορικά καταστήματα	65,957
Αποθήκες	20,374
Ψυκτικές αποθήκες	308
Τριτογενής τομέας	221,643
ΣΥΝΟΛΟ	4.853.172

Πηγή: EU BSO και ίδιες εκτιμήσεις

Παρά τη μικρή συμμετοχή του τριτογενούς τομέα, οι μέσες τελικές καταναλώσεις ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας κτηρίων είναι σχετικά μεγάλες. Ως εκ τούτου, αναμένεται να δοθεί κίνητρα ενεργειακής αναβάθμισης και σε αυτόν το τομέα,.



Εικόνα 4: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια
Πηγή[Εθνικό Αστεροσκοπείο]

Για την επίτευξη της ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων κτηρίων, το ελληνικό κράτος δίνει κίνητρα όπως φοροαπαλλαγές, και επιδοτήσεις, ενώ περιοδικά ανακοινώνονται προγράμματα οικονομικής ενίσχυσης. Ενδεικτικά προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης, βάσει της επίσημης ιστοσελίδας του υπουργείου περιβάλλοντος, στις 30/05/2023 είναι τα εξής:

- ✓ «Εξοικονομώ – Ανακαινίζω για Νέους» Αφορά κυρίως νέους ως 39 ετών και εκτιμάται ότι θα αναβαθμιστούν πάνω από 20.000 κατοικίες.
- ✓ «Εξοικονομώ και Ανακαινίζω»
- ✓ «Ανακυκλώνω – Αλλάζω Θερμοσίφωνα» Το πρόγραμμα υλοποιείται στα πλαίσια ΕΣΠΑ 2014-2020. Στόχος είναι η μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού κατά 65% (Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/49768/740/08.05.2023).
- ✓ «Φωτοβολταϊκά στη στέγη» Το πρόγραμμα είχε ξανά εφαρμοστεί το 2011, χωρίς άμεσες επιδοτήσεις για την εγκατάσταση του. Ο κρατικός προϋπολογισμός του προγράμματος ανέρχεται στα 230.000.000 ευρώ (Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/47129/720/02.05.2013). Η επιδότηση κυμαίνεται του Φ/Β συστήματα από 45 -75% για τα νοικοκυριά και 40-60% για τους αγρότες. Άλλες επιδοτήσεις δίνονται στην περίπτωση του φ/β με μπαταρία.
- ✓ «Εξοικονομώ 2023» Το προϋπολογισμός ανέρχεται στα 100.000.000 ευρώ.
- ✓ «Εξοικονόμηση κατ' οικον. II» Το προηγούμενο «εξοικονόμηση κατ' οίκον», το 2015, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού κατάταξης των κατοικιών από χαμηλότερες κατηγορίες από Ε,Δ,Γ σε υψηλότερες, έπειτα από τις αντίστοιχες παρεμβάσεις.^{iv}
- ✓ «Εξοικονομώ επιχειρώ» Η πλατφόρμα αναμένεται να καλύπτει μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις, όπως φούρνους, και μεγάλους καταναλωτές.
- ✓ Πρόγραμμα «ΗΛΕΚΤΡΑ» Το πρόγραμμα αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων του δημόσιου τομέα και έχει ως στόχο- μεταξύ άλλων- η ενεργειακή κλάση των συμμετοχών κτηρίων να είναι έως την «Β» κατηγορία. Η συνολική επένδυση του έργου θα συμβάλλει στη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 600 εκ. kWh ετησίως και στην ενεργειακή ανακαίνιση 2.5 εκ. m² ωφέλιμης επιφάνειας έως το 2026. ^v

Άλλα αναμενόμενα προγράμματα υποστήριξης, σύμφωνα με το σχέδιο δράσης 2023-2024 είναι και αφορούν το τριτογενή τομέα:

- ✓ Πρόγραμμα για την ενεργειακή αναβάθμιση του τριτογενούς τομέα (συμπεριλαμβανομένου του Τουρισμού)
- ✓ Ανακύκλωση και αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών για επιχείρησης

Σύμφωνα με την Μακροπροθεσμη έκθεση, εκτιμάται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας θα φτάσει στα 1042 ktoe, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Εκτίμηση εξοικονόμησης ενέργειας (Πηγή [23])

Μέτρα πολιτικής	Νέα ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας Ktoe	Σωρευτική εξοικονόμηση ενέργειας Ktoe
1. Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών	52	2878
2. Καθεστώτα επιβολής υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης	66	1460
3. Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτιρίων (ΗΛΕΚΤΡΑ)	4	208
4. Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων τριτογενούς τομέα και βιομηχανικών μονάδων	8	427
5. Ενεργειακοί υπεύθυνοι σε δημόσια κτίρια		1042

Το οικονομικά μέτρα για την ανακαίνιση του κτηριακού αποθέματος που παρέχει το κράτος μέχρι το 2050 συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα

Πίνακας 3: Οικονομικά μέτρα για την ανακαίνιση του κτηριακού αποθέματος και πεδία εφαρμογής (Πηγή: ΚΥΑ ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148/12-3-2021)

A/A	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΟΙΚΙΑΚΟΣ	ΤΡΙΤ. ΙΔΙΩΤΙΚΟΣ	ΤΡΙΤ. ΔΗΜΟΣΙΟΣ
1	Εξοικονόμηση κατ' οίκον	✓		
2	Πρόγραμμα Ηλέκτρα			✓
3	Ανταγωνιστικές διαδικασίες εξοικ. ενέργειας		✓	
4	Καθεστώτα επιβολής ενεργειακής απόδοσης	✓	✓	✓
5	Εθνικό Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης	✓	✓	✓
6	Καινοτόμα χρηματοδοτικά εργαλεία	✓	✓	✓

1.1.2 Εμπόδια στη λήψη επενδυτικής απόφασης ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίου

Η απόφαση συμμετοχής και επένδυσης για την ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτηρίου μπορεί να αναβληθεί από διάφορους παράγοντες. Ορισμένοι παράγοντες που επιδρούν στην λήψη της απόφασης είναι οι ακόλουθοι:

✓ Οικονομική αβεβαιότητα

Οι αρχικές επενδυτικές δαπάνες για την ενεργειακή αναβάθμιση μπορεί να είναι υψηλές και να απαιτούν σημαντικό κεφάλαιο. Αυτό μπορεί να αποθαρρύνει τους ιδιοκτήτες κτηρίων από την πραγματοποίηση ενεργειακής αναβάθμισης, ειδικά εάν υπάρχουν ανεπάρκεια κεφαλαίων, ή δυσκολία πρόσβασης σε χρηματοδότηση ή η αβεβαιότητα σχετικά με την απόδοση της επένδυσης.

✓ Αβεβαιότητα απόσβεσης επενδύσεων

Οι ιδιοκτήτες κτηρίων μπορεί να ανησυχούν για το αν οι ενεργειακές αναβαθμίσεις θα έχουν άμεσο αποτέλεσμα και θα αποφέρουν επαρκή αποταμίευση στο μέλλον.

Πρακτικές δυσκολίες κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της ενεργειακής αναβάθμισης μπορεί να καθυστερήσουν τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου και τα οφέλη του.

✓ Πολυφωνία ιδιοκτητών

Οι ιδιοκτήτες κτηρίων ενδέχεται να είναι πολλοί και με διαφορετικές απόψεις αναφορικά με το ύψος της επένδυσης ή/ ακόμα της συμμετοχή τους. Η δυσπιστία και η μη επαρκή γνώση σχετικά με τα οφέλη και τις δυνατότητες της ενεργειακής αναβάθμισης μπορεί να τους καθιστά αντίθετους στην υιοθέτηση αλλαγών.

✓ Πολυπλοκότητα των διαδικασιών

Οι διαδικασίες που συνοδεύουν μια ενεργειακή αναβάθμιση μπορεί να είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αξιολόγηση του κτηρίου, την εύρεση κατάλληλων επιλογών, και τη συνεργασία με επαγγελματίες. Το εμπόδιο αυτό πιθανόν να προκαλέσει καθυστερήσεις και να αυξήσει το κόστος του έργου.

✓ Έλλειψη κινήτρων και ρυθμιστικού πλαισίου

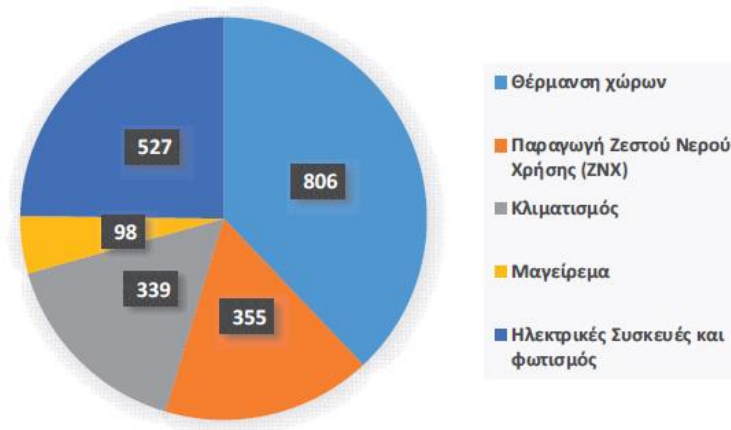
Η έλλειψη κινήτρων, όπως επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές ή χρηματοδοτικά προγράμματα, μπορεί να μειώσει το ενδιαφέρον για ενεργειακές αναβαθμίσεις. Επιπλέον, ένα μη ρυθμιστικό πλαίσιο, που δεν προωθεί την ενεργειακή απόδοση, μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα εμπόδια, είναι σημαντικό να υπάρχει ενημέρωση και εκπαίδευση για τις ενεργειακές αναβαθμίσεις, να υπάρχουν κίνητρα και χρηματοδοτικά μέσα για την υλοποίησή τους και να δημιουργηθεί ένα ευνοϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο που ενθαρρύνει τις αναβαθμίσεις.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Ο μέσος ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια, αυξήθηκε την περίοδο 1985-2005 κατά 4,5%. Σύμφωνα με το Κ.Α.Π.Ε., το 2012 τα νοικοκυριά παρουσίασαν αύξηση της κατανάλωσης **κατά 64,8%** σε σύγκριση με το 1990, ενώ για το τριτογενή τομέα, η τιμή αυτή τριπλασιάστηκε, φτάνοντας τα 2,233 Μtoe. Η τελική κατανάλωση χρήσης στον τριτογενή τομέα διαμορφώνεται ως ακολούθως:

Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα (ktoe)
(2015)



Εικόνα 5: Ενεργειακή κατάταξη κτηρίων ανάλογα την ενεργειακή του κατάσταση (Πηγή [23])

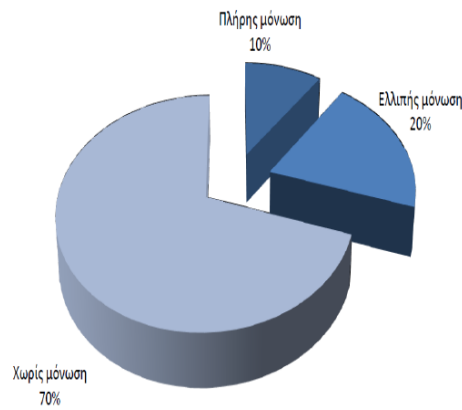
Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικές για τη μείωση της κατανάλωσης και των λογαριασμών ενέργειας, καθώς επίσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι πιο συνηθισμένες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια. Ωστόσο, κάθε κτίριο έχει τις δικές του ξεχωριστές ανάγκες και πρέπει να γίνει μια αξιολόγηση για να προταθούν οι πιο κατάλληλες επεμβάσεις για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

2.1 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΑ ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

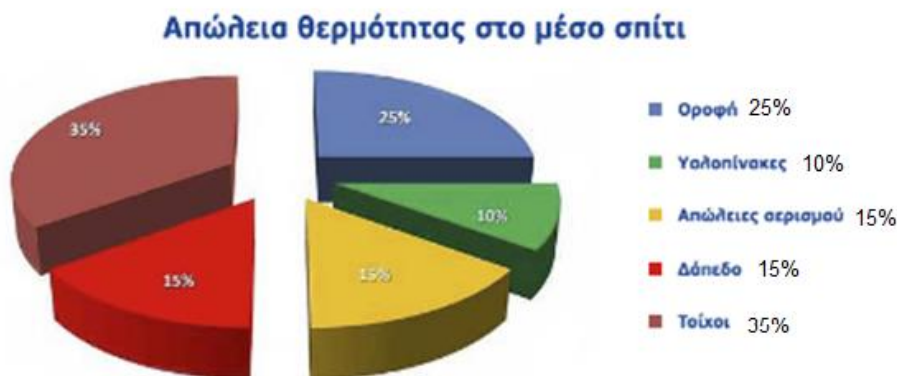
Η προσθήκη μονωτικών υλικών στα κουφώματα και τα αδιαφανή δομικά υλικά μπορεί να μειώσει την απώλεια θερμότητας και την διαρροή αέρα, βελτιώνοντας έτσι την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου εξαρτάται από τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών του στοιχείων, U . Όσο πιο μεγάλοι είναι, τόσο αυξάνονται οι θερμικές απώλειες και καταναλώσεις ενέργειας ανάλογα την χρήση. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι αντίστροφως ανάλογοι της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Στην Ελλάδα, όπου το 71% των ελληνικών κτηρίων είναι χωρίς θερμομόνωση, εκτιμάται ότι απαιτείται 30% περισσότερη κατανάλωση ενέργειας (Λεβέντη, 2012).



Εικόνα 6: Κατανομή ελληνικών κτηρίων σε σχέση με τη μόνωσή τους (Πηγή [11])

Τα βασικότερα ασθενή σημεία απώλειας θέρμανσης σε ένα μέσο σπίτι και κατ' επέκταση σε ένα κτήριο είναι οι τοίχοι, η οροφή, το δάπεδο και τα κουφώματα.



Εικόνα 7: Σημεία και ποσοστά θερμικής απώλειας^{vi}

Με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού, η αντίσταση θερμοδιαφυγής αυξάνεται διατηρώντας σταθερές τις εσωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά τη τοποθέτηση της για την αποφυγή αστοχιών και παρουσίας προβλημάτων, όπως υγρασίας. Ένα σφάλμα στο συνδυασμό υλικών ή στην τοποθέτηση μπορεί να αναιρέσει τον σκοπό της θερμομόνωσης.

Τεχνικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η **αναβάθμιση μόνο του κτιριακού κελύφους** μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου, σε ποσοστά που μπορούν να κυμαίνονται από **25% μέχρι και 75%**, από μερική ή ριζική ανακαίνιση του κτιρίου, ανάλογα με την κλιματική ζώνη και τη χρήση του. Η αναβάθμιση μειώνει σημαντικά και την διαρροή αέρα.

Θερμομονωτικά υλικά

Στην αγορά υπάρχει μια ευρεία γκάμα θερμομονωτικών υλικών για την βελτίωση της μόνωσης των κτηρίων. Κάθε υλικό έχει διαφορετικές ιδιότητες (συντελεστής θερμικής αγωγιμότη-

τας λ) και εφαρμογές, και η επιλογή του κατάλληλου υλικού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η τοποθεσία, οι κλιματικές συνθήκες, οι απαιτήσεις θερμομόνωσης και οι οικονομικές δυνατότητες. Τα αποτελέσματα εφαρμογής εξαρτώνται και από το πάχος του θερμομονωτικού υλικού. Ορισμένα από τα κύρια υλικά θερμομόνωσης περιλαμβάνουν:

- ✓ γυψοσανίδα: Αυτές οι σανίδες έχουν ενσωματωμένη μόνωση, συνήθως από πολυστερίνη ή γυψοσανίδα με πυρήνα από πολυουρεθάνη. Χρησιμοποιούνται για τη μόνωση των εξωτερικών τοίχων και των οροφών.
- ✓ Πολυστερένη (EPS): Είναι ένα ελαφρύ πλαστικό υλικό που χρησιμοποιείται για τη μόνωση των τοίχων, των οροφών και των δαπέδων. Προσφέρει καλή θερμομόνωση και είναι ανθεκτικό στην υγρασία.
- ✓ Πετροβάμβακας: Είναι ένα υλικό που παράγεται από φυσικές πρώτες ύλες. Χρησιμοποιείται για τη μόνωση των τοίχων, των οροφών και των οροφών.
- ✓ Πολυουρεθάνη (PUR) και πολυισοκυανουρική πολυουρεθάνη (PIR): Αυτά τα υλικά είναι αφρώδη υλικά που παρέχουν εξαιρετική θερμομόνωση. Χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μόνωση των τοίχων, των οροφών και των οροφών.
- ✓ Πολυστερίνη (XPS): Είναι ανθεκτική στην υγρασία και παρέχει καλή θερμομόνωση.

Για τα υφιστάμενα κτήρια, οι συνηθέστερες επεμβάσεις για τη βελτίωση της θερμομονωτικής κατάστασης είναι οι ακόλουθες [1]:

- ✓ Θερμομόνωση των εξωτερικών τοιχοποιιών με αναδρομική προστασία είτε από την εσωτερική είτε την εξωτερική πλευρά

Η επιλογή εσωτερικής ή εξωτερικής ή συνδυαστικής θερμομονωτικής προστασίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η γειτνίαση με όμορου κτηρίου, η αρχιτεκτονική του κτηρίου, η διαθέσιμη επιφάνεια.

Πίνακας 4: Σύγκριση εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης (Πηγή [26])

	Εξωτερική θερμομόνωση	Εσωτερική θερμομόνωση
--	-----------------------	-----------------------

Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας της τοιχοποιίας • Μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού θερμογεφυρών • Προστασία τοιχοποιίας από μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας • Ο σχηματισμός συμπύκνωσης λόγω διάχυσης υδρατμών δεν ευνοείται 	<ul style="list-style-type: none"> • Σύντομη θέρμανση του χώρου (ιδανικό για χώρους διακόπτομενης λειτουργίας) • Εφαρμογή όλων των θερμομονωτικών υλικών • Μη αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας της υφιστάμενης τοιχοποιίας
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Η αρχική θέρμανση του χώρου δεν ευνοείται • Περιορισμός των θερμομονωτικών υλικών που μπορούν να εφαρμοστούν • Προσοχή στην τοποθέτηση του 	<ul style="list-style-type: none"> • Περιορισμός ανάρτησης πολύ βαριών αντικειμένων στους τοίχους • Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά την διακοπή της θέρμανσης • Προσοχή σχηματισμού θερμογεφυρών στις συνδέσεις με τα δομικά στοιχεία • Προσοχή σχηματισμού συμπύκνωσης λόγω διάχυσης υδρατμών.

✓ Θερμομόνωση του δώματος

Τα δώματα και οι στέγες δέχονται πιο έντονα τις εξωτερικές καιρικές μεταβολές από τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του κτηρίου. Η θερμομόνωση του μπορεί να γίνει είτε με τη διαμόρφωση μονοκέλυφους τύπου δώματος (συμβατικό ή αντεστραμμένο) είτε δικέλφου αεριζόμενου. Οι υφιστάμενες κλίσεις του δώματος (για τα όμβρια ύδατα) βοηθούν στην επιλογή συμβατικού ή αντεστράμμενου τύπου.

Το Κ.Α.Π.Ε. στην προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης των γραφείων του στο Πικέρμι, το 2012, εξέτασε διάφορα σενάρια επέμβασης, μεταξύ άλλων την προσθήκη αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6 cm, στα δώματα και στην οροφή με εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κατά 10,8% και ψύξη κατά 6% (Πηγή [15]).

Στην κατηγορία αυτή θερμομόνωσης υπάγεται και η φύτευση του δώματος, με βασική προϋπόθεση της στατική επάρκεια της κατασκευής. Μελέτες, όπως της κυρίας Νιαρου, το 2011, έχουν δείξει ότι ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να φέρει κατά 40-60% εξοικονόμηση φορτίου.

✓ Θερμομόνωση της στέγης

Οι επεμβάσεις στη στέγη εξαρτώνται από την κατασκευαστική διαμόρφωση της και τα δομικά της χαρακτηριστικά καθώς επίσης με την οριοθέτηση με τους θερμικά προστατευ-

όμενους χώρους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην περίπτωση στέγης από κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος, η θερμομόνωση τοποθετείται είτε από εσωτερικά κάτω από τη φέρουσα πλάκα είτε στην πάνω πλευρά της.

- ✓ Θερμομόνωση της οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη
- ✓ Θερμομόνωση της οροφής της πιλοτής ή της οροφής του υπογείου πάνω από τον οποίο υπάρχει θερμικά προστατευόμενο χώρο.

2.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Τα κουφώματα μπορούν να αποτελέσουν σημεία διαφυγής θερμότητας, αν δεν έχουν καλά θερμομονωτικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά τους και ο τρόπος τοποθέτησης τους παίζουν σημαντικό ρόλο στα τελικά αποτελέσματα και στην αποφυγή δημιουργίας θερμογεφυρών. Οι πιο συχνές εργασίες βελτίωσης του ενεργειακού προφίλ ενός κτηρίου περιλαμβάνουν προτάσεις επέμβασης στα κουφώματα, οι οποίες είναι [26]:

- ✓ Διατήρηση των υφιστάμενων κουφωμάτων με αλλαγή/ επισκευή ή προσθήκη των επιμέρους τμημάτων τους, όπως οι υαλοπίνακες και η ενίσχυση περιοχών στις τοιχοποιίες.

Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς ή τριπλούς με βελτιωμένα ενεργειακά χαρακτηριστικά έχει εφαρμοστεί με θετικά αποτελέσματα. Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατέγραψε μείωση των θερμικών απωλειών κατά 27 με 46% από την αντικατάσταση μονών με ενεργειακούς δίπλα υαλοπίνακες [12].

Οι *Boyano et al*, [3] εκτίμησαν ότι η αντικατάσταση διπλών υαλοπινάκων με ($U_g=3.16$ W/m² K) με τριπλό ($U_g=1.78$ W/m² K), θα επιφέρει συνολική μείωση κατανάλωσης κατά 10,7, ή 16% σε γραφεία σε τρεις πόλεις το Τάλιν, τη Μαδρίτη και το Λονδίνο. Η εικόνα αυτή είναι επακόλουθο της μείωσης της ετήσιας ζήτησης για θέρμανση/ ψύξη/αερισμό. Τονίζουν, όμως, ότι το ποσοστό του κέρδους εξαρτάται από την θέση, το προσανατολισμό και τις διαστάσεις των κουφωμάτων. Ακόμα, το κέρδος επηρεάζεται και από το είδος του υαλοπίνακα (απλός, έγχρωμος, ανακλαστικός)

Άλλες επισκευές, όπως η σφράγιση σχισμών και αρμών, η τοποθέτηση ελαστικών ενισχύουν την ενεργειακή και ηχομονωτική απόδοση του κουφώματος, ενώ προσφέρουν υδατοστεγανότητα και ανεμοστεγανότητα του κουφώματος.

Στην κατηγορία αυτή υπάγεται και η προσθήκη δεύτερου κουφώματος, συνήθως εξωτερικά του υφιστάμενου [26].

- ✓ Αντικατάσταση των παλιών με νέα ενεργειακά αναβαθμισμένα κουφώματα.

Η ριζική αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των απωλειών θερμότητας. Οι διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες με θερμο-

μόνωση, χαμηλή εκπομπή ή διάκενο στα στρώματα μπορούν να είναι αποτελεσματικές επιλογές. Όταν συνδυαστεί με τη προσθήκη θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους βελτιώνει αρκετά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τοποθέτηση του θα πρέπει να γίνει ώστε να αποφευχθεί με κάθε τρόπο η δημιουργία θερμογεφυρών και να διασφαλιστεί η αεροστεγανότητα. Στην αγορά, τα πλαίσια των κουφωμάτων είναι ή αλουμίνιου ή συνθετικού (PVC) ή ξύλου. Όλα τα καινούργια κουφώματα φέρουν ενεργειακά βελτιωμένα χαρακτηριστικά, (χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας) σε σύγκριση με τα παλιά μοντέλα τους. Η τελική επιλογή εξαρτάται από τις μηχανικές ιδιότητες, τυχόν αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις και τις κλιματολογικές συνθήκες.

