



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## **Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Κτίριο του Δημόσιου Τομέα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σταγάκης Ιωάννης**

**Επιβλέπων : Επ. Καθηγητής Χρυσόστομος Δούκας**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Κτίριο του Δημόσιου Τομέα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σταγάκης Ιωάννης

Επιβλέπων : Επ. Καθηγητής Χρυσόστομος Δούκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

2018.

.....  
Επ. Καθ. Χ. Δούκας

.....  
Καθ. Δ. Ασκούνης

.....  
Καθ. Ι. Ψαρράς

Αθήνα, Μάρτιος 2018

.....

Σταγάκης Ιωάννης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΣΤΑΓΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 2018

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.

## Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει το 40 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Επομένως, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυτόν τον τομέα αποτελεί προτεραιότητα στο πλαίσιο των στόχων «20-20-20» για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα δημόσια κτίρια στη χώρα μας μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδιαιτέρως ενεργοβόρα, γεγονός που απαιτεί την άμεση εφαρμογή παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και αν είναι εφικτό την μετατροπή τους σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη μελέτη και τη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ενός δημοσίου κτιρίου καθώς και την ανάλυση προτεινόμενων σεναρίων με σκοπό την ενεργειακή του αναβάθμιση.

Πιο συγκεκριμένα, στην εν λόγω διπλωματική εργασία στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση των δημοσίων κτιρίων στην χώρα μας αλλά και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα αναλύεται και το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ενεργειακή αποτύπωση και η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης του προαναφερθέντος κτιρίου, παράλληλα με την παρουσίαση της νέας Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής, εφαρμοσμένης στο παραπάνω κτίριο. Αναλυτικότερα, εξετάζεται το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου ενώ προτείνονται και εναλλακτικά σενάρια βελτίωσης της ενεργειακής του συμπεριφοράς. Τέλος σε συνάρτηση με το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας σχολιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης και παρουσιάζονται εστιασμένες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

**Λέξεις κλειδιά:** Ενεργειακός Έλεγχος, Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσιο Κτίριο, Αναλυτής Καυσαερίων, Φόρμα Ενεργειακής Καταγραφής, Δράσης Ενεργειακής Βελτίωσης.

## Abstract

The building sector represents 40% of the total energy consumption of the European Union (EU). Therefore, the reduction of energy consumption in this sector is a priority under the "20-20-20" objectives for the energy performance of buildings. This consumption, either in the form of thermal (mainly oil) or in the form of electricity, results, in addition to the considerable financial burden due to the high cost of energy, to the heavy air pollution caused by pollutants, mainly carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) responsible for the greenhouse effect. Public buildings in our country can be described as a particularly energy-intensive event requiring the immediate implementation of energy-saving interventions and if it is feasible to convert them to zero-energy buildings. This diploma thesis deals with the study and recording of the existing state of a public building and with the analysis of proposed scenarios for the purpose of its energy upgrade.

More specifically, in this diploma thesis the first chapter presents the current state of public buildings in our country as well as in the European Union. At the same time, the current legislative framework at European and national level is analyzed. Then the energy mapping and assessment of the existing state of the YPEKA building is carried out, while presenting the new Energy Account Form, applied to the building of YPEKA.

More specifically, the energy profile of the building is examined, and alternative scenarios for improving its energy behavior are proposed. Finally, in the context of the theoretical framework of the thesis, the results of the case study are commented on and focused energy savings proposals are presented.

**Key Words:** Energy Audit, Energy Savings in Public Building, Exhaust Gas Analyser, Energy Data Record Form, Energy Improvement Actions.

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) κατά τη διάρκεια του τελευταίου χρόνου φοίτησης.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον επ. Καθηγητή κ. Χρυσόστομο Δούκα για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την συμπαράσταση και τη συνολική υποστήριξη του για την επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω επίσης στην επιβλέπουσα της παρούσας διπλωματικής, κα Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, Χημικό Μηχανικό διδάκτορα ΕΜΠ που υπήρξε αρωγός στην προσπάθεια αυτή δίνοντας πολύτιμες συμβουλές και κάνοντας διορθώσεις και υποδείξεις οι οποίες συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Τέλος, οφείλω να απονείμω ευχαριστίες στον υπεύθυνο διαχείρισης του υπό μελέτη κτιρίου κ. Χάρη Δρίβα και σε όλο το προσωπικό τεχνικό και διοικητικό για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσαν σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου και του εξοπλισμού και για την απρόσκοπτη πρόσβαση στις εγκαταστάσεις.





## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Περίληψη</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>Πρόλογος</b> .....	<b>7</b>
<b>Κεφάλαιο 1.Εισαγωγή</b> .....	<b>11</b>
1.1 Αντικείμενο – Σκοπός.....	13
1.2 Φάσεις Υλοποίησης .....	14
1.3 Δομή εργασίας.....	14
<b>Κεφάλαιο 2.Κτίρια και Ενέργεια</b> .....	<b>17</b>
2.1. Η Κατανάλωση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα-Ελλάδα & Ευρώπη.....	19
2.1.1. Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια.....	19
2.1.2. Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια της Ευρώπης.....	22
2.1.3. Κατανάλωση ενέργειας δημοσίων κτιρίων στην ΕΕ και στην Ελλάδα .....	24
2.3. Εξέλιξη ελληνικού νομοθετικού πλαισίου και εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή κοινότητα .....	27
<b>Κεφάλαιο 3. Μελέτη περίπτωσης – Δημόσιο Κτίριο</b> .....	<b>39</b>
3.1. Γενική περιγραφή του κτιρίου .....	41
3.2. Θερμικές ζώνες .....	41
3.3. Θέση, γεωμετρία και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους.....	44
3.3.1. Τοπογραφία οικοπέδου .....	44
3.3.2. Μορφή --- Γεωμετρία – Χώρος – Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	47
3.4. Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.....	49
3.4.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	49
3.4.2. Διαφανή δομικά στοιχεία .....	50
3.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτιρίου .....	51
3.5.1. Σύστημα θέρμανσης χώρων .....	51
3.5.2. Σύστημα ψύξης χώρων .....	51
3.5.3. Σύστημα μηχανικού αερισμού.....	52
3.5.4. Ζεστό νερό χρήσης.....	52
3.5.5. Σύστημα φωτισμού .....	52
3.6. Κατανάλωση ενέργειας.....	52
3.7. Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης ενέργειας.....	55
3.8. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό.....	56

<b>Κεφάλαιο 4. Φόρμα Ενεργειακής Καταγραφής .....</b>	<b>61</b>
4.1 Παρουσίαση της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής .....	63
4.2 Δοκιμή Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής στο υπό μελέτη κτίριο.....	69
<b>Κεφάλαιο 5. Προτάσεις βελτιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου .....</b>	<b>77</b>
5.1 Εισαγωγή.....	79
5.2. Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίου με επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου .	81
5.1.1. Εφαρμογή θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου.....	82
5.1.2. Επεμβάσεις στα κουφώματα .....	92
5.2. Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίου με επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου .....	93
5.2.1. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης .....	93
5.2.2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα ψύξης.....	96
5.2.3. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC.....	97
5.2.4. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα ζεστού νερού χρήσης .....	99
5.2.5. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα τεχνητού φωτισμού .....	101
5.3. Άλλες δράσεις εξοικονόμησης / παραγωγής ενέργειας.....	105
5.3.1. Εξοικονόμησης ενέργειας μέσω συστημάτων BEMS .....	105
5.3.2. Εξοικονόμησης ενέργειας μέσω διόρθωσης του συντελεστή ισχύος (Electrocom, 2016) .....	105
5.3.3. Παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης τεχνολογιών ΑΠΕ.....	106
5.3.4. Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της αλλαγής της συμπεριφοράς των χρηστών .....	111
5.4. Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο υπό μελέτη κτίριο .....	112
5.4.1. Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω λαμπτήρων φθορισμού T5 και ηλεκτρονικών ballast.....	112
5.4.2. Εφαρμογή αντηλιακών μεμβρανών στις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου .....	115
5.4.3. Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμότητας στις ΚΚΜ .....	116
5.4.4 Αντικατάσταση παλαιού λέβητα αερίου με καινούριο λέβητα συμπύκνωσης ....	117
<b>Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προοπτικές.....</b>	<b>121</b>
6.1 Συμπεράσματα.....	123
6.2 Προοπτικές.....	124
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>125</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου .....</b>	<b>133</b>

