Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

«Διαχείριση Τεχνικών Έργων»

Διπλωματική Εργασία

«Εκτίμηση του οφέλους του τρόπου εφαρμογής της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στην Ελλάδα και συμβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο - Μελέτη περίπτωσης διαμερίσματος του Δήμου Θεσσαλονίκης»

Αικατερίνη Βορεοπούλου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αικατερίνη Γενήκομσου

Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας (Βορεοπούλου Αικατερίνης) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η
ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ'οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητήπροηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του
δικαιωμάτων.

«Εκτίμηση του οφέλους του τρόπου εφαρμογής της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στην Ελλάδα και συμβολή στο ενεργειακό ισοζύγιο - Μελέτη περίπτωσης διαμερίσματος του Δήμου Θεσσαλονίκης»

«Αικατερίνη Βορεοπούλου»

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:	Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Αικατερίνη Γενήκομσου	Κωνσταντίνος Σκαλωμένος

Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 2026

«Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κα. Γενήκομσου Αικατερίνη, για την υπόστηριξη της τόσο σε ακαδημαικό όσο και σε ανθρώπινο επίπεδο»

Περίληψη

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θεμέλια της βιωσιμότητας, της κλιματικής πολιτικής και της ενεργειακής ασφάλειας για τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Καθώς ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει μεγάλο ποσοστό της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, η βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων έχει αναδειχθεί ως στρατηγικό μέτρο για τον μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τη μείωση της εξάρτησης από τα καύσιμα και την αποδυνάμωση του αντίκτυπου των υψηλών τιμών ενέργειας των νοικοκυριών. Σε αυτό το πλαίσιο, τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης και οι ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων αποτελούν τα μοναδικά κανονιστικά και τεχνικά εργαλεία για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων κτιρίων και την έναρξη των κατάλληλων παρεμβάσεων ανακαίνισης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά το κόστος και τα οφέλη των ενεργειακών επιθεωρήσεων, το θεσμικό πλαίσιο υπό το οποίο εισάγονται και τον ρόλο τους στο ευρύτερο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας. Ξεκινά με την απεικόνιση του ευρωπαϊκού και ελληνικού νομοθετικού πλαισίου για την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, την εξέλιξη του κανονισμού ΚΕΝΑΚ και την αργή ενσωμάτωση της ενεργειακής πιστοποίησης στο ελληνικό κτιριακό απόθεμα και εφιστά ιδιαίτερη προσοχή στην πρακτική λειτουργία των επιθεωρήσεων όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων, τη διαφάνεια της αγοράς, τη διαμόρφωση πολιτικής και τις επενδυτικές προτεραιότητες.

Τελικώς, η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης που αναφέρεται σε ένα διαμέρισμα στη Θεσσαλονίκη με χρήση του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Η εξεταζόμενη κατοικία αξιολογήθηκε από το παραπάνω λογισμικό στην κατηγορία Η υπολογίζοντας την πρωτογενή ζήτηση ενέργειας σε 687,8 kWh/m^2 ετησίως ,υπερδιπλάσια από την τιμή του κτιρίου αναφοράς. Όσον αφορά τα ευρήματα, έδειξαν

υψηλές θερμικές απώλειες, αναποτελεσματικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και υψηλές ετήσιες εκπομπές CO_2.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, δημιουργήθηκε ένα σχέδιο ανακαίνισης, που αποτελείται από τη χρήση αντλίας θερμότητας, μέτρα θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων, αναβάθμιση συστημάτων ψύξης και παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης με ηλιακή ενέργεια. Η οικονομική ανάλυση των προτεινόμενων μέτρων δείχνει ότι μια ανακαίνιση όπως αυτή μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ενεργειακές ανάγκες και τα λειτουργικά έξοδα και να αποδώσει σε περίπου 4-9 χρόνια αναφορικά με τα επίπεδα επιδοτήσεων και τις μελλοντικές τιμές ενέργειας.

Τέλος, η εργασία συνδέει την υιοθέτηση ενεργειακών αναβαθμίσεων ειδικά για κάθε κατοικία με το γενικό εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας. Διαπιστώνεται ότι η αναβάθμιση ενός σημαντικού αριθμού αναποτελεσματικών κατοικιών στη χώρα θα οδηγήσει σε μείωση των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων, μείωση του φορτίου αιχμής ηλεκτρικής ενέργειας, περιβαλλοντικά οφέλη και θα βοηθήσει τη χώρα να επιτύχει τους στόχους της για την απαλλαγή από τον άνθρακα. Συνεπώς, οι ενεργειακοί έλεγχοι και τα επενδυτικά προγράμματα αναβάθμισης θα πρέπει να θεωρούνται ως απαραίτητα μέτρα για την ανθεκτικότητα της ενεργειακής οικονομίας σε εθνικό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά:

Ενεργειακή Επιθεώρηση, Ενεργειακή Απόδοση, Ενεργειακός Έλεγχος, Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης, Ενεργειακό Ισοζύγιο, Μελέτη Ενεργειακής Επιθεώρησης

Abstract

The energy performance of buildings constitutes one of the most critical pillars of sustainability, climate policy, and energy security for European Union member states. Given that the building sector accounts for a major share of total final energy consumption, improving building efficiency has emerged as a strategic measure to mitigate greenhouse gas emissions, decrease fossil fuel dependency, and cushion the impact of high energy prices on households. Within this framework, Energy Performance Certificates (EPCs) and building energy audits serve as the primary regulatory and technical tools for assessing the energy efficiency of existing structures and initiating appropriate renovation interventions.

This master's thesis investigates the costs and benefits of energy audits, the institutional framework under which they are introduced, and their role within Greece's broader national energy balance. It begins by delineating the European and Greek legislative framework regarding the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), the evolution of the KENAK regulation, and the gradual integration of energy certification into the Greek building stock. Particular attention is paid to the practical operation of audits concerning data collection, market transparency, policy formulation, and investment priorities.

Furthermore, the thesis presents the results of a case study focusing on an apartment in Thessaloniki, evaluated using the TEE-KENAK software. The examined residence was classified under energy category H, with an estimated annual primary energy demand of 687,8 kWh/m^2, a value significantly exceeding that of the reference building. The findings highlighted high thermal losses, inefficient heating and cooling systems, and elevated annual CO_2 emissions.

Based on these results, a comprehensive renovation plan was developed, comprising the installation of a heat pump, thermal insulation measures, window replacement, cooling system upgrades, and domestic hot water production utilizing solar energy. The economic analysis of the proposed measures indicates that such a renovation can drastically reduce energy requirements and operational expenses, yielding a payback period of approximately 4 to 9 years, depending on subsidy levels and future energy prices.

Finally, the thesis correlates the adoption of residential energy upgrades with Greece's overall national energy balance. It is concluded that upgrading a significant number of inefficient residential properties across the country would lead to a reduction in imported fossil fuels, a decrease in peak electricity demand, and substantial environmental benefits, ultimately assisting the country in meeting its carbon neutrality targets. Consequently,

energy audits and targeted upgrade investment programs should be considered indispensable measures for the resilience of the energy economy at a national level.

Keywords: Energy Auditing, Energy Efficiency, Energy Control, Energy Performance Certificate, Energy Balance, Energy Audit Study

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή 1

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση 10

Κεφάλαιο 3: Νομοθεσία (Ευρωπαϊκή και Ελληνική) 17

3.1 Ο νομοθετικός ρόλος της ΕΕ στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων 17

3.2 Βασικά νομοθετικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 19

3.3 Μεταφορά της Ευρωπαϊκής ΟΕΑΚ στην Ελληνική Νομοθεσία 20

3.4 Ο Ελληνικός Κανονισμός για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) . 21

3.5 Το θεσμικό και διοικητικό πλαίσιο 23

3.6 Προκλήσεις αλληλεπίδρασης και συμμόρφωσης μεταξύ κανονισμών ΕΕ και Ελλάδας 23

Κεφάλαιο 4: Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων, Έννοιες, Υλοποίηση και Στατιστικά Στοιχεία 25

4.1 Μέθοδος Εφαρμογής Ενεργειακών Επιθεωρήσεων 26

4.2 Ποιος μπορεί να γίνει Ενεργειακός Επιθεωρητής 30

4.3 Κατανομή των ΠΕΑ ανά κατηγορία κτιρίου και ενεργειακή κλάση 32

Κεφάλαιο 5: Μελέτη περίπτωσης διαμερίσματος του Δήμου Θεσσαλονίκης – Ενεργειακή κατάταξη 36

5.1 Χαρακτηριστικά διαμερίσματος 36

5.2 Καταχώρηση γενικών στοιχείων διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 37

5.3 Ανάλυση του κτιριακού κελύφους του διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 40

5.3 Ανάλυση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 41

5.4 Ενεργειακή κατάταξη του διαμερίσματος 44

5.5 Προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης 46

5.6 Καταχώρηση γενικών στοιχείων σεναρίου 48

5.7 Ανάλυση του κτιριακού κελύφους του σεναρίου 49

5.8 Ανάλυση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του σεναρίου 51

Κεφάλαιο 6: Ανάλυση Κόστους-Οφέλους του σεναρίου ΠΕΑ και η συσχέτισή του με το Ενεργειακό Ισοζύγιο της Ελλάδας 57

6.1 Εισαγωγή 57

6.2 Υφιστάμενα τεχνικά χαρακτηριστικά του διαμερίσματος που δύναται να χρησιμοποιηθούν κατά την αίτηση 57

6.3 Τρέχοντα αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης 59

6.4 Ερμηνεία της ταξινόμησης Κατηγορίας Η 59

6.5 Προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης 60

6.6 Εκτιμώμενο κόστος επένδυσης 61

6.7 Αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας 62

6.8 Οικονομικό όφελος 62

6.9 Πρόσθετα οικονομικά οφέλη 63

6.10 Περιβαλλοντικά οφέλη 64

6.11 Συσχέτιση με το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας 64

6.12 Κλιμάκωση του σεναρίου σε Εθνικό επίπεδο 65

6.13 Ερμηνεία στρατηγικής πολιτικής 66

6.14 Συμπεράσματα 66

6.15 Μελλοντική έρευνα 67

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

CO_2 : Διοξείδιο του Ανθρακα

ΕΕ : Ευρωπαϊκή Ένωση

ΠΔ : Προδρικό Διάταγμα

ΤΕΕ : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

ΠΕΑ : Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

CBA : Αναλύση Κόστους - Οφέλους

ΟΕΑΚ : Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

nZEB : Κτίρια σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας

ZEB : Κτίρια Μηδενικών Εκπομπών

ΚΕΝΑΚ : Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

ΖΝΧ : Ζεστό Νερό Χρήσης

ΔΔ : Δίκτυο Διανομής

Α/Θ : Αντλία Θερμότητας

A/C : Air Condition

EPBD : Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

HVAC : Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης με τις 4 Κλίματικές Ζώνες (πηγή: Μονωδομική /Τεχνική και Εμπορική Εταιρεία Μονώσεων).....36
Εικόνα 2: Γενικός πίνακας κτιρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 38
Εικόνα 3: Γενικός πίνακας ζώνης 1 του κτιρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 39
Εικόνα 4: Κέλυφος κτιρίου – Αδιαφανείς επιφάνειες (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 40
Εικόνα 5: Κέλυφος κτιρίου – Διαφανείς επιφάνειες (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 41
Εικόνα 6: Συστήματα κτιρίου – Θέρμανση (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....42
Εικόνα 7: Συστήματα κτιρίου – Ψύξη (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....43
Εικόνα 8: Συστήματα κτιρίου – ΖΝΧ (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....44
Εικόνα 9: Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου (πηγή: Building Cert) 45
Εικόνα 10: Προτεινόμενο σενάριο αναβάθμισης κτιρίου (πηγή: Building Cert).....47
Εικόνα 11: Γενικός πίνακας κτιρίου 1 σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 48
Εικόνα 12: Κέλυφος κτιρίου 1 – Αδιαφανείς επιφάνειες σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 50
Εικόνα 13: Κέλυφος κτιρίου 1 – Διαφανείς επιφάνειες σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 51
Εικόνα 14: Συστήματα κτιρίου 1 – Θέρμανση σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....52
Εικόνα 15: Συστήματα κτιρίου 1 – Ψύξη σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....53
Εικόνα 16: Συστήματα κτιρίου 1 – ΖΝΧ σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ).....54
Εικόνα 17: Συστήματα κτιρίου 1 – Ηλιακός συλλέκτης σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 55
Εικόνα 18: Συστήματα κτιρίου 1 – Μηχανικός αερισμός σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ) 56

Κατάλογων Πινάκων

Πίνακας 1: Ενδεικτική κατανομή των κτιρίων σύμφωνα με ομάδες ΠΕΑ (πηγή:ΥΠΕΚΑ-Buildingcert/Πανελλαδικό Δίκτυο E-Real Estates).....34
Πίνακας 2: Εκτιμώμενο κόστος επένδυσης ανά κατηγορία παρέμβασης.....59

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η ενεργειακή απόδοση αναγνωρίζεται πλέον ευρέως ως ένα οικονομικό μέσο μείωσης της συνολικής ζήτησης της καταναλισκόμενης ενέργειας και ως ένα μέσο πολιτικής για τη μείωση των εκπομπών CO_2 και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας. Στην ΕΕ, τα κτίρια ευθύνονται για ένα μεγάλο μερίδιο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών και ως εκ τούτου, αποτελούν σημαντικό μέρος των πρωτοβουλιών απαλλαγής από τον άνθρακα και της ενεργειακής ανθεκτικότητας σε εθνικό, περιφερειακό και ατομικό επίπεδο. Τα μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια διαδραματίζουν ρόλο όχι μόνο από περιβαλλοντικής αλλά και από οικονομικής και κοινωνικής άποψης, ειδικά στην Ελλάδα, όπου ένα σημαντικό μέρος του κτιριακού αποθέματος είναι παλιό και η χρήση ενέργειας είναι υψηλή και αναποτελεσματική. Ένας ουσιαστικός παράγοντας για την αυξημένη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι η συστηματική ενεργειακή επιθεώρηση τους. Η συστηματική, δομημένη, εξειδικευμένη αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, που χρησιμοποιείται για την ενημέρωση ευκαιριών εξοικονόμησης, τη δημιουργία σημείων αναφοράς και την καθοδήγηση επενδύσεων σε ανακαινίσεις, αποτελεί βασικό εργαλείο πολιτικής για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Η σημασία του κτιριακού αποθέματος και του κτιριακού τομέα για το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο

Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τους οικιστικούς όσο και τους μη οικιστικούς σκοπούς, το κτίριο αποτελεί σημαντικό καταναλωτή ενέργειας στις περισσότερες προηγμένες οικονομίες, όπως και στην Ελλάδα. Στοιχεία από την Ευρώπη δείχνουν ότι τα κτίρια αντιπροσωπεύουν περίπου το 40% της τελικής χρήσης ενέργειας και των εκπομπών CO_2 που σχετίζονται με την ενέργεια, όχι μόνο λόγω της ανάγκης τους για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό χώρων, αλλά και λόγω της ενέργειας που ενσωματώνεται στην κατασκευή

και τη συντήρησή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους (Balarasetal.,2014). Η Ελλάδα, επίσης, καταδεικνύει ότι περισσότερο από το ένα τρίτο τόσο της εθνικής τελικής χρήσης ενέργειας όσο και των εκπομπών CO_2 προκαλούνται από τον κτιριακό τομέα της, υπογραμμίζοντας περαιτέρω τη στρατηγική του σημασία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010).

Σε αντίθεση με τις πιο ενεργειακά αποδοτικές και αυστηρά ρυθμιζόμενες χώρες της Βόρειας Ευρώπης, η Ελλάδα ιστορικά επέτρεπε χαμηλότερα πρότυπα απόδοσης κατά τη διαδικασία κατασκευής, ιδίως για το υπάρχον κτιριακό απόθεμα. Οι δείκτες απόδοσης αποκαλύπτουν ότι ένα σημαντικό μέρος των δομημένων υποδομών της Ελλάδας έχει κακή απόδοση ακόμη και σε σύγκριση με τα ελάχιστα πρότυπα, με την πλειονότητα των ακινήτων να βρίσκονται στις χαμηλότερες κατηγορίες συμμόρφωσης. Αυτό δείχνει ένα μεγάλο ανεκμετάλλευτο δυναμικό για βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση (Dascalaki etal., 2012).

Ευρωπαϊκά μέσα πολιτικής και η εφαρμογή της Ελλάδας (EPBD)

Η πολιτική ενεργειακής απόδοσης διεθνώς αποτέλεσε σημαντικό μοχλό των εθνικών κανονισμών που αφορούν την ενεργειακή επιθεώρηση. Η νομοθεσία που θέσπισε ένα πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση στα κτίρια είναι η EPBD η οποία αρχικά υιοθετήθηκε ως 2002/91/ΕΚ και αργότερα αναθεωρήθηκε τόσο μέσω αναδιατύπωσης (2010/31/ΕΕ) όσο και μεταγενέστερων τροποποιήσεων. Η Οδηγία απαιτούσε από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ να επιβάλουν μέτρα που θα βελτίωναν την ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων και νέων κατασκευών και επέβαλε πληθώρα μέτρων, συμπεριλαμβανομένων των ΠΕΑ κατά την πώληση και μίσθωση ή κατά τον χρόνο κατασκευής, φέρνοντας μακροπρόθεσμες απαιτήσεις κοντά στα πρότυπα καθαρής και μηδενικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, και δίνοντας έμφαση στην εφαρμογή προτύπων βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης και κόστους για την επίτευξη του στόχου των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής απόδοσης για όλα τα κτίρια, ανεξάρτητα από τον τύπο και την τοποθεσία τους (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας,2026).

Η Ελλάδα εφάρμοσε την παραπάνω πολιτική μέσω του Νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη Μείωση της Κατανάλωσης Ενέργειας στα Κτίρια», καθώς και του κανονισμού Κ.ΕΝΑΚ., Π.Δ. 100/2010, από το οποίο προέκυψαν οι νέες τεχνικές οδηγίες. Η εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ. ήταν η πρωτοβουλία της Ελλάδας για την καθιέρωση των ενεργειακών επιθεωρήσεων ως υποχρεωτικού εργαλείου και εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η νομοθεσία όριζε επίσης πρότυπα για τους ενεργειακούς επιθεωρητές και λειτουργικούς μηχανισμούς για ενεργειακούς ελέγχους και πιστοποίηση αυτών (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026).

Επιθεωρήσεις, σκοπός και μέθοδος

Ο ενεργειακός έλεγχος, ή αλλιώς ενεργειακή επιθεώρηση, είναι μια αξιολόγηση της χρήσης και της ενεργειακής απόδοσης του κτίριου, που διενεργείται από πιστοποιημένο επαγγελματία μηχανικό,που καλείται βάσει της ελληνικής ονοματολογίας ως ενεργειακός επιθεωρητής. Περιλαμβάνει την εισαγωγή σε μια άσκηση ανάλυσης δεδομένων, συχνά βάσει γραφείου, σε συνδυασμό με μια φυσική έρευνα, όπου η εστίαση βρίσκεται στη δομή του κτιρίου π.χ. επίπεδα μόνωσης, προσανατολισμός, τύποι παραθύρων, συστήματα ψύξης-θέρμανσης (HVAC), εξαερισμός, ηλεκτρικές συσκευές, εσωτερική διαρρύθμιση και την αλληλεπίδραση των στοιχείων αυτών. Μόλις ολοκληρωθεί η επιθεώρηση και συλλεχθούν δεδομένα, τότε η απόδοση του κτιρίου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας καθιερωμένα κριτήρια και δημιουργείται το λεγόμενο ΠΕΑ (Mitzithras,2026), (ArtConceptLtd,2026).

Το ΠΕΑ παρέχει μια αξιολόγηση του κτιρίου ανάλογα με τα αποτελέσματα του υπολογισμού, με κλίμακα από A+ δηλαδή πλήρως αποδοτικό έως Η πλήρως μη αποδοτικό, και περιέχει δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου σε όρους πρωτογενούς ενέργειας, τελικής ενέργειας και εκπομπών CO_2, καθώς και

συστάσεις για βελτίωση, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν αυξημένη μόνωση, αναβάθμιση κουφωμάτων και ενσωμάτωση ηλιακής ενέργειας (Andrianos Engineering,2026).

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι υποχρεωτική με ισχύ από τον Ιανουάριο του 2011 για την πώληση ή ενοικίαση υφιστάμενων κτιρίων και αποτελεί προϋπόθεση για την αποπεράτωση ενός νέου κτιρίου και την ριζική ανακαίνιση οποιουδήποτε μέρους των μελών ή ολόκληρου του κτιρίου (EnerMech S.A.,2026).

Κόστος και όφελος της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στην Ελλάδα

Από μακροοικονομική άποψη, η ενεργειακή επιθεώρηση παρέχει τα ίδια οφέλη με άλλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, δηλαδή μειωμένη κατανάλωση και εκπομπές CO_2, αυξημένη αξία κτιρίου μέσω διαφάνειας στην απόδοση και οικονομικά οφέλη που επιτυγχάνονται μέσω εξοικονόμησης ενέργειας, επαναχρησιμοποίησης κεφαλαίων που προέρχονται από τη μείωση των εισαγωγών ενέργειας και δημιουργίας θέσεων εργασίας στον κατασκευαστικό τομέα. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των τμημάτων του κτιρίου που υπολειτουργούν και να συμβάλει σε μια πολύ αναγκαία γνώση του τομέα από τους ιδιοκτήτες κτιρίων, τους επενδυτές και τους παρόχους υπηρεσιών, επιτρέποντας έτσι τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις ανακαινίσεις.

Παράμετροι κόστους:

Οι αρχικές δαπάνες για μια επιθεώρηση κτιρίου και την καταγραφή ΠΕΑ είναι τα τέλη που καταβάλλονται από έναν ιδιοκτήτη σπιτιού και το κόστος συλλογής δεδομένων και υποβολής πληροφοριών. Εξαρτώνται από το μέγεθος του ακινήτου, την πολυπλοκότητα της έρευνας και την πραγματοποιούμενη μέθοδο επιθεώρησης. Τέτοια έξοδα, αν και αποτελούν εμπόδιο για την ανακαίνιση, συνήθως ανακτώνται από τους ιδιοκτήτες μέσω

φθηνότερου κόστους λειτουργίας και, εάν πραγματοποιηθεί ανακαίνιση, αποσβένονται μακροπρόθεσμα.

Άμεσα οφέλη:

Όσον αφορά την εξοικονόμηση, οι ενεργειακοί ελεγκτές μπορούν να εντοπίσουν με ακρίβεια τις ανεπάρκειες και ως εκ τούτου, να προτείνουν αποτελεσματικά μέτρα που θα χρηματοδοτηθούν από μελλοντικές εξοικονομήσεις ή θα προστεθούν σε εγγυημένα συμβόλαια ενεργειακής απόδοσης, με περιόδους αποπληρωμής από αρκετά έτη έως και άνω των δέκα ετών. Τέτοιες εξοικονομήσεις πραγματοποιούνται μακροπρόθεσμα και μπορούν να προστεθούν στην ανθεκτικότητα απέναντι στις αυξανόμενες τιμές και τη ζήτηση (Gaglia*etal.*, 2018).