Τα κουφώματα αλουμίνιου συνήθως προτιμώνται λόγω του συνδυασμού τιμής, των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων, αλλά και των λίγων απαιτήσεων στη μετέπειτα συντήρησή τους. Εξίσου αξιόλογη είναι η εξέλιξη των καινούριων PVC κουφωμάτων, τα οποία έχουν πολύ καλύτερα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά, πιο οικονομικές τιμές.

Τα ξύλινα κουφώματα αποτελούν την βέλτιστη λύση από πλευράς περιβάλλοντος και θερμοφυσικών ιδιοτήτων, με μειονέκτημα το κόστος προμήθειας και της συντήρησής τους.

Η κα. Νιάρου, το 2010, εξέτασε ποια θα ήταν η καλύτερη επιλογή για την αντικατάσταση υαλοπινάκων σε νέο κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου σε βιβλιοθήκη. Οι προτάσεις ήταν ανάμεσα σε: α) θερμοανακλαστικούς, β) φασματικά επιλεκτικούς και γ) εναλλασσόμενους υαλοπίνακες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας της, καλύτερη ενεργειακή αναβάθμιση προσέφερε η εφαρμογή νέων κουφωμάτων με πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακόπτη και φασματικά επιλεκτικό υαλοπίνακα. Η επιλογή δίνει μείωση συνολικής κατανάλωσης κατά **6,3%**, ενώ για θέρμανση και ψύξη κατά 9,5 % και 11% αντίστοιχα.

Ο σωστός συνδυασμός επιλογής κουφώματος και υαλοπίνακα επηρεάζει το ηλιακό κέρδος του κτηρίου.

Προσθετές λύσεις που βελτιώνουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους, σύμφωνα με το ΙΕΚ ΤΕΕ, [26] είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Η τοποθέτηση εξωτερικών προστατευτικών φύλλων στα κουφώματα ή στεγάστρων
- ✓ Η φύτευση του περιβάλλοντος χώρου (όπου αυτό είναι εφικτό)
- ✓ Η ενσωμάτωση ηλιακών συστημάτων στο κέλυφος

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η πιο απλή και απαραίτητη μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης είναι η **τακτική συντήρηση και ο έλεγχος τους**, με κέρδος της τάξης του 3-10% ανάλογα με την παλαιότητα του λέβητα. Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνει επίσης κατά 4 ως 15%, όταν οι τερμα-

τικές μονάδες θέρμανσης /ψύξης έχουν εμπόδια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κάλυψη των θερμαντικών σωμάτων με αντικείμενα. Οι έλεγχοι είναι υποχρεωτικοί καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του κτηρίου. Η συντήρηση των συστημάτων συμπεριλαμβάνει τον τακτικό έλεγχο της κατάστασης των αεραγωγών και της μόνωσης των σωληνώσεων του δικτύου διανομής.

Η εφαρμογή αυτοματισμών ελέγχου και ρύθμισης θερμοκρασίας μπορεί να βελτιστοποιήσει τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Άλλες προτεινόμενες επεμβάσεις είναι οι ακόλουθες [26]:

- ✓ Αντικατάσταση του παλαιού λέβητα με υψηλότερης ενεργειακής κλάσης (πχ. φυσικού αερίου). Τα μερικά φορτία μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση περισσότερων του ενός λέβητα με διαφορετικές θερμικές αποδόσεις ή δεξαμενών θερμικής αδράνειας. Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση είναι της τάξης του 5-15% ανάλογα την κατάσταση του υφιστάμενου λέβητα.
- ✓ Αντικατάσταση παλιών συστημάτων ψύξης, όπως ψύκτες Η αντικατάσταση παλαιών, ανεπαρκών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με νέα, ενεργειακά αποδοτικά συστήματα μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Η λύση για τα μερικά φορτία και σε αυτή την περίπτωση είναι ίδια με τα συστήματα θέρμανσης, δηλαδή η χρήση ψύκτη/ αντλία θερμότητας με διαφορετικές ψυκτικές αποδόσεις ή δεξαμενών ψυκτικής αδράνειας. **Το κέρδος στην ενέργεια μπορεί να υπερβεί το 75% ανάλογα με τη παλαιότητα των μονάδων.**
- ✓ Τοποθέτηση ή αναβάθμιση διατάξεων αυτόματου ελέγχου
- ✓ Αξιοποίηση της γεωθερμίας
- ✓ Ανάκτηση θερμότητας που απορρίπτεται από διάφορες διεργασίες μέσω εναλλακτών
- ✓ Εγκατάσταση συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας/ ψύξης. Η λύση αυτή προτείνεται στα κτήρια του τριτογενούς τομέα με μεγάλα θερμικά φορτία.
- ✓ Εγκατάσταση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BMS)

2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Η παραγωγή και κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης επιβαρύνει ενεργειακά ένα κτήριο κατά 10 με 25% ανάλογα τη τελική ζήτηση. Οι βασικοί τρόποι εξοικονόμησης επιγραμματικά σύμφωνα με το ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ, 2012:

- ✓ *Κάλυψη φορτίων από μονάδα λέβητα- καυστήρα αντί ηλεκτρικών θερμαντήρων. Ιδανικά με χρήση φυσικού αερίου*
- ✓ *Συντήρηση και μόνωση ταμιευτήρα και σωληνώσεων*

- ✓ Χρήση ταχυθερμαντήρα αντί ταμπευτήρα
- ✓ Επιλογή χαμηλών θερμοκρασιών αποθήκευσης ζεστού νερού χρήσης
- ✓ Ηλιακός θερμοσίφωνας σε συνδυασμό με ταχυθερμαντήρα
- ✓ Χρήση αντλία θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- ✓ Χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- ✓ Απενεργοποίηση της ανακυκλοφορίας.

2.5 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (SMART HOME)

Πολλές έρευνες, όπως *Shen et al, 2012* παγκοσμίως έχουν αποδείξει ότι ο φωτισμός είναι μια από τις κύριες πηγές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με υψηλές δυνατότητες εξοικονόμησης. Ο φωτισμός αποτελεί περίπου το 20-50% της συνολικής ενέργειας κατανάλωσης [10].

Η πιο διαδομένη τεχνική λύση για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα φωτισμού είναι η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με πιο ενεργειακά αποδοτικούς, που παρέχουν το ίδιο αποτέλεσμα lm/W.

Το κράτος έχει καταργήσει με νόμους την χρήση ενεργοβόρων λαμπτήρων, όπως πυρακτώσεων και φθορισμού και προωθεί την αντικατάστασή τους, πχ. για τα δημόσια κτήρια με την ΚΥΑΔ6/Β/14826/2008.

Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα κατάργηση λαμπτήρων^{vii}

Κάθε έτος, το Σεπτέμβριο	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ματ λαμπτήρες πυράκτωσης					Δεν επιτρέπονται				
Διαφανείς λαμπτήρες πυράκτωσης 100W					Δεν επιτρέπονται				
Διαφανείς λαμπτήρες πυράκτωσης 75W	Επιτρέπονται				Δεν επιτρέπονται				
Διαφανείς λαμπτήρες πυράκτωσης 60W	Επιτρέπονται				Δεν επιτρέπονται				
Διαφανείς λαμπτήρες πυράκτωσης 15W, 25W, 40W	Επιτρέπονται				Δεν επιτρέπονται				
Κάθε έτος, τον Απρίλιο	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Κλασικοί λαμπτήρες TL-D (T33, T54)	Επιτρέπονται				Δεν επιτρέπονται				
Λαμπτήρες φθορισμού διαμέτρου 38mm	Επιτρέπονται				Δεν επιτρέπονται				
Λαμπτήρες σημών υδραργύρου			Επιτρέπονται					Δεν επιτρέπονται	
Ηλεκτρομαγνητικά όργανα λειτουργίας για φθορισμό (HF)				Επιτρέπονται					Δεν επιτρέπονται

Εκτός από την ισχύ, η σωστή επιλογή του ενεργειακά αποδοτικού λαμπτήρα εξαρτάται από την επιθυμητή χρωματική απόχρωση και φωτεινή απόδοση του. Η χρωματική απόχρωση, εφόσον προσφέρει οπτική άνεση στον χώρο χρήσης, μπορεί να επιφέρει περαιτέρω εξοικονόμηση. Ο κ. Τοπάλης (2006) [12] αναφέρει ότι η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί κατά 4% με την αντικατά-

σταση τρισφωφορικών T8 *Daylight* (5000lm) με *Warmwhite* (5200lm). Επιπλέον, προτείνει με-
ταξύ άλλων την χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών
ηλεκτρομαγνητικών.

Οι λαμπτήρες LED έχουν πλέον κερδίσει την αγορά, λόγω της μικρής κατανάλωσης και της
υψηλής ενεργειακής απόδοσης, και του χρόνου ζωής. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η εύκολη
τοποθέτηση τους σε περίπτωση αντικατάστασης λαμπτήρων πυρακτώσεων και φθορισμού.

Μια άλλη πρόταση είναι η τοποθέτηση τοπικών αυτοματισμών ρύθμισης φωτισμού. Η α-
ξιοποίηση του φυσικού φωτός έχει σημαντικά ενεργειακά οφέλη στην ενεργειακή αναβάθμιση
των κτηρίων. Οι *Bozano et al*, το 2013 [3], ασχολήθηκαν με την εξοικονόμηση ενέργειας που
μπορεί να έχει η εγκατάσταση συστήματος μερικού (50%) ή ολικού ελέγχου του φωτισμού σε
γραφεία στο Λονδίνο, το Τάλιν και την Μαδρίτη. Η έρευνα τους έδειξε ότι η συνολική εξοικονό-
μηση ενέργειας μπορεί να είναι πάνω από 18% (για μερικό έλεγχο) ή 36% (για ολικό έλεγχο), κα-
θώς μειώνεται ο χρόνος αντίστοιχος λειτουργίας του συστήματος φωτισμού.

Η πιο απλή εφαρμογή είναι η τοποθέτηση αισθητήρα φωτός, που μετρά την ένταση φωτι-
σμού και ρυθμίζει τον τεχνικό φωτισμό στο επιθυμητό μέσω ενός ρυθμιστή (*dimmer*). Το σύστη-
μα είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν προϋποθέτει την ύπαρξη συστήματος κεντρικής διαχείρισης
κτιρίου [12].

Μια επιπλέον επιλογή είναι η εγκατάσταση χρονοδιακόπτη που κλείνει τα κυκλώματα φω-
τισμού σε καθορισμένα διαστήματα, οπότε είναι εκτός του ωραρίου λειτουργίας σε επιμέρους χώ-
ρους. Η εφαρμογή αυτόνομων αυτοματισμών τέτοιου τύπου μπορεί να μειώσει την τελική κατα-
νάλωση ενέργειας κατά 10-20 % [12].

Ο έλεγχος φωτισμού μπορεί να περιλαμβάνει έναν ανιχνευτή κίνησης, ο οποίος μπορεί να
είναι ενσωματωμένος και στο ντουί. Επειδή ο λαμπτήρας λειτουργεί μόνο όταν ανιχνευτεί κίνηση,
η εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει και το 40% [10].

2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια είναι σημαντική για την αυτο-
νομία τους και την εξάρτησή τους από τα συμβατικά καύσιμα. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατά-
σταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη, τη χρήση ανεμογεννητριών και την εκμετάλλευση
γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.

Τα πιο κοινά συστήματα ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα [1]:

- ✓ Ηλιακοί συλλέκτες
- ✓ Ηλιακή ψύξη ή/και θέρμανση

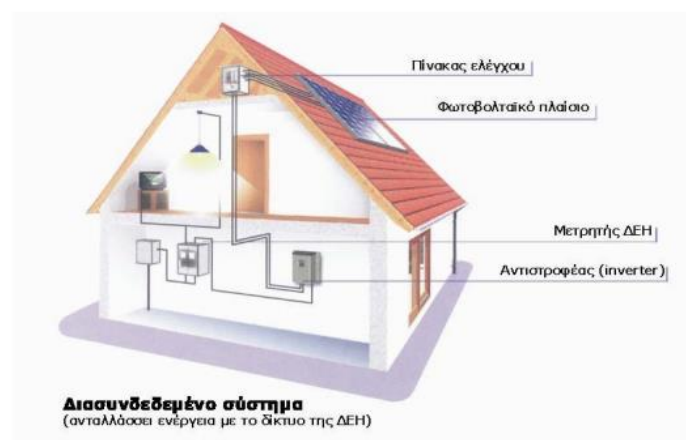
- ✓ Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας
- ✓ Φωτοβολταϊκά συστήματα
- ✓ Βιομάζα

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες είναι οι πλέον διαδεδομένοι και εφαρμοσμένοι στα ελληνικά κτήρια για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Έχουν εξαιρετική απόδοση. Μπορούν να συνδυαστούν για την θέρμανση των χώρων, η εφαρμογής τους, όμως, επιβάλλει τη λειτουργία τους σε συνδυασμό με σύστημα ηλιακής ψύξης, ώστε να αξιοποιείται και τους θερινούς μήνες. Βασική προϋπόθεση είναι η διαθέσιμη επιφάνεια με δυνατότητα ηλιασμού, όπως και τα φωτοβολταϊκά.

Η ίδια προϋπόθεση ισχύει και στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού με χρήση αντλιών θερμότητας, τα οποία είναι αρκετά αποδοτικά.

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας, δηλαδή της σταθερής θερμοκρασίας του υπεδάφους, για την θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού, δίνει υψηλά ποσοστά εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο. Συγκριτικά με τις κοινές αντλίες θερμότητες αέρα- νερού ή αέρα- αέρα, οι γεωθερμικές αντλίες δίνουν ένα κέρδος της τάξης από 45-90% την χειμερινή περίοδο και 30-55% τη θερινή περίοδο [1].

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (με ή χωρίς μπαταρία) αξιοποιούνται για την κάλυψη κυρίως ηλεκτρικών φορτίων. Έχει καταγραφεί ότι κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από ένα φ/β σύστημα αποτρέπει την έκλυση 1,1kg διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Μια μέση κατοικία απαιτεί την εγκατάσταση Φ/Β συνολικής ηλεκτρικής ισχύος τουλάχιστον 4 kW. Σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιρειών Φωτοβολταϊκών^{viii}, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά (π.χ. υαλοστάσια σε προσόψεις), προσφέροντας μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά απλά υαλοστάσια.



Εικόνα 8: Τμήματα ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος^{ix}

2.7 ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΛΥΓΧΟΥ

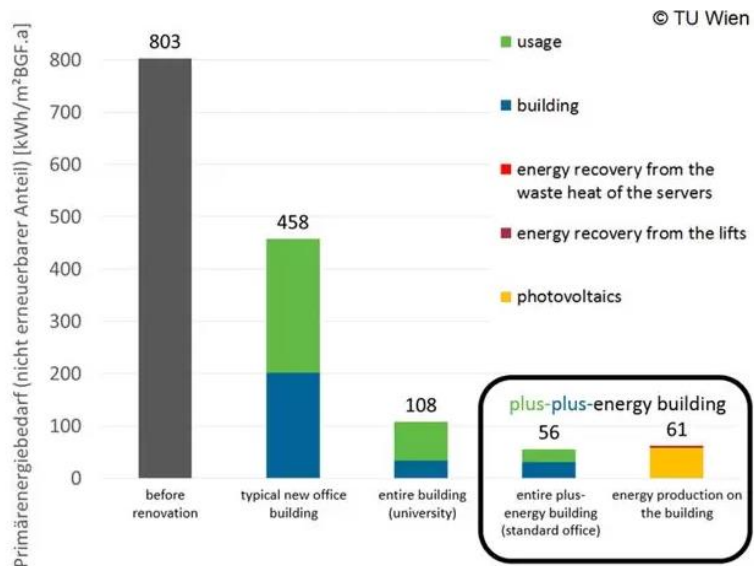
Η χρήση αυτοματισμού για τον έλεγχο της θέρμανσης, του φωτισμού και των ηλεκτρικών συσκευών μπορεί να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή απόδοση και να μειώσει την άσκοπη κατα-
νάλωση ενέργειας.

2.8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Ο συνδυασμός αντικατάστασης κουφωμάτων και ενίσχυσης του κτηριακού κελύφους έχει εφαρμοστεί αρκετές φορές με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ενδεικτικά παρατίθενται δύο πρα-
κτικές εφαρμογές και τα αποτελέσματά τους.

Το πρώτο παράδειγμα με μετρήσιμα αποτελέσματα είναι η εφαρμογή ενεργειακής αναβάθ-
μισης του ΚΑΠΕ, το 2009, των γραφείων του στο Πικέρμι (με έτος κατασκευή το 1986) [8]. Η
εξωτερική θερμομόνωση περιελάμβανε την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού, αφρώδους εξη-
λασμένης πολυστερίνης (με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,035$ W/(m.K)) και με προ-
σθήκη άνθρακα ορισμένα σημεία ($\lambda=0,031$ W/(m.K) στην τοιχοποιία, το δώμα και την οροφή.
Στο δώμα επιλέχθηκε η ανεστραμμένη θερμομόνωση, ενώ πραγματοποιήθηκε εφαρμογή φυτεμέ-
νου δώματος, σε μικρή επιφάνεια, στη δυτική πλευρά του δώματος. Τα νέα κουφώματα ήταν με
μεταλλικό πλαίσιο και διπλούς θερμομονωτικούς υαλοπίνακες. Το επόμενο χρόνο, η μέση κατα-
νάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε κατά 20%, και οι ανάγκες για θέρμανση μειώθηκαν κατά
24%.

Το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας της Βιέννης, έπειτα από ανακαίνιση, αποτελεί πλέον ένα
κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, σύμφωνα με άρθρο που δημοσιεύτηκε στο Ide-
alklima, στις 3/11/2020. Οι επεμβάσεις περιλαμβάναν: α) την βελτιστοποίηση της μόνωσης του
κελύφους, β) την αντικατάσταση των κουφωμάτων από 2,50 σε 0,62 W/m² K με τριπλό υαλοπί-
νακα και πλήρωση με αργό, γ) την αναβάθμιση των συστημάτων φωτισμού με ανιχνευτές κίνησης
και αξιοποίησης φυσικού φωτισμού, δ) την ενεργειακή αναβάθμιση ηλεκτρικών συσκευών και
συστημάτων ψύξης/θέρμανσης, ε) παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά σε στέγη και πρόσο-
ψη και στ) «τη χρήση της θερμικής ενέργειας που παράγεται από τους servers και την **ανάκτηση
ενέργειας** από τους ανεκυστήρες του κτιρίου». Τα αρχικά φορτία του κτηρίου αφορούν την θέρ-
μανση, την ψύξη, και την λειτουργία των Η/Υ και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Όπως φαίνεται
και στο διάγραμμα, το κέρδος είναι η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας να μειωθεί αισθητά.



Εικόνα 9: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την ανακαίνιση^{iv}

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙ-ΠΤΩΣΗΣ

Στην παρούσα ενότητα εξετάζεται το ενεργειακό προφίλ ενός κτηρίου γραφείων, και οι ενδεχόμενες προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης στην κλάση (A++), σύμφωνα με τον στόχο της Ελλάδας για κτήρια μηδενικής κατανάλωσης.

Τα βασικά εργαλεία και προγράμματα για την εξαγωγή αποτελεσμάτων καθώς και ακολουθούμενη μεθοδολογία περιγράφεται στην ακόλουθη υποενότητα.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ/ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Η αξιολόγηση της ενεργειακής κατάστασης του κτηρίου στηρίζεται στην μεθοδολογία, όπως εκείνη περιγράφεται στην υπ' αριθμ. ΔΕΠΕΑ/οικ.182365/17.11.2017 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) νομοθεσία και του ΕΛΟΤ EN ISO-13790 E2. Απώτερος στόχος είναι ο υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²/έτος) και των εκλυόμενων ρύπων ανά μονάδα ενέργειας, που μεταφράζεται σε ενεργειακή κλάση μέσω λογισμικού TE-E_KENAK_1.31.1.9.

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την συλλογή στοιχείων, την καταγραφή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτηρίου, των θερμοφυσικών ιδιοτήτων και των σκιάσεων του κελύφους του, καθώς επίσης την επεξεργασία/απεικόνιση των δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή, τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης μέσω μιας ανοιχτής δομής δεδομένων (.xml) και διεπαφής προγραμματισμού (API). Έπειτα από την ανάθεση του έργου, τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής¹:

A) Συλλογή στοιχείων.

Σημαντικό στάδιο για τη μελέτη ενός κτηρίου είναι η συλλογή των απαραίτητων εγγράφων είτε από την εκάστοτε αρχή (πχ. Πολεοδομία) είτε/ και τον ιδιοκτήτη- διαχειριστή του ακινήτου. Απαραίτητα έγγραφα είναι η οικοδομική άδεια (έντυπο νομιμότητας του κτηρίου), τα εγκεκριμένα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, τομές, όψεις), οι μελέτες θερμομόνωσης, παραστατικά συντήρησης λέβητα (αν υπάρχουν). Λόγω του έτους κατασκευής, μελέτες Η/Μ και θερμομόνωσης δεν υπήρχαν. Μόνο τα αρχιτεκτονικά σχέδια, το τοπογραφικό διάγραμμα και οι λογαριασμοί ρεύματος ήταν διαθέσιμοι. Δυσκολία υπήρξε λόγω απουσίας και άλλων δεδομένων, όπως παραστατικά συντήρησης.

¹ TEE, 2012, «Εκπαιδευτικό υλικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές», Τεύχος Α', Αθήνα

B) Επί τόπου επιθεώρηση

Η διενέργεια της επιθεώρησης πραγματοποιήθηκε κατόπιν επικοινωνίας με τον ιδιοκτήτη, ώστε να υπάρχει πρόσβαση σε όλους του χώρους τους εξεταζόμενου κτηρίου. Η ημερομηνία διεξαγωγής της επιθεώρησης ορίστηκε η 25^η Νοεμβρίου, 2022.

Σε αυτό το στάδιο, διασταυρώθηκε η πιστότητα της εφαρμογής των εγκεκριμένων σχεδίων και έγινε συλλογή δεδομένων που σχετίζονταν με την ενεργειακή κατανάλωση του εξεταζόμενου κτηρίου, π.χ. τα συστήματα θέρμανσης, ύγρανσης, κλιματισμού, φωτισμού και παραγωγής ζεστού νερού, και την χρήση του κτηρίου. Έγινε οπτικός έλεγχος, λόγω έλλειψης στοιχείων/ παραστατικών, της κατάστασης του λέβητα, των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των αδιαφανών και αδιάφανων δομικών στοιχείων, διαχωρισμού των θερμικών και μη ζωνών. Ακόμα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του τυπικού ύψους ορόφου και σκεπής, καθώς υπήρχαν δηλωμένες διαφορετικές τιμές σε εγκεκριμένα σχέδια. Στο υπό μελέτη κτήριο, δεν παρατηρήθηκαν άλλες αποκλίσεις ανάμεσα στα εγκεκριμένα αναθεωρημένα σχέδια (του 1966) και στην κατασκευή.

Τέλος, έγινε μια μικρή συζήτηση για προβλήματα λειτουργίας που είχε ήδη εντοπίσει ο ιδιοκτήτης/ διαχειριστής, ενώ υποδείχθηκαν από τον επιθεωρητή τρόποι αντιμετώπισης τους, όπως η συντήρηση του λέβητα και η μόνωση του δικτύου θέρμανσης.

Γ) Ηλεκτρονική έκδοση του αριθμού πρωτοκόλλου

Μετά τη συλλογή των στοιχείων, απαιτείται η ηλεκτρονική καταχώρηση των γενικών στοιχείων του κτηρίου, με τη δημιουργία νέας καρτέλας στην ιστοσελίδα www.buildingcert.gr της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.Ε.Εν).