## Κεφάλαιο 1.Εισαγωγή



## 1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή που, ταυτοχρόνως, διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Σύμφωνα με στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα καταναλώνει το 40% της παραγόμενης ενέργειας, καθιστώντας έτσι τα ελληνικά κτίρια από τα πιο ενεργοβόρα στην Ευρώπη.

Στα πλαίσια της προσπάθειας βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων έχει πλέον θεσπιστεί νομικά η υποχρεωτική ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων, τόσο παλιών όσο και νέων. Κατά την επιθεώρηση αυτή γίνεται αναλυτική καταγραφή των ενεργειακών στοιχείων του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα αξιολογείται το κτιριακό κέλυφος με γνώμονα τις προδιαγραφές θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ (κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων). Έτσι, από τη διαδικασία αυτή αποκομούνται τόσο οικονομικά οφέλη, καθώς με την εξάλειψη των περιττών καταναλώσεων περιορίζονται σημαντικά τα λειτουργικά έξοδα, όσο και περιβαλλοντικά, αφού μειώνονται σημαντικά οι επιβλαβείς ρύποι.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την κατανάλωση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα της Ελλάδας και της Ευρώπης και πιο συγκεκριμένα σε ελληνικό δημόσιο κτίριο, διεξάγωντας ενεργειακή επιθεώρηση στη μονάδα αυτή. Το συγκεκριμένο κτίριο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του μεγάλου μεγέθους του αλλά και των υψηλών του καταναλώσεων, που οφείλεται στην πληθώρα λειτουργικών γραφείων και μηχανημάτων που στεγάζει. Αρχικά η εργασία αναφέρεται στα ελληνικά κτίρια, τα κτίρια που βρίσκονται στην Ευρώπη καθώς και τα δημόσια κτίρια τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και της Ελλάδας. Στη συνέχεια επικεντρώνεται στην μελέτη περίπτωσης του δημόσιου κτιρίου, όπου πραγματοποιείται μία λεπτομερής περιγραφή του κτιρίου αυτού, δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις θερμικές ζώνες, την θέση, την γεωμετρία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους, την τοπογραφία του οικοπέδου, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Έπειτα, αναφέρονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στην κατανάλωση της ενέργειας του παρόντος κτιρίου, καθώς επίσης και στο ενεργειακό κόστος. Ακόμα, δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό. Ενδιάμεσα παρατίθεται η παρουσίαση της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής που συνέταξε το ΥΠΕΚΑ και η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με τις προτάσεις

προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή απόδοση και η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

## 1.2 Φάσεις Υλοποίησης

Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας διακρίνεται σε 4 φάσεις, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

**Φάση 1<sup>η</sup>:** Μελέτη των συστημάτων κεντρικής Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού (HVAC- Heating Ventilation Air-Conditioning ).

**Φάση 2<sup>η</sup>:** Αναλυτική καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των στοιχείων φωτισμού του κτιρίου.

**Φάση 3<sup>η</sup>:** Συμπλήρωση της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής με τα στοιχεία που προηγουμένως είχαν συλλεχθεί.

**Φάση 4<sup>η</sup>:** Παρουσίαση προτεινομένων δράσεων, αξιολόγηση τους και αναφορά συμπερασμάτων.

## 1.3 Δομή εργασίας

Η εργασία αποτελείται από την περίληψη στην ελληνική και στην αγγλική γλώσσα, τον πρόλογο, ένα αναλυτικό πίνακα περιεχομένων, 6 κεφάλαια και ένα παράρτημα.

Αναλυτικά:

- Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια εισαγωγή στην εργασία όπου παρουσιάζονται το αντικείμενο και ο σκοπός της εργασίας, οι φάσεις υλοποίησης της, καθώς και μια παρουσίαση της δομής της.
- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια συνοπτική απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιριακού τομέα σε Ελλάδα και Ευρώπη, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται και η εξέλιξη του νομοθετικού πλαισίου στην Ελλάδα, όσον αφορά στη ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων.
- Στο κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται η μελέτη περίπτωσης, δηλαδή γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση του δημοσίου κτιρίου που μελετήθηκε, όσον αφορά τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του, παρουσίαση του εξοπλισμού του και αποτελέσματα των μετρήσεων με τον Αναλυτή Καυσαερίων.
- Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μια παρουσίαση της Ενεργειακής Φόρμας Καταγραφής Ενεργειακού Επιθεωρητή, ενώ παράλληλα παρατίθεται συμπληρωμένη με τα δεδομένα από το υπό μελέτη κτίριο.

- Στο κεφάλαιο 5 προτείνονται δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του δημοσίου κτιρίου που μελετήθηκε.
- Τέλος, στο κεφάλαιο 6, περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα από τη μελέτη του κτιρίου και πιθανές προοπτικές βελτίωσης της εργασίας.





## Κεφάλαιο 2.Κτίρια και Ενέργεια

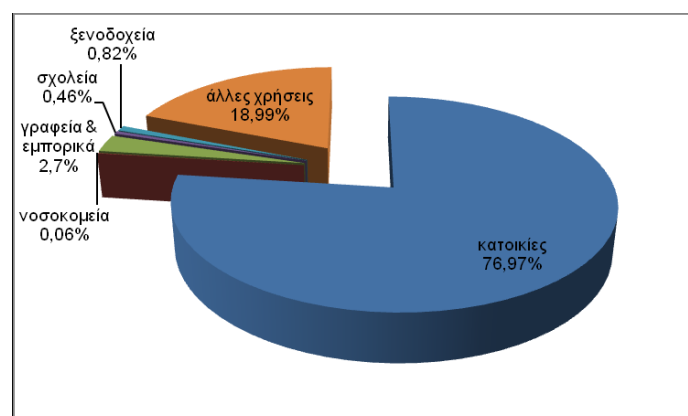


## 2.1. Η Κατανάλωση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα-Ελλάδα & Ευρώπη

Τα αστικά κέντρα στην Ευρώπη συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης), αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης. Ταυτόχρονα, η παραγωγή και χρήση ενέργειας ευθύνεται για το 94% των εκπομπών CO<sub>2</sub>, από τις οποίες το 45% προέρχεται από τον κτιριακό τομέα. Ο κτιριακός τομέας στις χώρες της Ευρώπης (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας), αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας (σε απόλυτες τιμές 40%), με τη μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών να κυμαίνεται μεταξύ 150-230 kWh/m<sup>2</sup> (Κουτρούλης, 2012).

