



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

Αναστασία Χ. Τοφαρή

Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενης οικίας σε συνδυασμό με smart
τεχνολογίες και οικονομική ανάλυση

Επιβλέπων : Νικόλαος, Δ. Δουλάμης

Επίκουρος Καθηγητής Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ)

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενης οικίας σε συνδυασμό με
smart τεχνολογίες και οικονομική ανάλυση**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστασία Χ. Τοφαρή
Επιβλέπων : Νικόλαος, Δ. Δουλάμης

Επίκουρος Καθηγητής Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ)

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Φεβρουαρίου 2025.

.....
Νικόλαος Δουλάμης
Επίκουρος καθηγητής ΕΜΠ

.....
Αναστάσιος Δουλάμης
Επίκουρος καθηγητής ΕΜΠ

.....
Θεοδώρα Βαρβαρίγου
Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

.....
Αναστασία Χ. Τοφαρή

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστήμιο Πατρών

Copyright © Αναστασία Χ. Τοφαρή .

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος των κατασκευών έχει μεγάλο μερίδιο συμμετοχής στην προστασία του περιβάλλοντος. Τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας αφήνοντας μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Στόχος είναι η σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας ή μικρή ποσότητα, εξασφαλίζοντας, όμως και ιδανικές συνθήκες για την ανθρώπινη διαβίωση. Υπάρχουν αρκετές παρεμβάσεις που μπορεί να κάνει ο χρήστης, ώστε να αναβαθμίσει ενεργειακά το ακίνητό του σε συνδυασμό με συστήματα διαχείρισης έξυπνου σπιτιού. Τα έξυπνα οικιακά συστήματα βοηθούν στην απλοποίηση, την μείωση και στην διαχείριση της ενέργειας και μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια. Υπάρχουν πολλά προϊόντα και υπηρεσίες για smart συστήματα, όπως ο έξυπνος θερμοστάτης, ο έξυπνος φωτισμός, ο αυτόματος έλεγχος έξυπνων οικιακών συσκευών με βάση την πληρότητα του σπιτιού. Η αναβάθμιση σπιτιού με smart τεχνολογίες δίνει την δυνατότητα για περισσότερο έλεγχο στον ιδιοκτήτη. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί, να διαχειρίζεται τις συσκευές με την βοήθεια του τηλεφώνου του. Τα παραπάνω μπορούν να συνδυαστούν με παρεμβάσεις όπως αντικατάσταση κουφωμάτων, θερμοπροσοψη, αποδοτικότερα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, φωτοβολταϊκά κτλ. Επομένως, οι σωστές παρεμβάσεις είναι ουσιαστικής σημασίας. Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση και υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής για την ενεργειακή αναβάθμιση μιας υφιστάμενης κατοικίας, ενσωματώνοντας παράλληλα έξυπνες (smart) τεχνολογίες για τη βελτίωση της απόδοσης και της λειτουργικότητάς της. Το πεδίο της έρευνας αφορά συγκεκριμένα ένα διαμέρισμα που βρίσκεται σε πολυκατοικία στο κέντρο του Πειραιά, το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και σημαντικές ανάγκες βελτιστοποίησης. Ο βασικός στόχος της εργασίας είναι η ενίσχυση της ενεργειακής κλάσης του διαμερίσματος μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων. Αυτές οι παρεμβάσεις περιλαμβάνουν τεχνολογίες και συστήματα που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνουν τη θερμική άνεση και τη συνολική λειτουργικότητα του χώρου. Παράλληλα, εξετάζεται η ενσωμάτωση «έξυπνων» λύσεων, όπως αυτοματισμοί και συστήματα παρακολούθησης της κατανάλωσης, που κάνουν τη

χρήση του σπιτιού πιο αποδοτική και ευέλικτη. Για κάθε παρέμβαση που σχεδιάζεται και προτείνεται, γίνεται ανάλυση του κόστους υλοποίησής της. Μετά την ολοκλήρωση των προτεινόμενων μέτρων, τα αποτελέσματα αξιολογούνται με την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, το οποίο καταγράφει τη βελτίωση της ενεργειακής εικόνας του κτιρίου. Μέσα από την υλοποίηση των μέτρων που προτείνονται, αναμένεται σημαντική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου, καθώς και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ταυτόχρονα, βελτιώνεται η ενεργειακή κλάση του διαμερίσματος, συμβάλλοντας στη συνολική προσπάθεια για βιώσιμη διαχείριση ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος. Η εργασία, έτσι, φιλοδοξεί να αποδείξει τη σημασία των συνδυασμένων τεχνολογικών και ενεργειακών παρεμβάσεων για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής και τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος, ειδικά σε περιοχές όπου η παλαιότητα του κτιριακού αποθέματος αποτελεί σημαντική πρόκληση.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή αναβάθμιση, Έξυπνες τεχνολογίες, Κατανάλωση ενέργειας, Περιβαλλοντικό αποτύπωμα, Αυτοματισμοί κτιρίου

ABSTRACT

The construction sector plays a significant role in environmental protection. Most buildings in Greece consume large amounts of energy, leaving a substantial environmental footprint. The aim is to achieve nearly zero energy consumption or minimal energy use while ensuring optimal living conditions. There are numerous interventions users can implement to upgrade the energy efficiency of their property, combined with smart home management systems. Smart home systems simplify, reduce, and manage energy consumption and can be applied to both new and existing buildings. There are many products and services for smart systems, such as smart thermostats, smart lighting, and automatic control of home appliances based on occupancy. Upgrading a home with smart technologies provides the owner with more control. Users can monitor and manage their devices with the help of their smartphones. These measures can be combined with interventions such as replacing window frames, applying thermal insulation, using more efficient heating and cooling systems, installing photovoltaic panels, etc. Therefore, proper interventions are of vital importance. This thesis focuses on exploring and implementing a comprehensive strategy for the energy upgrade of an existing residence while simultaneously integrating smart technologies to improve its efficiency and functionality. The research field specifically concerns an apartment in a residential building in the center of Piraeus, characterized by high energy consumption and significant optimization needs. The main objective of the thesis is to enhance the energy classification of the apartment through targeted interventions. These interventions include technologies and systems that reduce energy consumption and improve thermal comfort and the overall functionality of the space. Additionally, the integration of "smart" solutions is examined, such as automation and energy consumption monitoring systems, which make the use of the home more efficient and flexible. For each planned and proposed intervention, the implementation cost is analyzed. Upon completing the proposed measures, the results are evaluated by issuing an energy performance certificate, which records the improvement in the building's energy profile. Through the implementation of these measures, significant reductions in the building's annual energy consumption and CO₂ emissions are expected. Simultaneously, the apartment's energy class is

improved, contributing to the overall effort for sustainable energy management and environmental protection. This thesis aspires to demonstrate the importance of combined technological and energy interventions for enhancing quality of life and reducing the energy footprint, particularly in areas where the aging building stock poses a significant challenge.

Keywords: Energy upgrade, Smart technologies, Energy consumption, Environmental footprint, Building automation

ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας πραγματοποιείται την Ενεργειακή Αναβάθμιση υφιστάμενης οικίας με την χρήση έξυπνων τεχνολογιών. Το παράδειγμα εφαρμόζεται σε οικία στο κέντρο του Πειραιά. Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας είναι η **Εισαγωγή και το Θεωρητικό Υπόβαθρο**. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται ο **Ορισμός Προβλήματος** πραγματεύονται ο **Σκοπός** της παρούσας εργασίας και οι **Στόχοι** που θα προκύψουν από την υλοποίηση της.

Στο επόμενο κεφάλαιο, **Αυτοματισμός Κτιρίου- Συμβολή στην Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων** παρουσιάζονται βασικές και χρήσιμες πληροφορίες για τις smart τεχνολογίες που δύναται να αναβαθμίσουν ένα σπίτι. Έτσι, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται οι έξυπνοι θερμοστάτες, τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (EMS), ο έξυπνος φωτισμός, τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS), τα smart windows, IoT sensors, οι έξυπνες συσκευές και η εξοικονόμηση πόρων που προκύπτει από την χρήση τους. Στο κεφάλαιο τρία **Μείωση Κατανάλωσης Ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια** αναλύθηκαν παρεμβάσεις που μπορεί να αξιοποιήσει ο χρήστης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το κεφάλαιο **Χρήσης ΑΠΕ**, αφού η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί βασικό πυλώνα της προσπάθειας για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των κτιρίων.

Το βασικότερο κομμάτι της εργασίας αποτελεί το **Παράδειγμα Εφαρμογής και Οικονομική Ανάλυση**. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις, οι οποίες στοχεύουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στη βελτίωση της θερμικής άνεσης και της συνολικής λειτουργικότητας του χώρου. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στην ενσωμάτωση «έξυπνων» τεχνολογιών, όπως αυτοματισμοί και συστήματα παρακολούθησης ενέργειας, που καθιστούν τη χρήση του διαμερίσματος πιο ευέλικτη και ενεργειακά αποδοτική. Επιλογικά, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διαδικασία συγγραφής της διπλωματικής εργασίας και πιθανές προτάσεις για μελλοντική έρευνα στο κεφάλαιο **Συμπεράσματα**.

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	11
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.2 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	15
1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	16
1.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	19
2.ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	21
2.1. SMART ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ...21	
2.2. SMART ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΟΡΩΝ.....	39
3 ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	41
ΑΡΧΕΣ ΒΙΩΣΙΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	41
3.1. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΧΩΡΩΝ.....	44
3.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	45
3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	48
3.3.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	49
3.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	51
3.4.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	51
3.4.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	52
3.4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ.....	56
3.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	57
3.5.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	57
3.5.2 ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	60
3.5.3. ΚΕΝΑΚ και Θερμομόνωση.....	62
3.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ.....	64
3.6.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	64
3.6.1.1. ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	65
3.6.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ.....	70
3.6.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ.....	71
3.7. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.....	74
3.8 Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).....	76
3.9 ΣΚΙΑΣΗ.....	78
3.10 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ.....	78
4. ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ.....	81
4.1. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ).....	81
4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΠΕ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	83
5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	87
5.1. Ανάπτυξη Μεθοδολογικού πλαισίου.....	87
5.1.1 Παράδειγμα εφαρμογής.....	88
5.2 Οικονομική Ανάλυση.....	92
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
6.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	102

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του πλανήτη είναι η κλιματική αλλαγή, η οποία προκαλεί καταστροφικές επιπτώσεις σε ποικίλους τομείς, περιβάλλον, οικονομία και κοινωνία. Τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα σε όλες τις περιοχές του κόσμου, τα οποία έχουν προκληθεί από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Συγκεκριμένα, για την Ευρώπη προβλέπεται αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C προκαλώντας σημαντικές συνέπειες στο κλίμα και τον καιρό, καθώς τα παραπάνω ενισχύουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και την αλλαγή προτύπων στην εκάστοτε περιοχή. Παρατηρούνται καύσωνες και μακρές περιόδους ξηρασίας πλήττοντας τη γεωργία, την υδροδότηση και την ανθρώπινη υγεία. Σε αντίθεση με τα παραπάνω αυξάνεται η πιθανότητα έντονων βροχοπτώσεων έχοντας ως αποτέλεσμα κίνδυνους πλημμυρών.

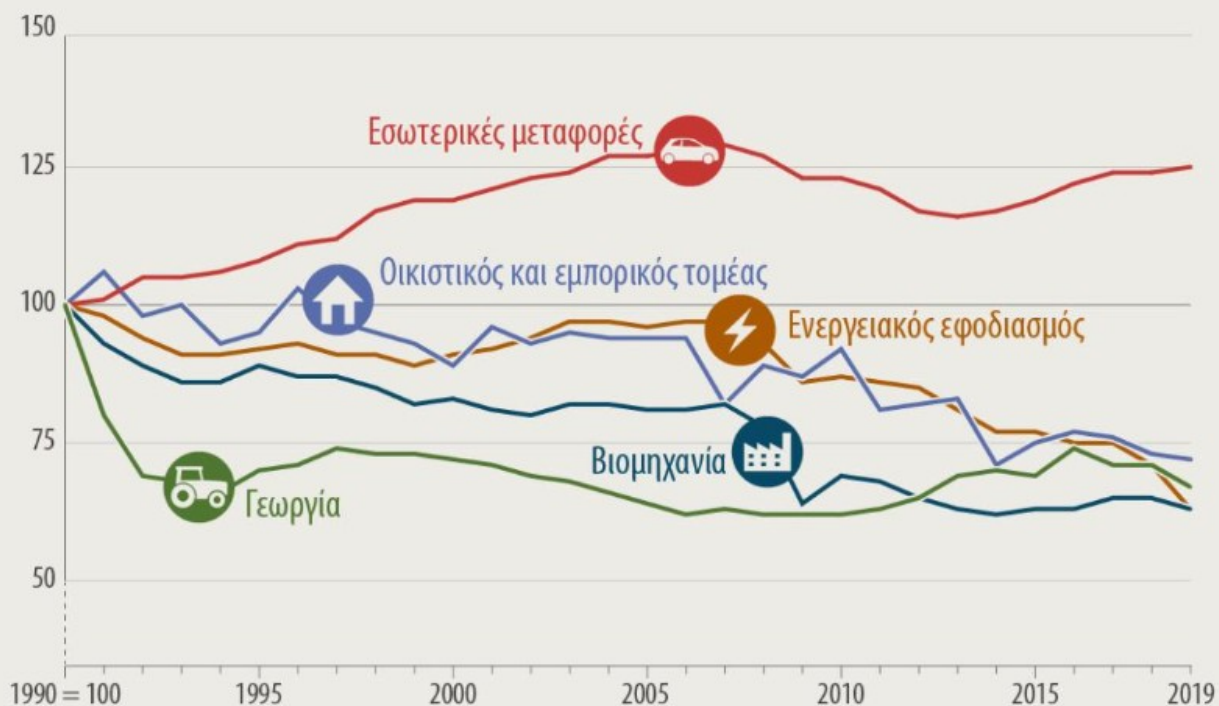
Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για την αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία οφείλεται στην αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η μείωση των εκπομπών αυτών, ώστε να μετριαστούν οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Η Ευρώπη προσπαθώντας να προσαρμοστεί στις αλλαγές που επιφέρει η κλιματική αλλαγή και να βρει μέτρα προστασίας αναπτύσσει στρατηγικές βελτίωσης. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C τονίζει την ανάγκη για άμεση δράση και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

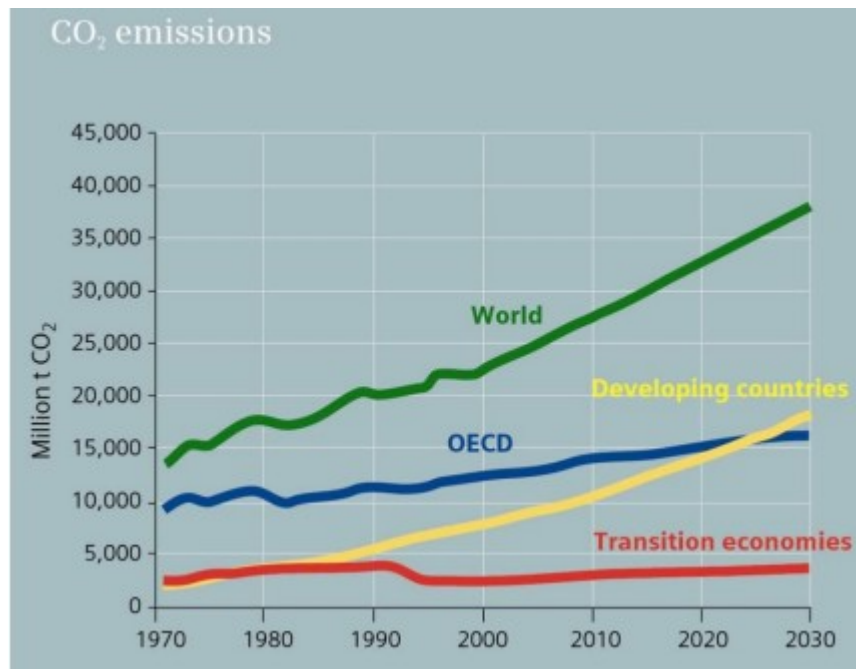
Το ΥΠΕΝ και το ΤΕΕ έχοντας ως στόχο την στήριξη του κατασκευαστικού κλάδου και την επίτευξη των στόχων του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (Ε.Σ.Ε.Κ) αναπτύσσουν μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΤΗΝ ΕΕ*

Εξέλιξη στις εκπομπές αερίων ανά τομέα από το 1990
(ισοδύναμο CO₂)



Εικόνα 1.1.1 Εξέλιξη εκπομπών CO₂ ανά τομέα (1990-2019) (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος)

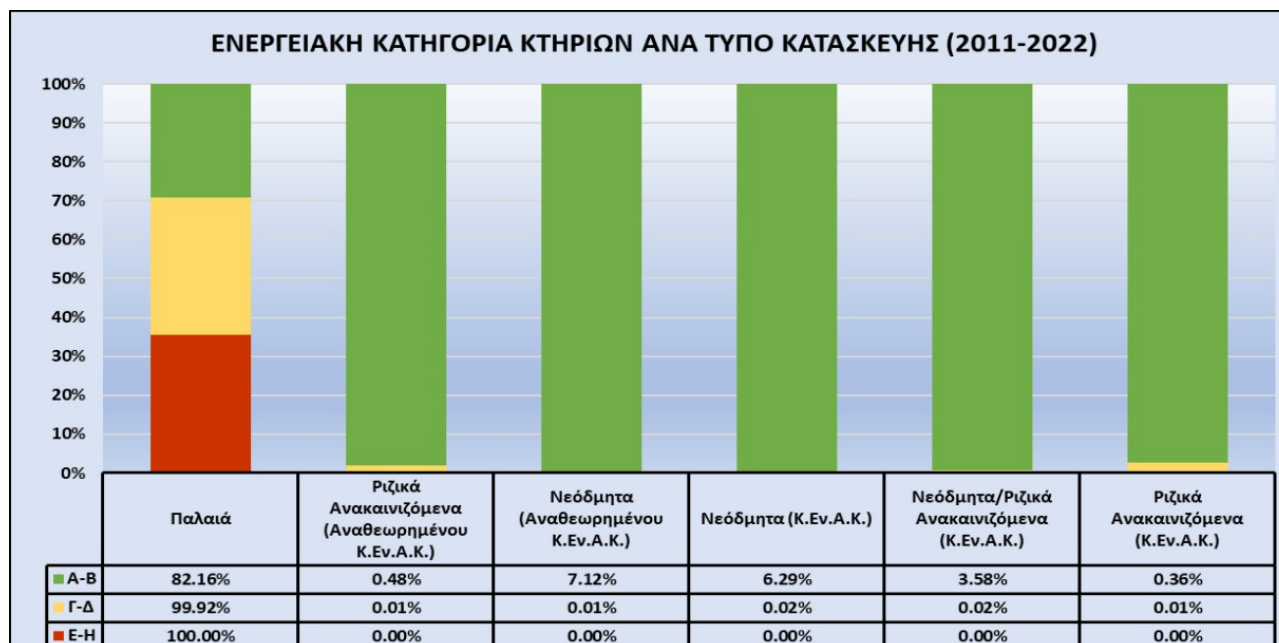


Εικόνα 1.1.2 Αύξηση εκπομπών CO₂ (Πηγή: International Energy Agency, Siemens)

Με δεδομένο ότι το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και ποσοστό μεγαλύτερο από το 30% των εκπομπών ρύπων προέρχεται από τα κτίρια:

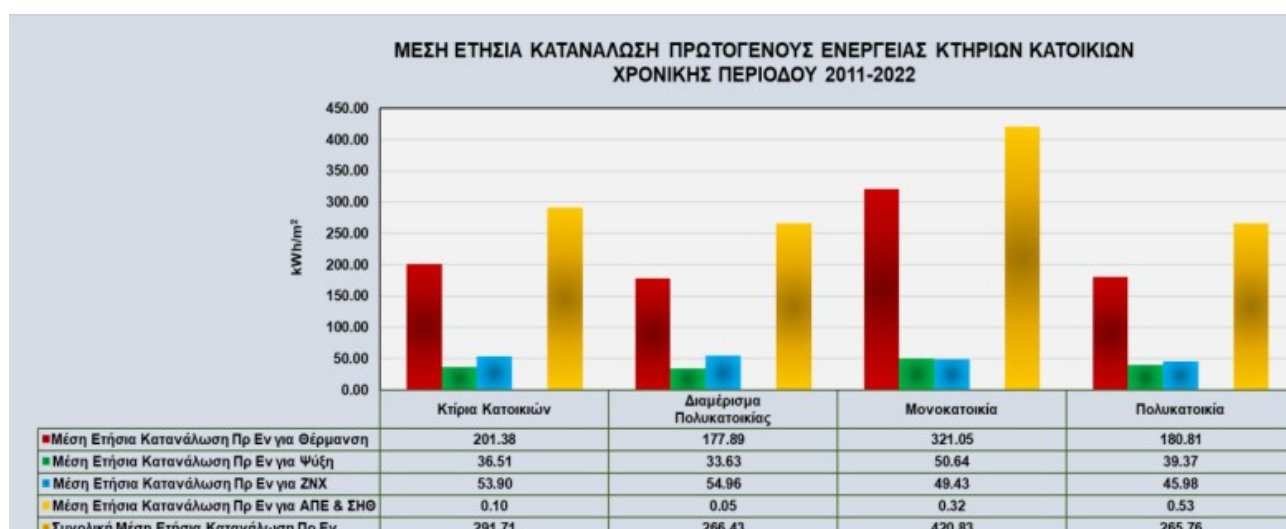
1. Τροποποιούνται οι τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ στο πλαίσιο του κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ.) . Πλέον τα νέα κτίρια πρέπει να είναι ενεργειακής κλάσης Α΄ και να είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης
2. Γίνεται εντεταμένη χρήση των Α.Π.Ε., βιοκλιματικά, φωτοτεχνία, θέρμανση και κλιματισμό και αξιολόγηση ενεργειακών επενδύσεων, ώστε να ευθυγραμμίζονται με τον Κ.Ε.ν.Α.Κ

Επίσης, το 55% των κτιρίων έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980 και είναι πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης . Σε κτίρια ενεργειακής κατηγορίας Ζ΄ και Η΄ θα δοθούν κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμισή τους.



Εικόνα 1.1.2 Ενεργειακή Κατηγορία Κτηρίων (2011-2022) ([ΑΡΧΕΙΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ](#) [2])

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παλαιών κτηρίων (60,98%) εντάσσεται κυρίως στην ενεργειακή κατηγορία Ε-Η, το 33,66% στη Γ-Δ και το 5,36% στην Α-Β. . Επίσης, στην Α-Β κατηγορία εντάσσεται το 82.16% παλαιών κτηρίων μετά από ενεργειακές επεμβάσεις και το 17.84% νεόδμητων/ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων κατά Κ.Εν.Α.Κ.



Εικόνα 1.1.3 Μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτηρίων κατοικιών (2011-2022). ([ΑΡΧΕΙΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ](#) [2])

Κατά τη χρονική περίοδο 2011-2022 το μεγαλύτερο ποσοστό των κτηρίων κατοικιών (64.90%) κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία E-H και το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται κυρίως για την κάλυψη αναγκών σε θέρμανση (201.38 kWh/m²).

Σύμφωνα με την Εικ. 1.1.3 τα πιο ενεργοβόρα κτήρια κατοικιών είναι οι μονοκατοικίες (420.83 kWh/m²), ενώ τα κτήρια των πολυκατοικιών έχουν μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 265.76 kWh/m²

Επομένως, η παρούσα διπλωματική παρουσιάζει την αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου ενεργειακά σε συνδυασμό με smart τεχνολογίες και οικονομική ανάλυση.

1.2 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

1. Η ενεργειακή απόδοση κτιρίου ή κτιριακής μονάδας είναι η υπολογιζόμενη ή μετρούμενη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να ικανοποιηθεί η ενεργειακή ζήτηση που συνδέεται με την τυπική χρήση του κτιρίου, η οποία περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την ενέργεια που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό. (άρθρο 2 Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου) (<http://www.opengov.gr/minenv/?p=4450>)
2. "Ηλιακά κέρδη": Οι θερμικές πρόσοδοι του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους του.
(ΚΕΝΑΚ, ΦΕΚ 2367 τεύχος β,2017) [6]
3. "Θερμική ζώνη κτιρίου": Σύνολο (ομάδα) χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες και χρήση. (ΚΕΝΑΚ, ΦΕΚ 2367 τεύχος β,2017)
https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/KENAK_FEK_B2367_2017.pdf
4. Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου, στις οποίες εμφανίζεται σε σχέση με τις γειτονικές τους διαφοροποίηση στη θερμική

αντίσταση των δομικών στοιχείων είτε λόγω ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου είτε λόγω αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής. Σ' αυτές τις θέσεις παρατηρείται μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2021) [9]

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ο βασικός σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η οικονομική μελέτη κατοικίας για εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της χρήσης smart τεχνολογιών, αλλά και σχεδιαστικών μεθόδων. Θα μελετηθεί πως μπορεί μια οικία να αναβαθμιστεί ενεργειακά κάνοντας χρήση ορισμένων συστημάτων και το κόστος που απαιτεί η συγκεκριμένη αναβάθμιση. Θα αναλυθούν οι σύγχρονες τεχνικές που εφαρμόζονται, ώστε το κτίριο να ανέβει ενεργειακή κλάση.

Οι βασικότερες από τις τεχνικές περιληπτικά περιλαμβάνουν:

1. Θερμομόνωση Κελύφους

Η θερμομόνωση βοηθάει στην μείωση των θερμικών απωλειών. Η θερμομόνωση μπορεί να γίνει είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά τοποθετώντας θερμομονωτικά υλικά σε τοίχους, οροφές και δάπεδα μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την ανάγκη για θέρμανση και ψύξη.

2. Αντικατάσταση Κουφωμάτων

Τις θερμικές απώλειες μειώνουν επίσης τα διπλά ή τριπλά ενεργειακά κουφώματα με θερμοδιακοπή, τα οποία ξασφαλίζουν θερμομόνωση και ηχομόνωση.

3. Συστήματα Θέρμανσης και Ψύξης Υψηλής Απόδοσης

Πολύ σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας διαδραματίζουν τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, όπως οι αντλίες θερμότητας, λέβητες αερίων καυσίμων ή πετρελαίου με τεχνολογία συμπυκνωμάτων, τα συστήματα VRF.

Ειδικότερα, οι αντλίες θερμότητας προσφέρουν οικονομική θέρμανση και ψύξης, αξιοποιώντας την ενέργεια του περιβάλλοντος.

4. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών , ανεβάζει την ενεργειακή κλάση, μειώνοντας της κατανάλωση ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτροδότησης και καλύπτοντας μεγάλο μέρος του συνόλου ενεργειακών αναγκών.

5. Αυτοματισμοί και Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (BMS)

Οι smart τεχνολογίες για την διαχείριση ενέργειας επιτρέπουν τον έλεγχο του κτιρίου βελτιστοποιώντας την ενεργειακή κατανάλωση. Για παράδειγμα ελέγχουν την θέρμανση, τον φωτισμό και τον κλιματισμό. Οι έξυπνοι θερμοστάτες, οι αισθητήρες κίνησης και οι χρονοδιακόπτες προσαρμόζουν τη λειτουργία των συστημάτων ανάλογα την χρήση των χώρων.

