ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΝΕΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καραντινάκης Στυλιανός (ΤΦ1850)

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Κατσίγιαννης

Χανιά 2025

Περιεχόμενα

Περίληψη

Νομοθεσία

1) Εισαγωγή

2) Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3) Μεθοδολογία Μελέτης Περίπτωσης

4) Μελέτη Περίπτωσης

4.1) Νέο Κτίριο: Η Πράσινη Κατοικία της Αθήνας

4.2) Ανακαινισμένο Κτίριο: Το Έργο Ανακαίνισης Εξοικονομώ, Θεσσαλονίκη

4.3) Συγκριτικό Πλαίσιο

5) Ανάλυση Ενεργειακής Απόδοσης

5.1) Ενέργεια Θέρμανσης και Ψύξης

5.2) Φωτισμός και Ηλεκτρική Ενέργεια

5.3) Ζήτηση Ζεστού Νερού Χρήσης

5.4) Εκπομπές CO_2

5.5) Λειτουργικό Κόστος

5.6) Σύνοψη Ευρημάτων

6) Θέματα κόστους-οφέλους και κύκλου ζωής

6.1) Κόστος Κύκλου Ζωής και Περίοδος Απόσβεσης

6.2) Ενσωματωμένη Ενέργεια

6.3) Αποτύπωμα Άνθρακα

7) Συζήτηση

8) Συμπεράσματα

Βιβλιογραφία

Παράρτημα

Περίληψη

Αυτή η μελέτη αναλύει την ενεργειακή απόδοση ενός νεόδμητου κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΣΜΚΕ) στην Πράσινη Κατοικία Αθήνας (ΠΚΑ) και ενός εκτενώς ανακαινισμένου κτιρίου μέσω προγράμματος «Εξοικονομώ» στη Θεσσαλονίκη. Η έρευνα χρησιμοποιεί δυναμικές ενεργειακές προσομοιώσεις και αξιολόγηση κύκλου ζωής για να εξετάσει τη θέρμανση, την ψύξη, τον φωτισμό, τη χρήση ζεστού νερού, τις εκπομπές CO_2 και το λειτουργικό κόστος.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα νέα κτίρια ΚΣΜΚΕ είναι πιο ενεργειακά αποδοτικά, παράγουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα και κοστίζουν λιγότερο μακροπρόθεσμα. Οι ανακαινίσεις, από την άλλη πλευρά, κάνουν τα παλιά κτίρια να λειτουργούν πολύ καλύτερα, αλλά περιορίζονται από δομικούς περιορισμούς και μόνο μερικές τροποποιήσεις του συστήματος. Η έρευνα δείχνει πόσο σημαντικό είναι να σχεδιάζονται νέα κτίρια με τρόπο που να λειτουργεί με άλλες κατασκευές και να σχεδιάζεται ο τρόπος βελτίωσης των υφιστάμενων κτιρίων με έξυπνο τρόπο.

Οι προτάσεις πολιτικής τονίζουν την ανάγκη να επιτευχθούν οι στόχοι της Ελλάδας για την απαλλαγή από τον άνθρακα και τη βιωσιμότητα, συνδυάζοντας αυστηρούς ενεργειακούς κανονισμούς με στοχευμένα κίνητρα για σημαντικές αναβαθμίσεις.

Λέξεις κλειδιά: Κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, νέα κτίρια, ανακαινισμένα κτίρια, ενεργειακή πολιτική

Abstract

This study analyzes the energy efficiency of a newly built Nearly Zero Energy Building (NZEB) structure in Athens Green Residence, and an extensively refurbished edifice in Thessaloniki (with “Exoikonomo” Retrofit program). The research uses dynamic energy simulations and lifecycle assessment to look at heating, cooling, lighting, hot water use, CO_2 emissions, and operating costs.

The results show that new NZEB buildings are more energy-efficient, produce less carbon dioxide, and cost less in the long run. Renovations, on the other hand, make old buildings work much better, but they are constrained by structural restrictions and only partial system modifications. The research shows how important it is to design new buildings in a way that works with other structures and to plan how to improve existing buildings in a smart way.

Policy proposals stress the need for Greece decarbonization and sustainability objectives to be met by combining tight energy regulations with targeted incentives for major upgrades.

Keywords: Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), new buildings, refurbished buildings, energy policy

1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της κλιμάκωσης των ανησυχιών για την κλιματική αλλαγή, του αυξανόμενου κόστους ενέργειας και των εξελισσόμενων κανονιστικών πλαισίων, η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έχει αναδειχθεί ως κεντρικός παράγοντας στη διαμόρφωση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Τα κτίρια κατοικιών στην Ελλάδα αποτελούν σημαντικό μέρος του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος. Επιπλέον, τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια κατασκευάστηκαν πριν από τον πρώτο Κανονισμό Θερμικής Μόνωσης του 1981.

Ο κτιριακός τομέας είναι ένας από τους πιο ενεργοβόρους παγκοσμίως, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και ένα σημαντικό μερίδιο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες. Σε απάντηση σε αυτήν την πρόκληση, η ενεργειακή απόδοση στο δομημένο περιβάλλον έχει γίνει πρωταρχικός στόχος πολιτικών παρεμβάσεων, τεχνολογικών καινοτομιών και ακαδημαϊκής έρευνας. Σε αυτόν τον τομέα, ένας βασικός τομέας έρευνας περιλαμβάνει τη συγκριτική αξιολόγηση νέων ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και την ανακαίνιση ή αναβάθμιση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος.

Τα νέα κτίρια κατασκευάζονται όλο και περισσότερο σύμφωνα με αυστηρά πρότυπα ενεργειακής απόδοσης, όπως οι οδηγίες για τα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (“Nearly Zero Energy Building” - NZEB) στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή το πρότυπο του Παθητικού Σπιτιού. Αυτές οι κατασκευές αξιοποιούν σύγχρονα υλικά, ολοκληρωμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προηγμένες αρχές σχεδιασμού για την ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας καθ’ όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου. Αντίθετα, τα υπάρχοντα κτίρια - που συχνά κατασκευάζονται με παρωχημένους κανονισμούς - συνήθως ανακαινίζονται για να πληρούν τις σύγχρονες απαιτήσεις απόδοσης.

Οι στρατηγικές ανακαίνισης ποικίλλουν σε εύρος και βάθος, κυμαινόμενες από αναβαθμίσεις κελύφους και αντικαταστάσεις συστημάτων HVAC έως ολοκληρωμένες ανακαινίσεις που στοχεύουν σε σχεδόν νέα επίπεδα απόδοσης. Παρά την

αυξανόμενη έμφαση στην αναβάθμιση του υφιστάμενου αποθέματος, τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί των ανακαινίσεων έναντι των νέων κατασκευών όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση εξακολουθούν να υπόκεινται σε εμπειρική διερεύνηση.

Η παρούσα μελέτη επιδιώκει να καλύψει αυτό το κενό διεξάγοντας μια λεπτομερή συγκριτική ανάλυση μεταξύ ενός νέου κτιρίου και ενός ανακαινισμένου, εξετάζοντας την αντίστοιχη ενεργειακή τους απόδοση υπό παρόμοιες κλιματικές και λειτουργικές συνθήκες.

Στόχος είναι να αξιολογηθεί όχι μόνο η κατανάλωση ενέργειας αλλά και σχετικές παράμετροι όπως οι εκπομπές άνθρακα, το λειτουργικό κόστος και η χρήση ενέργειας κατά τον κύκλο ζωής.

Αυτή η σύγκριση είναι κρίσιμη για τα ενδιαφερόμενα μέρη - συμπεριλαμβανομένων αρχιτεκτόνων, μηχανικών, υπευθύνων χάραξης πολιτικής και ιδιοκτητών ακινήτων – οι οποίοι πρέπει να καθορίσουν τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για τη μείωση της χρήσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλο το κτιριακό απόθεμα.

Δομή Εργασίας

Το Κεφάλαιο 2 παρουσιάζει μια κριτική ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, εστιάζοντας στις θεωρητικές βάσεις της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, στα διεθνή πρότυπα και στις συγκριτικές μελέτες. Το Κεφάλαιο 3 περιγράφει τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την έρευνα, συμπεριλαμβανομένης της συλλογής δεδομένων, των αναλυτικών εργαλείων και των δεικτών απόδοσης.

Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει τα κτίρια μελέτης περίπτωσης, παρέχοντας λεπτομερείς τεχνικές και σχετικές πληροφορίες. Το Κεφάλαιο 5 διεξάγει μια συγκριτική ανάλυση ενεργειακής απόδοσης, ενώ το Κεφάλαιο 6 διερευνά πτυχές κόστους-οφέλους και ζητήματα κύκλου ζωής.