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας
Αρχείο Ενεργειακών Επιθεωρήσεων
Περιβάλλον Τελικών Δοκιμών

Επιθεωρήσεις Κτιρίων Επιθεωρήσεις Συστ. Θέρμανσης Επιθεωρήσεις Συστ. Κλιματισμού Κεντρική σελίδα χρήστη (mpetrologi_1)

ΠΡΟΣΟΧΗ: Σχετικά με την καταχώρηση Διπλότυπου Είσοδης για Εγγραφή ή / και Ανανέωση Συνδρομής στο Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών, σας υπενθυμίζουμε ότι :

1. Το διπλότυπο είσοδης για εγγραφή ή / και ανανέωση συνδρομής στο Μητρώο των Ενεργειακών Επιθεωρητών υποβάλλονται ΜΟΝΟ ηλεκτρονικά στο Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών και ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΝΑ ΑΠΟΣΤΕΛΛΟΝΤΑΙ στα Τμήματα Επιθεώρησης Ενέργειας Νοτίου και Βορείου Ελλάδος.
2. Το αρχείο του ηλεκτρονικού παραβόλου (εφαρμογή e-paraolio), όπως αυτό σας χορηγείται προς εκτύπωση από τη σχετική εφαρμογή της ΓΓΠΣ θα πρέπει να υποβάλλεται στο buildingcert.gr ΜΟΝΟ μετά την περάτωση των διαδικασιών πληρωμής του.

Παρεκλά επιλέγεις:		
Νέα Επιθεώρηση Κτιρίων	Νέα Επιθεώρηση Συστ. Θέρμανσης	Νέα Επιθεώρηση Συστ. Κλιματισμού
Επιθεωρήσεις Κτιρίων σε Εκκρεμότητα	Επιθεωρήσεις Συστ. Θέρμανσης σε Εκκρεμότητα	Επιθεωρήσεις Συστ. Κλιματισμού σε Εκκρεμότητα
Οριστικά Υποβληθείσες Επιθεωρήσεις Κτιρίων	Οριστικά Υποβληθείσες Επιθεωρήσεις Συστ. Θέρμανσης	Οριστικά Υποβληθείσες Επιθεωρήσεις Συστ. Κλιματισμού
Επιθεωρήσεις Κτιρίων υπο Ανάκληση	Επιθεωρήσεις Συστ. Θέρμανσης υπο Ανάκληση	Επιθεωρήσεις Συστ. Κλιματισμού υπο Ανάκληση
Ανακληθείσες Επιθεωρήσεις Κτιρίων	Ανακληθείσες Επιθεωρήσεις Συστ. Θέρμανσης	Ανακληθείσες Επιθεωρήσεις Συστ. Κλιματισμού

Κεντρική Σελίδα Τελευταία νέα Οδηγίες Χρήσης ΚΑΠΕ ΥΠΕΚΑ

Εικόνα 10: Πλατφόρμα επιθεωρήσεις κτηρίων

Από την παραπάνω ιστοσελίδα, εκδόθηκε ο ηλεκτρονικός αριθμός πρωτοκόλλου και ένα αρχείο (.xml), που είχε όλα τα γενικά στοιχεία του εξεταζόμενου κτηρίου και ήταν υποχρεωτικό για την ολοκλήρωση της επιθεώρησης. Ο ηλεκτρονικός αριθμός πρωτοκόλλου είναι μοναδικός για κάθε περίπτωση και πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης.

Δ) Ηλεκτρονική αποτύπωση κτηρίου

Για την καλύτερη διαχείριση της πληροφορίας, πραγματοποιήθηκε ηλεκτρική αποτύπωσή των κατόψεων και των τομών του εξεταζόμενου κτηρίου μέσω προγραμμάτων CAD. Στα ηλεκτρικά σχέδια αποτυπώθηκαν ο φωτισμός και η ζώνη φυσικού φωτισμού.

Ε) Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης

Η ηλεκτρονική επεξεργασία των δεδομένων και εξαγωγή αποτελεσμάτων έγινε μέσω του λογισμικού εργαλείου TEE-KENAK 1.31. Το λογισμικό αυτό έχει αξιολογηθεί από την Ε.Υ.Ε.Εν και εφαρμόζει τη «μέθοδο της ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος, όπως περιγράφεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN-ISO-13790 και τα υπόλοιπα υποστηρικτικά πρότυπα». Το λογισμικό υιοθετεί τις βασικά πρότυπα, τεχνικές οδηγίες και νομοθεσίες, όπως αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

Για την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα TEE-KENAK, χρησιμοποιήθηκε το αρχείο (.xml) από το δεύτερο βήμα. Τα κλιματολογικά στοιχεία εισήχθησαν αυτόματα από την βιβλιοθήκη του λογισμικού TEE-KENAK. Κατά την διάρκεια ανάλυσης της μελέτης περίπτωσης, έγιναν ορισμένες παραδοχές σύμφωνα με το πρότυπο του KENAK και το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017, όπως αναλύονται στα επόμενα επιμέρους κεφάλαια. Κάθε παράμετρος εξετάστηκε σύμφωνα με τα κεφάλαια και τις προδιαγραφές του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017.

Δεδομένα, όπως το εμβαδόν των δομικών επιφανειών, η αεροστεγανότητα, υπολογίστηκαν και αναλύθηκαν με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών σχεδίων cad και λογισμικού υπολογιστικού προγράμματος της Microsoft Excel. Οι γωνίες σκίασης αρχικά υπολογίστηκαν με την χρήση των προαναφερόμενων εργαλείων και τα αποτελέσματα τους φαίνονται στην σχετική υποενότητα. Επειδή ο όγκος των σκιάσεων ήταν μεγάλος, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της 4M, το οποίο είναι αποδεκτό από το ΥΠΕΚΑ.

Το λογισμικό TEE- KENAK συγκρίνει τα δεδομένα με ένα κτήριο αναφοράς, ένα όμοιο κτίσμα με τα ίδια γεωμετρικά στοιχεία, θέση, προσανατολισμό, χρήση με το υπό μελέτη. «Το κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές του KENAK Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, τόσο στα δομικά στοιχεία όσο και τις Η/Μ εγκαταστάσεις».

Μετά την ολοκλήρωση, το λογισμικό υπολογίζει την ειδική τελική ετήσια κατανάλωση του κτηρίου (kWh/m²/έτος), τη συνολική κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²/έτος), τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά χρήση (CO₂/m²/ έτος) και την ενεργειακή κατάσταση.

ΣΤ) Προτάσεις βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης

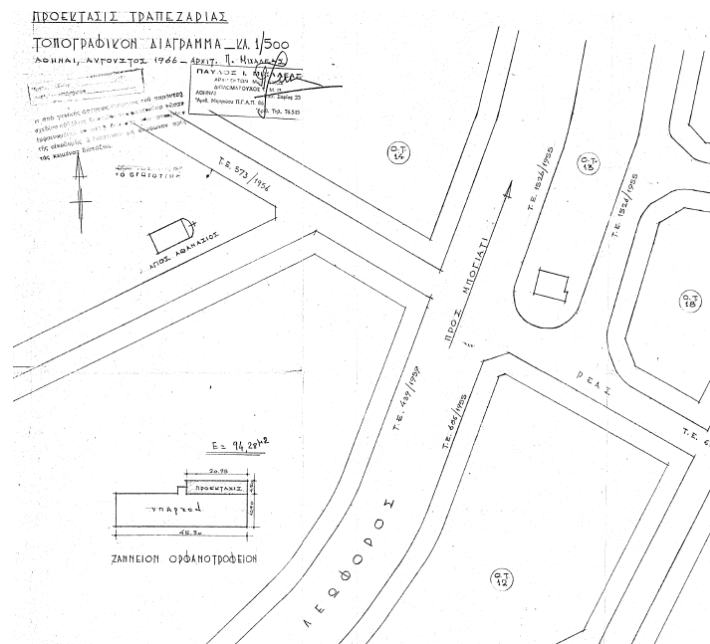
Από τα αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων του κτηρίου πραγματοποιήθηκε μια γενική αξιολόγηση για την υφιστάμενη κατάσταση και ο εντοπισμός των σημείων που θα μπορούσαν να γίνουν επεμβάσεις. Στόχος ήταν η ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου σε μηδενικής κατανάλωσης. Αναπτύχθηκαν τρία σενάρια ενεργειακής επέμβασης, όπως αλλαγές στη θερμομόωση, τα Η/Μ συστήματα, σύμφωνα με το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017[21].

Το λογισμικό TEE-KENAK δίνει τη δυνατότητα οικονομοτεχνικής αξιολόγησης με την περίοδο αποπληρωμής του κάθε σεναρίου. Η οικονομική ανάλυση στηρίζεται στη ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/51828/761/11.03.2023 και τις τιμές της αγοράς.

3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

3.2.1 Περιγραφή θέσης, προσανατολισμού του κτηρίου μελέτης

Ως αντικείμενο μελέτης έχει επιλεχθεί το κτήριο με τα γραφεία του Ζάννειου Ιδρύματος παιδικής προστασίας και αγωγής, που βρίσκεται εντός πευκόφυτης έκτασης 32 στρεμμάτων, στην θέση «Σταμάτα» επί της Λεωφόρου Θησέως 131 και Καρδερίνας στην Εκάλη (ΤΚ 14578) του Δήμου Κηφισιάς.

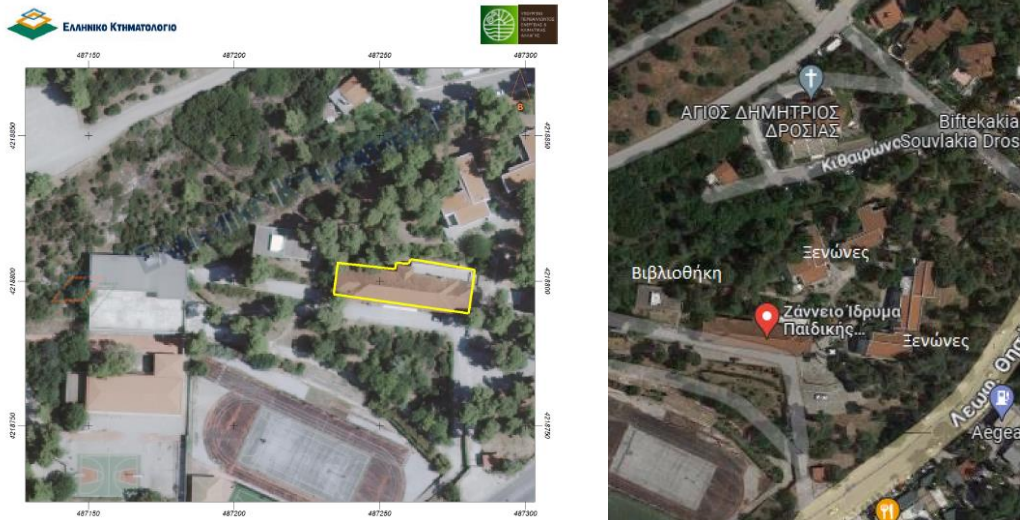


Εικόνα 11: Εγκεκριμένο τοπογραφικό διάγραμμα (1966)

Το κτήριο μελέτης αποτελεί το πρώτο οικοδόμημα στην ιδιόκτητη έκταση, με έτος ανέγερσης το 1949 και τροποποίησής το 1966, και προοριζόταν για εξοχική χρήση. Παρά την εμβληματική του αρχιτεκτονική όψη (βλ. φωτογραφίες), δεν έχει συγκαταλεγεί ως διατηρητέο στην περιοχή, σύμφωνα με το Αρχείο Παραδοσιακών Οικισμών και Διατηρητέα κτίρια του ΥΠΕΝ (http://estia.minenv.gr/EXEC-,_01/02/2023).

Σήμερα, το κτίριο αυτό γειτνιάζει βόρεια και ανατολικά με ξενώνες (δωρεάς Δ. Λυμπεροπούλου), δυτικά με βιβλιοθήκη του Ιδρύματος (δωρεάς Ν. Καραμέσου), και την αίθουσα ψυ-

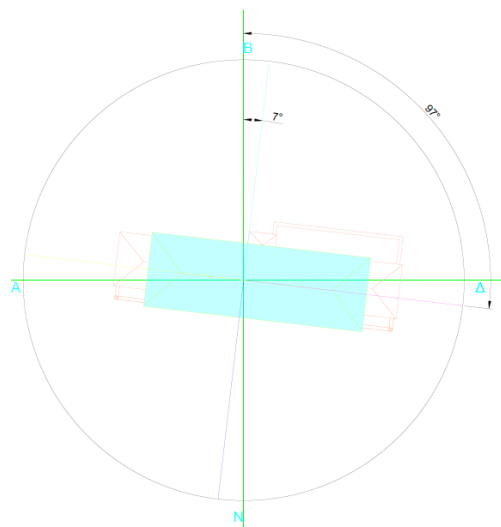
χαγωγίας και εκδηλώσεων – θέατρο (δωρεάς Σαμπάνη), νότια με ανώνυμη οδό και τις αθλητικές εγκαταστάσεις με αποδυτήρια (χορηγία Σταύρος Νιάρχος), όπως φαίνεται από τις ακόλουθες. Το «πλησιέστερο» κτήριο είναι η βιβλιοθήκη και απέχει απόσταση περίπου ίση με 14 μέτρα.



Εικόνα 12: Θέση κτηρίου (κτηματολόγιο, google map, 14/04/2023)

Το κτήριο είναι διώροφο, διαστάσεων 45.30m x 10.90 m, και έχει νότιο προσανατολισμό (7° μοιρών). Από τις φωτογραφίες φαίνεται ότι οι τοίχοι αποτελούνται από λιθοδομή επενδυμένους εξωτερικά με τεχνητή λιθοδομή (οι τρεις του πλευρές), ενώ η βόρεια και εσωτερικό του είναι από ασβεστοκονιάμα. Λόγω του έτους περάτωσης του έργου (πριν το 1979), το κτήριο δεν ακολουθεί τους κανόνες πυροπροστασίας και θερμομόνωσης.

Η κύρια δραστηριότητα των γραφείων αναπτύσσεται στους δύο ορόφους του κτηρίου, ενώ το υπόγειο έχει βοηθητικούς χώρους.



Εικόνα 13: Προσανατολισμός κτηρίου



Εικόνα 14: Δυτική και Ανατολική όψη κτηρίου



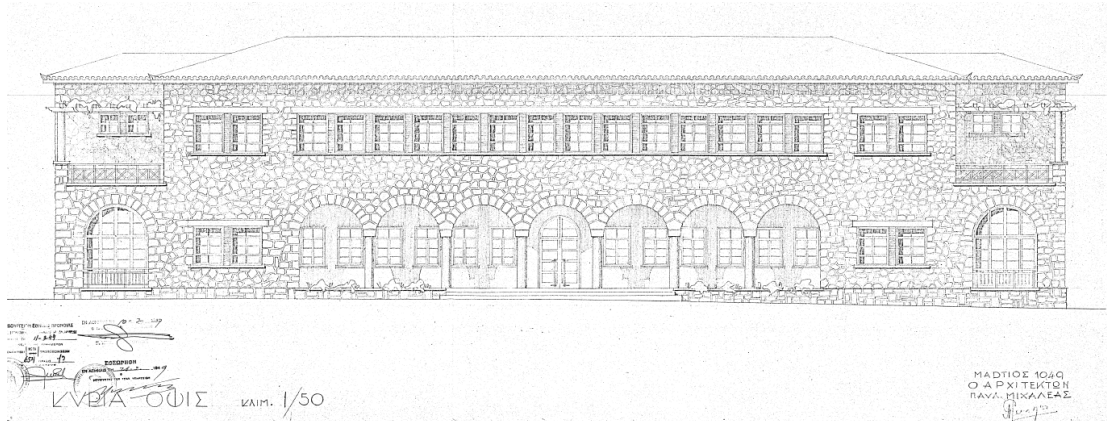
Εικόνα 15: Βόρεια και νότια όψη του κτηρίου

3.2.2 Ιστορικά χαρακτηριστικά και η σημασία του ιδρύματος και χρήσεις του κτηρίου μελέτης

Το κοινωφελές Ίδρυμα παρέχει φροντίδα, στέγη, γενική μόρφωση και επαγγελματική κατάρτιση σε ορφανά και άπορα παιδιά, ηλικίας 6-18 χρονών από το Μάρτιο του 1874 μέχρι και σήμερα. Το όνομα του οφείλεται στην Ελένη Ζαννή, σύζυγος του ευεργέτη και εμπόρου Νικήτα Τζαννή ή Ζαννή, η οποία άφησε με διαθήκη την ολόκληρη της περιουσία της στο Ίδρυμα, ώστε να δημιουργήσει ένα πλαίσιο που θα υποστήριζε, αρχικά άπορα και ορφανά αγόρια. Το Ζάννειο Ίδρυμα Παιδικής Προστασίας & Αγωγής Πειραιώς - Εκάλης, πλέον είναι **Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου** εποπτευόμενο από την Διεύθυνση Κοινωφελών Περιουσιών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής.

Η έδρα του ιδρύματος ήταν στον Πειραιά, ωστόσο, με κληροδοτήματα από γνωστούς έμπορους και βιομηχάνους της εποχής, όπως ο Δημήτριος και Ελένη Ρετσίνα (1930), ο Αντώνιος-Σταματίνα- Δημήτριος Κανελλόπουλος (1936), οι Αφοί Γαβριήλ και ο Ι. Γερολυμάτος (1940) επεκτάθηκε με τη δημιουργία κεντρικού παραρτήματος στην Εκάλη [26].

Συγκεκριμένα για το παράρτημα στην Εκάλη, ο Αντώνιος Κανελλόπουλος δώρισε, το έτος 1936, πευκόφυτη έκτασης 32 στρεμμάτων, όπου λειτούργησε αρχικά ως κατασκήνωση. Λόγω των αυξημένων αναγκών, η χρήση του χώρου άλλαξε αρκετές φορές και προστέθηκαν και άλλα κτίρια. Το έτος 1949, οι Αφοί Γαβριήλ και ο Ι. Γερολυμάτος χρηματοδότησαν την ανέγερση του πέτρινου κτηρίου, με την υπογραφή του αρχιτέκτονα Παύλου Μιχαλέα, και άδεια έγκρισής 654/1949 από την εθνική πρόνοια. Στο κτίριο αυτό, μεταστεγάστηκαν τα παιδιά από τον Πειραιά, ώστε να φοιτήσουν εκεί στο Δημοτικό σχολείο, ενώ η φοίτηση τους στο Γυμνάσιο γινόταν στον Πειραιά. Το κτήριο άλλαξε πολλές χρήσεις ανάλογα τις ανάγκες της εποχής. Μέχρι το 2013², το πέτρινο κτήριο λειτουργούσε ως **παιδικός σταθμός**³, ενώ πλέον στεγάζει τα **γραφεία του Ιδρύματος** και διάφορες εκδηλώσεις φιλανθρωπικού χαρακτήρα.



Εικόνα 16: Εγκεκριμένη όψη κτηρίου μελέτης (αρχείο Πολεοδομίας)

3.2.3 Γενικά δεδομένα - συνθήκες λειτουργίας κτηρίου μελέτης

3.2.3.1. Συνθήκες λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε, η χρήση του διώροφου κτηρίου είναι πλέον γραφεία, και εξετάζεται ως μια ενιαία θερμική ζώνη. Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται οι συνθήκες λειτουργίας και χρήσης του υπό εξέταση κτηρίου, σύμφωνα με τις παράγραφους 1.5, 2.2 και 3.32 του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017

Πίνακας 6: Γενικά στοιχεία λειτουργίας του υπό εξέταση κτηρίου

Κλιματική Ζώνη	B (ΑΤΤΙΚΗ)
Κατηγορία Χρήσης	Γραφεία
Θερμική ζώνη	01
Τυπικό ωράριο λειτουργίας (Πίνακας 2.1)	10 ώρες /5 ημέρες /12 μήνες
Κτίριο	Διακοπτόμενης λειτουργίας

ΑΜΑΡΥΣΙΑ, 1.07.2019 ² [Invalid source specified.](#)

Περίοδος θέρμανσης	1 Νοεμβρίου ως 15 Απριλίου
Περίοδος ψύξης	15 Μαΐου ως 15 Σεπτεμβρίου

Πρώτη παραδοχή αποτελεί ότι το κτήριο μελέτης εξετάζεται ως ενιαία θερμική ζώνη, προκειμένου να διευκολυνθεί το υπολογιστικό τμήμα της επιθεώρησης, καθώς επίσης παρουσιάζει το ίδιο προφίλ λειτουργίας.

Δεύτερη παραδοχή είναι ο χρόνος λειτουργίας, και οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας είναι ίδιοι στους κύριους και βοηθητικούς χώρους, καθώς πρόκειται για μελέτη ενεργειακής απόδοσης και όχι για σχεδιασμό κτηρίου. Συνεπώς, λαμβάνεται υπόψη μια ενιαία τιμή για κάθε παράμετρο (θερμοκρασία, αέρα νωπός, στάθμη φωτισμού κλπ).

3.2.3.2. Επιθυμητές συνθήκες γραφείων

Απώτερος στόχος είναι η άνεση και η δημιουργία ενός εσωκλίματος ευεξίας μέσα στο χώρο των γραφείων. Οι παράμετροι που επιδρούν στην υγεία και στην παραγωγικότητα ενός εργαζόμενου μπορούν να διαχωριστούν στους προσωπικούς,- π.χ. ψυχολογία, ένδυση, μεταβολισμός- και στους περιβαλλοντικούς, που ορίζουν το μικρόκλιμα του κτηρίου.

Για την απλούστευση του υπολογισμού, ορίζονται οι ακόλουθες τυπικές επιθυμητές περιβαλλοντικές εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης, όπως η θερμοκρασία, η φωτεινότητα, ο αερισμός, η σχετική υγρασία κλπ. σε γραφείο σύμφωνα με το TOTEE 20701-1/2017.

A. Θερμοκρασία και σχετική υγρασία

Τρίτη παραδοχή: «Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων με διακοπτόμενη λειτουργία, στις περιόδους εκτός τυπικού ωραρίου λειτουργίας του κτηρίου, η θερμοκρασία εσωτερικών χώρων λαμβάνεται ίση με τη μέση εξωτερική μηνιαία θερμοκρασία για κάθε μήνα»

Πίνακας 7: Επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων γραφείων σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 του TOTEE και το ΕΛΟΤ EN 15251:2007

Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)	
Χειμερινή Περίοδος	Θερινή Περίοδος	Χειμερινή Περίοδος	Θερινή Περίοδος
20	26	35	50

B. Απαιτούμενος νωπός αέρας

Οι τυπικές τιμές αερισμού, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3 του TOTEE 20701-1/2017 είναι οι εξής ανάλογα την χρήση:

✓ 3.00 m³/h/m² για τα γραφεία

C. Απαιτούμενος Φωτισμός

Το χρώμα, η ισχύς, η κατανομή του φωτισμού αποτελούν ορισμένα κριτήρια που επιδρούν στην οπτική άνεση κατά τη διαμονή του χρήστη στο κτήριο μελέτης. Για τη μελέτη των γραφείων, η τυπική τιμή για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης είναι οι ακόλουθες βάσει του Πίνακα 2.4α του TOTEE 20701-1/2017:

Πίνακας 8: Επιθυμητή Στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά γραφείου σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 του TOTEE

Χρήση κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Μέση ελάχιστη Στάθμη φωτισμού (Lux)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)	Δείκτης Θάμβωσης (UGR)	Ομοιομορφία φωτισμού
Γραφεία	500	0.8	19	0.6
Διάδρομοι και άλλοι Κ/Χ βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0.4
Λουτρό (Κ/Χ)	200	0.8	25	0.4

✓ Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για 500 lx (W/m^2): 14

D. Κατανάλωση Ζεστού νερού Χρήσης

Η ζήτηση ζεστού νερού είναι περιορισμένη στα γραφεία και ως εκ τούτου για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης λαμβάνεται ως μηδενική.