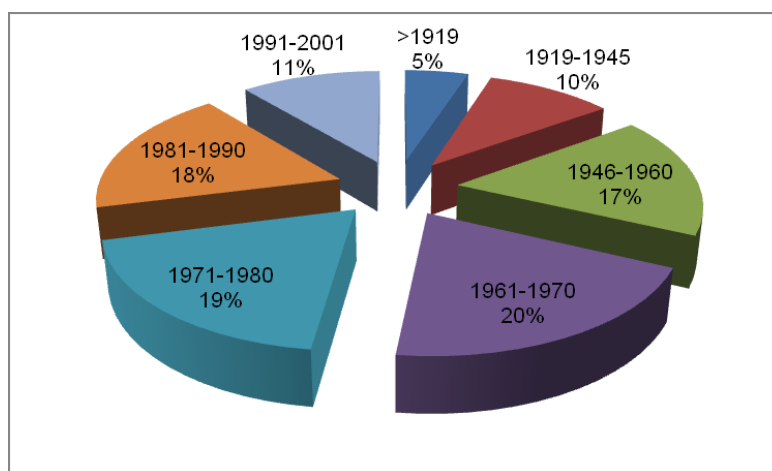
### 2.1.1. Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Το ελληνικό κτιριακό απόθεμα αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από κατοικίες, περίπου 77%, ενώ τα μη οικιστικά κτίρια αντιπροσωπεύουν το 23%. Αυτά στεγάζουν γραφεία και εμπορικά καταστήματα (2,7%), σχολεία (0,46%), νοσοκομεία (0,06%), ξενοδοχεία (0,82%), ενώ οι άλλες χρήσεις των κτιρίων (18,99%) περιλαμβάνουν εκκλησίες, αθλητικές εγκαταστάσεις κλπ, τα οποία έχουν περιοδική χρήση και περιορισμένη συμβολή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας (Σακκά, 2014). Σύμφωνα με τη καταγραφή των ελληνικών κτιρίων, το 70% κατασκευάστηκε πριν από το 1980, δεν διαθέτει θερμομόνωση και παρουσιάζει χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις (Αλεβίζος, 2013). Στην Εικόνα 2.1. διακρίνεται η κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση, με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2001, σύμφωνα με την οποία το σύνολο των κτιρίων ανέρχεται περίπου στα 4 εκατομμύρια.



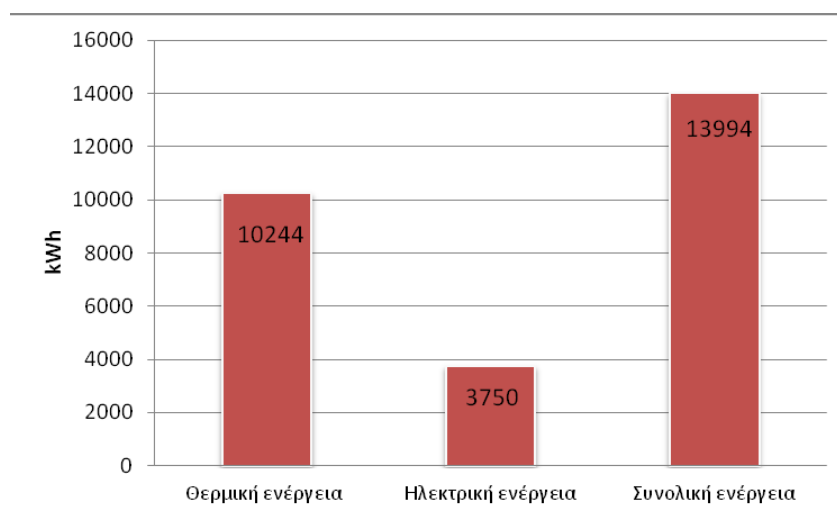
Εικόνα 2.1: Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση (Πηγή: Σακκά, 2014)

Η κατανομή των κτιρίων σύμφωνα με τη χρονολογία κατασκευής τους παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2. Τα κτίρια πριν το 1980, δεν είναι θερμικά μονωμένα και παρουσιάζουν κακή ενεργειακή απόδοση, ενώ στη συντριπτική πλειοψηφία τους είναι εξοπλισμένα με παλιές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Αλλά και από τα κτίρια που χτίστηκαν μετά την ισχύ του κανονισμού θερμομόνωσης, εκτιμάται ότι μόνο το 10% είναι πλήρως θερμικά μονωμένα, ενώ τα υπόλοιπα μόνο μερικώς.



Εικόνα 2.2 Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρονολογία κατασκευής (Πηγή: Σακκά, 2014)

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (2013) κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει κατά μέσο όρο 13.994 kWh ετησίως για τη κάλυψη των αναγκών του. Το 73% περίπου της συνολικής ενέργειας αφορά θερμική ενέργεια και μόλις το 27% ηλεκτρική. Η θερμική ενέργεια που καταναλώνεται καλύπτει κατά 85,9% τις ανάγκες θέρμανσης των κατοικιών, κατά 4,4% την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και 9,7% το μαγείρεμα.



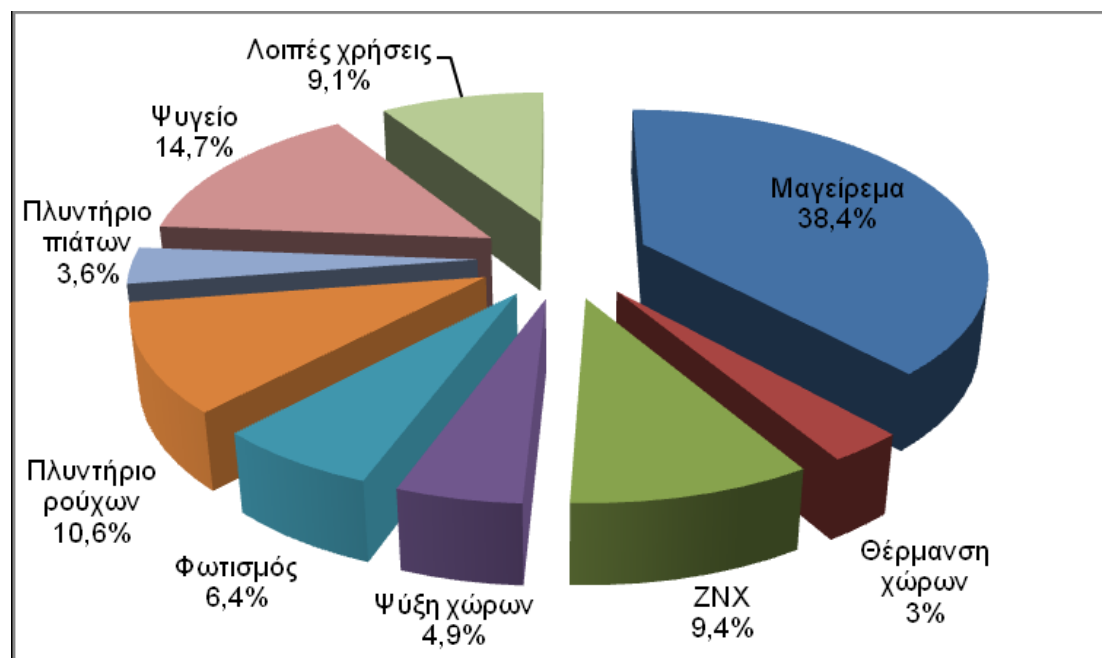
Εικόνα 2.3. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2013)

Όσον αφορά στα μη οικιακά κτίρια, ο κάθε τύπος κτιρίου εμφανίζει διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις ανάλογα με τη χρήση του. Η κατανάλωση ωστόσο ενέργειας για θέρμανση παραμένει υψηλότερη των υπολοίπων (Σακκά, 2014).