Έμμεσα οφέλη:

Ένας ενεργειακός έλεγχος μπορεί να ενθαρρύνει τις επενδύσεις των εταιρειών σε καινοτόμο εξοπλισμό ενεργειακής απόδοσης, να μετατρέψει την έννοια του «τριπλού μηδενός» σε ένα εμπορεύσιμο αγαθό και να αναπτύξει πρόσθετα τμήματα της αγοράς για εξειδικευμένους επαγγελματίες. Σε επίπεδο μακροπολιτικής, εάν σε κάθε κτίριο μειωνόταν η ζήτηση ενέργειας, τότε οι συνολικές εισαγωγές ενέργειας θα μειώνονταν και οι εγχώριοι ενεργειακοί πόροι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε άλλους τομείς, συμβάλλοντας στην εθνική εξοικονόμηση ενέργειας, στην απαλλαγή του ενεργειακού συστήματος από τον άνθρακα και στη μειωμένη ενεργειακή εξάρτηση. Η πολιτική της Ελλάδας είναι η ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων και η προώθηση δομών σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, ένω παράλληλα οι ενεργειακοί έλεγχοι αποτελούν ένα ζωτικό βήμα σε αυτή τη μετάβαση (Iatridis*etal.*, 2024).

Πώς επηρεάζει η ενεργειακή επιθεώρηση το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας;

Το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι η αναλογία προσφοράς και ζήτησης στη χώρα. Η ενεργειακή απόδοση βασίζεται στην μέτρηση της χαμηλότερης ζήτησης, πράγμα που σημαίνει ότι η πλευρά της ζήτησης μετατοπίζεται προς τα κάτω. Στην περίπτωση της Ελλάδας, ο ενεργειακός εφοδιασμός βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ορυκτά καύσιμα, τα οποία εισάγονται ως κύρια πηγή ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η μείωση της ζήτησης ενέργειας μέσω ενεργειακών ελέγχων σημαίνει ότι η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά, να μειωθεί η ανάγκη για εισαγωγές, καθώς και να μειωθούν οι συνολικές εκπομπές CO_2 (Sorrell, 2015).

Οι ενεργειακοί έλεγχοι είναι σχετικοί επειδή προσδιορίζουν το σημείο εκκίνησης για το επίπεδο απόδοσης κάθε κτιρίου και εκτιμούν τις εφικτές εξοικονομήσεις, παρέχοντας μετρήσεις μεγάλης κλίμακας της συνολικής απόδοσης των κτιρίων. Τα αποτελέσματα των πολλών συγκεντρωτικών ΠΕΑ δίνουν στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής μια εικόνα για την εθνική κατάσταση, βοηθούν στην ενημέρωση για στοχευμένες δράσεις και παρέχουν στοιχεία για την ενεργειακή και κλιματική στρατηγική της Ελλάδας, όπου οι νέοι στόχοι είναι η αύξηση του αριθμού των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και η υλοποίηση ανακαινίσεων στο μεγαλύτερο μέρος του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος έως το 2050. Ωστόσο, παρά την ευρέως αποδεκτή σημασία της πολιτικής, η έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο παραμένει σε αρχικό στάδιο. Η επίδραση των μεμονωμένων ενοτήτων σε συγκεκριμένα σενάρια θα πρέπει να αξιολογηθεί με ανάλυση κόστους-οφέλους, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η συμβολή των επιθεωρήσεων στην κοινότητα και, γενικότερα, στο εθνικό και το ενεργειακό ισοζύγιο της ΕΕ (Benard-Tertrais*etal.*, 2023).

Κενά στην έρευνα – Ερευνητικοί στόχοι

Παρά τα πολυάριθμα θεωρητικά οφέλη που προσφέρει η ενεργειακή επιθεώρηση, η έρευνα, και ιδιαίτερα η εμπειρική, δεν έχει ακόμη αναδείξει την απτή συμβολή της ενεργειακής επιθεώρησης στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο και ειδικότερα στο πλαίσιο της Ελλάδας. Κατά συνέπεια, υπάρχουν μόνο μελέτες περιπτώσεων και περιορισμένη εμπειρική έρευνα. Συνεπώς, απαιτείται μια κατάλληλη και διεξοδική ανάλυση κόστους-οφέλους, όχι μόνο για τον προσδιορισμό του ποσοστού απόδοσης του άμεσου οικονομικού οφέλους για τους ιδιοκτήτες που προκύπτει από την επιθεώρηση και των επενδύσεων που προωθούνται, αλλά και για να διαφωτιστούν τα κέρδη σε επίπεδο συστήματος που προκύπτουν από την επιθεώρηση, όσον αφορά την εξοικονόμηση καυσίμων, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τις μακροοικονομικές επιπτώσεις. Σε αυτό το πλαίσιο, θα πρέπει να διερευνηθεί η έκταση των διαφοροποιημένων καιρικών συνθηκών, η ανάγκη για θέρμανση και ψύξη, το κτιριακό απόθεμα, η τιμή της ενέργειας, η αξιοποίηση της αναβάθμισης, καθώς και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής μοντελοποίησης π.χ., η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τα οικονομικά στατιστικά στοιχεία τους π.χ., καθαρή παρούσα αξία και εσωτερικός συντελεστής απόδοσης.

Οι ερευνητικοί στόχοι της παρούσας εργασίας αφορούν τον εμπλουτισμό της εμπειρικής έρευνας και πιο συγκεκριμένα τον προσδιορισμό των ηλεκτρομηχανολικών συστημάτων και των στοιχείων του κελύφους ενός κτιρίου που συμβάλλουν στην υφιστάμενη ενεργειακή κατάταξη. Επιπλέον, παραθέτονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις, από τις οποίες θα προκύψει η μέγιστη κτιριακή ενεργειακή αναβάθμιση. Τελικώς, και ύστερα από την διατύπωση των παραπάνω, άμεσος στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός της σχέσης κόστους – οφέλους της επένδυσης, διατυπώνοντας τα κόστη των παρεμβάσεων, τους χρόνους απόσβεσης αλλά και τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν.

Διάρθωση της εργασίας

Στο Κεφάλαιο 1, που αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας, παρουσιάζονται γενικά ζητήματα όπως είναι η έννοια τηε ενεργειακής επιθεώρησης, ο σκοπός της, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται, το κόστος της και τα οφέλη της. Επιπλέον γίνεται η εισαγωγή στην συσχέτιση του κτιριακού τομέα, και του κτιριακού αποθέματος γενικότερα, με το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και πως το επηρεάζει η ενεργειακή επιθεώρηση. Τέλος, σημειώνονται τα κενά στην έρευνα αλλά και οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με το πλαίσιο της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στην Ελλάδα και το πως αυτή συμβάλει στο εθνικό ενεργειακό σύστημα. Επιπλέον διερευνόνται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενεργειάς μέσω των ενεργειακών αναβαθμίσεων και κατ'επέκταση η μείωση τω αερίων του θερμοκηπίου

Προχωρώντας στο 3^{ο} Κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επισημαίνεται ο ρόλος της ΕΕ στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, τα νομοθετικά στοιχεία και οι απαιτήσεις της ΟΑΕΚ, η μεταφορά της στην Ελληνική νομοθεσία καθώς και δίνονται πληροφορίες για τον ΚΕΝΑΚ.

Το 4^{ο} Κεφάλαιο αναφέρει κάποια γενικά στοιχεία όπως, ποία είναι η μέθοδος που ακολουθείται στην ενεργειακή επιθεώρηση, ποιοι έχουν την δυνατότητα να την πραγματοποιήσουν, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει την κατανομή των ΠΕΑ ανά κατηγορία κτιρίου και ενεργειακής κλάσης.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η μετάβαση από το θεωρητικό στο πλακτικό πλαίσιο, εξετάζοντας, μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, την υφιστάμενη κατάσταση ενός διαμερίσματος καθώς και το ποία είναι η δυνητική του πορεία στην περίπτωση εφαρμογής παρεμβάσεων σε επίπεδο κτιριακού κελύφους και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 γίνεται η ανάλυση κόστους-οφέλους του σεναρίου που προτάθηκε στο ΠΕΑ και ορίζεται η συσχέτιση με το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του υπό εξέταση διαμερίσματος, αναγράφονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης και το προτεινόμενο σενάριο της ενεργειακής αναβάθμισης και τελικώς σημειώνεται το εκτιμώμενο κόστος της επένδυσης αλλά και τα οικονομικά, περιβαλλοντικά οφέλη του.

Το τελευταίο κομμάτι της εργασίας αποτελούν οι βιβλιογραφικές αναφορές.

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει το θεωρητικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων στην Ελλάδα και τη συμβολή της στη λειτουργία του εθνικού ενεργειακού συστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον ρόλο της ενεργειακής επιθεώρησης ως διαγνωστικού εργαλείου για την τεκμηρίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, για τον εντοπισμό δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και για την τεχνικά τεκμηριωμένη σύλληψη μέτρων που αποσκοπούν στην τεχνική αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης.

Επιπλέον, διερευνώνται οι ευρείες κατηγορίες μέτρων ενεργειακού συστήματος κτιρίων που προκύπτουν από τις διαδικασίες των ΠΕΑ στον πυρήνα του κτιρίου και στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών μηχανισμών μέσω των οποίων επηρεάζουν την τελική και πρωτογενή ζήτηση ενέργειας. Διερευνάται επίσης η συμβολή των αναβαθμίσεων των ενεργειακών συστημάτων κτιρίων στον κτιριακό τομέα στη μείωση της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας και στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο.

Αυτό το κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό και τεχνικό υπόβαθρο για την επακόλουθη εφαρμογή ποσοτικών εργαλείων για την αξιολόγηση των οφελών των ενεργειακών μέτρων στον κτιριακό τομέα, τα οποία αποτελούν το επόμενο βήμα της μελέτης. Το κανονιστικό και τεχνικό πλαίσιο, τα τεχνικά δεδομένα, τα εμπειρικά δεδομένα και οι δείκτες που είναι απαραίτητοι για την μετέπειτα εφαρμογή τεχνικών, οικονομικών και εργαλείων ενεργειακής μοντελοποίησης συνοψίζονται σε αυτό το κεφάλαιο. Ως αποτέλεσμα, η επακόλουθη εφαρμογή εργαλείων ενεργειακής και οικονομικής μοντελοποίησης στην επόμενη φάση της έρευνας βασίζεται σε ένα ισχυρό τεχνικό και επιστημονικό πλαίσιο.

Καθώς ο κτιριακός τομέας αποτελεί βασικό πυλώνα της ενεργειακής μετάβασης, κυρίως όσον αφορά το δυναμικό ενεργειακής απόδοσης, είναι θεμελιώδες να κατανοήσουμε τις λειτουργίες μέσω των οποίων η ενεργειακή επιθεώρηση μπορεί να οδηγήσει σε παρατηρήσιμες βελτιώσεις. Η επιστημονική ανάλυση που αναπτύσσεται σε αυτό το κεφάλαιο στοχεύει τόσο στην τεκμηρίωση των οφελών της ενεργειακής επιθεώρησης όσο και στον ορθολογικό σχεδιασμό πολιτικών και τεχνικών παρεμβάσεων στον κτιριακό τομέα.

Η ακαδημαϊκή έρευνα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έχει εξελιχθεί σε έναν διεπιστημονικό τομέα που περιλαμβάνει την προσομοίωση μηχανικής, την ενεργειακή οικονομία, την περιβαλλοντική πολιτική και την κοινωνική ψυχολογία. Σε αυτό το πλαίσιο, ο ενεργειακός έλεγχος θεωρείται όχι μόνο ως ένα εργαλείο τεχνικής συμμόρφωσης, αλλά και ως ένας σημαντικός παράγοντας για την ενεργειακή απόδοση σε όλες τις κλίμακες, από μεμονωμένα κτίρια έως εθνικές ισορροπίες και διεθνείς δεσμεύσεις για την κλιματική πολιτική. Αντί για κανονισμούς όπως η EPBD, οι ερευνητές δίνουν όλο και μεγαλύτερη προσοχή στην πρακτική, τη μεθοδολογία, τον αντίκτυπο και τους κοινωνικοοικονομικούς περιορισμούς της.

Ένα κεντρικό θέμα στη βιβλιογραφία είναι η επιλογή της μεθοδολογίας και οι αξιολογήσεις ενεργειακής απόδοσης που προκύπτουν. Η κυρίαρχη μεθοδολογία αξιολόγησης περιουσιακών στοιχείων που ορίζεται από τα ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης χρησιμοποιεί μοντέλα σταθερής κατάστασης ή σχεδόν δυναμικά μοντέλα που βασίζονται σε προσομοίωση για την εκτίμηση των θεωρητικών ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων σε ένα τυποποιημένο πρότυπο πληρότητας (Balaras etal., 2014). Αυτά τα μοντέλα βασίζονται στις λύσεις των εξισώσεων θερμικού ισοζυγίου, απορρίπτοντας τις διαφορές στη συμπεριφορά των ενοίκων και τη λειτουργία και επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων κτιρίων. Από την άλλη πλευρά, απλοποιούν υπερβολικά τα ζητήματα της λειτουργίας και της συμπεριφοράς των χρηστών, με αποτέλεσμα να μην αντιπροσωπεύουν απαραίτητα τη συμπεριφορά πραγματικών κτιρίων (Santamouris, 2016).

Πράγματι, αυτό το «κενό απόδοσης» έχει εντοπιστεί σε πολλά διαφορετικά είδη έρευνας. Οι Dascalaki*etal*., (2012) αναφέρουν ότι τα ελληνικά κτίρια έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ της προσομοιωμένης και της μετρούμενης χρήσης ενέργειας, μια τάση που παρατηρείται και σε όλη την Ευρώπη. Ο παραπάνω ισχυρισμός λέγεται ότι οφείλεται σε διαφορές κατά το στάδιο της κατασκευής, αποκλίσεις στα σχέδια, ποικίλη λειτουργία των συστημάτων και διαφορές στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Ως αποτέλεσμα, διάφοροι συγγραφείς έχουν προτείνει ότι τα προσαρμοστικά μοντέλα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται παράλληλα με μετρήσιμα δεδομένα και αξιολόγηση πληρότητας μετά την κατασκευή, αντί να χρησιμοποιούνται μόνο κλασικά μοντέλα προσομοίωσης.

Ένα επιπλέον σκέλος της βιβλιογραφίας αντιλαμβάνεται τα ΠΕΑ ως συσκευές διόρθωσης αστοχιών της αγοράς, τοποθετώντας τα σε μια ευρύτερη κατηγορία συσκευών οικονομικών πληροφοριών. Καθώς τα κτίρια είναι σύνθετα περιουσιακά στοιχεία με μεγάλα κρυμμένα χαρακτηριστικά που οι φορείς εκμετάλλευσης δεν μπορούν να ανακαλύψουν παρά μόνο μετά την αλληλεπίδραση με την αγορά, η παρουσίαση πληροφοριών για τα ενεργειακά χαρακτηριστικά λέγεται ότι αποτελεί λύση στα προβλήματα της ασυμμετρίας πληροφοριών και των αναποτελεσματικών αγορών (Tzovaras, 2015). Εμπειρικές μελέτες σε μια πλειάδα ευρωπαϊκών χωρών παρέχουν υποστήριξη στην υπόθεση ότι όταν τα ΠΕΑ είναι διαθέσιμα, οι τιμές των ακινήτων αντανακλούν τις ενεργειακές αξιολογήσεις, αν και η ισχύς τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πλαίσιο, ανάλογα με το την ωριμότητα της αγοράς και την κατάσταση των τιμών ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

Η δυναμική της συμπεριφοράς είναι συχνά μια άλλη καθοριστική πτυχή στη βιβλιογραφία. Η παρουσία της συμπεριφοράς των ενοίκων, οι υπάρχουσες ρουτίνες και οι κανόνες κοινωνικής πολιτικής έχουν σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας σε ένα κτιριακό περιβάλλον, παρά την υπάρχουσα φυσική υποδομή. Τα φαινόμενα ανάκαμψης εμφανίζονται όταν η εξοικονόμηση ενέργειας λειτουργεί για να ενθαρρύνει την υψηλότερη ποιότητα χρήσης ενεργειακών υπηρεσιών, όπως αυξημένα σημεία ρύθμισης θερμοκρασίας ή μεγαλύτερες ώρες λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης και ψύξης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, κάτι που εγγενώς ακυρώνει τη θεωρητική

εξοικονόμηση απόδοσης (IEA, 2022). Οι ερευνητές έχουν βασιστεί σε αυτή τη γνώση για να επικεντρωθούν στη σημασία ενός πλαισίου πιστοποίησης, το οποίο ενσωματώνει επίσης την ανατροφοδότηση συμπεριφοράς, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και την εκπαίδευση των χρηστών παράλληλα με τα στατικά αποτελέσματα του ελέγχου.

Από οικονομικής άποψης, υπάρχει έρευνα για το τεράστιο κενό επενδύσεων στην ενεργειακή απόδοση, ενώ η κοστολόγηση του κύκλου ζωής συχνά αποκαλύπτει το κόστος, την αποτελεσματικότητα πολλών μέτρων ανακαίνισης μακροπρόθεσμα, και ανεξάρτητα των παραπάνω τα πραγματικά επίπεδα ανακαίνισης παραμένουν υποτονικά. Οι λόγοι περιλαμβάνουν τα εμπόδια χρηματοδότησης, την αποστροφή κινδύνου, τον σύντομο προγραμματισμό και τα διαχωρισμένα κίνητρα στις αγορές ενοικίασης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010). Στην οικονομική συμπεριφορά, προκύπτει πρόσθετη πολυπλοκότητα, καθώς ένα μέρος των νοικοκυριών μερικές φορές προεξοφλεί τις μελλοντικές αποταμιεύσεις, υπό την τρέχουσα μεροληψία ή λόγω απαγόρευσης πρόσβασης σε κεφάλαιο, και δεν καταναλώνει όλα τα οικονομικά και αποτελεσματικά μέτρα αποδοτικότητας.

Η εθνική και συστημική, ευρεία έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της αποδοτικότητας των κτιρίων σε εθνικό επίπεδο υπογραμμίζει επίσης την πιθανή μακροοικονομική σημασία των ολοκληρωμένων προγραμμάτων επιθεώρησης και αναβάθμισης. Τα κτίρια αποτελούν μεγάλο μέρος της τελικής χρήσης ενέργειας και αποτελούν κεντρικό κόμβο των πολιτικών μείωσης της ζήτησης ενέργειας. Τα ολοκληρωμένα μοντέλα ενεργειακών συστημάτων δείχνουν ότι τα προγράμματα αναβάθμισης μεγάλης κλίμακας έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τα φορτία αιχμής, να ανακουφίσουν τους περιορισμούς του δικτύου και να περιορίσουν την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας για την επίτευξη τόσο των στόχων ενεργειακής ασφάλειας όσο και του κλίματος (IEA, 2022). Αν και πολλές ερευνητικές προσπάθειες καταδεικνύουν τον αντίκτυπο των κινήτρων της αποδοτικότητας κτιρίων και των προγραμμάτων επιθεώρησης σε εθνικό επίπεδο, υπογραμμίζουν ότι τα δεδομένα πιστοποίησης σε επίπεδο κτιρίου δεν έχουν ενσωματωθεί μέχρι στιγμής στα εθνικά ενεργειακά μοντέλα.

Σε περιφερειακό επίπεδο, η βιβλιογραφία παρουσιάζει τις επιπτώσεις των περιφερειακών και κλιματικών συνθηκών στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιριακού αποθέματος. Η αύξηση των αναγκών σε ενέργεια ψύξης στη Μεσόγειο, λόγω των θερμότερων καλοκαιριών και του φαινομένου της θερμικής νησίδας, προκαλεί μια «θεμελιώδη αλλαγή στη δυσκολία της έρευνας», δηλαδή η εστίαση μετακινείται από τη βελτιστοποίηση του θερμικού φορτίου σε υβριδικές τεχνικές θέρμανσης, βελτιστοποίησης ψύξης και παθητικής ψύξης (Santamouris, 2016). Οι περιφερειακές μελέτες επικεντρώνονται κυρίως στην αξιολόγηση των τροποποιήσεων του κελύφους, των τεχνικών σκίασης και παθητικής διαμόρφωσης, με την ανάγκη να συνδεθεί με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου το κλίμα προς την ανάπτυξη λύσεων που ανταποκρίνονται σε αυτό.

Στην ελληνική περίπτωση, ένα μεγάλο μέρος της εργασίας έχει επικεντρωθεί στην περιγραφή των χαρακτηριστικών του κτιριακού αποθέματος και της φύσης των προσπαθειών EPBD. Το απόθεμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο μερίδιο κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν από τα πρότυπα μόνωσης και με δυνητικά χαμηλή θερμική απόδοση, παρουσιάζοντας έτσι σημαντική ευκαιρία για αναβαθμίσεις κελύφους και συστημάτων HVAC (Balaras*etal*., 2014; IERSD, 2023). Τα προκαταρκτικά ευρήματα από την Ελληνική βάση δεδομένων ΠΕΑ, η οποία έχει εκδώσει χιλιάδες πιστοποιητικά από την έναρξη της εφαρμογής, παρέχουν μια κατανομή δεδομένων και τύπων απόδοσης κτιρίων για το απόθεμα της χώρας. (Ενεργειακή πιστοποίηση ελληνικών κτιρίων: πρώτα ευρήματα, 2013).

Συγκριτικές μελέτες της EPBD σε διαφορετικές χώρες παρουσιάζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Μια εκ των υστέρων αξιολόγηση του κανονισμού σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Ελλάδα και την Ολλανδία από τους Spyridaki *etal*. (2016) αποκάλυψε ότι οι δομικές διαφορές επηρεάζουν τις διακυμάνσεις στον ρυθμό με τον οποίο λαμβάνει χώρα η εξοικονόμηση ενέργειας και στις αντιδράσεις που προκαλούνται από την αγορά.

Τον τελευταίο καιρό, η εμπειρική εργασία που διερευνά εφικτές επιλογές ανακαίνισης που παρέχουν βέλτιστα οικονομικά οφέλη στην ελληνική προοπτική εξετάζει διάφορα μέτρα ενεργειακής απόδοσης στην περίπτωση σχολείων, τονίζοντας τη δυνατότητά τους να αντιμετωπίσουν την υψηλή ειδική κατανάλωση ενέργειας, αποδίδοντας παράλληλα θετικά αποτελέσματα επενδύσεων όταν λαμβάνονται υπόψη διαφορετικά επιτόκια έκπτωσης (Karakostas and Vryzidis, 2017). Ένα άλλο σχετικό σύνολο βιβλιογραφίας που συγκρίνει τις συμμετοχικές με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις για την υλοποίηση έργων ενεργειακής απόδοσης στην Ελλάδα σκιαγραφεί βασικά στοιχεία για τη διασφάλιση μιας επιτυχημένης πορείας ενεργειακής μετάβασης, όπως η ενεργός συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών, η συμμετοχή της κοινότητας και καινοτόμα στοιχεία όπως η τοπική εμπειρία (Karakosta etal.,2018). Αυτές οι εργασίες υπογραμμίζουν την πολυδιάστατη πτυχή των βελτιώσεων στην ενεργειακή απόδοση, η οποία είναι ένας συνδυασμός τεχνικά βέλτιστων λύσεων με θεσμικά, κοινωνικά και οικονομικά στοιχεία.