3.2.4 Περιγραφή της γεωμετρίας του κτηρίου

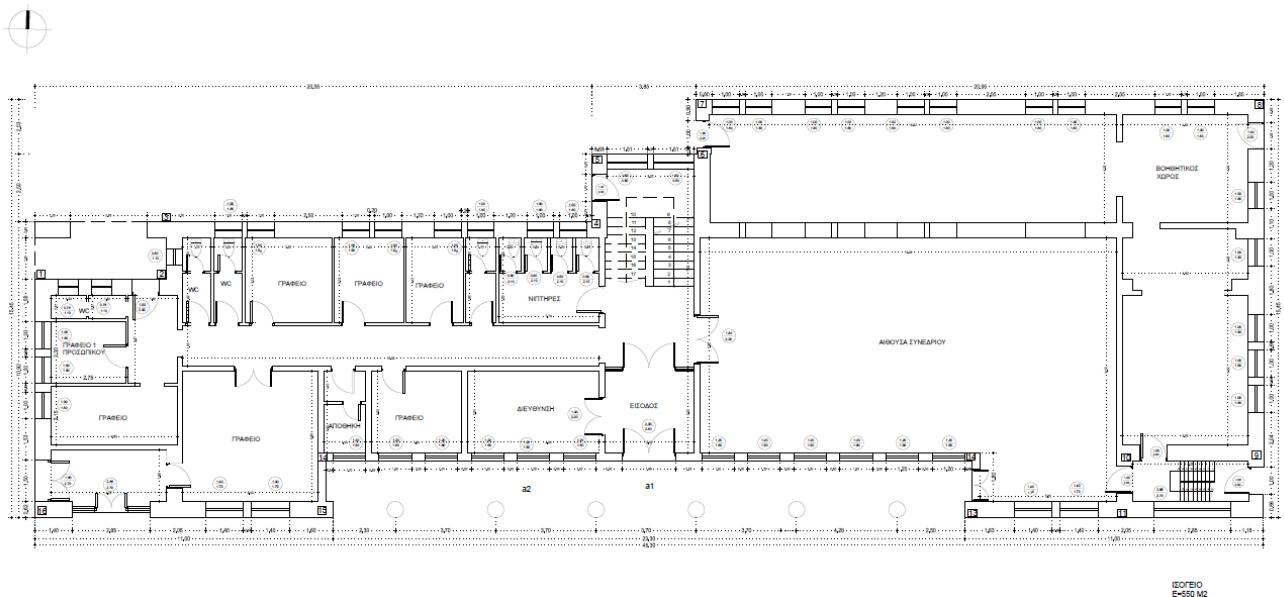
Το κτήριο αποτελείται από δύο θερμαινόμενα επίπεδα, το ισόγειο, επιφανείας 550 m² και τον πρώτο όροφο, επιφανείας 485 m², όπου αναπτύσσεται η κύρια δραστηριότητα, καθώς επίσης ένα μη θερμαινόμενο χώρο, το υπόγειο. Στο υπόγειο βρίσκεται το λεβητοστάσιο και βοηθητικοί χώροι, συνολικής επιφανείας 105 m². Συνεπώς, ένα μέρος του κελύφους βρίσκεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο και το υπόλοιπο είναι σε επαφή με το έδαφος.

Το δάπεδο είναι καλυμμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και με επικάλυψη μωσαϊκού. Τα κουφώματα του είναι ξύλινα με μονό υαλοπίνακα, που καλύπτει το 80% .

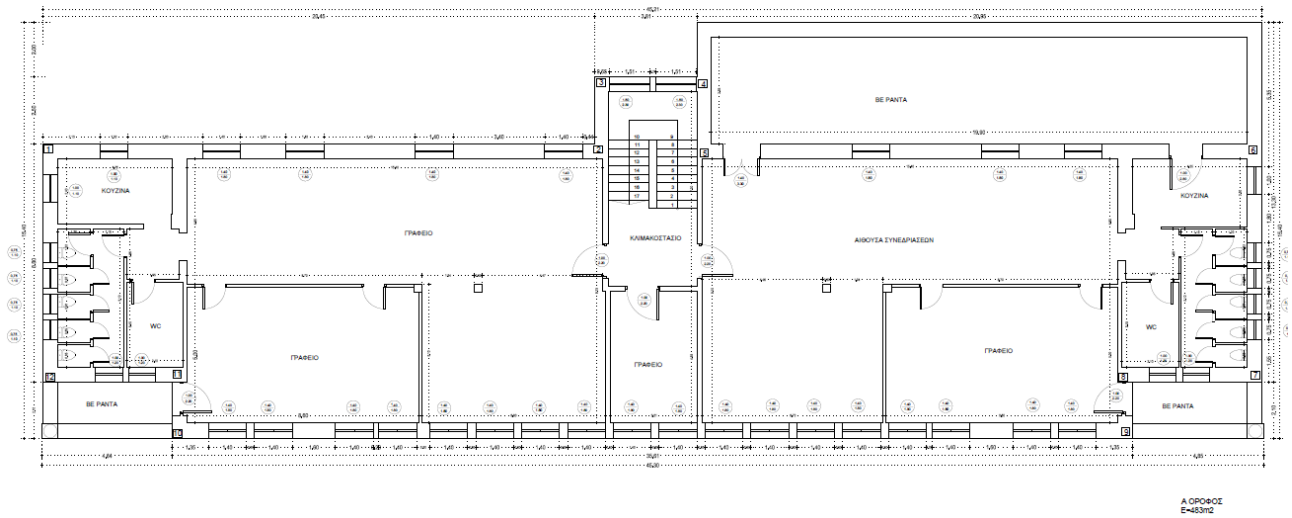
Πίνακας 9: Στοιχεία κτηρίου

Θερμαινόμενοι χώροι	
Επιφάνεια α' ορόφου(m ²)	485
Επιφάνεια ισόγειου (m ²)	550
Συνολική επιφάνεια	1035
Συνολικός όγκος (m ³)	8807
Μη Θερμαινόμενοι χώροι	
Επιφάνεια υπογείου- λεβητοστάσιο (m ²)	105

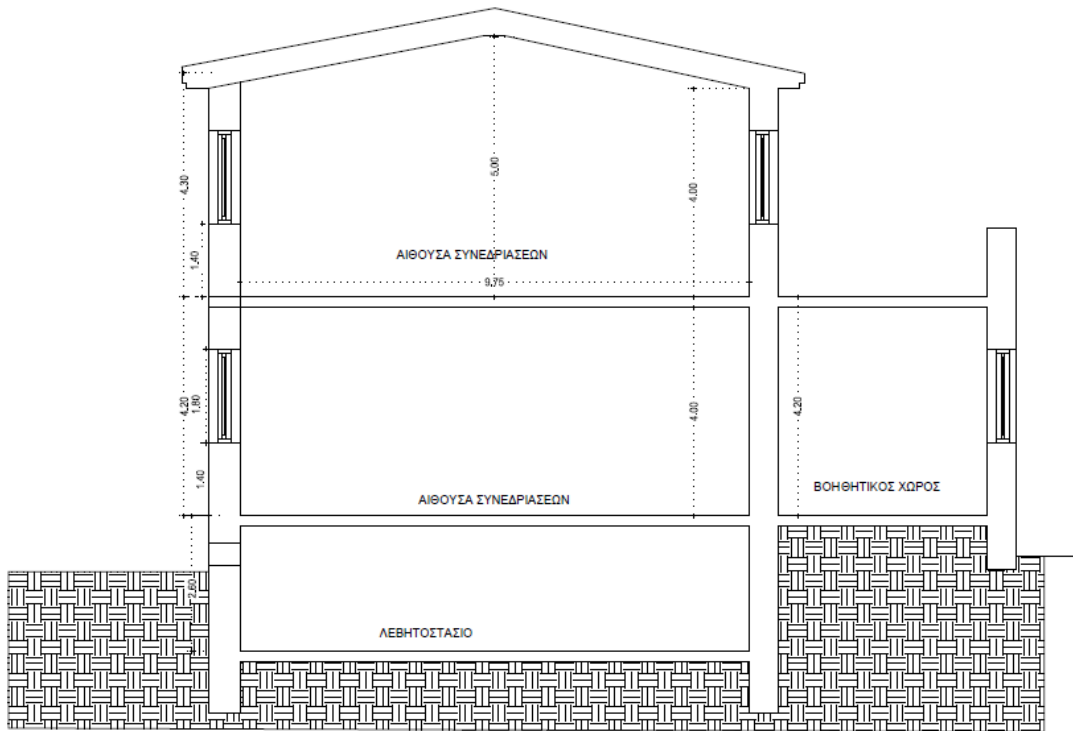
Ενδεικτικά δίνονται οι κατόψεις της θερμαινόμενων χώρων, όπου φαίνεται ότι όλες οι πλευρές έχουν ανοίγματα. Με μεγαλύτερη ευκρίνεια, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β δίνονται οι κατόψεις όλων των ορόφων, της στέγης και η τομή.



Εικόνα 17: Ηλεκτρονική αποτύπωση ισόγειου



Εικόνα 18 Ηλεκτρονική αποτύπωση πρώτου ορόφου



Εικόνα 19: Τομή

3.2.5 Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων

Στην παρούσα ενότητα εκτιμάται η θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών και διαφανών στοιχείων του κελύφους κτηρίου και προσδιορίζεται η θερμομονωτική τους επάρκεια, όπως ορίζεται από το ΚΕΝΑΚ. Υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U), ο συντελεστής απορροφητικότητας, ο συντελεστής σκίασης, απώλειες λόγω διείσδυσης αέρα.

3.2.5.1 Συντελεστής Θερμοπερατότητας αδιαφανών και διάφανων δομικών στοιχείων

Η εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς των αδιαφανών δομικών στοιχείων λαμβάνει υπόψη το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας, καθώς προσδιορίζονται οι ελάχιστες κατασκευαστικές θερμομονωτικές απαιτήσεις εκείνης της εποχής. Ο κανονισμός Θερμομόνωσης έγινε υποχρεωτικός για τα νέα κτίρια από τις 4^η Ιουλίου 1979. Ο ΚΕΝΑΚ βάζει οριοθετεί ότι όλα τα κτήρια προ του 1^η Ιανουαρίου 1980, όπως το υπό μελέτη έργο, ανήκουν σύμφωνα με την 4.2.2., στην **κατηγορία 1**, δηλαδή δεν έχουν θερμομονωτική προστασία. Επιπλέον, **δεν υπολογίζονται οι θερμογέφυρες** (Πίνακας 3.6).

Ο προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U αδιαφανών δομικών στοιχείων μπορεί να γίνει είτε μέσω των τυπικών τιμών του Πίνακα 3.5 είτε με αναλυτικό υπολογισμό σε συνδυασμό με τον Πίνακα 4 του ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017. Στην παρούσα εργασία, επιλέγεται ο πρώτος τρόπος υπολογισμού. Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου χωρίζονται σε τέσσερεις κατηγορίες:

A. Κατακόρυφο δομικό στοιχείο -Τοίχος πλήρωσης

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κτήριο χτίστηκε αρχικά το έτος 1949 και το πάχος των εξωτερικών τοίχων είναι 55 με 60 εκατοστά, γίνεται η παραδοχή ότι η πέτρα, η λιθοδομή αποτελεί το κύριο δομικό στοιχείο. Εξαιρέση αποτελεί το νότιο τμήμα του ισογείου που βρίσκεται σε εσοχή (κεντρική είσοδος), πάχους 30 εκατοστών, όπου το κύριο δομικό στοιχείο είναι μπατική οπτόλιθη.

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή εξετάζονται οι τρεις πλευρές (ανατολική, δυτική και νότια κατά ήμισυ) ξεχωριστά από την βόρεια όψη και την εσοχή του ισογείου.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας U διαμορφώνονται σύμφωνα με το Πίνακα 3.5.α, και κατά την εισαγωγή τους στο λογισμικό φέρουν την αντίστοιχη [T] ονομασία, ως εξής:

- ✓ Στις τρεις πλευρές, ο τοίχος πλήρωσης είναι «επενδυμένη με άλλες πλάκες», συνεπώς ο συντελεστής είναι **2.30 W/m².K**, και ονομάζεται [T1].



Εικόνα 20: Επιχρισμένο τμήμα βόρειας πλευράς και επενδυμένο τμήμα δυτικής όψης

- ✓ Η βόρεια πλευρά, είναι «επιχρισμένη και από τις δύο όψεις» για αργολιθοδομή με συντελεστή **3.85 W/m².K** και ονομάζεται [T2].
- ✓ Τέλος, η νότια εσοχή «επιχρισμένη και από τις δύο όψεις» μπατική οπτοπλινθοδομή, έχει συντελεστή **2.20 W/m².K** και ονομάζεται [T3].



Εικόνα 21: Νότια εσοχή

B. Κατακόρυφο δομικό στοιχείο: Φέρων οργανισμός

Λόγω της παλαιότητας του κτηρίου, το εμβαδόν του φέροντος οργανισμού υπολογίζεται ως το 15% ποσοστό της επιφανείας της όψης, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 του ΚΕΝΑΚ-1 για διώροφο κτήριο με οικοδομική άδεια προ του 1980.

Ο φέροντας οργανισμός, από οπλισμένο σκυρόδεμα, έχει συντελεστής θερμοπερατότητας ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του:

- ✓ **2.05 W/m².K** για «επενδεδυμένη με πλάκες» όπου είναι οι τρεις πλευρές [T4].
- ✓ **3.40 W/m².K** «επιχρισμένη και από τις δύο όψεις», όπου είναι η βόρεια πλευρά του κτηρίου και καλείται [T5].

Γ. Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία : οροφή/ Δώμα

Η οροφή χωρίζεται σε δύο μέρη και έχει ως συντελεστή από τον Πίνακα 3.5β:

- ✓ «κεραμοσκεπή με οπλισμένο σκυρόδεμα» : **4.70 W/m².K**. Το ονομάζεται [O1]
- ✓ «Συμβατικό τύπου δώματος»: **3.05 W/m².K**. [O2]



Εικόνα 22: Είδη οροφών

Δ. Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία -Δάπεδο

Στο κτήριο υπάρχουν τρία είδη δαπέδων, όπου ο συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του Πίνακα 3.5β του ΚΕΝΑΚ διαμορφώνεται ως εξής:

i. Ισόγειο

- ✓ Το μεγαλύτερο ποσοστό είναι επί εδάφους ανά **3,10 W/m².K [Δ1]**,
- ✓ ένα μικρό ποσοστό σε μη θερμαινόμενο χώρο (μηχανοστάσιο) **2.00 W/m².K [Δ2]**

Η περίμετρος του δαπέδου σε επαφή με το έδαφος είναι ίση με 122 m.

Παραδοχή τέταρτη: Η διαφορά θερμοκρασίας στο ΜΘΧ είναι 10° αντί για 20° προς το εξωτερικό περιβάλλον. Το λογισμικό σύστημα λαμβάνει την διαφορά στους 20°. Για την ορθότητα της πληροφορίας, ο συντελεστής θερμοπερατότητας, για το δάπεδο στο ΜΘΧ εισάγεται 1.00 αντί για 2.00, δηλαδή ο συντελεστής μειωτικός είναι 0.5.

ii. Α' όροφος

- ✓ το μεγαλύτερο ποσοστό είναι σε θερμαινόμενο χώρο, αλλά δεν έχει συντελεστή
- ✓ Ένα μικρό ποσοστό είναι επάνω σε ανοιχτό υπόστυλο χώρο και έχει συντελεστή **2,75 W/m².K [Δ3]**

Ε. Κουφώματα

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.13α, ο συντελεστής θερμοπερατότητας χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα, για τα υαλοπίνακα μονό και ποσοστό ξύλινου πλαισίου 20%, είναι **5 W/m².K [Α]**.

Για τις εξωτερικές ξύλινες πόρτες χωρίς υαλοπίνακα, ο συντελεστής είναι ίσος με **3,5 W/m².K** (σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα) και **2,7 W/m².K** σε μη θερμαινόμενο χώρο.



Εικόνα 23: Ξύλινο μόνο κούφωμα

Αν ακολουθηθεί ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε κούφωμα (παράθυρο), το αποτέλεσμα παραμένει $5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Στην περίπτωση των κουφωμάτων, ο συντελεστής θερμοπερατότητας θα πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά λόγω του διαφορετικού μεγέθους τους.:

Εξίσωση 1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

$$U_w = \frac{A_f \times U_f + A_g \times U_g + I_g \times \Psi_g}{A_f + A_g}$$

Όπου: U_w ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$): Συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$): Συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος

U_g ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$): Συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_w (m^2): Επιφάνεια όλου του κουφώματος

A_f (m^2): Επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος

A_g (m^2): Επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος

I_g : το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),

Ψ_g [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος, ίσος με το μηδέν, εφόσον έχουν μονούς υαλοπίνακες.

Πίνακας 10: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ανοιγμάτων

A.A	ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ	A_w	A_g (m^2)	U_g ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)	A_f (m^2)	U_f ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)	U_w ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)
A-1	0,75	1,1	0,825	0,66	5,7	0,165	2,2	5
A-2	1	1,8	1,8	1,44	5,7	0,36	2,2	5
A-3	1,5	2,3	3,45	2,76	5,7	0,69	2,2	5
A-4	1	1,4	1,4	1,12	5,7	0,28	2,2	5
A-6	1,4	1,8	2,52	2,016	5,7	0,504	2,2	5

A-7	1,2	1,8	2,16	1,728	5,7	0,432	2,2	5
A-11	0,6	1,1	0,66	0,528	5,7	0,132	2,2	5
A-13	1	1,1	1,1	0,88	5,7	0,22	2,2	5
A-15	1	1,2	1,2	0,96	5,7	0,24	2,2	5
A-17	1,5	0,5	0,75	0,6	5,7	0,15	2,2	5
A-18	1,5	2,7	4,05	3,24	5,7	0,81	2,2	5

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων εκτιμάται βάσει του τρόπου δόμησης του κτηρίου και τον Πίνακα 3.14 του ΚΕΝΑΚ. Εφόσον το κτήριο έχει συμπαγείς οπτόπλινθους και σκυρόδεμα στα οριζόντια επίπεδα, κατατάσσεται στην κατηγορία 6, και έχει ανηγμένη θερμοχωρητικότητα είναι **300 K/m² k**.

3.2.5.2 Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας και εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας

Σημαντικές ιδιότητες για την ενεργειακή αξιολόγηση ενός κτηρίου αποτελούν η απορροφητικότητα και η ανακλαστικότητα των τελικών επιφανειών του κελύφους του, καθώς μπορεί να προσδώσουν ηλιακά κέρδη ή απώλειες. Ένα ποσοστό ηλιακής ενέργειας που απορροφάται στην εξωτερική επιφάνεια, επιστρέφει στο περιβάλλον μέσω της εκπομπής του ως θερμική ακτινοβολία. Οι τυπικές τιμές των τελικών επιστρώσεων λήφθηκαν από τον Πίνακα 3.15 του TOTEE-20701-1/2017.

Πίνακας 11: Συντελεστές ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας και θερμικής ακτινοβολίας σύμφωνα με τους πίνακες 3.15-3.16 του TOTEE-20701-1/2017

	Συντελεστές		
	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα	Θερμική Ακτινοβολία
Κατακόρυφα Δομικά στοιχεία			
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (μπεζ)	0,60	0,40	0,80
Τοίχος με εμφανής λιθοδομή	0,4	0,60	0,80
Οριζόντια Δομικά στοιχεία			
Κόκκινο κεραμίδι	0,4	0,6	0,80
Σκούρες στρώσεις (πλάκες για δώμα)	0,20	0,80	0,80

3.2.5.3 Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Ο συντελεστής εκφράζει το μέσο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που περνάει από την επιφάνεια του κουφώματος, σε σχέση με τη συνολική προσπίπτουσα ακτινοβολία σε αυτό. Ο τύπος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου αποτελούν τις βασικές παράμετροι στον υπολογισμό του συντελεστή, όπως δίνεται από την σχέση [3.19] του TOTEE-20701-1/2017.

Εξίσωση 2: Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους

$$g_w = g_{gi}x(1 - F_f)$$

Όπου:

F_f : το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα

g_{gi} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα. Για μόνο υαλοπίνακα, η τιμή είναι 0,85 (από Πίνακα [3.17])

g : ο συντελεστής ηλιακού κέρδους σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Για μόνο υαλοπίνακα, η τιμή είναι 0,77 (από Πίνακα [3.17])

Στο εξεταζόμενο κτήριο, τα κουφώματα μονού υαλοπίνακα και με ποσοστό πλαισίου, F_f , 20%, ο συντελεστής είναι ίσος με 0,62 (πίνακας 3.18).

3.2.5.4 Συντελεστής σκίασης

Οι επικρατούσες εσωτερικές συνθήκες επηρεάζονται από την μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, που μπορεί να προκληθεί από τυχόν εξωτερικά σταθερά εμπόδια. Οι σκιάσεις μπορεί προέρχονται είτε από εξωτερικές επιφάνειες π.χ. λόφους, κτίσματα, είτε και από στοιχεία του ίδιου του κτηρίου, π.χ. πλευρικά στοιχεία, εσοχές, προστεγάσματα κλπ. Οτιδήποτε δεν είναι σταθερό, όπως εσωτερική κινητή σκίαση π.χ. κουρτίνες, δε λαμβάνεται υπόψη. Η επίδραση της σκίασης υπολογίζεται με την βοήθεια συντελεστών, οι οποίοι ποικίλουν τη γεωμετρία τους και το είδος των σκιάστρων.