6. Αντικατάσταση Ηλεκτρικών Συσκευών με Ενεργειακής Κλάσης A+++

Την κατανάλωση ρεύματος μειώνουν οι λαμπτήρες LED και οι οικιακές συσκευές κατηγορίας A+++.

7. Φυτεύσεις και Πράσινες Στέγες

Τα φυτεμένα δώματα και οι προσόψεις με φυτά ρυθμίζουν την θερμοκρασία και μειώνουν τις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.

8. Βελτίωση Αερισμού και Εξαερισμού

Η εγκατάσταση συστημάτων μηχανικού αερισμού έχει ως στόχο την βελτίωση αερισμού εσωτερικών χώρων χωρίς μεγάλες απώλειες ενέργειας. Τα συστήματα μηχανισμού αερισμού και εξαερισμού εξασφαλίζουν ότι ο αέρας που εισέρχεται στον χώρο θερμαίνεται ή ψύχεται καταλλήλως.

9. Ενεργειακή Ανακαίνιση με Βιοκλιματικό Σχεδιασμό

Για να είναι ένα κτίριο αποδοτικότερο με ενεργειακό τρόπο επιβάλλεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ο οποίος αξιοποιεί όλα τα φυσικά στοιχεία του περιβάλλοντος, όπως είναι η θέση του ήλιου, ο προσανατολισμός του οικοπέδου κτλ. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει τον σωστό προσανατολισμό των ανοιγμάτων,

ώστε να ενισχύεται ο φυσικός φωτισμός και αερισμός, την χρήση σκιάστρων, τον σωστό προσανατολισμό των δωματίων κτλ.

Οι παραπάνω τεχνικές μειώνουν το ενεργειακό αποτύπωμα του κτιρίου, το κόστος διαβίωσης, αναβαθμίζουν ενεργειακά το ακίνητο και ενισχύουν την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα θετικά των παραπάνω στην ανθρώπινη διαβίωση παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Θερμική άνεση

Η θερμομόνωση, τα ενεργειακά κουφώματα και τα αποδοτικά συστήματα θέρμανσης- ψύξης διατηρούν σταθερή την θερμοκρασία εσωτερικά της οικίας, ανεξαρτήτως των εξωτερικών συνθηκών. Οι χρήστες απολαμβάνουν μεγαλύτερη άνεση, το χειμώνα το εσωτερικό περιβάλλον είναι πιο ζεστό και το καλοκαίρι πιο δροσερό.

2. Καλύτερη Ποιότητα Αέρα

Τα συστήματα αερισμού και εξαερισμού ανανεώνουν τον αέρα, μειώνουν την συγκέντρωση ρύπων και αλλεργιογόνων προσφέροντας πιο υγιεινές συνθήκες στον εσωτερικό χώρο.

3. Οικονομικά Οφέλη

Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα ενεργειακά κουφώματα, η θερμομόνωση, η τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα για το ZNX και ο φωτισμός βοηθάνε στην μείωση κατανάλωσης ενέργειας και σε χαμηλότερους λογαριασμούς ρεύματος. Ειδικά με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ο καταναλωτής μπορεί να πληρώνει μόνο τα δημοτικά τέλη, τα έξοδα μεταφοράς δικτύου δηλαδή τα πάγια των υπηρεσιών.

4. Μείωση Θορύβου

Στη μείωση της ηχορύπανσης, η οποία προσφέρει ένα πιο ήρεμο και χαλαρό περιβάλλον συμβάλλουν τα μονωτικά υλικά και τα καινούρια κουφώματα.

5. Βιωσιμότητα και Οικολογική Συνείδηση

Οι επεμβάσεις που γίνονται με σκοπό ένα κτίριο να γίνει πιο αποδοτικό ενεργειακά συμβάλλουν στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

6. Αντοχή και Αισθητική του Κτιρίου

Η αναβάθμιση ενός κτιρίου με σύγχρονα υλικά και τεχνικές προστατεύουν το κτίριο από την υγρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Επιπροσθέτως, προσφέρει πιο σύγχρονη και ευχάριστη αισθητική.

Συμπερασματικά, η ενεργειακή αναβάθμιση βελτιώνει την ποιότητα ζωής προσφέροντας ένα πιο οικονομικό και βιώσιμο περιβάλλον και μειώνει το ενεργειακό αποτύπωμα του άνθρακα. Ο κυριότερος στόχος είναι η υλοποίηση του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (B' 4893) για χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Είναι επιτακτική ανάγκη για την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον η μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων από τον τομέα των κτιρίων. Επομένως, ο βασικός και σημαντικότερος στόχος είναι ένα πιο βιώσιμο και πράσινο περιβάλλον.

1.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

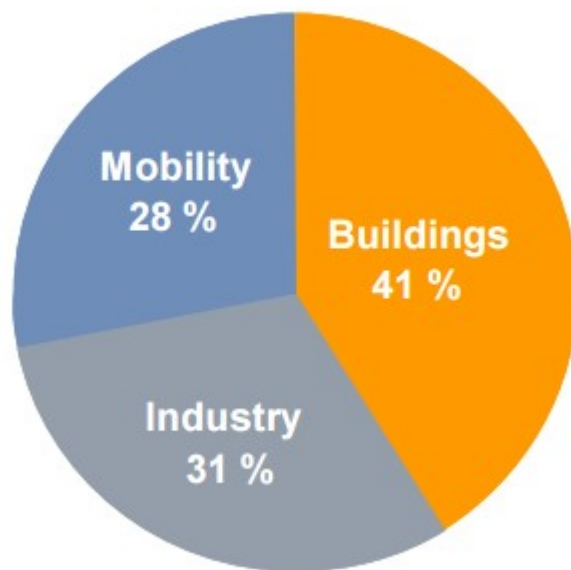
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή στο πρόβλημα των αυξημένων εκπομπών του CO₂ που εκλύονται από την βιομηχανία των κτιρίων και αναζητείται λύση.

Εκτενέστερα παρουσιάζεται ο προτεινόμενος τρόπος επίλυσης του αλλά και οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Η ζήτηση ενέργειας έχει αυξηθεί κατά πολύ την τελευταία δεκαετία και συνεχίζεται να αυξάνεται δραματικά. Το πετρέλαιο θα αντικατασταθεί στο μέλλον ενώ το φυσικό αέριο και άλλα ορυκτά καύσιμα, πιο βιώσιμα για το περιβάλλον, θα αυξηθούν σημαντικά. Η αυξημένη κατανάλωση καυσίμων σημαίνει και ταυτόχρονη αύξηση των εκπομπών CO₂, οι οποίες έχουν αυξηθεί ήδη από το 1970. Οι συνέπειες των παραπάνω προκαλούν ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως αύξηση των καταιγίδων, ζημιές στις καλλιέργειες, μεγάλες περίοδοι ξηρασίας.

Η ανάγκη απαλλαγής από τον άνθρακα είναι αναγκαία και απαιτεί μαζικά μέτρα. Τα μέτρα που συμβάλλουν στον μετριασμό του προβλήματος είναι η χρήση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αυτοματοποίηση και η διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας.



Εικόνα 1.4.1 Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας στην Ευρώπη

Η βιομηχανία των οικοδομών αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 40% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, από το οποίο το 85% χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων και ψύξη χώρου καθώς και 15% για ηλεκτρική ενέργεια (κυρίως για φωτισμό). Οι τεχνολογίες που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική βοηθούν στην μετάβαση σε έναν πιο βιώσιμο κόσμο. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λειτουργιών αυτοματισμού και ελέγχου του κτιρίου εξοικονομεί λειτουργικό κόστος κτιρίου, προστατεύει τους ενεργειακούς πόρους και μειώνει τις εκπομπές του CO₂.

Στόχος είναι η εύρεση τρόπων, ώστε να υπάρχουν όλες οι ανέσεις χρησιμοποιώντας λιγότερη ενέργεια και κατά συνέπεια λιγότερες εκπομπές CO₂ και αερίων του θερμοκηπίου.

Στην παρούσα διπλωματική αναφέρονται προτεινόμενοι τρόποι με τους οποίους ο ένοικος μπορεί να αναβαθμίσει ενεργειακά την υφιστάμενη οικία του εφαρμόζοντας τους συνδυαστικά με smart τεχνολογίες . Τα υπάρχοντα κτίρια μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας μετά την αναβάθμιση του κτιρίου με συστήματα αυτοματισμού. Πιο συγκεκριμένα τα οφέλη της αναβάθμισης είναι η εξοικονόμηση κόστους, η προστασία του περιβάλλοντος και των υπάρχόντων ενεργειακών πόρων διατηρώντας τις συνθήκες άνεσης των χρηστών.

2.ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1. SMART ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Πλέον στην Ελληνική αγορά των ακινήτων υπάρχει:

1. Μεγαλύτερη πίεση για βελτίωση της οικονομικής απόδοσης
2. Η Περιβαλλοντική Νομοθεσία γίνεται Όλο και Πιο Αυστηρή & Εφαρμόζεται
3. Οι Καταναλωτές Απαιτούν Όλο και Περισσότερο Βιωσιμότητα

Η αναβάθμιση των ενεργειακών συστημάτων των υφιστάμενων κτιρίων με έξυπνες τεχνολογίες μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την βιωσιμότητα. Η κεντρική ιδέα είναι ψηφιακές οικίες για υψηλότερη απόδοση, αφού η ψηφιοποίηση βελτιώνει την οικονομική απόδοση και επιτυγχάνει στόχους βιωσιμότητας. Στόχος είναι η επίτευξη βιωσιμότητας και η ικανοποίηση των προσδοκιών των ενδιαφερόμενων μερών, ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η συμμόρφωση με κανονισμούς και απαιτήσεις αναφοράς.

Η βελτίωση της απόδοσης μέσω αυτοματισμών με IoT (Internet of Things), αναλύσεων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση μιας οικίας, προσφέροντας μια σειρά από οφέλη:

1. Έξυπνη Διαχείριση Ενέργειας

Το IoT επιτρέπει τη διασύνδεση συσκευών όπως θερμοστάτες, φωτιστικά σώματα, κλιματιστικά και ηλεκτρικές συσκευές, ώστε να λειτουργούν συντονισμένα. Με τη βοήθεια αισθητήρων και ανιχνευτών, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να ρυθμίζεται αυτόματα ανάλογα με την παρουσία

κατοίκων ή τις συνθήκες περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, ο θερμοστάτης μπορεί να μειώσει τη θέρμανση όταν κανείς δεν βρίσκεται στο σπίτι.

2. Προσαρμοσμένη Κατανάλωση Ενέργειας

Μέσω αναλύσεων και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι ιδιοκτήτες μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πού ξοδεύεται περισσότερη ενέργεια. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να τους βοηθήσουν να προσαρμόσουν τη χρήση συσκευών ή να εντοπίσουν ενεργοβόρες συσκευές που χρειάζονται αντικατάσταση.

3. Αυτοματισμοί για Εξοικονόμηση

Τα IoT συστήματα επιτρέπουν τον αυτόματο έλεγχο διαφόρων λειτουργιών, όπως το άνοιγμα και κλείσιμο κουρτινών, η ρύθμιση του φωτισμού και η λειτουργία συσκευών ανάλογα με τις ώρες χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος. Έτσι, μειώνεται η περιττή κατανάλωση ενέργειας και βελτιστοποιείται η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος.

4. Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το IoT μπορεί να συμβάλλει στη βέλτιστη αξιοποίησή τους. Για παράδειγμα, μπορεί να κατευθύνει την παραγόμενη ενέργεια σε συσκευές με υψηλή ζήτηση όταν η παραγωγή είναι υψηλή.

5. Προληπτική Συντήρηση

Με τη χρήση αναλύσεων σε πραγματικό χρόνο, οι ιδιοκτήτες μπορούν να λάβουν ειδοποιήσεις για συσκευές που λειτουργούν μη αποδοτικά ή παρουσιάζουν βλάβες. Έτσι, μπορούν να προχωρήσουν σε συντήρηση πριν αυτές επηρεάσουν την κατανάλωση ενέργειας ή προκαλέσουν μεγαλύτερες ζημιές.

6. Βελτίωση της Άνεσης

Ο αυτοματισμός επιτρέπει την προσαρμογή του φωτισμού, της θερμοκρασίας και άλλων παραμέτρων για τη μέγιστη άνεση των ενοίκων, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας. Για παράδειγμα, ο φωτισμός μπορεί να μειώνεται αυτόματα όταν υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός.

7. Εφαρμογή Ενεργειακών Στρατηγικών

Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο μπορούν να βοηθήσουν στη διαμόρφωση μακροπρόθεσμων στρατηγικών για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, όπως η σταδιακή αντικατάσταση συσκευών με ενεργειακά αποδοτικότερες ή η αναβάθμιση μονώσεων και παραθύρων.

Με λίγα λόγια, η εφαρμογή IoT και οι δυνατότητες αυτοματισμού παρέχουν όχι μόνο οικονομικά οφέλη, αλλά και συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, καθιστώντας την οικία πιο "έξυπνη" και βιώσιμη.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις πιο αποδοτικές smart τεχνολογίες για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων:

1. Έξυπνοι Θερμοστάτες

Η ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών σε συστήματα θέρμανσης, όπως οι λέβητες που προσαρμόζουν τη λειτουργία τους βάσει της παρουσίας ατόμων στο σπίτι, αποτελεί σημαντικό βήμα προς την ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών. Αυτές οι τεχνολογίες συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη βελτίωση της άνεσης των ενοίκων. Οι έξυπνοι θερμοστάτες επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχο της θερμοκρασίας του σπιτιού μέσω διαδικτύου, προσαρμόζοντας αυτόματα τις ρυθμίσεις βάσει των συνηθειών των χρηστών. Αυτό οδηγεί σε βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης και μείωση των λογαριασμών. Επίσης, μπορούν να βελτιώσουν την άνεση του σπιτιού και τη χρήση ενέργειας, ενώ ορισμένα μοντέλα περιλαμβάνουν λειτουργίες «μάθησης» για αυτόματη βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης βάσει του τρόπου ζωής των χρηστών. Επιπλέον, η εγκατάσταση λεβήτων συμπύκνωσης υψηλής απόδοσης σε συνδυασμό με έξυπνους ελέγχους μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας άνω του 50%. Η ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών προσφέρει πολλαπλά οφέλη, όπως:

- Εξοικονόμηση Ενέργειας: Μείωση της κατανάλωσης μέσω βελτιστοποιημένης διαχείρισης.
- Άνεση: Διατήρηση ιδανικών συνθηκών θερμοκρασίας ανάλογα με την παρουσία των ενοίκων.
- Απομακρυσμένος Έλεγχος: Δυνατότητα ρύθμισης των συστημάτων μέσω εφαρμογών.

Ωστόσο, υπάρχουν και προκλήσεις, όπως το αρχικό κόστος εγκατάστασης και η ανάγκη για τεχνική υποστήριξη. Είναι σημαντικό οι καταναλωτές να ενημερώνονται για τις διαθέσιμες τεχνολογίες και τα οφέλη τους, ώστε να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Συσκευές όπως το Nest ή το Ecobee μπορούν να μάθουν το πρόγραμμα και τις προτιμήσεις του ενοίκου, ώστε να βελτιστοποιήσουν τις συνθήκες θέρμανσης και ψύξης, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση. [12]

Το Nest Learning Thermostat είναι ένας έξυπνος θερμοστάτης που μαθαίνει τις συνήθειες των χρηστών και προσαρμόζει αυτόματα τη θερμοκρασία του σπιτιού για βέλτιστη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας. Ενσωματώνεται εύκολα με το οικοσύστημα της Google, επιτρέποντας τον έλεγχο μέσω φωνητικών εντολών με το Google Assistant. Επιπλέον, διαθέτει αισθητήρες κίνησης που ανιχνεύουν την παρουσία στο χώρο, ρυθμίζοντας ανάλογα τη θερμοκρασία. [4]

Λειτουργίες και Χαρακτηριστικά

- **Αυτόματος Προγραμματισμός:** Το Nest μαθαίνει τις προτιμήσεις θερμοκρασίας των χρηστών και δημιουργεί ένα προσαρμοσμένο πρόγραμμα, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητες ρυθμίσεις.
- **Ενσωματωμένοι Αισθητήρες:** Διαθέτει αισθητήρες κίνησης και θερμοκρασίας που ανιχνεύουν την παρουσία στο χώρο, προσαρμόζοντας ανάλογα τη θερμοκρασία για βέλτιστη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας. [17]
- **Εξοικονόμηση Ενέργειας:** Με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης, το Nest βελτιστοποιεί τη χρήση ενέργειας, συμβάλλοντας στη μείωση των λογαριασμών θέρμανσης και ψύξης. [16]
- **Συμβατότητα με Έξυπνα Συστήματα:** Ενσωματώνεται με φωνητικούς βοηθούς όπως το Google Assistant, επιτρέποντας τον απομακρυσμένο έλεγχο μέσω φωνητικών εντολών.

Το Nest Learning Thermostat αποτελεί μια προηγμένη λύση για την αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση της θέρμανσης και ψύξης στο σπίτι, προσφέροντας εξοικονόμηση ενέργειας και αυξημένη άνεση στους χρήστες.

Το **ecobee Smart Thermostat** προσφέρει προηγμένες λειτουργίες, όπως ενσωματωμένους αισθητήρες κίνησης και θερμοκρασίας, που επιτρέπουν την αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας ανάλογα με την παρουσία των ενοίκων. Επιπλέον, διαθέτει δυνατότητα φωνητικού ελέγχου μέσω ενσωματωμένης

υποστήριξης για Alexa και Siri, ενώ είναι συμβατό με διάφορα έξυπνα οικοσυστήματα, όπως το Apple HomeKit και το Google Assistant. Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της ecobee, ο Smart Thermostat Premium προσφέρει εξοικονόμηση έως και 26% στους λογαριασμούς θέρμανσης και ψύξης, ενώ διαθέτει ενσωματωμένο αισθητήρα ποιότητας αέρα για βελτιωμένη υγεία στο σπίτι.

Λειτουργίες και Τεχνολογία

1. Αισθητήρες Κίνησης και Θερμοκρασίας:

Το ecobee διαθέτει ενσωματωμένους αισθητήρες που παρακολουθούν την κίνηση και τη θερμοκρασία σε διάφορα δωμάτια, ρυθμίζοντας τη θέρμανση ή την ψύξη σύμφωνα με τη χρήση του χώρου. Αυτό εξασφαλίζει ότι η ενέργεια δεν σπαταλιέται σε μη χρησιμοποιούμενες περιοχές.

2. Τεχνολογία AI για Πρόβλεψη Αναγκών: Χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να προβλέψει τις ανάγκες θερμοκρασίας των ενοίκων βάσει προηγούμενων προτύπων χρήσης.

3. Ποιότητα Αέρα Εσωτερικού Χώρου: Ορισμένα μοντέλα, όπως το ecobee Smart Thermostat Premium, ενσωματώνουν αισθητήρες ποιότητας αέρα που ανιχνεύουν την ποσότητα CO₂, VOCs (πτητικές οργανικές ενώσεις) και άλλων ρύπων, προτείνοντας ενέργειες για βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

4. Συμβατότητα με Πλατφόρμες: Ενσωματώνεται εύκολα με έξυπνα οικοσυστήματα, όπως το Amazon Alexa, το Google Assistant, το Apple HomeKit, και το Samsung SmartThings, προσφέροντας φωνητικό έλεγχο και απομακρυσμένη πρόσβαση.

5. Δυνατότητα Χρήσης Απομακρυσμένων Αισθητήρων: Παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης με επιπλέον αισθητήρες (Room Sensors) για ακριβέστερη καταγραφή της θερμοκρασίας σε διαφορετικά δωμάτια.

Σύμφωνα με συγκριτική αξιολόγηση από την ιστοσελίδα SafeWise, τόσο το ecobee όσο και το Nest προσφέρουν εξαιρετικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και άνεσης. Το ecobee ξεχωρίζει για την ενσωματωμένη υποστήριξη φωνητικών βοηθών και τους αισθητήρες ποιότητας αέρα, ενώ το Nest διακρίνεται για την ικανότητά του να μαθαίνει τις συνήθειες των χρηστών και την απρόσκοπτη ενσωμάτωση με το οικοσύστημα της Google. [13]

2. Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS):

Νέες συσκευές και τεχνολογίες στον τομέα των έξυπνων κατοικιών, όπως τα έξυπνα βύσματα (smart plugs), τα προηγμένα συστήματα μέτρησης (AMI) και οι εσωτερικές οθόνες (IHD), που επιτρέπουν στους χρήστες να παρακολουθούν και να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα συστήματα παρακολουθούν, ελέγχουν και βελτιστοποιούν την χρήση ενέργειας στα κτίρια. Μπορούν να ενσωματωθούν με άλλες έξυπνες συσκευές και να παρέχουν δεδομένα και αναλύσεις σε real-time. Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης μέσω έξυπνων βυσμάτων και αισθητήρων παρουσίας. Τα δεδομένα αποθηκεύονται και κοινοποιούνται στους χρήστες, ώστε να παρακολουθούν και να ελέγχουν τις συσκευές τους μέσω κινητών συσκευών. Επιπλέον, τα φώτα μπορούν να σβήνουν αυτόματα όταν ο χώρος είναι άδειος. Στόχος είναι η δημιουργία αποδοτικών έξυπνων κατοικιών που συνδυάζουν την εξοικονόμηση ενέργειας με τη διατήρηση της άνεσης των χρηστών, ενώ παράλληλα διευκολύνουν τη χρήση των υπηρεσιών διαχείρισης ενέργειας.

Το HEMS (Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας Κατοικίας) συνδυάζει συσκευές όπως έξυπνες πρίζες (SPs), αισθητήρες παρουσίας, δίκτυα περιοχής κατοικίας (HAN), κινητές συσκευές και παρόχους υπηρεσιών ενέργειας (ESPs) για τη συλλογή, ανάλυση και διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας. Τα κύρια σημεία των παραπάνω αναλύονται παρακάτω:

Έξυπνο Δίκτυο (Smart Grid): Το έξυπνο δίκτυο συνδυάζει φυσικές και επικοινωνιακές τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού κόστους και της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, ενώ προσφέρει υπηρεσίες όπως ζήτηση-απόκριση (DR) και τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (RTP).

1. Λειτουργία HEMS:

- Συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας μέσω SPs και αισθητήρων.
- Ενημέρωση κατοίκων για ενεργειακές διαρροές.
- Αυτόματη ή χειροκίνητη διαχείριση συσκευών για ενεργειακή εξοικονόμηση.
- Προσαρμογή στις προτιμήσεις χρηστών μέσω κινητών συσκευών.

2. Ενέργειες Εξοικονόμησης:

- Χρήση SPs για έλεγχο και καταγραφή κατανάλωσης ενέργειας.

- Αυτόματη απενεργοποίηση φώτων και συσκευών όταν δεν εντοπίζεται παρουσία.
- Παροχή υπηρεσιών DR για αποφυγή διακοπών ρεύματος και RTP για μείωση κόστους.

3. Σενάριο Λειτουργίας:

- Οι SPs αναγνωρίζουν το δίκτυο, στέλνουν δεδομένα στο HEMS, και οι χρήστες διαχειρίζονται συσκευές μέσω κινητών συσκευών ή προκαθορισμένων ρυθμίσεων.
- Στην περίπτωση DR, το HEMS διαχειρίζεται τις συσκευές αυτόματα ή χειροκίνητα, ανάλογα με τις ρυθμίσεις του χρήστη.

4. Οφέλη:

- Μείωση ενεργειακού κόστους.
- Περιορισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Απλούστερη και αποδοτικότερη παροχή ενεργειακών υπηρεσιών για "έξυπνα" σπίτια.

Το HEMS αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προσαρμογή στις ανάγκες των κατοίκων, συμβάλλοντας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (A Home Energy Management System for Energy-Efficient Smart Homes
Publisher:IEEE)

3. Έξυπνος Φωτισμός:

Ο έξυπνος φωτισμός αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες. Ο Rossi [18] όρισε τα συστήματα έξυπνου φωτισμού ως «συστήματα φωτισμού με δυνατότητα ελέγχου, επικοινωνίας και διασύνδεσης δεδομένων, ικανά να παρέχουν νέους τρόπους αλληλεπίδρασης με τις φωτιστικές αποδόσεις μέσω νέων φωτιστικών σωμάτων, τα οποία με τη σειρά τους προσφέρουν πρόσθετες υπηρεσίες». Τα συστήματα έξυπνου φωτισμού περιλαμβάνουν αποδοτικές πηγές φωτός, όπως οι λυχνίες LED, μαζί με ένα ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας που συνήθως συνοδεύεται από λογισμικό, καθώς και αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προαιρετικά για τη δημιουργία

βέλτιστων λύσεων φωτισμού μέσω ενός συστήματος ελέγχου. Μια έξυπνη λάμπα αποτελείται από μια πηγή φωτός (όπως LED ή άλλος τύπος λαμπτήρα) ενσωματωμένη σε ένα περίβλημα που είναι σχεδιασμένο να ταιριάζει σε τυπικά φωτιστικά. Αυτό το περίβλημα περιλαμβάνει επίσης έναν επεξεργαστή, ο οποίος διαχειρίζεται την ένταση και το χρώμα του φωτός, καθώς και έναν πομπό ή/και δέκτη για την ανταλλαγή σημάτων με άλλες έξυπνες συσκευές, όπως άλλες λάμπες ή ηλεκτρονικά συστήματα. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η ασύρματη επικοινωνία στα έξυπνα συστήματα φωτισμού μπορεί να επηρεάσει την κατανάλωση ενέργειας, καθώς υπάρχουν διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Το ZigBee, ένα από τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα σήμερα, καταναλώνει λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με άλλα, όπως το Wi-Fi [10]. Ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί αποκλειστικά Wi-Fi μπορεί να καταναλώσει περισσότερη ενέργεια, ενώ η ενσωμάτωση ενός πρωτοκόλλου όπως το ZigBee μειώνει την κατανάλωση. Από την άλλη, το Bluetooth Low Energy (BLE) προσφέρει ακόμα μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, αλλά έχει περιορισμένη εμβέλεια και δυνατότητες διασύνδεσης με πολλές συσκευές. Οι μελέτες σε περιβάλλοντα γραφείων έχουν δείξει δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που κυμαίνονται από 17 έως 94% σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου (χειροκίνητα), ανάλογα με τη συμπεριφορά των χρηστών, τα μοτίβα δραστηριότητας κτλ.

Τα πλεονεκτήματα των έξυπνων συστημάτων φωτισμού (smart lighting) παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

1. Μείωση Κατανάλωσης Ενέργειας

- Τα συστήματα έξυπνου φωτισμού χρησιμοποιούν ενεργειακά αποδοτικές πηγές φωτός, όπως τα LED, που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες.
- Η δυνατότητα αυτόματης προσαρμογής της έντασης του φωτός ανάλογα με τη δραστηριότητα ή τις συνθήκες φωτισμού μειώνει την περιττή χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού

- Με τη χρήση αισθητήρων φωτεινότητας, τα συστήματα αυτά μπορούν να ανιχνεύουν το φυσικό φως που εισέρχεται στο δωμάτιο και να ρυθμίζουν ανάλογα τον τεχνητό φωτισμό, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας.

3. Χρονοπρογράμματα Φωτισμού

- Η προγραμματισμένη λειτουργία επιτρέπει τον έλεγχο του φωτισμού σύμφωνα με τις καθημερινές ανάγκες, εξασφαλίζοντας ότι τα φώτα σβήνουν όταν δεν χρησιμοποιούνται ή όταν δεν υπάρχει κανείς στο χώρο.