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Εικόνα 2.4. Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο (Πηγή : Σακκά, 2014).

Με βάση έρευνα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (2013), παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.5 η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στις διάφορες χρήσεις.

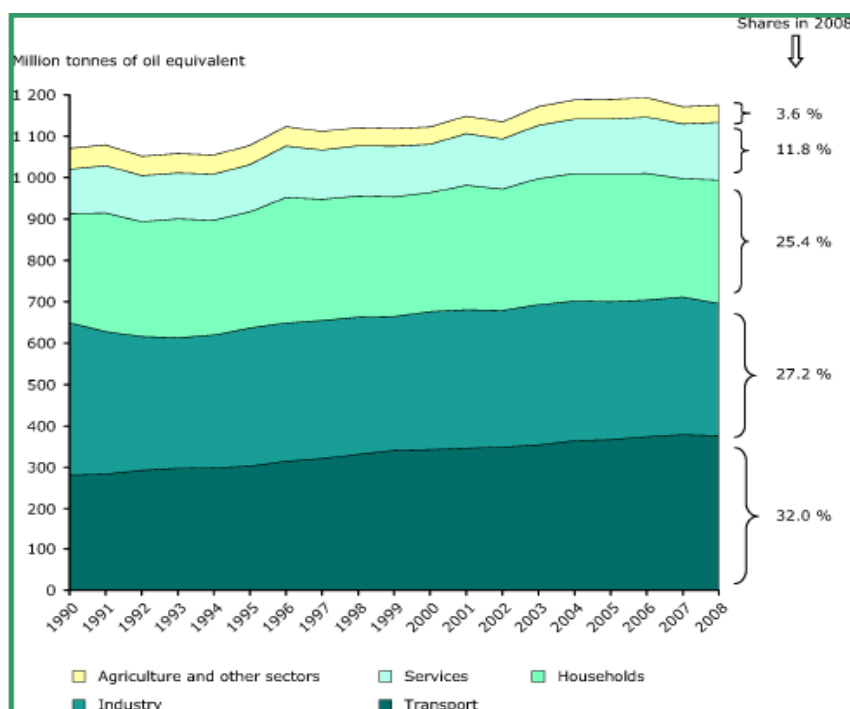


Εικόνα 2.5. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2013)

Η τυπική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση σε κτίρια κατοικιών πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/m<sup>2</sup> σε μονοκατοικίες και 96 kWh/m<sup>2</sup> σε πολυκατοικίες, ενώ για τα νεότερα κτίρια υπολογίζεται σε 92-123 kWh/m<sup>2</sup> και 75-94 kWh/m<sup>2</sup>, αντίστοιχα (Αλεβίζος, 2013).

### **2.1.2. Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια της Ευρώπης**

Τον Αύγουστο του 2011 ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) παρουσίασε στον ιστοχώρο του μία αξιολόγηση για την ενεργειακή κατανάλωση των χωρών της ΕΕ και των χωρών μελών του ΕΟΠ (ΕΕΑ, 2011a). Σύμφωνα με την αξιολόγηση αυτή, την περίοδο 1990-2008, η τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ αυξήθηκε κατά 9,7% με μέσο ετήσιο ρυθμό της τάξης του 0,5%. Από όλους τους τομείς, ο τομέας των μεταφορών παραμένει αυτός με τη μεγαλύτερη αύξηση ενεργειακής κατανάλωσης (33,7%) και ακολουθούν οι υπηρεσίες (29,0%). Στον οικιακό τομέα η τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 13,0%, ενώ η τελική κατανάλωση στη βιομηχανία μειώθηκε κατά 13,0%. Τη διετία 2007-2008, η αύξηση στην τελική κατανάλωση ενέργειας (0,3%) οφείλεται κυρίως στη σημαντική αύξηση που παρατηρήθηκε στους τομείς των υπηρεσιών (5,2%) και των κατοικιών (4,3%). Για την ίδια περίοδο, στους τομείς των μεταφορών και της βιομηχανίας η τελική ενεργειακή κατανάλωση μειώθηκε κατά 0,7% και 3,8% αντίστοιχα. Συνολικά, το 2008 η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε επίπεδο ΕΕ σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 φτάνει το 4,3% και υπολογίζεται ότι ένας κάτοικος των χωρών μελών της ΕΕ για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες χρησιμοποίησε 2,4 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου το 2008 (Παναγοπούλου, 2011).



Εικόνα 2.6. Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη ανά τομέα (Πηγή: ΕΕΑ, 2011a)

Από το 1990 έως το 2016, η κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των νοικοκυριών αυξήθηκε κατά 2.1% στην ΕΕ, σημειώνοντας ταχύτερη αύξηση στις νότιες χώρες, λόγω της αύξηση των επιπέδων άνεσης (περισσότερες κατοικίες καλύτερα θερμαινόμενες το χειμώνα και δροσιζόμενες με κλιματισμό το καλοκαίρι). Από το 2004 έως το 2008, η τελική κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών ανά κάτοικο έφτασε τις μεγαλύτερες τιμές της. Ο μεγάλος αυτός ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας υφίσταντο σχεδόν σε όλες τις χώρες, με εξαίρεση την Εσθονία, τη Φινλανδία, την Πολωνία, την Ισπανία και την Τουρκία. Το 2008, όταν και εμφανίστηκε η οικονομική κρίση στην ευρώπη, η κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό αυξήθηκε κατά 3,8% στην ΕΕ, εκτός από 13 χώρες όπου η κατά κεφαλή κατανάλωση συνεχίζει να μειώνεται, μεταξύ των οποίων η Ελλάδα (-3,9%), η Ιταλία (-2,7%), η Πορτογαλία (-3,1%), η Φινλανδία (-3,4%) και η Σουηδία (2,1%)(Παναγοπούλου, 2011)(EnerData, 2017).

Η βασικότερη συνιστώσα της ενεργειακής χρήσης σε όλα σχεδόν τα κράτη μέλη, είναι η θέρμανση χώρων, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών, ενώ η θέρμανση νερού αντιπροσωπεύει το 14 % (ΕΕΑ, 2007). Επίσης, η πρόσφατη διείσδυση της κεντρικής θέρμανσης (στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες και στην Ιρλανδία), συνέβαλε στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα. Η κεντρική θέρμανση, η οποία περιλαμβάνει το δίκτυο θέρμανσης μιας περιοχής, το δίκτυο θέρμανσης κτιρίων, την ατομική θέρμανση με λέβητα και την ηλεκτρική θέρμανση,

σημαίνει ότι όλα τα δωμάτια είναι καλά θερμαινόμενα, σε αντίθεση με τη θέρμανση ενός δωματίου που επιτυγχάνεται με την παροχή θερμότητας στο κεντρικό δωμάτιο από μία σόμπα. Εκτιμάται ότι η αντικατάσταση της θέρμανσης του κεντρικού δωματίου με την κεντρική θέρμανση σε όλο το χώρο της κατοικίας αυξάνει την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του χώρου περίπου 25% κατά μέσο όρο (EEA, 2011a). Ως αποτέλεσμα, παρατηρείται ότι το ποσοστό των κατοικιών με κεντρική θέρμανση στην ΕΕ αυξήθηκε από 77% το 1990 σε 85% το 2008.