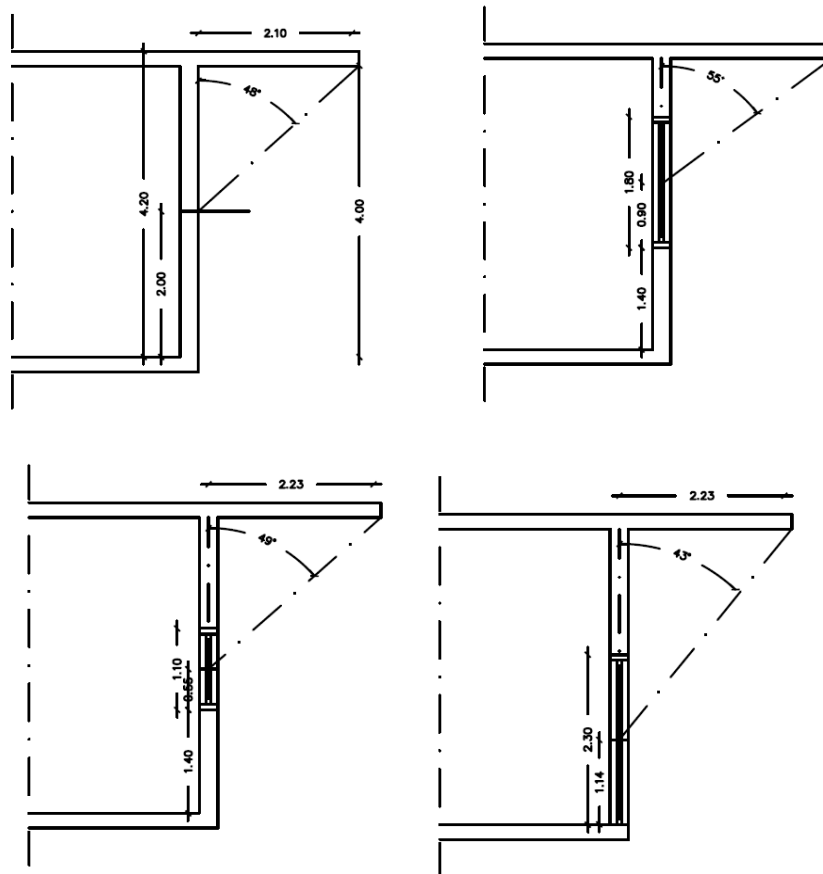
Οι συντελεστές αυτοί αλλάζουν ανάλογα με την εποχή, για αυτό και λαμβάνεται οι αντίστοιχες μέσες τιμές, από τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο. Ο συνολικός σκιασμός είναι ίσος με το γινόμενο των ακόλουθων συντελεστών σκίασης:

A. Συντελεστής σκίασης οριζόντια F_{hor}

Στην παρούσα περίπτωση, το πλησιέστερο τεχνικό εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση 14 μέτρων μακριά. Συνεπώς, δεν υπάρχει καθόλου σκίαση, και ο συντελεστής είναι ίση με τη μονάδα $F_{hor}=1.0$

B. Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}

Σκίαση λόγω οριζόντιου προβόλου, μήκους 2.10 m, παρατηρείται στο ισόγειο νότιο τμήμα - 13-14 και 1-2. Ο υπολογισμός του συντελεστή σκίασης F_{ov} βασίζεται στον Πίνακα 3.20 και τον προσδιορισμό της γωνίας β , δηλαδή εκείνης που «σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρασ του προβόλου»(KENAK, 2017). Ο συντελεστής εξετάζεται ξεχωριστά για κάθε διαφανές και αδιαφανές δομικό στοιχείο. Ενδεικτικά, διαγράμματα είναι τα ακόλουθα:



Σχήμα 1: Γραφική απεικόνιση υπολογισμού της γωνίας β σε αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία στο νότιο πρόβολο

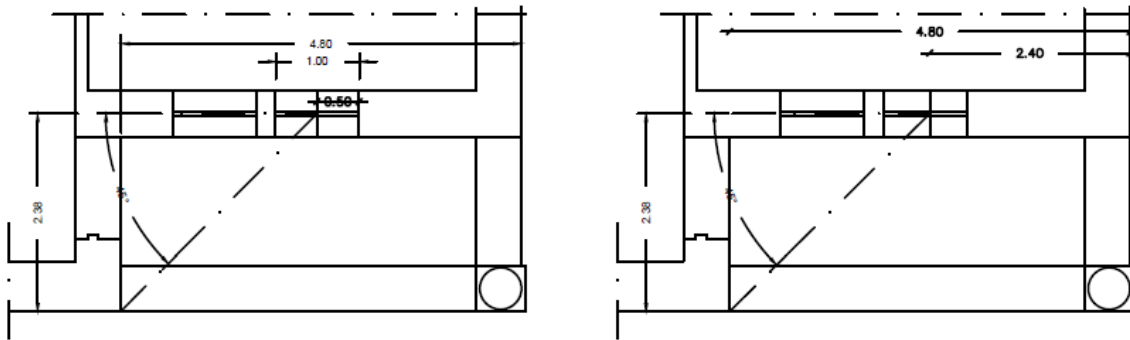
Πίνακας 12: Συντελεστές σκίασης από προβόλους β

Όροφος	Δομικό στοιχείο	Γωνία προβόλου (β)	Φον θέρμανση	Φον ψύξη
Ισόγειο (N)	Τοίχος	45	0,58	0,48
	Πόρτα	43	0,70	0,54
	Παράθυρο	55	0,59	0,63
Ισόγειο (B)	Τοίχος	45	0,66	0,70
	Παράθυρο	49	0,64	0,67

B. Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin})

Οι σκιάσεις Fin προκύπτουν από πλευρικές προεξοχές του ίδιου του κτηρίου τόσο στον πρώτο όροφο όσο και στο ισόγειο, στην βόρεια και νότια πλευρά. Σημαντικές παράμετροι είναι ο προσανατολισμός και η γωνία γ της πλευρικής προεξοχής, η οποία «σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρασ της πλευρικής προεξοχής» (KENAK, 2017). Στη νότια πλευρά, η προεξοχή έχει σκίαση και από τις δύο πλευρές, ως εκ τούτου υπολογίζονται δύο συντελεστές σκίασης. Ο συνολικός συντελεστής είναι

το γινόμενο των δύο. Έχοντας τον προσανατολισμό και τη γωνία γ , με το Πίνακα 3.21^α και 3.21^β του KENAK, προσδιορίζεται ο συντελεστής F_{in} .

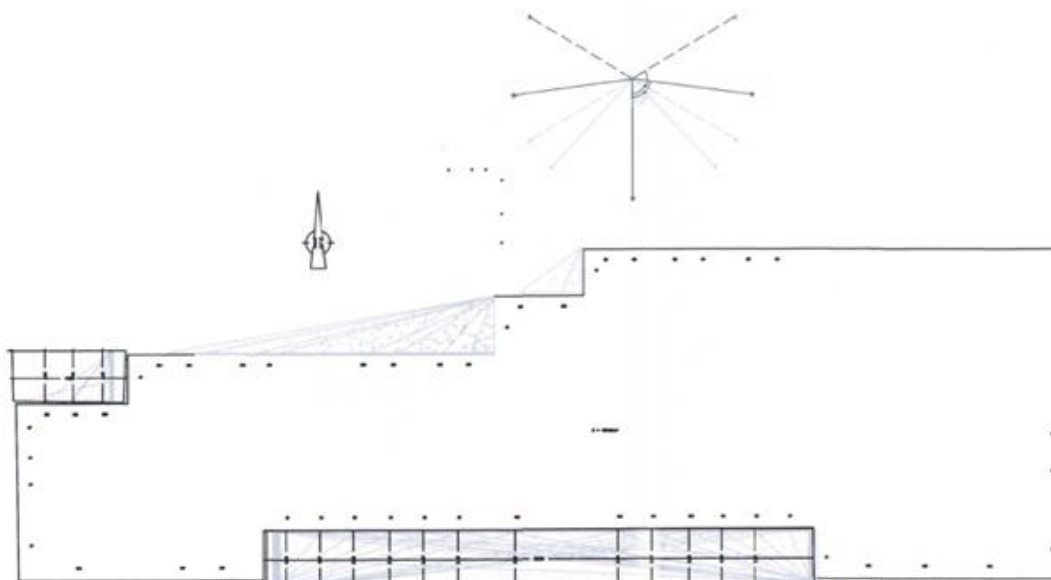


Σχήμα 2: Σχεδιαστική απεικόνιση υπολογισμού γωνίας γ της δεξιάς πλευρικής προεξοχής σε κατακόρυφο αδιαφανές και διαφανές στοιχείο.

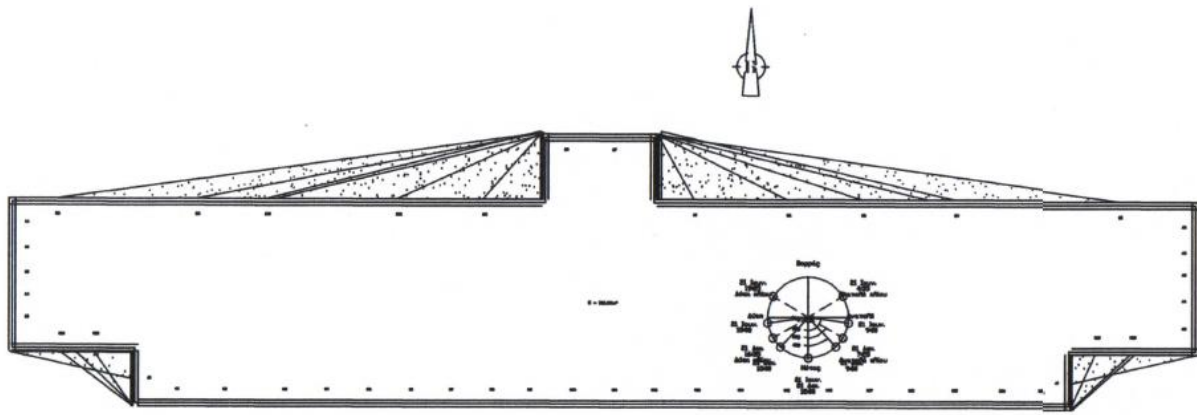
Πίνακας 13 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από την δεξιά πλευρά

Όροφος	Δομικό στοιχείο	Γωνία Πλευρική (γ)	F_{iv} θέρμανση	F_{IN} ψύξη
Ισόγειο (N)	Τοίχος	45	0,91	0,87
	Παράθυρο	45	0,91	0,87

Στο Παράρτημα Γ, δίνονται οι όλοι πίνακες με τους ηλιασμούς και τις σκιάσεις, επειδή το κτήριο έχει αρκετά ανοίγματα και σκιάσεις, όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα της 4M.



Εικόνα 24: Σκιάσεις ισογείου



Εικόνα 25: Σκιάσεις πρώτου ορόφου

3.2.5.5 Αερισμός

Η διείσδυση αέρα είθισται να πραγματοποιείται είτε από τις αδιαφανείς δομικές εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους είτε μέσω των χαραμάδων των ανοιγμάτων τους. Σύμφωνα με το ΤΟΤΕΕ20701-1/2017, η πρώτη περίπτωση θεωρείται αμελητέα, ενώ για τον υπολογισμό της αεροστεγανότητας, λαμβάνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

- A. οι εξώπορτες αποτελούν θυρίδες αερισμού, με περιθώριο στο κάτω μέρος < 1 cm.
- B. Όλα τα κουφώματα είναι ανοιγόμενα, παρότι στην καθημερινότητα σπανίως χρησιμοποιούνται για αερισμό.
- Γ. Δεν λαμβάνονται υπόψη, η διείσδυση αέρα από τα δύο (2) ανοίγματα που εφάπτονται στο ΜΘΧ.

Η παροχή αερισμού από τις χαραμάδες εξαρτάται από το μήκος τους, τον αριθμό και την επιφάνεια των εξωτερικών κουφωμάτων. Στον ακόλουθο πίνακα, φαίνεται ο συνολικός αερισμός λόγω των χαραμάδων, ο οποίος ισούται με το γινόμενο της επιφάνειας των όλων κουφωμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες επί τον τυπικό συντελεστή του πίνακα 3.24 (ΤΟΤΕΕ20701-1/2017) και το ποσοστό των ανοιγόμενων παραθύρων. Οι τυπικοί συντελεστές για κούφωμα με απλό υαλοπίνακα και πόρτα, χωρίς στεγανότητα είναι οι εξής:

- ✓ Πόρτα: $11,80 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
- ✓ Παράθυρο: $15,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Πίνακας 14: Υπολογισμός αερισμού λόγω αεροστεγανότητας

Τύπος Ανοίγματος	Τύπος	Συνολική ανοιγόμενη επιφάνεια (m ²)	Διείσδυση αέρα. (m ³ /h)
A-1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	4,95	74,75
A-2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	17,28	326,16
A-3	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	5,52	104,19
A-4	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	11,20	211,40

A-5	ΠΟΡΤΑ	13,80	162,84
A-6	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	58,46	1103,51
A-7	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	20,74	391,39
A-8	ΠΟΡΤΑ	4,00	59,00
A-9	ΠΟΡΤΑ	12,31	181,60
A-10	ΠΟΡΤΑ	15,40	181,72
A-11	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	1,06	19,93
A-12	ΠΟΡΤΑ	2,42	28,56
A-13	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	1,76	33,22
A-14	ΠΟΡΤΑ	2,80	41,30
A-15	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	4,80	90,60
A-17	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	1,20	22,65
A-18	ΠΟΡΤΑ	3,24	61,16
Σύνολο		180,94	3093,97

Ο αερισμός στους μη θερμαινόμενους χώρους, δεν υπολογίζεται.

Επειδή μηχανικός αερισμός δεν υφίσταται, ο απαιτούμενος αερισμός είναι ίσος με το θεωρητικό υπολογισμό, δηλαδή το 3.00 επί το συνολικό εμβαδόν $1035 = 3105 \text{m}^3/\text{h}$ (1).

Ο απαιτούμενος αερισμός για την υγιεινή των χώρων εργασίας (θεωρητικός μηχανικός αερισμός) και η διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων είναι σχεδόν ίδιοι.

Η παροχή από τις χαραμάδες θα μειωθεί, σε περίπτωση αντικατάστασης των κουφωμάτων πιστοποιημένα κατά EN12207, καθώς θα αλλάξει ο συντελεστής σε $1,4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.24.

3.2.6 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, όπως τα τεχνικά συστήματα θέρμανσης- ψύξης- κλιματισμού, ο φωτισμός κλπ συμβάλλουν σημαντικά στην εκτίμηση της ζήτησης της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση στην ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.

Στην παρούσα ενότητα αναφέρονται λεπτομερώς τα τεχνικά συστήματα του υπό εξέταση κτηρίου, καθώς τα εισερχόμενα δεδομένα για την λογισμική ενεργειακή κατάταξη τους.

3.2.6.1 Συστήματα Θέρμανσης

Για τις ανάγκες θέρμανσης, στο κτήριο έχει εγκατασταθεί κεντρικό σύστημα που αποτελείται από τον συνήθη λέβητα πετρελαίου, τον καυστήρα, τους κυκλοφορητές, τα συστήματα ασφαλείας τη δεξαμενή καυσίμου, την καπνοδόχο, ένα εσωτερικό δίκτυο διαμονής ζεστού νερού (σωληνώσεις χωρίς μόνωση) και θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ). Λόγω έλλειψης δεδομένων, τα δεδομένα στηρίζονται στις σχέσεις και τις τυπικές τιμές του TOTEE 20701-1, 2017.

Μονάδα παραγωγής θέρμανσης

Λόγω έλλειψης στοιχείων, σήμανσης και φύλλων συντήρησης του λέβητα, κατά την επιθεώρηση, η θερμική ισχύς του λέβητα, ο εποχιακός βαθμός απόδοσης και ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης υπολογίζονται βάσει των σχέσεων [4.1], [4.2] και [4.3] του TOTEE 20701-1.

Η πραγματική θερμική ισχύς της μονάδας είναι ίση με 242 kW, αντικαθιστώντας τα δεδομένα σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

Εξίσωση 3: Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ισχύος

$$P_{gen} = \left(AxU_m \times 1.5 + \frac{\dot{V}}{3} \right) \times \Delta T$$

Όπου:

P_{gen} [W] : η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης του κτηρίου,

A [m^2] : η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτηριακού κελύφους (τοίχοι, οροφές, ανοίγματα), ίσο με **2107,53 m^2**

U_m [$W/(m^2.K)$] : ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A , **3,5 $W/(m^2.K)$**

ΔT [C]: η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος για Β κλιματική ζώνη, **20°C**

\dot{V} [m^3/h]: η συνολική προσαγωγή νεπού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο σε, **3105 m^3/h**

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης της μονάδας θέρμανσης είναι ίσος με 68%, από την εξής σχέση:

Εξίσωση 4: Υπολογισμός εποχιακού βαθμού απόδοσης

$$n_{SK\theta} = n_{gm} \times n_{g0}$$

Όπου:

n_{gm} : πραγματικός βαθμός απόδοσης της μονάδας, συνήθης λέβητας (Πίνακας 4.2.β του TOTEE-1,2017), 0,80

n_{g0} : συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό βαθμό απόδοσης (Πίνακας 4.2.γ του TOTEE 20701-1,2017), 0,91

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης δεν αποτελεί τον συνολικό βαθμό απόδοσης του λέβητα-καυστήρα, καθώς μπορεί να μειωθεί από την κατάσταση μόνωσης του και τυχόν υπερδιαστασιολόγηση.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης, n_{gen} , προκύπτει από την ακόλουθη εξίσωση [4.3]:

$$n_{gen} = n_{SK\theta} \times n_{g1} \times n_{g2} = 71\%$$

Όπου:

n_{g1} : ο συντελεστής υπερδιασταλόγησης, η οποία λαμβάνει τη τιμή 1, λόγω της παραδοχής ότι η πραγματική και η μέγιστη θερμική ισχύς είναι ίδια.

n_{g2} : ο συντελεστής μόνωσης, και είναι ίσος με $n_{g2} = axY + b = 0,96$.

Η κατάσταση μόνωσης του λέβητα χαρακτηρίζεται ως μέτρια. Οι τιμές των συντελεστών είναι $a = -0,0145$, $b = 0,975$ και $Y = 1$ (Πίνακας 4.4 του TOTEE-1,2017)

Για τον προσδιορισμό της πραγματικής ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης του υπό εξέταση κτηρίου, πρέπει να ληφθούν υπόψη θερμικές απώλειες από το δίκτυο διανομής, τα βοηθητικά συστήματα και τα θερμαντικά σώματα/τερματικά συστήματα.

Δίκτυο διαμονής θερμικού μέσου

Ο βαθμός θερμικής απόδοσης του δικτύου διανομής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του θερμικού μέσου, την κατάσταση και χαρακτηριστικά των σωληνώσεων (π.χ. μονωμένες, παλιές, μήκος, διατομή κλπ), τις συνθήκες του χώρου διέλευσης του (θερμαινόμενος ή μη). Για την απλούστευση των δεδομένων, οι θερμικές απώλειες του δικτύου λαμβάνονται από τις τυπικές τιμές του Πίνακα 4.11 του TOTEE 20701-1, συναρτήσει των παραπάνω παραμέτρων.

Το εξεταζόμενο κτήριο έχει εσωτερικό δισωλήνιο δίκτυο διαμονής με υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής θερμικού μέσου, χωρίς μόνωση για ισχύ 200-300 kW. Βάσει του πίνακα, το ποσοστό θερμικών απωλειών είναι 10.5% με βαθμός απόδοσης 89,5%.

Εξίσωση 5: Υπολογισμός θερμικών απωλειών

$$n_s = 1 - 0.105 = 0,895$$

Τερματικές μονάδες

Το δίκτυο διανομής θέρμανσης καταλήγει σε σώματα άμεσης απόδοσης, τύπου ΑΚΑΝ (με φέτες), εκ των οποίων το 79% είναι τοποθετημένα σε εσωτερικούς και το 21% σε εξωτερικούς

τοιχούς. Ο βαθμός απόδοσης των θερμαντικών σωμάτων εκτιμάται βάσει της ακόλουθης εξίσωσης ίσος με 95,5%:

Εξίσωση 6: Υπολογισμός απόδοσης θερμικών σωμάτων

$$N_{em,t} = \frac{n_{em}}{F_{rad} \times f_{im} \times f_{yd}}$$

Όπου:

n_{em} : η απόδοσή εκπομπής, ανάλογα την τοποθέτηση του σώματος (Πίνακας 4.12, ΤΟΤΕ-Ε-20701-1) έχει την ακόλουθη τιμή για θερμοκρασία μέσου 90-70:

- Για τα 79 % σώματα άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο: 0,85
- Για τα 21 % σώματα άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο: 0,89

Η τελική απόδοση εκπομπής είναι $n_{em} = 0,79 \times 0,85 + 0,89 \times 0,21 = 0,88$

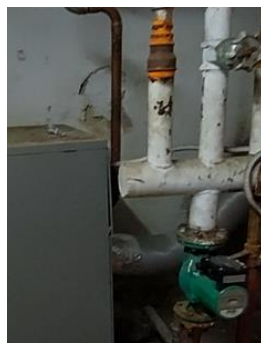
F_{rad} : παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας για χώρους με ύψος ≥ 4 m, ίσος με **0,95**

f_{im} : παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας, ίσος με **0,955**

f_{yd} : παράγοντας ενός εξισορροπημένου υδραυλικά συστήματος, **1,00**

Βοηθητικά συστήματα

Για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, έχει τοποθετηθεί ένας (1) κυκλοφορητής, κατασκευαστή wilo.



Εικόνα 26: Κυκλοφορητής κεντρικής θέρμανσης

Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης

Σύστημα παραγωγής	
Τύπος θέρμανσης	Λέβητας πετρελαίου με 1 καυστήρα
Θερμική ισχύς (kW)	250
Βαθμός απόδοσης	0,71
Περίοδος κάλυψης	Νοέμβριος ως Απρίλιος
Μέση θερμοκρασία νερού (ΠΔ 335)	70
Δίκτυο διαμονής	
Χωρος διέλευσης	Εσωτερικοί χώροι χωρίς μόνωση
Θερμική ισχύς	250

Βαθμός απόδοσης	0,895
Θερμοκρασία θερμικού μέσου	70
Θερμικά σώματα	
Τύπος	Κλασσικά χαλύβδινα με φέτες (καλοριφέρ)
Βαθμός απόδοσης	0,955
Βοηθητικά συστήματα	
Ένας Κυκλοφορητής με ονομαστική ισχύ	5,1 kW (τριών ταχυτήτων)
Ποσοστό χρόνου λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων (Πιν. 4.15)	80%

3.2.6.2 Σύστημα Ψύξης

Όλα τα κτήρια του τριτογενούς τομέα, όπως τα γραφεία, υποχρεούνται να παρέχουν το 100% ψύξης, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Λόγω απουσίας συστήματος κλιματισμού/ψύξης στο εξεταζόμενο κτήριο, τα εισερχόμενα δεδομένα βασίζονται στο **θεωρητικό σύστημα με αντλίες θερμότητας** ψύξης, βάσει της παραγράφου 5.2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για τον τριτογενή τομέα.

Πίνακας 16: Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης

Σύστημα παραγωγής ψυκτικής ενέργειας	
Τύπος ψύξης	Αντλίες θερμότητας
Πηγή παραγωγής	Ηλεκτρισμός
Μέσος βαθμός κάλυψης της απαιτούμενης ενέργειας	1
Εποχιακός δείκτης αποδοτικότητας (SEER)	2,2
Περίοδος κάλυψης	Μάιος ως Σεπτέμβριος
Δίκτυο διαμονής ψυχρού μέσου	
Βαθμός απόδοσης	0,95
Τερματικές μονάδες	
Βαθμός απόδοσης	0,93
Βοηθητικά συστήματα	
Ισχύς (W/m ²)	5
Ισχύς (kW)	5,175
Ποσοστό χρόνου λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων (Πιν. 4.15)	80%

3.2.6.3 Σύστημα μηχανικού αερισμού

Η διεύθυνση αέρα λόγω των χαραμάδων στα κουφώματα και τα συστήματα αεραγωγών καθορίζουν τον αερισμό σε ένα κτήριο. Στα κτήρια του τριτογενούς τομέα, υπολογίζεται μόνο ο μηχανικός αερισμός του, ενώ δεν λαμβάνεται υπόψη ο φυσικός.

Επειδή στο υπό εξέταση κτήριο δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού, τα δεδομένα περιγράφουν τη θεωρητική μονάδα συστήματος του κτηρίου αναφοράς, με παροχή νωπού αέρα την απαιτούμενη επιθυμητή τιμή από το Πίνακα 2.3 του TOTEE 20710-1/2017. Το σύστημα έχει συνολική παροχή 3105 m³/h, με μηδενική ανάκτηση και ανεμιστήρες εξαερισμού 1 kW s/m³.

Πίνακας 17: Σύστημα μηχανικού αερισμού

Σύστημα μηχανικού αερισμού	
Συνολική παροχή νεπού αερισμού (m^3/h)	3105
Μηδενική ανάκτηση (Q)	0
Ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων εξαερισμού $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	1

Η παροχή του μηχανικού αερισμού είναι ίδια με τη διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων. Αυτό προσφέρει στο κτήριο την επιθυμητή ανανέωση αέρα (συνθήκες λειτουργίας) χωρίς την παρουσία μηχανικού συστήματος.

Σε περίπτωση αντικατάστασης των κουφωμάτων, όπου και μειώνεται η διείσδυση αέρα θα πρέπει να προβλεφθεί η τοποθέτηση μηχανικού αερισμού, που θα καλύπτει την διαφορά μεταξύ της απαιτούμενης επιθυμητής συνθήκης και της αεροστεγανότητας.

3.2.6.4 Σύστημα ζεστού νερού χρήσης και σύστημα ύγρανσης

Το κτήριο δεν διαθέτει σύστημα ζεστού νερού χρήσης, λόγω της περιορισμένης κατανάλωσης και της χρήσης του, γραφεία.

Σημειώνεται για το κτήριο αναφοράς το σύστημα ζεστού νερού έχει τοπικοί ηλεκτρικούς θερμαντήρες με βαθμό απόδοσης 1,0, δίκτυο διανομής και αποθήκευσης (βαθμός αποθήκευσης 0,98).