Η συνεχιζόμενη έρευνα περιλαμβάνει την έξυπνη ετοιμότητα και την ενσωμάτωση τεχνολογίας για υπάρχοντα κτίρια στην Ελλάδα. Οι βελτιώσεις στην έξυπνη ετοιμότητα, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με την ενσωμάτωση αυτοματισμού, αισθητήρων και προσαρμόσιμων συστημάτων ελέγχου, έχουν αποδειχθεί ότι βελτιώνουν την απόδοση των κτιρίων όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, την άνεση και την προσαρμοστικότητα, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τις τυπικές ενεργειακές ανακαινίσεις (Chatzikonstantinidis*etal*., 2025). Αυτό συμφωνεί με την τάση στο σύστημα της ΕΕ όπου η ψηφιοποίηση, οι έξυπνες τεχνολογίες καθίστανται απαραίτητες στην ανάλυση απόδοσης στο πλαίσιο της ενημερωμένης ΟΕΑΚ..

Υπάρχει επίσης αυξανόμενη βιβλιογραφία σχετικά με τις ανάγκες πολιτικής για την επιτυχημένη εφαρμογή της EPBD, πέρα από τις μελέτες για την απόδοση και την επιθεώρηση των κτιρίων. Μια πρόσφατη έκθεση για τις ανάγκες πολιτικής του BPIE, για παράδειγμα, εφιστά την προσοχή στην ανάγκη για σταθερό καθεστώς πολιτικής, συνοχή πολιτικής, διασφάλιση ποιότητας και ανάπτυξη ικανοτήτων των επαγγελματιών, προκειμένου να μεταφραστούν οι υφιστάμενες κανονιστικές διατάξεις σε αποτελεσματικότητα.

Όλη η βιβλιογραφία φαίνεται να συμφωνεί ότι η ενεργειακή επιθεώρηση ανήκει σε ένα ευρύτερο κοινωνικο-τεχνικό σύστημα, όπου οι επιπτώσεις του φαινομένου μπορούν να υλοποιηθούν μόνο σε συνδυασμό με τις δυνάμεις της αγοράς, τα θεσμικά πλαίσια και το ευρύτερο ενεργειακό σύστημα. Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις και τα συστήματα πιστοποίησης προσφέρουν κρίσιμους μηχανισμούς διάγνωσης, διοίκησης και ελέγχου, ωστόσο το πραγματικό τους αποτέλεσμα εξαρτάται από τις εμπλεκόμενες ομάδες φορέων και τον τρόπο με τον οποίο οι πληροφορίες που συλλέγονται στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από επενδυτές, ενοικιαστές, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ή παράγοντες της αγοράς. Η μελέτη περίπτωσης της Ελλάδας αναδεικνύει το τεχνικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά το πιο σημαντικό, δικαιολογεί μια πολυεπίπεδη ενσωμάτωση των επιθεωρήσεων, των περιφερειακών φορέων και του εθνικού ενεργειακού και κλιματικού σχεδιασμού.

Κεφάλαιο 3: Νομοθεσία (Ευρωπαϊκή και Ελληνική)

Το νομοθετικό πλαίσιο που ρυθμίζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελείται από τη νομοθεσία της ΕΕ που θέτει υποχρεωτικούς στόχους και θεμελιώδεις αρχές για τα κράτη μέλη, και από την εθνική νομοθεσία και τους κανονισμούς μεταφοράς, οι οποίοι ενσωματώνουν αυτές τις αρχές στο εθνικό πλαίσιο. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, και ιδίως μετά την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και την κλιματική φιλοδοξία, το νομοθετικό πλαίσιο έχει εξελιχθεί σημαντικά. Αυτό το κεφάλαιο θα διερευνήσει το νομοθετικό περιβάλλον με περισσότερες λεπτομέρειες, εξετάζοντας την ευρωπαϊκή νομοθεσία, δηλαδή την ΟΕΑΚ και τις διαδοχικές ενημερώσεις της, και την ελληνική νομοθεσία, εξετάζοντας τους εθνικούς νόμους και κανονισμούς που εφαρμόζουν την νομοθεσία της ΕΕ στην πράξη.

3.1 Ο νομοθετικός ρόλος της ΕΕ στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Τα κτίρια αντιπροσώπευαν το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την ενέργεια στην ΕΕ, υποδεικνύοντας τη σημασία της απαλλαγής του δομημένου περιβάλλοντος από τον άνθρακα για την υποστήριξη των στόχων της ΕΕ για το κλίμα, την ενεργειακή ασφάλεια και την οικονομία. Η ΟΕΑΚ αποτελεί το κύριο ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο σε αυτόν τον τομέα από το 2002 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

Η ΟΕΑΚ υιοθετήθηκε για πρώτη φορά ως οδηγία της ΕΕ, Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, που στοχεύει στην προώθηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της ΕΕ στο πλαίσιο ενός κοινού πλαισίου ελάχιστων απαιτήσεων και μεθοδολογιών αξιολόγησης. Καθόρισε την υποχρέωση των κρατών μελών να θεσπίσουν μηχανισμούς ρύθμισης και πιστοποίησης, όπως η περιοδική επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων κλιματισμού, ενώ απαιτούσε

την υιοθέτηση προτύπων εντός των οικοδομικών κανονισμών για την επιβολή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση νέων και ανακαινισμένων κτιρίων (European Commission, 2020).

Ως μέτρο για την αύξηση των φιλόδοξων δράσεων, η ΟΕΑΚ αναδιατυπώθηκε με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2010 και έπρεπε να εφαρμοστεί στα κράτη μέλη έως το 2012, η οποία καθόρισε το πεδίο εφαρμογής των nZEB για όλα τα νέα κτίρια, καθώς και το κόστος, τις βέλτιστες μεθοδολογίες για τις ελάχιστες απαιτήσεις απόδοσης και τους ενισχυμένους κανόνες επιθεώρησης. Το κείμενο ενίσχυσε την έκκληση για μέτρα που θα περιλαμβάνουν όχι μόνο τη μείωση της ενέργειας, αλλά και την ευθυγράμμιση με τη συνιστώσα της απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ (Σύνοψη, σελ.5), όπως ορίζεται στο πακέτο για το κλίμα και την ενέργεια του 2020 και στις στρατηγικές της ΕΕ για την απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα.

Η οδηγία τροποποιήθηκε αργότερα από την Οδηγία ΕΕ 2018/844, που περιλαμβάνεται στο πακέτο «Καθαρή Ενέργεια για Όλους τους Ευρωπαίους», με σκοπό την ενίσχυση των μακροπρόθεσμων στρατηγικών ανακαίνισης και της ποικιλίας των μέτρων πολιτικής στα κράτη μέλη που θα επιτάχυναν τους ρυθμούς ανακαινίσεων και θα βελτίωναν το βάθος της ενεργειακής ανακαίνισης των κτιρίων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

Η ΟΕΑΚ τροποποιήθηκε τελικά ως μέρος της αντίδρασης της ΕΕ στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και την κλιματική έκτακτη ανάγκη, με την Οδηγία ΕΕ 2024/1275, η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2024. Στόχος της νέας οδηγίας, σύμφωνα με την πολιτική της ΕΕ για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, είναι ρητά η υποστήριξη ενός κτιριακού αποθέματος απαλλαγμένου από ανθρακούχες εκπομπές στην ΕΕ έως το 2050 και καθορισμός νέων απαιτήσεων για νέα και υπάρχοντα κτίρια, συμπεριλαμβανομένων επεκτάσεων στο πεδίο εφαρμογής και τη χρήση των ΠΕΑ, καθορισμού ελάχιστων προτύπων ενεργειακής απόδοσης (MEPS - ΕΠΕΑ) για κτίρια και ανάπτυξης εθνικών στρατηγικών ανακαίνισης κτιρίων, προκειμένου να καταλυθεί μια πιο ουσιαστική δραστηριότητα ανακαίνισης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

Μεταξύ των καινοτομιών στην έκδοση του 2024 της ΟΕΑΚ είναι τα ακόλουθα: τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης που απαιτούν την αναβάθμιση των κτιρίων με τις χειρότερες επιδόσεις, οι πορείες σχετικά με τη μέση βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του οικιστικού κτιριακού αποθέματος και οι απαιτήσεις για υποδομές ψηφιοποίησης, συμπεριλαμβανομένων κοινών προτύπων για ΠΕΑ και διαβατήρια ανακαίνισης κτιρίων, για την καθοδήγηση της σταδιακής δραστηριότητας ανακαίνισης. Επίσης, οι υποδομές κτιρίων για βιώσιμη κινητικότητα και τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου υποστηρίζουν περαιτέρω τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

Ενώ η ΟΕΑΚ καθορίζει τις κατευθυντήριες αρχές και τους στόχους της ΕΕ, τα κράτη μέλη έχουν ευελιξία ως προς τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνουν αυτούς τους στόχους στο πλαίσιό τους λόγω της ποικιλομορφίας στο κτιριακό δυναμικό, το κλίμα και τις διοικητικές αρμοδιότητες, αν και υποχρεούνται να μεταφέρουν το πλαίσιο εντός 3 ετών, δηλαδή έως το 2026 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

3.2 Βασικά νομοθετικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Οδηγίας

Οι κύριες απαιτήσεις της ΟΕΑΚ είναι:

- Ελάχιστες απαιτήσεις Ενεργειακής Απόδοσης: Τα κράτη μέλη καθορίζουν απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση νέων και υφιστάμενων κτιρίων, όταν βρίσκονται υπό μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τη βέλτιστη σχέση κόστους-απόδοσης (Νόμος 4122/2013).
- Πιστοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης: όλα τα κτίρια πρέπει να λαμβάνουν και να επιδεικνύουν ΠΕΑ κατά την κυκλοφορία τους στην αγορά και κατά την ενοικίαση ή πώληση, παρέχοντας στους αγοραστές και τους ενοικιαστές πληροφορίες σχετικά με την ενέργεια, την αποδοτική χρήση των κτιρίων και σχετικές συστάσεις βελτίωσης σε λογικό κόστος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

- Επιθεωρήσεις τεχνικών συστημάτων: Διεξαγωγή επιθεωρήσεων εξοπλισμού θέρμανσης και κλιματισμού που βασίζονται στην απόδοση του συστήματος, για την παροχή τακτικών πληροφοριών απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).
- nZEBs: Σύμφωνα με την ΟΕΑΚ, τα νέα κτίρια πρέπει να επιτυγχάνουν πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, με σημαντική συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).
- ZEBs: Η οδηγία του 2024 προωθεί κτίρια χωρίς λειτουργικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων (Cross, 2025)

Η ΟΕΑΚ επισημαίνει ότι ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων δεν θα πρέπει να αφορά μόνο το κέλυφος του κτιρίου και τα τεχνικά συστήματα, αλλά θα πρέπει επίσης να ενσωματώνει την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, την υποστήριξη ψηφιακών εργαλείων για τη διαχείριση της ενέργειας, τα οποία θα αντικατοπτρίζονται στις πολιτικές υιοθέτησης των κρατών μελών.

3.3 Μεταφορά της Ευρωπαϊκής ΟΕΑΚ στην Ελληνική Νομοθεσία

Η μεταφορά της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση στην ελληνική νομοθεσία ακολούθησε μια αποσπασματική διαδικασία μέσω νομοθετικών κύκλων, από τότε που η Ελλάδα υιοθέτησε τον πρώτο κανονισμό που ευθυγραμμίστηκε με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ, έως τις διαδοχικές μεταφορές των αναδιατυπώσεων της οδηγίας της ΕΕ.

Ο κεντρικός εθνικός νόμος επί του θέματος είναι ο Νόμος 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων και άλλες διατάξεις» ο οποίος δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης (89/19, 05, 2008) με στόχο την ευθυγράμμιση της ελληνικής νομοθεσίας με την πρώτη ΟΕΑΚ της ΕΕ. Παρείχε τη βάση

της ελληνικής νομοθεσίας για την κλιματική αλλαγή και ενσωμάτωσε τις απαιτήσεις μεταφοράς (Law 3661/2008).

Στον Νόμο 3661/2008, δόθηκαν ορισμοί για τα κτίρια και την ενεργειακή απόδοση, απαιτήσεις για μελέτες ενεργειακής απόδοσης και διατάξεις για την πιστοποίηση και την επιθεώρηση. Στη συνέχεια, πολλά από τα άρθρα του ανακλήθηκαν ή τροποποιήθηκαν από μεταγενέστερη νομοθεσία, αλλά παρείχε τα δομικά έγγραφα ως την κύρια βάση για ένα ολοκληρωμένο σύστημα απόδοσης.

Το επόμενο σημαντικό εθνικό ορόσημο ήταν ο Νόμος 4122/2013 (42/19, 02, 2013), ο οποίος αντικατέστησε και ενσωμάτωσε σημαντικά μέρη του προηγούμενου νόμου, μεταφέροντας πλήρως στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2010/31/ΕΕ όπως τροποποιήθηκε περαιτέρω από την Οδηγία 2018/844/ΕΕ. Ο νόμος καθορίζει το συνολικό εθνικό πλαίσιο αγοράς για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, συμπεριλαμβανομένου του πεδίου εφαρμογής, των ορισμών και του διαδικαστικού πλαισίου για τον υπολογισμό και την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΕΕ. Επιπρόσθετα, όρισε τη μεθοδολογία για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, τις εγκριθείσες ελάχιστες απαιτήσεις και την έκδοση των ΠΕΑ (Νόμος 4122/2013). Διεπόμενο από τον Νόμο 4122/2013, το ελληνικό εθνικό σύστημα ενεργειακής απόδοσης υιοθέτησε διάφορα στοιχεία του μακροπρόθεσμου σχεδίου ανακαίνισης της ΕΕ, λαμβάνοντας υπόψη νέα και υπάρχοντα κτίρια, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, και εισήγαγε την έννοια των μακροπρόθεσμων στρατηγικών ανακαίνισης (Νόμος 4122/2013).

3.4 Ο Ελληνικός Κανονισμός για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)

Ο ΚΕΝΑΚ αποτελεί το έγγραφο για την πρακτική εφαρμογή της εθνικής νομοθεσίας. Πρόκειται για έναν κανονισμό που εκδίδεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας σύμφωνα με τις εξουσιοδοτήσεις του Νόμου 4122/2013 και ως εκ τούτου,

αντιπροσωπεύει το μέσο εφαρμογής της ελληνικής νομοθεσίας στην πράξη (Ministry of Environmentand Energy, 2020). Ενσωματώνει τη μέθοδο για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τις θερμικές ιδιότητες του κελύφους αλλά και τα μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα, τη συμβολή της ηλιακής ενέργειας, τα παθητικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού όπως η σκίαση, η πρόσβαση στο φως της ημέρας και η ποιότητα του εσωτερικού αέρα, εκτός από τη συμπεριφορά χρήσης ενέργειας των ενοίκων, διευκολύνοντας έτσι μια ευρεία προοπτική για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος,2017).

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, κάθε κτίριο θα πρέπει να υποβάλλεται σε μελέτη ενεργειακής απόδοσης κατά τη φάση σχεδιασμού και αδειοδότησης και κάθε κατοικία που εισέρχεται στην αγορά ακινήτων θα πρέπει να προσκομίζει το ΠΕΑ. Εκτός από τη μεθοδολογική βάση ο ΚΕΝΑΚ ορίζει τη διαδικασία για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, καθορίζοντας τα όρια της αξιολόγησης, τα απαραίτητα δεδομένα, καθώς και την απαιτούμενη τεκμηρίωση. Το παρόν έγγραφο, σε μορφή που μπορεί να ληφθεί, θα συνοδεύει τις συναλλαγές ενοικίασης ή πώλησης, παρέχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή χρήση του συγκεκριμένου κτιρίου. Τα μέτρα καθορίζουν τις μεθόδους επιθεώρησης για διάφορους τύπους εξοπλισμού και τον τρόπο με τον οποίο εντάσσονται στον δείκτη υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, προς το παρόν, αυτά τα πρωτόκολλα επιθεώρησης δεν έχουν ακόμη εφαρμοστεί (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Προς υποστήριξη του, υπάρχουν υπουργικές αποφάσεις και τεχνικές οδηγίες που εκδίδονται από το ΤΕΕ που περιέχουν οδηγίες υπολογισμού, χαρακτηριστικά απόδοσης υλικών και άλλα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στις μελέτες και τα ΠΕΑ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2017).

3.5 Το θεσμικό και διοικητικό πλαίσιο

Το ελληνικό θεσμικό πλαίσιο για την εφαρμογή των κανονισμών ενεργειακής απόδοσης βασίζεται στη θέσπιση αρμοδιοτήτων επιβολής και παρακολούθησης, και στη διατήρηση των προτύπων ποιότητας των ελεγκτών και των επιθεωρητών, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων εγγραφής τους. Οι πιστοποιημένοι επιθεωρητές είναι εκπαιδευμένοι επαγγελματίες που είναι εγγεγραμμένοι στην αρμόδια αρχή και υποχρεούνται να διασφαλίζουν ότι πληρούνται οι απαιτήσεις αναφοράς και τήρησης αρχείων για την έκδοση ΠΕΑ και επιθεωρήσεων (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023).

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει την ρυθμιστική εξουσία για τις πολιτικές απόδοσης κτιρίων, την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων και την επιθεώρηση της συμμόρφωσης, και επίσης τιμωρεί τις αποκλίσεις μέσω διοικητικών κυρώσεων. Η δημοσίευση ενός ΠΕΑ κατά τη διάρκεια συναλλαγών ακινήτων και η κατάθεσή του στο σχετικό μητρώο πληροί τις απαιτήσεις διαφάνειας και λογοδοσίας (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020).

3.6 Προκλήσεις αλληλεπίδρασης και συμμόρφωσης μεταξύ κανονισμών ΕΕ και Ελλάδας

Παρόλο που η Ελλάδα μεταφέρει σε γενικές γραμμές τις απαιτήσεις της ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, ο ρυθμός εφαρμογής και συμμόρφωσης ήταν μεταβλητός, σε όλη την ιστορία και τις συνθήκες της αγοράς. Μελέτες που συγκρίνουν τις πρακτικές των κρατών μελών εντοπίζουν ότι αρκετές χώρες του Νότου της ΕΕ αντιμετώπισαν δυσκολίες στην εκπλήρωση όλων των πτυχών των διατάξεων της ΟΕΑΚ, ιδίως όσον αφορά τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (MEPS– ΕΠΕΑ) και τα εκτεταμένα προγράμματα ανακαίνισης (Olasolo-Alonso*etal*., 2023).

Επιπλέον, η ευελιξία της Ελλάδας να τροποποιήσει ορισμένα στοιχεία της νομοθεσίας της ΕΕ επηρεάζει το πεδίο εφαρμογής της μεταφοράς στο εθνικό δίκαιο. Η νέα οδηγία της ΕΕ του 2024 θα απαιτήσει και πάλι από το εθνικό επίπεδο να εκδώσει νέο κανονισμό έως την προθεσμία, η οποία ήταν ο Μάιος του 2026, ο οποίος θα συμμορφώνεται με τις νέες απαιτήσεις, όπως τα διαβατήρια ανακαίνισης, τα αυστηρότερα πρότυπα για τα έγγραφα ΠΕΑ και τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για το τρέχον κτιριακό απόθεμα.

Η ελληνική νομοθεσία, όπως και η υπόλοιπη Ευρώπη, βασίζεται στο νομοθετικό πλαίσιο της Οδηγίας ΟΕΑΚ της ΕΕ, η οποία αναδιατυπώνεται τακτικά για την επίτευξη νέων στόχων σχετικά με την ενεργειακή απόδοση, την απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα, και άλλα θέματα βιωσιμότητας. Στην Ελλάδα, η μεταφορά των διαφόρων αναθεωρήσεων της Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο, έχει επιτευχθεί μέσω των νόμων 3661/2008 και 4122/2013, ενώ η πρακτική της τεχνικής εφαρμογής τίθεται σε λειτουργία μέσω του Κανονισμού. Παρόλο που αυτοί οι κανονισμοί σκιαγραφούν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, οι συνεχιζόμενες αναθεωρήσεις της νομοθεσίας της ΕΕ απαιτούν συνεχή εθνική προσαρμογή, η οποία θα είναι απαραίτητη για την ομαλή τήρηση της προθεσμίας του 2026.

Κεφάλαιο 4: Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων, Έννοιες, Υλοποίηση και Στατιστικά Στοιχεία

Η ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων είναι ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία που διαθέτουμε για να μελετήσουμε και να παρέμβουμε στην ενεργειακή απόδοση του δομημένου περιβάλλοντος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024· IEA, 2023). Με την ευρύτερη έννοια, μια ενεργειακή επιθεώρηση, που ονομάζεται επίσης στην επίσημη γλώσσα «ενεργειακός έλεγχος», είναι μια συστηματική, επίσημη διαδικασία αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και αναζήτησης μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων συστάσεων για τον τρόπο μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, του κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ISO, 2018· Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

Εκτός από τα κτίρια κατοικιών, τα δημόσια και εμπορικά κτίρια προσφέρουν μια επιπλέον οδό μείωσης της ενεργειακής απόδοσης. Προηγούμενα αρχεία δείχνουν ότι σε ένα μεγάλο ποσοστό κτιρίων στον δημόσιο τομέα, μόνο τα δύο τρίτα έχουν ελεγχθεί πλήρως και έχουν εκδοθεί ΠΕΑ, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει έλλειψη ορατότητας των ισχυόντων προτύπων, επομένως αποτελούν πιθανό στόχο παρέμβασης (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023).

Τα πλεονεκτήματα της ενεργειακής επιθεώρησης δεν περιορίζονται μόνο στις θερμικές ή μηχανικές βελτιώσεις μεμονωμένων μονάδων. Οι εθνικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την ανατροφοδότηση σε σχέδια μετάβασης χαμηλών εκπομπών άνθρακα σε ολόκληρη τη χώρα και την παροχή πειραματικών στοιχείων για τη βελτίωση των εθνικών ενεργειακών ισοζυγίων γενικότερα (IEA, 2023). Ένα ενεργειακό ισοζύγιο για ένα έθνος δείχνει τις σχετικές συνεισφορές που γίνονται στην παραγωγή, τη μετατροπή, την εισαγωγή και την κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των διαφόρων τομέων της χώρας, και ο κτιριακός τομέας έχει σημαντικό αντίκτυπο (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2023).

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το εννοιολογικό πλαίσιο των ενεργειακών επιθεωρήσεων, περιγράφονται οι διαδικασίες και οι εμπλεκόμενοι φορείς και παρουσιάζεται μια στατιστική ανάλυση ειδικά για την Ελλάδα στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής.

4.1 Μέθοδος Εφαρμογής Ενεργειακών Επιθεωρήσεων

Συνοπτικά η ενεργειακή επιθεώρηση διεξάγεται με μια σειρά βημάτων. Αρχικά συλλέγονται εκθέσεις επιθεώρησης, δηλώσεις λογαριασμών, διαγράμματα κατασκευής κτιρίου, δεδομένα εξοπλισμού, ακόμη και προηγούμενα έγγραφα επιθεώρησης (ISO, 2018). Αυτό το πρώτο βήμα δίνει την ευκαιρία στον επιθεωρητή να προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά κατανάλωσης και τις ιδιότητες του κτιρίου πριν ξεκινήσει η επιτόπια επιθεώρηση (ISO, 2018). Η επιτόπια επιθεώρηση εισάγει τις μετρήσεις, παρατηρεί και καταγράφει την κατάσταση του κτιρίου και τους παράγοντες που ενδεχομένως επηρεάζουν την απόδοσή του, λόγου χάρη η θερμομόνωση ή ο τύπος υαλοπίνακα. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαγνωστικός εξοπλισμός για τον προσδιορισμό περιοχών με απώλεια θερμότητας ή διέλευση αέρα (IEA, 2023). Η ενεργειακή μοντελοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας επαγγελματικό πρόγραμμα που χρησιμοποιεί εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανόνες υπολογισμού για τον προσδιορισμό της τρέχουσας κατανάλωσης και την προσομοίωση της εξοικονόμησης ενέργειας και των οφελών των προτεινόμενων μέτρων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024). Η έκθεση που προκύπτει συνδυάζει όλα τα παραπάνω και παρέχει συστάσεις και ιδέες που συνήθως ποσοτικοποιούνται και αναλύονται σε χρηματικές εξοικονομήσεις (IEA, 2023). Στην Ελλάδα, τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε μία κυβερνητική βάση δεδομένων για την αξιολόγηση της εφαρμογής πολιτικής και τον ποιοτικό έλεγχο. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023).