Το μερίδιο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας επί της συνολικής κατανάλωσης των νοικοκυριών για φωτισμό και τη λειτουργία συσκευών, αυξήθηκε κατά 4 μονάδες, από 10% σε 14% από το 1990, το οποίο φαίνεται να επηρεάζει την αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά κατοικία (EEA, 2011a). Ως αποτέλεσμα όλων αυτών των διαφορετικών αλλαγών στον τρόπο ζωής (π.χ. αύξηση του μεγέθους των κατοικιών και του αριθμού των μεγάλων συσκευών και κεντρική θέρμανση), περίπου το 70% της προόδου που είχε επιτευχθεί στην ενεργειακή απόδοση μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης έχει αντισταθμιστεί από την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης (Παναγοπούλου, 2011).

Η ενεργειακή κατανάλωση στα νοικοκυριά κατανέμεται κυρίως σε θέρμανση και ψύξη χώρων, φωτισμό και θέρμανση νερού συμβάλλοντας παράλληλα στην εκπομπή CO<sub>2</sub> στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η θέρμανση χώρων αντιπροσωπεύει το 70 % της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών στην ΕΕ των 25, ενώ η θέρμανση νερού αντιπροσωπεύει το 14 % (EEA, 2011a). Σύμφωνα με την ίδια πηγή, στην ΕΕ-27, οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά m<sup>2</sup> για θέρμανση χώρων (άμεσες και έμμεσες εκπομπές) έχουν μειωθεί κατά μέσο όρο 2,3% ετησίως (1990-2008). Μεταξύ των χωρών παρατηρούνται διαφορές στις άμεσες εκπομπές CO<sub>2</sub> για θέρμανση χώρου ανά m<sup>2</sup>, οι οποίες αντανακλούν σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο της κατανάλωσης ενέργειας ανά m<sup>2</sup> και σε μικρότερο βαθμό, τις διαφορές στο μείγμα καυσίμων για θέρμανση. Οι διαφορές στην ένταση χρήσης άνθρακα για τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξηγούν τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στις έμμεσες εκπομπές. Έτσι, παρατηρείται ότι χώρες όπως η Φινλανδία, η Λετονία και η Νορβηγία, εμφανίζουν συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά m<sup>2</sup> πέντε φορές μικρότερες από χώρες όπως η Ελλάδα (EEA, 2011a).

### **2.1.3. Κατανάλωση ενέργειας δημοσίων κτιρίων στην ΕΕ και στην Ελλάδα**

Δημόσια κτίρια είναι αυτά που ανήκουν ή ελέγχονται από ένα δημόσιο διοικητικό όργανο (κεντρικό, περιφερειακό ή τοπικό) και συνήθως στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες. Στα



παραπάνω συμπεριλαμβάνονται και τα δημόσια κτίρια κατοικιών - όπως είναι κτίρια κοινωνικής στέγασης, κρατικά σχολεία και πανεπιστήμια κ.α. (Ecorgs, 2010).

Ο δημόσιος τομέας αποτελεί ένα βασικό τομέα της σημερινής εθνικής και κοινοτικής στρατηγικής για την εξοικονόμηση ενέργειας, και αναφέρεται ρητά στην «οδηγία για την ενεργειακή απόδοση», που εγκρίθηκε από την ΕΕ το 2012. Τα κτίρια που ανήκουν ή / και που διαχειρίζονται από το δημόσιο τομέα αποτελούν περίπου το 12% του συνολικού κτιριακού αποθέματος της ΕΕ. Οι δαπάνες για τα δημόσια κτίρια αγγίζουν το 17% του ΑΕΠ της ΕΕ και περίπου το 40% του κύκλου εργασιών των έργων κατασκευής (Smartspace, 2012).

Επιπλέον, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια του δημόσιου τομέα είναι σημαντική, διότι οι περίοδοι αποπληρωμής για επενδύσεις ενεργειακής απόδοσης σε δημόσιες εγκαταστάσεις είναι πιο διαπραγματεύσιμες σε σχέση με τα ιδιωτικά κτίρια. Όταν τα έργα στα κτίρια του ιδιωτικού τομέα απαιτούν συχνά περιόδους αποπληρωμής λιγότερους από τρία χρόνια, ο δημόσιος τομέας μπορεί να παρατείνει την αποπληρωμή μέχρι και 20 έτη. Ο περιορισμός της περιόδου απόσβεσης σε λιγότερο από τρία χρόνια σημαίνει ότι τα έργα είναι μικρότερα και λιγότερο περιεκτικά (Mayer and Ghiran, 2011).

Αναφορικά με την χώρα μας σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, το 34% των κτιρίων δημοσίων υπηρεσιών ανήκουν στο κράτος, τα οποία υπολογίζονται σε περίπου 65.000 κτίρια. Από αυτά ελάχιστα έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί με κριτήρια ενεργειακής αποδοτικότητας. Τα δημόσια κτίρια παρουσιάζουν ποικιλομορφία ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις εγκαταστάσεις τους, δεδομένου ότι έχουν κατασκευαστεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και πολύ συχνά για κάλυψη εντελώς διαφορετικών αναγκών από αυτές που τελικά εξυπηρετούν (Κουτσογιάννη, 2010).

Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι οι ετήσιες ενεργειακές δαπάνες των δημοσίων κτιρίων ξεπερνούν τα 450 εκατομμύρια ευρώ (Καραβασίλη, 2010). Σύμφωνα με σχετική μελέτη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) η μέση ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας η οποία μπορεί να επιτευχθεί με εφαρμογή προδιαγραφών εξοικονόμησης ενέργειας είναι της τάξης του 22% της προβλεπόμενης συμβατικής κατανάλωσης στα νέα ή ανακατασκευαζόμενα δημόσια κτίρια, δηλαδή ίση με 140.000 Toe ανά έτος. Η ίδια έρευνα έδειξε ότι η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης στα κτίρια αυτά θα μειώσει τις μέσες ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 425.000 χιλιάδες τόνους CO<sub>2</sub> / έτος, ενώ θα επιφέρει οικονομικά οφέλη της τάξης των 110 εκατομμυρίων ευρώ / έτος (Κουτσογιάννη, 2010).

Για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας στα δημόσια κτίρια θα πρέπει να ξεπεραστούν ορισμένες δυσκολίες οι οποίες αποτελούν σημαντικό εμπόδιο για την υλοποίηση τέτοιου είδους παρεμβάσεων. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα εξής (European Expertise Centre, 2012)

- **Τεχνικές προκλήσεις**

Οι ιδιοκτήτες των δημοσίων κτιρίων και οι χρήστες αυτών ως επί το πλείστον στερούνται το τεχνικό υπόβαθρο και την εμπειρία για να κατανοήσουν τις μεθόδους και τις τεχνολογίες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και αντικατάστασης της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι διαχειριστές των δημοσίων κτιρίων θα πρέπει να συνειδητοποιήσουν το γεγονός ότι η παρούσα κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό εάν υλοποιηθούν συγκεκριμένες και στοχευόμενες ενέργειες. Επιπλέον κρίνεται αναγκαίο να αποδειχθεί ότι υπάρχουν εφαρμοσμένες τεχνολογίες, μέθοδοι και υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είτε για την αντικατάσταση της καταναλισκόμενης ενέργειας με άλλες μορφές οικονομικότερες και φιλικότερες προς το περιβάλλον.