4. Έλεγχος Παρουσίας

- Οι αισθητήρες κίνησης ανιχνεύουν την παρουσία ατόμων και ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τον φωτισμό, αποτρέποντας την κατανάλωση ενέργειας σε κενά δωμάτια.

5. Χρήση Ενεργειακά Αποδοτικών Πρωτοκόλλων Επικοινωνίας

- Πρωτόκολλα όπως το ZigBee και το Bluetooth Low Energy καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με το Wi-Fi, μειώνοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος.

6. Μείωση Ενεργειακών Απωλειών

- Οι προσαρμογές στην ένταση, το χρώμα και τη θερμοκρασία του φωτός μέσω των έξυπνων συστημάτων εξασφαλίζουν ακριβώς τη σωστή ποσότητα φωτισμού, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη ενέργειας.

7. Μακροχρόνια Εξοικονόμηση Κόστους

- Παρότι η αρχική επένδυση για την εγκατάσταση ενός συστήματος έξυπνου φωτισμού μπορεί να είναι υψηλή, η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας οδηγεί σε μακροχρόνια οικονομικά οφέλη.

8. Απομακρυσμένος Έλεγχος

- Η δυνατότητα ελέγχου του φωτισμού μέσω εφαρμογών επιτρέπει στους χρήστες να σβήνουν τα φώτα όταν λείπουν, μειώνοντας την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας.

9. Συμβολή στη Βιώσιμη Κατοικία

- Η χρήση έξυπνων συστημάτων φωτισμού μειώνει το ενεργειακό αποτύπωμα των νοικοκυριών, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.

Με τη χρήση αυτών των τεχνολογιών, τα συστήματα έξυπνου φωτισμού όχι μόνο προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο φιλικού προς το περιβάλλον οικιακού περιβάλλοντος. Γενικά τα συστήματα φωτισμού LED με αισθητήρες και αυτοματισμό μπορούν να προσαρμόσουν τον φωτισμό με βάση την πληρότητα και την διαθεσιμότητα του φυσικού φωτός, εξοικονομώντας ενέργεια.

4. Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (BMS):

Αυτά τα συστήματα ενσωματώνουν διάφορα συστήματα κτιρίων (HVAC, φωτισμός, security) για να λειτουργήσουν πιο αποτελεσματικά και να ανταποκρίνονται σε τρέχουσες χρονικές συνθήκες. Τα HVAC συστήματα παρέχουν ζέστη και κρύο σε κτίρια κατοικιών και εμπορικούς χώρους με στόχο την διατήρηση των ιδανικών συνθηκών εσωτερικά των χώρων. Για παράδειγμα, τα συστήματα θέρμανσης όπως λέβητες ή αντλίες θερμότητας παρέχουν ζεστασιά. Ο εξαερισμός εξασφαλίζει την κυκλοφορία του καθαρού αέρα, βελτιώνοντας την ποιότητα και ρυθμίζοντας την υγρασία. Ο κλιματισμός ψύχει τον αέρα, αφαιρώντας συχνά την υπερβολική υγρασία, για να παρέχει άνεση σε πιο ζεστές συνθήκες. Σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (BMS), τα συστήματα HVAC είναι ενσωματωμένα με άλλους ελέγχους κτιρίων, επιτρέποντας αυτοματοποιημένες ρυθμίσεις σε πραγματικό χρόνο που βελτιστοποιούν την ενεργειακή απόδοση και διατηρούν άνετες συνθήκες.

5. Smart Windows:

Η επιτακτική υποχρέωση βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ώστε να επιτευχθεί η κατασκευή «κτιρίων μηδενικού άνθρακα» ή «μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας» (ZEB), οδηγεί σε μία ριζική επανεξέταση των προδιαγραφών και των λειτουργιών του κτιριακού κελύφους. Το κτιριακό περίβλημα διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, επηρεάζοντας καθοριστικά την ποιότητα του εσωτερικού χώρου. Είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που λειτουργεί τόσο ως φραγμός όσο και ως φίλτρο, ικανό να ρυθμίζει τη ροή θερμότητας, ηλιακής ακτινοβολίας, αέρα και υδρατμών. Επιπλέον, μπορεί να μετατρέπει την ακτινοβολία σε χρήσιμη ενέργεια, όπως θερμότητα και ηλεκτρισμό, συμβάλλοντας ενεργά στη λειτουργία και την απόδοση του κτιρίου.

Οι διαφανείς επιφάνειες του κελύφους ενός κτιρίου μπορούν να λειτουργήσουν ως ένα κλιματικό φίλτρο, δημιουργώντας ισορροπία μεταξύ της οπτικής άνεσης, της ρύθμισης της υγρασίας και της ανάγκης για περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης σε φωτισμό και κλιματισμό.

Παρ' όλα αυτά, τα διαφανή στοιχεία απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, με έμφαση στις περιβαλλοντικές συνθήκες, την αρμονική ενσωμάτωση με μηχανολογικά συστήματα και την επίτευξη συγκεκριμένων αποδόσεων (όπως η σωστή κατανομή θερμοκρασιών και η στρωματοποίηση του αέρα). Αν δεν τηρηθούν αυτές οι αρχές, τα διαφανή στοιχεία μπορεί να αποτελέσουν πηγή ενεργειακής σπατάλης και δυσφορίας. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ, περίπου 25%-35% της ενέργειας στα κτίρια χάνεται εξαιτίας αναποτελεσματικών παραθύρων, ενώ η Επιτροπή Ενέργειας της Καλιφόρνια υπολογίζει ότι το 40% της ψυκτικής ζήτησης οφείλεται στην ηλιακή θερμότητα που διαπερνά τα παράθυρα.

Παρά την ύπαρξη υαλοπινάκων υψηλής θερμομονωτικής απόδοσης με χαμηλές τιμές θερμικής διαπερατότητας U ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας ώστε να ρυθμίζονται οι θερμικές και φωτιστικές ροές παραμένει πρόκληση.

Τα συμβατικά στατικά συστήματα σκίασης αποδεικνύονται ανεπαρκή για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις για ενεργειακή αποδοτικότητα και περιβαλλοντική άνεση, ενώ περιορίζουν την ελευθερία σχεδιασμού με διαφανή υλικά. Επίσης, τα δυναμικά συστήματα σκίασης, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε προσόψεις διπλού κελύφους, παρουσιάζουν αυξημένο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης,

περιορίζουν την εξωτερική ορατότητα και συχνά δεν είναι κατάλληλα για ενεργειακή ανακαίνιση κτιρίων.

Η πιο σύγχρονη λύση για νέα κτίρια αλλά και για ανακαινίσεις παλαιών, βρίσκεται στα δυναμικά ή έξυπνα παράθυρα, τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν αυτόματα και συνεχώς τη διαπερατότητα τους σε ενέργεια και φως, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και τις ανάγκες των χρηστών. Αυτά τα συστήματα, όταν συνδυαστούν με συστήματα διαχείρισης φωτισμού και κλιματισμού, προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και αυξημένη θερμική και οπτική άνεση για τους κατοίκους.

Σχετικές πιλοτικές εφαρμογές έχουν καταγράψει εξοικονόμηση έως 60% στον φωτισμό, μείωση της ψυκτικής ζήτησης έως 20% και μείωση των ενεργειακών αιχμών έως 26%. [15]

Έτσι, η αυξημένη εστίαση σε ζητήματα οπτικής άνεσης και ενεργειακής αποδοτικότητας έχει οδηγήσει στη δημιουργία πρωτοποριακών και αποδοτικών δυναμικών υαλοπινάκων. Αυτά τα συστήματα σχεδιάστηκαν με στόχο όχι μόνο τη μείωση των θερμικών απωλειών, αλλά και τον έλεγχο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να αξιοποιείται πλήρως η ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα και να περιορίζεται το καλοκαίρι, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζουν ιδανικές συνθήκες φυσικού φωτισμού χωρίς ενοχλητική αντανάκλαση.

Οι υαλοπίνακες αυτοί, γνωστοί ως «έξυπνα παράθυρα», προσφέρουν τη δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας θερμότητας και φωτός που περνά μέσα από το γυαλί, χωρίς να εμποδίζουν τη θέα προς τα έξω. Οι σύγχρονες αυτές τεχνολογίες, ιδιαίτερα οι ηλεκτροχρωμικές επιφάνειες, είναι πιο αποδοτικές από τις παραδοσιακές στατικές λύσεις, όπως οι υαλοπίνακες με χαμηλή εκπομπή θερμότητας (low-e) και οι αυτόματες συσκευές σκίασης. Συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό και κλιματισμό, προσφέροντας παράλληλα ανώτερη άνεση στους χρήστες. [19]

Τα παράθυρα με ηλεκτροχρωμικό γυαλί μπορούν να αλλάξουν την απόχρωσή τους με βάση το ηλιακό φως μειώνοντας την ανάγκη για θέρμανση και ψύξη.[12]

Τα φωτοχρωμικά γυαλιά μεταβάλλουν την διαπερατότητά τους στο φως ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας, χρησιμοποιώντας οργανικές ή ανόργανες ενώσεις. Ωστόσο, παρουσιάζουν προβλήματα όπως καθυστερήσεις στην απόκριση, ανομοιογένεια στην κατανομή της φωτεινότητας και υπερθέρμανση της επιφάνειας.

Η χρήση τους στην αρχιτεκτονική περιορίζεται λόγω υψηλού κόστους, τεχνολογικής πολυπλοκότητας και περιορισμένης αντοχής στη μακροχρόνια χρήση.

Τα θερμοχρωμικά γυαλιά προσαρμόζουν την οπτική τους διαπερατότητα ανάλογα με τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας, μεταβαίνοντας από διαφανή σε αδιαφανή κατάσταση. Έχουν εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας μεταξύ 10°C και 65°C και χρησιμοποιούν υλικά όπως οξείδια μετάλλων ή οργανικές ενώσεις. Μια πρόσφατη και οικονομική εφαρμογή περιλαμβάνει τη χρήση θερμοχρωμικών υλικών σε πλαστικές μεμβράνες από πολυβινυλικό βουτυράλιο (PVB), που ενσωματώνονται σε διαδικασίες κατασκευής υαλοπινάκων ασφαλείας.

Παρά τα πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλό κόστος και η διάρκεια ζωής έως 20 χρόνια, τα θερμοχρωμικά γυαλιά έχουν περιορισμούς: η απόδοση εξαρτάται από τη θερμοκρασία, κάτι που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη λειτουργία τους, όπως η αποτροπή αντηλιάς.

Παρά τα οφέλη, εξακολουθούν να υπάρχουν εμπόδια όπως το υψηλό κόστος, η έλλειψη ενημέρωσης επαγγελματιών και καταναλωτών, και η απουσία τυποποίησης. Στόχος για το 2025 είναι η μείωση του επιπλέον κόστους κάτω από 65 €/m², ώστε να επιτευχθεί χρόνος απόσβεσης 10-12 χρόνια για κατοικίες και 21-22 χρόνια για εμπορικά κτίρια.

Για υφιστάμενα κτίρια, η χρήση τους περιορίζεται από την ανάγκη αντικατάστασης των παραθύρων και εκτεταμένων ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. [19]

6. Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:

Οι έξυπνοι μετατροπείς και τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τους ηλιακούς συλλέκτες, οι οποίοι διασφαλίζουν αποτελεσματικά την χρήση και αποθήκευση ενέργειας.

7. IoT Sensors:

Η ενεργειακή αναβάθμιση μιας υφιστάμενης οικίας με τη χρήση αισθητήρων IoT αποτελεί μια σύγχρονη και αποδοτική προσέγγιση που ενισχύει την απόδοση του σπιτιού, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και προάγει τη βιωσιμότητα. Οι αισθητήρες Internet of Things (IoT) μπορούν να παρακολουθούν διάφορες

παραμέτρους όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η πληρότητα. Παρέχουν δεδομένα για την βελτιστοποίηση της επίδοσης του κτιρίου. Το IoT μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα πολλαπλών συνδεδεμένων περιβαλλόντων, στα οποία οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν ή να επηρεάζονται από τις εμπειρίες που προσφέρουν. Τα περιβάλλοντα αυτά περιλαμβάνουν αισθητήρες, ελεγκτές και άλλα αντικείμενα, τα οποία βασίζονται κυρίως στην ηλεκτρική ενέργεια.

Επίσης, το IoT επιτρέπει την αλληλεπίδραση και τη διασύνδεση έξυπνων συσκευών μέσω ασύρματης επικοινωνίας και συνεχιζόμενης πρόσβασης στο διαδίκτυο.

Έξυπνη ασφάλεια και αυτοματισμοί

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του μοντέλου είναι η χρήση ενός συστήματος ασφαλείας που περιλαμβάνει αισθητήρες κίνησης και κάμερες παρακολούθησης. Το σύστημα αυτό ανιχνεύει την παρουσία ατόμων και ενεργοποιεί αυτόματα τον φωτισμό LED και το σύστημα HVAC (θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού) στην κουζίνα. Όταν ένας κάτοικος εισέλθει στον χώρο, οι αισθητήρες μεταφέρουν δεδομένα στον κεντρικό ελεγκτή του σπιτιού (Home Energy Control Unit), ο οποίος διαχειρίζεται τις συσκευές ανάλογα με τις ανάγκες, εξοικονομώντας ενέργεια όταν οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται. Παράλληλα, θερμοκρασιακοί αισθητήρες επικοινωνούν με τον ελεγκτή για να προσαρμόζουν τη λειτουργία του HVAC, ρυθμίζοντας την ψύξη ή τη θέρμανση. Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών βασίζεται σε κεραίες που λειτουργούν σε διάφορες συχνότητες (900 MHz, 2,45 GHz και 5,8 GHz) [11], [14]

Έξυπνος έλεγχος συστήματος ψύξης

Οι αεραγωγοί του HVAC διαθέτουν αποσβεστήρες (dampers) που ρυθμίζουν τη ροή ψυχρού αέρα στον χώρο.

Αισθητήρες Θερμοκρασίας και Υγρασίας

Χρήση: Παρακολουθούν τη θερμοκρασία και την υγρασία σε πραγματικό χρόνο.

Οφέλη:

Ρυθμίζουν αυτόματα τη θέρμανση ή την ψύξη μέσω του συστήματος HVAC.

Εξασφαλίζουν σταθερή θερμοκρασία στους χώρους, μειώνοντας την περιττή κατανάλωση ενέργειας.

Έξυπνοι Μετρητές Ενέργειας

Χρήση: Μετρούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά συσκευή ή ανά δωμάτιο.

Οφέλη:

Εντοπίζουν ενεργοβόρες συσκευές.

Παρέχουν δεδομένα στον χρήστη μέσω εφαρμογών, βοηθώντας στη λήψη αποφάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας.

Αισθητήρες Κίνησης και Φωτός

Χρήση: Ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν φωτισμό και άλλες συσκευές με βάση την παρουσία ή την απουσία ατόμων.

Οφέλη:

Μειώνουν τη σπατάλη ενέργειας από ξεχασμένα φώτα.

Ρυθμίζουν την ένταση του φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φως.

Αισθητήρες Διαχείρισης Νερού

Χρήση: Εντοπίζουν διαρροές και ελέγχουν τη ροή του νερού.

Οφέλη:

Προλαμβάνουν σπατάλη νερού.

Βοηθούν στη μείωση του κόστους για τη θέρμανση νερού.

Έξυπνοι Θερμοστάτες

Χρήση: Ελέγχουν τη θέρμανση και την ψύξη με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη και τα δεδομένα από τους αισθητήρες.

Οφέλη:

Βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας.

Προσαρμόζονται σε πρότυπα καθημερινής χρήσης και εξοικονομούν ενέργεια όταν το σπίτι είναι άδειο.

Έξυπνες Πρίζες και Διακόπτες

Χρήση: Ενεργοποιούν και απενεργοποιούν συσκευές μέσω απομακρυσμένης πρόσβασης.

Οφέλη:

Αποτρέπουν την κατανάλωση ενέργειας από συσκευές σε κατάσταση αναμονής.

Παρέχουν δεδομένα κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο.

Συστήματα Παρακολούθησης Ηλιακής Ενέργειας

Χρήση: Παρακολουθούν την παραγωγή και την αποθήκευση ενέργειας από ηλιακά πάνελ.

Οφέλη:

Επιτρέπουν την καλύτερη αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.

Συγχρονίζονται με άλλες συσκευές για χρήση της ηλιακής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.

Συστήματα Διαχείρισης Αερισμού

Χρήση: Ελέγχουν την ποιότητα του αέρα και τη ροή του αερισμού στο σπίτι.

Οφέλη:

Εξασφαλίζουν καθαρό αέρα με τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση.

Ρυθμίζουν τη λειτουργία ανεμιστήρων και εξαερισμών μόνο όταν είναι απαραίτητο.

Κεντρική Πλατφόρμα Διαχείρισης IoT

Χρήση: Συγκεντρώνει δεδομένα από όλους τους αισθητήρες και επιτρέπει την απομακρυσμένη διαχείριση.

Οφέλη:

Παρέχει συνολική εικόνα για την κατανάλωση ενέργειας του σπιτιού.

Εφαρμόζει αυτοματοποιημένα πρωτόκολλα εξοικονόμησης ενέργειας.

Η ενεργειακή αναβάθμιση μιας κατοικίας με τη χρήση IoT προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς συμβάλλει στη μείωση του κόστους ενέργειας μέσω στοχευμένης και αποδοτικής κατανάλωσης, προάγοντας παράλληλα την αειφορία με τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Επιπλέον, εξασφαλίζει άνεση στους κατοίκους μέσω της αυτόματης προσαρμογής συστημάτων στις ανάγκες τους, ενώ προσφέρει ευκολία, επιτρέποντας τον έλεγχο των συστημάτων με εφαρμογές ή φωνητικές εντολές, βελτιώνοντας την καθημερινή εμπειρία διαβίωσης. Η ενσωμάτωση αισθητήρων IoT σε υφιστάμενες κατοικίες είναι ένας αποδοτικός τρόπος για να επιτευχθεί η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση, η μείωση του κόστους και η βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

8. Έξυπνες συσκευές:

Οι έξυπνες συσκευές για ενεργειακά αποδοτικά σπίτια είναι σχεδιασμένες να βελτιώνουν τη διαχείριση ενέργειας, μειώνοντας την κατανάλωση και ενισχύοντας την άνεση και την αειφορία. Ενεργειακά αποδοτικές συσκευές, οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν εξ αποστάσεως και να προγραμματιστούν να τεθούν σε λειτουργία σε ώρες εκτός αιχμής συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση του ενεργειακού κόστους και στην αειφορία.

Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν τεχνολογίες αιχμής, που επιτρέπουν την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ παράλληλα παρέχουν μεγαλύτερη άνεση και ευκολία στους χρήστες. Ορισμένα παραδείγματα περιλαμβάνουν:

- 1. Έξυπνα Πλυντήρια Ρούχων και Πιάτων:** Αυτές οι συσκευές έχουν τη δυνατότητα προγραμματισμού για να ξεκινούν τη λειτουργία τους κατά τη διάρκεια των ωρών εκτός αιχμής, όταν οι τιμές της ενέργειας είναι χαμηλότερες. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να πλένουν ρούχα και πιάτα οικονομικά, χωρίς να επηρεάζουν την άνεση τους.
- 2. Έξυπνοι Φούρνοι και Κουζίνες:** Εξοπλισμένοι με δυνατότητες απομακρυσμένου ελέγχου, αυτοί οι φούρνοι επιτρέπουν στους χρήστες να ρυθμίζουν την ώρα λειτουργίας τους μέσω μιας εφαρμογής ή ενός φωνητικού βοηθού, εξοικονομώντας ενέργεια και χρήματα.
- 3. Θερμοσίφωνες με Έξυπνο Έλεγχο:** Οι έξυπνοι θερμοσίφωνες λειτουργούν μόνο όταν είναι απαραίτητο ή σε ώρες χαμηλής ζήτησης, μειώνοντας τη

σπατάλη ενέργειας και επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν ζεστό νερό χωρίς περιττή κατανάλωση.

4. **Συστήματα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (EV Chargers):** Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν τη φόρτιση των οχημάτων κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε ώρες με χαμηλή τιμή ηλεκτρικού ρεύματος, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος φόρτισης.
5. **Έξυπνα Ψυγεία:** Τα σύγχρονα ψυγεία με έξυπνες λειτουργίες μπορούν να προσαρμόζουν αυτόματα την κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή την ανάγκη ψύξης, εξασφαλίζοντας ότι λειτουργούν με τη μέγιστη αποδοτικότητα.
6. **Έξυπνοι Θερμοστάτες:** Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχο και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σπιτιού, με προγραμματισμό λειτουργίας σε ώρες χαμηλής ζήτησης. Έτσι, οι χρήστες εξοικονομούν ενέργεια, ενώ απολαμβάνουν τη βέλτιστη άνεση.
7. **Έξυπνες Πρίζες:** Αυτές οι πρίζες μπορούν να συνδεθούν με οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή, προσφέροντας τη δυνατότητα προγραμματισμού της λειτουργίας τους. Για παράδειγμα, μπορούν να κλείσουν συσκευές που δεν χρησιμοποιούνται, αποφεύγοντας τη σπατάλη ενέργειας.
8. **Συστήματα Εξαερισμού και Κλιματισμού (HVAC):** Τα σύγχρονα HVAC ενσωματώνουν αισθητήρες και δυνατότητες προγραμματισμού για τη λειτουργία τους στις βέλτιστες ώρες, μειώνοντας τη χρήση ενέργειας ενώ παράλληλα διατηρούν τις ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και ποιότητας αέρα στο σπίτι.

Αυτές οι έξυπνες συσκευές όχι μόνο βοηθούν στη μείωση του ενεργειακού κόστους, αλλά συμβάλλουν και στην προστασία του περιβάλλοντος. Χρησιμοποιώντας ενέργεια πιο αποδοτικά και αποφεύγοντας περιττές καταναλώσεις, οι καταναλωτές μπορούν να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Επιπλέον, η δυνατότητα ελέγχου μέσω εφαρμογών ή φωνητικών εντολών προσφέρει μεγάλη ευκολία στη χρήση και επιτρέπει την προσαρμογή στις ανάγκες του κάθε χρήστη, καθιστώντας την καθημερινή ζωή πιο άνετη και βιώσιμη.

Η εφαρμογή των παραπάνω τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, χαμηλότερους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας και μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα.

2.2. SMART ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΟΡΩΝ

Η εξοικονόμηση πόρων που προκύπτει από την αναβάθμιση της οικίας με smart τεχνολογίες μπορεί να είναι σημαντική, ωστόσο ποικίλουν ανάλογα τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Παρακάτω ακολουθούν ορισμένες εκτιμήσεις για πιθανές εξοικονομήσεις:

1. Έξυπνοι Θερμοστάτες

Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να μειώσουν το κόστος θέρμανσης και ψύξης έως και 10-15% ετησίως. Για ένα τυπικό νοικοκυριό αυτό θα μπορούσε να σημαίνει εξοικονόμηση 130-150€ ετησίως.

2. Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS):

Τα EMS βελτιστοποιούν την χρήση της ενέργειας στα κτίρια και έχουν την δυνατότητα να μειώσουν την συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά 10 έως 30%. Μεγαλύτερη εξοικονόμηση χρημάτων θα φανεί σε εμπορικά κτίρια ετησίως.

3. Έξυπνος Φωτισμός:

Η μετατροπή του φωτισμού σε LED με την χρήση έξυπνων χειριστηρίων μπορεί να μειώσει την ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμός έως και 50-70%. Ο φωτισμός LED χρησιμοποιείται κυρίως σε καταστήματα, υπηρεσίες κτλ.

4. Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (BMS):

Αυτά τα συστήματα οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 15-30%.

5. Smart Windows:

Τα παράθυρα με ηλεκτροχρωμικό γυαλί και την αλλαγή της απόχρωσης τους με βάση το ηλιακό φως μειώνουν το κόστος θέρμανσης και ψύξης σε ποσοστό 10-

20%. Αυτά τα παράθυρα ελαχιστοποιούν τις ανάγκες για τεχνητές λύσεις όπως είναι η χρήση του air-condition για ψύξη και του πετρελαίου για θέρμανση. [12]

6. IoT Sensors:

Οι αισθητήρες έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν όταν κάποια παράμετρος είναι εκτός των ορίων άνεσης του χρήστη και να βελτιστοποιούν την απόδοση της εξοικονομώντας ενέργεια σε ποσοστό 10-20%.

7. Έξυπνες συσκευές:

Οι έξυπνες συσκευές είναι αποδοτικότερες ενεργειακά και μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας κατά 10-30% εξοικονομώντας χρήματα στους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας.

Ο συνδυασμός παραπάνω τεχνολογιών μπορούν να κάνουν το κτίριο πιο αποδοτικά ενεργειακό με αποτέλεσμα την μείωση των λογαριασμών. Επιπλέον, σε πολλές περιοχές παρέχονται εκπτώσεις, φορολογικά κίνητρα και οικονομικά οφέλη για ενεργειακές αναβαθμίσεις.

Συμπερασματικά, η συνολική κατανάλωση ενέργειας πρέπει να μειωθεί, μειώνοντας την χρήση πρωτογενούς ενέργειας κάνοντας χρήση του αυτοματισμού και έλεγχου των κτιρίων. Τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν τις πληροφορίες για όλη την τεχνολογία του κτιρίου. Ελέγχουν τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, αερισμού, φωτισμού, πυροπροστασίας κτλ. Ο αυτοματισμός συμβάλει σημαντικά στους στόχους εξοικονόμησης σε ποσοστό 20%.

3 ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

ΑΡΧΕΣ ΒΙΩΣΙΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο αειφορικός ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων έχει ως στόχο την κάλυψη των αναγκών των ενοίκων, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας και μειώνοντας την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Για την επίτευξη των παραπάνω χρειάζονται:

- Η ενσωμάτωση και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων με τεχνολογικά και άλλα μέσα.
- Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των εξωτερικών χώρων.
- Η χρήση τεχνολογιών και ενεργειακά αποδοτικών στις Η/Μ εγκαταστάσεις και τις ηλεκτρικές συσκευές.
- Ρύθμιση εσωτερικής συμπεριφοράς των κτιρίων
- Η αξιοποίηση του περιβάλλοντος και των φυσικών νόμων κατά την φάση του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού

Υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου, τα οποία επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση του κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του. Πιο συγκεκριμένα:

- **Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κτιρίου:** Καθορίζουν την συνολική μορφή και το μέγεθος επηρεάζοντας τη θερμική και ενεργειακή απόδοση
- **Θερμομονωτική ικανότητα κελύφους:** Περιορίζονται οι θερμικές απώλειες ή εισροές, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη.
- **Φυσικός Αερισμός και Φωτισμός:** Τα κατάλληλα ανοίγματα (μέγεθος και προσανατολισμός) συνδυαστικά με την εσωτερική διαρρύθμιση επιτρέπουν τη φυσική ροή αέρα, φωτισμού και θερμότητας βελτιώνοντας την ψύξη, συνεισφέροντας στην θέρμανση και ανανεώνοντας τον χώρο.
- **Θερμοπερατότητα υαλοστασίων:** Επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω των κουφωμάτων καθορίζοντας την ενεργειακή απόδοση.