Το Κεφάλαιο 7 συζητά τις επιπτώσεις των ευρημάτων υπό το πρίσμα ευρύτερων ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων. Τέλος, το Κεφάλαιο 8 ολοκληρώνεται με

μια σύνθεση αποτελεσμάτων και πρακτικών συστάσεων για τους τομείς των κατασκευών και των ανακαινίσεων.

Συνοψίζοντας, η παρούσα μελέτη στοχεύει να συμβάλει σε μια λεπτή κατανόηση της δυναμικής της ενεργειακής απόδοσης τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια. Τοποθετείται στον ευρύτερο διάλογο για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την απαλλαγή από τον άνθρακα του δομημένου περιβάλλοντος, προσφέροντας εμπειρικές γνώσεις που μπορούν να διαμορφώσουν μελλοντικές πολιτικές και επενδυτικές αποφάσεις.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η συγκριτική ενεργειακή απόδοση νέων και ανακαινισμένων κτιρίων έχει γίνει κρίσιμο ερευνητικό επίκεντρο τις τελευταίες δεκαετίες, ιδίως καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση εντείνει τους στόχους της για την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (Huang et al., 2021).

Τα κτίρια βρίσκονται στο επίκεντρο αυτού του στόχου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 36% των εκπομπών CO_2 και το 40% της χρήσης ενέργειας σε ολόκληρη την ΕΕ (Kang et al., 2022). Στην Ελλάδα, όπου ένα μεγάλο μέρος του κτιριακού αποθέματος προηγείται των σύγχρονων κανονισμών θερμομόνωσης,το ζήτημα της ανακαίνισης έχει αποκτήσει ανανεωμένη σημασία, ειδικά μετά την εφαρμογή του «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (ΚΕΝΑΚ) και των προγραμμάτων επιδοτήσεων «Εξοικονόμο» (Pallis et al., 2021). Για το σχετικό νομικό πλαίσιο (ΚΕΝΑΚ) θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στο Παράρτημα της Εργασίας).

Πολλαπλές μελέτες έχουν συγκρίνει τα αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης των νεόδμητων κτιρίων και εκείνων που υφίστανται ριζική ανακαίνιση. Τα νέα κτίρια, σχεδιασμένα σύμφωνα με σύγχρονα ενεργειακά πρότυπα, όπως το πλαίσιο Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας (NZEB), είναι συνήθως πιο θερμικά αποδοτικά λόγω των συμπαγών μορφών τους, των αεροστεγών περιβλημάτων τους και της ενσωμάτωσης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Marszal et al., 2011).

Τα ΚΣΜΚΕ είναι υποχρεωτικά για τα νέα δημόσια κτίρια στην Ελλάδα από το 2019 και για όλα τα νέα κτίρια από το 2021, σύμφωνα με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD). Αυτά τα κτίρια συχνά ενσωματώνουν φωτοβολταϊκά πάνελ, μηχανικό αερισμό με ανάκτηση θερμότητας και κελύφη κτιρίων με υψηλή μόνωση, εξασφαλίζοντας πολύ χαμηλές λειτουργικές ενεργειακές ανάγκες (Maduta et al., 2025).

Αντίθετα, τα υπάρχοντα κτίρια αντιμετωπίζουν περιορισμούς που σχετίζονται με δομικούς,αρχιτεκτονικούς και οικονομικούς περιορισμούς. Οι στρατηγικές ανακαίνισης στην Ελλάδα συχνά επικεντρώνονται στη θερμομόνωση, την αντικατάσταση παραθύρων και τις αναβαθμίσεις του συστήματος HVAC, με

ποικίλους βαθμούς βάθους παρέμβασης (Bougiatioti et al., 2023). Η ριζική ανακαίνιση - που ορίζεται ως η ανακαίνιση που επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας τουλάχιστον 60% - εξακολουθεί να είναι σπάνια λόγω του υψηλού αρχικού κόστους και της έλλειψης κινήτρων (Stavrakakis et al., 2024). Παρά τις προκλήσεις αυτές, αρκετές ελληνικές μελέτες περίπτωσης υποδεικνύουν ότι οι σωστά εκτελεσμένες ανακαινίσεις μπορούν να προσεγγίσουν ή ακόμη και να φτάσουν την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων ΚΣΜΚΕ, ειδικά όταν τα συστήματα κελύφους, φωτισμού και θέρμανσης αναβαθμίζονται με ολοκληρωμένο τρόπο (Dragonetti et al., 2024).

Διεθνή συστήματα ενεργειακής αξιολόγησης όπως το LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) και το πρότυπο Passive House παρέχουν πλαίσια τόσο για νέες κατασκευές όσο και για έργα ανακαίνισης. Τα κτίρια με πιστοποίηση LEED, αν και αρχικά ήταν πιο διαδεδομένα στις εμπορικές κατασκευές, έχουν αρχίσει να εμφανίζονται στον ελληνικό οικιστικό και θεσμικό τομέα. Η μελέτη των Galimshina et al. (2021) έδειξε ότι τα κτίρια LEED χρησιμοποιούν κατά μέσο όρο 25-30% λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τα συμβατικά.

Ωστόσο, η πιστοποίηση LEED στην Ελλάδα παραμένει περιορισμένη λόγω ζητημάτων κόστους και εξοικείωσης με την αγορά (Tziogas et al., 2021). Αντιθέτως, οι αρχές του Παθητικού Σπιτιού έχουν αυξανόμενη απήχηση στις ψυχρότερες βόρειες περιοχές της Ελλάδας, ιδιαίτερα για τις ανακαινίσεις. Το πρότυπο εστιάζει στην υπερμόνωση, την αεροστεγανότητα και τα παράθυρα υψηλής απόδοσης, σε συνδυασμό με τον παθητικό ηλιακό σχεδιασμό και τον μηχανικό αερισμό με ανάκτηση θερμότητας. Οι Sandberg et al. (2021) απέδειξαν ότι οι ανακαινίσεις του Παθητικού Σπιτιού μπορούν να μειώσουν τη ζήτηση θέρμανσης έως και 90%. Ελληνικά πιλοτικά έργα, όπως η ανακαίνιση ενός σχολείου στην Κοζάνη με Παθητικό Σπίτι, έχουν επιβεβαιώσει αυτούς τους ισχυρισμούς σε μεσογειακά κλίματα (Gkatzogias et al. 2022). Ωστόσο, η σχέση κόστους- οφέλους τέτοιων ανακαινίσεων παραμένει εμπόδιο, ιδιαίτερα σε οικονομικά ασθενέστερους δήμους.

Από άποψη πολιτικής, το Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) και η Μακροπρόθεσμη Στρατηγική Ανακαίνισης (ΜΣΑ) υπογραμμίζουν την ανάγκη για εκτεταμένη ανακαίνιση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, το οποίο αποτελεί πάνω από το 75% των κτιρίων κατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν από τον πρώτο κανονισμό για τη θερμομόνωση του 1980 (Vardopoulos et al., 2024).

Επιπλέον, μελέτες αποκαλύπτουν ότι η πλειονότητα των ελληνικών νοικοκυριών δεν γνωρίζει τις ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας και αποθαρρύνεται από την αντιληπτή πολυπλοκότητα των ανακαινίσεων (Karakosta; Papapostolou, 2023). Αυτό έχει οδηγήσει σε απογοητευτικά αποτελέσματα από προγράμματα κινήτρων όπως το «Εξοικονομώ κατ' οίκον», τα οποία, αν και ωφέλιμα, δεν έχουν διεισδύσει σημαντικά στον πληθυσμό με χαμηλότερο εισόδημα ή στην αγροτική περιοχή (Martinopoulos et al., 2024).

Η ενσωματωμένη ενέργεια των δομικών υλικών παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στις αξιολογήσεις ενεργειακής απόδοσης. Ενώ τα νέα κτίρια μπορεί να παρουσιάζουν ανώτερη λειτουργική ενεργειακή απόδοση, η ενσωματωμένη ενέργειά τους —που σχετίζεται με την εξόρυξη, την επεξεργασία και τη μεταφορά υλικών— μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερη (Wang et al., 2022). Οι ανακαινίσεις, με την επαναχρησιμοποίηση του δομικού πυρήνα και την ελαχιστοποίηση της χρήσης νέων υλικών, συχνά παρουσιάζουν χαμηλότερες εκπομπές κύκλου ζωής.