- **Οικονομικές προκλήσεις**

Η απόδειξη της αποτελεσματικότητας του κόστους επένδυσης των έργων εξοικονόμησης ενέργειας αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την εφαρμογή αυτών. Η χρηματοδότηση των επενδύσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, αποτελεί, επίσης, σημαντικό εμπόδιο για τους διαχειριστές των δημοσίων κτιρίων που επιθυμούν να προβούν σε τέτοιου είδους επενδύσεις. Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι δημόσιοι πόροι δεν επαρκούν για την πλήρη κάλυψη έργων εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα να υλοποιείται ένα μόνο μέρος αυτών. Οι εγγυήσεις σχετικά με την αποδοτικότητα των εν λόγω επενδύσεων αποτελούν το κλειδί, τόσο από τεχνικής (φυσική αποταμίευση) όσο και από οικονομικής (εξοικονόμηση χρημάτων) άποψης.

- **Νομικές και θεσμικές προκλήσεις**

Η υλοποίηση των επενδύσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτίρια μπορεί επίσης να παρακωλυθούν λόγω ζητημάτων που σχετίζονται με το νομικό, κανονιστικό ή θεσμικό πλαίσιο.

### **2.3. Εξέλιξη ελληνικού νομοθετικού πλαισίου και εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή κοινότητα**

Η εξοικονόμηση ενέργειας και η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα γενικότερα, αλλά και ειδικότερα στα κτίρια, αποτελούν βασικές προτεραιότητες για την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και για την χώρα μας. Η εξέλιξη της ελληνικής νομοθεσίας όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων συνοψίζεται στα παρακάτω:

#### **1979: Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ)**

Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, αντιγράφοντας τον πρώτο γερμανικό κανονισμό, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για τη θερμοπερατότητα των διαφόρων στοιχείων (τοιχοί, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (1980-1990), η πλειοψηφία των κτιρίων δεν εφάρμοζαν επαρκώς τη θερμομόνωση σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις και μόνο οι πιο πρόσφατες κατασκευές εφάρμοζαν θερμομόνωση σύμφωνα με τον Κανονισμό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων να μη διαθέτουν θερμομόνωση (Κυρανάκης, 2011). Παράλληλα, η εφαρμογή του κανονισμού χαρακτηρίστηκε ως ιδιαίτερα δύσκολη λόγω έλλειψης ενημέρωσης του κοινού και του τεχνικού κόσμου για τα πλεονεκτήματά του. Ο ΚΘΚ είχε την φιλοσοφία της μείωσης του θερμικού ισοζυγίου του κτιρίου με εφαρμογή μόνωσης του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου (τοιχοί, δώματα-στέγες, δάπεδα), λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα δομικά στοιχεία του κτιρίου χωρίς να εξετάζονται τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα τα οποία αντιμετωπίζονταν μόνο στις επί μέρους μελέτες ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, όπου αυτές υπήρχαν (Νικολόπουλος, 2010).

#### **1993: Οδηγία SAVE 93/76/EC(Ευρωπαϊκή Ένωση, 1993)**

Η παρούσα οδηγία αποσκοπούσε στην επίτευξη, εκ μέρους των κρατών μελών, του στόχου του περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος χάρη στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με την εκπόνηση και την υλοποίηση προγραμμάτων στους ακόλουθους τομείς:

- ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων,
- τιμολόγηση των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος με βάση την πραγματική κατανάλωση,
- χρηματοδότηση εκ μέρους τρίτων των επενδύσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα,

- θερμομόνωση των νέων κτιρίων,
- περιοδική επιθεώρηση των λεβήτων,
- ενεργειακές επιθεωρήσεις των πολύ ενεργειαβόρων επιχειρήσεων.

Τα προγράμματα μπορούσαν να περιλαμβάνουν νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις, οικονομικά και διοικητικά μέσα, ενημερωτικές, εκπαιδευτικές και εκούσιες συμφωνίες με αντικειμενικώς εκτιμήσιμα αποτελέσματα.

### **1995: Πρόγραμμα Δράσης «Ενέργεια 2001»**

Η μεταφορά της οδηγίας SAVE (93/76) στην εθνική μας νομοθεσία έγινε με την 21475/4707/98 κοινή υπουργική απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, στη βάση σοβαρής μελέτης που έγινε από το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με το ΚΑΠΕ, Πανεπιστημιακά και Τεχνολογικά Ιδρύματα, το ΤΕΕ, Επιστημονικούς και Τεχνικούς Συλλόγους κ.λ.π., που απετέλεσε ένα συνολικό Σχέδιο Δράσης, με τίτλο "ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001". Θεσπίστηκαν ικανές διατάξεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών στα κτίρια, όλων των χρήσεων και κατηγοριών και στα οικιστικά σύνολα, καθώς και μέσα υλοποίησης αυτών και κατάλληλοι μηχανισμοί παρακολούθησης και ελέγχου (Καραβασίλη, 2005).

Ειδικότερα με την προαναφερόμενη απόφαση (Καραβασίλη, 2009):

1. Εξουσιοδοτείται η αναμόρφωση και συμπλήρωση του ισχύοντος Κανονισμού Θερμομόνωσης με τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) για την εισαγωγή περιβαλλοντικών και ενεργειακών δεικτών, ανάλογων προτύπων και προδιαγραφών σχεδιασμού και κατασκευής των νέων κτιρίων, διαδικασιών και μεθόδων ελέγχου (διενέργεια ενεργειακής ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ, έκδοση δελτίου ενεργειακής ταυτότητας, κατάταξή τους στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία). Τα νέα κτίρια θα κατασκευάζονται σύμφωνα με τον ΚΟΧΕΕ με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται:

- η ορθολογική χρήση ενέργειας και ο συνυπολογισμός των ηλιακών κερδών,
- ο υπολογισμός της Ενεργειακής Ταυτότητας και η συμπλήρωση σχετικού ΔΕΛΤΙΟΥ,
- η κατάταξη των κτιρίων σε ενεργειακή κατηγορία ανάλογα με τον βαθμό ενεργειακής τους απόδοσης,
- ο προσδιορισμός των χρησιμοποιούμενων δομικών και γενικά κατασκευαστικών υλικών ως προς την φιλικότητά τους στο περιβάλλον,

- ο προσδιορισμός ορίων εκπομπών των χρησιμοποιούμενων κατασκευαστικών υλικών,
- τα όρια θερμικής άνεσης, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα,
- οι διαδικασίες και ο τρόπος διενέργειας των ενεργειακών επιθεωρήσεων,
- οι ενεργειακές κατηγορίες και ο τρόπος κατάταξης των κτιρίων, υφισταμένων και νεοαναγειρόμενων.

2. Εισάγεται η διαδικασία της Ενεργειακής Πιστοποίησης για τον έλεγχο της εφαρμογής των μέτρων και του βαθμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ο οποίος αναγράφεται στο ΔΕΤΑ. Διενεργείται ενεργειακή επιθεώρηση, μετά από έναν τουλάχιστο χρόνο λειτουργίας, υποχρεωτικά για όλα τα νεοαναγειρόμενα κτίρια, ενώ για τα υφιστάμενα κτίρια διενεργείται μετά από έξι (6) χρόνια, ώστε στο μεταξύ να μπορέσουν οι ιδιοκτήτες να προβούν σε επεμβάσεις βελτίωσης του βαθμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων τους κάνοντας χρήση των κινήτρων που παρέχονται.