- **Ηλιοπροστασία:** Με την χρήση εξωτερικών στοιχείων μειώνεται η ανεπιθύμητη εισβολή ηλιακής ακτινοβολίας
- **Χρώμα όψεων:** Το χρώμα των όψεων επηρεάζει την απορρόφηση ή την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας
- **Θερμική μάζα:** Η θερμική μάζα αποτελεί βασικό στοιχείο βιοκλιματικού σχεδιασμού και είναι η ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει και να απελευθερώνει θερμότητα. Στα κτίρια, η θερμική μάζα χρησιμοποιείται για να σταθεροποιήσει τη θερμοκρασία εσωτερικών χώρων, μειώνοντας τις ανάγκες για θέρμανση ή ψύξη. Για παράδειγμα:
 - Τη μέρα, απορροφά τη θερμότητα του ήλιου, μειώνοντας την υπερθέρμανση.
 - Τη νύχτα, αποδεσμεύει τη θερμότητα, διατηρώντας το χώρο ζεστό.
- **Συστήματα έμμεσου κέρδους:** είναι παθητικές ηλιακές τεχνολογίες που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα έμμεσα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Δηλαδή, συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία σε μία επιφάνεια ή χώρο και τη μεταφέρουν στο εσωτερικό μέσω αγωγιμότητας, μεταφοράς ή ακτινοβολίας.

Για κάθε ένα από τα παραπάνω υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, είτε μέσω της εφαρμογής νέων αποδοτικότερων τεχνολογιών είτε μέσω της πιο αποτελεσματικής αξιοποίησης των συστημάτων και της λειτουργίας του ίδιου κτιρίου.

Για τα υφιστάμενα κτίρια η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης απαιτεί βραχυπρόθεσμα μέτρα.

Επιγραμματικά παραδείγματα βραχυπρόθεσμων μέτρων αναφέρονται παρακάτω:

1. Ρύθμιση θέρμανσης και ψύξης στα άκρα των επιπέδων άνεσης

Ρύθμιση του θερμοστάτη στην χαμηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα ($18-20^{\circ}\text{C}$) με σκοπό να διατηρηθεί η άνεση των χρηστών χωρίς υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. Κατ' επέκταση, την περίοδο του καλοκαιριού μπορεί να ρυθμιστεί η θερμοκρασία γύρω στους $25-26^{\circ}\text{C}$ για την διατήρηση της άνεσης και την μείωση της κατανάλωσης ρεύματος από τα συστήματα ψύξης. Για την διατήρηση και τον έλεγχο των θερμοκρασιών συστημάτων θέρμανσης και

ψύξης εφαρμόζονται έξυπνα συστήματα, τα οποία θα λειτουργούν όταν κρίνεται απαραίτητο.

2. Μηχανικός Αερισμός και Εξαερισμός με Ανάκτηση Θερμότητας

Το σύστημα αυτό δημιουργεί τις ιδανικές συνθήκες ποιότητας αέρα, αφού αποβάλλεται ο γεμάτος ρύπους εσωτερικός αέρας και εισέρχεται νέος στην οικία όπου ταυτόχρονα προθερμαίνεται, μειώνοντας την υγρασία.

3. Αντικατάσταση Παλαιότερων Λεβητών

Σύγχρονοι, υψηλής απόδοσης λέβητες, όπως για παράδειγμα οι λέβητες συμπύκνωσης βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και ταυτόχρονα μειώνουν το κόστος λειτουργίας. Ένας λέβητας συμπύκνωσης εκμεταλλεύεται περίπου το 50% έως 80% της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης του υδρατμού επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης μέχρι 108% . Επιπλέον ο συνδυασμός των νέων λεβητών με σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού θέρμανσης επιτρέπει την καλύτερη θέρμανση, μειώνοντας την αχρείαστη κατανάλωση ενέργειας και προσφέροντας βέλτιστη άνεση στους ενοίκους.

4. Μείωση Απωλειών Μετάδοσης Θερμότητας

Αφορά τον περιορισμό της θερμότητας που χάνεται μέσω του κελύφους του κτιρίου (τοίχοι, κουφώματα, οροφή, δάπεδο). Η μείωση επιτυγχάνεται με επιπλέον μόνωση, χρήση θερμομονωτικών κουφωμάτων κτλ.

Στην παρούσα ενότητα αναλύονται τα κύρια μέτρα που αφορούν στην ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων, η συνολική αποτύπωση των πιο σημαντικών επιλογών και η κατανόηση των ενεργειακών, περιβαλλοντικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων που προκύπτουν κυρίως από τεχνικές επεμβάσεις.

3.1. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΧΩΡΩΝ

Τα ελληνικά κτίρια λόγω της παλαιότητας τους και της έλλειψης εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών καταναλώνουν πολλή ενέργεια.

Τα κτίρια που είναι ενεργοβόρα αντιμετωπίζουν πληθώρα προβλημάτων, τα οποία συμβάλλουν στην χαμηλή ενεργειακή απόδοσή τους. Μερικά από τα βασικά θέματα περιλαμβάνουν:

1. Ανεπαρκή θερμομόνωση
2. Παλαιά κουφώματα και υαλοστάσια
3. Αναποτελεσματικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης
4. Απώλειες αερισμού
5. Παλαιά ηλεκτρολογικά συστήματα
6. Χαμηλή ποιότητα δομικών υλικών
7. Έλλειψη ανακαινίσεων και ενεργειακών αναβαθμίσεων
8. Έλλειψη ενεργειακών τεχνολογιών

Ένα κτίριο για να είναι ενεργειακά αποδοτικότερα απαιτεί κατάλληλο σχεδιασμό στα αρχικά στάδια της υλοποίησης του και σε αρμονία με τον περιβάλλοντα χώρο. Μία άριστη μελέτη σε συνδυασμό με την χρήση αποδοτικών και άριστης ποιότητας δομικών στοιχείων και συστημάτων συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Το δομημένο περιβάλλον, η γεωμετρία και ο προσανατολισμός των κτιρίων, η κάλυψη του εδάφους, τα υλικά, ακόμα και τα χρώματα καθορίζουν της ενεργειακή κατανάλωση και τις συνθήκες άνεσης.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός καλύπτει τόσο την κτιριακή όσο και την πολεοδομική κλίμακα. Στόχος είναι λιγότερη χρήση θέρμανσης και ψύξης, δημιουργία περιοχών με ευνοϊκές μικροκλιματικές συνθήκες, εναρμόνιση δομημένου με φυσικό περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, για την διάρθρωση των χώρων είναι γνωστό ότι η βορεινή πλευρά του κτιρίου είναι η ψυχρότερη και η πιο σκοτεινή, η νότια πλευρά επιδέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες, είναι φωτεινότερη και ενδείκνυται για χώρους μακράς διημέρευσης, όπως είναι το καθιστικό, η τραπεζαρία και η κουζίνα. Η ανατολική και η δυτική δέχονται ίσα ποσότητα, με λίγο πιο ζεστή τη δυτική εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα .(Ενεργειακός Σχεδιασμός και Παθητικά

Ηλιακά Συστήματα κτιρίων Μιχάλης Παπαδόπουλος και Κλειώ Αξάρλη [3])Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σχεδιάζονται οι χώροι με σωστή χωροθέτηση. Για παράδειγμα, το σαλόνι και η κουζίνα έχουν νότιο προσανατολισμό, αφού κατοικούνται καθ'όλη την διάρκεια της ημέρας και έχουν μεγάλες θερμαντικές και φωτιστικές απαιτήσεις, ενώ τα υπνοδωμάτια και το λουτρό χωροθετούνται σε ενδιάμεσες θερμικές ζώνες. Οι χώροι αυτοί έχουν μικρές ή μηδενικές απαιτήσεις σε φωτισμό. Κοινόχρηστοι χώροι, πυλωτές, χώροι στάθμευσης και αποθήκες αποτελούν μη θερμαινόμενους χώρους.

3.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Ένα από τα κυριότερα αρχιτεκτονικά στοιχεία που επηρεάζουν την απόδοση της ενέργειας είναι το μέγεθος των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό και η συμβολή των ανοιγμάτων άμεσου κέρδους.

Οι διαφανείς επιφάνειες απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και ένας μέρος της το μεταφέρουν στο εσωτερικό του σπιτιού. Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από τα υλικά της επιφάνειας, τη δομή της, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων, καθώς και από τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία επηρεάζεται από τον προσανατολισμό, την τοπογραφία του κτιρίου και τη σκίαση. Για την καλύτερη απόδοση των κουφωμάτων πρέπει κατά τη φάση της μελέτης και του σχεδιασμού να διασφαλιστούν ο σωστός προσανατολισμός και το κατάλληλο μέγεθός τους, ώστε να επιτευχθεί ισορροπία στη θέρμανση, την ψύξη και τον φυσικό φωτισμό.

Ανοίγματα τα οποία έχουν προσανατολισμό στον νότο συλλέγουν μεγάλα ποσοστά ηλιακής ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες και συνεισφέρουν στην θέρμανση του χώρου.

Τα κουφώματα στα παλιά κτίρια είναι συνήθως παλιά αλουμίνια ή ξύλινα. Στα κουφώματα ο συντελεστής U μετρά τη θερμική διαπερατότητα ολόκληρου του στοιχείου, συμπεριλαμβανομένων:

- του τύπου της εξωτερικής προστασίας δηλαδή χωρίς προστατευτικά φύλλα, με ρολά ή με εξώφυλλα
- του τύπου πλαισίου π.χ. μεταλλικό χωρίς θερμοδιακοπή, μεταλλικό με θερμοδιακοπή 12 ή 24 mm, συνθετικό, ξύλινο, διπλό κούφωμα ξύλινο ή αλουμίνιο
- ποσοστό πλαισίου π.χ. 20% , 30% ή 40%

- τύπου υαλοπίνακα π.χ. μονός, δίδυμος με διακενό αέρα 12mm ή 6mm, δίδυμος με μεμβράνη χαμ. Εκπ. Με διακενό αέρα 12mm ή 6mm

Στα διαφανή στοιχεία, όπως τα κουφώματα και τα τζάμια, ο συντελεστής U εκφράζει την ποσότητα θερμότητας (σε Watt) που διαπερνά 1 τετραγωνικό μέτρο του στοιχείου για κάθε 1 βαθμό Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο πλευρών. Η μονάδα μέτρησης είναι $\text{W/m}^2\text{K}$. Χαμηλός συντελεστής U υποδηλώνει καλύτερη θερμομονωτική απόδοση, όπου λιγότερη θερμότητα διαφεύγει το χειμώνα και λιγότερη εισέρχεται το καλοκαίρι. Ένας κούφωμα καινούριου αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24 mm και τύπο πλαισίου δίδυμο με διακενό αέρα 12mm έχει U περίπου ίσο με $3\text{W/m}^2\text{K}$. Ένας παλιός μονός υαλοπίνακας μπορεί να έχει συντελεστή U γύρω στα 4.0-5.0 $\text{W/m}^2\text{K}$, που σημαίνει υψηλές απώλειες θερμότητας, ενώ ένας καινούριος υαλοπίνακας μπορεί να έχει U περίπου ίσο με 1 $\text{W/m}^2\text{K}$.

Τα ενεργειακά κουφώματα έχουν σχεδιαστεί για να βελτιώνουν τη θερμομόνωση και την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και την υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Οι λειτουργίες του βασίζονται σε τεχνολογίες και υλικά που ελαχιστοποιούν την ροή της θερμότητας από τον εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό και μεγιστοποιούν τη μόνωση. Οι λειτουργίες των κουφωμάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αναφορικά με τον τύπο πλαισίου, τα νέα αλουμίνια διαθέτουν ένα ειδικό θερμομονωτικό υλικό μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών. Αυτή η θερμοδιακοπή έχει ως στόχο την μείωση της μεταφοράς της θερμότητας μέσω του μετάλλου. Τα κουφώματα PVC διαθέτουν πολλαπλούς θαλάμους αέρα, οι οποίοι εμποδίζουν τη ροή της θερμότητας.
- Αναφορικά με τον τύπο του υαλοπίνακα, διπλά ή τριπλά τζάμια, τα οποία περιλαμβάνουν δύο ή τρεις στρώσεις γυαλιού με διάκενο ενδιάμεσα, που γεμίζεται με αέρια, τα οποία έχουν εξαιρετική μονωτική ικανότητα. Τα διπλά τζάμια αποτελούν πλέον το πρότυπο στις νέες κατασκευές λόγω της εξαιρετικής θερμομονωτικής τους απόδοσης, που οφείλεται κυρίως στο διάκενο αέρα ή άλλων αερίων μεταξύ των στρωμάτων γυαλιού, το οποίο

περιορίζει σημαντικά τις θερμικές απώλειες. Επίσης, ειδικές επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής εφαρμόζονται στις γυάλινες επιφάνειες, αντανακλώντας τη θερμική ακτινοβολία πίσω στο εσωτερικό του χώρου το χειμώνα εμποδίζοντας την είσοδο της θερμότητας το καλοκαίρι. Οι διπλοί υαλοπίνακες μειώνουν τις θερμικές απώλειες σε μεγάλο ποσοστό σε σύγκριση με τους μονούς υαλοπίνακες.

- Υπάρχουν ειδικά ελαστικά στεγανοποίησης, τα οποία τοποθετούνται γύρω από τα κουφώματα και εξασφαλίζουν ότι δεν υπάρχουν διαρροές αέρα και νερού, συμβάλλοντας στη βελτίωση της μόνωσης.
- Τεχνολογίες αερισμού περιλαμβάνονται σε ορισμένα ενεργειακά κουφώματα επιτρέποντας την κυκλοφορία φρέσκου αέρα χωρίς να χάνεται η θερμοκρασία του χώρου και οι συνθήκες άνεσης των ενοίκων.
- Τα κουφώματα εκτός από τη θερμομόνωση συμβάλλουν και στην ηχομόνωση λόγω των πολλαπλών στρώσεων γυαλιού και της στεγανοποίησης.

Επομένως, τα ενεργειακά κουφώματα συνδυάζουν προηγμένα υλικά και καινοτόμες τεχνολογίες, συμβάλλοντας στη δημιουργία βιώσιμων κτιρίων με υψηλή ενεργειακή απόδοση. Συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας μειώνοντας την ανάγκη για θέρμανση και ψύξη του χώρου και μειώνοντας ταυτόχρονα και τους λογαριασμούς του ρεύματος. Διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία, μειώνουν τα ρεύματα και εξασφαλίζουν συνθήκες άνεσης στους χρήστες. Τέλος, είναι φιλικότατα προς το περιβάλλον, αφού ελαχιστοποιούν το ενεργειακό αποτύπωμα του κτιρίου. Στα ενεργειακά κουφώματα, ο συντελεστής U λαμβάνεται υπόψη για τον συνολικό σχεδιασμό, όπου ένα κούφωμα με χαμηλό U -value προσφέρει καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Επίσης, σε πολλά κράτη, όπως στην Ελλάδα, οι κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK) ορίζουν μέγιστες επιτρεπτές τιμές U για κουφώματα και υαλοστάσια. Ο συντελεστής U είναι κρίσιμος για την ενεργειακή αναβάθμιση και την άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου.

3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η μείωση της ρύπανσης του αέρα μέσα στο κτίριο επιτυγχάνεται με τον αερισμό, ο οποίος έχει ως στόχο την παροχή καθαρού αέρα και οξυγόνου στον χώρο που είναι απαραίτητα για τις λειτουργίες του ανθρώπινου μεταβολισμού. Μπορεί να επιτευχθεί είτε με φυσικά είτε με τεχνητά μέσα ή μέσω ενός συνδυασμού και των δύο μεθόδων, που ονομάζεται υβριδικός αερισμός. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί ο φυσικός αερισμός. Ο πρώτος είναι ο άμεσος αερισμός, ο οποίος πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα μέσα από ανοιχτά παράθυρα ή άλλα ανοίγματα που υπάρχουν στο κτίριο. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω της εισροής αέρα από μικρά κενά και αρμούς του κελύφους του κτιρίου (διήθηση).

Η ανανέωση του εσωτερικού αέρα, μέσω του **φυσικού αερισμού**, αποσκοπεί στην ανανέωση του οξυγόνου και στην απομάκρυνση των οσμών, ώστε να επιτευχθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι ο αερισμός παίζει καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της θερμικής άνεσης και της ποιότητας του αέρα κατά τον σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός κτιρίου. Ο ελάχιστος όγκος φρέσκου αέρα που πρέπει να εισέρχεται καθορίζεται από τις ανάγκες του εσωτερικού χώρου, ώστε οι συγκεντρώσεις των ρύπων να παραμένουν κάτω από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια. Χωρίς κατάλληλο αερισμό, στα κτίρια θα δημιουργούνταν συνθήκες που θα ήταν επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία και θα προκαλούσαν συνεχή δυσανεμία στους χρήστες. Συγκεκριμένα, η έλλειψη αερισμού θα οδηγούσε σε προβλήματα όπως ανεπιθύμητες οσμές, αυξημένη υγρασία που θα μπορούσε να προκαλέσει ανάπτυξη μούχλας, ακραίες θερμοκρασίες (υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές), συγκέντρωση σκόνης και τοξικών αερίων από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτές οι καταστάσεις θα έθεταν σε κίνδυνο την υγεία των χρηστών και θα καθιστούσαν τον χώρο μη λειτουργικό.

Ο δεύτερος τρόπος αερισμού-η **διήθηση αέρα**- είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο εξωτερικός αέρας διεισδύει μέσα στον χώρο από τα ανοίγματα λόγω διαρροών στο κέλυφος του κτιρίου. Πρόκειται για ανεπιθύμητο τρόπο, αφού παρατηρείται έλλειψη στεγανοποίησης, δηλαδή υψηλά επίπεδα αεροστεγανότητας, τα οποία δεν υφίστανται στα νέα κτίρια. Η αεροστεγανότητα του κελύφους καθορίζεται μέσα από κανονισμούς και πρότυπα, ώστε να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη εισροή αέρα στον εσωτερικό χώρο.

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να ενισχυθεί με την βοήθεια του μηχανικού αερισμού. Ένα υβριδικό σύστημα αερισμού περιλαμβάνει συνήθως τη χρήση ανεμιστήρων οροφής με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, οι οποίοι συμβάλλουν στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες κατά 2-3°C από τις συνήθειες. Παράλληλα, η κυκλοφορία του αέρα που προκαλείται από τους ανεμιστήρες βοηθά στη μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα, μειώνοντας την ανάγκη για χρήση κλιματιστικών συστημάτων.

Ένα υβριδικό σύστημα αερισμού περιλαμβάνει συνήθως τη χρήση ανεμιστήρων οροφής με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, οι οποίοι συμβάλλουν στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες κατά 2-3°C από τις συνήθειες. Παράλληλα, η κυκλοφορία του αέρα που προκαλείται από τους ανεμιστήρες βοηθά στη μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα, μειώνοντας την ανάγκη για χρήση κλιματιστικών συστημάτων.

Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί επίσης να συνδυάζει φυσική ροή αέρα με ένα πλήρως ανεξάρτητο μηχανικό σύστημα. Σε αυτή την περίπτωση, ο φυσικός αερισμός λειτουργεί όσο οι κλιματικές και λειτουργικές συνθήκες το επιτρέπουν, ενώ όταν αυτό δεν είναι δυνατό, αναλαμβάνει το μηχανικό σύστημα. Η ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου μπορεί να βελτιωθεί μέσω της δημιουργίας ζωνών, όπου συγκεκριμένοι χώροι αξιοποιούν τον φυσικό αερισμό, ενώ άλλοι λειτουργούν με μηχανικά συστήματα.

3.3.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Το σύστημα μηχανικού αερισμού εξασφαλίζει ότι ο απαιτούμενος ρυθμός αερισμού διατηρείται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και χωρίς την ανάγκη παρέμβασης των ενοίκων. Όταν ο αερισμός παρέχεται μέσω μηχανικού συστήματος και το κέλυφος του κτιρίου είναι στεγανό, οι ενεργειακές απώλειες από διείσδυση αέρα περιορίζονται στο ελάχιστο. Η ενεργειακή απόδοση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να ενισχυθεί μέσω της ανάκτησης θερμότητας και του ελεγχόμενου αερισμού βάσει των αναγκών, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των χρηστών στον χώρο. Επιπλέον, τα συστήματα μηχανικού αερισμού μπορούν εύκολα να συνδυαστούν με θέρμανση και ψύξη, προσφέροντας ολοκληρωμένες

λύσεις κλιματισμού. Παράλληλα, είναι σε θέση να ελέγχουν τη διαφορά πίεσης στο κέλυφος του κτιρίου, αποτρέποντας τη συσσώρευση υγρασίας. Δεδομένου ότι ο φυσικός αερισμός βασίζεται στις διαφορές πίεσης που δημιουργούνται από τη θερμοκρασία και τον άνεμο, υπάρχει η πιθανότητα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης, να αντιστραφούν οι ροές αέρα, με αποτέλεσμα τη μεταφορά ρυπαρού αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Επιπρόσθετα, η χρήση ανεμιστήρων, όπως στην κουζίνα μπορεί να προκαλέσει παρόμοια αναστροφή στη ροή του αέρα, ενισχύοντας την εξάπλωση ρύπων και οσμών.

Παρακάτω εξετάζονται τρία συστήματα μηχανικού αερισμού:

1. Μηχανική Εξαγωγή Αέρα
2. Μηχανική Παροχή και Εξαγωγή Αέρα
3. Θέρμανση αέρα με ενσωματωμένο αερισμό

Ένα από τα συστήματα αερισμού είναι ο μηχανικός αερισμός εξαγωγής, όπου ο αέρας εισέρχεται μέσω των ανοιγμάτων και αποβάλλεται από περιοχές όπου η συγκέντρωση ρύπων είναι αυξημένη και η ποιότητα του αέρα χαμηλή. Ένα τέτοιο σύστημα σε μία πολυκατοικία έχει την δυνατότητα έναν κοινό αεραγωγό για όλα τα διαμερίσματα υπό την προϋπόθεση ότι η πτώση πίεσης στην έξοδο είναι αρκετά μεγάλη ώστε να αποτρέπεται η μετακίνηση αέρα μεταξύ των ορόφων. Ένας κεντρικός ανεμιστήρας μπορεί να εξυπηρετεί όλα τα διαμερίσματα.. Η ροή του αέρα μπορεί να ελέγχεται μέσω ρυθμιζόμενων εσχάρων που ανταποκρίνονται στην υγρασία ή με αισθητήρες που παρακολουθούν τα επίπεδα CO₂, ρύπων και άλλων παραμέτρων. Το παραπάνω σύστημα διατηρεί σταθερό το ρυθμό αερισμού και λόγω της μικρής αρνητικής πίεσης που δημιουργεί στο κέλυφος του κτιρίου, συσσωρεύει την υγρασία και τη δημιουργία μούχλας. Εν αντιθέσει με τα παραπάνω το σύστημα αυτό εξαρτάται από διαρροές του κελύφους του κτιρίου, η ανάκτηση θερμότητας είναι δύσκολη και η είσοδος του αέρα μέσω των αρμών του κτιρίου μπορεί να προκαλέσει ρεύματα κατά τους χειμερινούς μήνες. [1]

Στα συστήματα μηχανικής παροχής και απομάκρυνσης αέρα, πριν ο αέρας αποβληθεί στο εξωτερικό περιβάλλον, διέρχεται από έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος ανακτά μέρος της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα και τη χρησιμοποιεί για τη θέρμανση του εισερχόμενου αέρα. Η ανάκτηση θερμότητας μειώνει το κόστος

θέρμανσης, κάνοντάς την μια οικονομική επιλογή. Μια εναλλακτική χρήση της ανακτώμενης θερμότητας είναι για τη θέρμανση του ζεστού νερού.

Σε κτίρια με διαμερίσματα, το σύστημα μηχανικής παροχής μπορεί να είναι είτε κεντρικό είτε αποκεντρωμένο. Τα κεντρικά συστήματα προσφέρουν συνήθως μεγαλύτερη απόδοση στην ανάκτηση θερμότητας, αλλά είναι πιο σύνθετα στον έλεγχο και τη λειτουργία τους. Αντίθετα, τα αποκεντρωμένα συστήματα απαιτούν περισσότερα εξαρτήματα που χρειάζονται συντήρηση, όμως διευκολύνουν τον τοπικό έλεγχο σύμφωνα με τις ανάγκες κάθε διαμερίσματος.

Όταν το κτίριο διαθέτει σύστημα θέρμανσης που βασίζεται στον αέρα, ο μηχανικός αερισμός συχνά λειτουργεί ως μέρος του ίδιου συστήματος. Η ποσότητα του αέρα που κυκλοφορεί συνήθως υπερβαίνει αυτήν που απαιτείται αποκλειστικά για τον αερισμό, ενώ μέρος του αέρα που αφαιρείται από τους χώρους επανεισάγεται και κατανέμεται σε άλλα δωμάτια. Παράλληλα, περιλαμβάνεται μηχανισμός ανάκτησης θερμότητας για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

3.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.4.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτός στα κτίρια παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ παράλληλα ενισχύει την οπτική άνεση στους εσωτερικούς χώρους. Εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το τοπικό κλίμα, τη γεωγραφική θέση, τον πολεοδομικό σχεδιασμό της περιοχής, τη διαμόρφωση του κτιριακού κελύφους και τη στρατηγική ενσωμάτωσης διαφανών στοιχείων.

Η χρήση του φυσικού φωτισμού μειώνει την ανάγκη για τεχνητό φως, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση. Επιπλέον, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η περιορισμένη χρήση τεχνητού φωτισμού συμβάλλει στη μείωση του φορτίου ψύξης των κτιρίων. Αυτή η μείωση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε χώρους όπως γραφεία και εμπορικά κτίρια, όπου τα οφέλη από τη χρήση φυσικού φωτισμού είναι συχνά πιο εμφανή.

Η δομή της πόλης επηρεάζει άμεσα την πρόσβαση του κτιρίου στο φυσικό φως, το ύψος και το πλάτος των γύρω κτιρίων, η ανακλαστικότητα των προσόψεών τους, οι φυτεύσεις, τα υλικά του περιβάλλοντος χώρου, καθώς και η διάταξη των δρόμων επηρεάζουν την έκθεση του οικοπέδου στον ήλιο.

Αφού αξιολογηθούν αυτοί οι εξωτερικοί παράγοντες, ακολουθεί ο σχεδιασμός του κτιρίου. Οι ανάγκες φωτισμού του κάθε κτιρίου, ανάλογα με τη χρήση του, καθορίζουν τις επιλογές και τον συνδυασμό των μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βέλτιστη εισαγωγή και διαχείριση του φυσικού φωτός. Στη συνέχεια, θα αναλυθούν οι βασικές από αυτές τις μεθόδους. Η είσοδος του φυσικού φωτός πραγματοποιείται από τα ανοίγματα των όψεων, από τα ανοίγματα των φωταγωγών, την οροφή κτλ.