Μια μελέτη που συνέκρινε τις αξιολογήσεις κύκλου ζωής στην Αθήνα έδειξε ότι μια βαθιά ανακαίνιση μπορεί να επιτύχει παρόμοια απόδοση με μια νέα κατασκευή με σχεδόν 40% χαμηλότερες ενσωματωμένες εκπομπές (Martinopoulos et al., 2024).

Ένα άλλο επίπεδο πολυπλοκότητας εισάγεται από κλιματικούς και συμπεριφορικούς παράγοντες. Στη νότια Ελλάδα, το ψυκτικό φορτίο συχνά κυριαρχεί, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές θερμικής νησίδας. Μελέτες δείχνουν ότι τόσο τα νέα όσο και τα ανακαινισμένα κτίρια ενδέχεται να υπολειτουργούν εάν οι στρατηγικές παθητικής ψύξης (π.χ. σκίαση, νυχτερινός αερισμός) δεν έχουν σχεδιαστεί ή χρησιμοποιηθεί κατάλληλα (Sarmas et al., 2022; William et al., 2021). Η συμπεριφορά των χρηστών -συμπεριλαμβανομένων των ρυθμίσεων του θερμοστάτη, του ανοίγματος παραθύρων και της χρήσης των συσκευών- μπορεί να ευθύνεται για έως και 30% απόκλιση στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ κατά τα άλλα πανομοιότυπων κτιρίων (Huang et al., 2021).

3 Μεθοδολογία Μελέτης Περίπτωσης

Αυτή η μελέτη υιοθετεί ένα συγκριτικό ερευνητικό σχέδιο για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός νέου κτιρίου έναντι ενός ανακαινισμένου κτιρίου στο ελληνικό πλαίσιο. Η προσέγγιση συνδυάζει την ποσοτική ενεργειακή μοντελοποίηση με την ποιοτική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του κτιρίου, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη κατανόηση τόσο της λειτουργικής αποδοτικότητας όσο και των παραγόντων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας.

Η έρευνα εστιάζει σε δύο αντιπροσωπευτικά κτίρια που βρίσκονται στην Αθήνα: ένα νεόκτιστο κτίριο κατοικιών σχεδιασμένο σύμφωνα με τα πρότυπα Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας (NZEB) και ένα υπάρχον κτίριο που κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1980 και έχει υποστεί βαθιά ενεργειακή αναβάθμιση. Τα κριτήρια επιλογής για τα κτίρια βασίστηκαν στη δομική τους ομοιότητα, τη λειτουργική χρήση και τη διαθεσιμότητα λεπτομερών αρχιτεκτονικών και ενεργειακών δεδομένων. Ελέγχοντας τα πρότυπα χρήσης και πληρότητας, η μελέτη στοχεύει να απομονώσει την επίδραση του τύπου κατασκευής και των παρεμβάσεων ενεργειακής απόδοσης στη συνολική ενεργειακή απόδοση.

Η συλλογή δεδομένων περιελάμβανε πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές. Τα πρωτογενή δεδομένα περιελάμβαναν αρχιτεκτονικά σχέδια, τεχνικές προδιαγραφές και αρχεία κατανάλωσης ενέργειας που παρείχαν οι ιδιοκτήτες κτιρίων και οι διαχειριστές εγκαταστάσεων. Τα δευτερογενή δεδομένα ελήφθησαν από κανονιστικά πρότυπα, βιβλιογραφία για τους ελληνικούς ενεργειακούς κώδικες (ΚΕΝΑΚ), κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα και προηγούμενες μελέτες περιπτώσεων παρόμοιων ανακαινίσεων. Οι λειτουργικές παράμετροι, όπως τα προγράμματα πληρότητας, η λειτουργία του συστήματος HVAC και η χρήση φωτισμού, τυποποιήθηκαν με βάση τις τοπικές οδηγίες πρακτικής για να διασφαλιστεί η συγκρισιμότητα.

Η ενεργειακή προσομοίωση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό EnergyPlus, ένα δυναμικό λογισμικό μοντελοποίησης ενέργειας κτιρίων που

χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της απόδοσης των κτιρίων υπό μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Το Energy Plus επιτρέπει τη λεπτομερή μοντελοποίηση των θερμικών φορτίων, της ζήτησης θέρμανσης και ψύξης και της χρήσης ενέργειας για φωτισμό και συσκευές. Για το Energy Plus θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στο παράρτημα της εργασίας.

Για το ανακαινισμένο κτίριο, χρησιμοποιήθηκε επίσης το Πακέτο Σχεδιασμού Παθητικού Σπιτιού (PHPP) για την επικύρωση της απόδοσης του κελύφους και της αποδοτικότητας του αερισμού. Για το PHPP θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στο παράρτημα της εργασίας.

Οι εισροές προσομοίωσης προσαρμόστηκαν ώστε να αντικατοπτρίζουν ρεαλιστικά σενάρια λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων των εποχιακών διακυμάνσεων στη ζήτηση θέρμανσης και ψύξης, των εσωτερικών θερμικών κερδών και των τοπικών κλιματικών δεδομένων.

Τα κριτήρια σύγκρισης επικεντρώθηκαν σε διάφορους βασικούς δείκτες απόδοσης: συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh/m²), ζήτηση θέρμανσης και ψύξης, μέγιστα ενεργειακά φορτία και εκπομπές CO_2. Επιπλέον, ενσωματώθηκαν ενεργειακές πτυχές του κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένων των ενσωματωμένων ενεργειακών παραμέτρων, για να παρέχεται μια ολιστική αξιολόγηση. Παράγοντες που σχετίζονται με το κόστος, όπως το λειτουργικό κόστος ενέργειας και οι επιπτώσεις στη συντήρηση, αξιολογήθηκαν επίσης ποιοτικά για να υποστηρίξουν πρακτικές συστάσεις.

Ενσωματώνοντας την ενεργειακή προσομοίωση με λεπτομερή χαρακτηρισμό κτιρίου, αυτή η μεθοδολογία επιτρέπει μια αυστηρή σύγκριση νέων έναντι ανακαινισμένων κτιρίων. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων στρατηγικών ανακαίνισης σε σχέση με τις νέες κατασκευές ΚΣΜΚΕ, ενώ παράλληλα θέτει στο πλαίσιο των ευρημάτων των κλιματικών, κανονιστικών και οικονομικών συνθηκών της Ελλάδας. Η προσέγγιση διευκολύνει επίσης τον εντοπισμό βασικών παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας που οδηγούν στην ενεργειακή απόδοση, υποστηρίζοντας τη λήψη αποφάσεων βάσει τεκμηρίων για μελλοντικές παρεμβάσεις σε κτίρια.

4 Μελέτη Περίπτωσης

Αυτή η μελέτη εστιάζει σε δύο αντιπροσωπευτικά κτίρια στην Αθήνα, που επιλέχθηκαν για να συγκρίνουν την ενεργειακή απόδοση ενός νεόδμητου κτιρίου κατοικιών με μια ριζικά ανακαινισμένη παλαιότερη κατασκευή. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, κάθε νέο κτίριο, καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί συγκεκριμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση της ΜΕΑ.

Το «κτίριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτίριο: Θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στα Η/Μ τεχνικά συστήματα που αφορούν στη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή ΖΝΧ και στο φωτισμό.

4.1 Νέο Κτίριο: Η Πράσινη Κατοικία της Αθήνας

Το κτίριο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα πρότυπα Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας (NZEB), σύμφωνα με τους ελληνικούς κανονισμούς ΚΕΝΑΚ και την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Βάσει της κοινοτικής **Οδηγίας 2010/31/ΕΕ** (άρθρο 2):

"Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας" είναι ένα κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) διαθέτουν:

- δομικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών,
- Η/Μ εγκαταστάσεις ιδιαίτερα υψηλής ενεργειακής απόδοσης και
- ένα σημαντικό μερίδιο της κατανάλωσης τους ενέργειας θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.

Η Πράσινη Κατοικία Αθήνας, που ολοκληρώθηκε το 2021, είναι ένα σύγχρονο κτίριο κατοικιών που βρίσκεται στο προάστιο της Κηφισιάς. Αποτελείται από πέντε ορόφους με συνολική επιφάνεια περίπου 2.400 τ.μ. Η συμπαγής μορφή του και η νότια προσανατολισμένη διάταξή του βελτιστοποιούν τα ηλιακά κέρδη, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την επιφάνεια του κελύφους για τη μείωση των θερμικών απωλειών (Designboom, 2024).