3.2.6.5 Συστήματα φωτισμού

Ένας βασικός τομέας που συνυπολογίζεται στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης είναι η κατανάλωση από τα συστήματα φωτισμού, σε κτήρια του τριτογενούς τομέα. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, ο φωτισμός των κτηρίων καταναλώνει το 25-35% της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας [26]. Για την εκτίμηση του καταγράφονται όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως ο τύπος των λαμπτήρων και του συστήματος λειτουργία τους, η εγκατεστημένη ισχύς τους, η παρουσία αυτοματισμών. Εκτιμάται, επίσης, ο φυσικός φωτισμός και η τυπική στάθμη του ΤΟ-ΤΕ20701-1/2017. Η περιοχή μελέτης δεν περιλαμβάνει τους μη θερμαινόμενους χώρους.

Στο υπό εξέταση κτήριο έχουν τοποθετηθεί λαμπτήρες γραμμικούς Τ8 (halophosphate συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρομαγνητικού ballast) και ατμών νατρίου υψηλής πίεσης, με χειροκίνητους διακόπτες, και φωτισμό ασφαλείας. Παρατηρείται απουσία αυτοματισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού ή ανίχνευσης κίνησης, που θα μπορούσαν να μειώσουν την κατανάλωση από το τεχνητό φωτισμό. Η στάθμη και ο αριθμός των λαμπτήρων, 92, κρίνονται ανεπαρκείς, καθώς το σύστημα κάλυπτε τις ανάγκες της προηγούμενης χρήσης του κτηρίου, παιδικού σταθμού (300 lux) αντί των γραφείων (500 lux). Το 32% και το 22% της επιφάνειας του ισογείου και του ορόφου, καλύπτεται από γραμμικό τύπο λαμπτήρες. Στο παράρτημα Β, δίνονται τα σχέδια του φωτισμού



Εικόνα 27: Φωτιστικό εσωτερικού χώρου

Ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος βασίζεται στην κάλυψη των αναγκών του γραφείου και τις τυπικές τιμές πυκνότητας του πίνακα 5.1α, 4,2 και 4,2 W/m²/100 lux για τύπους λαμπτήρων ατμών νατρίου και T8 αντίστοιχά.

Πίνακας 18: Συνολική ισχύς φωτισμού

Επίπεδο	Συνολική Ισχύς
A όροφος	10, 1 kW
Ισόγειο	11,55 kW

Η συνολική ισχύς των 21,6 kW είναι μεγαλύτερη από το κτήριο αναφορά 16,0 kW, για αυτό θα εξετασθεί η αντικατάσταση λαμπτήρων με χρήση αυτοματισμού φυσικού φωτισμού.

Οι ανάγκες για φωτισμό μπορούν να καλυφθούν με φυσικό τρόπο από τα διαθέσιμα ανοίγματα, μειώνοντας τη χρήση του τεχνητού συστήματος. Ο νότιος προσανατολισμός, τα πλευρικά ανοίγματα, ο ηλιασμός και το ωράριο λειτουργίας συμβάλλουν στην διείσδυση και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε μεγάλο μέρος της επιφάνειας του εξεταζόμενου κτηρίου. Ο προσδιορισμός της ζώνης φυσικού φωτισμού (ΖΦΦ) υπολογίζεται από τους τύπους [5.1],[5.2] και [5.3] του TOTEE και εξαρτάται από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Η ΖΦΦ έχει ύψος επιφάνειας εργασίας ($h_{εε}$) 1,40 m και εκτείνεται προς το εσωτερικό του κτηρίου, σε βάθος, $L_{ΖΦΦ}$, ανάλογο του καθαρού ύψους του ανοίγματος, $h_{ΖΦΦ}$.

Εξίσωση 7: Υπολογισμός βάθους ζώνης φυσικού φωτισμού

$$L_{ΖΦΦ} = 2,5 \times h_{ΖΦΦ} \text{ και όπου } h_{ΖΦΦ} = h_{\pi} - h_{εε}$$

Το πλάτος της ΖΦΦ, $W_{ΖΦΦ}$, είναι συνάρτηση του πλάτους του παραθύρου, W_{π} μ και του βάθους της $L_{ΖΦΦ}$. :

Εξίσωση 8: Υπολογισμός πλάτους ζώνης φυσικού φωτισμού

$$W_{ΖΦΦ} = W_{\pi} + 0,5 \times L_{ΖΦΦ}$$

Το εμβαδόν της ΖΦΦ είναι το γινόμενο του πλάτους, $L_{ΖΦΦ}$, με το βάθος, $L_{ΖΦΦ}$. Η δεύτερη απλοποιημένη μέθοδος, που προτείνεται από το KENAK για τον ορισμό της περιοχής του φυσικού φωτισμού, είναι η λήψη του βάθους, $L_{ΖΦΦ} = 4,00$ m από τις πλευρικές κατακόρυφες διαφανείς

επιφάνειες και το πλάτος ίσο με το εκείνο του ανοίγματος με προσαύξηση δύο (2) μέτρων ($W_{Z\Phi\Phi} = W_{\pi} + 2,00 \text{ m}$)

Με την πρώτη μέθοδο, η σχηματιζόμενη ζώνη ΖΦΦ στον πρώτο όροφο, υπερκαλύπτει τη συνολική επιφάνεια του, λόγω της θέσης των ανοιγμάτων σε κοντινή απόσταση και της μεταξύ τους αλληλοκάλυψης. Στο ισόγειο, η ΖΦΦ είναι 428,48 m και καλύπτει το 78% της συνολικής του επιφάνειας. Οι σχετικοί αναλυτικοί υπολογισμοί δίνονται στο Παράρτημα Δ .

Η δεύτερη μέθοδος σε συνδυασμό με τον σχεδιασμό των περιοχών, και αφαιρώντας τις αλληλοκαλυπτόμενες περιοχές, η ΖΦΦ καλύπτει το 79% της συνολικής επιφάνειας. Στον ακόλουθο Πίνακα, δίνεται η επιφάνεια της ΖΦΦ και το ποσοστό κάλυψης, ενώ οι κατόψεις δίνονται στο Παράρτημα Δ.

Πίνακας 19: Ποσοστό κάλυψης φυσικού φωτισμού

Επίπεδο	$E_{Z\Phi\Phi}$ (m ²)	Ποσοστό κάλυψης
Α' όροφος	382,12	79%
Ισόγειο	437	79%

Η περίοδος αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού δίνεται από τον Πίνακα 5.2 του ΚΕΝΑΚ. Στον ακόλουθο πίνακα, δίνονται τα συνολικά χαρακτηριστικά του συστήματος φωτισμού:

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά συστήματος φωτισμού

Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (kW)	21.65
Αυτοματισμοί ελέγχου ΦΦ	Χειροκίνητος
Αυτοματισμοί ανίχνευσης κίνησης	Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης)
Φωτισμός ασφαλείας	Ναι
Σύστημα εφεδρείας	Όχι
Περιοχή Φυσικού φωτισμού (%)	79
Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού	
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (Πιν. 5.2)	2250
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (νύχτας) T_N	250

Επειδή δεν υπάρχουν συστήματα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού, η παράμετρος της ΖΦΦ αγνοείται κατά την ενεργειακή κατάταξη της υφιστάμενης κατάταξης. Στο σενάριο αντικατάστασης λαμπτήρων, θα αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός.

3.2.7 Αποτελέσματα υπολογισμών- ενεργειακή κατάταξη

Στην παρούσα ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα του λογισμικού TEE-KENAK 1.31, μετά την εισαγωγή των δεδομένων, με στόχο να εντοπιστούν οι τομείς που απαιτούνται να γίνουν επεμβάσεις. Στον ακόλουθο Πίνακα δίνονται τα απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης, ενώ η ύγρανση και το ζεστό νερό χρήσης παραλείπονται, καθώς δεν απαιτούνται. Παρατη-

ρείται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις στο εξεταζόμενο κτήριο είναι αρκετά πιο υψηλές από το κτήριο αναφοράς, αντικατοπτρίζοντας κυρίως την ανεπαρκή θερμομόνωση του κτηρίου.

Πίνακας 21: Απαιτούμενα μηνιαία φορτία για την θέρμανση και την ψύξη στο εξεταζόμενο κτήριο και στο κτήριο αναφοράς

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	13.7	11.1	8.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	11.4	51.7
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	21.0	43.9	39.3	5.4	0.0	0.0	0.0	113.6

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	2.5	1.8	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.7	7.7
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	10.8	19.8	18.5	3.7	0.0	0.0	0.0	55.2

Οι αντίστοιχες τελικές καταναλώσεις ανά χρήση, δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα, όπου η θέρμανση έχει το μεγαλύτερο ποσό. Η τελική κατανάλωση για ψύξη και θέρμανση, περιλαμβάνει και την ηλεκτρική κατανάλωση των βοηθητικών τους συστημάτων.

Πίνακας 22: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά σύστημα

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶ Θέρμανση	33.8	27.4	21.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.1	28.2	129.1	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	18.1	36.6	32.9	4.8	0.0	0.0	0.0	96.1
ZNX	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 για ζεστό νερό χρήσης	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
Φωτισμός	4.4	4.0	4.4	4.3	4.4	4.3	4.4	4.4	4.3	4.4	4.3	4.4	51.7
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	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	38.2	31.4	26.3	7.7	8.0	22.4	41.0	37.3	9.1	4.6	18.3	32.6	276.9

Όσον αφορά την απαιτούμενη πρωτογενή ενέργεια, η κατανάλωση της για τη θέρμανση στο υφιστάμενο κτήριο είναι αρκετά υψηλή, υποδηλώνοντας την κακή κατάσταση του συστήματος με χαμηλό βαθμό απόδοσης καθώς και την παρουσία πολλών ανοιγμάτων στο κέλυφος. Ακόμα, τα θερμικά κέρδη [0,62] και οι σκιάσεις μπορεί να συμβάλλουν στην αύξηση των θερμικών απωλειών. Αυξημένη κατανάλωση παρατηρείται και για τη ψύξη του εξεταζόμενου κτηρίου. Πιθανές αιτίες είναι η αεροστεγανότητα, και την έλλειψη θερμομόνωσης.

Πίνακας 23 : Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)			
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
▶	Θέρμανση	27.4	153.8
	Ψύξη	76.0	278.7
	ZNX	0.0	0.0
	Φωτισμός	118.9	150.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0
	Σύνολο	222.3	582.5
	Κατάταξη	-	Z

Η κύρια πηγή ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών είναι ο ηλεκτρισμός και το πετρέλαιο. Οι εκλυόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά καύσιμο δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO2 (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	154.4	152.7
	Πετρέλαιο	122.5	32.3
	Φυσικό αέριο	0.0	0.0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
	Ηλιακή	0.0	0.0
	Βιομάζα	0.0	0.0
	Γεωθερμία	0.0	0.0
	Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
	Σύνολο	276.9	185.0

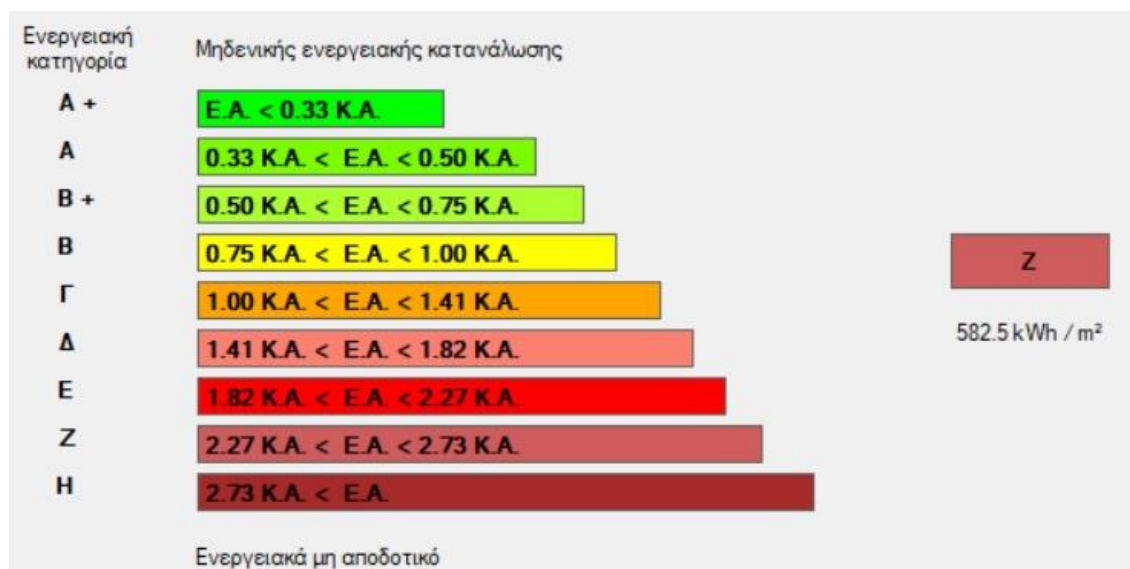
Εικόνα 28: Κατανάλωση ανά καύσιμο εξεταζόμενου κτηρίου

Οι μεγάλες αποκλίσεις από το κτήριο αναφοράς υποδηλώνουν την χαμηλή απόδοση του λέβητα και την απουσία συστήματος ψύξης και μόνωσης.

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO2 (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	72.9	72.1
	Πετρέλαιο	9.8	2.6
	Φυσικό αέριο	0.0	0.0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
	Ηλιακή	0.0	0.0
	Βιομάζα	0.0	0.0
	Γεωθερμία	0.0	0.0
	Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
	Σύνολο	82.7	74.7

Εικόνα 29: Κατανάλωση ανά καύσιμο του κτηρίου αναφοράς

Σύμφωνα με το λογισμικό TEE-KENAK, το κτήριο υπάγεται στην κατηγορία Z και δεν πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του KENAK. Για δραστικές λύσεις, θα πρέπει οι βελτιώσεις να στοχεύουν στην θέρμανση και δομικά στοιχεία του κτηρίου. Τα σενάρια έχουν ως γνώμονα την ελάχιστη κατανάλωση και τη βέλτιστη λειτουργία των συστημάτων.



Εικόνα 30: Ενεργειακή κατάταξη υφιστάμενου κτηρίου

3.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις έχουν ως στόχο τη μείωση της πρωτογενούς καταναλισκόμενης ενέργειας και την αναβάθμιση της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου από Z σε A+. Τα αποτελέσματα της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου τονίζουν την έλλειψη θερμομόνωσης και την ανάγκη λήψης μέτρων για την μείωση των φορτίων ψύξης και θέρμανσης. Η επιλογή των προτάσεων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση του κτηρίου και την διακοπτόμενη λειτουργία.

Κατ' εξαίρεση των αναγκών, ως πρώτο σενάριο εξετάζεται η απλή συντήρηση του λέβητα και η αντικατάσταση των φωτιστικών, ως πιο οικονομικό και βιώσιμο μέτρο. Οι υπόλοιπες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας εστιάζουν στην αναβάθμιση των δομικών στοιχείων του κτηρίου κυρίως, με ενίσχυση της θερμομόνωσης και αντικατάσταση των κουφωμάτων. Επιπλέον, εξετάζονται οι δράσεις για τις Η/Μ εγκαταστάσεις.

3.3.1 Σενάριο 1: Συντήρηση συστήματος θέρμανσης και αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού

Το σενάριο αυτό είναι ένα ελκυστικά οικονομικό και βιώσιμο μέτρο, καθώς η υλοποίηση του είναι άμεσα εφικτή χωρίς οικονομική υποστήριξη.

3.3.1.1 Συντήρηση συστήματος θέρμανσης

Η συντήρηση του λέβητα και η μόνωση του δικτύου διαμονής, με υλικό ίσο με την ακτίνα των σωληνώσεων, **μειώνει τις θερμικές απώλειες από 10% σε 2,5%** και αυξάνει το βαθμό απόδοσης στα 73% για τον λέβητα και στα 97,5% για το δίκτυο διαμονής. Οι μετρήσεις αυτές στηρίζονται στις αντίστοιχες παραγράφους του KENAK (για τιμές κατάστασης λέβητα: $a=0,0$, $b=1$ και $Y=1$) (Πίνακας 4.4 του TOTEE 20710-1,2017)

Από το λογισμικό, η ετήσια συντήρηση του λέβητα μειώνει την ετήσια κατανάλωση 10 % σε θέρμανση και 3% την συνολική κατανάλωση αλλά η κατηγορία του κτηρίου παραμένει Z.

Στον ακόλουθο Πίνακα συνοψίζονται τα στοιχεία του λέβητα μετά την συντήρηση.

Πίνακας 24 Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης μετά την συντήρηση

Σύστημα παραγωγής	
Τύπος θέρμανσης	Λέβητας πετρελαίου με 1 καυστήρα
Θερμική ισχύς	250
Βαθμός απόδοσης	0,73
Περίοδος κάλυψης	Νοέμβριος ως Απρίλιος
Μέση θερμοκρασία νερού (ΠΔ 335)	70
Δίκτυο διαμονής	
Χώρος διέλευσης	Εσωτερικοί χώροι χωρίς μόνωση
Θερμική ισχύς	250
Βαθμός απόδοσης	0,975

Θερμοκρασία θερμικού μέσου	70
Θερμικά σώματα	
Τύπος	Κλασικά χαλύβδινα με φέτες (καλοριφέρ)
Βαθμός απόδοσης	0,955
Βοηθητικά συστήματα	
Ένας Κυκλοφορητής με ονομαστική ισχύ	5,1 kW (τριών ταχυτήτων)
Ποσοστό χρόνου λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων (Πιν. 4.15)	80%

3.3.1.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων

Η αντικατάσταση λαμπτήρων αποτελεί τη δεύτερη πιο άμεση λύση εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία στηρίζεται από τη νομοθεσία και την αγορά. Οι τιμές των φωτοдиодών (LED) είναι πλέον συγκρίσιμες και σχεδόν ίδιες με του φθορισμού.

Η επιλογή των LED λαμπτήρων έγινε λόγω της χαμηλής κατανάλωσης, της υψηλής φωτεινής απόδοσης και της οικονομικής επιλογής. Οι λαμπτήρες που επιλέχθηκαν, έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000<4200K, για την οπτική ευημερία. Η ελάχιστη αναμενόμενη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς γενικού φωτισμού για όλο το κτήριο, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.1^α για LED (πυκνότητα ισχύος 2,5 W/m²/ 100 lx) και επιθυμητή φωτεινή ελάχιστη φωτεινή απόδοση τα 500 lx, είναι ίση με:

$$2,5 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx} \times 500 \text{ lx} \times 1035 \text{ m}^2 = 12937,5 \text{ W} = 12,95 \text{ kW}.$$

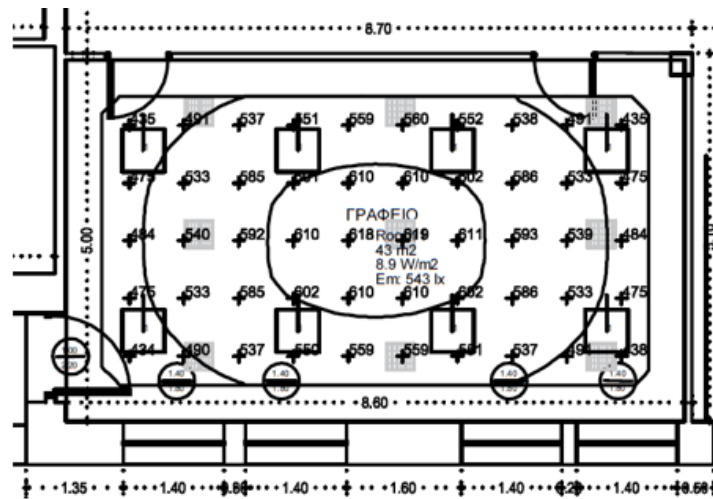
Η επιλογή λαμπτήρα μπορεί να αλλάξει να μειώσει την απαιτούμενη ισχύ λόγω της υψηλής φωτεινής απόδοσης. Για παράδειγμα, στο γραφείο του πρώτου ορόφου, επιφανείας 43,00 m², έχει υφιστάμενους λαμπτήρες T8 (πυκνότητα ισχύος 4,2 W/m²/ 100 lx) με ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ 903 W, ακολουθώντας τον παραπάνω τύπο. Με την αντικατάστασή τους με LED, η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς θα είναι ίση 537 Watt για 500 lux στον χώρο.

Η συνολική ελάχιστη επιθυμητή φωτεινή απόδοση στο γραφείο είναι ίση με 500 lm/m² x 43 m²=21500 lm. Ο λαμπτήρας που επιλέχθηκε έχει ονομαστική φωτεινή απόδοση 151 lm/W και ισχύ 16,5 Watt. Τα χαρακτηριστικά του δίνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε. Η ελάχιστη ισχύς των λαμπτήρων είναι:

Εξίσωση 9: Ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ λαμπτήρων

$$P = \frac{21605 \text{ lm}}{151 \text{ lm/W}} = 142 \text{ W}$$

Ο απαιτούμενος αριθμός λαμπτήρων, ονομαστικής ισχύος 16,5 W, είναι ίσος με 9 (142W/16,5W/λαμπτήρα= 8,6→ 9). Με ένα παραπάνω λαμπτήρα, η επιθυμητή φωτεινή απόδοση καλύπτεται η απαίτηση για ελάχιστη στάθμη φωτισμού, 300 lux. Η επαλήθευσή διαπιστώθηκε διαγραμματικά μέσω του προγράμματος Dialux., όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 31 Ενδεικτικός έλεγχος φωτεινότητας με εφαρμογή led.

Παρότι η συνολική ισχύς μπορεί να είναι ίση με το μισό της υλοποίησης, για την ελευθερία της επιλογής λαμπτήρα, ως συνολική ισχύς λαμβάνεται το δυσμενέστερο σενάριο, δηλαδή τα 12,95 kW. Στο σύστημα φωτισμού θα προστεθούν και τυπικοί αισθητήρες φωτός, για να μετρούν την συνολική ένταση. Με αυτό τον τρόπο θα αξιοποιηθεί οι ανάγκες φωτισμού κατά την διάρκεια λειτουργίας μπορούν να καλυφθούν κατά 50% με το φυσικό φως. Η ισχύς στο λογισμικό είναι η μισή τιμή.

Η αντικατάσταση μόνο των λαμπτήρων με ανιχνευτές φωτισμού εξοικονομούν 18% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας και 10% τελικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η αναμενόμενη μείωση τελικής κατανάλωσης είναι 10-20%, όπως αναφέρθηκε στη βιβλιογραφία. Η παρέμβαση από μόνη της μπορεί να ανεβάσει μια ενεργειακή κλάση την κατάταξη του κτηρίου.

Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά σύστημα προτεινόμενου φωτισμού

Εγκατεστημένη LED ισχύς φωτισμού (kW)	6,5
Αυτοματισμοί ελέγχου ΦΦ	Αυτόματος
Αυτοματισμοί ανίχνευσης κίνησης	Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης)
Φωτισμός ασφαλείας	Ναι
Σύστημα εφεδρείας	Όχι
Περιοχή Φυσικού φωτισμού (%)	79
Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού	
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (Πιν. 5.2)	2250
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (νύχτας) T_N	250

3.3.2 Σενάριο 2: Τοποθέτηση θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων και αντλία θερμότητας.

3.3.2.1 Θερμομόνωση κελύφους

Η Θερμοπροστασία του κτηρίου με την κάλυψη του κελύφους είναι πρόταση με ριζικά αποτελέσματα την ενεργειακή εξοικονόμηση. Επιλέγεται η λύση της εσωτερικής θερμομόνωσης, ώστε να αποφευχθεί η όποια αλλοίωση της εξωτερικής αρχιτεκτονικής στις τρεις όψεις του κτηρίου. Στην βόρεια πλευρά του κτηρίου, όπου δεν υπάρχει η διακοσμητική πέτρα, εξετάζεται η τοπο-

θέτηση θερμομόνωσης τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Η εσωτερική θερμομόνωση προτιμάται στα γραφεία με διακοπτόμενη λειτουργία, όπου απαιτείται η άμεση απόδοση θέρμανσης/ψύξης.