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος εισροής των ακτίνων του ήλιου είναι μέσω των ανοιγμάτων των όψεων. Όσο πιο μεγάλο είναι το ύψος του ανοίγματος τόσο περισσότερη ποσότητα φωτός εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Η ποσότητα του φωτός αλλά και η ποσότητα θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι διαφανείς επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό προσελκύουν μεγάλη ποσότητα φυσικού φωτισμού και υψηλά επίπεδα θερμικών κερδών από τον ήλιον. Κατά τους θερινούς μήνες, οι μεγάλες εισροές θερμότητας και φωτός ελέγχονται με την χρήση κατάλληλων συστημάτων σκίασης, όπως εξώφυλλα κουφωμάτων, τέντες κτλ. Τα παράθυρα με βόρειο προσανατολισμό προσδίδουν χαμηλό φωτισμό και χαμηλά ενεργειακά κέρδη. Ανάλογα την εποχή και την ώρα η φωτεινότητα στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό διαφοροποιείται.

3.4.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Οι τεχνολογίες τεχνητού φωτισμού εξελίσσονται συνεχώς για να προσφέρουν μεγαλύτερη απόδοση, αντοχή και οικολογική συμβατότητα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνολογίες:

1. Λαμπτήρες LED (Light Emitting Diode)

Οι λαμπτήρες LED λειτουργούν μέσω του φαινομένου της ηλεκτρικής φωταύγειας, το οποίο είναι συναφές με την τεχνολογία των κοινών ημιαγωγών. Το χρώμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας καθορίζεται από τη χημική σύνθεση του υλικού που χρησιμοποιείται στον ημιαγωγό. Τα LEDs διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων

και διαστάσεων, με μεγέθη που κυμαίνονται από 2 έως 13 χιλιοστά. Επιπλέον, κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα, όπως σφαιρικά και κυβικά. Αποτελούν την πιο σύγχρονη και ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία φωτισμού.

Πλεονεκτήματα:

- Πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (έως και 80% λιγότερη από τους παραδοσιακούς λαμπτήρες).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (20.000 - 50.000 ώρες).
- Δεν εκπέμπουν θερμότητα και είναι φιλικές προς το περιβάλλον.
- Δυνατότητα επιλογής θερμοκρασίας χρώματος (ζεστό, ψυχρό φως κ.λπ.).
- Συμβατές με έξυπνα συστήματα φωτισμού.

Οι LED λαμπτήρες χρησιμοποιούνται σε οικίες, εξωτερικούς χώρους, διακοσμητικούς χώρους και βιομηχανίες. Τείνουν να αντικαταστήσουν τους λαμπτήρες πυράκτωσης και τους μη αποδοτικούς φθορισμού, διότι αποτελούν μια λιγότερο ενεργοβόρα λύση με χαμηλό κόστος.

2. Λαμπτήρες Φθορισμού

Λειτουργούν με ηλεκτρισμό που ενεργοποιεί φώσφορο στο εσωτερικό του λαμπτήρα, παράγοντας φως.

- Πλεονεκτήματα:
 - Υψηλή ενεργειακή απόδοση (λιγότερη ενέργεια από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως).
 - Κατάλληλοι για μεγάλους χώρους (γραφεία, σχολεία, εργοστάσια).
 - Αποδοτικότερη διάχυση φωτός σε σχέση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες.
- Μειονεκτήματα:
 - Περιέχουν υδράργυρο, που καθιστά τη διάθεσή τους στο περιβάλλον προβληματική.
 - Μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις LED.

3. Λαμπτήρες Πυρακτώσεως

Παράγουν φως μέσω της θέρμανσης ενός νήματος βολφραμίου που θερμαίνεται από ηλεκτρισμό.

- Πλεονεκτήματα:
 - Ζεστό, φυσικό φως.
 - Χαμηλό αρχικό κόστος.
 - Συμβατότητα με όλους τους διακόπτες.
- Μειονεκτήματα:
 - Πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση (μόνο το 5% της ενέργειας μετατρέπεται σε φως).
 - Σύντομη διάρκεια ζωής (περίπου 1.000 ώρες).

Σημείωση: Σήμερα, σε πολλές χώρες, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν καταργηθεί λόγω χαμηλής απόδοσης.

4. Λαμπτήρες Αλογόνου

Παραλλαγή των λαμπτήρων πυρακτώσεως, αλλά πιο αποδοτικοί.

- Πλεονεκτήματα:
 - Ελαφρώς μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως.
 - Εξαιρετική χρωματική απόδοση.
 - Μικρότερο μέγεθος, ιδανικοί για στοχευμένο φωτισμό.
- Μειονεκτήματα:
 - Υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τις LED.
 - Εκπέμπουν θερμότητα και μπορεί να είναι επικίνδυνοι σε μικρούς χώρους.

5. Οπτικές Ίνες

Αυτή η τεχνολογία μεταφέρει φως μέσω ευλύγιστων ινών, οι οποίες εκπέμπουν φως στο άκρο τους.

- Πλεονεκτήματα:
 - Χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας.
 - Ιδανικές για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως στον διακοσμητικό φωτισμό και στην ιατρική.
 - Δεν εκπέμπουν UV ή IR ακτινοβολία.
- Μειονεκτήματα:
 - Υψηλό κόστος εγκατάστασης.
 - Περιορισμένες χρήσεις στον γενικό φωτισμό.

6. Φωτισμός Υψηλής Έντασης (HID - High-Intensity Discharge)

Οι λαμπτήρες HID χρησιμοποιούν αέρια και ατμούς για να παράγουν έντονο φως. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξωτερικούς χώρους.

- Τύποι:
 - Νατρίου υψηλής πίεσης (χρυσό φως, χρησιμοποιείται σε δρόμους).
 - Μεταλλικού αλογονιδίου (λευκό φως, χρησιμοποιείται σε στάδια ή εργοστάσια).
- Πλεονεκτήματα:
 - Πολύ υψηλή ένταση φωτός.
 - Κατάλληλοι για μεγάλους χώρους και υπαίθριες περιοχές.
- Μειονεκτήματα:
 - Χρόνος αναμονής για να φτάσουν σε πλήρη φωτεινότητα.
 - Υψηλό κόστος αντικατάστασης.

7. Οργανικά LED (OLED)

Η τεχνολογία OLED χρησιμοποιεί οργανικά υλικά που παράγουν φως όταν διαρρέονται από ηλεκτρισμό.

- Πλεονεκτήματα:
 - Πολύ λεπτές και ελαστικές πηγές φωτός.
 - Ιδανικές για εφαρμογές υψηλής σχεδιαστικής αισθητικής, όπως οθόνες και διακοσμητικός φωτισμός.
 - Πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Μειονεκτήματα:
 - Υψηλό κόστος παραγωγής.
 - Μικρότερη διάρκεια ζωής από τις LED.

8. Έξυπνος Φωτισμός

Οι έξυπνες λύσεις φωτισμού, όπως τα προϊόντα IoT (Internet of Things), επιτρέπουν τον έλεγχο των φώτων μέσω εφαρμογών ή φωνητικών εντολών.

- Πλεονεκτήματα:
 - Δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας και χρώματος.
 - Προγραμματισμός για ενεργειακή εξοικονόμηση.
 - Ενσωμάτωση με έξυπνα σπίτια.

- Μειονεκτήματα:
 - Εξάρτηση από δίκτυα Wi-Fi.
 - Υψηλότερο κόστος αρχικής εγκατάστασης.

3.4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

Η οδηγία ορίζει τις απαιτήσεις για τον σωστότερο σχεδιασμό ενός ανθρωποκεντρικού και βιώσιμου φωτισμού.

Η αυξημένη υιοθέτηση των πηγών φωτισμού LED, σε συνδυασμό με τη συνεχή εξέλιξη των συστημάτων ελέγχου και τη μείωση του κόστους τους, έχει οδηγήσει σε σημαντικές δυνατότητες ενεργειακής εξοικονόμησης. Παράλληλα, η πρόοδος στις τεχνικές σχεδιασμού, η καλύτερη κατανόηση των μη οπτικών επιδράσεων του φωτισμού και η ανάγκη για περιορισμό της φωτορύπανσης αναμένεται να αλλάξουν δραστικά τις προσεγγίσεις στον σχεδιασμό φωτισμού.

Γι' αυτόν τον λόγο, κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία μιας τεχνολογικής οδηγίας για τον φωτισμό, που να περιγράφει λεπτομερώς τη διαδικασία σχεδιασμού ενός αποδοτικού συστήματος φωτισμού. Η μεθοδολογία αυτή θα λαμβάνει υπόψη την επίδραση του φυσικού φωτός στην κατανάλωση ενέργειας. Η οδηγία πρέπει να θέτει σαφείς προδιαγραφές για τη δημιουργία ενός φωτιστικού συστήματος που να επικεντρώνεται στις ανθρώπινες ανάγκες και να προωθεί τη βιωσιμότητα. Ο σχεδιασμός αυτός οφείλει να εξασφαλίζει οπτική άνεση, υψηλή απόδοση, ασφάλεια και βελτιωμένη ποιότητα ζωής για τους χρήστες. Παράλληλα, η οδηγία πρέπει να περιλαμβάνει τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης και την οικονομική ανάλυση ενός έργου φωτισμού, παρέχοντας τα εργαλεία για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του.

Η τεχνική οδηγία δίνει προτεραιότητα στα παρακάτω σημεία:

- Ανάλογα την χρήση των χώρων και την ηλικία των χρηστών διαχωρίζονται οι απαιτήσεις για φωτισμό
- Στη μέτρηση της συνεισφοράς του φυσικού φωτός
- Στην ανάλυση των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τον ανθρωποκεντρικό φωτισμό
- Στον σχεδιασμό συστημάτων φωτισμού για περιπτώσεις ασφαλείας

- Στις ιδιαίτερες προδιαγραφές για τον φωτισμό εκθεσιακών χώρων και μουσείων , προσόψεων, μνημείων και εξωτερικών χώρων
- Στην κατανόηση και αντιμετώπιση των ζητημάτων που προκαλεί η φωτορύπανση
- Στον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας λόγω χρήσης αυτοματισμών, που βασίζονται σε αισθητήρες φωτισμού και κίνησης
- Στις προδιαγραφές για τη χρήση των λογισμικών.

Οι παραπάνω προδιαγραφές για τις απαιτήσεις φωτισμού στοχεύουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας με τον φωτισμό παίζει σημαντικό ρόλο στον τριτογενή τομέα, όπου η χρήση μιας αποδοτικότερης τεχνολογίας έχει την δυνατότητα να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, πολύ σημαντική είναι η εξοικονόμηση λόγω της εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού μέσω αισθητήρων στην οροφή.

Η ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος , την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση της φωτορύπανσης αποτελούν στόχοι της μελέτης φωτισμού. [1]

3.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Ένα από τα κεντρικά ζητήματα στον σχεδιασμό κτιρίων, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, είναι η διασφάλιση επαρκούς θερμομονωτικής απόδοσης. Με τη σωστή θερμομόνωση περιορίζονται οι ενεργειακές απώλειες του κτιρίου τόσο κατά τη θέρμανση τον χειμώνα όσο και κατά την ψύξη το καλοκαίρι.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί μια αναλυτική εξέταση των διαθέσιμων μεθόδων θερμομόνωσης για το κέλυφος του κτιρίου, καθώς και των θερμομονωτικών υλικών.

3.5.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

1. Θερμομόνωση Πυρήνα

Η θερμομόνωση πυρήνα είναι μία από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές για τη μόνωση του κελύφους ενός κτιρίου και εφαρμόζεται κυρίως στους εξωτερικούς τοίχους. Σε

αυτή τη μέθοδο, η τοιχοποιία αποτελείται από δύο στρώματα τοίχων, ανάμεσα στα οποία δημιουργείται ένα κενό. Το μονωτικό υλικό, που συνήθως είναι φύλλα πολυστερίνης, τοποθετείται σε αυτό το διάκενο.

Τα πλεονεκτήματα της παραπάνω μεθόδου είναι ότι το υλικό που χρησιμοποιείται για την μόνωση προστατεύεται επαρκώς από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επίσης, η εσωτερική τοιχοποιία απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο κατά τη θέρμανση και τη διατηρεί, επιστρέφοντάς την στα δωμάτια όταν το σύστημα θέρμανσης σταματά. Αυτό συμβάλλει στη σταθερότητα της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους, κάτι που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για τις οικίες. Στον αντίποδα των παραπάνω υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα της μεθόδου. Για παράδειγμα το σύστημα θέρμανσης δεν ανταποκρίνεται άμεσα, καθώς η εσωτερική τοιχοποιία αρχικά απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας. Ενδέχεται να δημιουργηθούν θερμογέφυρες στα σημεία που η μόνωση διακόπτεται λόγω επαφής με τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου.

2. Εσωτερική Θερμομόνωση

Η μέθοδος της εσωτερικής θερμομόνωσης περιλαμβάνει την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού στο εσωτερικό μέρος του τοίχου, το οποίο στη συνέχεια καλύπτεται από ένα ανθεκτικό υλικό, όπως η γυψοσανίδα, που λειτουργεί και ως εσωτερικό επίχρισμα. Αυτή η τεχνική προτιμάται σε κτίρια όπου απαιτείται άμεση ενεργειακή απόδοση, όπως παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία ή γραφεία με ημερήσια λειτουργία.

Πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης:

- Η κατασκευή της είναι απλή και ολοκληρώνεται γρήγορα.
- Το μονωτικό υλικό προστατεύεται από εξωτερικές επιδράσεις, όπως υγρασία, άνεμος και ηλιακή ακτινοβολία.
- Είναι πιο οικονομική επιλογή συγκριτικά με την εξωτερική θερμομόνωση.
- Το σύστημα θέρμανσης και ψύξης λειτουργεί άμεσα από τη στιγμή της ενεργοποίησής του.

Μειονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης:

- Δεν προσφέρει προστασία στα δομικά στοιχεία από θερμοκρασιακές συστολές και διαστολές που προκαλούνται από τις εξωτερικές συνθήκες.

- Παρουσιάζονται θερμογέφυρες, ιδιαίτερα στα σημεία ένωσης των εξωτερικών με τους εσωτερικούς τοίχους.
- Ο εσωτερικός χώρος ψύχεται γρήγορα όταν διακόπτεται η θέρμανση.
- Δεν είναι κατάλληλη για κτίρια με συστήματα παθητικής θέρμανσης

3.Εξωτερική Θερμομόνωση

Η εξωτερική θερμομόνωση περιλαμβάνει την τοποθέτηση μονωτικού υλικού στην εξωτερική επιφάνεια των τοίχων του κτιρίου, το οποίο στερεώνεται με ειδική κόλλα. Πάνω από το μονωτικό υλικό εφαρμόζεται ένα πλαστικό πλέγμα, που διευκολύνει τη σταθερή πρόσφυση του τελικού επιχρίσματος, το οποίο ακολουθεί ως επικάλυψη. Με αυτή τη μέθοδο, περιορίζονται οι ενεργειακές απώλειες, συμπεριλαμβανομένων αυτών που προκύπτουν από τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου. Οι εσωτερικοί χώροι διατηρούν τη θερμότητά τους για μεγαλύτερο διάστημα μετά τη διακοπή της θέρμανσης, αν και απαιτείται περισσότερος χρόνος για να ζεσταθούν. Αυτό εξομαλύνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, καθιστώντας τη μέθοδο ιδιαίτερα αποτελεσματική για κτίρια που χρησιμοποιούνται συνεχώς.

Πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης:

- Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου αποθηκεύουν θερμότητα, επιτρέποντας στους χώρους να παραμένουν ζεστοί για μεγάλο διάστημα μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- Παρέχει σημαντική προστασία στα δομικά στοιχεία από τις συστολές και διαστολές που προκαλούνται από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Ελαχιστοποιεί ή και εξαλείφει τις θερμογέφυρες, ενισχύοντας την ενεργειακή απόδοση.
- Όταν εφαρμόζεται σε ήδη υφιστάμενα κτίρια, δεν διαταράσσει τη λειτουργία τους κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης και δεν μειώνει το διαθέσιμο εσωτερικό χώρο.

•

Μειονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης:

- Το κόστος της κατασκευής είναι υψηλότερο σε σύγκριση με άλλες μεθόδους.

- Απαιτείται ιδιαίτερη ακρίβεια και σωστή επιλογή υλικών, καθώς τυχόν κακοτεχνίες μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα, όπως ρωγμές και υγρασία στις εξωτερικές επιφάνειες.
- Είναι δύσκολη ή και αδύνατη η εφαρμογή της σε κτίρια με προσόψεις που διαθέτουν πολλά προεξέχοντα στοιχεία.

3.5.2 ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα μονωτικά υλικά αποτελούν βασικό στοιχείο στον σχεδιασμό και την κατασκευή σύγχρονων κτιρίων, καθώς συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και στη βελτίωση της θερμικής άνεσης. Η χρήση τους στη μόνωση, είτε πρόκειται για θερμομόνωση, ηχομόνωση ή υδρομόνωση, έχει ως στόχο τη δημιουργία συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους, μειώνοντας παράλληλα τις απώλειες ενέργειας.

Τα υλικά που επιλέγονται για μονωτικές εφαρμογές διακρίνονται από τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες, όπως η θερμική αγωγιμότητα, η αντοχή στην υγρασία, η ευκολία εφαρμογής και η διάρκεια ζωής. Επιπλέον, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πιο αποδοτικών και οικολογικών μονωτικών υλικών, τα οποία όχι μόνο μειώνουν το ενεργειακό αποτύπωμα ενός κτιρίου, αλλά και ενισχύουν τη βιωσιμότητά του.

Στην παρούσα ενότητα θα εξεταστούν τα κύρια είδη μονωτικών υλικών. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού είναι καθοριστικής σημασίας για τη βελτίωση της απόδοσης της μόνωσης και την εξασφάλιση μιας ενεργειακά αποδοτικής κατασκευής.

1. Εξηλασμένη Πολυστερίνη (XPS)

Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ένα συνθετικό θερμομονωτικό υλικό με κλειστή κυψελωτή δομή.

- Χαρακτηριστικά: Υψηλή αντοχή στη συμπίεση, χαμηλή απορρόφηση υγρασίας, καλή θερμομονωτική απόδοση.
- Πλεονεκτήματα: Ανθεκτικότητα σε υγρασία και μηχανικές καταπονήσεις, εύκολη εφαρμογή, μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Χρήσεις: Μόνωση θεμελίων, δωματίων, τοιχοποιίας και δαπέδων.

2. Πολυουρεθάνη (PU)

Η πολυουρεθάνη είναι ένα θερμομονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης, που διατίθεται σε μορφή σκληρών πλακών ή ψεκασμού (αφρού).

- Χαρακτηριστικά: Εξαιρετικά χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, αντοχή στη φθορά, δυνατότητα κάλυψης δύσκολων επιφανειών.
- Πλεονεκτήματα: Υψηλή θερμομονωτική ικανότητα, ελαφρύ υλικό, καλή προσκόλληση σε διάφορες επιφάνειες.
- Χρήσεις: Εξωτερική θερμομόνωση, μόνωση σωληνώσεων, δεξαμενών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

3. Υαλοβάμβακας / Πετροβάμβακας

Πρόκειται για ανόργανα υλικά που κατασκευάζονται από ανακυκλωμένο γυαλί (υαλοβάμβακας) ή βασάλτη (πετροβάμβακας).

- Χαρακτηριστικά: Ανθεκτικότητα στη φωτιά, καλή θερμομονωτική και ηχομονωτική απόδοση.
- Πλεονεκτήματα: Φιλικά προς το περιβάλλον, δεν καίγονται, εύκολα στην εφαρμογή.
- Χρήσεις: Μόνωση τοίχων, οροφών, συστημάτων HVAC, και βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

4. Περλίτης

Ο περλίτης είναι ένα φυσικό, ηφαιστειακό υλικό που επεξεργάζεται θερμικά για να αποκτήσει θερμομονωτικές ιδιότητες.

- Χαρακτηριστικά: Ελαφρύς, ανθεκτικός σε υγρασία και φωτιά, αδρανές υλικό.
- Πλεονεκτήματα: Φυσικό, οικονομικό, μη τοξικό, ανθεκτικό στη φωτιά.
- Χρήσεις: Μόνωση δωματίων, τοιχοποιίας και ειδικές εφαρμογές στον κατασκευαστικό τομέα.

5. Ξυλόμαλλο

Το ξυλόμαλλο κατασκευάζεται από ίνες ξύλου και συνδέεται με ανόργανα συνδετικά υλικά, όπως τσιμέντο ή μαγνησίτη.

- Χαρακτηριστικά: Καλή θερμομονωτική και ηχομονωτική απόδοση, φυσικό υλικό, ανθεκτικό.
- Πλεονεκτήματα: Αντοχή σε μούχλα και υγρασία, οικολογική επιλογή, εύκολη εφαρμογή.
- Χρήσεις: Μόνωση τοιχοποιίας και ταβανίων, ακουστική μόνωση.

6. Φελλός

Ο φελλός είναι ένα φυσικό και βιοδιασπώμενο θερμομονωτικό υλικό που προέρχεται από το φλοιό δέντρων (κυρίως φελλοφόρων δρυών).

- Χαρακτηριστικά: Καλή θερμομονωτική και ηχομονωτική απόδοση, ανθεκτικότητα, ανανεώσιμο υλικό.
- Πλεονεκτήματα: Οικολογικό, ανθεκτικό σε υγρασία και μούχλα, μη τοξικό, ανθεκτικό σε φωτιά.
- Χρήσεις: Μόνωση τοίχων, δαπέδων, ταβανιών και οροφών.

Κάθε ένα από αυτά τα υλικά έχει μοναδικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για συγκεκριμένες εφαρμογές. Η επιλογή του ιδανικού υλικού εξαρτάται από τις ανάγκες του έργου, το κόστος, τη διάρκεια ζωής και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

3.5.3. KENAK και Θερμομόνωση

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK) είναι το κύριο νομικό πλαίσιο της Ελλάδας που αφορά τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, περιλαμβάνοντας και τη θερμομόνωση. Ο KENAK τέθηκε σε ισχύ το 2010 (με βάση τον Νόμο 3661/2008) και εναρμονίζεται με τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση.

Ακολουθούν τα βασικά σημεία του KENAK που αφορούν τη θερμομόνωση:

1. Υποχρέωση θερμομόνωσης στα κτίρια

- Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα που υφίστανται ανακαίνιση άνω του 25% της συνολικής επιφάνειάς τους, υποχρεούνται να συμμορφώνονται με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Ειδικά για τα νέα κτίρια, πρέπει να πληρούν τον σχεδιασμό για κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nZEB) από το 2021 .

2. Ελάχιστες απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας

Ο KENAK ορίζει συγκεκριμένες τιμές για τη θερμική διαπερατότητα (U-values) των δομικών στοιχείων του κελύφους:

- Στέγες
- Τοίχοι
- Πατώματα
- Ανοίγματα (κουφώματα και υαλοπίνακες)

Οι τιμές αυτές διαφέρουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη (Α, Β, Γ, Δ) όπου βρίσκεται το κτίριο.

3. Κλιματικές Ζώνες

Η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης:

- Ζώνη Α: Νότιες περιοχές (Κρήτη, Νησιά Αιγαίου)
- Ζώνη Β: Κεντρικές περιοχές (Αττική, Βόρεια Πελοπόννησος)
- Ζώνη Γ: Βορειότερες περιοχές (Θεσσαλία, Ήπειρος)
- Ζώνη Δ: Ορεινές και ψυχρές περιοχές (Δυτική Μακεδονία)

Κάθε ζώνη έχει διαφορετικές απαιτήσεις θερμομόνωσης για να ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες.

4. Ενεργειακή μελέτη

Κατά την έκδοση οικοδομικής άδειας, είναι υποχρεωτική η υποβολή Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ). Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

- Υπολογισμό των θερμικών απωλειών.
- Επιλογή κατάλληλων υλικών θερμομόνωσης.
- Εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

5. Επιθεωρήσεις και Πιστοποιητικά

- Υποχρεωτική η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για νέα κτίρια ή υφιστάμενα κτίρια που ενοικιάζονται/πωλούνται.
- Το ΠΕΑ κατατάσσει το κτίριο σε ενεργειακή κατηγορία (Α+ έως Η), με βάση την ενεργειακή κατανάλωση.

6. Χρηματοδοτικά κίνητρα

Το ελληνικό κράτος, σε συνεργασία με ευρωπαϊκά ταμεία, προσφέρει προγράμματα όπως το "Εξοικονομώ – Αυτονομώ", που επιδοτούν επεμβάσεις θερμομόνωσης.

Ο ΚΕΝΑΚ αποτελεί βασικό εργαλείο για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ συμβάλλει στη βελτίωση της άνεσης και της ενεργειακής απόδοσης των ελληνικών κτιρίων.

3.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

Η καύση των ορυκτών καυσίμων για τις ανάγκες θέρμανσης ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και λιθάνθρακα εκτιμάται ότι μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες για περίπου 40, 70 και 200 χρόνια αντίστοιχα. Ωστόσο, είναι επιτακτική η ανάγκη να βρεθούν νέοι, πιο φιλικοί προς το περιβάλλον τρόποι θέρμανσης. Βιώσιμες λύσεις που μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να προστατεύσουν το περιβάλλον για τις μελλοντικές γενιές.

3.6.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα είναι δεκαετίας '70 και '80, επομένως, η θέρμανση σε κτίρια πραγματοποιείται κυρίως μέσω κεντρικών συστημάτων που καλύπτουν τις ανάγκες όλου του κτιρίου. Ο συνηθέστερος τρόπος μεταφοράς θερμότητας από τη μονάδα παραγωγής στους θερμαινόμενους χώρους γίνεται με τη χρήση νερού ως μέσου μεταφοράς. Με καύση υδρογονανθράκων λειτουργεί ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης και αποτελείται από τον λέβητα, δηλαδή την μονάδα παραγωγής θερμότητας, το δίκτυο διανομής, με την βοήθεια του μεταφέρει το θερμό νερό από τον λέβητα στις τερματικές μονάδες θέρμανσης και τις τερματικές μονάδες, οι οποίες είναι τα θερμαντικά σώματα που αποδίδουν θέρμανση στον χώρο. Σύγχρονα συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στο δάπεδο, στους τοίχους ή στην οροφή. Τα πιο συνηθισμένα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στον λέβητα για την θέρμανση είναι:

- Το πετρέλαιο, όπου μέχρι το 2025, η εγκατάσταση καυστήρων πετρελαίου θα απαγορευτεί πλήρως και μέχρι το 2030 η χρήση τους θα καταργηθεί σταδιακά.
- Το φυσικό αέριο αποτελεί μια εναλλακτική λύση που θεωρείται πιο αποδοτική για το περιβάλλον
- **Βιοκαύσιμα (π.χ. pellets):** Παράγονται από υπολείμματα ξύλου, γεωργικές καλλιέργειες ή εξειδικευμένα φυτά. Τα pellets συνήθως έχουν κυλινδρικό σχήμα, με διάμετρο 6-8 χιλιοστά και μήκος 10-50 χιλιοστά.

Η θερμότητα από την καύση θερμαίνει τον θάλαμο του λέβητα, και αυτή με τη σειρά της μεταφέρεται στο νερό που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις. Το ζεστό νερό στη συνέχεια ρέει μέσω του δικτύου διανομής είτε σε θερμαντικά σώματα είτε σε ενδοδαπέδια συστήματα. Για τη μετακίνηση του νερού, χρησιμοποιείται αντλία κυκλοφορίας.