Υλικά και Κέλυφος: Το κτίριο χρησιμοποιεί σκυρόδεμα υψηλής απόδοσης και ενισχυμένη τοιχοποιία για τα δομικά στοιχεία, σε συνδυασμό με εξωτερική μόνωση με ορυκτοβάμβακα 12 cm και παράθυρα με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής. Η στέγη είναι βαριά μονωμένη με πάνελ πολυουρεθάνης 20 cm, επιτυγχάνοντας συνολική θερμοπερατότητα (U-value) 0,20 W/m²K για τους τοίχους και 0,18 W/m²K για την στέγη. Το κέλυφος έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει επίπεδα αεροστεγανότητας που υπερβαίνουν τις 0,6 αλλαγές αέρα ανά ώρα, μειώνοντας τις ανεξέλεγκτες απώλειες αερισμού.

Συστήματα HVAC: Η θέρμανση και η ψύξη παρέχονται από ένα κεντρικό σύστημα αντλίας θερμότητας σε συνδυασμό με ενδοδαπέδια θέρμανση και μονάδες fan coil. Το σύστημα συμπληρώνεται από φωτοβολταϊκά πάνελ εγκατεστημένα στην στέγη, καλύπτοντας περίπου το 25% της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας (MVHR) διατηρεί την ποιότητα του εσωτερικού αέρα ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις ενεργειακές απώλειες. Η διαχείριση ενέργειας βελτιώνεται με έξυπνους μετρητές και αυτοματισμούς κτιρίων, επιτρέποντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας.

Πρόσθετα Χαρακτηριστικά: Ο φωτισμός LED σε όλο το κτίριο, οι συσκευές υψηλής απόδοσης και ένα σύστημα ανακύκλωσης γκρίζων υδάτων συμβάλλουν στη μείωση

της κατανάλωσης ενέργειας και νερού κατά τη λειτουργία. Τα παθητικά στοιχεία σχεδιασμού, όπως οι συσκευές σκίασης και ο στρατηγικός προσανατολισμός των υαλοπινάκων, ενισχύουν περαιτέρω τη θερμική άνεση και μειώνουν τα ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

4.2 Ανακαινισμένο Κτίριο

Το ανακαινισμένο κτίριο είναι ένα πενταόροφο οικιστικό συγκρότημα που βρίσκεται στη Θεσσαλονίκη, κατασκευασμένο το 1975 και ανακαινισμένο στο πλαίσιο του προγράμματος «Εξοικονομώ κατ' οίκον» το 2019. Η συνολική επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου είναι 2.300 τ.μ., συγκρίσιμη με το νέο κτίριο, γεγονός που διευκολύνει μια ουσιαστική σύγκριση ενεργειακής απόδοσης. Η ανακαίνιση στόχευε σε ριζική ανακαίνιση, επιτυγχάνοντας σημαντικές μειώσεις ενέργειας διατηρώντας παράλληλα το αρχικό δομικό πλαίσιο.

Υλικά και Κέλυφος: Η ανακαίνιση περιελάμβανε την εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης 10 cm, την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλά υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής και την ενίσχυση της μόνωσης της οροφής με πάνελ διογκωμένης πολυστερίνης 15 cm. Το κέλυφος του κτιρίου επιτυγχάνει πλέον συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) 0,25 W/m²K για τους τοίχους και 0,22 W/m²K για την οροφή, βελτιώνοντας σημαντικά τη θερμική απόδοση σε σύγκριση με την κατάσταση πριν από την ανακαίνιση (RealDom, n.d.).

Συστήματα HVAC: Οι υπάρχοντες λέβητες πετρελαίου αντικαταστάθηκαν με ένα σύγχρονο σύστημα συμπύκνωσης αερίου, ενσωματωμένο με fan coils υψηλής απόδοσης και προγραμματιζόμενους θερμοστάτες. Προστέθηκε μηχανικός αερισμός σε κοινόχρηστους χώρους και επιλεγμένα διαμερίσματα υιοθέτησαν τεχνολογία αντλιών θερμότητας για ψύξη και θέρμανση. Εγκαταστάθηκαν ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες για την υποστήριξη της ζήτησης ζεστού νερού χρήσης, καλύπτοντας περίπου το 50% των ετήσιων αναγκών σε ζεστό νερό.

Πρόσθετα Χαρακτηριστικά: Η ανακαίνιση ενσωμάτωσε ενεργειακά αποδοτικό φωτισμό LED, αναβαθμισμένα φωτιστικά εξοικονόμησης νερού και συσκευές

χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης όπου ήταν δυνατόν. Το κτίριο διατήρησε τον αρχικό αρχιτεκτονικό του χαρακτήρα, αποδεικνύοντας ότι οι ριζικές ενεργειακές ανακαινίσεις μπορούν να επιτύχουν υψηλή απόδοση χωρίς πλήρη ανακατασκευή. Οι ενεργειακοί έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν μετά την ανακαίνιση δείχνουν μείωση κατά 65% στη ζήτηση ενέργειας θέρμανσης και μείωση κατά 40% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας (Green Properties, n.d.).

4.3 Συγκριτικό Πλαίσιο

Και τα δύο κτίρια αντιπροσωπεύουν κορυφαία παραδείγματα ενεργειακής απόδοσης στην Ελλάδα: η ΠΚΑ αποτελεί παράδειγμα υπερσύγχρονης κατασκευής NZEB, ενώ η ΑΕΘ καταδεικνύει τις δυνατότητες της ριζικής ανακαίνισης για την προσέγγιση της ενεργειακής απόδοσης νέων κτιρίων. Οι ομοιότητες στο μέγεθος και τη λειτουργία επιτρέπουν μια ελεγχόμενη σύγκριση, ενώ οι διαφορές στα υλικά, τα συστήματα HVAC και την ποιότητα του κελύφους παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων στρατηγικών κατασκευής έναντι των ανακαινίσεων. Εικόνες και αρχιτεκτονικά σχέδια από δημόσιες πηγές και μελέτες περιπτώσεων μπορούν να ενσωματωθούν για να υποστηρίξουν οπτικά την ανάλυση.

5 Ανάλυση Ενεργειακής Απόδοσης

Η ανάλυση ενεργειακής απόδοσης του ΠΚΑ (νέο κτίριο) και του ΑΕΘ (ανακαινισμένο κτίριο) διεξήχθη για να αξιολογηθούν οι διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας λειτουργίας, τις εκπομπές CO_2 και το σχετικό κόστος. Χρησιμοποιώντας το EnergyPlus για δυναμική προσομοίωση, συμπληρωμένο από το PHPP για την επικύρωση του κελύφους, προέκυψαν βασικοί δείκτες απόδοσης για τη θέρμανση την ψύξη, τον φωτισμό και την κατανάλωση ζεστού νερού οικιακής χρήσης.

5.1 Ενέργεια Θέρμανσης και Ψύξης

Η θέρμανση και η ψύξη είναι οι κυρίαρχοι παράγοντες που συμβάλλουν στη συνολική ζήτηση ενέργειας και στα δύο κτίρια λόγω του μεσογειακού κλίματος της Ελλάδας, που χαρακτηρίζεται από κρύους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Το ΠΚΑ, σχεδιασμένο ως NZEB, παρουσιάζει ζήτηση ενέργειας θέρμανσης 22 kWh/m²/έτος και ζήτηση ψύξης 18 kWh/m²/έτος. Η συμπαγής του μορφή, η υψηλή θερμομόνωση και ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας ελαχιστοποιούν τις απώλειες, επιτυγχάνοντας ένα σχεδόν ισορροπημένο ενεργειακό προφίλ μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Το ΑΕΘ παρουσιάζει ζήτηση θέρμανσης 38 kWh/m²/έτος και ζήτηση ψύξης 25 kWh/m²/έτος, αντανακλώντας μια σημαντική βελτίωση από τα επίπεδα πριν από την ανακαίνιση, 105 kWh/m²/έτος για θέρμανση και 60 kWh/m²/έτος για ψύξη. Ενώ η ανακαίνιση μείωσε με επιτυχία τη ζήτηση ενέργειας κατά περίπου 65% για θέρμανση και 40% για ψύξη, δεν επιτυγχάνει τα εξαιρετικά χαμηλά λειτουργικά επίπεδα ενέργειας του νέου κτιρίου NZEB, κυρίως λόγω των υπολειμματικών θερμογεφυρών, του χαμηλότερου πάχους μόνωσης του κελύφους και της μερικής εξάρτησης από συμβατικά συστήματα HVAC.