Το επιλέξιμο θερμομονωτικό υλικό είναι **διογκωμένη πολυστερίνη** πάχους 10 cm, λόγω των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων και του κόστους της. Η θερμική αντίσταση της πολυστερίνης ίση με $R_i = 2,70 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ και υπολογίζεται από τον τύπο [1.3] του TOTEE 20701-2:

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

$d(\text{m})$: πάχος στρώσης (της πολυστερίνης), π.χ. 0,10 m.

$\lambda(\text{W/m}\cdot\text{K})$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού στρώσης. Για διογκωμένη πολυστερίνη EPS100 $\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ [Πίνακας 1 στο παράρτημα 4 του TOTEE 20701-2).

$R_i (\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W})$: η αντίσταση στην ροή θερμότητας που έχει η πολυστερίνη.

Η συνολική θερμική αντίσταση του πολυστρωματικού δομικού, U, υλικού προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων ανά στρώση (τοιχοποιία, μόνωσης) και του αέρα, σύμφωνα με τον τύπο [1.7] του TOTEE 20701-2/2017. Στους συντελεστές της υπόενότητας 3.2.5.1 θα προστεθεί η αντίσταση της θερμομόνωσης.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας, U, των δομικών στοιχείων, έχουν προσδιοριστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, επομένως το αντίστροφο ανάλογο είναι η θερμική αντίσταση τους R. Αντικαθιστώντας στα αδιάφανα δομικά στοιχεία, οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας με είναι πιο μικροί και είναι οι ακόλουθοι:

Πίνακας 26: Νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας με μόνωση ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$),
T1 «επενδεδυμένη με άλλες πλάκες»	0,32
T2 επιχρισμένη και από τις δύο όψεις» Βόρεια πλευρά	0,34
T3 επιχρισμένη και από τις δύο όψεις Νότια εσοχή	0,32
[T4] Φερών οργανισμός – Τρεις πλευρές	0,31
T5 Φερών οργανισμός – βόρεια πλευρά	0,33
Κεραμοσκεπή Ο1	0,34
Συμβατικό δώμα Ο2	0,33

3.3.2.2 Αντικατάσταση κουφωμάτων

Ο συνδυασμός της αντικατάστασης των κουφωμάτων με την εσωτερική θερμομόνωση δίνει καλύτερα αποτελέσματα στην μείωση των φορτίων θέρμανσης/ ψύξης μακροχρόνια, παρά το κόστος τους.

Στο σενάριο επιλέγονται κουφώματα με πλαίσιο αλουμινίου σε ποσοστό 20%, χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα και με δίδυμο υαλοπίνακα, επίστρωσης μεμβράνης χαμηλής εκπομπής, θερμοδιακόπτη μήκους 24 mm, και διάκενο αέρα 12 mm. Το προτεινόμενο κούφωμα έχει ένα τυπικό συντελεστή θερμοπερατότητας $U_w=2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, κάτι παραπάνω από το μισό του υφιστάμενου διαφανούς δομικού υλικού, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.13.α. του ΚΕΝΑΚ. Το ηλιακό κέρδος για τον διπλό υαλοπίνακα χαμηλής ικανότητας εκπομπής, με διαπερατότητα $g_{gi}=0.6$ (σύμφωνα με τον Πίνακα 3.17 του ΤΟΤΕΕ 27017-1/2017), και 20% πλαίσιο, είναι ίσο με $g_w=0,58$.

Η αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακής κλάσης, επηρεάζει την διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες. Τα ενεργειακής κλάσης κουφώματα πρέπει να έχουν πιστοποίηση κατά EN-12207, με κλάση αεροπερατότητας τουλάχιστον 3. Οι τυπικές τιμές για τα κουφώματα με από αλουμίνιο με διπλό υαλοπίνακα είναι $1,4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ αντί Παράθυρο: $15,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (Πίνακα 3.24 του ΚΕΝΑΚ) και οι πόρτες $5,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. Αντικαθιστώντας τους τύπους, όπως περιεγράφηκε στην ενότητα αερισμός, η διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες είναι ίση με $890 \text{ m}^3/\text{h}$.

Οι θύρες, εξώπορτες χωρίς είναι λίγες σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ανοίγματα και δεν έχουν μεγάλες θερμικές απώλειες. Η συντήρησή τους αποτελεί την πιο οικονομική λύση, εφόσον η κατάσταση τους το επιτρέπει. Για την ομοιομορφία θα ληφθεί ότι η αντικατάστασή τους με ξύλινες.

Εξετάζοντας μόνο το σενάριο συνδυασμού συντήρησης του λέβητα, αντικατάστασης των λαμπτήρων και θωράκισης του κτηριακού κελύφους, η εξοικονόμηση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας είναι 62%, κατατάσσοντας το κτήριο σε ενεργειακή βαθμίδα «B».

Στην αγορά δίνονται επιλογές όπου ο συντελεστής θερμοπερατότητας και το ηλιακό κέρδος είναι αρκετά μικρότερος από ό,τι της θεωρίας. Στο παράρτημα Ε, δίνονται μια τέτοια επιλογή με συντελεστή θερμοπερατότητας επιλογής παραθύρου $U_w=1,77 \text{ (W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$, ηλιακό κέρδους $0,29^3$. Η εφαρμογή αυτών των προτάσεων μπορεί να φέρει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.

3.3.2.3 Εγκατάσταση αντλίας θερμότητα για ψύξη/θέρμανσης

Με την ενίσχυση του κτηριακού κελύφους, η πραγματική θερμική ισχύ μειώνεται από 242 kW στα **96 kW**, εφόσον ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας έχει την τιμή ίση $U_m=1.20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ για κλιματική ζώνη Β, σύμφωνα με τον τύπο [4.1] του ΚΕΝΑΚ.

Εξίσωση 10: Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ισχύος

$$P_{gen} = \left(AxU_m \times 1.5 + \frac{\dot{V}}{3} \right) \times \Delta T = \left(2107.53 \times 1.20 \times 1.5 + \frac{3105}{3} \right) = 96 \text{ kW}$$

³ <https://www.alumil.com/greece/specifiers/service-support/services-tools/uw> Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Βάσει του KENAK, ο συντελεστής θερμικής απόδοσης (COP) είναι 3. Αναλύοντας το θεωρητικό σενάριο με τις τιμές του KENAK, και προσθέτοντας την αντλία θερμότητας, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας αυξάνεται κατά 10%, διατηρώντας το κτήριο σε ενεργειακή κατάσταση Β.

Στην αγορά υπάρχουν αντλίες θερμότητας ενεργειακής κλάση Α και με συντελεστή θερμικής απόδοσης (COP) μεγαλύτερο του τέσσερα (4). Στο παράρτημα Ε, δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας επιλογής που έχει επιδοτηθεί από προγράμματα «Εξοικονόμηση Κατ' Οικόν Π» του ΥΠΕΚΑ. Στο εξεταζόμενο κτήριο, επιλέγεται μια (1) αντλία θερμότητας αέρος-νερού υψηλών θερμοκρασιών, ονομαστικής θέρμανσης 103 Kw. Για τα μερικά φορτία και την καλύτερη απόδοση, θα τοποθετηθεί μια δεξαμενή αδράνειας.

Πίνακας 27: Χαρακτηριστικά προτεινόμενης αντλίας θερμότητας αέρος-νερού

Σύστημα παραγωγής θέρμανσης	
Τύπος θέρμανσης	Αντλίες θερμότητας Αέρος Νερού
Πηγή παραγωγής	Ηλεκτρισμός
Ονομαστική απόδοση θέρμανσης kW	103
Ηλεκτρονική ισχύς (κW)	39,2
Μέσος βαθμός κάλυψης της απαιτούμενης ενέργειας	1
Δείκτης απόδοσης COP	3
Περίοδος κάλυψης	Οκτώβριος με Απρίλιο
Δίκτυο διανομής	
Βαθμός απόδοσης	1
Βοηθητικά συστήματα	
Ένας ανεμιστήρα	5,1 kW

3.3.3 Σενάριο 3: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πλαισίου

Ο νότιος προσανατολισμός του κτηρίου και η διαθέσιμη ασκίαστη επιφάνεια, 242 m², της στέγης αποτελούν τους δύο βασικούς λόγους εξέτασης της εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στην περιοχή της Εκάλης, η μέση παραγωγής ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος είναι 1533,30 kWh/kWp, σύμφωνα με τον *Global Solas Atlas*.

Το σύστημα αυτό θα είναι διασυνδεδεμένο στο ηλεκτρικό δίκτυο, εφόσον το κτήριο είναι εντός Αττικής, και μελετάται χωρίς μπαταρία.

Οι απαιτήσεις ως προς το σύστημα είναι η κάλυψη του ηλεκτρισμού όπως οι ηλεκτρικές συσκευές (Η.Υ, εκτυπωτές, ψυγεία κλπ). Η ετήσια απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργειας βάσει λογαριασμών ρεύματος είναι 18 kW.

Τα επιλέξιμα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ισχύος 400W, είναι διαστάσεων 1,13 x1,72 m, τάση βραχυκύκλωσης 34,22 V. Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων δίνονται στο Παράρτημα Ε. Για την κάλυψη των αναγκών θα τοποθετηθούν 50 πλαίσια.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και η μετατροπή του ρεύματος σε εναλλασσόμενο, θα γίνει με τη χρήση ενός (1) αντιστροφέα τάσης, με MPPT διακύμανση τάσης 480-800 Volt και μέγιστη εισερχόμενη τάση τα 1100V και μέγιστη ένταση για MPPT 30 A (two string) / 20 A (single string) και μέγιστη τα 40 A.

Για την σωστή λειτουργία θα τοποθετηθούν σε σειρά 750V/34,22 V= 20 πλαίσια ανά στοιχειοσειρά και 3 σειρές. Ο συγκεκριμένος αντιστροφέας έχει 3 σε αριθμό MPPT. Συνοπτικά, τα χαρακτηριστικά του σεναρίου δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα:

Πίνακας 28: Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τύπος Φ./Β	Μονοκρύσταλλικό
Ισχύς Φ/Β ανά πλαίσιο(W)	400
Διαστάσεων (m)	1,13 x1,72
Απόδοση του Φ/Β συστήματος (σε200 W/m2)	20,94
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	50
Εγκατεστημένη επιφάνεια (m ²)	70
Προσανατολισμός γ	180
Κλίση β για φ=38° ετήσια περίοδος	28
Βοηθητικά	
Αντιστροφέας τάσης	1

Αν το σενάριο εγκατάστασης των Φ/Β πλαισίων προτεινόταν ως πρώτο, η συνολική πρωτογενής ενέργεια ανά χρήση θα μειωνόταν κατά 46% και το κτήριο θα άλλαζε κατηγορία.

Πίνακας 29: Πρώτο σενάρια τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	27.4	150.2	152.9
	Ψύξη	76.0	278.7	255.4
	ZNX	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	118.9	150.0	44.9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	135.4
	Σύνολο	222.3	578.8	317.8
	Κατάταξη	-	Z	Δ

Ο λόγος που προτείνεται ως τρίτο αποτελεί το υψηλό του αρχικό κόστος σε σύγκριση με τις επιλέξιμες επεμβάσεις.

3.3.4 Αποτελέσματα ενεργειακών επεμβάσεων.

Συνοψίζοντας τις παραπάνω επεμβάσεις, οι ενεργειακές απαιτήσεις μειώνονται σχεδόν στο μισό, από το πρώτο μέχρι το τελικό σενάριο. Ο συνδυασμός της ενίσχυσης του κτηριακού κελύ-

φους και της εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης σε θέρμανση και ψύξη.

Σενάριο 1													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	16.9	11.7	9.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	12.1	57.4
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	18.9	40.8	36.2	4.5	0.0	0.0	0.0	103.5
Σενάριο 2													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	4.7	3.2	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.2	13.1
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	8.9	16.7	15.6	2.9	0.0	0.0	0.0	45.9
Σενάριο 3													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	4.0	2.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.7	11.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	8.8	16.2	15.2	3.0	0.0	0.0	0.0	45.0

Εικόνα 32: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά σενάριο (kWh/m²)

Τα αποτελέσματα του σεναρίου 2 απεικονίζονται καλύτερα στις αντίστοιχες ενεργειακές καταναλώσεις, ανά χρήση στον ακόλουθο Πίνακα. Οι ενεργειακές καταναλώσεις χαμηλώνουν ακόμα περισσότερο με την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Σενάριο 1													
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	37.0	26.0	21.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	13.8	26.9	128.2
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	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
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	16.4	34.1	30.5	4.1	0.0	0.0	0.0	88.1
Φωτισμός	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	15.5
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	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	38.3	27.1	22.3	4.7	4.3	17.7	35.5	31.8	5.3	1.5	15.1	28.2	231.8
Σενάριο 2													
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	3.6	2.7	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	2.8	13.1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	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
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	8.4	15.6	14.6	2.9	0.0	0.0	0.0	43.4
Φωτισμός	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	15.5
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	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	4.9	3.9	3.3	1.8	3.2	9.7	16.9	15.9	4.2	1.5	2.7	4.1	72.0
Σενάριο 3													
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	3.2	2.5	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	2.5	12.1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	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
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.1	7.5	7.0	1.5	0.0	0.0	0.0	21.2
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	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
Φωτισμός	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	15.5
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	3.8	3.9	5.0	5.5	6.1	6.4	6.7	6.8	6.3	5.4	4.0	3.5	63.4
Σύνολο	4.5	3.6	3.1	1.7	2.4	5.4	8.8	8.3	2.8	1.5	2.6	3.9	48.8

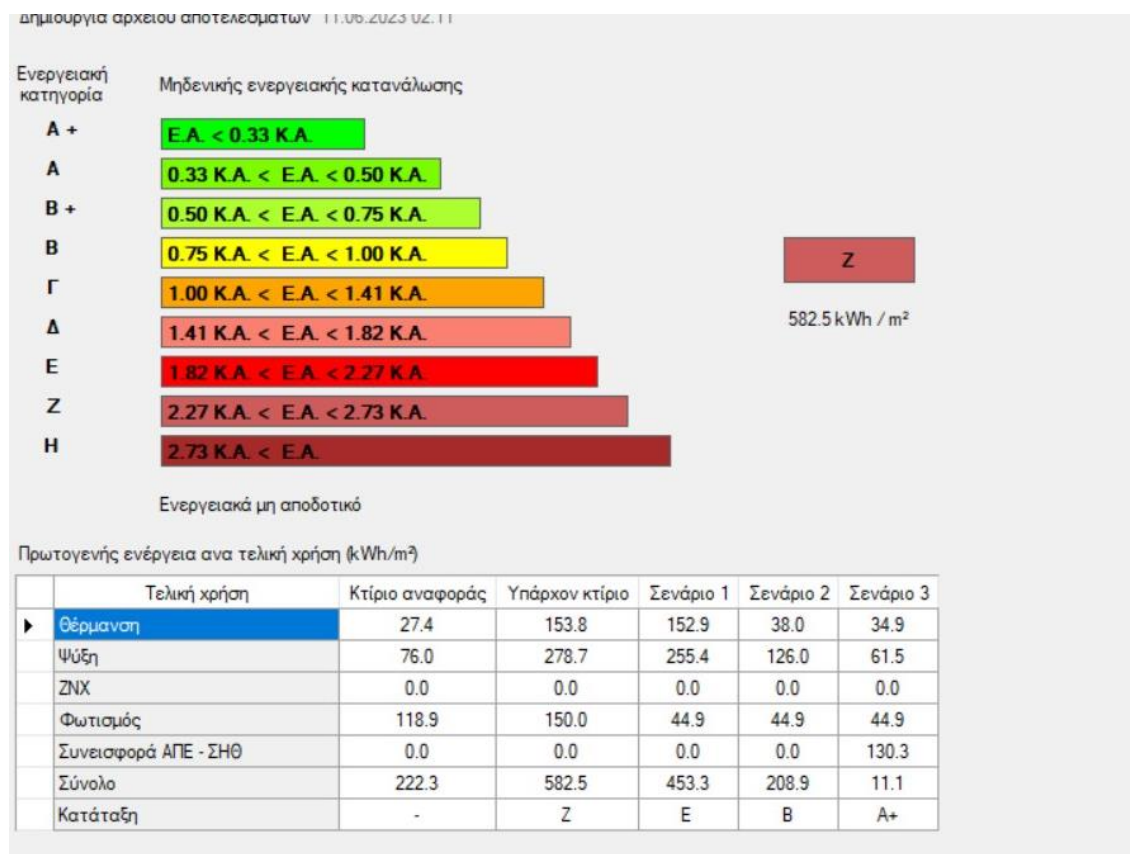
Εικόνα 33: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά χρήση και σενάριο

Το κέρδος από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι η μείωση των πρώτων πηγών και των εκπομπών διοξειδίων του άνθρακα σε τέτοια σημεία, ώστε το κτήριο να θεωρηθεί μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (A++).

Σενάριο 1		
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	110.2	109.0
Πετρέλαιο	121.6	32.1
Σύνολο	231.8	141.1
Σενάριο 2		
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	72.0	71.2
Πετρέλαιο	0.0	0.0
Σύνολο	72.0	71.2
Σενάριο 3		
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	2.3	2.3
Πετρέλαιο	0.0	0.0
Σύνολο	48.8	2.3

Εικόνα 34: Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές CO₂ ανά παρέμβαση.

Σημειώνεται ότι ακόμα και η απλή συντήρηση και αλλαγή των λαμπτήρων, που πλέον είναι μονόδρομος τα led, μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια.



Εικόνα 35: Ενεργειακή κατάταξη ανά σενάριο

3.4 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η επιλογή και η εφαρμογή των ενεργειακών επεμβάσεων εξαρτώνται άμεσα από το οικονομικό κόστος, την περίοδο αποπληρωμής και τη τρέχουσα αξία της ενέργειας. Στο σενάριο της καμίας (μηδενικής) παρέμβασης, το λειτουργικό κόστος είναι αρκετά υψηλό, των 39.795 €.

Για την κοστολόγηση των σεναρίων, οι τιμές βασίστηκαν στην ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/51828/761/11.03.2023 και την αγορά.

Στο πρώτο σενάριο, η αντικατάσταση των λαμπτήρων και το συστήματος, λήφθηκε ίσο με 5,86 €+ ΦΠΑ ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, καθώς θα προστεθούν φωτιστικά για την απαιτούμενη φωτεινή απόδοση. Το κόστος είναι συντηρητικό, δεδομένου ότι στην αγορά, οι τιμές κυμαίνονται από 4,00 ως και 10,00 € για απλούς led T5 λαμπτήρες. Στο εμπόριο, υπάρχουν φυσικά και πιο ακριβές λάμπες με καλύτερα χαρακτηριστικά απόδοσης.

Στο δεύτερο σενάριο, η τιμή της θερμομόνωσης και της αντικατάστασης των κουφωμάτων είναι 61€ ανά τετραγωνικό μέτρο και 475€ ανά μονάδα, σύμφωνα με την ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/51828/761/11.03.2023. Το κόστος της εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας εκτιμήθηκε βάσει της αγοράς στα 8.400,00€.

Η τιμή του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περίπου 210€ ανά μ², βάσει των τιμών στην αγορά. Συγκρίνοντας ότι το συνολικό κόστος εγκατάστασης Φ/Β τουλάχιστον 4 kW ανερχόταν στα 25.000€, το σενάριο θεωρείται πιο συμβατό.

Στην ακόλουθη εικόνα απεικονίζονται τα οφέλη και τα κόστη ανά σενάριο, σύμφωνα με το λογιστικό πρόγραμμα. Το πρώτο σενάριο είναι και το βιώσιμο και εφικτό καθώς ο χρόνος απόσβεσης είναι αρκετά σχεδόν ένας χρόνος και προσφέρει 21.7% εξοικονόμησης ενέργειας. Σημειώνεται ότι το δεύτερο σενάριο αγγίζει το λειτουργικό κόστος του κτηρίου αναφοράς. Το δεύτερο και τρίτο σενάριο προσφέρουν 62,8% και 97,3% εξοικονόμηση ενέργειας αντίστοιχα.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	13,825.7	39,664.0	31,794.9	12,665.1	396.7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5,850.0	183,002.5	236,812.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			129.3	373.6	571.4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			22.2	64.1	98.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.0	0.5	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			44.0	113.9	182.9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			0.7	6.8	6.0

Εικόνα 36 Το κόστος και το κέρδος ανά σενάριο

Συγκρίνοντας τα οφέλη και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου το άνθρακα, το τρίτο το σενάριο δίνει καλύτερα αποτελέσματα και με μια περίοδο αποπληρωμής σχετικά σύντομο. Το

υψηλό αρχικό κόστος επένδυση μπορεί να καλυφθεί σε ένα ποσοστό μέσω προγραμμάτων για το τριτογενή τομέα.

3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ -ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται το κτήριο που στεγάζει πλέον τα γραφεία του Ζαννείου Ιδρύματος, κατασκευής του 1966, με λιθοδομή και ιδιαίτερη εξωτερική αρχιτεκτονική. Το κτηριακό κέλυφος, βάσει του έτους κατασκευής, είναι χωρίς μόνωση, ενώ τα κουφώματα είναι ξύλινα με μονό υαλοπίνακα. Η θέρμανση και ψύξη του υπό εξέταση κτηρίου καλύπτεται με κεντρική θέρμανση συνήθη λέβητα πετρελαίου, χωρίς την χρήση κλιματιστικών μονάδων. Η κατάσταση του συστήματος θέρμανσης επιδέχεται συντήρησης και βελτίωσης. Ο νότιος προσανατολισμός του κτηρίου και τα ανοίγματα στην νότια πλευρά βοηθούν στο να υπάρχουν ηλιακά κέρδη. Άλλα ενεργοβόρα σημεία, εκτός ψύξης και θέρμανσης, είναι ο φωτισμός, όπου έχει σχεδιαστεί βάσει της προηγούμενης χρήσης του κτηρίου και δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός.

Η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, γεωμετρικών και θερμοφυσικών στοιχείων, καθώς επίσης του επιθυμητού προφίλ λειτουργίας του κτηρίου, έγινε με τη βοήθεια και τις παραδοχές του λογισμικού KENAK-TEE, πιστοποιημένο από το ΥΠΕΚΑ. Η καταγραφή δεδομένων αφορά στην κλιματική ζώνη Β, σε γραφεία, μιας θερμικής ζώνης, με συντελεστή ηλιακούς κέρδους, και έναν μη θερμαινόμενο χώρο. Τυχόν δυσκολίες, όπως ο προσδιορισμός θερμοφυσικών ιδιοτήτων, συγκεκριμένα οι συντελεστές θερμοπερατότητας, απορρόφησης, εκπομπής θερμικής ακτινοβολία και ηλιακού κέρδους, επιλύθηκαν με τη βοήθεια των παραδοχών και των Πινάκων του TOTEE 210701-1/2017. Μια επιπλέον παραδοχή είναι η λήψη δεδομένων για το θεωρητικό σύστημα μηχανικού αερισμού, που υποχρεούται να έχει ως κτήριο τριτογενούς τομέα. Οι καταγραφές συγκρίνονται με το κτήριο αναφοράς του λογισμικού προκειμένου να γίνει η ενεργειακή κατάταξη.