Κύρια Συστατικά του Συστήματος Λέβητα

1. Λέβητας: Το κύριο μέρος όπου πραγματοποιείται η καύση. Στο εσωτερικό του υπάρχει ο θάλαμος καύσης και ένα δίκτυο σωληνώσεων όπου κυκλοφορεί το νερό. Η θερμότητα από την καύση θερμαίνει τα τοιχώματα του θαλάμου και κατόπιν μεταφέρεται στο νερό.
2. Καυστήρας: Η συσκευή που καίει το καύσιμο στον θάλαμο του λέβητα. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι καυστήρων:

Μονοβάθμιος: Λειτουργεί σε σταθερή παροχή καυσίμου.

Πολυβάθμιος: Ρυθμίζει την ποσότητα καυσίμου ανάλογα με τις ανάγκες θέρμανσης.

3. Καπνοδόχος: Διευκολύνει την απομάκρυνση των καυσαερίων από την καύση προς το εξωτερικό περιβάλλον.

3.6.1.1. ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τα αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα θέρμανσης έχουν σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές ρύπων, ενώ παράλληλα προσφέρουν υψηλή θερμική άνεση. Ακολουθούν ορισμένα από τα πιο αποδοτικά και βιώσιμα συστήματα:

1. Ενδοδαπέδια θέρμανση

Μέσα στο δάπεδο κάτω από τα πλακάκια υπάρχουν εγκιβωτισμένοι σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί νερό χαμηλών θερμοκρασιών περίπου 40°C. Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, όπως τα κλασικά καλοριφέρ που συγκεντρώνουν μεγάλο μέρος της θερμότητας κοντά στην οροφή, το ενδοδαπέδιο

σύστημα επιτυγχάνει καλύτερη κατανομή της θερμότητας στο ύψος του ανθρώπινου σώματος. Αυτό βελτιώνει τη θερμική άνεση και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, καθώς δεν απαιτείται υπερβολική θέρμανση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι σωληνώσεις του συστήματος βρίσκονται μέσα στο δάπεδο και συνδέονται με έναν κεντρικό συλλέκτη που με τη σειρά του συνδέεται με την κύρια στήλη του συστήματος. Με τη χρήση ηλεκτροβανών και θερμοστατών, είναι εφικτή η ανεξάρτητη ρύθμιση της θέρμανσης σε κάθε χώρο. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- **Θερμομόνωση:** Εφαρμόζεται πάνω στην πλάκα, εάν ο χώρος συνορεύει με μη θερμαινόμενο περιβάλλον, όπως υπόγειο, πυλωτή, έδαφος. Στους θερμαινόμενους χώρους, η μόνωση είναι απαραίτητη μόνο σε περιπτώσεις διαφορετικής χρήσης ή θερμοκρασίας.
- **Μεμβράνη επικάλυψης:** Τοποθετείται πάνω στη μόνωση, διαθέτοντας εγκοπές για τη στήριξη των σωληνώσεων.
- **Σωληνώσεις:** Συνήθως κατασκευάζονται από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο HDPE και τοποθετούνται πάνω στην μεμβράνη επικάλυψης σε διάφορους σχηματισμούς, όπως μαιανδρικό ή τύπου F. .
- **Έλεγχος πίεσης:** Πριν την κάλυψή τους, οι σωληνώσεις δοκιμάζονται σε υψηλή πίεση για να διαπιστωθούν τυχόν διαρροές.
- **Θερμομπτεόν:** Χρησιμοποιείται για την κάλυψη των σωληνώσεων και παρέχει αντοχή στις συστολές και διαστολές.
- **Τελική επίστρωση:** Μπορεί να είναι οποιοδήποτε υλικό επιθυμεί ο ιδιοκτήτης ή ο αρχιτέκτονας.

Πλεονεκτήματα του Συστήματος

1. Παρέχει ομοιόμορφη θερμοκρασία στον χώρο, προσφέροντας υψηλή θερμική άνεση.
2. Επιτρέπει εξοικονόμηση ενέργειας λόγω χαμηλών θερμοκρασιών λειτουργίας, υποστηρίζοντας οικολογικές πηγές ενέργειας.

3. Προσφέρει ευελιξία στη διαρρύθμιση των χώρων.
4. Δεν δημιουργεί έντονα ανοδικά ρεύματα αέρα που μπορεί να αφήνουν μαύρα ίχνη στους τοίχους.
5. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ήπια ψύξη το καλοκαίρι, αν τροφοδοτηθεί με δροσερό νερό.

Μειονεκτήματα του Συστήματος

1. Το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλότερο κατά 20-40% από τα συμβατικά συστήματα.
2. Το σύστημα έχει αυξημένη θερμική αδράνεια, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση στην αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας.
3. Δεν είναι εύκολα τροποποιήσιμο σε περιπτώσεις αναδιαμόρφωσης των χώρων.
4. Ο εντοπισμός και η επισκευή βλαβών είναι περίπλοκος, παρότι οι θερμοκάμερες έχουν διευκολύνει τη διαδικασία.

Παρότι οι μεγάλες θερμικές μάζες του συστήματος διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία, σε περιπτώσεις απότομης αύξησης θερμότητας (π.χ., από ηλιακή ακτινοβολία) ενδέχεται να υπάρξει ανεξέλεγκτη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου. Ωστόσο, αποτελεί μια ιδιαίτερα αποδοτική επιλογή θέρμανσης που ενισχύει την άνεση και εξοικονομεί ενέργεια.

2. Λέβητας Συμπύκνωσης

Οι λέβητες με τεχνολογία συμπύκνωσης καλύπτουν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και εκπομπών ρύπων, αφού εκμεταλλεύονται τη θερμότητα των καυσαερίων που συνήθως απορρίπτονται στους παραδοσιακούς λέβητες. Η διαφορά με τους συμβατικούς είναι ότι τοποθετείται ένας εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων-νερού στην έξοδο του λέβητα. Τα ζεστά καυσαέρια, τα οποία μπορεί να είναι φυσικό αέριο, υγραέριο, ανταλλάσσουν ενέργεια με το νερό που επιστρέφει από τα σώματα, και κρυώνουν πριν βγουν από τον λέβητα. Οι υδρατμού των καυσαερίων υγροποιούνται και αποδίδεται επιπλέον θερμότητα στον λέβητα. Επομένως, για μία συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμου των καυσαερίων αποδίδεται μεγαλύτερο ποσό ενέργειας στον λέβητα, οπότε το σύστημα λειτουργεί οικονομικότερα. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την παραπάνω τεχνολογία είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης, οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η

συμβατότητα με χαμηλής θερμοκρασίας συστήματα, όπως για παράδειγμα στην ενδοδαπέδια θέρμανση.

3. Συστήματα Βιομάζας

Εξαιτίας της αύξησης των τιμών των συμβατικών ορυκτών καυσίμων και λόγω της μείωσης των αποθεμάτων γίνεται χρήση των συστημάτων, τα οποία καίνε φυσικά υλικά όπως pellets, παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ή υπολείμματα. Τα pellets παράγονται σε μικρούς κυλίνδρους και η καύση τους πραγματοποιείται σε λέβητες με μηχανισμό τροφοδοσίας. Πρόκειται για ένα οικολογικό σύστημα, διότι η καύση του είναι ουδέτερη σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, το κόστος καυσίμων είναι χαμηλό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

4. Αντλίες Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι συστήματα που αξιοποιούν την αρχή της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά θερμότητας από μία πηγή (π.χ., αέρα, έδαφος ή νερό) σε έναν χώρο ή αντίστροφα. Πρόκειται για μία εξαιρετικά αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι η μεταφορά θερμότητας αντί της δημιουργίας της.

Εξωτερική πηγή θερμότητας: Η αντλία απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον (αέρας, έδαφος ή νερό), ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ψυκτικό μέσο: Μέσω συμπίεσης του ψυκτικού μέσου, αυξάνεται η θερμοκρασία του.

Εκπομπή θερμότητας: Η θερμότητα μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω του συστήματος θέρμανσης.

Επαναλαμβανόμενος κύκλος: Το ψυκτικό μέσο επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση για να απορροφήσει εκ νέου θερμότητα.

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται με βάση την πηγή από την οποία αντλούν θερμότητα:

Αερόθερμες Αντλίες Θερμότητας (Air-to-Air ή Air-to-Water)

- **Πηγή:** Εξωτερικός αέρας.
- **Πλεονεκτήματα:** Εύκολη εγκατάσταση, χαμηλό αρχικό κόστος.
- **Μειονεκτήματα:** Χαμηλότερη απόδοση σε πολύ κρύο κλίμα.
- **Εφαρμογές:** Θέρμανση/ψύξη χώρου, ζεστό νερό.

Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (Ground-Source)

- **Πηγή:** Θερμότητα από το έδαφος.
- **Πλεονεκτήματα:** Σταθερή απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές θερμοκρασίες.
- **Μειονεκτήματα:** Υψηλό αρχικό κόστος λόγω των γεωτρήσεων.
- **Εφαρμογές:** Θέρμανση/ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού.

Υδατοθερμικές Αντλίες Θερμότητας (Water-Source)

- **Πηγή:** Θερμότητα από νερά (ποτάμια, λίμνες ή υπόγεια ύδατα).
- **Πλεονεκτήματα:** Πολύ υψηλή απόδοση όταν υπάρχουν κατάλληλες υδάτινες πηγές.
- **Μειονεκτήματα:** Απαιτείται πρόσβαση σε υδάτινη πηγή.

Υβριδικές Αντλίες Θερμότητας

- Συνδυάζουν διαφορετικές πηγές θερμότητας για μέγιστη απόδοση.

Πλεονεκτήματα Αντλιών Θερμότητας

1. **Υψηλή Ενεργειακή Απόδοση:** Ο δείκτης COP (Coefficient of Performance) φτάνει το 3-5, που σημαίνει ότι παράγουν 3-5 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνουν.
2. **Φιλικότητα προς το Περιβάλλον:** Μειώνουν τις εκπομπές CO₂, ειδικά όταν συνδυάζονται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά.
3. **Οικονομία:** Μειωμένα λειτουργικά έξοδα σε σχέση με παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης.
4. **Πολυλειτουργικότητα:** Παρέχουν θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης.
5. **Μακροχρόνια Επένδυση:** Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (15-25 χρόνια).

Μειονεκτήματα Αντλιών Θερμότητας

1. **Υψηλό Αρχικό Κόστος:** Ιδιαίτερα στις γεωθερμικές και υδατοθερμικές αντλίες.

2. **Απόδοση σε Κρύα Κλίματα:** Οι αερόθερμες αντλίες ενδέχεται να είναι λιγότερο αποδοτικές σε περιοχές με ακραία χαμηλές θερμοκρασίες.
3. **Απαιτήσεις Εγκατάστασης:** Οι γεωθερμικές απαιτούν εξειδικευμένες γεωτρήσεις.

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κατοικίες (Ενδοδαπέδια θέρμανση, θέρμανση με fan coils, ζεστό νερό χρήσης.), σε βιομηχανίες(εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση ή ψύξη εγκαταστάσεων) και σε δημόδια κτίρια (Σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία για μείωση του ενεργειακού κόστους.)

Συμπέρασμα

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν μία από τις πιο σύγχρονες και βιώσιμες λύσεις για θέρμανση και ψύξη. Αν και το αρχικό κόστος μπορεί να είναι υψηλό, η απόδοση και η εξοικονόμηση ενέργειας τις καθιστούν εξαιρετική επιλογή για το μέλλον.

5. Υβριδικά Συστήματα Θέρμανσης

Συνδυάζουν διάφορες τεχνολογίες, όπως αντλίες θερμότητας, λέβητες συμπίκνωσης και ηλιακά συστήματα, για βέλτιστη απόδοση.

Πλεονεκτήματα:

6. Αυξημένη ευελιξία.
7. Βελτιωμένη απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα πιο αποδοτικά και περιβαλλοντικά συστήματα θέρμανσης συνδυάζουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σύγχρονες τεχνολογίες, μειώνοντας την εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος εξαρτάται από τις ενεργειακές ανάγκες, τις τοπικές συνθήκες και τον προϋπολογισμό.

3.6.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

Την περίοδο του καλοκαιριού, αυξάνονται κατά πολύ οι θερμοκρασίες εσωτερικά των κτιρίων προκαλώντας την μείωση της άνεσης των κατοίκων και προκαλώντας δυσφορία. Το πρόβλημα αυτό γίνεται πιο έντονο σε κτίρια που δεν έχουν σχεδιαστεί με παθητικά συστήματα για φυσικό δροσισμό. Για την ρύθμιση του κλίματος σε σταθερά επίπεδα και την ελαχιστοποίηση των μεταβολών γίνεται χρήση

συστημάτων μηχανικής ψύξης, τα οποία βασίζονται κυρίως στην ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία τους.

3.6.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ

Τα τελευταία χρόνια, η ρύθμιση του εσωτερικού κλίματος στα κτίρια έχει καταστεί σημαντική, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερότητα στις συνθήκες που θεωρούνται "άνεσης". Μέσω συστημάτων κλιματισμού, μπορούμε να ελέγχουμε την κυκλοφορία του αέρα, την ποιότητά του, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Στόχος είναι να επιτύχουμε την ιδανική ισορροπία ανάμεσα σε αυτές τις παραμέτρους.

Η αίσθηση της θερμότητας ή της δροσιάς μέσα σε έναν χώρο δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη θερμοκρασία, αλλά και από το επίπεδο της υγρασίας. Η διαχείριση της υγρασίας, λοιπόν, αποτελεί κρίσιμο στοιχείο του κλιματισμού. Ένα περιβάλλον με υψηλή υγρασία μπορεί να δημιουργήσει την αίσθηση ότι η θερμοκρασία είναι πιο υψηλή από την πραγματική. Γι' αυτό, είναι σημαντικό η υγρασία να παραμένει σε ελεγχόμενα επίπεδα. Για παράδειγμα, οι ιδανικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι περίπου 20°C και η υγρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει το ποσοστό 50-55%.

Όλα τα συστήματα κλιματισμού βασίζονται στην εισαγωγή φρέσκου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, την ψύξη του και την προσαγωγή του στο εσωτερικό, προσαρμοσμένο στην επιθυμητή θερμοκρασία. Ανάλογα με τις ανάγκες, οι εγκαταστάσεις κλιματισμού διακρίνονται σε κεντρικές, ημικεντρικές και τοπικές μονάδες.

- **Κεντρικά συστήματα κλιματισμού:**

Αυτά είναι σχεδιασμένα για να καλύπτουν ολόκληρα κτίρια. Μια κεντρική μονάδα επεξεργάζεται τον αέρα, τον ψύχει και στη συνέχεια τον διανέμει σε διάφορους χώρους μέσω αγωγών. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιείται για την ψύξη νερού, το οποίο κυκλοφορεί σε fan coil units, τοποθετημένα σε διαφορετικά σημεία του κτιρίου. Ορισμένα συστήματα παρέχουν ταυτόχρονα ψύξη και θέρμανση, ανάλογα με τις ανάγκες. Οι κεντρικές εγκαταστάσεις διαθέτουν μία κεντρική εξωτερική μονάδα

που μπορεί να βρίσκεται ακόμη και 100 μέτρα μακριά από τις εσωτερικές μονάδες που εξυπηρετεί. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εσωτερικών μονάδων που χρησιμοποιούνται στις κεντρικές εγκαταστάσεις. Για παράδειγμα υπάρχουν μονάδες δαπέδου ή οροφής. Αυτές μπορούν να τοποθετηθούν στο πάτωμα ή στην οροφή, και προσφέρουν αυτονομία στον χώρο όπου εγκαθίστανται. Άλλες μονάδες δύνανται να εγκατασταθούν σε ψευδοροφές και είναι ιδανικές για χώρους που απαιτούν κομψή εμφάνιση, καθώς οι μονάδες είναι διακριτικές. Επίσης, υπάρχουν συστήματα όπου ο αέρας διοχετεύεται μέσω αγωγών που είναι κρυμμένοι σε ψευδοροφές και καταλήγουν σε περσίδες στους επιθυμητούς χώρους. Αν και αυτή η λύση προσφέρει αισθητικά και λειτουργικά οφέλη, απαιτεί υψηλότερο κόστος εγκατάστασης, καθώς και ξεχωριστές μονάδες για κάθε χώρο εάν επιθυμούμε πλήρη αυτονομία.

Με αυτόν τον τρόπο, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χώρου, μπορεί να επιλεγεί η κατάλληλη κλιματιστική λύση για μέγιστη άνεση, ενεργειακή απόδοση και ευελιξία.

- **Ημικεντρικά συστήματα κλιματισμού:**

Αυτά εξυπηρετούν επιμέρους τμήματα ενός κτιρίου, όπως ολόκληρους ορόφους ή μεγάλα διαμερίσματα. Είναι πιο ευέλικτα και απλά στην εγκατάσταση σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα και επιτρέπουν την αυτόνομη λειτουργία τους ανεξάρτητα από άλλα τμήματα του κτιρίου.

- **Τοπικές μονάδες κλιματισμού:**

Πρόκειται για τις γνωστές split units, που αποτελούνται από δύο μέρη: μια εξωτερική μονάδα και μια εσωτερική. Η εξωτερική μονάδα τραβά τον αέρα από το περιβάλλον και τον στέλνει στην εσωτερική, η οποία αναλαμβάνει να διανείμει τον αέρα στον χώρο. Περιλαμβάνει επίσης φίλτρα καθαρισμού, εναλλάκτη θερμότητας, ανεμιστήρα, πτερύγια για τη ρύθμιση της κατεύθυνσης του αέρα, καθώς και τα κατάλληλα όργανα ελέγχου, όπως θερμοστάτες και πίνακες ρύθμισης.

Η εσωτερική μονάδα τοποθετείται ιδανικά στη δυτική πλευρά του χώρου για καλύτερη κυκλοφορία του αέρα, ενώ η εξωτερική σε σκιερό σημείο, ώστε να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας. Η απόσταση μεταξύ των δύο μονάδων δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη, καθώς η απόδοση μειώνεται όταν υπερβαίνει τα 10 μέτρα.

Αυτά τα συστήματα είναι κατάλληλα για τη ψύξη συγκεκριμένων δωματίων.

▪ Κλιματιστικά Inverter

Η τεχνολογία Inverter προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση των κλιματιστικών. Ο κινητήρας των μονάδων Inverter μπορεί να προσαρμόζει τις στροφές του ώστε να λειτουργεί ακριβώς με την ισχύ που απαιτείται τη δεδομένη στιγμή. Αυτό οδηγεί σε αθόρυβη λειτουργία και σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30%.

Στα συμβατικά μοντέλα, ο κινητήρας λειτουργεί είτε στη μέγιστη ισχύ είτε καθόλου, κάτι που δεν επιτρέπει ενδιάμεσες λειτουργίες. Τα Inverter, αντίθετα, προσαρμόζουν τη λειτουργία τους στις ανάγκες του χώρου και αποδίδουν εξαιρετικά ακόμη και τον χειμώνα, όπου απαιτείται θέρμανση. Παρόλο που η αρχική τους τιμή είναι υψηλότερη, η εξοικονόμηση ενέργειας αντισταθμίζει γρήγορα το κόστος αγοράς.

Υπάρχουν επίσης πολυδιαιρούμενα συστήματα Inverter, τα οποία επιτρέπουν τη σύνδεση έως και τεσσάρων εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική. Αυτά τα συστήματα είναι πιο οικονομικά στη μακροπρόθεσμη λειτουργία τους, αν και η εγκατάστασή τους απαιτεί μεγαλύτερο αρχικό κόστος.

Σε κάθε περίπτωση, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος, τόσο περισσότερη ενέργεια απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας. Όλα τα παραπάνω μπορούν κατά την χειμερινή περίοδο να λειτουργήσουν και ως συστήματα θέρμανσης.

3.7. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Η θερμική αποθήκευση είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την αποθήκευση θερμικής ενέργειας για χρήση σε μελλοντικό χρόνο, εξισορροπώντας έτσι την προσφορά και τη ζήτηση ενέργειας. Αυτή η μέθοδος αξιοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως η θέρμανση και η ψύξη κτιρίων, η βιομηχανική θέρμανση και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η θερμική αποθήκευση περιλαμβάνει τη συγκέντρωση και διατήρηση θερμότητας ή ψύξης σε ειδικά μέσα αποθήκευσης, ώστε να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Η θερμότητα μπορεί να αποθηκευτεί ως:

1. Αισθητή Θερμότητα (Sensible Heat): Αποθηκεύεται αυξάνοντας τη θερμοκρασία ενός υλικού, όπως νερό, λάδι ή τσιμέντο.
2. Λανθάνουσα Θερμότητα (Latent Heat): Χρησιμοποιεί τη λανθάνουσα θερμότητα αλλαγής φάσης (π.χ., υγρό σε στερεό) σε υλικά όπως παραφίνες ή άλατα.
3. Θερμοχημική Ενέργεια: Αποθηκεύεται σε χημικούς δεσμούς που αποδεσμεύουν θερμότητα κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης.

Τύποι Θερμικής Αποθήκευσης

1. Αποθήκευση Θερμότητας σε Υγρά Μέσα (Water Tanks):

- Χρησιμοποιούνται δεξαμενές νερού ή άλλα υγρά ως μέσα αποθήκευσης.
- Εφαρμογές: Οικιακή και βιομηχανική θέρμανση.
- Πλεονεκτήματα: Χαμηλό κόστος, ευκολία χρήσης.

2. Αποθήκευση Λανθάνουσας Θερμότητας (Phase Change Materials - PCMs):

- Υλικά που αλλάζουν φάση (π.χ., από στερεό σε υγρό) για να αποθηκεύσουν ή να αποδεσμεύσουν μεγάλα ποσά ενέργειας.
- Εφαρμογές: Θέρμανση/ψύξη χώρων, ψυκτικά φορτία.
- Πλεονεκτήματα: Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα.

3. Αποθήκευση Θερμότητας σε Στερεά Μέσα (Thermal Bricks, Concrete, Molten Salts):

- Υλικά όπως το τσιμέντο ή τα λιωμένα άλατα χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν θερμότητα σε υψηλές θερμοκρασίες.

- Εφαρμογές: Συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας (CSP), βιομηχανική χρήση.

4. Υπόγεια Θερμική Ενέργεια (Underground Thermal Energy Storage - UTES):

- Αποθήκευση θερμότητας στο έδαφος ή σε υδροφόρους ορίζοντες.
- Εφαρμογές: Εποχιακή θέρμανση/ψύξη.

5. Θερμοχημική Αποθήκευση:

- Χρήση χημικών αντιδράσεων για αποθήκευση θερμότητας.
- Εφαρμογές: Βιομηχανικές διεργασίες, ηλιακή θέρμανση.

Εφαρμογές της Θερμικής Αποθήκευσης

1. Κτιριακές Εφαρμογές:

- Θέρμανση και ψύξη μέσω αποθήκευσης ενέργειας σε δεξαμενές νερού ή PCMs.
- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας στα συστήματα HVAC.

2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

- Αποθήκευση πλεονάζουσας ενέργειας από ηλιακά ή αιολικά συστήματα.
- Χρήση της θερμικής αποθήκευσης σε ηλιοθερμικούς σταθμούς συγκέντρωσης (CSP).

3. Βιομηχανία:

- Ανάκτηση και αποθήκευση απορριπτόμενης θερμότητας από βιομηχανικές διαδικασίες.
- Παροχή θερμικής ενέργειας σε ώρες αιχμής.

4. Εποχιακή Αποθήκευση:

- Αποθήκευση θερμότητας το καλοκαίρι για χρήση τον χειμώνα.
- Τεχνολογίες όπως τα UTES και PCMs συμβάλλουν στη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας.

Πλεονεκτήματα της Θερμικής Αποθήκευσης

- **Ενεργειακή Αποδοτικότητα:** Μειώνει τη σπατάλη ενέργειας αποθηκεύοντας πλεονάζουσα θερμότητα.
- **Οικονομία:** Εξισορρόπηση φορτίου, μειώνοντας το κόστος ενέργειας.

- **Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα:** Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μείωση εκπομπών CO₂.
- **Αξιοπιστία:** Παροχή θερμότητας και ψύξης ανεξαρτήτως κλιματικών συνθηκών.

Μειονεκτήματα της Θερμικής Αποθήκευσης

- Υψηλό αρχικό κόστος για ορισμένα συστήματα (π.χ., γεωθερμική αποθήκευση).
- Περιορισμοί στον χώρο εγκατάστασης (ιδιαίτερα για μεγάλες δεξαμενές ή υπόγεια αποθήκευση).
- Πολυπλοκότητα σχεδιασμού και ανάγκη εξειδικευμένων τεχνολογιών.

Συμπέρασμα

Η θερμική αποθήκευση προσφέρει λύσεις υψηλής απόδοσης για την εξισορρόπηση της προσφοράς και ζήτησης θερμικής ενέργειας, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών. Καθώς οι ανάγκες για αποδοτικά ενεργειακά συστήματα αυξάνονται, η θερμική αποθήκευση παίζει σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό μετασχηματισμό.

3.8 Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)

Το Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) αναφέρεται στο θερμαινόμενο νερό που χρησιμοποιείται για καθημερινές ανάγκες, όπως το πλύσιμο, το μαγείρεμα, το καθάρισμα και η υγιεινή. Είναι ένα βασικό στοιχείο στα περισσότερα κτίρια, τόσο σε οικιακές όσο και σε επαγγελματικές εφαρμογές. Η παραγωγή του ZNX βασίζεται σε διάφορες τεχνολογίες, οι οποίες επιλέγονται ανάλογα με τις ανάγκες, την ενεργειακή αποδοτικότητα και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Πηγές Παραγωγής ZNX

1. Λέβητες:

- Οι λέβητες που λειτουργούν με καύσιμα όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή βιομάζα συχνά συνδυάζονται με συστήματα θέρμανσης για την παραγωγή ZNX.

2. Ηλιακοί Θερμοσίφωνες:

- Χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση νερού, παρέχοντας οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον λύση.
- Αποτελούνται από συλλέκτες που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και μια δεξαμενή αποθήκευσης για το ζεστό νερό.

3. Θερμοσίφωνες (Ηλεκτρικοί ή Υγραερίου):

- Απλές συσκευές που θερμαίνουν το νερό μέσω ηλεκτρικής ενέργειας ή καύσης υγραερίου.
- Εύκολες στην εγκατάσταση αλλά λιγότερο αποδοτικές σε σχέση με άλλες επιλογές.

4. Αντλίες Θερμότητας για ZNX:

- Χρησιμοποιούν αέρα ή γεωθερμική ενέργεια για να θερμάνουν το νερό με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση.
- Συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

5. Συστήματα Συμπαγωγής (CHP):

- Συνδυάζουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για τη θέρμανση νερού.
- Ιδανικά για μεγάλες εγκαταστάσεις.

Ενεργειακή Απόδοση και Βιωσιμότητα

1. Μείωση Απωλειών:

- Η σωστή μόνωση δεξαμενών και σωληνώσεων μειώνει τις θερμικές απώλειες και εξοικονομεί ενέργεια.

2. Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών:

- Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες και οι αντλίες θερμότητας ενισχύουν τη βιωσιμότητα μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα.

3. Έξυπνη Διαχείριση Ενέργειας:

- Σύγχρονα συστήματα ZNX ενσωματώνουν αισθητήρες και αυτοματισμούς για βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας.

Το Ζεστό Νερό Χρήσης αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της καθημερινότητας, με την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας να εξαρτάται από την ενεργειακή απόδοση, τη

βιωσιμότητα και τις ειδικές απαιτήσεις κάθε χρήστη. Η ενσωμάτωση αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον λύσεων διασφαλίζει οικονομία και άνεση σε βάθος χρόνου.