Αναλυτικότερα, το κτίριο εξετάζεται συστηματικά ως προς το κέλυφός του, τα συστήματα θέρμανσης,ψύξης και αερισμού, το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού και το γενικό λειτουργικό προφίλ του κτιρίου, με στόχο τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και την κατηγοριοποίηση του κτιρίου ως μια λίστα αντίστοιχων προκαθορισμένων κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Το πρώτο βήμα για τη διεξαγωγή μιας ενεργειακής επιθεώρησης περιλαμβάνει τη συλλογή και την εξέταση όλων των σχετικών εγγράφων για το κτίριο. Αυτά περιλαμβάνουν αρχιτεκτονικά σχέδια, οικοδομικές άδειες, προδιαγραφές των κτιρίων, λεπτομέρειες των μηχανικών και ηλεκτρικών συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο κ.λπ. Συχνά, ο επιθεωρητής πρέπει να λάβει υπόψη προηγούμενους λογαριασμούς που σχετίζονται με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ή καυσίμων στο χώρο. Αυτή η προπαρασκευαστική φάση είναι σημαντική επειδή ενημερώνει την αξιολόγηση πριν από την επιθεώρηση του ίδιου του κτιρίου. Όπως αναφέρει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Η ακρίβεια των πληροφοριών που παρέχονται για την επιθεώρηση εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την καλή ποιότητα όλων των εγγράφων που παρουσιάζονται και την αξιοπιστία των δεδομένων του κτιρίου που παρέχονται από τον ιδιοκτήτη» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2005).

Μετά το στάδιο της νομοθεσίας, το επόμενο βήμα αφορά την επιθεώρηση του κτιρίου επί τόπου. Σε αυτό το στάδιο, ο ενεργειακός εκτιμητής εξετάζει πολύ προσεκτικά το κέλυφος του κτιρίου, δηλαδή τους εξωτερικούς τοίχους, την οροφή, το δάπεδο, τα κουφώματα και το πιθανό μονωτικό υλικό, και το ελέγχει διεξοδικά. Θα εξετάσει τις θερμικές ιδιότητες των υλικών και την ανίχνευση απώλειας ή αύξησης θερμότητας ως αποτέλεσμα της μετάδοσης θερμότητας ή ψύχους του κελύφους του κτιρίου, η οποία μπορεί να επηρεάσει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Η κύρια εστίαση είναι στον τύπο θερμομόνωσης και την κατάστασή της, τους υαλοπίνακες των παραθύρων και τις πιθανές θερμογέφυρες που μπορεί να αποδυναμώσουν το κέλυφος του κτιρίου. Ο εκτιμητής μελετά επίσης τον προσανατολισμό του κτιρίου και τις κλιματικές συνθήκες, καθώς αυτοί οι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τα φορτία θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου (BPIE, 2023).

Παράλληλα, η επιθεώρηση περιλαμβάνει αξιολόγηση των εγκαταστάσεων και των τεχνικών υπηρεσιών του κτιρίου, όπως θέρμανση, αερισμό, συστήματα κλιματισμού, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, καθώς και συστήματα φωτισμού. Σε αυτό το βήμα αναλύεται ο τύπος, η απόδοση, η κατάσταση και ο έλεγχος του εξοπλισμού. Για παράδειγμα, το σύστημα θέρμανσης θα εξεταστεί ως προς την απόδοση του λέβητα, των συστημάτων διανομής και τυχόν συστημάτων ελέγχου, όπως θερμοστάτες και αυτοματισμοί κτιρίων. Ομοίως, θα μελετηθεί το σύστημα κλιματισμού, ως προς την ενεργειακή του απόδοση και τα χαρακτηριστικά του. Όσον αφορά τα συστήματα φωτισμού, αυτό το βήμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν το κτίριο είναι μεγάλο και η απόδοση των υπαρχόντων συστημάτων φωτισμού επηρεάζει σημαντικά τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2022).

Μια άλλη βασική πτυχή της επιθεώρησης είναι η διαδικασία υπολογισμού, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση ενός συνόλου καθιερωμένων διαδικασιών υπολογισμού και τη χρήση εργαλείων λογισμικού υπολογιστή για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης. Το εργαλείο λογισμικού υπολογιστή που χρησιμοποιείται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές στην Ελλάδα είναι το επίσημο, που εκδίδεται από το ΤΕΕ. Το λογισμικό υπολογιστή του ΤΕΕ βασίζεται στην εθνική μεθοδολογία του ΚΕΝΑΚ. Οι επιθεωρητές, χρησιμοποιώντας το λογισμικό ΤΕΕ, μπορούν να εισάγουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα υλικά κατασκευής και την απόδοση των διαφόρων συστημάτων και να προσδιορίσουν την πρωτογενή ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις τιμές αναφοράς, προκειμένου να ταξινομηθεί το κτίριο σε μια συγκεκριμένη κατηγορία απόδοσης, η οποία ποικίλλει από υψηλή, π.χ. Α ή Α+ έως χαμηλή, π.χ. Ζ έως Η (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020).

Μετά τους υπολογισμούς, ο ενεργειακός επιθεωρητής δημιουργεί το ΠΕΑ. Αυτό το έγγραφο αναφέρει τα αποτελέσματα της επιθεώρησης. Επισημαίνει την ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και προτεινόμενες λύσεις ενεργειακής βελτίωσης. Αυτές οι προτάσεις ενδέχεται να αφορούν την αντικατάσταση υπαρχόντων συστημάτων θερμομόνωσης, HVAC, τη χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας ή την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων κτιρίων, δηλαδή τον αυτοματισμό κτιρίων. Αυτές οι συστάσεις γίνονται με σκοπό την ενημέρωση του ιδιοκτήτη-ενοίκου σχετικά με τα οικονομικά δικαιολογημένα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης και μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τέλος, τα αποτελέσματα των ενεργειακών επιθεωρήσεων εισάγονται στο εθνικό ηλεκτρονικό σύστημα μητρώου. Στην Ελλάδα, η ρύθμιση του εθνικού συστήματος ηλεκτρονικού μητρώου λειτουργεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, και το ακόλουθο μητρώο περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων με δεδομένα ενεργειακής απόδοσης για όλα τα κτίρια σε όλη την Ελλάδα. Αυτή η βάση δεδομένων είναι απαραίτητη για την παρακολούθηση της εφαρμογής πολιτικών για βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση και την πρόοδο προς την επίτευξη των εθνικών ενεργειακών και κλιματικών στόχων. Επιπλέον, η μεγάλη ποσότητα δεδομένων που συλλέγονται από τα ΠΕΑ επιτρέπει στα πανεπιστήμια και τους κυβερνητικούς φορείς να αναγνωρίζουν τις δυνατότητες στην τάση των δεδομένων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και να αναπτύσσουν μεθόδους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος σε εθνικό επίπεδο (BPIE, 2023).

Η ανάλυση των στατιστικών δεδομένων που προκύπτουν από τις ενεργειακές επιθεωρήσεις αποτελεί παράδειγμα σημαντικών τάσεων τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο: το κτιριακό απόθεμα στην Ελλάδα φαίνεται να υπόκειται σε ένα δυσανάλογο ποσοστό των δυσμενέστερων κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023· BPIE, 2023). Σύμφωνα με πρόσφατα εκδοθείσες εκθέσεις για το ελληνικό κτιριακό απόθεμα, ένα υψηλό ποσοστό των κατοικιών με εκδοθέντα πιστοποιητικά ανήκουν στις δυσμενέστερες τάξεις απόδοσης δηλαδή τις τάξεις Ε, Ζ, Η, ενώ πολύ λίγα χαρακτηρίζονται ως υψηλής απόδοσης Α+, Α, Β (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023). Μια συγκεκριμένη ανάλυση σχετικά με την κατανομή των πιστοποιητικών κατοικιών στην Ελλάδα υποδηλώνει ότι το 17% των πιστοποιητικών κτιρίων κατοικιών τοποθετούνται στις ευμενέστερες τάξεις Α+, Α, Β+ και Β, αφήνοντας τη συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων ενεργειακά μη αποδοτικά, λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και λειτουργία χώρων, μεταξύ άλλων (BPIE, 2023).

Τέλος, η εισαγωγή διαφόρων επιπέδων ποιότητας επιθεωρήσεων σε ολόκληρη την ΕΕ είναι προβληματική: η μεθοδολογία δεν εφαρμόζεται καθολικά με τον ίδιο τρόπο από τους επιθεωρητές, πράγμα που αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι ο καθένας από τους επιθεωρητές έχει διαφορετικά πρότυπα και προσεγγίσεις με αποτέλεσμα τα κριτήρια να μην τηρούνται με συνέπεια, κάτι που μπορεί να διορθωθεί με συνεχή επαγγελματική ανάπτυξη και αυστηρά συστήματα διαπίστευσης και διασφάλισης ποιότητας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024).

Όσον αφορά τις μεθοδολογίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο, παραμένει προβληματικό το γεγονός ότι τα κριτήρια πιστοποίησης δεν είναι εναρμονισμένα σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, πράγμα που σημαίνει για παράδειγμα, ότι πανομοιότυπα κτίρια μπορούν να λάβουν διαφορετικές ταξινομήσεις ανάλογα με τα εθνικά όρια, κάτι που παίζει καθοριστικό ρόλο στις προσπάθειες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των ελληνικών κτιρίων και του κτιριακού αποθέματος της ΕΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024). Παρέχοντας στατιστική εικόνα, το ισχύον πλαίσιο επιθεώρησης στην Ελλάδα, όπου τα περισσότερα κτίρια ανήκουν στο αναποτελεσματικό άκρο του φάσματος, καταδεικνύει τόσο τις δυνατότητες βελτίωσης όσο και τη σημασία των συστημάτων επιθεώρησης στην προώθηση της αποδοτικότητας. (BPIE, 2023).

4.2 Ποιος μπορεί να γίνει Ενεργειακός Επιθεωρητής

Οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές είναι οι ειδικοί που επαληθεύουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και παρέχουν ΠΕΑ. Το έργο τους είναι επιτακτικό για την ορθή εφαρμογή της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση και την προώθηση των στόχων ενεργειακής απόδοσης και βιώσιμης ανάπτυξης. Λόγω της τεχνικής πολυπλοκότητας της διαδικασίας επιθεώρησης, έχουν θεσπιστεί υψηλές απαιτήσεις προσόντων και διαδικασίες πιστοποίησης, για να διασφαλιστεί η εμπειρογνωμοσύνη των επαγγελματιών.

Στην Ελλάδα, υπάρχουν εθνικοί νόμοι, που αντιστοιχούν στους ευρωπαϊκούς κανονισμούς EPBD, οι οποίοι διέπουν τον ρόλο του ενεργειακού επιθεωρητή. Συγκεκριμένα, για να γίνει κάποιος ενεργειακός επιθεωρητής είναι απαραίτητο να πληροί ορισμένα επαγγελματικά προσόντα, όσον αφορά το ακαδημαϊκό υπόβαθρο. Κατά γενικό κανόνα, όλοι οι τεχνικοί με τεχνικό υπόβαθρο, δηλαδή όλοι οι μηχανολόγοι μηχανικοί, οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί, οι πολιτικοί μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες, καθώς και όλοι οι άλλοι κλάδοι μηχανικής, οι οποίοι έχουν παρακολουθήσει και ολοκληρώσει με επιτυχία πανεπιστημιακά μαθήματα και έχουν αποφοιτήσει, μπορούν να γίνουν ενεργειακοί επιθεωρητές. Τονίζεται ότι θεωρείται απαραίτητο οι επιθεωρητές να έχουν ισχυρό τεχνικό υπόβαθρο μηχανικής, καθώς είναι απαραίτητο να είναι καλά καταρτισμένοι σε τομείς όπως η φυσική των κτιρίων, η θερμοδυναμική, η ενεργειακή τεχνολογία και οι τεχνικές κατασκευών (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020).

Ένα άλλο σχετικό μέρος της λειτουργίας ενός ενεργειακού επιθεωρητή είναι ο επαγγελματισμός και η δεοντολογία. Οι επιθεωρήσεις θα πρέπει να διεξάγονται με ανεξάρτητο τρόπο. Για παράδειγμα, σε ορισμένες νομοθετικές διατάξεις ορίζεται ότι οι επιθεωρητές δεν μπορούν να παρέχουν την ενεργειακή αξιολόγηση εάν ανήκουν ή είχαν εμπλακεί, ως σχεδιαστές, εργολάβοι ή σύμβουλοι, σε ένα κτίριο. Αυτές οι πολιτικές έχουν σχεδιαστεί για να είναι διαφανείς και να αποφεύγουν κάτι εκτός των συμφερόντων του ενοίκου του κτιρίου.

Η Συνεχής επαγγελματική ανάπτυξη (CPD) είναι μια άλλη σημαντική απαίτηση για να γίνει κάποιος ενεργειακός επιθεωρητής. Καθώς οι τεχνολογίες κτιρίων και τα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, οι επιθεωρητές βιώσιμης ενέργειας πρέπει να παραμένουν ενημερωμένοι για τις πιο πρόσφατες λύσεις και διαδικασίες, καθώς και για τις τεχνολογικές καινοτομίες. Στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες της ΕΕ, οι πιστοποιημένοι ενεργειακοί επιθεωρητές πρέπει να παρακολουθούν συνεχή εκπαιδευτικά σεμινάρια για να διατηρήσουν την εγκεκριμένη τους ιδιότητα. Είναι σημαντικό, μέσω αυτών των σεμιναρίων, οι ενεργειακοί επιθεωρητές να διατηρούν τις γνώσεις τους ενημερωμένες σχετικά με τις μεθοδολογίες υπολογισμού ενέργειας και την αξιολόγηση νέων τεχνολογιών κτιρίων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021).

Συμπερασματικά, οι ενεργειακοί επιθεωρητές είναι σημαντικοί παράγοντες στην εφαρμογή τόσο των πολιτικών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων σε ευρωπαϊκό επίπεδο όσο και των πρωτοβουλιών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων σε εθνικό επίπεδο. Είναι θεμελιώδεις για την παροχή διαπιστευμένων, αξιόπιστων μέτρων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων που θα οδηγήσουν σε αυξημένη διαφάνεια στην αγορά ακινήτων, βελτιώσεις στην ελκυστικότητα των επενδύσεων σε ανακαινίσεις ενεργειακής απόδοσης και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Δεδομένου του γεγονότος ότι ο κτιριακός τομέας εξακολουθεί να αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις στην Ευρώπη, οι δεξιότητες και η εμπειρογνωμοσύνη που προσφέρουν οι εκπαιδευμένοι και εξειδικευμένοι ενεργειακοί επιθεωρητές θα είναι ύψιστης σημασίας για πολλά χρόνια ακόμη, όσον αφορά την εφαρμογή της ευρωπαϊκής στρατηγικής για την απαλλαγή των κτιρίων από τον άνθρακα (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2022).

4.3 Κατανομή των ΠΕΑ ανά κατηγορία κτιρίου και ενεργειακή κλάση

Η εισαγωγή των ΠΕΑ στις χώρες έχει παράγει πολυάριθμα στατιστικά στοιχεία που διευκολύνουν την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος από ερευνητές και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Τέτοια δεδομένα παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά ενεργειακής απόδοσης συγκεκριμένων τύπων κτιρίων και τη σύνθεση του αποθέματος σε όλες τις ενεργειακές κατηγορίες. Στην Ελλάδα, το εθνικό μητρώο ΠΕΑ που φυλάσσεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας αποτελεί μια ουσιαστική βάση δεδομένων για την εξέταση της απόδοσης των πολιτικών ενεργειακής επιθεώρησης και την εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Ο κτιριακός τομέας είναι ένας από τους πιο ενεργοβόρους στην Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 40% της τελικής συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και περίπου το 36% των αερίων του θερμοκηπίου. Έτσι, η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης

των κτιρίων έχει γίνει ένα σημαντικό μέλημα της ευρωπαϊκής ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής. Η συστηματική εφαρμογή ενεργειακών επιθεωρήσεων και ΠΕΑ επιτρέπει την εξαγωγή στατιστικών δεικτών για την πραγματική κατάσταση του κτιριακού αποθέματος από άποψη ενέργειας και των τομέων που παρουσιάζουν τα περισσότερα κίνητρα για την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής βελτίωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021).

Ένα βασικό ζήτημα σχετικά με τα στατιστικά στοιχεία για τα ΠΕΑ αφορά την ανάλυση των πιστοποιητικών ως συνάρτηση της κατηγορίας του κτιρίου. Τα κτίρια μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες: κατοικίες και μη κατοικίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει ουσιαστικά μονοκατοικίες, διαμερίσματα, συγκροτήματα κ.λπ., ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει γραφεία, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία, εμπορικά ακίνητα κ.λπ. Το ποσοστό των κατοικιών που λαμβάνουν ΠΕΑ στην Ελλάδα είναι πολύ υψηλό, δεδομένου ότι αυτή η κατηγορία κτιρίων αντιπροσωπεύει τη μερίδα του λέοντος στο συνολικό κτιριακό απόθεμα.

Ένα άλλο σχετικό ζήτημα για το οποίο είναι σημαντικά τα στοιχεία του ΠΕΑ είναι η κατανομή των κτιρίων ανά ενεργειακή κατηγορία. Το σύστημα ΠΕΑ ταξινομεί τα κτίρια με βάση την πρωτογενή χρήση ενέργειας, όπου η κατηγορία Α+ συνδέεται με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και η κατηγορία Η με πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Αυτή η ταξινόμηση παρέχει έναν τρόπο τυποποίησης των συγκρίσεων ενεργειακής απόδοσης μεταξύ διαφορετικών κτιρίων και εντοπισμού εκείνων που χρειάζονται ενεργειακές βελτιώσεις.

Η ενδεικτική κατανομή των κτιρίων σύμφωνα με ομάδες ΠΕΑ συνοψίζεται στον παρακάτω Πίνακα. Όπως φαίνεται, τα περισσότερα κτίρια βρίσκονται στα χαμηλότερα τμήματα του δείκτη. Αυτό αποδίδεται κυρίως στο σχετικά παλιό ελληνικό κτιριακό απόθεμα και στην έλλειψη ενεργειακών μέτρων σε αυτά τα κτίρια.

Πίνακας 1: : Ενδεικτική κατανομή των κτιρίων σύμφωνα με ομάδες ΠΕΑ (πηγή:ΥΠΕΚΑ-Buildingcert/Πανελλαδικό Δίκτυο E-Real Estates)

Ενεργειακή κλάση	2024 - Πλήθος	2024 - %	2025 - Πλήθος	2025 -%
A+	1.595	0,73%	900	0,83%
A	7.345	3,34%	3.812	3,51%
B+	14.628	6,65%	6.019	5,54%
B	17.570	7,99%	7.731	7,12%
Γ	28.840	13,11%	13.678	12,59%
Δ	32.892	14,96%	16.488	15,18%
E	29.111	13,24%	15.191	13,99%
Z	24.787	11,27%	12.693	11,69%
H	63.150	28,72%	32.097	29,55%
Σύνολο	**219.918**	100%	**108.609**	100%

Πηγή/Επεξεργασία: ΥΠΕΚΑ - Buildingcert / Πανελλαδικό Δίκτυο E-Real Estates

Το γεγονός ότι ένα αρκετά μικρό ποσοστό των κτιρίων εμπίπτει στις κατηγορίες υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης υποδηλώνει ότι το απαιτούμενο επίπεδο βελτιώσεων για την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της Ευρώπης είναι σημαντικό. Τα κτίρια που κατηγοριοποιούνται σε A+ και A συνήθως συνδυάζουν υψηλό επίπεδο μονωτικών υλικών, αποδοτικό εξοπλισμό θέρμανσης και ψύξης και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά πάνελ ή ηλιακά θερμικά συστήματα. Τα περισσότερα από αυτά είναι νεόδμητα κτίρια που έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης.

Αντίστροφα, τα κτίρια κατηγορίας E, Z και H, έχουν χειρότερη θερμομόνωση, παλαιωμένα συστήματα θέρμανσης και κελύφη κτιρίων. Αυτά τα κτίρια καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας και δημιουργούν επίσης υπερβολικά αέρια θερμοκηπίου. Επομένως, αποτελούν μια σημαντική κατηγορία κτιρίων που στοχεύουν σε προγράμματα ενεργειακής ανακαίνισης και πολιτικές παρεμβάσεις (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2022).

Με πρόσβαση σε λεπτομερή δεδομένα ΠΕΑ, είναι δυνατό να αναλυθεί εάν τα κτίρια σε διαφορετικές περιοχές έχουν διαφορετική συνολική ενεργειακή απόδοση. Οι αποκλίσεις ανά περιοχή μπορούν να οφείλονται σε παράγοντες όπως ο περιφερειακός καιρός, η ηλικία του κτιριακού αποθέματος, τα περιφερειακά πρότυπα κατασκευής και οι περιφερειακοί κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες. Αυτές οι πληροφορίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν στο σχεδιασμό πολιτικών που είναι ευαίσθητες σε περιφερειακό επίπεδο.

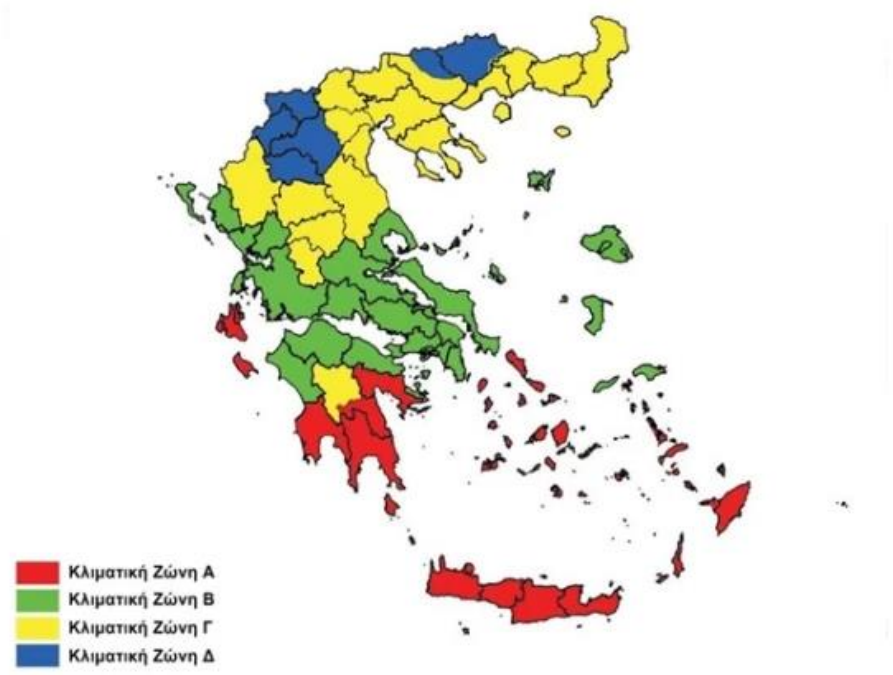
Συνολικά, η στατιστική αξιολόγηση των ΠΕΑ προσφέρει μια ολιστική εικόνα της τρέχουσας ενεργειακής απόδοσης του χαρτοφυλακίου κτιρίων. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δείχνουν ότι παρά τις συνολικές βελτιώσεις, ένας μεγάλος αριθμός κτιρίων βρίσκεται σε σχετικά χαμηλές κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης, γεγονός που καθιστά απαραίτητες εκτεταμένες εργασίες ανακαίνισης και αναβάθμισης. Η διαθεσιμότητα δεδομένων ΠΕΑ, ωστόσο, συμβάλλει επίσης στην αύξηση της διαφάνειας στην αγορά κατοικίας και στη δυνατότητα λήψης πολιτικών αποφάσεων βάσει πραγματικών δεδομένων υπέρ της ενεργειακής απόδοσης στο κτιριακό απόθεμα.