3. Επιτρέπεται για όλα τα υφιστάμενα κτίρια του ευρύτερου δημόσιου τομέα η εφαρμογή επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης με τη χρήση της χρηματοδότησης εκ μέρους τρίτων. Δημιουργούνται σε όλα τα δημόσια κτίρια νέες διοικητικές μονάδες, τα Γραφεία Ενεργειακής Διαχείρισης για την εφαρμογή μέτρων ΟΧΕ και ΕΕ ως και την υλοποίηση επενδύσεων ΕΕ. Ήδη με εγκύκλιο του αρμόδιου Υπουργείου Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης & Αποκέντρωσης γνωστοποιήθηκε στους αρμόδιους φορείς η ανάγκη δημιουργίας των Γραφείων Ενεργειακής Διαχείρισης και τον καθορισμό των Ενεργειακών υπευθύνων με στόχο το νοικοκύρεμα των κτιρίων του ευρύτερου δημόσιου τομέα και τον προγραμματισμό της εφαρμογής των ενδεδειγμένων μέτρων ενεργειακής απόδοσης μέσω χρηματοδότησης εκ μέρους τρίτων και άλλων χρηματοδοτικών μηχανισμών.

4. Θεσπίζονται υποχρεωτικοί ενεργειακοί έλεγχοι και επιθεωρήσεις για την ενεργειακή πιστοποίηση και βαθμονόμηση των κτιρίων, αλλά και των πολύ ενεργοβόρων επιχειρήσεων, κανονισμοί εγκατάστασης ενεργειακού εξοπλισμού και προδιαγραφές ενεργειακής κατανάλωσης.

5. Προβλέπεται επίσης η συμπλήρωση του ισχύοντος κανονισμού κατανομής δαπανών θέρμανσης προκειμένου να καθορισθεί ο τρόπος κατανομής των δαπανών σε άλλη βάση και να ισχύσει επίσης και για την ψύξη και το ζεστό νερό χρήσης στη βάση της πραγματικής κατανάλωσης.

**1998: ΚΥΑ 21475/4707 – ΚΟΧΕΕ (Ηλιόπουλος, 2014)**

Η απόφαση με αριθμό 21475/4707 που υπεγράφη από τους υπουργούς Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος - Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων με θέμα "Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων" δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 880/Β στις 19/8/1998. Έτσι ορίζεται ο Κανονισμός για την Ορθολογική Χρήση και Εξοικονόμηση Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), στις 19 Αυγούστου 1988. Ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. (Κανονισμός για την Ορθολογική Χρήση και Εξοικονόμηση Ενέργειας):

- Αποσκοπεί στη συμμόρφωση προς τις διατάξεις της 93/76/ΕΟΚ, οδηγίας του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση την προστασία του περιβάλλοντος.
- Η βελτίωση αυτή σημαίνει μείωση στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας - πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος - τόσο για τη θέρμανση όσο και για την ψύξη, τον αερισμό, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και το φωτισμό χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνεσης στα κτίρια. Επίσης για την επιλογή των ενδεδειγμένων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνονται υπόψη οι οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές συνθήκες, το κλίμα, οι τοπικές ιδιομορφίες, οι ιδιαιτερότητες στην παραγωγή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, καθώς και στόχοι επίτευξης συνθηκών θερμικής άνεσης, υγιεινής διαβίωσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα.
- Αντικαθιστά τον ισχύοντα ως τότε Κανονισμό Θερμομόνωσης, επιβάλλοντας την εκπόνηση Ενεργειακής μελέτης και την έκδοση Δελτίου Ενεργειακής Ταυτότητας (ΔΕΤΑ). Το ΔΕΤΑ αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της οικοδομικής άδειας και είναι συνοδευτικό των δικαιοπραξιών ακινήτων.

Πεδίο εφαρμογής του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. είναι όλα τα υφιστάμενα και νεοαναγειρόμενα κτίρια. Στον Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. προδιαγράφεται η διεξαγωγή Ενεργειακών Επιθεωρήσεων για την Ενεργειακή Πιστοποίηση και Ενεργειακή Βαθμονόμηση των κτιρίων. Στελέχη του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) και του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ολοκλήρωσαν από το 2002 τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) για τα κτίρια, ο οποίος περιλάμβανε τις απαιτήσεις της Οδηγίας, με σκοπό να αντικαταστήσει από το 2006 τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων του 1979. Ο ΚΟΧΕΕ παραδόθηκε στο Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, κρίθηκε σωστός από την

Επιτροπή Παραλαβής αλλά δεν υπογράφηκε ποτέ. Καθώς πλησίαζε η 4η/1/2006, ο ΚΟΧΕΕ «αποκαλύφθηκε», αλλά διαπιστώθηκε ότι δεν είναι συμβατός με την Ευρωπαϊκή Οδηγία. Έτσι, λοιπόν, οι αρμόδιοι συνειδητοποίησαν ότι θα πρέπει να τροποποιηθεί και άλλαξαν την ονομασία του από ΚΟΧΕΕ σε ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) και έτσι απλά άρχισε η διαδικασία της τροποποίησης.

### **2000: Τροποποίηση του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού –ΓΟΚ, (Καραβασίλη, 2005)**

Στη βάση των προτάσεων του Σχεδίου Δράσης "ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001" βελτιώθηκε και εκσυγχρονίστηκε ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (Ν. 2831 - ΦΕΚ 140/13-6-2000) συμπεριλαμβάνοντας διατάξεις με τις οποίες αίρονται τα εμπόδια που υπήρχαν στον προγενέστερο ΓΟΚ, σχετικά με την εφαρμογή και ενσωμάτωση τεχνικών και συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών, καθώς και για την κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων, διαμορφώνοντας ένα σημαντικό πλαίσιο θεσμικών κινήτρων, ιδίως για την ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων.

### **2002: Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων**

Το αργότερο μέχρι τις 4 Ιανουαρίου 2006 τα κράτη μέλη της ΕΕ έπρεπε να ενσωματώσουν την οδηγία 2002/91/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο και να τη θέσουν σε εφαρμογή, ενημερώνοντας αμέσως την Επιτροπή σχετικά, με τη δυνατότητα να κάνουν χρήση πρόσθετης περιόδου τριών ετών για την πλήρη εφαρμογή ορισμένων διατάξεων και μόνο εφόσον δεν θα είναι διαθέσιμοι οι ειδικευμένοι ή/και διαπιστευμένοι εμπειρογνώμονες, ενημερώνοντας και πάλι την Επιτροπή σχετικά και υποβάλλοντας τα απαραίτητα δικαιολογητικά στοιχεία μαζί με χρονοδιάγραμμα της περαιτέρω εφαρμογής της οδηγίας. Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έχει υπολογισθεί με βάση μιας μεθοδολογίας που διαφοροποιείται σε περιφερειακό (εθνικό) επίπεδο, όπως προβλέπει και η οδηγία, και η οποία περιέχει, εκτός της θερμομόνωσης και άλλους παράγοντες, που διαδραματίζουν ολοένα και περισσότερο σημαντικό ρόλο, όπως π.χ. οι εγκαταστάσεις θέρμανσης /κλιματισμού ή εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως ο σχεδιασμός του κτιρίου. Η κοινή προσέγγιση στη διαδικασία αυτή, που θα εκτελείται από εξειδικευμένους ή/και διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, των οποίων η ανεξαρτησία θα πρέπει να εξασφαλίζεται βάσει αντικειμενικών κριτηρίων, θα συμβάλλει στη δημιουργία ισότιμων όρων σε ότι αφορά στις προσπάθειες που καταβάλλονται στα κράτη μέλη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα και θα εισάγει διαφάνεια για τους υποψήφιους ιδιοκτήτες, και χρήστες αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση στην κοινοτική αγορά ακινήτων (Καραβασίλη,

2005). Η Ελλάδα κάνοντας χρήση της 2<sup>ης</sup> παραγράφου του άρθρου 15 της Οδηγίας ζήτησε πρόσθετη περίοδο 36 μηνών για την εφαρμογή της, δηλαδή μέχρι την 4<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2009.