3.9 ΣΚΙΑΣΗ

Για την μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας εσωτερικά κτιρίων χρησιμοποιούνται συστήματα σκίασης, τα οποία εφαρμόζονται στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων. Αυτά τα συστήματα στοχεύουν στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και στην αξιοποίηση του ήλιου κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η χρήση κινητών ηλιακών προστατευτικών στοιχείων επιτρέπει την καθημερινή ή εποχιακή ρύθμιση του φωτός και της θερμότητας, ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου. Για να λειτουργούν αποτελεσματικά, τα σκίαστρα πρέπει να τοποθετούνται εξωτερικά των παραθύρων, αποτρέποντας έτσι την είσοδο της ηλιακής ενέργειας και τον θερμικό φόρτο στο εσωτερικό του κτιρίου. Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υαλοστάσια χαμηλής εκπεμπτικότητας, τα οποία περιορίζουν σημαντικά τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στα νότια ανοίγματα, η σκίαση επιτυγχάνεται καλύτερα με την τοποθέτηση οριζόντιων σκιάστρων πάνω από τα παράθυρα. Αυτά τα σκίαστρα αποτρέπουν την είσοδο του ήλιου το καλοκαίρι, ενώ τον χειμώνα επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο, πρέπει να αποφεύγονται υλικά και κατασκευές που συγκρατούν και μεταφέρουν θερμότητα στο κτίριο, όπως προβόλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα με μεγάλη θερμοχωρητικότητα ή τέντες που παγιδεύουν τον αέρα. Κατάλληλες λύσεις είναι τα μεταλλικά οριζόντια σκίαστρα, που δεν συγκρατούν τη θερμότητα.

Για τα ανοίγματα με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, απαιτείται η χρήση κατακόρυφων σκιάστρων, καθώς οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν με οριζόντια διεύθυνση. Οι περιστρεφόμενες κατακόρυφες περσίδες είναι ιδιαίτερα αποδοτικές, καθώς μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να επιτρέπουν την είσοδο του ήλιου τον χειμώνα και να τον εμποδίζουν το καλοκαίρι.[1]

3.10 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

Το φυτεμένο δώμα, γνωστό και ως πράσινη στέγη, είναι μια κατασκευή που συνδυάζει τη βλάστηση με το σύστημα κάλυψης ενός δώματος ή στέγης,

προσφέροντας τόσο αισθητικά όσο και λειτουργικά οφέλη. Αυτό το σύστημα αποτελείται από στρώματα υλικών που υποστηρίζουν την ανάπτυξη φυτών και προστατεύουν τη δομή του κτιρίου. Τα φυτεμένα δώματα δρουν ως εξωτερική μόνωση κατά την χειμερινή περίοδο και περιορίζουν τις θερμικές απώλειες του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία από 3-10°C

Πλεονεκτήματα Φυτεμένου Δώματος

1. Θερμομόνωση και Εξοικονόμηση Ενέργειας

Το φυτεμένο δώμα συμβάλλει στη θερμομόνωση του κτιρίου, μειώνοντας τις ανάγκες για θέρμανση τον χειμώνα και κλιματισμό το καλοκαίρι. Η βλάστηση και τα υποκείμενα στρώματα δημιουργούν ένα φυσικό εμπόδιο κατά της θερμότητας.

2. Μείωση της Θερμικής Νησίδας

Τα πράσινα δώματα απορροφούν λιγότερη θερμότητα από τις συμβατικές στέγες, βοηθώντας στη μείωση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές.

3. Διαχείριση Όμβριων Υδάτων

Το σύστημα φυτεμένου δώματος συγκρατεί το νερό της βροχής, μειώνοντας την απορροή και αποσυμφορώντας το αποχετευτικό σύστημα.

4. Αισθητική Αναβάθμιση και Βιοποικιλότητα

Τα πράσινα δώματα βελτιώνουν την αισθητική των κτιρίων και προσφέρουν χώρους πρασίνου που ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, δημιουργώντας περιβάλλον για φυτά, έντομα και πουλιά.

5. Ηχομόνωση

Τα πολλαπλά στρώματα του συστήματος λειτουργούν και ως ηχομονωτικό φράγμα, μειώνοντας τους εξωτερικούς θορύβους.

Στρώματα Φυτεμένου Δώματος

1. Υπόστρωμα Φύτευσης

Αποτελείται από ελαφρύ, αποστραγγιστικό χώμα ειδικά σχεδιασμένο για στέγες. Υποστηρίζει την ανάπτυξη της βλάστησης.

2. Στρώμα Αποστράγγισης

Διασφαλίζει την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού και την προστασία του συστήματος από υπερκορεσμό.

3. Στρώμα Φραγμού Ριζών

Εμποδίζει τις ρίζες να διεισδύσουν στην υγραμόνωση, προστατεύοντας τη δομή του κτιρίου.

4. Στρώμα Υγραμόνωσης

Παρέχει στεγανότητα και προστασία από τη διείσδυση νερού.

5. Θερμομονωτικό Στρώμα (προαιρετικά)

Ενισχύει τη θερμομονωτική απόδοση του δώματος.

6. Διαχωριστικό Φίλτρο

Χωρίζει το υπόστρωμα από το στρώμα αποστράγγισης, εμποδίζοντας τη μετακίνηση λεπτών σωματιδίων.

Εφαρμογές και Χρήση

Τα φυτεμένα δώματα βρίσκουν εφαρμογή σε αστικά κτίρια, εμπορικά συγκροτήματα, δημόσια κτίρια και κατοικίες. Προσφέρουν όχι μόνο ενεργειακά οφέλη αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας υπαίθριων χώρων για αναψυχή ή καλλιέργεια.

Η εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί ειδικό σχεδιασμό και συντήρηση για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας λειτουργικότητάς του, αλλά αποτελεί μια σημαντική λύση για πιο βιώσιμες πόλεις.

4. ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ

Τα κτίρια έχουν σημαντική περιβαλλοντική επίδραση, καθώς καταναλώνουν ένα αυξανόμενο ποσοστό ενέργειας, από 20% σε 40%, κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι θέρμανσης περιλαμβάνουν την καύση ορυκτών καυσίμων, όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο. Παρόλο που το Φ.Α. θεωρείται οικονομικότερο σε σύγκριση με το πετρέλαιο εξακολουθεί να εξαρτάται από τη διεθνή τιμή του πετρελαίου για τη διαμόρφωσή της. Με αυτά τα δεδομένα, οι ευρωπαϊκοί θεσμοί έχουν κρίνει αναγκαίο να προωθηθεί η απεξάρτηση της Ευρώπης από τα ορυκτά καύσιμα, παράλληλα με τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ώστε να επιτευχθούν περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί στόχοι.

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί βασικό πυλώνα της προσπάθειας για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των κτιρίων. Οι ΑΠΕ, όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική ενέργεια, καθώς και η ενέργεια από βιομάζα, προσφέρουν βιώσιμες λύσεις για τη θέρμανση, την ψύξη και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μετάβαση στις ΑΠΕ δεν αφορά μόνο νέες κατασκευές, αλλά και την ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων. Τα οικονομικά οφέλη από τη χρήση ΑΠΕ περιλαμβάνουν τη μείωση του κόστους ενέργειας και την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ παράλληλα συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο υγιούς περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των εκπομπών CO₂ και άλλων ρύπων.

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι απαραίτητη για την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και τη διαμόρφωση ενεργειακά αποδοτικών πόλεων και κοινοτήτων. [8]

4.1. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΤΗΣ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθιερώσει ένα ισχυρό νομοθετικό πλαίσιο για την προώθηση της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και τη μετάβαση προς μια βιώσιμη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Οδηγία 2009/28/ΕΚ

Η Οδηγία 2009/28/ΕΚ, γνωστή και ως «Οδηγία για τις ΑΠΕ», αποτέλεσε ορόσημο στην πολιτική της Ε.Ε. για την ενέργεια. Θέσπισε δεσμευτικούς εθνικούς στόχους για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα, με τον συνολικό στόχο του 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ έως το 2020. Περιλάμβανε επίσης στόχους για τη χρήση ΑΠΕ στις μεταφορές, τις κατασκευές και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001

Η Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001, γνωστή ως «RED II» (Renewable Energy Directive II), αναβάθμισε τους στόχους της Ε.Ε. για τις ΑΠΕ, στοχεύοντας σε συμμετοχή 32% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030. Περιλαμβάνει μέτρα για την υποστήριξη των μικρής κλίμακας παραγωγών ενέργειας, την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στα δίκτυα και την προώθηση βιώσιμων βιοκαυσίμων.

Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), που τέθηκε σε εφαρμογή το 2019, ενσωματώνει τη χρήση των ΑΠΕ ως βασικό στοιχείο της στρατηγικής για την κλιματική ουδετερότητα της Ε.Ε. έως το 2050. Στο πλαίσιο αυτό, οι στόχοι για τις ΑΠΕ αναμένεται να ενισχυθούν περαιτέρω, ενώ εισάγονται μηχανισμοί στήριξης για καινοτόμες τεχνολογίες, όπως η αποθήκευση ενέργειας και το υδρογόνο.

Κανονισμοί για την Ενεργειακή Απόδοση

Παράλληλα με τις Οδηγίες για τις ΑΠΕ, η Ε.Ε. έχει υιοθετήσει Κανονισμούς και Οδηγίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, όπως η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD), που απαιτεί τη χρήση ΑΠΕ στις νέες κατασκευές και την ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων.

Εθνικά Σχέδια για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECPs)

Κάθε κράτος-μέλος υποχρεούται να καταρτίζει και να υποβάλλει Εθνικά Σχέδια για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECPs), τα οποία περιγράφουν τον τρόπο επίτευξης των στόχων για τις ΑΠΕ και τη μείωση των εκπομπών. Τα σχέδια αυτά εναρμονίζονται με τους ευρωπαϊκούς στόχους και αναθεωρούνται τακτικά.

Μηχανισμοί Χρηματοδότησης

Η Ε.Ε. παρέχει σημαντική χρηματοδότηση για την προώθηση των ΑΠΕ μέσω διαρθρωτικών ταμείων, του προγράμματος Horizon Europe και της Ευρωπαϊκής

Τράπεζας Επενδύσεων (EIB). Ειδικοί μηχανισμοί, όπως το InvestEU, στηρίζουν τη μετάβαση σε πράσινη ενέργεια.

Συμπέρασμα

Το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ αποτελεί έναν ολοκληρωμένο μηχανισμό που υποστηρίζει τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Η συνεχής αναθεώρηση και ενίσχυση των στόχων αντικατοπτρίζει τη δέσμευση της Ε.Ε. για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την οικοδόμηση ενός βιώσιμου μέλλοντος. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2017,2024 [5])

4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΠΕ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα κτίρια αποτελεί βασικό εργαλείο για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη βιωσιμότητα και την ενεργειακή ανεξαρτησία.

1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Solar PV)

Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών μπορεί να μειώσει μέχρι και να μηδενίσει τους λογαριασμούς ρεύματος. Το παραπάνω εξαρτάται από την ποσότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών και από τους χρήστες. Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν την ενέργεια και την παρέχουν στον χρήστη όταν υπάρχει ζήτηση.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι από τις πιο γνωστές τεχνολογίες ΑΠΕ και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία.

- **Λειτουργία:** Οι ηλιακοί συλλέκτες (πλαίσια) απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της φωτοβολταϊκής διαδικασίας. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες.
- **Εγκατάσταση:** Τοποθετούνται κυρίως στις στέγες (κλίση για μέγιστη απόδοση) ή στους τοίχους κτιρίων, ιδίως όταν υπάρχουν περιορισμοί χώρου.
- **Εφαρμογές:**

- Οικιακή χρήση: Παροχή ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό.
- Εμπορική χρήση: Υποστήριξη ενεργειακών αναγκών επιχειρήσεων.
- **Οφέλη:**
 - Σημαντική μείωση στους λογαριασμούς ρεύματος.
 - Αυτόνομη παροχή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές.

2. Ηλιακά Θερμικά Συστήματα

Αυτά τα συστήματα είναι εξειδικευμένα για την παραγωγή ζεστού νερού μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

- **Λειτουργία:** Οι συλλέκτες θερμότητας απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνουν ένα ρευστό, συνήθως νερό ή κάποιο θερμοαγώγιμο υγρό. Το ζεστό υγρό χρησιμοποιείται είτε άμεσα είτε αποθηκεύεται σε θερμοδοχεία.
- **Εφαρμογές:**
 - Παροχή ζεστού νερού για μπάνια, κουζίνες, και άλλες ανάγκες σε οικιακούς ή βιομηχανικούς χώρους.
 - Υποστήριξη συστημάτων θέρμανσης.
- **Οφέλη:**
 - Μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος ή καυσίμων για ζεστό νερό.
 - Εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση.
 - Υψηλή απόδοση σε ηλιόλουστες περιοχές.

3. Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Αυτή η τεχνολογία αξιοποιεί τη σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους για να παρέχει θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό στα κτίρια.

- **Λειτουργία:**
 - Οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν θερμότητα από ή προς το υπέδαφος, χρησιμοποιώντας σωλήνες που είναι τοποθετημένοι στο έδαφος.
 - Τον χειμώνα, το σύστημα συλλέγει θερμότητα από το έδαφος και τη μεταφέρει στο κτίριο, ενώ το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από το κτίριο και τη διοχετεύει στο έδαφος.

- **Εφαρμογές:**
 - Οικιακή θέρμανση και ψύξη.
 - Βιομηχανικές εγκαταστάσεις για σταθερή θερμοκρασία.
- **Οφέλη:**
 - Υψηλή απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας.
 - Σημαντική μείωση στη χρήση ορυκτών καυσίμων.
 - Μακροπρόθεσμη οικονομία στο κόστος θέρμανσης και ψύξης.

4. Συστήματα Βιομάζας

Η βιομάζα αποτελεί μια βιώσιμη λύση για την παραγωγή θερμότητας, χρησιμοποιώντας φυσικά υλικά όπως ξύλο, γεωργικά υπολείμματα ή ειδικά καλλιεργημένα φυτά.

- **Λειτουργία:** Τα βιολογικά υλικά καίγονται σε ειδικούς λέβητες για την παραγωγή θερμότητας. Ο παραγόμενος θερμός αέρας ή νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων ή ζεστό νερό.
- **Εφαρμογές:**
 - Θέρμανση κατοικιών και μικρών εμπορικών χώρων.
 - Παραγωγή ενέργειας σε μικρές βιομηχανικές μονάδες.
- **Οφέλη:**
 - Χαμηλότερο κόστος καυσίμου σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.
 - Χρήση ανανεώσιμων υλικών που συχνά είναι τοπικά διαθέσιμα.
 - Μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα.

5. Μικρές Ανεμογεννήτριες

Σε περιοχές με σταθερούς ανέμους, οι μικρές ανεμογεννήτριες αποτελούν μια πρακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Λειτουργία:** Η ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της περιστροφής των πτερυγίων.
- **Εγκατάσταση:** Συνήθως τοποθετούνται σε υπαίθριους χώρους με ελάχιστα εμπόδια που περιορίζουν την κίνηση του ανέμου.
- **Εφαρμογές:**
 - Παροχή ενέργειας σε απομακρυσμένες κατοικίες ή αγροτικές εκτάσεις.

- Υποστήριξη σε μικρές εμπορικές εγκαταστάσεις.
- **Οφέλη:**
 - Αυτόνομη παραγωγή ενέργειας.
 - Μειωμένη εξάρτηση από το δίκτυο ηλεκτρισμού.
 - Δυνατότητα συνδυασμού με άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ για αυξημένη απόδοση.

Οφέλη της Ενσωμάτωσης ΑΠΕ

Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στα κτίρια προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα:

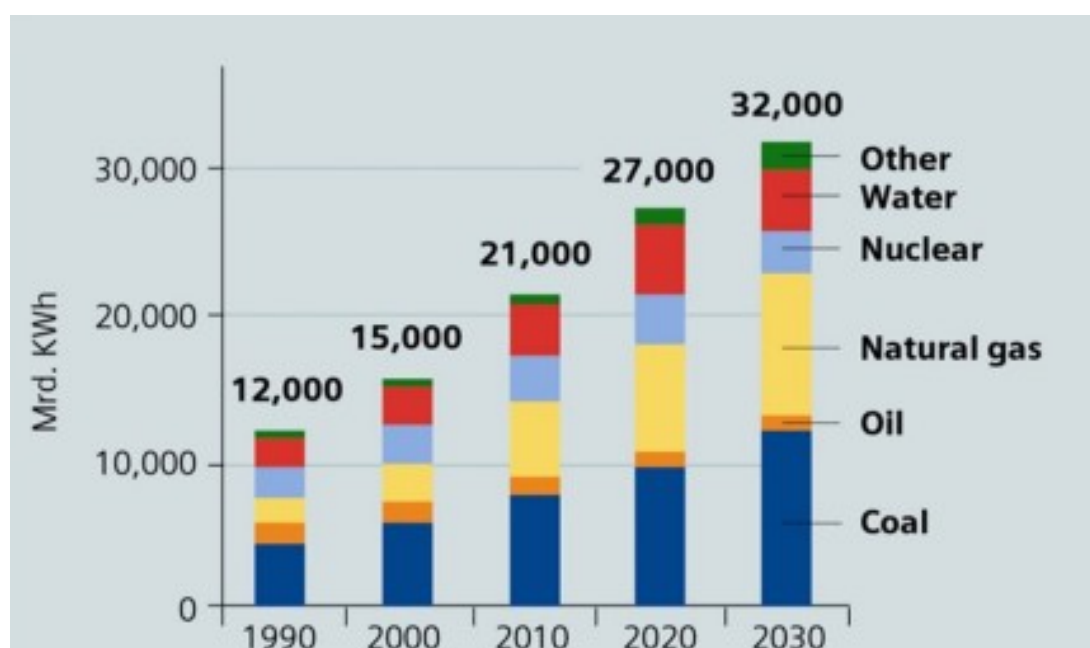
1. **Μείωση Κόστους Ενέργειας:** Η αυτοπαραγωγή ενέργειας μειώνει τους λογαριασμούς ρεύματος και τη μακροχρόνια εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.
2. **Περιβαλλοντικά Οφέλη:** Μείωση εκπομπών CO₂ και συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος.
3. **Ανεξαρτησία από τις Τιμές Καυσίμων:** Οι διακυμάνσεις στις τιμές πετρελαίου και φυσικού αερίου δεν επηρεάζουν τα κτίρια που βασίζονται στις ΑΠΕ.
4. **Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης:** Οι ΑΠΕ ενισχύουν την ενεργειακή κλάση των κτιρίων, αυξάνοντας την αξία τους στην αγορά.

Παρότι η τεχνολογία των ΑΠΕ έχει εξελιχθεί σημαντικά, υπάρχουν ακόμα προκλήσεις όπως το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και η ανάγκη για καλύτερες υποδομές αποθήκευσης ενέργειας. Ωστόσο, η συνεχιζόμενη τεχνολογική πρόοδος και η μείωση του κόστους εξοπλισμού αναμένεται να καταστήσουν τις ΑΠΕ ακόμα πιο προσιτές στο μέλλον. Η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα κτίρια αποτελεί κρίσιμο βήμα για την επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας. Με τη συνεχή υποστήριξη από την πολιτεία και την πρόοδο της τεχνολογίας, η χρήση των ΑΠΕ στα κτίρια μπορεί να γίνει η νέα κανονικότητα, συμβάλλοντας σε έναν πιο πράσινο και βιώσιμο τρόπο ζωής. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη μείωση του κόστους, οι εφαρμογές ΑΠΕ στα κτίρια θα γίνουν ακόμα πιο προσιτές και αποδοτικές στο μέλλον.[8]

5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1. Ανάπτυξη Μεθοδολογικού πλαισίου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναπτυχθεί συνοπτικά η μεθοδολογία που χρειάστηκε για την εκπλήρωση των στόχων και των σκοπών της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, γίνεται ο προσδιορισμός των αναγκών και των μελλοντικών αναγκών. Στην πλειονότητα των ακινήτων αναζητούνται λύσεις για μείωση δαπανών ενέργειας, βελτιστοποίηση κατανάλωσης και ενσωμάτωση της βιωσιμότητας στον οργανισμό σας. Στην συνέχεια, παρέχονται ολοκληρωμένες λύσεις για βελτιώσεις προσαρμοσμένες στις ανάγκες της οικίας και των χρηστών.



Εικόνα Αύξηση Παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας (Πηγή: *International Energy Agency, Siemens*)

5.1.1 Παράδειγμα εφαρμογής

Πρόκειται για διαμέρισμα που βρίσκεται στον πέμπτο όροφο, ο οποίος αποτελεί και τον τελευταίο όροφο μιας πενταώροφης οικοδομής με ισόγειο και υπόγειο. Η οικοδομή κατασκευάστηκε το 1998 και είναι τοποθετημένη σε οικόπεδο έκτασης 1.011 τ.μ. Το συγκεκριμένο διαμέρισμα, με συνολική επιφάνεια 153 τ.μ., έχει τριπλή έκθεση προς βορρά, νότο και δύση, γεγονός που επηρεάζει τη θερμοκρασιακή συμπεριφορά του χώρου. Από τη νότια πλευρά, το διαμέρισμα συνορεύει με όμορη κατοικία, ενώ στις υπόλοιπες πλευρές είναι ελεύθερο.

Ο πέμπτος όροφος της οικοδομής έχει ιδιαίτερη διαρρύθμιση, καθώς περιλαμβάνει δύο ανεξάρτητα κεντρικά κλιμακοστάσια, δύο φρεάτια ανελκυστήρων και κοινόχρηστους διαδρόμους. Σημειώνεται ότι τα δύο κλιμακοστάσια δεν επικοινωνούν μεταξύ τους..

Το διαμέρισμα (*Εικόνα 5.1.1.*) που εξετάζεται διαθέτει λειτουργική διαρρύθμιση, με ενιαίο χώρο καθιστικού και κουζίνας, δύο υπνοδωμάτια, ένα λουτρό και έναν εξώστη σε μία από τις τρεις κεντρικές οδούς. Η υφιστάμενη θέρμανση και ψύξη του διαμερίσματος επιτυγχάνονται μέσω τριών μονάδων κλιματισμού (AC), δύο εκ των οποίων έχουν ισχύ 24.000 BTU, ενώ η τρίτη έχει ισχύ 14.000 BTU. Τα συστήματα αυτά έχουν ηλικία άνω των 10 ετών και η απόδοσή τους δεν είναι πλέον βέλτιστη σύμφωνα με τις σύγχρονες ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα κουφώματα του διαμερίσματος είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο και έχουν τοποθετηθεί κατά την κατασκευή της οικοδομής, πριν από περίπου 20 χρόνια. Επιπλέον, η κατοικία διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα, ο οποίος εξασφαλίζει την παροχή ζεστού νερού χρήσης, ωστόσο δεν συνεισφέρει στην ενεργειακή αναβάθμιση της θέρμανσης.

Εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας για Θέρμανση και Ψύξη

Η υφιστάμενη θέρμανση και ψύξη, η οποία βασίζεται σε παλαιές μονάδες κλιματισμού, θα αντικατασταθεί από μία σύγχρονη **αντλία θερμότητας** υψηλής απόδοσης. Το σύστημα αυτό θα καλύπτει τόσο τις ανάγκες θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο όσο και ψύξης κατά τη θερινή.

- **Θέρμανση:** Η αντλία θερμότητας θα αξιοποιεί τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα για τη μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό του διαμερίσματος, εξασφαλίζοντας μια σταθερή και αποδοτική θέρμανση. Το σύστημα θα μπορεί να λειτουργεί σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, ενώ η θερμική απόδοση (COP) του συστήματος θα είναι ιδιαίτερα υψηλή, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας.
- **Ψύξη:** Κατά τη θερινή περίοδο, το ίδιο σύστημα θα αναστρέφει τη λειτουργία του, απομακρύνοντας τη θερμότητα από το εσωτερικό του χώρου και διασφαλίζοντας δροσερές συνθήκες. Η ενσωματωμένη τεχνολογία inverter θα προσφέρει ακριβή έλεγχο θερμοκρασίας, αποφεύγοντας την υπερκατανάλωση ενέργειας.

Επίσης, διατίθεται ολοκληρωμένη διάταξη αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά ιδιοκτησία (ανά λειτουργικό χώρο) με έλεγχο παρουσίας χρηστών (συστήματα ανίχνευσης κίνησης κ.α.). Αυτόματη θερμοκρασιακή προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία με διόρθωση βάση ζήτησης, με εφαρμογή διατάξεων όπως: σύστημα θερμοκρασιακής αντιστάθμισης ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής θερμοκρασίας παροχή μέσου προς το δίκτυο διανομής ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο των επιμέρους χώρων και την εξωτερική θερμοκρασία. Αυτόματη υδραυλική προσαρμογή των κυκλοφορητών/αντλιών ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο και βαθμός απόδοσης). Το παραπάνω ορίζεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007 κατηγορία αυτόματο ελέγχου Α. Η κατηγορία αυτοματισμών εφαρμόζεται ανεξάρτητα για θέρμανση και ψύξη.

(TOTEΕ)

Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμοπρόσοψης

Η πρόσοψη του διαμερίσματος θα αναβαθμιστεί με την εφαρμογή σύγχρονης **εξωτερικής θερμοπρόσοψης**, που θα ενισχύσει τη θερμομονωτική ικανότητα του κτιρίου.

- Το σύστημα θερμοπρόσοψης θα αποτελείται από υλικά υψηλής ποιότητας, με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας (**U-value**) που θα ανέρχεται σε περίπου **0,5 W/m²K**, προσφέροντας σημαντική μείωση στις θερμικές απώλειες. (TOTEΕ)
- Η θερμοπρόσοψη θα καλύψει τις επιφάνειες που είναι εκτεθειμένες στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες (βόρεια, νότια και δυτική πλευρά), βελτιώνοντας τη θερμική άνεση και μειώνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις του διαμερίσματος.

Τοποθέτηση Μόνωσης στο Δώμα

Το δώμα της οικοδομής θα μονωθεί πλήρως για να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες μέσω της οροφής, που αποτελεί ένα από τα βασικά σημεία διαρροής θερμότητας σε μη μονωμένα κτίρια.

- Η μόνωση θα περιλαμβάνει την εφαρμογή μονωτικών υλικών υψηλής ποιότητας, όπως πολυστερίνη ή πετροβάμβακα, με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας (**U-value**) περίπου **0,95 W/m²K**.
- Η εφαρμογή της μόνωσης θα προστατεύσει την εσωτερική θερμοκρασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, βελτιώνοντας τη συνολική ενεργειακή απόδοση του διαμερίσματος.

Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων στο Δώμα

Στην οροφή της οικοδομής θα εγκατασταθεί σύστημα **φωτοβολταϊκών πάνελ**. Τα πάνελ αυτά θα αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της κατοικίας.

- Το σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο (net metering), επιτρέποντας τη συμψηφιστική χρήση ενέργειας.
- Η εγκατάσταση θα συμβάλει στη μείωση του ενεργειακού κόστους, ενώ παράλληλα θα ενισχύσει το οικολογικό αποτύπωμα του κτιρίου.

Αντικατάσταση Κουφωμάτων με Smart Windows

Τα υπάρχοντα κουφώματα αλουμινίου, ηλικίας άνω των 20 ετών, θα αντικατασταθούν από **έξυπνα παράθυρα (smart windows)** νέας γενιάς.