Κεφάλαιο 5: Μελέτη περίπτωσης διαμερίσματος του Δήμου Θεσσαλονίκης – Ενεργειακή κατάταξη

Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετηθεί η ενεργειακή απόδοση και κατάταξη ενός διαμερίσματος. Πρόκειται να αποδοθούν τα αποτελέσματα, μέσω της χρήσης του λογισμικού ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ, της ενεργειακής κατανάλωσης ενός διαμερίσματος που βρίσκεται στον Δήμο Θεσσαλονίκης. Παρακάτω θα αναλυθεί μια κτιριακή μονάδα και όχι ολόκληρο το κτίριο.

5.1 Χαρακτηριστικά διαμερίσματος

Πρώτα πραγματοποιήθηκε ο λεγόμενος επιτόπιος έλεγχος στο διαμέρισμα, δηλαδή έγινε επίσκεψη σε αυτό και καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά του εξωτερικού κελύφους καθώς και τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικάτου. Πιο συγκεκριμένα, το ακίνητο βρίσκεται στο κέντρο της Θεσσαλονίκης και στην κλιματική ζώνη Γ.



Εικόνα 1: Χάρτης με τις 4 Κλίματικές Ζώνες (πηγή: Μονωδομική /Τεχνική και Εμπορική Εταιρεία Μονώσεων)

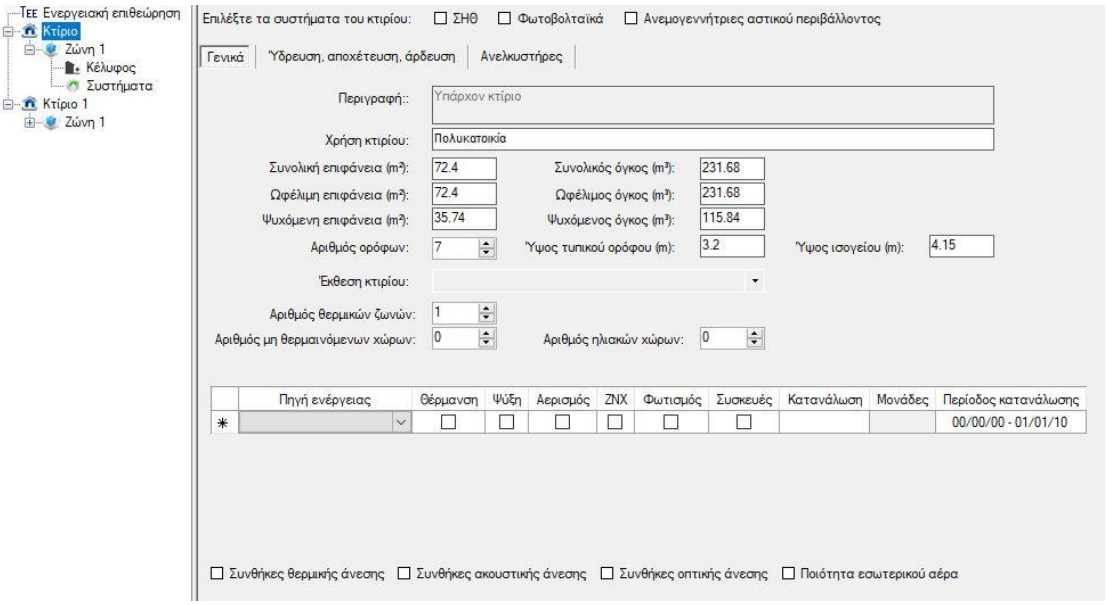
Το διαμέρισμα συναντάται στον 3^{ο} όροφο πολυκατοικίας που έχει ανεγερθεί το έτος 1956. Το καθαρό εμβαδόν του υπολογίζεται στα 72,40 m^2 με ύψος ορόφου 3,00 m. Το πάχος της εξωτερικής τοιχοποιίας του διαμερίσματος υπολογίζεται στα 20 cm, ενώ της εσωτερικής στα 10 cm και δεν υφίστανται θερμομόνωση. Η συνολική επιφάνεια της τοιχοποιίας του διαμερίσματος είναι 136,47m^2 , εκ των οποίων τα 19,08m^2 βρίσκονται σε επαφή με μη θερμομονωμένο χώρο, τα 58,77m^2 σε επαφή με αερά και τα εναπομείναντα 37,16 m^2 αποτελούν αδιαβατική τοιχοποιία. Αναφορικά με τα ανοίγματα του διαμερίσματος, αυτά αποτελούνται από ξύλινα κουφώματα λευκού χρώματος με μονό υαλοπίνακα και παντζούρια, ενώ τα συνολικά m^2 είναι 8,05. Το επίχρισμα της πολυκατοικίας είναι μέτριας απόχρωσης. Όσον αφορά την θέρμανση του εν λόγω διαμερίσματος, αυτή αποδίδεται μέσω λέβητα φυσικού αερίου με ισχύ 20 kW, βαθμό απόδοσης 0,80 και οι τερματικές μονάδες είναι σώματα πάνελ. Η ψύξη του διαμερίσματος γίνεται μέσω ενός air condition, δηλαδή με τοπική αερόψυκτη αντλία θερμότητας με ισχύ 3,50 kW και EER 1,70. Οι ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης καλύπτονται μέσω ενός τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα ισχύος 4 kW.

5.2 Καταχώρηση γενικών στοιχείων διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Το λογισμικό το οποίο παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ενεργειακών επιθεωρήσεων και έχει θεσπιστεί από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος, ονομάζεται ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Είναι ένα ευκόλα χρησιμοποιήσιμο εργαλείο η λειτουργεία του οποίου βασίζεται στις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ, δηλαδή στις ΤΟΤΕΕ 20701. Ξεκινώντας από ένα γενικότερο επίπεδο, ο εκάστοτε ενεργειακός επιθεωρητής καλείται να συμπληρώσει έναν αριθμό πεδίων που υπάγονται σε κατηγορίες.Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες είναι οι εξής: τα γενικά χαρακτηριστικά, τα οποία και θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο, στοιχεία σχετικά με την ύδρευση, αποχέτευση αλλά και την άρδευση του κτιρίου καθώς και πληροφορίες αναφορικά με τον ενδεχόμενο ανελκυστήρα της πολυκατοικίας. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής υφιστάμενων συστημάτων στο κτίριο, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης, φωτοβολταικών και ανεμογογεννήτριας αστικού περιβάλλοντος. Επιστέφοντας στα γενικά στοιχεία του κτιρίου, συμπληρώνεται ένας αριθμός μεγεθών που αφορούν το υπό εξέταση διαμέρισμα και εμφανίζονται στην *Εικόνα 2*:

- την περιγραφή του κτιρίου, αναφέρεται στο υπάρχον κτίριο
- την χρήση του, δηλαδή χρήση πολυκατοικίας

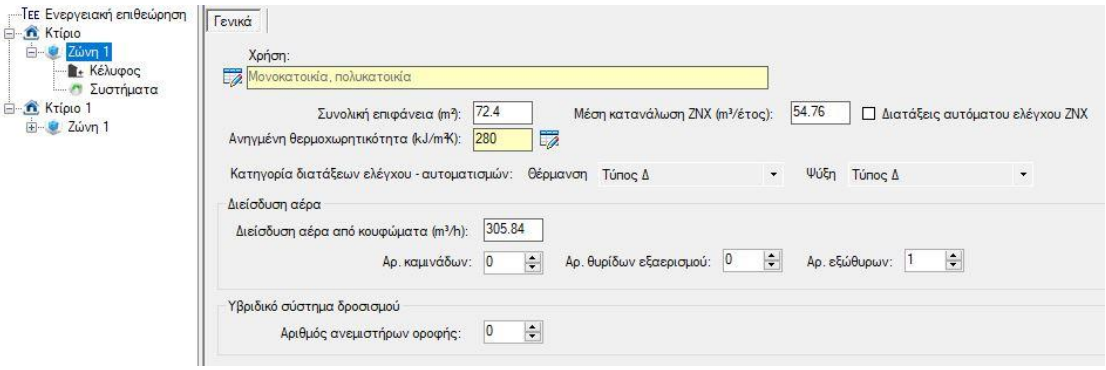
- την συνολική του επιφάνεια σε m^2, 72,40 m^2 όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο
- τον συνολικό του όγκο σε m^3 , 231,68 m^3
- την ωφέλιμη επιφάνεια του σε m^2, ίδια με την συνολική ήτοι 72,40 m^2
- τον ωφέλιμο όγκο του σε m^3 , ίδιος με τον συνολικό ήτοι 231,68 m^3
- την ψυχόμενη επιφάνεια του σε m^2, 35,74 m^2
- τον ψυχόμενο όγκο του σε m^3 , 115,84 m^3
- τον αριθμό των ορόφων του κτιρίου, 7 όροφο κτίριο
- το ύψος του τυπικού όροφου σε m, 3,20m
- το ύψος του ισογείου σε m, 4,15m
- τον αριθμό των θερμικών ζωνών σε περίπτωση που υφίστανται διαφορετικές χρήσεις στο κτίριο , 1 θερμική ζώνη
- τον αριθμό των μη θερμαινόμενων χώρων οι οποίοι καταχωρούνται αν είναι παραπάνω του ποσοστού του 10% επί του συνολικού όγκου του κτιρίου, δεν υπάρχουν μη θερμαινόμενοι χώροι & τον αριθμό των ηλιακών χώρων δηλαδή των χώρων που βρίσκονται σε ενεργειακή αδράνεια, δεν υπάρχουν τέτοιοι χώροι



Εικόνα 2: Γενικός πίνακας κτιρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Ακολούθως, στην παρακάτω καρτέλα δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις θερμικές ζώνες του κτιρίου. Στην προκειμένη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η θερμική ζώνη είναι μία. Επισημαίνονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- η χρήση του κτιρίου, είναι πολυκατοικία
- η συνολική επιφάνεια του σε m^2, όπως προαναφέρθηκε είναι 72,40 m^2
- η μέση κατανάλωση ΖΝΧ σε m^3/έτος η οποία υπολογίζεται σύμφωνα με την χρήση του κτίριου και ανάλογα τα m^2 αυτής βάσει της ΤΟΤΕΕ 1 σελ. 30-31 , 54,76m^3/έτος
- η ύπαρξη ή μη διατάξεων αυτόματου ελέγχου ΖΝΧ, μη ύπαρξη διατάξεων αυτόματου ελέγχου ΖΝΧ
- η ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα σε kJ/m^2K, 280 kJ/m^2K
- η κατηγορία διατάξεων ελέγχου αυτοματισμών για την θέρμανση και την ψύξη αντίστοιχα, οι οποίες επισημαίνονται στον πίνακα 5.5 της ΤΟΤΕΕ 1 σελ 134, Τύπος Δ και για τις δύο περιπτώσεις
- η διείσδυση αέρα από κουφώματα m^3/h η οποία υπολογίζεται από την σχέση 3.9 της ΤΟΤΕΕ 1 σελ 80 , 305,84m^3/h
- ο αριθμός καμινάδων, δεν υπάρχουν καμινάδες στο διαμέρισμα
- ο αριθμός θυρών εξαερισμού, δεν υπάρχουν θύρες εξαερισμού στο διαμέρισμα
- ο αριθμός εξώθυρων, μια εξώθυρα που οδηγεί στο κλιμακοστάσιο του κτιρίου
- ο αριθμός ανεμιστήρων οροφής, δεν υπάρχουν ανεμιστήρες οροφής στο διαμέρισμα



Εικόνα 3: Γενικός πίνακας ζώνης 1 του κτιρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

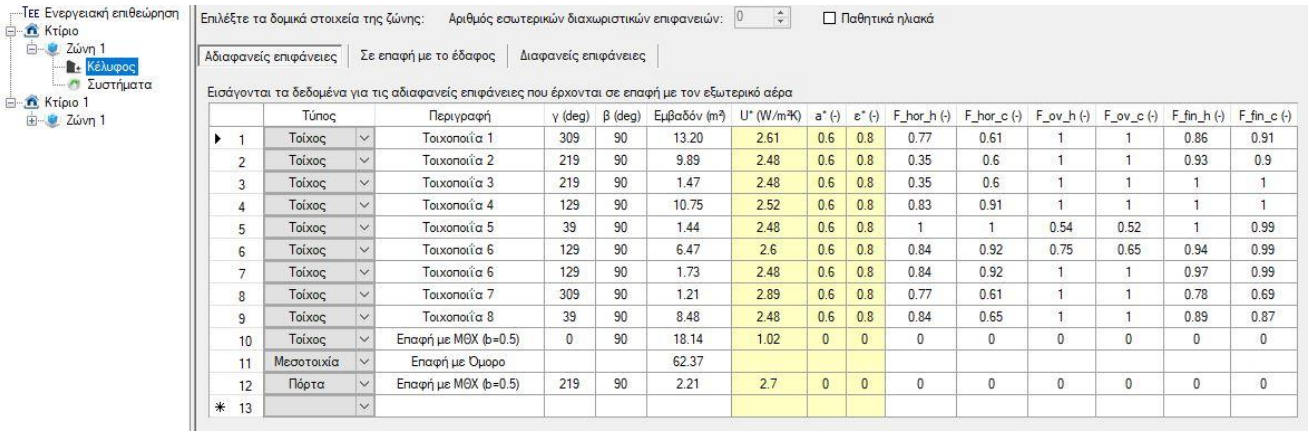
5.3 Ανάλυση του κτιριακού κελύφους του διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Σε στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης, πραγματοποιείται η λεπτομερής αποτύπωση των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους. Στην πράξη καταγράφονται οι αδιαφανείς και διαφανείς επιφάνειες, τα στοιχεία που εφάπτονται στο έδαφος, καθώς και τυχόν παθητικά ηλιακά συστήματα ή διαχωριστικές επιφάνειες μεταξύ της θερμικής ζώνης και των μη θερμαινόμενων χώρων.

Όσον αφορά τις αδιαφανείς επιφάνειες που εκτίθενται στον εξωτερικό αέρα,δηλαδή οι τοιχοποιίες ή οι στέγες, συλλέγονται δεδομένα που αφορούν:

- τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, όπως το εμβαδόν και η κλίση β σε deg καθώς και ο προσανατολισμός γ σε deg
- τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες, όπως ο συντελεστής θερμοπερατότητας U σε W/m²K, η απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας α+ η οποία είναι σχετική με το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται μια επιφάνεια καθώς και ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβοίας ε+
- συνυπολογίζεται η επίδραση των σκιάσεων μέσω των αντίστοιχων συντελεστών για τον ορίζοντα F_hor ,τους οριζόντιους προβόλους F_ov και τις κάθετες προεξοχές F_fin

Επιπλέον, εξετάζονται οι επιφάνειες που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, όπου ορίζονται παράμετροι όπως τα βάθη έδρασης, κατώτερο και ανώτερο, και η περίμετρος του δαπέδου. Στην παρούσα μελέτη, ωστόσο, επισημαίνεται ότι το κτίριο δεν παρουσιάζει επιφάνειες αυτής της κατηγορίας.

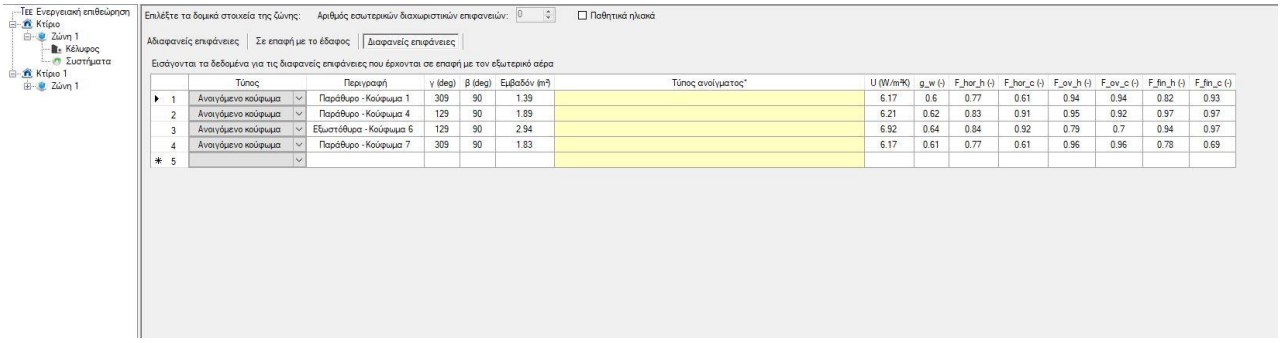


	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	U* (W/m²K)	a* (-)	ε* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
1	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 1	309	90	13.20	2.61	0.6	0.8	0.77	0.61	1	1	0.86	0.91
2	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 2	219	90	9.89	2.48	0.6	0.8	0.35	0.6	1	1	0.93	0.9
3	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 3	219	90	1.47	2.48	0.6	0.8	0.35	0.6	1	1	1	1
4	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 4	129	90	10.75	2.52	0.6	0.8	0.83	0.91	1	1	1	1
5	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 5	39	90	1.44	2.48	0.6	0.8	1	1	0.54	0.52	1	0.99
6	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 6	129	90	6.47	2.6	0.6	0.8	0.84	0.92	0.75	0.65	0.94	0.99
7	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 6	129	90	1.73	2.48	0.6	0.8	0.84	0.92	1	1	0.97	0.99
8	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 7	309	90	1.21	2.89	0.6	0.8	0.77	0.61	1	1	0.78	0.69
9	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 8	39	90	8.48	2.48	0.6	0.8	0.84	0.65	1	1	0.89	0.87
10	Τοίχος	Επαφή με ΜΘΧ (b=0.5)	0	90	18.14	1.02	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Μεσοτοιχία	Επαφή με Όμορο			62.37									
12	Πόρτα	Επαφή με ΜΘΧ (b=0.5)	219	90	2.21	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0
* 13														

Εικόνα 4: Κέλυφος κτιρίου – Αδιαφανείς επιφάνειες (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Σε ό,τι αφορά τα διαφανή στοιχεία του κελύφους που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το δομημένο περιβάλλον, όπως τα ανοίγματα και οι υαλοπίνακες, η ενεργειακή τους συμπεριφορά καθορίζεται από μια σειρά τεχνικών προδιαγραφών. Στην παρούσα μελέτη, τα ανοίγματα αποτελούνται από ξύλινα πλαίσια, για τα οποία ορίζεται το αντίστοιχο ποσοστό πλαισίου επί της συνολικής επιφάνειας του κουφώματος.

Η επιλογή του τύπου υαλώσεως επικεντρώνεται στη χρήση μονού υαλοπίνακα, ενώ για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, εξετάζεται η ύπαρξη εξωτερικής προστασίας. Στο συγκεκριμένο κτίριο, η προστασία αυτή εξασφαλίζεται μέσω παντζουριών, τα οποία συνυπολογίζονται για τον τελικό προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας και των ηλιακών κερδών των ανοιγμάτων.



	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m²K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
1	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο - Κούφωμα 1	309	90	1.39		6.17	0.6	0.77	0.61	0.94	0.94	0.82	0.93
2	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο - Κούφωμα 4	129	90	1.89		6.21	0.62	0.83	0.91	0.95	0.92	0.97	0.97
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	Εξωστόθυρα - Κούφωμα 6	129	90	2.94		6.92	0.64	0.84	0.92	0.79	0.7	0.94	0.97
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	Παράθυρο - Κούφωμα 7	309	90	1.83		6.17	0.61	0.77	0.61	0.96	0.96	0.78	0.69
5														

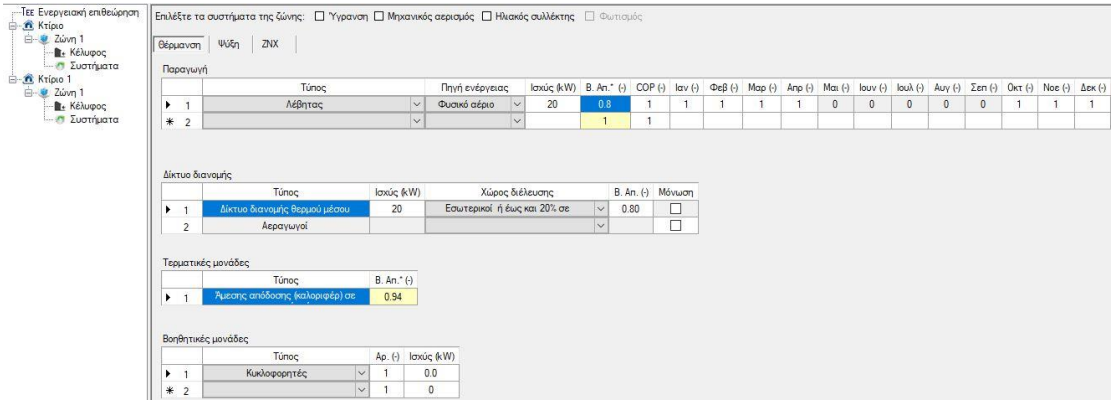
Εικόνα 5: Κέλυφος κτιρίου – Διαφανείς επιφάνειες (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

5.3 Ανάλυση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του διαμερίσματος μέσω του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Αφού ολοκληρωθεί η ανάλυση του κτιριακού κελύφους, η προσοχή στρέφεται στην αποτύπωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την διασφάλιση των συνθηκών άνεσης μέσω της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα δεδομένα που καταγράφονται σχετίζονται με τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ύγρανσης, τις διατάξεις μηχανικού αερισμού, την παραγωγή ΖΝΧ, την ύπαρξη ηλιακών συλλεκτών, όπως και τα συστήματα τεχνητού φωτισμού.

Ειδικότερα, το σύστημα θέρμανσης αποτυπώνεται σε τέσσερις διακριτές συνιστώσες : την μονάδα παραγωγής, το δίκτυο διανομής, τις τερματικές μονάδες και τις πιθανές βοηθητικές διατάξεις.

- Στην περίπτωση της παραγωγής, ελέγχεται το είδος του συστήματος θέρμανσης όπου στην προκειμένη αφορά την ύπαρξη λέβητα, η πηγή ενέργειας που καταναλώνεται δηλαδή το φυσικό αέριο, η ονομαστική θερμική ισχύς όπου υπολογίζεται στα 20kW και ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης ο οποίος είναι 0,80.
- Για το δίκτυο διανομής, αποτυπώνεται η ισχύς του η οποία συμπίπτει με την ονομαστική ισχύς του λέβητα, οι οδεύσεις των σωληνώσεων, ο βαθμός απόδοσης του δικτύου στο σύνολο του, όπως επίσης και η ύπαρξη ή μη της μόνωσης, ιδιαίτερα στην περίπτωση ύπαρξης αεραγωγών.