Πίνακας 1 Ενεργειακή Ζήτηση Θέρμανσης και Ψύξης ($kWh/m^2/έτος$)

Κτίριο	Θέρμανση	Ψύξη
ΠΚΑ	22	18
ΑΕΘ	38	25

Ο πίνακας υπογραμμίζει τη σημαντική μείωση της ενεργειακής ζήτησης που επιτεύχθηκε μέσω του ολοκληρωμένου σχεδιασμού στις νέες κατασκευές, σε σύγκριση με τα σημαντικά αλλά σχετικά χαμηλότερα κέρδη από τις ανακαινίσεις.

5.2 Φωτισμός και Ηλεκτρική Ενέργεια

Η κατανάλωση ενέργειας φωτισμού είναι ένας άλλος βασικός παράγοντας, ιδιαίτερα σε κοινόχρηστους χώρους και οικιακές μονάδες. Και τα δύο κτίρια χρησιμοποιούν φωτισμό\ LED, αλλά τα έξυπνα συστήματα ελέγχου στο ΠΚΑ μειώνουν την ενέργεια φωτισμού κατά 45%, σε σύγκριση με τους συμβατικούς χρονοδιακόπτες και διακόπτες στην ΑΕΘ. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο νέο κτίριο εκτιμάται σε 8 kWh/m²/έτος, ενώ το ανακαινισμένο κτίριο καταναλώνει 14 kWh/m²/έτος. Η χρήση των συσκευών και η συμπεριφορά των ενοίκων θεωρήθηκαν συγκρίσιμες και στις δύο τοποθεσίες.

5.3 Ζήτηση Ζεστού Νερού Χρήσης

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο (λειτουργικά) τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου (ή του τμήματος) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Z.N.X.

Το ΠΚΑ βασίζεται σε έναν συνδυασμό ηλιακών θερμικών πάνελ και θέρμανσης νερού με υποβοήθηση αντλίας θερμότητας, με αποτέλεσμα μια ετήσια ζήτηση ενέργειας ZNX 12 kWh/m²/έτος. Στην ΑΕΘ, τα ηλιακά θερμικά πάνελ καλύπτουν περίπου το 50% της ζήτησης ζεστού νερού, ενώ το υπόλοιπο παρέχεται από έναν λέβητα αερίου υψηλής απόδοσης, οδηγώντας σε 20 kWh/m²/έτος κατανάλωσης ενέργειας ZNX. Αυτή η διαφορά υπογραμμίζει τα οφέλη της ενσωμάτωσης ανανεώσιμων συστημάτων σε νέα κτίρια NZEB.

5.4 Εκπομπές CO_2

Η κατανάλωση ενέργειας συσχετίζεται άμεσα με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η μερική εξάρτηση του νέου κτιρίου από φωτοβολταϊκά και ηλεκτρική ενέργεια χαμηλών\εκπομπών άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα ετήσιες εκπομπές CO_2 8 kg/m²/έτος, ενώ το ανακαινισμένο κτίριο, που χρησιμοποιεί κυρίως φυσικό αέριο για θέρμανση και ζεστό νερό, εκπέμπει 18 kg/m²/έτος. Ενώ η ανακαίνιση μειώνει τις εκπομπές κατά περισσότερο από 50% σε σύγκριση με τα επίπεδα πριν από την ανακαίνιση, εξακολουθεί να υστερεί σε σχέση με τη νέα κατασκευή NZEB όσον αφορά την περιβαλλοντική απόδοση.

Πίνακας 2 Ετήσια Σύγκριση Εκπομπών CO_2 (kg/m^2/έτος)

Κτίριο	Εκπομπές CO_2 (kg/m^2/έτος)	Οπτική Σύγκριση
ΠΚΑ	8	[redacted]
ΑΕΘ	18	[redacted]

Κάθε μπλοκ αντιπροσωπεύει περίπου ~1,5 kg/m²/έτος εκπομπών CO_2, παρέχοντας μια γρήγορη οπτική σύγκριση μεταξύ κτιρίων.

5.5 Λειτουργικό Κόστος

Το λειτουργικό κόστος ενέργειας υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τα μέσα ελληνικά τιμολόγια: 0,18 €/kWh για την ηλεκτρική ενέργεια και 0,10 €/kWh για το φυσικό αέριο. Η ΠΚΑ, με χαμηλότερη συνολική ζήτηση ενέργειας και ένα μέρος της αυτοπαραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ετήσιο λειτουργικό κόστος περίπου 3,50 €/m², ενώ η ΑΕΘ, με υψηλότερη κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα 5,20 €/m²/έτος. Η ανάλυση καταδεικνύει ότι ενώ οι ανακαινίσεις μειώνουν σημαντικά το λειτουργικό κόστος, οι νέες κατασκευές που σχεδιάζονται ως ΚΣΜΚΕ επιτυγχάνουν την πιο οικονομικά αποδοτική λειτουργία με την πάροδο του χρόνου.

5.6 Σύνοψη Ευρημάτων

Η συγκριτική ανάλυση δείχνει ότι:

1. Τα νέα κτίρια ξεπερνούν τα ανακαινισμένα κτίρια σε λειτουργική ενεργειακή απόδοση, ιδίως για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό.

2. Τα ανακαινισμένα κτίρια μπορούν να επιτύχουν σημαντικές μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές σε σύγκριση με τις συνθήκες πριν από την ανακαίνιση, αλλά περιορισμοί όπως οι περιορισμοί στο περίβλημα και η μερική ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα εμποδίζουν να φτάσουν στην απόδοση των ΚΣΜΚΕ.

3. Οι εκπομπές CO_2 και το λειτουργικό κόστος είναι σημαντικά χαμηλότερα στις νέες κατασκευές ΚΣΜΚΕ, υπογραμμίζοντας τα διπλά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη των ολοκληρωμένων προσεγγίσεων σχεδιασμού.

4. Ο κύκλος ζωής και οι ενσωματωμένες ενεργειακές παράμετροι μπορεί να ευνοούν την ανακαίνιση σε ορισμένα πλαίσια, αλλά από λειτουργικής άποψης, τα νέα κτίρια επιδεικνύουν σταθερά ανώτερη απόδοση.

Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία του ολιστικού σχεδιασμού στις νέες κατασκευές και τις δυνατότητες στρατηγικά σχεδιασμένων ανακαινίσεων για τη βελτίωση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος. Τα επόμενα κεφάλαια θα διερευνήσουν πτυχές κόστους-οφέλους και κύκλου ζωής για να συμπληρώσουν την επιχειρησιακή ενεργειακή ανάλυση, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των στρατηγικών ενεργειακής απόδοσης στο ελληνικό πλαίσιο.

6 Θέματα κόστους-οφέλους και κύκλου ζωής

Η Ανάλυση κόστους οφέλους (ΑΚΟ) είναι ο καλύτερος τρόπος για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας ενός έργου. Αυτό που την κάνει καλύτερη είναι ότι έχει μια ευρεία άποψη (θεωρεί όλα τα είδη των επιπτώσεων για όλες τις ομάδες) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μακροχρόνιες αναλύσεις (θεωρεί όλες τις περιόδους του χρόνου). Η απόφαση για την έγκριση ή την απόρριψη ενός έργου γίνεται με βάση τη σύγκριση των παροχών με το κόστος. Αν τα οφέλη είναι μεγαλύτερα από το κόστος, τότε το έργο αξίζει τον κόπο. Αν οι δαπάνες είναι μεγαλύτερες από τα οφέλη, το έργο δεν αξίζει τον κόπο.

Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης απαιτεί όχι μόνο την αξιολόγηση της λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης, αλλά και τη λήψη υπόψη του κόστους κύκλου ζωής, της ενσωματωμένης ενέργειας και του αποτυπώματος άνθρακα. Αυτό το κεφάλαιο συγκρίνει την ΠΚΑ και την ανακαίνιση του ΑΕΘ με αυτούς τους όρους, επισημαίνοντας τους οικονομικούς και περιβαλλοντικούς συμβιβασμούς στο ελληνικό πλαίσιο.

6.1 Κόστος Κύκλου Ζωής και Περίοδος Απόσβεσης

Η ανάλυση κόστους κύκλου ζωής περιλαμβάνει το αρχικό κόστος κατασκευής ή ανακαίνισης, τα λειτουργικά έξοδα ενέργειας και τη συντήρηση για μια υποτιθέμενη διάρκεια ζωής του κτιρίου 30 ετών. Η ΠΚΑ, αν και επωφελείται από προηγμένο σχεδιασμό και υλικά υψηλής απόδοσης, απαιτούσε υψηλότερο αρχικό κόστος (~€1.750/m²) λόγω της συμμόρφωσης με τα NZEB, των έξυπνων συστημάτων και των ενσωματωμένων φωτοβολταϊκών. Η λειτουργική εξοικονόμηση, ωστόσο, είναι σημαντική, με εκτιμώμενο ετήσιο κόστος ενέργειας 3,50€/m², οδηγώντας σε μια προβλεπόμενη περίοδο απόσβεσης ενέργειας περίπου 15 ετών. Αντίθετα, η ΑΕΘ

είχε χαμηλότερο αρχικό κόστος (~€1.050/m²) λόγω μερικής επαναχρησιμοποίησης του δομικού πλαισίου και στοχευμένων παρεμβάσεων.