Τα αποτελέσματα του λογισμικού επιβεβαιώνουν ότι η απουσία θερμομόνωσης, οι μεγάλες θερμικές απώλειες οδηγούν σε υψηλά απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη, ήτοι 51,6 kWh/m² και 113,4 kWh/m² αντίστοιχα. Οι θερμικές απώλειες και το πόσο ενεργοβόρο είναι το εξεταζόμενο κτήριο φαίνεται από τη μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στα φορτία του υφιστάμενου χώρου με το κτήριο αναφοράς. Οι αντίστοιχες ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις του εξεταζόμενου είναι 129,1 kWh/m² για θέρμανση, 96,1 kWh/m² για ψύξη και 51,7 kWh/m² για φωτισμό, συνολικά 276,9 kWh/m². Η μεγάλη απαίτηση καυσίμων για την κάλυψη της θέρμανσης υποδηλώνει την χαμηλή απόδοση του λέβητα. Αυτό έχει ως συνέπεια, η συνολική κατανάλωση καυσίμων (πετρελαίου και ηλεκτρισμού) να είναι 154,4 kWh/m², διπλάσια από το κτήριο αναφοράς (72,9 kWh/m²) και αναλόγως οι εκλυόμενοι ρύποι. Για την ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, το εξεταζόμενο κτήριο υπάγεται στην κατηγορία Z και δεν πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του KENAK. Από τα αποτελέσματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι το κτηριακό κέλυφος και τα Η/Μ συ-

στήματα χρίζουν επεμβάσεις βελτίωσης, σε σύγκριση με το κτήριο αναφοράς. Αν ο τελικός στόχος είναι η κατάταξη του κτηρίου ως μηδενικής κατανάλωσης, η συνολική απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια θα πρέπει να είναι τουλάχιστον η μισή του κτηρίου αναφοράς, δηλαδή 110 kWh/m².

Πράγματι, τα προτεινόμενα σενάρια επεμβάσεων προσανατολιστήκαν στον εξοπλισμό και το κτηριακό κελύφος. Ο συνδυασμός επεμβάσεων επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας με αντίστοιχο οικονομικό αντίτιμο.

Το πρώτο σενάριο χαρακτηρίζεται ως εφικτό, καθώς περιλαμβάνει την συντήρηση του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης και αντικατάσταση των λαμπτήρων με led. Βιβλιογραφικά, αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 3-10% από την συντήρηση του συστήματος θέρμανσης και 10-20% της τελικής κατανάλωσης από την αντικατάσταση λαμπτήρων με ανιχνευτή φωτισμού. Εξετάζοντας μεμονωμένα τις παραπάνω επεμβάσεις, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται, αλλά κατατάσσουν το κτήριο σε χαμηλή ενεργειακή κλάση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μόνο η συντήρηση, με την προσθήκη **μόνωσης**, του συστήματος θέρμανσης μείωσε μόλις το **3%** της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η αντικατάσταση μόνο των λαμπτήρων με **ανιχνευτές φωτισμού** εξοικονομούν **18,8%** της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας και ανέβασε την κατηγορία σε «Ε». Ο συνδυασμός τους προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά **22,2 %**, κατάταξη στην «Ε» κλάση, με περίοδο απόσβεσης λιγότερο από ένα έτος.

Εναλλακτικά, η επιλογή της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, ισχύος 20kW, με συντήρηση λέβητα ως πρώτο σενάριο θα μπορούσε να επιφέρει πιο άμεσα αποτελέσματα, με 32% εξοικονόμηση ενέργειας και κατάταξη του κτηρίου στην κλάση «Δ». Εντούτοις, το μεγάλο κόστος επένδυσης και ό,τι καλύπτει ενεργειακές ηλεκτρικές ανάγκες χωρίς να μειώνονται τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη, λειτούργησε αποτρεπτικά ως πρώτη και δεύτερη επιλογή επέμβασης.

Έπειτα από την συντήρηση του λέβητα και αντικατάσταση των λαμπτήρων, οι επόμενες επεμβάσεις αφορούν στην ενίσχυση του κτηριακού κελύφους, παρέχοντας μόνιμη λύση στη μείωση των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και για ψύξη. Ως συνεπακόλουθο αποτελεί η αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας νερού-αέρα. Το δεύτερο σενάριο αποτελεί μια δαπανηρή και ριζική επέμβαση με ταυτόχρονα βελτίωση του ενεργειακού προφίλ των γραφείων. Βιβλιογραφικά, η αναμενομένη εξοικονόμηση ενέργειας από την αναβάθμιση του κελύφους είναι στα 25 με 75%. Λόγω της αρχιτεκτονικής ιδιαιτερότητας του κτηρίου, επιλέγεται η εσωτερική θερμομόνωση με **προσθήκη διογκωμένης πολυστερίνης** και νέα ενεργειακής κλάσης παράθυρα με πλαίσιο αλουμίνιο και διπλούς υαλοπίνακες. Στο σενάριο αυτό γίνεται η παραδοχή ότι δεν δημιουργούνται συμπυκνώματα υδρατμών κατά τη τοποθέτηση. Αν εξαιρεθεί η αντικατάσταση της αντλίας, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται στα **62%**, κατατάσσοντας το κτήριο

σε ενεργειακή βαθμίδα «B». Η αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας συμβάλει στην περαιτέρω μείωση της απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας, σχεδόν στα ίδια όρια με το κτήριο αναφοράς, αλλά δεν αλλάζει ενεργειακή κλάση «B». Το κόστος εγκατάστασης αντλίας θερμότητας, σε σύγκριση με την προσθήκη θερμομόνωσης είναι μικρό, μα προσφέρει καλύτερη απόδοση στην κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων για ψύξη και θέρμανση. Η περίοδος αποπληρωμής είναι σχετικά σύντομη, μόλις 7 έτη.

Παρότι το κτήριο υπάγεται στην κατηγορία «B», ο στόχος για μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (A++) δεν έχει ακόμα επιτευχθεί. Στο τρίτο σενάριο, προστίθεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, για την κάλυψη της ηλεκτρικής απαιτούμενης ενέργειας. Ο νότιος προσανατολισμός, η έλλειψη σκίασης και η διαθέσιμη επιφάνεια στην στέγη συνηγορούν στην επιλογή της επέμβασης. Για λόγους αισθητικής, προτείνεται η αξιοποίηση της νότιας πλευρά της στέγης, 200 m². Η διαθέσιμη επιφάνεια επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου. Υπάρχουν, ορισμένοι μήνες π.χ. Σεπτέμβριος και Απρίλιος, οπότε παρατηρείται πλεόνασμα ενέργειας. Σύμφωνα με τον κύριο Σοφιά, (2022) [17], η αξιοποίηση του δύναται μέσω του *net-metering*, του «συμψηφισμός παραγομένης- καταναλισκόμενης ενέργειας», ο καταναλωτής μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ιδιοκαταναλώσεων του, και ταυτόχρονα να χρησιμοποιεί το δίκτυο σύνδεσης ως έμμεση αποθήκευση πράσινης ενέργειας. «Κατά την τριετή εκκαθάριση τυχόν πλεόνασμα ενέργειας συμψηφίζεται με την χρεωστέα ενέργεια προηγούμενων περιόδων, για την οποία γίνεται αντιλογισμός». Η αντικατάσταση κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας προάγει δηλαδή την αυτονομία του κτηρίου. Από οικονομικής άποψης, η εγκατάσταση αυξάνει το συνολικό αρχικό κόστος αρκετά, ωστόσο ο χρόνος απόσβεσης είναι σχεδόν ίδιος με το σενάριο 2, ήτοι 7 έτη. Σημειώνεται ότι το λειτουργικό κόστος του κτηρίου μειώνεται δραστικά από 39664 € , ώστε να θεωρηθεί 396,7€.

Τα τελευταία δύο σενάρια ελαττώνουν αρκετά την απαιτούμενη πρωτογενή ενέργεια και τους εκκλύμενους ρύπους, εντούτοις το αρχικό τους επενδυτικό κόστος είναι απαγορευτικό για την διοίκηση. Η συμμετοχή σε κρατικά χρηματοδοτικά προγράμματα θα αποτελέσει μια ανάσα για το εγχείρημα αυτό, τα αποτελέσματα των οποίων εκτιμάται ότι είναι άμεσα ορατά. Ανάλογα με το έτος υλοποίησης, η αγορά μπορεί να παρέχει πιο εξελιγμένα ενεργειακά υλικά, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή ενεργειακή αυτονομία με λιγότερες παρεμβάσεις.

4. ANTI EPIΛOΓOY

Η ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού δυναμικού αποτελεί έναν από τους τομείς δράσης του ελληνικού κράτους για την επόμενη δεκαετία. Η αναβάθμιση αφορά πλέον και στα κτήρια του τριτογενούς τομέα, δημόσια και ιδιωτικά.

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε το ενεργειακό προφίλ ενός κτηρίου γραφείων, κοινωφε-
λούς ιδρύματος με έτος κατασκευής του 1966. Το κτήριο στην υφιστάμενη κατάσταση υπάγεται
στην κατηγορία Z, με εκτιμώμενο λειτουργικό κόστος 39664 € και χρήζει ενεργειακής αναβάθμι-
σης. Έπειτα, προτάθηκαν ενεργειακές επεμβάσεις με σεβασμό στην αρχιτεκτονική του κτηρίου
και με τα υφιστάμενα διαθέσιμα εργαλεία στην αγορά. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με το κτή-
ριο αναφοράς του λογισμικού προγράμματος TEE-KENAK 3.1. Ως βέλτιστο σενάριο, κρίθηκε ο
συνδυασμός ενίσχυσης του κτηριακού κελύφους με την αναβάθμιση των Η/Μ και την αξιοποίηση
της ηλιακής ενέργειας, αντί των συμβατικών πηγών. Το ύψος της αρχικής δαπάνης είναι βασικό
μειονέκτημα υλοποίησης, παρά το σχετικά άμεσο χρόνο αποπληρωμής 6 έτη και το μειωμένο λει-
τουργικό κόστος 397 € και εκπομπές αερίων ρύπων 182,9 CO₂ kg/m².

Μια πρόταση για συνέχιση του θέματος είναι η ένταξη του κτηρίου σε ένα από τα δρομολο-
γημένα κρατικά χρηματοδοτούμενα προγράμματα για το τριτογενή τομέα, συμπεριλαμβάνοντας
τα κόστη συντήρησης των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Ενδιαφέρον θα είχε ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού οφέλους από την ανακύκλωση
των αποβλήτων από την ενεργειακή αναβάθμιση, και το τελικό οικολογικό αποτύπωμα (συμπερι-
λαμβάνουμε και της εξοικονόμησης υδάτων).

Επιπλέον, μια άλλη πρόταση είναι η εξέταση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου
από την κείμενη αναθεώρηση του KENAK. Η βασική διαφορά είναι ως προς τη μέθοδο σύγκρι-
σης από το κτήριο αναφοράς στην πραγματική λειτουργία του κτηρίου. Το ενεργειακό προφίλ
μπορεί να αλλάξει αν εξεταστεί με διαφορετική μεθοδολογία ή άλλες παραδοχές.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στις ΑΠΕ και στα αυτοματοποιημένα συστήματα (BES) μεταβάλ-
λουν συνεχώς τα δεδομένα και τις τιμές της αγοράς. Οι αλλαγές αυτές πρέπει να συνυπολογίζο-
νται κατά τη υλοποίηση των επεμβάσεων το χρόνο υλοποίησης τους, καθώς διαμορφώνουν και το
τελικό κόστος και την ενεργειακή κατηγορία.

Η ενεργειακή αναβάθμιση των γραφείων του κοινωφελούς ιδρύματος θα αποτελέσει ένα
παράδειγμα συνδυασμού της κλασικής αρχιτεκτονικής και των νέων τεχνολογιών εξοικονόμησης
ενέργειας.

xi Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

- [1.] Bissey, S., Jacques, S., & Le Bunetel, J.-C. (2017). The Fuzzy Logic Method to Efficiently Optimize Electricity Consumption in Individual Housing. *Energies*, 10(11), 1701. <https://doi.org/10.3390/en10111701>
- [2.] Boyano A. Hernandez P. Wolf o (2013), *Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations*, Journal Energy and Buildings, Elsevier
- [3.] Chugn W, Huil Y.V. (2009) A study of energy efficiency of private office buildings in Hong Kong, Journal Energy and Buildings 41, p. 696-701, Elsevier
- [4.] Economidou M., Todeschi V, Bertoldi P, D’Agostino D., Zangheri P., Castellazi L, (2020), Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings, Journal Energy and Buildings, Elsevier
- [5.] Jacques, S., & Bissey, S. (2015). New Software Package for Teaching and Learning the Basics of Photovoltaic System Sizing (pp. 115–123). WSEAS TRANSACTIONS on ADVANCES in ENGINEERING EDUCATION. Retrieved from WSEAS TRANSACTIONS on ADVANCES in ENGINEERING EDUCATION website: <https://www.wseas.org/multimedia/journals/education/2015/a245810-157.pdf>
- [6.] Kelly M J (2009) *Retrofitting the existing UK building stock* Building Research and Information 37 196
- [7.] Shen, H., & Tzempelikos, A. (2012). *Sensitivity analysis on daylighting and energy performance of perimeter offices with automat-ed shading* (pp. 303–314; Building and Environment , Ed.). Elsevier.
- [8.] Sofias K, Kanetaki, Z., Stergiou, C. I., & Jacques, S. (2023). Combining CAD Modeling and Simulation of Energy Performance Data for the Retrofit of Public Buildings. *Sustainability*, 15(3), 2211–2211. <https://doi.org/10.3390/su15032211>
- [9.] Song, X., Ye, C., Li, H. S., & Wang, M. (2016). Assessment of energy and economic performance of office building models: a case study”. *2016 International Conference on New Energy and Future Energy System*. NEFES. Retrieved from doi:[10.1088/1755-1315/40/1/012007](https://doi.org/10.1088/1755-1315/40/1/012007)

Διπλωματικές εργασίες

- [10.] Ζορμπάς , Α. (2016). “Μελέτη βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας του Δημοτικού Μεγάρου Κατερίνης” (Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μηχανικών οικονομίας και διοίκησης, Χίος. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11610/17251>
- [11.] Λεβέντη, Α. (2012). *Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια- Ανάπτυξης μοντέλου τεχνοοικονομικής αξιολόγησης- Εφαρμογή στο Κτήριο Λαμπαδάρου του ΕΜΠ* (Προπτυχιακή Διπλωματική εργασία). Σχολή μηχανολόγων μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα. Retrieved from https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6002/leventia_energy.pdf?sequence=3
- [12.] Μοσχονησιώτης, Ν. (2021). “Ενεργειακή αναβάθμιση σε υφιστάμενο δημόσιο κτίριο (βρεφονηπιακός σταθμός) με επεμβάσεις στο κέλυφος με πιστοποιημένα υψηλών προδιαγραφών θερμομονωτικά υλικά. Οικονομοτεχνική μελέτη και χρόνος απόσβεσης με ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα” (Προπτυχιακή διπλωματική εργασία). ΠΑΔΑ, Τμήμα μηχανολόγων μηχανικών, Αθήνα . Retrieved from <https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/420%20http://dx.doi.org/10.26265/polynoe-271>
- [13.] Νιάρου, Σ. (2011). “Διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου της βιβλιοθήκης

του τμήματος πολιτικών μη-χανικών ΑΠΘ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ” (Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία). ΑΠΘ, Τμήμα πολιτικών μηχανικών Θεσσαλονίκη. Retrieved from 10.26262/heal.auth.ir.128628

- [14.] Σοφιάς, Κ. (2022). *Ενεργειακή αναβάθμιση σε υφιστάμενο δημόσιο κτίριο (δήμου θάσου) με επεμβάσεις στο κέλυφος με πιστοποιημένα υψηλών προδιαγραφών θερμομονωτικά υλικά. Οικονομοτεχνική μελέτη και χρόνος απόσβεσης με ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα*» (Προπτυχιακή Διπλωματική εργασία). ΠΑΔΑ, Τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών, Αθήνα. Retrieved from <https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/2724>
- [15.] Ανδρουτσόπουλος, Α., & Λαμπροπούλου, Α. (2012). ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίριο γραφείων του Κ.Α.Π.Ε. *Εκδόσεις Κτίριο*, Τεύχος 08/2012, 59–66. Retrieved from <https://docplayer.gr/1978674-Energeiaki-anavathmisi-se-ktirio-grafeion-toy-k-a-p-e.html>
- [16.] Βλαχαντώνης, Κ. (2022, February 21). Κόστος επαγγελματικών φωτοβολταϊκών: Πόσα χρήματα πρέπει να επενδύσετε; - ΙΩΝΙΚΗ Autonomous. Retrieved May 2, 2023, from ΙΩΝΙΚΗ website: <https://www.ioniki.net/autonomous/enimerosi/fotovoltaika-epixeiriseis-ipsos-ependisis/>
- [17.] Τοπαλής, Φ. (2006). Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων». *Πρακτικά ημερίδας με θέμα: Εξοικονόμηση ενέργειας*, 115–131. Αθήνα: Ακαδημία Αθηνών και ΕΜΠ.

Νομοθεσία και Προγράμματα

- [18.] ΥΠΕΝ. *ΥΑ ΔΕΠΕΑ/οικ.182365/17.11.2017 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων.*, 4003/Β § (2017).
- [19.] ΥΠΕΝ. (2021). *Οδηγός εφαρμογής προγράμματος “ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ 2021.”* Retrieved from <https://exoikonomo2021.gov.gr/documents/10182/6238451/%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%82+%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%AC%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82+2021+final.pdf/89732907-81a5-4b86-a3db-6f30e6e2d44d>
- [20.] ΥΠΕΝ,. *Ετήσιο Σχέδιο Δράσης 2023 -επιτελική σύνοψη*, (2022). https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2023/01/%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%97_%CE%A3%CE%A5%CE%9D%CE%9F%CE%A8%CE%97_%CE%95%CE%A3%CE%94_2023_%CE%A5%CE%A0%CE%95%CE%9D.pdf [Ανακτήθηκε 02/05/2023]
- [21.] ΥΠΕΝ- ΤΕΕ. *Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017, αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.*, Έκδοση Α § (2017).
- [22.] ΚΥΑ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/51828/761/2023 “Εξοικονομώ - Ανακαινίζω για νέους”: *Η Προκήρυξη του νέου προγράμματος.*, (ΦΕΚ Β’ 3131/11-05-2023) § (2023b).
- [23.] ΚΥΑ ΥΠΕΝ/Δ ΕΠΕΑ/20334/148/12-3-2021 . *Έγκριση της έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης του δημόσιου και ιδιωτικού κτιριακού αποθέματος και μετατροπής του σε κτιριακό δυναμικό απαλλαγμένο από ανθρακούχες εκπομπές και υψηλής ενεργειακής απόδοσης έως το έτος 2050, σύμφωνα με την παρ. 2 του άρθρου 2Α του ν. 4122/2013.*, Τεύχος Β’ 974, 12.03.202 § (2021). [Ανακτήθηκε 02/05/2023]
- [24.] ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/51828/761/11.03.2023

Βιβλία

- [25.] Εγκυκλοπένδια. (1980). “Ζάννειον Ορφανοτροφείο.” In ΛΑΡΟΥΣ (Ed.), *ΠΑΠΥΡΟΣ ΛΑΡΟΥΣ ΜΠΡΙΤΑΝΝΙΚΑ* (05 ed., Vol. 25, p. 355).
- [26.] ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ. (2012). *Εκπαιδευτικό Υλικό για το Κτίριο* (Α; ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ, Ed.). Αθήνα: ΤΕΕ.

Διαδικτυακές πηγές- Ιστοσελίδες

- [27.] Επίσημη Ιστοσελίδα. (2022, July 21). Το Ζάννειο Ίδρυμα - Ζάννειο Ίδρυμα Παιδικής Προστασίας & Αγωγής. Retrieved July 9, 2023, from Ζάννειο Ίδρυμα Παιδικής Προστασίας & Αγωγής website: <https://zanneio.org/%CF%84%CE%BF-%CE%B6%CE%AC%CE%BD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%BF-%CE%AF%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1>
- [28.] EUROPA. (2020, January). Προσδιορισμός Αλουμινίου EOS 60 ID Hybrid. Retrieved July 9, 2023, from www.profil.gr website: <https://www.profil.gr/index.php/gr/products/architectural-aluminium-systems/opening-systems/europa-id#vasika-xarakteristika-systimatos>
- [29.] helio systems. (2023, May 2). Retrieved July 9, 2023, from selasenergy.gr website: https://selasenergy.gr/programs_secure/solar-investment-analysis.php
- [30.] Παραθυρα, Ξ. (2021). WOODEN WINDOWS. Retrieved from <https://www.sylor.gr/wp-content/uploads/2021/01/Brochure-%CE%BE%CF%8D%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%86%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-2021.pdf>
- [31.] Υπουργεία Περιβάλλοντος <Http://www.ypen.gr>

Πηγές εικόνων

ⁱ Εκπομπές ρύπων United States Environmental Protection Agency. (2022, February 25). Global Greenhouse Gas Emissions Data . Retrieved from US Environmental Protection Agency website: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-dataa>

ⁱⁱ Παναγούλης, Θ. (2023, March 16). Εκπομπές CO₂: Τελικά, πόσο “καθαρά” είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα - Τι αναφέρει η έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Retrieved July 9, 2023, from energypress.gr website: <https://energypress.gr/news/ekpompes-co2-telika-poso-kathara-einai-ta-ilektrika-aytokinita-ti-anaferei-i-ekthesi-toy>

IDEALKLIMA. (2021, November 3). Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων : η λογική των συνδυασμένων πρακτικών. Retrieved from IdealKlima Ενεργειακές Εφαρμογές website: <https://www.idealklima.gr/energiaki-anavathmisi-ktiriwn/>

^{iv} energyHub. (n.d.). Αποτελέσματα Προγράμματος “Εξοικονόμηση κατ οίκον”|EnergyHUB for ALL. Retrieved July 9, 2023, from www.cres.gr website: <http://www.cres.gr/energyhubforall/4.1.4.html>

^v ΚΥΑ. Ηλέκτρα Πρόγραμμα χρηματοδότησης για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημοσίων Κτιρίων. , Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/17836/125 (ΦΕΚ922/β) § (2023a) website https://hlekttra.gov.gr/files/FEK_922_22_02_2023.pdf

^{vi} STYROPAN. (2019, October 19). Εξωτερική ή Εσωτερική μόνωση; Retrieved May 2, 2023, from STYROPAN website: <https://www.styropan.gr/blog/eksoteriki-i-esoteriki-thermomonosi>

^{vii} Πίνακας με κατάργηση λαμπτήρων Πετκάκη, Φ. (2012). Χαρακτηριστικά και σύγκριση των τεχνολογιών led, hid και φθορισμού - PDF Free Download. Retrieved July 9, 2023, from docplayer.gr (ΕΑΠ) website: <https://docplayer.gr/23991334-Haraktiristika-kai-syγκrissi-ton-tehnologion-led-hid-kai-ftorismoy.html>

^{viii} Σύνδεσμος Φωτοβολταϊκών Συνδεσμός εταιρειών φωτοβολταϊκών. (2007, September). Ένας πρακτικός Οδηγός για Φωτοβολταϊκά. [επίσκεψη May 2, 2023] από env-edu.gr website:<http://www.env-edu.gr/Documents/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC%20-%20%CE%88%CE%BD%CE%B1%CF%82%20%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82.pdf>

^x KARAVASSIOS. (2019, July 6). Ζάννειο Ίδρυμα Εκάλης: Μια “κυψέλη” ανθρωπιάς κρούει τον κώδωνα κινδύνου. Retrieved May 2, 2023, από Εφημερίδα ΑΜΑΡΥΣΙΑ website: <https://amarysia.gr/kifisia/%CE%B6%CE%AC%CE%BD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%AF%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1-%CE%B5%CE%BA%CE%AC%CE%BB%CE%B7%CF%82-%CE%BC%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CF%85%CF%88%CE%AD%CE%BB%CE%B7-%CE%B1%CE%BD>

Παράρτημα Α -Νομοθεσία και Ελοτ

Παράρτημα Β -Κατόψεις και σχέδια

Παράρτημα Γ- Υπολογισμοί σκιάσεων

Παράρτημα Δ- Υπολογισμοί ζώνης φυσικού φωτισμού

Παράρτημα Ε- Χαρακτηριστικά υλικών

Παράρτημα ΣΤ- Αποτελέσματα- Δεδομένα λογισμικού