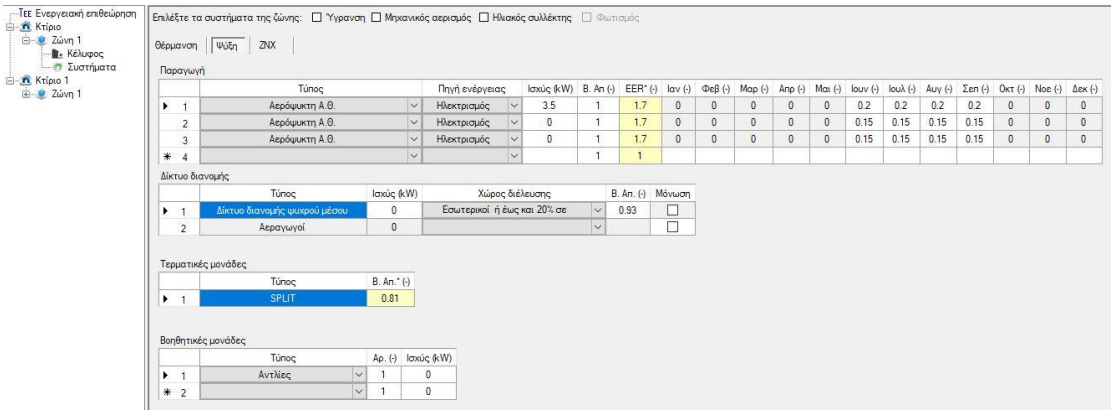


Εικόνα 6: Συστήματα κτιρίου – Θέρμανση (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Έπειτα, ακολουθούν τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης. Η διάρθωση του συστήματος αυτού συμπίπτει με αυτή της θέρμανσης που αναλύθηκε παραπάνω, δηλαδή αποτελείται από το σύστημα παραγωγής, το δίκτυο διανομής, τις τερματικές και βοηθητικές μονάδες, οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

- Μονάδα παραγωγής: Η ψύξη του διαμερίσματος εξασφαλίζεται με αερόψυκτες αντλίες θερμότητας με πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό. Η κυρίως μονάδα έχει ψυκτική ισχύ 3,5kW και συντελεστή ενεργειακής απόδοσης EER ίσο με 1,7. Στο λογισμικό αποτυπώνεται η μηνιαία κάλυψη του ψυκτικού φορτίου, η οποία επικεντρώνεται στους θερινούς μήνες, δηλαδή από τον Ιούνιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο, ενώ οι λοιποί μήνες του έτους έχουν μηδενική απαίτηση.
- Δίκτυο διανομής: Το δίκτυο αφορά τη διανομή ψυχρού μέσου, η οποία εκτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος της, έως και 80%, σε εσωτερικούς χώρους, με βαθμό απόδοσης δικτύου 0,93.
- Τερματικές μονάδες: Η απόδοση των ψυκτικών φορτίων στον χώρο επιτυγχάνεται μέσω τερματικών μονάδων τύπου SPLIT, με υπολογιζόμενο βαθμό απόδοσης 0,81.
- Βοηθητικές μονάδες: Δεν παραλείπονται οι απαραίτητες βοηθητικές διατάξεις μέσω αντλιών, η λειτουργία των οποίων ενσωματώνεται στην ανάλυση για τον

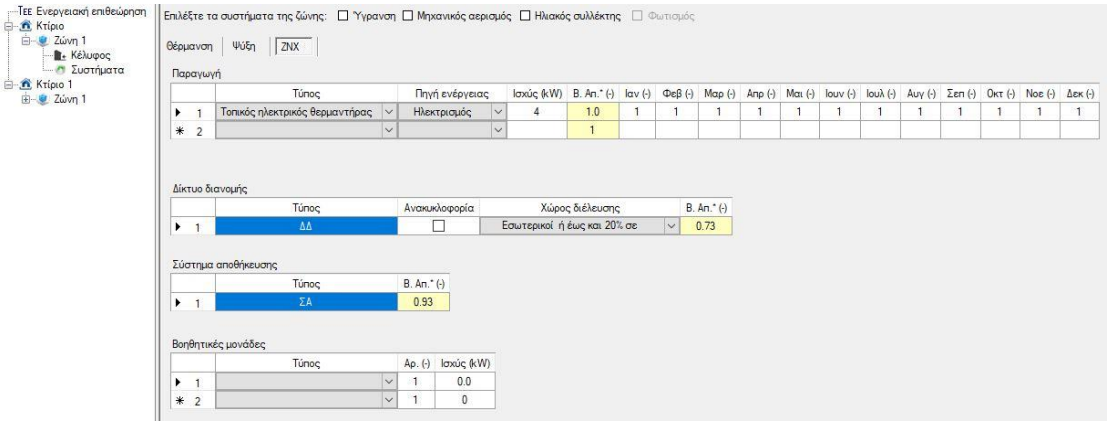
ακριβή προσδιορισμό της συνολικής ενεργειακής επιβάρυνσης του συστήματος ψύξης



Εικόνα 7: Συστήματα κτιρίου – Ψύξη (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Δεν θα μπορούσε να παραληφθεί η καταγραφή των δεδομένων για την παραγωγή ΖΝΧ. Τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος ακολουθούν την ίδια τακτική με αυτή των υπολοίπων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που αναλύθηκαν παραπάνω:

- Μονάδα παραγωγής: Για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ΖΝΧ χρησιμοποιείται θερμοσίφωνας, δηλαδή τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας, ο οποίος λειτουργεί με πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό. Η ονομαστική ισχύς της μονάδας υπολογίζεται στα 4 kW, ενώ ο βαθμός απόδοσης είναι η μονάδα. Επισημαίνεται ότι το ο θερμοσίφωνας καλύπτει εξ ολοκλήρου τις μηνιαίες ανάγκες, δηλαδή τοποθετείται ο συντελεστής 1 για όλους τους μήνες του έτους.
- Δίκτυο διανομής: Το ΔΔ δεν περιλαμβάνει ανακυκλοφορία. Οι σωληνώσεις διέρχονται, όμοια με παραπάνω, ως επί των πλείστων από εσωτερικούς χώρους, με ποσοστό έως και 80%, με τον βαθμό απόδοσης του δικτύου να καταγράφεται σε 0,73.
- Σύστημα αποθήκευσης: Η εγκατάσταση του ΖΝΧ περιλαμβάνει σύστημα αποθήκευσης,το λεγόμενο boiler, για τη εξασφάλιση της διατήρησης του ζεστού νερού, με βαθμό απόδοσης 0,93, γεγονός που καταδεικνύει την επάρκεια θερμομόνωσης του δοχείου.
- Βοηθητικές μονάδες: Οι βοηθητικές μονάδες του συστήματος είναι οι κυκλοφορητές και δεν αποτυπώνουν κατανάλωση ισχύος, αφού αφορούν ένα απλοικό σύστημα παραγωγής και αποθήκευσης.



Εικόνα 8: Συστήματα κτιρίου – ZNX (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

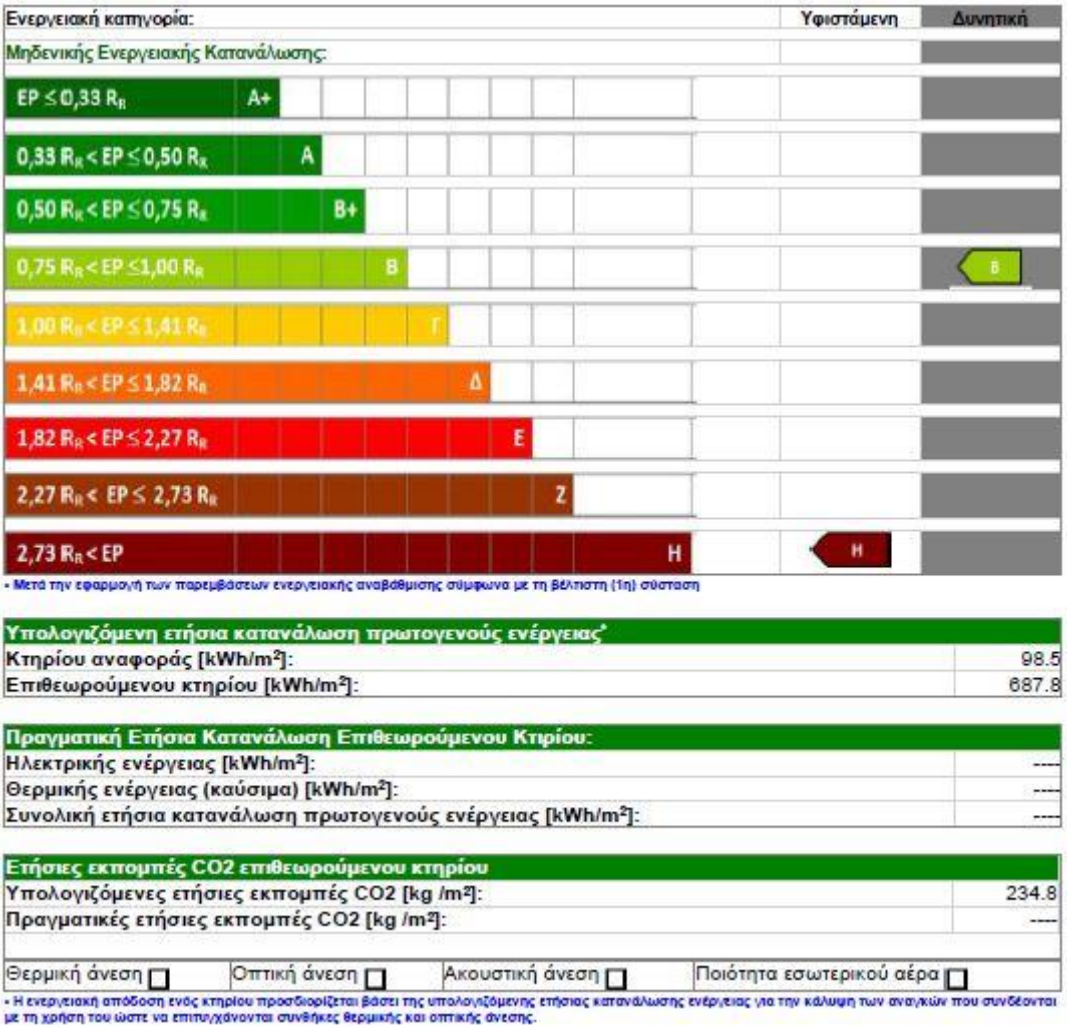
5.4 Ενεργειακή κατάταξη του διαμερίσματος

Η τελική ενεργειακή αξιολόγηση της υπό εξέταση κτιριακής μονάδας πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το οποίο προσδιορίζει την ενεργειακή κλάση με βάση την ετήσια υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της υπολογιστικής διαδικασίας, όπως αποτυπώνονται στην παρακάτω εικόνα , το υφιστάμενο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Η, η οποία αποτελεί την κατώτερη βαθμίδα της κλίμακας. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του επιθεωρούμενου κτιρίου ανέρχεται σε 687,80 kWh/m², τιμή που είναι περίπου επταπλάσια από την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς, η οποία ορίζεται στα 98,50 kWh/m². Η μεγάλη αυτή απόκλιση υποδηλώνει τις σημαντικές θερμικές απώλειες του κελύφους και τη χαμηλή απόδοση των υφιστάμενων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.

Παράλληλα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου είναι ιδιαίτερα επιβαρυμένο, με τις ετήσιες υπολογιζόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα να ανέρχονται σε 234,80 kg/m².

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ίδια εικόνα παρουσιάζεται η δυνητική ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή της βέλτιστης προτεινόμενης δέσμης παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης. Με την υλοποίηση αυτών των συστάσεων, το κτίριο προβλέπεται να αναβαθμιστεί σημαντικά, φτάνοντας στην ενεργειακή κατηγορία Β, γεγονός που υπογραμμίζει τα μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής του συμπεριφοράς



Ενεργειακή κατηγορία:		Υφιστάμενη	Δυνητική
Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:			
EP ≤ 0,33 R_R	A+		
0,33 R_R < EP ≤ 0,50 R_R	A		
0,50 R_R < EP ≤ 0,75 R_R	B+		
0,75 R_R < EP ≤ 1,00 R_R	B		B
1,00 R_R < EP ≤ 1,41 R_R	Γ		
1,41 R_R < EP ≤ 1,82 R_R	Δ		
1,82 R_R < EP ≤ 2,27 R_R	E		
2,27 R_R < EP ≤ 2,73 R_R	Z		
2,73 R_R < EP	H	H	

* Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τη βέλτιστη (1η) σύσταση

Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας*	
Κτηρίου αναφοράς [kWh/m²]:	98.5
Επιθεωρούμενου κτηρίου [kWh/m²]:	687.8

Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτιρίου:	
Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m²]:	----
Θερμικής ενέργειας (καύσιμα) [kWh/m²]:	----
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]:	----

Ετήσιες εκπομπές CO2 επιθεωρούμενου κτηρίου	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m²]:	234.8
Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m²]:	----

Θερμική άνεση ☐	Οπτική άνεση ☐	Ακουστική άνεση ☐	Ποιότητα εσωτερικού αέρα ☐

* Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών που συνδέονται με τη χρήση του ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.

Εικόνα 9: Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου (πηγή: Building Cert)

5.5 Προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης

Στο παρόν στάδιο της μελέτης, εξετάζεται η κατανομή της ενεργειακής απαίτησης ανά τελική χρήση και αναλύεται το προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης, όπως προκύπτει από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό στην παραπάνω Εικόνα.

- Ενεργειακές απαιτήσεις: Η σύγκριση μεταξύ του κτιρίου αναφοράς και του επιθεωρούμενου κτιρίου αναδεικνύει την υπερβολική απαίτηση για θέρμανση, η οποία ανέρχεται σε 160,40 kWh/m² έναντι των μόλις 34,70 kWh/m² του κτιρίου αναφοράς. Αντιθέτως, οι απαιτήσεις για ψύξη και ΖΝΧ παρουσιάζουν μικρότερες αποκλίσεις ή ταυτίζονται με τις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς.
- Κατανάλωση τελικής ενέργειας: Το κτίριο βασίζεται απόκλειστικά στην ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών του, 100% του ενεργειακού ισοζυγίου, με τη συνολική ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας να προσδιορίζεται στις 237,20 kWh/m².
- Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης: Προτείνεται μια δέσμη ριζικών παρεμβάσεων η οποία περιλαμβάνει:
    - Τη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας.
    - Την αντικατάσταση των υφιστάμενων ξύλινων κουφωμάτων με νέα αλουμινίου.
    - Την εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων, όπως αντλία θερμότητας, κλιματιστικά , σύστημα μηχανικού αερισμού και ηλιακό συλλέκτη για την παραγωγή ΖΝΧ.

Οικονομική και ενεργειακή αξιολόγηση: Η επένδυση, με εκτιμώμενο αρχικό κόστος 35.494,60 €, κρίνεται εξαιρετικά αποδοτική, καθώς επιφέρει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό 88,10%. Η παρέμβαση αυτή οδηγεί το κτίριο στην Ενεργειακή Κατηγορία Β, μειώνοντας τις ετήσιες εκπομπές ρύπων κατά 206,68 kg/m², με την περίοδο αποπληρωμής να υπολογίζεται στα 13,82 έτη.

Υπολογιζόμενη ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά τελική χρήση [kWh/m²]				
	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ	Φωτισμός
Κτήριο αναφοράς	34.7	23.0	25.9	---
Επιθεωρούμενο κτήριο	160.4	30.8	25.9	---

Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ένέργειας ανα Πηγή Ενέργειας & Τελική Χρήση [kWh/m²]						
Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ	Φωτισμός	Συνολική	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου [%]
Ηλεκτρική	186.0	13.1	38.1	0.0	237.9	100
Πετρέλαιο	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Φυσικό Αέριο	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Άλλα Ορυκτά Καύσιμα	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ηλιακή	---	---	---	---	0.0	0
Βιομάζα	---	---	---	---	0.0	0
Γεωθερμία	---	---	---	---	0.0	0
Άλλη ΑΠΕ	---	---	---	---	0.0	0
Σύνολο	186	13.1	38.1	0	237.2	100.0

Χρησιμοποιήστε το ΠΕΑ για να:
•συγκρίνετε την ενεργειακή απόδοση κτηρίων ίδιας χρήσης βάσει της κατάταξής τους σε ενεργειακή κατηγορία,
•πληροφορηθείτε για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων μέσω παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
1. ΘΕΡΜΟΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ, ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΝΤΙΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, Α/C, ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ
2. ------
3. ------

Σύσταση	Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας			Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής*	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO_2	Ενεργειακή κατηγορία
		[kWh/m²]	[%]	[€/kWh]	[έτη]	[kg/m²]	-
1.	35494.6	606.1	88.1	0.8	13.82	206.68	B
2.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	??
3.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	??

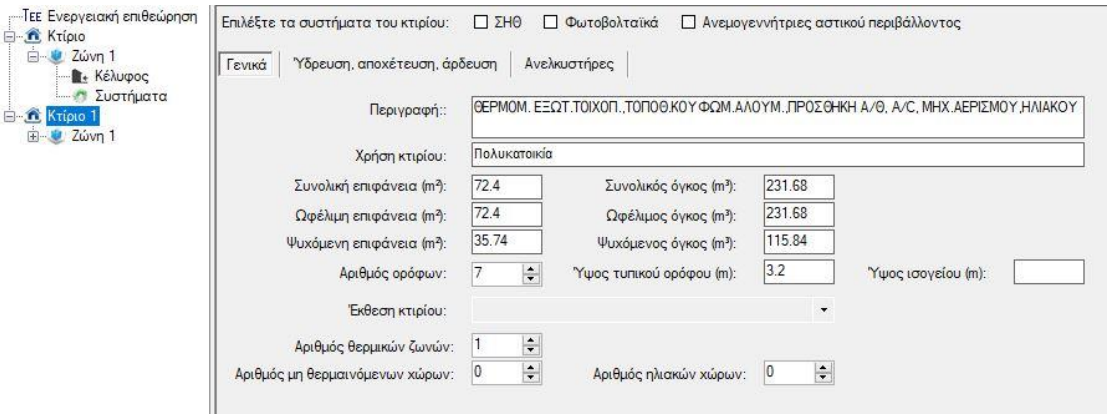
Οι συστάσεις είναι ιεραρχημένες σε σχέση με το κόστος – ενεργειακό όφελος που προκύπτει. Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών CO_2 και την περίοδο αποπληρωμής.
* Η απλή περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Εικόνα 10: Προτεινόμενο σενάριο αναβάθμισης κτιρίου (πηγή: Building Cert)

5.6 Καταχώρηση γενικών στοιχείων σεναρίου

Για την υλοποίηση του σεναρίου βελτίωσης, ορίστηκαν οι παράμετροι του κτιρίου στην καρτέλα των γενικών στοιχείων του λογισμικού, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μελέτης αναλύονται ως εξής:

- Περιγραφή παρεμβάσεων: Το σενάριο περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη δέσμη μέτρων που στοχεύουν τόσο στην ενίσχυση της θερμομονωτικής ικανότητας του κελύφους όσο και στην αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Συγκεκριμένα, προβλέπεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία, η αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα αλουμινίου, η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας και μονάδων κλιματισμού Α/C, καθώς και η προσθήκη συστήματος μηχανικού αερισμού και ηλιακού συλλέκτη.
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως αναλύθηκαν και σε άλλη παράγραφο:
    - Η συνολική και ωφέλιμη επιφάνεια του κτιρίου ανέρχεται σε 72,40 m^2, με συνολικό όγκο 231,68 m^3.
    - Η ψυχόμενη επιφάνεια ορίζεται στα 35,74 m^2, περίπου το 50% της συνολικής, με αντίστοιχο ψυχόμενο όγκο 115,84 m^3.
    - Το κτίριο αποτελείται από 7 ορόφους, με το ύψος του τυπικού ορόφου να προσδιορίζεται στα 3,20 m.
- Θερμικές ζώνες: Η μελέτη διεξάγεται αφορά μία θερμική ζώνη, ενώ δεν καταγράφονται μη θερμαινόμενοι ή ηλιακοί χώροι που να επηρεάζουν άμεσα τους υπολογισμούς της συγκεκριμένης ενότητας.
- Συστήματα κτιρίου: Στην παρούσα φάση του σεναρίου, δεν έχει επιλεγεί η χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, φωτοβολταϊκών συστημάτων ή ανεμογεννητριών αστικού περιβάλλοντος, εστιάζοντας τη στρατηγική αναβάθμισης στις προαναφερθείσες παρεμβάσεις κελύφους και συστημάτων θέρμανσης-ψύξης-ΖΝΧ.

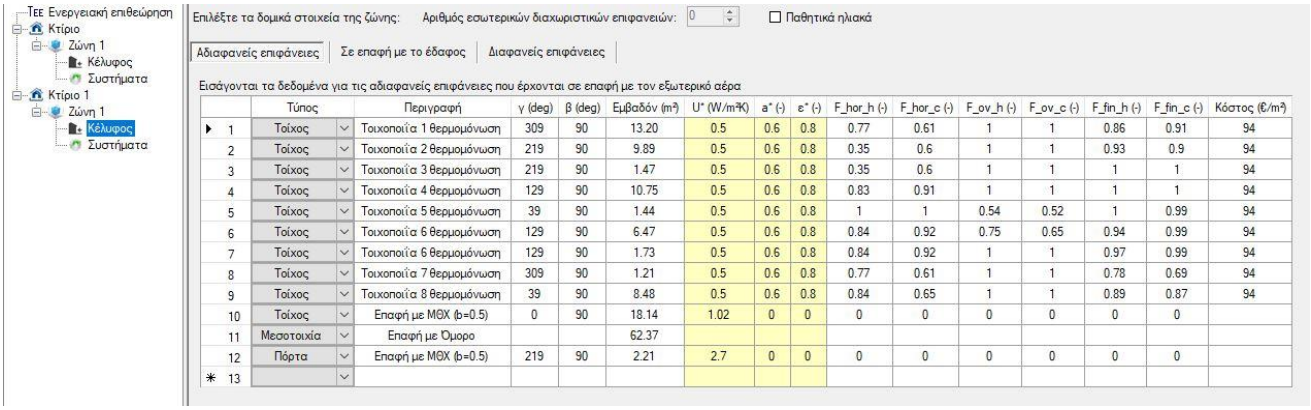


Εικόνα 11: Γενικός πίνακας κτιρίου 1 σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

5.7 Ανάλυση του κτιριακού κελύφους του σεναρίου

Στο πλαίσιο του σεναρίου ενεργειακής βελτίωσης, πραγματοποιήθηκε αναθεώρηση των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των αδιαφανών δομικών στοιχείων, όπως αποτυπώνεται στην αντίστοιχη καρτέλα του λογισμικού. Οι βασικές παρεμβάσεις και τα νέα δεδομένα συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας: Η σημαντικότερη παρέμβαση αφορά την εφαρμογή θερμομόνωσης στο σύνολο των εξωτερικών τοιχοποιών. Όπως προκύπτει από τις τιμές του πίνακα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U για τις εξωτερικές τοιχοποιίες μειώνεται πλέον στο 0,50 W/m^2K, τιμή που ευθυγραμμίζεται με τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ για τη μείωση των θερμικών απωλειών. Το μοναδιαίο κόστος της παρέμβασης αυτής υπολογίστηκε στα 94 $€/m^2$.
- Οπτικές ιδιότητες: Για τις επιφάνειες που φέρουν τη νέα θερμομόνωση, ορίστηκε συντελεστής απορροφητικότητας ηλιακής ακτινοβολίας α = 0,6 και συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ε = 0,8, παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους κατά τη θερινή περίοδο.
- Επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους : Για τα δομικά στοιχεία που εφάπτονται με ΜΘΧ, όπως για παράδειγμα η τοιχοποιία 10 και η πόρτα 12, χρησιμοποιήθηκε ο διορθωτικός συντελεστής b=0,5. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για την τοιχοποιία αυτή διαμορφώνεται στο 1,02 W/m^2K ενώ για την πόρτα στο 2,70 W/m^2K.
- Συντελεστές σκίασης: Στους υπολογισμούς έχουν ενσωματωθεί λεπτομερείς συντελεστές σκίασης όπως ο συντελεστής από τον ορίζοντα F_{hor}, από τους οριζόντιους προβόλους F_{ov} και από τις κάθετες προεξοχές F_{fin}, ο οποίοι είναι διαφοροποιημένοι ανάλογα με τον προσανατολισμό γ καθώς και την κλίση β κάθε επιφάνειας, έτσι ώστε να προκύπτει η ακριβής επίδραση των ηλιακών κερδών στο ενεργειακό ισοζύγιο.