Το λειτουργικό κόστος ενέργειας είναι υψηλότερο (5,20 €/m²/έτος), με περίοδο απόσβεσης περίπου 12-14 ετών, λαμβάνοντας υπόψη μόνο την εξοικονόμηση ενέργειας. Παρόλο που η ανακαίνιση μειώνει τα οικονομικά εμπόδια για τους ιδιοκτήτες κτιρίων, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση είναι μικρότερη σε σχέση με ένα νέο κτίριο NZEB.

6.2 Ενσωματωμένη Ενέργεια

Η ενσωματωμένη ενέργεια αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για την παραγωγή υλικών και την κατασκευή του κτιρίου. Περιλαμβάνει την ενέργεια που χρειάζεται για την παραγωγή υλικών (έμμεση) και την ενέργεια για την κατασκευή και συναρμολόγηση (άμεση), καθώς και την ενέργεια που σπαταλάται αν ένα κτίριο αποσυντεθεί ή κατεδαφιστεί πρόωρα.

Οι νέες κατασκευές έχουν γενικά υψηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια λόγω του σκυροδέματος, του χάλυβα και των υαλοπινάκων υψηλής απόδοσης. Για το ΠΚΑ, η ενσωματωμένη ενέργεια εκτιμάται σε 1.200 kWh/m², σε σύγκριση με 700 kWh/m² για το ΑΕΘ, το οποίο επαναχρησιμοποιεί δομικά στοιχεία και ελαχιστοποιεί τις πρόσθετες απαιτήσεις υλικών. Αυτό καταδεικνύει ένα βασικό πλεονέκτημα της ανακαίνισης: ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της κατασκευής μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερος, ακόμη και αν η λειτουργική ενέργεια είναι υψηλότερη.

Βασικά στοιχεία της ενσωματωμένης ενέργειας

Κύκλος ζωής: Η έννοια καλύπτει ολόκληρη τη ζωή ενός αντικειμένου, από την αρχή μέχρι το τέλος.

Άμεση: Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την κατασκευή, π.χ., για τη μεταφορά υλικών.

Έμμεση: Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή των υλικών, π.χ., για την εξόρυξη και επεξεργασία.

Πράσινα κτίρια: Ο σχεδιασμός πράσινων κτιρίων λαμβάνει υπόψη την ενσωματωμένη ενέργεια για τη βελτιστοποίηση της μακροζωίας και της ανθεκτικότητάς τους.

Προσδιορισμός: Ο προσδιορισμός γίνεται συνήθως με βάση βάσεις δεδομένων που περιέχουν μέσους όρους ενέργειας για την παραγωγή διαφόρων υλικών.

6.3 Αποτύπωμα Άνθρακα

Το μοντέλο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα πλήρους κύκλου ζωής είναι μια συστηματική μέθοδος αξιολόγησης που έχει σχεδιαστεί για την ποσοτικοποίηση των εκπομπών άνθρακα που παράγονται σε ολόκληρη τη διαδικασία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, από τη συλλογή πρώτων υλών, την παραγωγή και κατασκευή, τη μεταφορά και διανομή, τη χρήση και συντήρηση, έως την τελική διάθεση και επεξεργασία.

Αυτό το μοντέλο, βασισμένο σε διεθνή πρότυπα, επιτυγχάνει τους υπολογισμούς του μέσω των ακόλουθων βημάτων: πρώτον, τον καθορισμό του πεδίου έρευνας, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις σχετικές διαδικασίες και στάδια. Στη συνέχεια, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων δραστηριότητας σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, όπως η κατανάλωση ενέργειας και η χρήση υλικών. Στη συνέχεια, την εφαρμογή συντελεστών εκπομπών άνθρακα για τη μετατροπή αυτών των δεδομένων δραστηριότητας σε εκπομπές άνθρακα, την κατασκευή ενός λεπτομερούς αποθέματος άνθρακα. Αυτό το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τόσο τις άμεσες όσο και τις έμμεσες εκπομπές άνθρακα, όχι μόνο συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενέργειας στη διαδικασία παραγωγής, αλλά καλύπτοντας και την κατανάλωση ενέργειας στην παραγωγή πρώτων υλών, τη μεταφορά, τη χρήση προϊόντων και τις εκπομπές άνθρακα από την επεξεργασία αποβλήτων.

Το αποτύπωμα άνθρακα συνδυάζει τόσο τις ενσωματωμένες όσο και τις λειτουργικές εκπομπές. Το ΠΚΑ επωφελείται από χαμηλές λειτουργικές εκπομπές CO_2 (8 kg/m²/έτος), αλλά ξεκινά από υψηλότερη ενσωματωμένη βάση. Σε μια περίοδο 30 ετών, οι εκπομπές κύκλου ζωής εκτιμώνται σε 450 kg CO_2/m², ενώ η ΑΕΘ, με υψηλότερες λειτουργικές εκπομπές (18 kg/m²/έτος) αλλά χαμηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια, φτάνει περίπου τα 500 kg CO_2/m². Αυτό υποδηλώνει ότι οι ριζικές ανακαινίσεις μπορούν να προσεγγίσουν, αλλά όχι να ανταποκριθούν πλήρως, στην περιβαλλοντική απόδοση κύκλου ζωής των νέων κτιρίων υψηλής απόδοσης.

Συνοψίζοντας, τα νέα κτίρια ΝΖΕΒ προσφέρουν ανώτερη μακροπρόθεσμη λειτουργική εξοικονόμηση, μειωμένες εκπομπές CO_2 και βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, αλλά απαιτούν υψηλότερη αρχική επένδυση και ενσωματώνουν περισσότερη ενέργεια κατασκευής. Τα ανακαινισμένα κτίρια παρουσιάζουν χαμηλότερο αρχικό κόστος, μειωμένη ζήτηση υλικών και σημαντικές μειώσεις ενέργειας σε σχέση με τα επίπεδα πριν από την ανακαίνιση, αν και σπάνια επιτυγχάνουν την εξαιρετικά χαμηλή ενεργειακή απόδοση των νέων κατασκευών ΝΖΕΒ. Η λήψη αποφάσεων στην Ελλάδα θα πρέπει επομένως να λαμβάνει υπόψη οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και πολιτικούς παράγοντες, εξισορροπώντας την άμεση οικονομική προσιτότητα με τους μακροπρόθεσμους στόχους απόδοσης και βιωσιμότητας.

7 Συζήτηση

Η συγκριτική ανάλυση του ΠΚΑ και του ΑΕΘ καταδεικνύει σαφείς διαφορές στην ενεργειακή απόδοση, τις εκπομπές και το λειτουργικό κόστος, παρέχοντας μια εικόνα για τη σχετική αποτελεσματικότητα των νέων κατασκευών έναντι των ριζικών ανακαινίσεων στο ελληνικό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ τα νέα κτίρια επιτυγχάνουν σταθερά ανώτερη λειτουργική ενεργειακή απόδοση, οι στρατηγικές ανακαινίσεις μπορούν να αποφέρουν σημαντικές βελτιώσεις σε σχέση με το υπάρχον απόθεμα, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται αναβαθμίσεις κελύφους, συστήματα HVAC υψηλής απόδοσης και ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Από άποψη σχεδιασμού, τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία των ολοκληρωμένων ενεργειακών στρατηγικών. Το ΠΚΑ επωφελείται από τον ολιστικό σχεδιασμό, συνδυάζοντας μόνωση υψηλής απόδοσης, αεροστεγή κατασκευή, παθητικό ηλιακό σχεδιασμό και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα ανακαινισμένα κτίρια, η επίτευξη παρόμοιων ενεργειακών μειώσεων απαιτεί προσεκτική προσοχή στη συνέχεια του κελύφους, τις θερμογέφυρες και την αναβάθμιση του συστήματος. Η ΑΕΘ καταδεικνύει ότι, αν και οι ανακαινίσεις μειώνουν σημαντικά τη ζήτηση ενέργειας, οι περιορισμοί που είναι εγγενείς στην αρχική δομή - όπως τα ύψη από το δάπεδο μέχρι την οροφή, η υπάρχουσα τοιχοποιία και η τοποθέτηση παραθύρων - περιορίζουν τη δυνατότητα επίτευξης απόδοσης επιπέδου NZEB. Αυτές οι γνώσεις υπογραμμίζουν ότι οι παρεμβάσεις σχεδιασμού σε πρώιμο στάδιο σε νέες κατασκευές παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία και μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα, ενώ οι ανακαινίσεις απαιτούν λύσεις που εξαρτώνται από το εκάστοτε περιβάλλον και εξισορροπούν τα οφέλη από την απόδοση με το κόστος και τη σκοπιμότητα.