- Τα νέα κουφώματα θα διαθέτουν διπλούς ή τριπλούς υαλοπίνακες, γεμάτους με αέριο (π.χ. αργό) για βελτιωμένη θερμομόνωση, και θα έχουν συντελεστή θερμικής διαπερατότητας (**U-value**) περίπου **2 W/m²K**.
- Τα smart windows θα διαθέτουν επιπλέον επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής (low-e), που θα περιορίζουν τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και τη θερμική εισροή το καλοκαίρι, ενώ θα επιτρέπουν τη μέγιστη αξιοποίηση φυσικού φωτός.

5.2 Οικονομική Ανάλυση

Για την οικονομική ανάλυση της ενεργειακής αναβάθμισης της συγκεκριμένης οικίας, χρησιμοποιήθηκαν οι προβλεπόμενες τιμές από το πρόγραμμα «Εξοικονομώ», παρέχοντας μία ρεαλιστική εκτίμηση των δαπανών. Πιο αναλυτικά, το κόστος για την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας, η οποία θα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του χώρου και θα συνδυάζεται με τη χρήση μονάδων fan coil για την κάλυψη των αναγκών ψύξης, ανέρχεται στα 9.000 ευρώ. Επιπλέον, προβλέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα της οικοδομής, με σκοπό την αξιοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τη μείωση ή ακόμα και τον σχεδόν πλήρη μηδενισμό των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος. Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύς 3 kW επιφάνειας 7 τ.μ., με συνολικό κόστος που ανέρχεται στα 1806 ευρώ.

Όσον αφορά τις θερμομονωτικές επεμβάσεις, το κόστος για τη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, του φέροντος οργανισμού, του δαπέδου επί εδάφους, επί πιλοτής ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη συνθετικού επιχρίσματος, εκτιμάται στα 55 ευρώ/τ.μ.. Για τη θερμομόνωση του δώματος της οικοδομής, το κόστος είναι ελαφρώς χαμηλότερο, φτάνοντας τα 48 ευρώ/τ.μ.. Τέλος, η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με σύγχρονα πλαίσια αλουμινίου και υαλοπίνακες, που εξασφαλίζουν υψηλή ενεργειακή απόδοση, υπολογίζεται με κόστος 440 ευρώ/τ.μ.. Οι παραπάνω παρεμβάσεις, συνοδευόμενες από τα αντίστοιχα κόστη, εξασφαλίζουν τη μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα της κατοικίας,

συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση του λειτουργικού κόστους και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. (οδηγός εξοικονομώ [7])

Εκτίμηση Κόστους Έξυπνων Τεχνολογιών

Οι έξυπνες τεχνολογίες που μπορούν να υιοθετηθούν στο πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης της οικίας ποικίλλουν σημαντικά ως προς το κόστος, ανάλογα με το είδος, την κλίμακα και την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης. Ενδεικτικά:

1. **Έξυπνοι θερμοστάτες:** Το κόστος κυμαίνεται από **100 έως 300 ευρώ ανά μονάδα**, ενώ η επαγγελματική εγκατάσταση μπορεί να προσθέσει **100-200 ευρώ**.
2. **Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS):** Οι τιμές ξεκινούν από **2.000 έως 5.000 ευρώ** για βασικά συστήματα, ενώ για μεγαλύτερα και πιο σύνθετα συστήματα μπορεί να υπερβούν τα **20.000 ευρώ**.
3. **Έξυπνος φωτισμός:** Πλήρη συστήματα έξυπνου φωτισμού, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων και αυτοματισμών, κοστίζουν από **5.000 έως 50.000 ευρώ** για εμπορικά κτίρια.
4. **Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (BMS):** Το κόστος κυμαίνεται από **10.000 έως και πάνω από 100.000 ευρώ**, ανάλογα με το μέγεθος του κτιρίου και τις λειτουργίες που ενσωματώνονται.
5. **Έξυπνα παράθυρα:** Τα ηλεκτροχρωματικά παράθυρα κοστίζουν **50-100 ευρώ/τ.π.**, ενώ το κόστος εγκατάστασης αυξάνει τη συνολική δαπάνη.
6. **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:** Μια τυπική οικιακή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κοστίζει από **10.000 έως 30.000 ευρώ**, ενώ οι έξυπνοι αντιστροφείς και τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προσθέτουν **5.000 έως 15.000 ευρώ**.
7. **Αισθητήρες IoT:** Οι τιμές ανά αισθητήρα κυμαίνονται από **20 έως 200 ευρώ**, ενώ ένα ολοκληρωμένο δίκτυο αισθητήρων για μεγάλο κτίριο μπορεί να κοστίσει αρκετές χιλιάδες ευρώ.
8. **Έξυπνες συσκευές:** Οι τιμές διαφέρουν ανά συσκευή. Για παράδειγμα, οι έξυπνοι ψυγείοκαταψύκτες κοστίζουν από **1.500 έως 4.000 ευρώ**, ενώ τα έξυπνα πλυντήρια από **800 έως 2.500 ευρώ**.

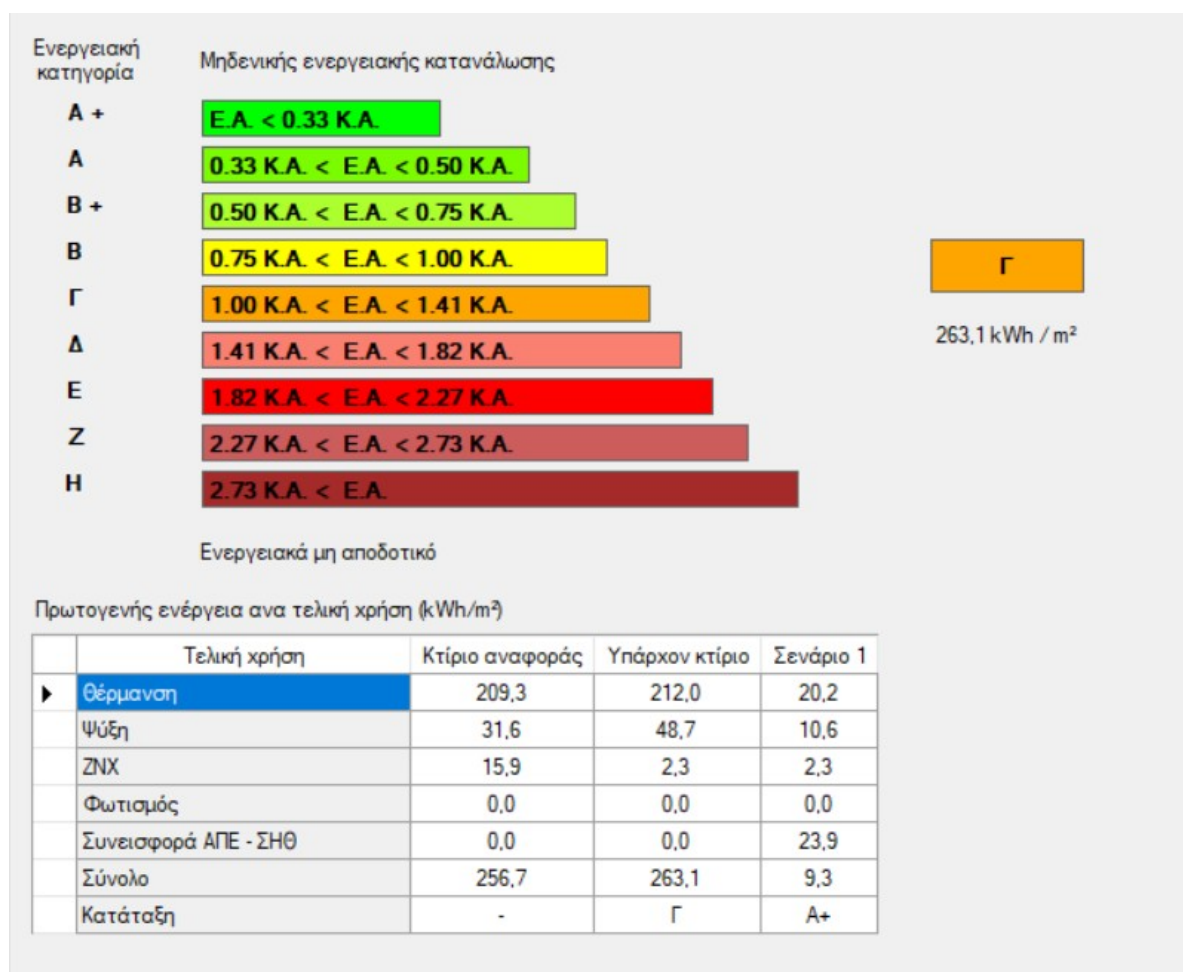
Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι παραπάνω δαπάνες μπορεί να μειωθούν σημαντικά μέσω επιδοτήσεων, φορολογικών κινήτρων και εξοικονόμησης από τη

μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας την επένδυση ιδιαίτερα αποδοτική σε βάθος χρόνου. [12]

Με την εισαγωγή των δεδομένων, όπως ακριβώς περιγράφονται στην παρούσα εργασία, στο λογισμικό TEE-KENAK, προέκυψε η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, το κτίριο κατατάσσεται στην κορυφαία ενεργειακή κατηγορία A+, σημειώνοντας σημαντική βελτίωση σε σχέση με την αρχική του κατάσταση, όπου κατατασσόταν στην κατηγορία Γ.

Παράλληλα, το πρόγραμμα πραγματοποίησε σύγκριση του αναβαθμισμένου κτιρίου με το λεγόμενο ιδεατό κτίριο. Το ιδεατό κτίριο αντιπροσωπεύει τη μέγιστη δυνατή ενεργειακή απόδοση για μια κατασκευή που βρίσκεται στην ίδια γεωγραφική θέση και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά σε επιφάνεια και χρήση. Αυτή η σύγκριση αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων που σχεδιάστηκαν, καθώς το κτίριο πλησιάζει το ιδεατό πρότυπο απόδοσης.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα της μελέτης παρατίθενται στη συνέχεια (**Εικόνα 5.2.1**), αναδεικνύοντας την επιτυχία των ενεργειακών παρεμβάσεων και την ενίσχυση της απόδοσης του κτιρίου σε σχέση με την αρχική του κατάσταση.



Εικόνα 5.2.1 Αποτελέσματα λογισμικού TEE-KENAK

Υπάρχον κτίριο													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	28,8	23,8	17,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	22,6	105,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,4	21,6	20,1	2,2	0,0	0,0	0,0	55,3
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,2	1,1	1,2	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2	11,4
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	20,1	16,6	12,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	15,7	73,1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,1	6,6	6,1	0,7	0,0	0,0	0,0	16,8
ZNX	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9	15,6
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	20,4	16,7	12,5	2,0	0,3	3,1	6,6	6,1	0,7	0,0	6,3	16,0	90,7
Πηγή ενέργειας													
	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)						Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)						
► Ηλεκτρισμός	90,7						89,7						
Πετρέλαιο	0,0						0,0						
Φυσικό αέριο	0,0						0,0						
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0						0,0						
Ηλιακή	15,6						0,0						
Βιομάζα	0,0						0,0						
Γεωθερμία	0,0						0,0						
Άλλο ΑΠΕ	0,0						0,0						
Σύνολο	90,7						89,7						

Εικόνα 5.2.2.1 Αποτελέσματα λογισμικού ΤΕΕ-KENAK Υπάρχον κτίριο (Απαιτήσεις -Κατανάλωση)

Σενάριο 1													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	9,1	7,4	4,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	6,7	30,3
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	8,0	12,7	12,1	2,4	0,0	0,0	0,0	36,2
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,2	1,1	1,2	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2	11,4
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	2,2	1,8	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,7	7,9
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	1,3	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	3,7
ZNX	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9	15,6
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,8	0,8	1,1	1,3	1,6	1,7	1,8	1,7	1,4	1,1	0,8	0,7	14,8
Σύνολο	2,6	2,0	1,3	0,1	0,1	0,8	1,3	1,2	0,2	0,0	0,6	2,0	12,4

Εικόνα 5.2.2.2 Αποτελέσματα λογισμικού ΤΕΕ-KENAK Σενάριο 1(Απαιτήσεις - Κατανάλωση)

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής			
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
► Λειτουργικό κόστος (€)		3.371,8	2.357,5
			297

Εικόνα 5.2.2.3 Αποτελέσματα λογισμικού TEE-KENAK Σενάριο 1(Λειτουργικό κόστος)

Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			36.042,7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			251,5
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			95,6
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,9
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			89,8
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			15,3

Εικόνα 5.2.2.4 Αποτελέσματα λογισμικού TEE-KENAK Σενάριο 1(Κόστη και περίοδος αποπληρωμής)

Η ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου βασίζεται στη σύγκρισή του με το κτίριο αναφοράς, το οποίο έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με το εξεταζόμενο κτίριο και παρόμοια συστήματα θέρμανσης και ψύξης, προσαρμοσμένα με ορισμένους προκαθορισμένους συντελεστές. Οι κατηγορίες του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης καθορίζονται ως ποσοστά της κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με το κτίριο αναφοράς. Για να καταταχθεί ένα κτίριο στην κορυφαία κατηγορία A+, η κατανάλωσή του πρέπει να είναι κάτω από το 33% της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς. Στον πίνακα (Εικόνα 5.2.1), φαίνεται η σύγκριση του αρχικού κτιρίου, το οποίο έχει συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 263,1 kWh/m², με το κτίριο αναφοράς, καθώς και η κατάταξή του βάσει της κατανάλωσης. Επειδή η κατανάλωση αυτή κυμαίνεται μεταξύ του 1 και 1,4 φορές της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς, το αρχικό κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Γ. Αντίθετα, το σενάριο 1, με συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μόλις 9,3 kWh/m² (δηλαδή κάτω από το 33% της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς), κατατάσσεται στην κατηγορία A+. Στον πίνακα πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση παρουσιάζεται η κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης (ZNX), τόσο για το κτίριο αναφοράς όσο και για το αρχικό κτίριο και το σενάριο 1. Σημαντική διευκρίνιση είναι ότι οι kWh που αναφέρονται αντιστοιχούν σε πρωτογενή ενέργεια, η οποία εξαρτάται από το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται, καθώς κάθε καύσιμο έχει διαφορετικό συντελεστή πρωτογενούς ενέργειας. Για παράδειγμα, η ηλεκτρική ενέργεια έχει υψηλότερο συντελεστή σε σχέση με άλλα καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο, επειδή θεωρείται πιο ρυπογόνα

κατά την παραγωγή της. Στην εικόνα 5.2.2 παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου σε θέρμανση, ψύξη και ZNX ανά μήνα και συνολικά ανά έτος, οι οποίες αφορούν την καθαρή κατανάλωση, δηλαδή την ενέργεια που απαιτείται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες των συστημάτων. Στον δεύτερο πίνακα της ίδιας εικόνας (5.2.2.1) αποτυπώνεται η ενεργειακή κατανάλωση, που είναι διαφορετική λόγω των απωλειών που προκύπτουν κατά τη λειτουργία των συστημάτων, όπως ένας λέβητας με απόδοση περίπου 80%, ο οποίος χάνει ένα 20% της ενέργειας. Επομένως, η ενεργειακή κατανάλωση είναι πάντα μικρότερη από τις ενεργειακές απαιτήσεις. Στον τρίτο πίνακα φαίνεται η κατανάλωση καυσίμων του κτιρίου, αναλύονται τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται και υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂. Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιείται μόνο ηλεκτρική ενέργεια και ηλιακή ενέργεια μέσω ηλιακού θερμοσίφωνα. Στο σενάριο 1, η χρήση αντλιών θερμότητας προσφέρει πλεονέκτημα, καθώς έχουν θετικό συντελεστή απόδοσης (COP), δηλαδή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αποδώσει περίπου 4 kWh θερμικής ενέργειας. Αυτό εξηγεί γιατί οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου είναι μεγαλύτερες από την ενεργειακή κατανάλωση, αφού οι αντλίες θερμότητας είναι πιο αποδοτικές σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα. Η οικονομοτεχνική ανάλυση δείχνει ότι το λειτουργικό κόστος του κτιρίου αναφοράς ανέρχεται σε 3.371,8 €, του αρχικού κτιρίου σε 2.357,5 €, ενώ στο σενάριο 1 μειώνεται δραστικά στα 297 €. Το αρχικό κόστος επένδυσης για την εφαρμογή του σεναρίου 1 ανέρχεται σε 36.042,7 €, ποσό που προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους κόστους των τεχνολογικών παρεμβάσεων. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται συγκρίνοντας το αρχικό κτίριο με το σενάριο 1, ενώ το κόστος εξοικονομούμενης ενέργειας ανά kWh καταδεικνύει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Οι εκπομπές CO₂ μειώνονται σημαντικά, συγκρίνοντας το αρχικό κτίριο με το σενάριο 1. Τέλος, η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται στα 15,3 έτη, βάσει της εξοικονόμησης 2.357,5 € ετησίως, επιβεβαιώνοντας τη βιωσιμότητα και την οικονομική απόδοση του σεναρίου.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενης οικίας, σε συνδυασμό με τη χρήση έξυπνων τεχνολογιών, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της σύγχρονης εποχής. Η εφαρμογή βιώσιμων λύσεων έχει άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής, στο

περιβάλλον και στην οικονομία. Μέσα από την υιοθέτηση τεχνολογιών αιχμής, επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, μείωση του λειτουργικού κόστους και αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Συγκεκριμένα, υπάρχει αυξημένη προτίμηση σε σύγχρονες λύσεις θέρμανσης και ψύξης, όπως οι αντλίες θερμότητας και οι μονάδες fan coil, που προσφέρουν υψηλή απόδοση και ευελιξία. Παράλληλα, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά πάνελ, αποτελεί στρατηγική επιλογή για τη μείωση του ενεργειακού κόστους, με στόχο τον σχεδόν πλήρη μηδενισμό των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενσωμάτωση αυτοματισμών, όπως έξυπνοι θερμοστάτες, συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS) και αισθητήρες IoT, επιτρέπει τη βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας, συμβάλλοντας στην αποδοτικότερη λειτουργία των εγκαταστάσεων. Η ολιστική προσέγγιση για την αναβάθμιση περιλαμβάνει:

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και δώματος.
- Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με σύγχρονα, ενεργειακά αποδοτικά πλαίσια.
- Εφαρμογή αυτοματισμών για τη διαχείριση θερμοκρασίας και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η οικονομική ανάλυση βασίστηκε σε δεδομένα από το πρόγραμμα «Εξοικονομώ», προσφέροντας μια ρεαλιστική εκτίμηση του κόστους και της απόδοσης των επενδύσεων. Αν και οι επενδύσεις σε έξυπνες τεχνολογίες και ενεργειακή αναβάθμιση απαιτούν υψηλότερο αρχικό κόστος, θεωρούνται βιώσιμες λόγω των μακροπρόθεσμων αποδόσεων σε εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Τέλος, από την ανάλυση διαφαίνεται ότι οι λύσεις που εξετάστηκαν προάγουν τη βιωσιμότητα, μειώνοντας το ανθρακικό αποτύπωμα των κτιρίων. Ο συνδυασμός τεχνολογικής και οικονομικής αποδοτικότητας με περιβαλλοντική υπευθυνότητα αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία ενός σύγχρονου και φιλικού προς το περιβάλλον κτιριακού τομέα.

Οι σχεδιαζόμενες παρεμβάσεις αναμένεται να οδηγήσουν σε μια σημαντική αναβάθμιση της ενεργειακής του κατηγορίας, με την απόδοση του να ανεβαίνει από την κατηγορία Γ στην κατηγορία A+. Αυτή η αναβάθμιση δεν αφορά μόνο τις

ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου, αλλά και την ευρύτερη επίδρασή της στο περιβάλλον και στην οικονομία. Συγκεκριμένα, μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αναμένεται να μειωθεί δραστικά, φτάνοντας περίπου το 33% της κατανάλωσης ενός κτιρίου αναφοράς, πράγμα που σημαίνει ότι το κτίριο θα καταναλώνει σημαντικά λιγότερη ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες του.

Αυτές οι βελτιώσεις, πέρα από την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης, συμβάλλουν και στη μείωση του λειτουργικού κόστους του κτιρίου. Οι κάτοικοι θα απολαύσουν μειωμένα έξοδα θέρμανσης, κλιματισμού και ενέργειας γενικότερα, γεγονός που ενισχύει την οικονομική τους ευημερία και την ποιότητα ζωής τους. Επιπλέον, οι smart τεχνολογίες προσφέρουν μεγαλύτερη ευκολία και άνεση στους κατοίκους, επιτρέποντας τον απομακρυσμένο έλεγχο των συστημάτων του κτιρίου μέσω smartphone ή άλλων συσκευών.

Επιπλέον, οι εν λόγω παρεμβάσεις συμβάλλουν στην ενίσχυση της οικολογικής συνείδησης των κατοίκων, καθώς μειώνεται η εκπομπή ρύπων και η κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το συνδυασμένο αποτέλεσμα της ενεργειακής αναβάθμισης και των smart τεχνολογιών προάγει τη βιωσιμότητα, καθιστώντας το κτίριο φιλικότερο προς το περιβάλλον και με μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα.

Τελικά, η ενεργειακή αναβάθμιση της υφιστάμενης οικίας σε συνδυασμό με τη χρήση smart τεχνολογιών δημιουργεί έναν έξυπνο, βιώσιμο και οικονομικά αποδοτικό χώρο διαβίωσης. Το αποτέλεσμα είναι ένα κτίριο που όχι μόνο ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά προάγει και την οικολογική υπευθυνότητα των κατοίκων του, ενισχύοντας παράλληλα την ποιότητα ζωής τους και εξασφαλίζοντας μια πιο πράσινη και τεχνολογικά εξελιγμένη καθημερινότητα.

6.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα έρευνα για την ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενης οικίας σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών προσφέρει ένα ισχυρό υπόβαθρο για περαιτέρω μελέτες, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη συμπεριφορική ανάλυση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με αυτές τις τεχνολογίες. Παρά το γεγονός ότι οι έξυπνες τεχνολογίες υπόσχονται σημαντικές ενεργειακές και

οικονομικές αποταμιεύσεις, η πλήρης αξιοποίησή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που οι χρήστες αλληλεπιδρούν με αυτές. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επικεντρωθεί στη μελέτη του βαθμού αποδοχής αυτών των τεχνολογιών από τους κατοίκους, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η ηλικία, η εξοικείωση με την τεχνολογία και οι προσωπικές ενεργειακές συνήθειες.

Ειδικότερα, η ανάλυση θα μπορούσε να εξετάσει πώς οι χρήστες αντιλαμβάνονται τη λειτουργικότητα και την ευχρηστία έξυπνων συστημάτων όπως οι θερμοστάτες, οι αυτοματισμοί φωτισμού και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας. Ένα άλλο ενδιαφέρον ερευνητικό ερώτημα αφορά τη δυνατότητα εξατομίκευσης αυτών των συστημάτων ώστε να προσαρμόζονται στις μοναδικές ανάγκες και προτιμήσεις κάθε χρήστη. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να διερευνηθεί ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης στη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη, προβλέποντας τις συνήθειες και τις προτιμήσεις του με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, θα μπορούσε να εξεταστεί πώς η παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις επηρεάζει τη συμπεριφορά των χρηστών. Είναι πιθανό ότι η ενημέρωση για τη θετική συμβολή τους στη μείωση των εκπομπών άνθρακα να ενισχύσει τη συμμετοχή και την υιοθέτηση των έξυπνων τεχνολογιών. Τέλος, μελέτες που εστιάζουν σε εμπειρικά δεδομένα από διαφορετικά νοικοκυριά ή πολιτιστικά περιβάλλοντα μπορούν να προσφέρουν σημαντικές γνώσεις για το πώς παράγοντες όπως ο τρόπος ζωής και οι κοινωνικές επιρροές επηρεάζουν την αποδοτικότητα αυτών των λύσεων.

Η εμβάθυνση στη συμπεριφορική ανάλυση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με έξυπνες τεχνολογίες μπορεί να προσφέρει κρίσιμες πληροφορίες για τη σχεδίαση πιο αποδοτικών, ευέλικτων και χρηστικών συστημάτων, διασφαλίζοντας την ευρύτερη αποδοχή και τη βιώσιμη εφαρμογή τους σε κτίρια κάθε τύπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Αειφορικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Δομημένου Περιβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2012

[2] Αρχείο Στατιστικών Αποτελεσμάτων, Έκθεση Στατιστικής Ανάλυσης ΠΕΑ Κτιρίων, 2022 Available at: (https://bpes.ypeka.gr/?page_id=21)

[3] Ενεργειακός Σχεδιασμός και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα κτιρίων Μιχάλης Παπαδόπουλος και Κλειώ Αξάρλη (Βιβλίο)

[4] Έξυπνοι Θερμοστάτες, ELPAIS, 2024

Available at: (<https://elpais.com/escaparate/2024-11-25/mejores-termostatos-inteligentes.html?>

[5] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2017, 2024

Available at: (<https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20171124STO88813/ananeosimes-piges-energeias-i-europi-thetei-filodoxous-stochous>)

[6] ΚΕΝΑΚ, ΦΕΚ 2367 τεύχος β, 2017

Available at:

https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/KENAK_FEK_B2367_2017.pdf

[7] Οδηγός Εξοικονομώ 2025

Available at: <https://exoikonomo2025.gov.gr/odegos>

[8] Πως οι ΑΠΕ γίνονται αγορά, ΕΚΠΑ, 2012

[9] T.O.T.E.E 20701-2/2021

Available at: <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-2-2021.pdf>

[10] Alobaidy, H.A.; Mandeep, J.; Nordin, R.; Abdullah, N.F. A Review on ZigBee Based WSNs: Concepts, Infrastructure, Applications, and Challenges. *IJEETC* 2020, 9, 10

[11] A. Vasylychenko, Y. Schols, W. De Raedt, G. A. E. Vandenbosch, "Quality Assessment of Computational Techniques and Software Tools for Planar Antenna Analysis," *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, ISSN: 1045- 9243, Vol. 51, No. 1, pp. 23 – 38.

[12] Building Automation –Contribution to energy performance of buildings, Siemens Switzerland Ltd, 2022

[13] Ecobee vs. Nest, John Carlsen , 2024

Available at: <https://www.safewise.com/ecobee-vs-nest/>

[14] Energy efficient IoT-based smart home **Publisher: IEEE**, 2016

Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7845449>

[15] IEA, Energy Efficient Building Envelopes, Technology Roadmap, OECD/IEA, Paris, 2013

[16] Latest Nest Learning Thermostat Has New AI Features, (ACHR NEWS), 2024

Available at: (<https://www.achrnews.com/articles/154987-latest-nest-learning-thermostat-has-new-ai-features>)

[17] Nest thermostats, Google Support, 2024

Available at: (<https://support.google.com/googlenest/answer/9247510>)

[18] Rossi, M. LEDs and New Technologies for Circadian Lighting. In *Research for Development*; Springer: Cham, Switzerland, 2019; pp. 157–207

[19] Smart windows for energy efficiency of buildings, Marco Casini, 2015

Availavle at:

(https://www.researchgate.net/profile/Marco-Casini/publication/280597205_Smart_windows_for_energy_efficiency_of_buildings/links/55bc93a208aec0e5f441a950/Smart-windows-for-energy-efficiency-of-buildings.pdf)