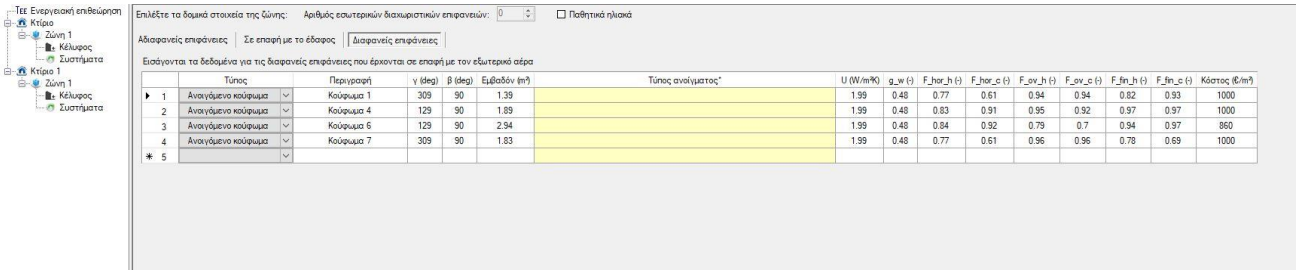


	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	U* (W/m²K)	a* (-)	ε* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	Κόστος (€/m²)
1	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 1 θερμομόνωση	309	90	13.20	0.5	0.6	0.8	0.77	0.61	1	1	0.86	0.91	94
2	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 2 θερμομόνωση	219	90	9.89	0.5	0.6	0.8	0.35	0.6	1	1	0.93	0.9	94
3	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 3 θερμομόνωση	219	90	1.47	0.5	0.6	0.8	0.35	0.6	1	1	1	1	94
4	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 4 θερμομόνωση	129	90	10.75	0.5	0.6	0.8	0.83	0.91	1	1	1	1	94
5	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 5 θερμομόνωση	39	90	1.44	0.5	0.6	0.8	1	1	0.54	0.52	1	0.99	94
6	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 6 θερμομόνωση	129	90	6.47	0.5	0.6	0.8	0.84	0.92	0.75	0.65	0.94	0.99	94
7	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 6 θερμομόνωση	129	90	1.73	0.5	0.6	0.8	0.84	0.92	1	1	0.97	0.99	94
8	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 7 θερμομόνωση	309	90	1.21	0.5	0.6	0.8	0.77	0.61	1	1	0.78	0.69	94
9	Τοίχος	Τοιχοποιΐα 8 θερμομόνωση	39	90	8.48	0.5	0.6	0.8	0.84	0.65	1	1	0.89	0.87	94
10	Τοίχος	Επαφή με ΜΘΧ (b=0.5)	0	90	18.14	1.02	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Μεσοτοιχία	Επαφή με Όμορο			62.37										
12	Πόρτα	Επαφή με ΜΘΧ (b=0.5)	219	90	2.21	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
* 13															

Εικόνα 12: Κέλυφος κτιρίου 1 – Αδιαφανείς επιφάνειες σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Η ενεργειακή θωράκιση του κελύφους ολοκληρώνεται με την αντικατάσταση των υφιστάμενων ανοιγμάτων από νέα, υψηλών προδιαγραφών κουφώματα. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων διαφανών στοιχείων αποτυπώνονται παρακάτω:

- Τύπος ανοιγμάτων: Στο σενάριο αναβάθμισης επιλέχθηκαν κουφώματα αλουμινίου, τα οποία αντικαθιστούν τα παλαιά ξύλινα πλαίσια.
- Θερμοπερατότητα U: Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των νέων κουφωμάτων μειώνεται σημαντικά στην τιμή 1,99 W/m^2K. Η βελτίωση αυτή είναι καθοριστική καθώς οι μονές υαλώσεις που προϋπήρχαν παρουσίαζαν υπερδιπλάσιες απώλειες θερμότητας.
- Ηλιακός συντελεστής g_w: Ο διορθωμένος συντελεστής ηλιακών κερδών των νέων υαλοπινάκων ορίζεται στο 0,40. Η τιμή αυτή επιτρέπει τον έλεγχο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, συμβάλλοντας στην αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τους θερινούς μήνες.
- Συντελεστές σκίασης: Για κάθε κούφωμα έχουν υπολογιστεί εκ νέου οι συντελεστές σκίασης του ορίζοντα F_{hor} , των προβόλων F_{ov} και των πλευρικών προεξοχών F_{fin}, λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό τους, όπως 129° και 309°. Οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με την περίοδο θέρμανσης ή ψύξης, διασφαλίζοντας την ακρίβεια των υπολογισμών για τα ηλιακά κέρδη.
- Οικονομικά στοιχεία: Το κόστος αντικατάστασης ανά μονάδα επιφάνειας κυμαίνεται μεταξύ 860€/m^2 και 1000€/m^2 ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τη θέση του κάθε ανοίγματος



	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m²K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	Κόστος (€/m²)
1	Ανοιγόμενο κούφωμα	Κούφωμα 1	309	90	1.39		1.99	0.48	0.77	0.61	0.94	0.94	0.82	0.93	1000
2	Ανοιγόμενο κούφωμα	Κούφωμα 4	129	90	1.89		1.99	0.48	0.83	0.91	0.95	0.92	0.97	0.97	1000
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	Κούφωμα 6	129	90	2.94		1.99	0.48	0.84	0.92	0.79	0.7	0.94	0.97	860
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	Κούφωμα 7	309	90	1.83		1.99	0.48	0.77	0.61	0.96	0.96	0.78	0.69	1000
* 5															

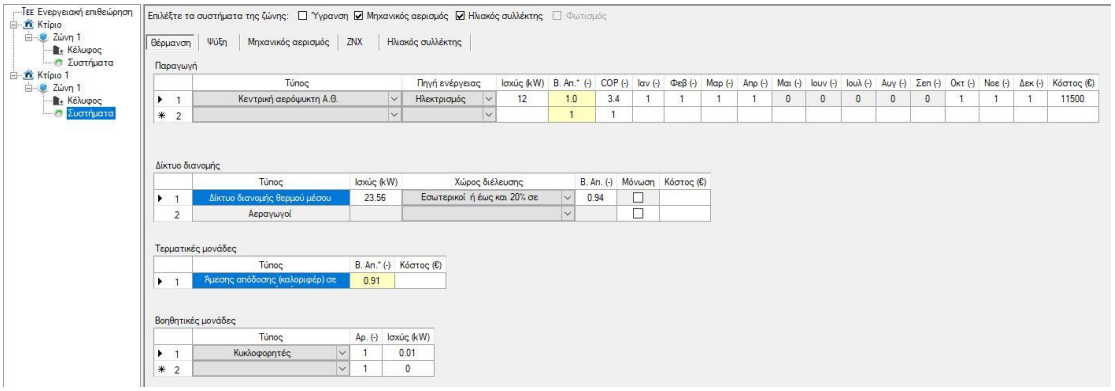
Εικόνα 13: Κέλυφος κτιρίου 1 – Διαφανείς επιφάνειες σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

5.8 Ανάλυση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του σεναρίου

Στην παρούσα ενότητα αναλύεται η ριζική αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης στο σενάριο βελτίωσης, η οποία βασίζεται στην αντικατάσταση του παλαιού συστήματος με τεχνολογία αιχμής. Τα δεδομένα διαμορφώνονται ως εξής:

- Μονάδα παραγωγής: Εγκαθίσταται μια κεντρική αερόψυκτη αντλία θερμότητας με πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό. Η ονομαστική της ισχύς ανέρχεται στα 12 kW, παρουσιάζοντας έναν εξαιρετικά υψηλό βαθμό απόδοσης COP ίσο με 3,40. Η μονάδα καλύπτει πλήρως τα θερμικά φορτία κατά τους χειμερινούς μήνες από Οκτώβριο έως Μάιο, ενώ το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης της μονάδας παραγωγής υπολογίζεται στα 11.500 €.
- Δίκτυο διανομής: Το νέο δίκτυο διανομής θερμού μέσου έχει υπολογιζόμενη ισχύ 23,56 kW. Η διέλευσή του πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με ως και 80%, σε εσωτερικούς χώρους, επιτυγχάνοντας βαθμό απόδοσης 0,94.
- Τερματικές μονάδες: Η απόδοση της θερμότητας στους χώρους γίνεται μέσω σωμάτων άμεσης απόδοσης, δηλαδή καλοριφέρ, τα οποία παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 0,91.
- Βοηθητικές μονάδες: Το σύστημα πλαισιώνεται από κυκλοφορητές χαμηλής κατανάλωσης, με ισχύ μόλις 0,01 kW, γεγονός που συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των δευτερευουσών ενεργειακών απωλειών.

Η επιλογή της αντλίας θερμότητας με υψηλό COP αποτελεί τον κεντρικό πυλώνα της αναβάθμισης, καθώς επιτρέπει τη δραστική μείωση της πρωτογενούς ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση των 72,40 m^2 του κτιρίου.

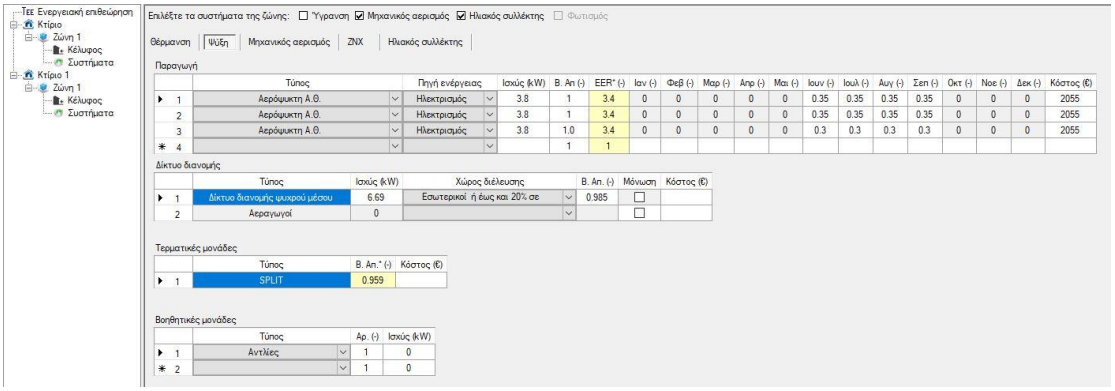


Εικόνα 14: Συστήματα κτιρίου 1 – Θέρμανση σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Η ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων περιλαμβάνει επίσης την εγκατάσταση νέου, αποδοτικότερου εξοπλισμού για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων. Τα στοιχεία του λογισμικού αναλύονται ακολούθως :

- Μονάδα παραγωγής: Προβλέπεται η χρήση τριών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας με πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό. Κάθε μονάδα διαθέτει ψυκτική ισχύ 3,80 kW και ονομαστικό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης EER = 3,40. Η τιμή αυτή είναι διπλάσια από την αντίστοιχη της υφιστάμενης κατάστασης, της οποίας το EER έχει τιμή 1,70, γεγονός που εξηγεί τη σημαντική μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Το κόστος αγοράς για κάθε μονάδα ανέρχεται στα 2.055 €.
- Δίκτυο διανομής: Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου έχει συνολική ισχύ 6,69 kW και διέρχεται κυρίως από εσωτερικούς χώρους σε ποσοστό άνω του 80%. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου βελτιώνεται στο 0,985, διασφαλίζοντας ελάχιστες απώλειες κατά τη μεταφορά.
- Τερματικές μονάδες: Η ψύξη αποδίδεται στους χώρους μέσω μονάδων τύπου SPLIT, οι οποίες στο σενάριο αναβάθμισης παρουσιάζουν αυξημένο βαθμό απόδοσης 0,959.
- Βοηθητικές μονάδες: Οι βοηθητικές διατάξεις, δηλαδή οι αντλίες, του συστήματος έχουν μηδενική απαίτηση ισχύος, συμβάλλοντας στη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος ψύξης.

Η συγκεκριμένη παρέμβαση εστιάζει στην εγκατάσταση κλιματιστικών μονάδων υψηλής ενεργειακής κλάσης, οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες της θερινής περιόδου με σημαντικά μειωμένο λειτουργικό κόστος.



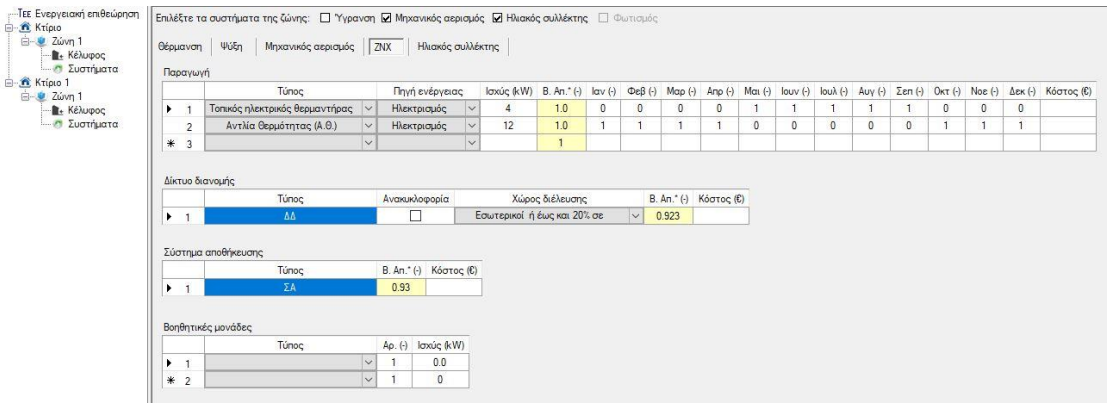
Εικόνα 15: Συστήματα κτιρίου 1 – Ψύξη σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Η ενεργειακή αναβάθμιση ολοκληρώνεται με τον ανασχεδιασμό του συστήματος παραγωγής ΖΝΧ, το οποίο πλέον βασίζεται σε συνδυαστικές πηγές ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα στοιχεία που εισήχθησαν στο λογισμικό αναλύονται ως εξής:

- Μονάδες παραγωγής: Στο σενάριο αναβάθμισης, η παραγωγή ΖΝΧ υποστηρίζεται από δύο κύριες πηγές:
    - Τον υφιστάμενο τοπικό ηλεκτρικό θερμαντήρα με ισχύς 4 kW, ο οποίος παραμένει στο σύστημα για να καλύπτει τις ανάγκες κατά τους θερινούς μήνες, Μάιο έως Σεπτέμβριο.
    - Την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας με ισχύς 12 kW, η οποία αναλαμβάνει την παραγωγή ΖΝΧ κατά τη χειμερινή περίοδο από Οκτώβριο έως Απρίλιο, εκμεταλλευόμενη τον υψηλό βαθμό απόδοσής της. Και για τις δύο μονάδες, ο βαθμός απόδοσης στην παραγωγή ορίζεται στη μονάδα.
- Δίκτυο διανομής : Το δίκτυο διανομής παρουσιάζει σημαντική βελτίωση, με τον βαθμό απόδοσης να αυξάνεται στο 0,923. Οι σωληνώσεις εξακολουθούν να διέρχονται κυρίως από εσωτερικούς χώρους, ενώ δεν προβλέπεται διάταξη ανακυκλοφορίας.
- Σύστημα αποθήκευσης: Το σύστημα περιλαμβάνει δοχείο αποθήκευσης με βαθμό απόδοσης 0,93, διασφαλίζοντας την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του αποθηκευμένου νερού.
- Βοηθητικές μονάδες: Όπως και στην υφιστάμενη κατάσταση, οι βοηθητικές μονάδες του συστήματος δεν παρουσιάζουν πρόσθετη ενεργειακή επιβάρυνση επομένως έχουν μηδενική ισχύ.

Η στρατηγική αυτή, σε συνδυασμό με την επιλογή για χρήση ηλιακού συλλέκτη, όπως φαίνεται επιλεγμένο στο πάνω μέρος του λογισμικού, στοχεύει στη δραστική μείωση της

ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για το ΖΝΧ, μεταφέροντας το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου σε ανανεώσιμες πηγές και συστήματα υψηλής απόδοσης.

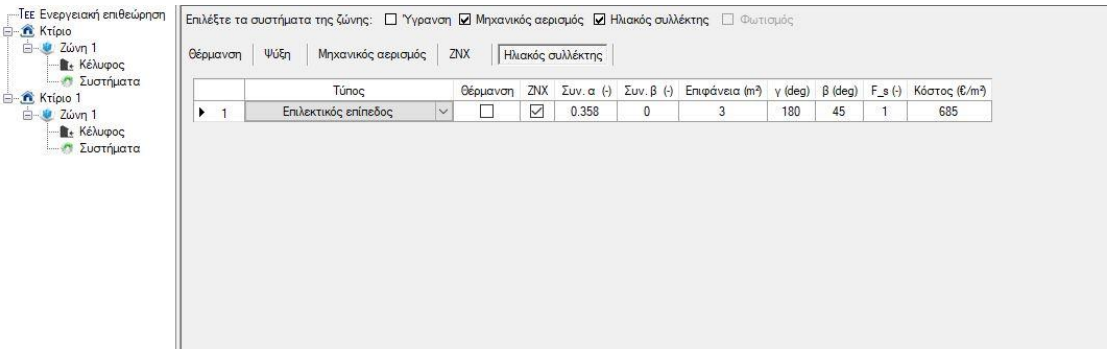


Εικόνα 16: Συστήματα κτιρίου 1 – ΖΝΧ σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος παραγωγής ΖΝΧ ενισχύεται με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών, με στόχο τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, όπως καταγράφονται στο λογισμικό, έχουν ως εξής:

- Τύπος συλλέκτη: Επιλέχθηκε η χρήση επιλεκτικού επίπεδου συλλέκτη, ο οποίος διακρίνεται για την υψηλή του αποδοτικότητα στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια.
- Χρήση και επιφάνεια: Ο συλλέκτης προορίζεται αποκλειστικά για την υποστήριξη του συστήματος ΖΝΧ, διαθέτοντας συνολική επιφάνεια 3 m^2.
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και προσανατολισμός: Η εγκατάσταση πραγματοποιείται με νότιο προσανατολισμό με $\gamma = 180^\circ$ και βέλτιστη γωνία κλίσης $\beta = 45^\circ$, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απορρόφηση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του έτους.
- Αποδοτικότητα: Οι συντελεστές απόδοσης του συλλέκτη ορίζονται σε $\alpha = 0{,}358$ και $\beta = 0$, ενώ ο συντελεστής σκίασης F_s λαμβάνει την τιμή 1, υποδηλώνοντας την απουσία εμποδίων που θα μπορούσαν να περιορίσουν την ηλιακή πρόπτωση.
- Οικονομικά Στοιχεία: Το μοναδιαίο κόστος της παρέμβασης ανέρχεται στα 685 €/m^2.

Η συγκεκριμένη προσθήκη είναι καθοριστικής σημασίας για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, καθώς επιτρέπει την κάλυψη μεγάλου μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό από μηδενικού κόστους και ρύπων πηγή, μειώνοντας δραστικά την εξάρτηση από την ηλεκτρική ενέργεια.

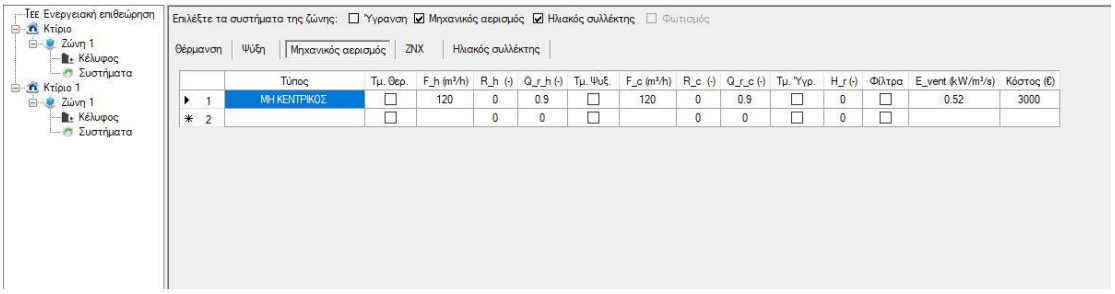


Εικόνα 17: Συστήματα κτιρίου 1 – Ηλιακός συλλέκτης σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Η διασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και η περαιτέρω μείωση των ενεργειακών απωλειών λόγω αερισμού επιτυγχάνεται μέσω της εγκατάστασης συστήματος μηχανικού αερισμού. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας φαίνονται ακολούθως:

- Τύπος συστήματος: Πρόκειται για μη κεντρικό σύστημα μηχανικού αερισμού, το οποίο επιτρέπει την αυτόνομη διαχείριση της ανανέωσης του αέρα στη θερμική ζώνη.
- Παροχή αέρα: Η παροχή αέρα τόσο για τη λειτουργία θέρμανσης F_h όσο και για τη λειτουργία ψύξης F_c ορίζεται στα 120 m^3/h.
- Ανάκτηση θερμότητας: Η μονάδα διαθέτει σύστημα ανάκτησης θερμότητας με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, ο οποίος ανέρχεται στο 0,90, δηλαδή στο 90% τόσο για τη θέρμανση όσο και για την ψύξη. Η προσθήκη αυτή είναι εξαιρετικά κρίσιμη, καθώς ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες που προκύπτουν από τον φυσικό αερισμό, ανακτώντας την ενέργεια του απορριπτόμενου αέρα.
- Ειδική ισχύς ανεμιστήρα: Η ειδική ηλεκτρική ισχύς του συστήματος αερισμού E_{vent} προσδιορίζεται στα 0,52 $kW/m^3/s$, υποδηλώνοντας τη χρήση ανεμιστήρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης.
- Οικονομικά στοιχεία: Το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος μηχανικού αερισμού ανέρχεται στα 3.000 €.

Η ενσωμάτωση του μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας αποτελεί μια προηγμένη παρέμβαση που συμπληρώνει τη θερμομονωτική θωράκιση του κελύφους, συμβάλλοντας καθοριστικά στην επίτευξη της ενεργειακής κατηγορίας Β και στη βελτίωση της ποιότητας διαβίωσης εντός του κτιρίου.



Εικόνα 18: Συστήματα κτιρίου 1 – Μηχανικός αερισμός σεναρίου (πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ)

Κεφάλαιο 6: Ανάλυση Κόστους-Οφέλους του σεναρίου ΠΕΑ και η συσχέτισή του με το Ενεργειακό Ισοζύγιο της Ελλάδας

6.1 Εισαγωγή

Το ΠΕΑ είναι ένα από τα κύρια εργαλεία πολιτικής για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Ελλάδα και στην ΕΕ. Με βάση την εφαρμογή της εθνικής μεθοδολογίας που προκύπτει από το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, τα κτίρια αξιολογούνται σύμφωνα με την ετήσια πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές CO_2 και τη συνολική θερμική άνεση.