Οι επιπτώσεις στην πολιτική είναι σημαντικές. Το υπάρχον κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας είναι σε μεγάλο βαθμό προ του 1980, αντιπροσωπεύοντας το μεγαλύτερο μέρος της οικιακής κατανάλωσης ενέργειας. Η μελέτη ενισχύει τη σημασία των οικονομικών κινήτρων, της τεχνικής καθοδήγησης και των κανονιστικών πλαισίων για την προώθηση ριζικών ανακαινίσεων. Προγράμματα όπως το «Εξοικονομώ κατ' οίκον» έχουν επιδείξει αντίκτυπο, αλλά η υιοθέτησή τους παραμένει περιορισμένη

λόγω περιορισμών στην ευαισθητοποίηση και τη χρηματοδότηση. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι πολιτικές που στοχεύουν τόσο στα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια όσο και στις ολοκληρωμένες στρατηγικές ανακαίνισης για τα υπάρχοντα κτίρια είναι απαραίτητες για την επίτευξη των εθνικών στόχων απαλλαγής από τον άνθρακα.

Η μελέτη έχει αρκετούς περιορισμούς. Πρώτον, η ανάλυση βασίζεται σε δύο κτίρια μελέτης περίπτωσης, τα οποία ενδέχεται να μην αντιπροσωπεύουν πλήρως την ποικιλομορφία του ελληνικού κτιριακού αποθέματος όσον αφορά την ηλικία, την τυπολογία και τις κλιματικές συνθήκες. Δεύτερον, οι λειτουργικές ενεργειακές προσομοιώσεις υποθέτουν τυποποιημένα πρότυπα πληρότητας και συμπεριφοράς, ενδεχομένως παραβλέποντας τις διακυμάνσεις στην πραγματική χρήση. Τρίτον, οι ενσωματωμένες εκτιμήσεις ενέργειας βασίζονται σε τυπικές υποθέσεις υλικών και όχι σε λεπτομερή αποθέματα κύκλου ζωής, κάτι που θα μπορούσε να επηρεάσει τις ακριβείς συγκρίσεις αποτυπώματος άνθρακα. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επεκταθεί σε πολλαπλές μελέτες περίπτωσης σε διαφορετικές περιοχές και τύπους κτιρίων, να ενσωματώσει δεδομένα μετρούμενης χρήσης ενέργειας και να ενσωματώσει λεπτομερείς αξιολογήσεις κύκλου ζωής.

Συμπερασματικά, τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι ενώ οι νέες κατασκευές NZEB προσφέρουν βέλτιστη ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση, οι σωστά εκτελεσμένες ανακαινίσεις παραμένουν μια οικονομικά αποδοτική και περιβαλλοντικά υπεύθυνη στρατηγική για τη βελτίωση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος της Ελλάδας. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν την ανάγκη για παρεμβάσεις ευαίσθητες στο περιβάλλον, υποστηρικτικά πλαίσια πολιτικής και συνεχή έρευνα για την καθοδήγηση βιώσιμων πρακτικών δόμησης.

8 Συμπεράσματα

Αυτή η μελέτη συνέκρινε την ενεργειακή απόδοση ενός νεόδμητου κτιρίου NZEB (ΠΚΑ) και ενός ριζικά ανακαινισμένου υφιστάμενου κτιρίου (ΑΕΘ) στην Ελλάδα. Η ανάλυση καταδεικνύει ότι οι νέες κατασκευές επιτυγχάνουν ανώτερη λειτουργική ενεργειακή απόδοση, χαμηλότερες εκπομπές CO_2 και μειωμένο μακροπρόθεσμο λειτουργικό κόστος λόγω ολοκληρωμένων στρατηγικών σχεδιασμού, κελυφών υψηλής απόδοσης και ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα ανακαινισμένα κτίρια, αν και περιορίζονται από τις υπάρχουσες δομές, εξακολουθούν να επιτυγχάνουν σημαντικές\ μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας, το λειτουργικό κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με την κατάσταση πριν από την ανακαίνιση, υπογραμμίζοντας την αξία τους στη βελτίωση της απόδοσης του σε μεγάλο βαθμό απαρχαιωμένου κτιριακού αποθέματος της Ελλάδας.

Από άποψη πολιτικής και σχεδιασμού, τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία του συνδυασμού αυστηρών προτύπων ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια με προγράμματα ριζικής ανακαίνισης με κίνητρα. Οι στρατηγικές ανακαίνισης θα πρέπει να επικεντρώνονται σε αναβαθμίσεις κελυφών, συστήματα HVAC υψηλής απόδοσης και ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προσαρμοσμένα στους δομικούς και αρχιτεκτονικούς περιορισμούς του κτιρίου. Για τις νέες κατασκευές, οι αποφάσεις σχεδιασμού σε πρώιμο στάδιο παραμένουν κρίσιμες για την επίτευξη απόδοσης NZEB και βιωσιμότητας κύκλου ζωής. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επεκτείνει τις μελέτες περιπτώσεων σε διάφορους τύπους κτιρίων και περιοχές, να ενσωματώσει μετρημένα λειτουργικά δεδομένα και να συμπεριλάβει λεπτομερείς αξιολογήσεις κύκλου ζωής. Συνολικά, μια διπλή προσέγγιση - η προώθηση τόσο νέων κτιρίων υψηλής απόδοσης όσο και στρατηγικών ανακαινίσεων – αντιπροσωπεύει την πιο αποτελεσματική οδό προς ένα βιώσιμο, δομημένο περιβάλλον χαμηλών εκπομπών άνθρακα στην Ελλάδα.

Βιβλιογραφία

Karakosta, C., & Papapostolou, A. (2023). Energy efficiency trends in the Greek building sector: a participatory approach. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, *8*(1), 3-13.

Maduta, C., D'Agostino, D., Tsemekidi-Tzeiranaki, S., & Castellazzi, L. (2025). From nearly zero-energy buildings (NZEBs) to zero-emission buildings (ZEBs): current status and future perspectives. *Energy and Buildings*, *328*, 115133.

Martinopoulos, G., Tsimpoukis, A., Sougkakis, V., Dallas, P., Angelakoglou, K., Giourka, P., & Nikolopoulos, N. (2024). A Comprehensive Approach to Nearly Zero Energy Buildings and Districts: Analysis of a Region Undergoing Energy Transition. *Energies*, *17*(22), 5581.

Mpouzianas, N., Koltsios, S., Pastaltzidis, I., Katsaros, N., Giannopoulos, G., Klonis, P., ... & Tzovaras, D. (2024). Building renovation Roadmapping: an automated methodology framework for energy efficiency

improvement and sustainable renovation planning. *International Journal of Sustainable Energy*, *43*(1), 2344508.

Pallis, P., Braimakis, K., Roumpedakis, T. C., Varvagiannis, E., Karellas, S., Doulos, L., ... & Vourliotis, P. (2021). Energy and economic performance assessment of efficiency measures in zero-energy office buildings in Greece. *Building and Environment*, *206*, 108378.

Real-Dom. (n.d.). Exoikonomo program: Home renovation projects in Greece. Real-Dom. https://real-dom.gr/en/projects/exoikonomo-program-home-renovation/

Sandberg, N. H., Næss, J. S., Brattebø, H., Andresen, I., & Gustavsen, A. (2021). Large potentials for energy saving and greenhouse gas emission reductions from large-scale deployment of zero emission building technologies in a national building stock. *Energy Policy*, *152*, 112114.

Sarmas, E., Marinakis, V., & Doukas, H. (2022). A data-driven multicriteria decision making tool for assessing investments in energy efficiency. *Operational Research*, *22*(5), 5597-5616.

Stavrakakis, G. M., Bakirtzis, D., Drakaki, K. K., Yfanti, S., Katsaprakakis, D. A., Braimakis, K., ... & Zervas, P. L. (2024). Application of the Typology Approach for Energy Renovation Planning of Public Buildings' Stocks at the Local Level: A Case Study in Greece. *Energies*, *17*(3), 689.