Το υπό μελέτη διαμέρισμα, το οποίο βρίσκεται στη Θεσσαλονίκη, αποτελεί ένα μέσο παράδειγμα παλαιού χώρου διαβίωσης με χαμηλή θερμική απόδοση και απαρχαιωμένα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, το διαμέρισμα κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Η, που είναι η χαμηλότερη κατηγορία απόδοσης, παρουσιάζοντας έτσι μεγάλες ανεπάρκειες και υψηλά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας.

Το παρόν κεφάλαιο στοχεύει σε μια διευρυμένη ανάλυση κόστους-οφέλους του σεναρίου που εξετάστηκε παραπάνω και αξιολογεί τις δυνατότητες παρόμοιων μέτρων για το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας.

6.2 Υφιστάμενα τεχνικά χαρακτηριστικά του διαμερίσματος που δύναται να χρησιμοποιηθούν κατά την αίτηση

Στην κατοικία εφαρμόζονται παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.

Σύστημα Θέρμανσης

Η θέρμανση χώρου παρέχεται μέσω λέβητα φυσικού αερίου με:

- Ονομαστική θερμική ισχύς: 20 kW
- Ο συντελεστής απόδοσης είναι: 0,80
- Σύστημα εκπομπής θερμότητας: θερμαντικά σώματα πάνελ (καλοριφέρ)

Ενώ η υιοθέτηση λεβήτων φυσικού αερίου είναι ευρέως διαδεδομένη στις αστικές κατοικίες σε όλη την Ελλάδα, η απόδοση 80% βρίσκεται στο μάλλον χαμηλό άκρο του φάσματος. Οι σύγχρονοι λέβητες συμπύκνωσης λειτουργούν με απόδοση άνω του 92–95% και οι μέσες εποχιακές αποδόσεις για τις αντλίες θερμότητας είναι επίσης κάπως υψηλότερες.

Σύστημα Ψύξης

Η ζήτηση ψύξης καλύπτεται μέσω μιας τοπικής μονάδας κλιματισμού, αντλία θερμότητας αέρα-αέρα με:

- Ψυκτική ισχύς 3,50 kW
- Συντελεστής ενεργειακής απόδοσης (EER): 1,70

Σε σύγκριση με τα σύγχρονα συστήματα inverter που μπορούν για παράδειγμα να έχουν τιμές EER μεγαλύτερες από 3,5–4,0, αυτό είναι δραστικά χαμηλό. Ως αποτέλεσμα, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ψύξης είναι πιθανό να είναι υψηλή σε σχέση με την τρέχουσα πρακτική.

Ζεστό Νερό Χρήσης

Η ζήτηση ζεστού νερού ικανοποιείται μέσω ενός τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα αντίστασης με εγκατεστημένη χωρητικότητα 4 kW. Η λιγότερο αποτελεσματική μέθοδος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης μεταξύ ενός ευρέος φάσματος μεθόδων θέρμανσης νερού με ηλεκτρική αντίσταση.

6.3 Τρέχοντα αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης

Σύμφωνα με την αξιολόγηση ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το διαμέρισμα καταγράφει:

- Κύρια χρήση ενέργειας: 687,80 kWh/m^2/έτος
- Κατανάλωση κτιρίου αναφοράς: 98,50 kWh/m^2 ανά έτος
- Εκπομπές CO_2: 234,80 kg/m^2/έτος
- Ενεργειακή κατηγορία: Η αναλογία μεταξύ της εξεταζόμενης κατοικίας και του κτιρίου αναφοράς είναι: $\frac{687,80}{98,50} = 6,98$

Αυτό μεταφράζεται σε κατανάλωση ενέργειας για το διαμέρισμα σχεδόν επτά φορές μεγαλύτερη από αυτήν ενός συγκρίσιμου κτιρίου αναφοράς που έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τον κανονισμό. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα υποδηλώνει έντονα:

- Έλλειψη ή ανεπαρκής θερμομόνωση
- Μεγάλες απώλειες μετάδοσης μέσω τοίχων και στέγης. Σπατάλη ενέργειας μέσω τζακιού ή αναποτελεσματικών παραθύρων
- Παλαιές ή αναποτελεσματικές συσκευές θέρμανσης και ψύξης
- Ελαττωματική παραγωγή ζεστού νερού
- Υψηλότερο λειτουργικό κόστος κατά τη διάρκεια της σεζόν

6.4 Ερμηνεία της ταξινόμησης Κατηγορίας Η

Όσον αφορά την κατηγορία Η, το μεγαλύτερο μέρος του λιγότερο ενεργειακά αποδοτικού, ανά συνολική ενέργεια, μέρους του εθνικού κτιριακού αποθέματος αναγνωρίζεται επίσης ότι ανήκει σε αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα έχει έναν σημαντικό πληθυσμό οικιακών κτιρίων, τα οποία κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή των σύγχρονων ενεργειακών πολιτικών.

Τα κτίρια αυτής της κατηγορίας συνήθως εμφανίζουν:

- Υψηλή ζήτηση για διατήρηση της θερμότητας των κτιρίων κατά τη διάρκεια του χειμώνα
- Υψηλά φορτία ψύξης το καλοκαίρι
- Μη ικανοποιητικές συνθήκες εσωτερικής άνεσης
- Υψηλό κίνδυνο ενεργειακής φτώχειας
- Η αύξηση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου είναι πιθανή συνέπεια της αύξησης των εκπομπών CO_2.
- Λιγότερο ελκυστική αξία αγοράς και ακινήτου

Επομένως, αυτό το πακέτο ενεργειακής ανακαίνισης θα είναι ένας κορυφαίος υποψήφιος που πρέπει να ληφθεί υπόψη.

6.5 Προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης

Ένα ορθολογικό σενάριο αναβάθμισης θα περιελάμβανε τις ακόλουθες παρεμβάσεις:

1. Αντικατάσταση λέβητα φυσικού αερίου

Τοποθέτηση αντλίας θερμότητας αέρα-νερού ή συστήματος συμπύκνωσης υψηλής απόδοσης.

2. Θερμομόνωση κελύφους

Πρόσθετη θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων για μείωση των απωλειών θερμότητας μετάδοσης.

3. Αντικατάσταση κουφωμάτων

Χρήση διπλών ή τριπλών θερμομονωτικών κουφωμάτων για βελτίωση της αεροστεγανότητας και μείωση των απωλειών μετάδοσης.

4. Αναβάθμιση συστήματος ψύξης

Μετατροπή του υπάρχοντος κλιματιστικού από παραδοσιακή τεχνολογία σε τεχνολογία inverter.

5. Αναβάθμιση ΖΝΧ

Η εγκατάσταση οποιωνδήποτε ή συνδυασμού, των ακόλουθων συσκευών: ηλιακών θερμικών συλλεκτών, θερμοσίφωνας αντλίας θερμότητας.

6.6 Εκτιμώμενο κόστος επένδυσης

Πίνακας 2: Εκτιμώμενο κόστος επένδυσης ανά παρέμβαση

Παρέμβαση	**Εκτιμώμενο Κόστος (€)**
Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας	6.000
Εξωτερική θερμομόνωση	5.000
Νέα κουφώματα	6.000
Ηλιακός θερμοσίφωνας	1.500
Νέες μονάδες κλιματισμού inverter	1.500
Λοιπές εργασίες / αυτοματισμοί / ρυθμίσεις	2.000
Συνολικό Εκτιμώμενο Κόστος	**22.000 €**

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές και ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με την ποιότητα του προϊόντος, την τιμολόγηση του εργολάβου, το μέγεθος του διαμερίσματος και τη διαθεσιμότητα επιδότησης.

6.7 Αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας

Η λεπτομερής ανακαίνιση αυτού του τύπου, για παράδειγμα, θα μπορούσε να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας 55-70% στην τελική και πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας, σύμφωνα με τους ελέγχους και την ποιότητα του κελύφους.

Αναμενόμενο νέο εύρος κατανάλωσης:

- Κατώτερη εκτίμηση: 310 kWh/m^2
- Εύρος μέγιστης απόδοσης: 200–250kWh/m^2

Αυτό θα μπορούσε να φέρει την κατοικία από την κατηγορία Η σε περίπου Δ, Γ ή ακόμα και Β εάν βελτιωθούν περισσότερες λεπτομέρειες.

6.8 Οικονομικό όφελος

Εάν το υπάρχον διαμέρισμα έχει υψηλό ετήσιο κόστος θέρμανσης, ψύξης και ΖΝΧ στην περιοχή των:

- 1.800€/έτος (μέτρια χρήση)
- 2.500€ ετησίως (κανονική χρήση)

Η διαφορά κόστους, με το τρέχον κόστος, είναι: 3.200€ ετησίως (υψηλή χρήση / αυξανόμενες τιμές ενέργειας).

Απλή Περίοδος Απόσβεσης

Για ένα μεσαίο σενάριο:

$$\text{Περίοδος Απόσβεσης} = \frac{22000}{2500} = 8.8 years$$

Εκτιμώμενη απόσβεση: 9 έτη στην περίπτωση επιδότησης 50%

Εάν υποστηριχθεί μέσω εθνικών προγραμμάτων ανακαίνισης:

$$\text{Περίοδος Απόσβεσης} = \frac{11000}{2500} = 4.4 years$$

Η κατά προσέγγιση αποπληρωμή μειώνεται στα 4-5 χρόνια, κάτι που είναι ιδιαίτερα ελκυστικό.

6.9 Πρόσθετα οικονομικά οφέλη

Πέρα από την άμεση εξοικονόμηση λογαριασμών κοινής ωφέλειας, η ανακαίνιση δημιουργεί περαιτέρω οικονομική αξία:

- Αύξηση αξίας ακινήτου

Τα σπίτια με ενεργειακή αξιολόγηση τείνουν να έχουν αυξημένη ζήτηση και υψηλότερη αξία μεταπώλησης.

- Μειωμένη συντήρηση

Το κόστος εισαγωγής παλαιότερων, αναποτελεσματικών συσκευών και πότε αυτές αποσυντίθενται, ποιο είναι το κόστος επισκευής νέων συστημάτων.

- Προστασία από την αστάθεια των τιμών ενέργειας

Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα προστατεύει τα μεμονωμένα νοικοκυριά από μελλοντικές αυξήσεις στις τιμές φυσικού αερίου ή ηλεκτρικού ρεύματος.

- Βελτιωμένη άνεση ενοίκων

Έχει προταθεί ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοδυναμική σταθερότητα, τόσο υψηλότερη είναι η ποιότητα ζωής.

6.10 Περιβαλλοντικά οφέλη

Οι τρέχουσες εκπομπές είναι 234,80 $kgCO_2/m^2$/έτος, κάτι που είναι υπερβολικό για ένα διαμέρισμα κατοικιών.

Εάν οι εκπομπές μειωθούν αναλογικά με την κατανάλωση ενέργειας κατά 55-70%, η ετήσια μείωση του CO_2 θα μπορούσε να είναι μεγάλη.

Για παράδειγμα:

$\frac{234,80}{0,60}$ = 140,90

Κατά προσέγγιση αποφευγόμενες εκπομπές: 141 $kgCO_2/m^2$ ετησίως

Για ένα διαμέρισμα 80 τ.μ.:

$\frac{140,90}{0,60}$ = 11.272

Ισοδυναμεί με περίπου 11,30 τόνους CO_2 που αποφεύγονται ετησίως.

6.11 Συσχέτιση με το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας

Σημασία του οικιακού τομέα

Τα κτίρια αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους ενεργοβόρους τομείς στην Ελλάδα, ιδίως λόγω:

- Θέρμανσης χώρων
- Κατάστασης κλιματισμού το καλοκαίρι
- Ζεστού νερού χρήσης
- Γήρανσης του κτιριακού αποθέματος
- Εισαγόμενη ενεργειακή εξάρτηση

Ιστορικά, η Ελλάδα εξαρτάται από εισαγόμενα καύσιμα όπως:

- Χρήση υπάρχουσας τεχνολογίας για την επίτευξη τελικής χρήσης του φυσικού αερίου.
- 38,20% για προϊόντα πετρελαίου, εκ των οποίων 19,50% για μεθανόλη, 12,70% για βενζίνη, 6,0% για πετρέλαιο θέρμανσης, 0,30% για καύσιμο αεριωθούμενων και 0,20% για υπολειμματικό καύσιμο.

Η αντικατάσταση των λεβήτων αερίου με αντλίες θερμότητας και η πιο αποτελεσματική μόνωση μειώνει την ανάγκη για εισαγόμενα αγαθά σε εθνικό επίπεδο.

Μείωση του φορτίου αιχμής ηλεκτρικής ενέργειας

Ο κακώς ελεγχόμενος κλιματισμός μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το καλοκαίρι. Τα καλά ελεγχόμενα συστήματα κλιματισμού inverter μειώνουν το φορτίο στο σύστημα.

Στόχοι μείωσης των εκπομπών ανθρακα

Η υποστήριξη των εθνικών δεσμεύσεων για την απαλλαγή από τον άνθρακα μέσω της ανακαίνισης κτιρίων σχετίζεται άμεσα με την πολιτική της ΕΕ για το κλίμα.

6.12 Κλιμάκωση του σεναρίου σε Εθνικό επίπεδο

Εάν 100.000 παρόμοια διαμερίσματα υποβάλλονταν σε ισοδύναμη ανακαίνιση:

- Απότομη μείωση της ζήτησης για φυσικό αέριο
- Μειωμένες απαιτήσεις θέρμανσης τον χειμώνα
- Χαμηλότερες καλοκαιρινές αιχμές στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- Μεγάλη μείωση των εκπομπών CO_2
- Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργήθηκαν σε κατασκευαστικό και μηχανολογικό επίπεδο

Το αποτέλεσμα θα αποκτούσε σαφώς μακροοικονομική σημασία για το εθνικό ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας, εάν αναβαθμιζόταν μισό εκατομμύριο κατοικίες.

6.13 Ερμηνεία στρατηγικής πολιτικής

Η μελέτη περίπτωσης έδειξε ότι τα ΠΕΑ δεν είναι απλώς διοικητικά έγγραφα, αλλά τεχνικές αξιολόγησης, οδηγοί επενδύσεων, μηχανισμοί μείωσης εκπομπών άνθρακα, πηγές δεδομένων για τον σχεδιασμό πολιτικής καθώς και προτάσεις για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των αναποτελεσματικών κτιρίων

Έτσι, η πολλαπλασιαστική επιθεώρηση υψηλής ποιότητας θα μπορούσε να συνδεθεί με το πρόγραμμα χρηματοδότησης, το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα σίγουρο εθνικό όφελος.

6.14 Συμπεράσματα

Η υπό μελέτη κατοικία στη Θεσσαλονίκη έχει δραματικά πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση, απαιτώντας σχεδόν επτά φορές την πρωτογενή ενέργεια από το κτίριο αναφοράς. Αυτό αποδεικνύεται από την κατάταξή του στην Κατηγορία Η.

Το ολοκληρωμένο πακέτο συνολικής ανακαίνισης, με υποτιθέμενο κόστος 22.000€, θα μπορούσε να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά 55-70%, επαρκώς ώστε να μειώσει σημαντικά το ετήσιο λειτουργικό κόστος, να αυξήσει τα επίπεδα άνεσης και τις εκπομπές ρύπων, με περίοδο αποπληρωμής από περίπου 4 έως 9 χρόνια, ανάλογα με τη συνεισφορά της επιδότησης.

Η εφαρμογή τέτοιων παρεμβάσεων σε εθνικό επίπεδο σε ευρεία κλίμακα θα συνέβαλε σε ένα πιο αισιόδοξο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, μειώνοντας την εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα, μετριάζοντας την αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας,

βελτιώνοντας την περιβαλλοντική απόδοση και ενισχύοντας τον εκσυγχρονισμό του οικιακού τομέα.

Υπό αυτή την έννοια, η ενεργειακή αναβάθμιση ενός διαμερίσματος ενσαρκώνει την εθνική δυναμική της αποδοτικότητας των νοικοκυριών για ενεργειακή ασφάλεια και βιώσιμη ανάπτυξη.

6.15 Μελλοντική έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί αφορμή για μελλοντική έρευνα, με σκοπό την εξάλειψη των κενών στην υφιστάμενη βιβλιογραφία και την ενίσχυση της ενεργειακής πολιτικής στην Ελλάδα. Πρώτα από όλα, κρίνεται απαραίτητο οι μεμονωμένες μελέτες περίπτωσης να μετατραπούν σε εμπειρική έρευνα μεγάλου βεληνεκούς, με την βοήθεια της οποίας θα επιτευχθεί ενσωμάτωση των δεδομένων των ΠΕΑ στα εθνικά ενεργειακά μοντέλα. Με τον τρόπο αυτό, θα γίνουν εμφανή τα οφέλη της συμβολής των ενεργειακών επιθεωρήσεων στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας καθώς και στα συστημικά κέρδη. Ακόμα, ένα αλλό είδος μελετών δύναται να αναλύσει την σχέση κόστους-οφέλους που θα ενσωματώνει τις διαφορετικές Ελληνικές κλιματικές συνθήκες, και πιο συγκεκριμένα τις ολοένα και υψηλότερες ανάγκες για ψύξης στην περιοχή της Μεσογείου εξαιτίας της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής, συνδυαστικά με τις αυξομειώσεις των τιμών ενέργειας και την παλαιότητα του κτιριακού αποθέματος. Επιπλέον, εξίσου σημαντικό κομμάτι αποτελεί η εξέταση της ενσωμάτωσης έξυπνων τεχνολογιών, όπως είναι οι αυτοματισμοί και οι αισθητήρες που μπορούν να παρακολουθούν και να ενημερώνουν σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, η μελλοντική μελέτη είναι χρήσιμο να επεκταθεί στην αξιολόγηση των αναγκών πολιτικής και των θεσμικών πλαισίων για την ομαλή ενσωμάτωση των απαιτήσεων της αναθεωρημένης Ευρωπαϊκής Οδηγίας (EPBD) που θεσπίστηκε το 2024, όπως τα διαβατήρια ανακαίνισης κτιρίων και τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης.

Βιβλιογραφία

Ενεργειακή πιστοποίηση ελληνικών κτιρίων: Πρώτα ευρήματα, 2013. *Energy and Buildings*, 65, σσ. 429–437.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009 Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010. Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση). *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L153, σσ. 13–35.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010. *Βέλτιστα από άποψη κόστους επίπεδα απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων*. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018. Οδηγία (ΕΕ) 2018/844 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, L156, σσ. 75–91.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020. Κύμα Ανακαινίσεων για την Ευρώπη – Οικολογικός μετασχηματισμός των κτιρίων, δημιουργία θέσεων εργασίας, βελτίωση ποιότητας ζωής. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020. *Αξιολόγηση της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD)*. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024. Οδηγία (ΕΕ) 2024/1275 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση). *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2024. *Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)*. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Νόμος 3661/2008. Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις. *Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, ΦΕΚ 89/Α/19-05-2008.

Νόμος 4122/2013. Ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ και λοιπές διατάξεις. *Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, ΦΕΚ Α' 42/19-02-2013.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), 2017. *Τεχνικές Οδηγίες ΤΟΤΕΕ 20701 για την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ*. Αθήνα: ΤΕΕ.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ. Αθήνα: Ελληνική Δημοκρατία.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023. *Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων – Επίσημες Οδηγίες*. Αθήνα: ΥΠΕΝ.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026. *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων.* Διαθέσιμο στο: https://ypen.gov.gr/energeiaki-epitheorisi/ (Ημερομηνία πρόσβασης:06/02/2026).

Andrianos Engineering, 2026. *Energy performance certificates.*Availableat: https://www.andrianos.gr/en/services/engineering-services/energy-certificates (Ημερομηνία πρόσβασης:06/02/2026).

ArtConcept Ltd, 2026. *Energy performance of buildings: what it is and why it matters.*Availableat: https://artconcept.gr/en/energeiaki-apodosi/ (Ημερομηνίαπρόσβασης:06/02/2026).

Balaras, C.A., Droutsa, K., Argiriou, A.A. and Asimakopoulos, D.N., 2014. *Energy performance of European residential buildings: Energy use, technical and environmental characteristics of the Greek residential sector – Energy conservation and CO_2 reduction*. Energy and Buildings, 43(10), pp.2739–2747.

Benard-Tertrais, X. *et al.* (2023) *The Future of European Energy Efficiency Policies – Analysis of selected aspects*. https://www.sciencespo.fr/chair-sustainable-development/files/sciencespo-chair-sustainable-development-energy-efficiency-analyses-working-paper-final.pdf.

Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2023. *Europe's Buildings Under the Microscope*. Brussels.

Chatzikonstantinidis, I., Papadopoulos, A.M. and Karlessi, T., 2025. Smart readiness upgrades and energy performance in Mediterranean existing buildings. *Applied Energy*, 355, 121905.

Cross, S. (2025) *EU law on the energy performance of buildings*. https://www.pinsentmasons.com/out-law/guides/eu-law-on-the-energy-performance-of-buildings

Dascalaki, E., Balaras, C., Gaglia, A. and Droutsa, P., 2012. *Energy performance of buildings – EPBD in Greece.* Energy Policy, 45, pp. 469–477. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.058

EnerMech S.A., 2026. *Energy inspections of buildings.* Availableat: https://enermech.gr/en/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/ (Ημερομηνίαπρόσβασης:06/02/2026).

Gaglia, A.G. *et al.* (2018) 'Energy performance of European residential buildings: Energy use, technical and environmental characteristics of the Greek residential sector – energy conservation and CO_2 reduction,' *Energy and Buildings*, 183, pp. 86–104. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.042.

Iatridis, M. *et al.* (2024) *Energy efficiency trends and policies in Greece*. https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf.

International Energy Agency (IEA), 2022. *Energy Efficiency 2022*. Paris: IEA.

International Energy Agency (IEA), 2023. *Energy Efficiency 2023*. Paris: IEA.

ISO, 2018. *ISO 50002: Energy Audits – Requirements with Guidance for Use*. Geneva: International Organization for Standardization.

Karakosta, C. and Papapostolou, A., 2023. Participatory approaches in energy efficiency and the clean energy transition in Greece. *Energy Research & Social Science*, 95, 102899.

Karakosta, C. and Vryzidis, I., 2025. Cost-effective retrofit pathways for Greek school buildings. *Energy Reports*, 11, pp. 1450–1465.,

Mitzithras Ltd, 2026. *Energy audit of buildings & issuance of PEA*.Availableat: https://www.mitzithras.eu/en/services/energy-audit-of-buildings-issuance-of-pea/(Ημερομηνίαπρόσβασης:06/02/2026).

Olasolo-Alonso, P., López-Ochoa, L.M., Las-Heras-Casas, J. and López-González, L.M., 2023. *Energy Performance of Buildings Directive implementation in Southern European countries: A review*. Energy and Buildings, 281, 112751. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112751

Santamouris, M., 2016. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, pp. 682–703.

Sorrell, S. (2015) 'Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches,' *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, pp. 74–82. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.002.

Spyridaki, N.A., Banfill, P.F.G. and Gkritza, K., 2016. Ex-post assessment of European energy performance regulation: The case of Greece and the Netherlands. *Energy Policy*, 92, pp. 146–156.

Tzovaras, D., 2015. Energy performance certification and property market response in Southern Europe. *Energy Policy*, 87, pp. 122–130.