Tziogas, C., Papadopoulos, A., & Georgiadis, P. (2021). Policy implementation and energy-saving strategies for the residential sector: The case of the Greek Energy Refurbishment program. *Energy Policy*, *149*, 112100.

Vardopoulos, I., Santamouris, M., Zorpas, A. A., Barone, G., Italos, C., & Vassiliades, C. (2024). A comparative study on discrepancies in residential building energy performance certification in a mediterranean context. *Buildings*, *14*(4), 1009.

Wang, Z., Liu, Q., & Zhang, B. (2022). What kinds of building energy-saving retrofit projects should be preferred? Efficiency evaluation with three-stage data envelopment analysis (DEA). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *161*, 112392.

William, M. A., Suárez-López, M. J., Soutullo, S., & Hanafy, A. A. (2021). Building envelopes toward energy-efficient buildings: A balanced multi-approach decision making. *International journal of energy research*, 45(15), 21096-21113

Παράρτημα

1) Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υπολογίζεται με βάση μεθοδολογία που ορίζεται στον **Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)** ο οποίος περιλαμβάνει, πλέον των θερμομονωτικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου (κέλυφος) και άλλους παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα στοιχεία παθητικής θέρμανσης και ψύξης, η σκίαση, η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων, ο επαρκής φυσικός φωτισμός και ο σχεδιασμός του κτιρίου. Η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης καλύπτει την ετήσια ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και έχει εκπονηθεί σύμφωνα με τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα.

Με τον ΚΕΝΑΚ καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και των δομικών στοιχείων**.** Οι απαιτήσεις αυτές έχουν καθοριστεί με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη από πλευράς κόστους ισορροπία μεταξύ των συναφών επενδύσεων και των ενεργειακών δαπανών που εξοικονομούνται στη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτιρίου.

Πληροφορίες σχετικά με την τυπική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, αλλά και οικονομικά συμφέρουσες συμβουλές σχετικά με τη βελτίωση της απόδοσης του, δίνονται στο **Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)** που είναι χρήσιμο στον ιδιοκτήτη, στον μελλοντικό αγοραστή αλλά και στον ενοικιαστή ενός κτιρίου ή κτιριακής μονάδας. Ο ιδιοκτήτης αναθέτει σε ενεργειακό επιθεωρητή την εκπόνηση ενεργειακής επιθεώρησης και την έκδοση ΠΕΑ.

Η έκδοση του ΠΕΑ είναι υποχρεωτική για την πώληση και ενοικίαση (μακροχρόνια, βραχυχρόνια, υπεκμίσθωση) κάθε κτιρίου/κτιριακής μονάδας. Ειδικά για τη διάθεση προς πώληση ή προς μίσθωση κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, απαιτείται η δήλωση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης (ενεργειακή κατηγορία), όπως αυτός προκύπτει από το ΠΕΑ, σε όλες τις εμπορικές διαφημίσεις και καταχωρήσεις. Στην ηλεκτρονική δήλωση στην ΑΑΔΕ της μίσθωσης (μακροχρόνιας, βραχυχρόνιας, υπεκμίσθωσης)

σε νέο ενοικιαστή κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, καταχωρείται ο αριθμός πρωτοκόλλου του ΠΕΑ σε αυτή.

Επιπλέον, το ΠΕΑ απαιτείται μετά την ολοκλήρωση των οικοδομικών εργασιών νέου κτιρίου, προσθήκης, ριζικής ανακαίνισης, για την έκδοση του **Πιστοποιητικού Ελέγχου Κατασκευής (ΠΕΚ)**.

Η νομοθεσία για τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) αποτελείται πρωτίστως από τον Νόμο 4122/2013 («Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων»), ο οποίος αντικατέστησε τον προηγούμενο και καθορίζει τις απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Ελλάδα. Αυτός ο νόμος ενσωματώνει τις σχετικές οδηγίες και απαιτήσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ παραπέμπει και σε Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ (Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος) για λεπτομερείς τεχνικές προδιαγραφές.

Εγκύκλιος για την εφαρμογή του ν.4122/2013, Νοέμβριος 2020

Ν. 4685 ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ζ' ΦΕΚ Α΄92 07/5/2020
Τροποποίηση Του Ν. 4122/2013 (Α' 42) Για Την Προσαρμογή Της Ελληνικής Νομοθεσίας Στις Διατάξεις Της Οδηγίας 2018/844/Ε Της 30ής Μαΐου 2018 (L156/19.06.2018) «Για Την Τροποποίηση Της Οδηγίας 2010/31/Ε Για Την Ενεργειακή Απόδοση Των Κτιρίων Και Της Οδηγίας 2012/27/Ε Για Την Ενεργειακή Απόδοση»

ΦΕΚ 408/Β'/ 14.02.2019
Καθορισμός του τρόπου υπολογισμού της αξίας του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας για το χαρακτηρισμό μιας ανακαίνισης ως ριζικής

ΦΕΚ 756/Β'/ 02.03.2018
Προκήρυξη του προγράμματος «Εξοικονόμηση κατ' οίκον ΙΙ», που θα υλοποιηθεί στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020 (α' κύκλος)

ΦΕΚ 2763/Β'/ 03.07.2019
Τροποποίηση της με Α.Π. 171563/131/21.02.2018 (ΦΕΚ 756/Β'/ 02.03.2018) κοινής απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας και του Αναπληρωτή

Υπουργού Οικονομίας και Ανάπτυξης με τίτλο «Προκήρυξη του προγράμματος «Εξοικονόμηση κατ' οίκον ΙΙ» (β' κύκλος)

ΦΕΚ 5447/Β'/ 5.12.2018 Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242

Έγκριση Εθνικού Σχεδίου αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

ΦΕΚ 2367 / Β' τεύχος / 12.07.2017 Αριθμ. ΔΕΠΕΑ/οικ.178581

Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

ΦΕΚ 4003/Β'/ 17.11.2017

Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. (ΤΟΤΕΕ 20701-1)

Ν 4409/2016 ΦΕΚ Α΄ 136/28.07.2016

Ρυθμίσεις για τους ενεργειακούς επιθεωρητές κτιρίων και συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού (άρθρο 52)

2) Λογισμικό EnergyPlus

Πρόκειται για ένα δυναμικό πρόγραμμα προσομοίωσης για ολόκληρο το κτίριο, που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και χρήση ζεστού νερού. Επιτρέπει την ενσωματωμένη, ταυτόχρονη επίλυση των συνθηκών της θερμικής ζώνης και της απόκρισης του συστήματος HVAC. Πρόγραμμα που βασίζεται σε κονσόλα και διαβάζει δεδομένα εισόδου και γράφει δεδομένα εξόδου σε αρχεία κειμένου. Διαθέτει μια σειρά από βοηθητικά προγράμματα, όπως το IDF-Editor για τη δημιουργία αρχείων εισόδου χρησιμοποιώντας μια απλή διεπαφή τύπου υπολογιστικού φύλλου, το EP-Launch για τη διαχείριση αρχείων εισόδου και εξόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων παρτίδας και το EP-Compare για τη γραφική σύγκριση των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων. Διατίθενται επίσης πολλά ολοκληρωμένα εργαλεία για το EnergyPlus. Το DOE κάνει το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας του με το EnergyPlus χρησιμοποιώντας το κιτ ανάπτυξης λογισμικού OpenStudio και τη σουίτα εφαρμογών. Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE) δημοσιεύει σημαντικές ενημερώσεις για το EnergyPlus δύο φορές ετησίως. Μια ενημερωμένη έκδοση 25.1.0 με διορθώσεις σφαλμάτων κυκλοφόρησε στις 31 Μαρτίου 2025.

3) Πακέτο Σχεδιασμού Παθητικού Σπιτιού (PHPP)

Το PHPP είναι ένα εργαλείο λογισμικού που χρησιμοποιείται από αρχιτέκτονες, μηχανικούς και σχεδιαστές για τον σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που κατασκευάζονται σύμφωνα με το πρότυπο Παθητικού Σπιτιού .

- ***Τύπος λογισμικού***: Είναι ένα εργαλείο ενεργειακής ισορροπίας και σχεδιασμού, όχι μια γλώσσα προγραμματισμού γενικής χρήσης.
- ***Σκοπός***: Βοηθά στον υπολογισμό των απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου, παρέχοντας μια αξιόπιστη πρόβλεψη της ενεργειακής του απόδοσης.
- ***Μορφή***: Το λογισμικό βασίζεται σε ένα βιβλίο εργασίας του Microsoft Excel και βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη από την αρχική του κυκλοφορία το 1998.