Συνοψίζοντας, τα βασικά χαρακτηριστικά της ανωτέρω οδηγίας είναι τα εξής (Σταματάκη, 2013):

- οριοθετεί τη βάση για την δημιουργία μιας κοινής μεθοδολογίας για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων,
- ορίζει ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα νέα κτίρια, καθώς και για την ανακατασκευή/ανακαίνιση παλαιών κτιρίων μεγάλης επιφάνειας,
- θεσπίζει την υποχρεωτική ενεργειακή σήμανση των κτιρίων με έμφαση στο δημόσιο τομέα,
- επιβάλλει τον έλεγχο της απόδοσης των καυστήρων και της θερμομόνωσης των κτιρίων.
- επιβάλλει στους ιδιοκτήτες μεγάλων ακινήτων (συνολικής επιφάνειας άνω των 1.000 τ.μ.) που ανακατασκευάζουν τα κτίρια τους, την υποχρέωση να προχωρήσουν σε εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, σε περίπτωση που το κόστος της ανακατασκευής ξεπερνά το 25% της αξίας του ακινήτου,
- ενθαρρύνει τη χρήση ηλιακών συστημάτων και άλλων εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

### **2006: Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες (Θεοπέμπτου, 2008)**

Ο σκοπός της [οδηγίας 2006/32/ΕΚ](#) με τελευταία ημερομηνία εφαρμογής την 17/05/2008 είναι να ενισχυθεί η οικονομικώς αποτελεσματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση στα κράτη μέλη μέσω:

*(α) της παροχής αναγκαίων ενδεικτικών στόχων καθώς και μηχανισμών, κινήτρων και θεσμικών, χρηματοδοτικών και νομικών πλαισίων για την άρση των υφιστάμενων φραγμών και ατελειών της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική τελική χρήση της ενέργειας·*

*(β) της δημιουργίας των συνθηκών για την ανάπτυξη και την προώθηση της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών και για την παροχή, στους τελικούς καταναλωτές, άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.*



Μια πολύ ενδιαφέρουσα αναφορά της οδηγίας είναι και η υποχρέωση του Δημόσιου τομέα να μεριμνήσει ούτως ώστε "να επιτελεί υποδειγματικό ρόλο στο πλαίσιο της παρούσας οδηγίας". Επιπρόσθετα, η Οδηγία καλεί τα κράτη μέλη "να γνωστοποιούν με αποτελεσματικό τρόπο στους πολίτες ή/και τις εταιρείες, αναλόγως, τον υποδειγματικό ρόλο και τις δράσεις του δημόσιου τομέα".

Πιο συγκεκριμένα, υποχρεώνει τα κράτη μέλη να λαμβάνουν μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στα πιο οικονομικά αποδοτικά μέτρα που οδηγούν στις μεγαλύτερες εξοικονομήσεις ενέργειας στο πιο σύντομο χρονικό διάστημα. Η Οδηγία δεν μένει ως εδώ αλλά περιλαμβάνει και κατάλογο μέτρων από τον οποίο υποχρεώνει τα κράτη μέλη να υιοθετήσουν τουλάχιστον δύο από αυτά, αλλά και να περιλάβουν πρόνοιες στις προσφορές του Δημοσίου. Η ΕΕ στοχεύει όπως μέσα στα εννέα χρόνια εφαρμογής της Οδηγίας θα επέλθει βελτίωση 9%.

#### **2008: Ν. 3661/08: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις»**

Με τις διατάξεις του εν λόγω νόμου, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (Εφημερίς της κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας, 2008). Σύμφωνα με τον συγκεκριμένο νόμο εγκρίνεται εντός 6μήνου κανονισμός που θα καθορίζει τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, λαμβάνοντας υπ' όψιν μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως θέρμανση/κλιματισμός, φωτισμός, εξαερισμός, παθητικά/ενεργητικά ηλιακά συστήματα, χρήση ΑΠΕ κλπ. Τα κτίρια κατηγοριοποιούνται σε πολυκατοικίες, γραφεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κλπ και καθορίζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες ενεργειακές προδιαγραφές τους που αναθεωρούνται κάθε πενταετία. Σημειώνεται ότι οι απαιτήσεις για ελάχιστη ενεργειακή απόδοση αφορούν τα κτίρια (νέα ή όσα υφίστανται ριζική ανακαίνιση) άνω των 1000 τ.μ. Επιπλέον, με το νόμο, καθιερώνονται, μεταξύ άλλων, η έκδοση Πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, το οποίο είναι απαραίτητο για την ενοικίαση ή την πώληση τους, καθώς και οι Επιθεωρήσεις λεβήτων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού, από ειδικευμένους και διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές (Τεχνικό Επιμελητήριο Κυκλάδων, 2008).

### **2010: ΚΕΝΑΚ (ΥΠΕΚΑ, 2016)**

Με τον ΚΕΝΑΚ θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
- Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης και θα εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία αναφέρεται:

α) στην απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στο σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και

β) στη σύγκρισή του με κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς νοείται κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο που πληροί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ισχύει για δέκα χρόνια και αφορά σε όλα τα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50 τ.μ., νέα ή υφιστάμενα που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, τα υφιστάμενα κτίρια επιφάνειας άνω των 50 τ.μ. ή τμήματα αυτών όταν πωλούνται ή εκμισθώνονται, καθώς και σε όλα τα κτίρια του δημόσιου & ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η απαίτηση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης στην περίπτωση αγοροπωλησίας και ενοικίασης τίθεται σε εφαρμογή από 9 Ιανουαρίου 2011.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Η έκδοση του πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της, αλλά και της

εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων. Ο ιδιώτης Ενεργειακός Επιθεωρητής, που θα ενταχθεί σε Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών του ΥΠΕΚΑ, επιθεωρεί το κτίριο και το κατατάσσει σε ενεργειακή κατηγορία, βάσει του λόγου της κατανάλωσης του κτιρίου προς την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Τα οφέλη από τον ΚΕΝΑΚ είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη αφορούν κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων, αλλά και στην αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Αξιοποιώντας το επιστημονικό δυναμικό των Μελών του κατάρτισε σε συνεργασία με την Πολιτεία τις απαραίτητες Τεχνικές Οδηγίες, οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, στα Ελληνικά κλιματικά και κτιριακά δεδομένα. Οι Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) εγκρίθηκαν αρχικά από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με την με Αριθ. οικ. 17178/ΦΕΚ Β 1387-2010 Απόφαση και τίθενται σε υποχρεωτική εφαρμογή ως εξής:

- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».
- ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

### **Προεδρικό Διάταγμα Υπ' Αριθμ. 100/2010 (Τσιτσής, 2010)**

Στο ΦΕΚ Τεύχος Α 177/06-10-2010 δημοσιεύθηκε το Προεδρικό Διάταγμα Υπ' Αριθμ. 100/2010 με το οποίο γίνεται ο καθορισμός:

α) των προσόντων των επιθεωρητών κτιρίων και των επιθεωρητών λεβήτων και εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων, των κανόνων και των αρχών που διέπουν την εκτέλεση του έργου τους, των φορέων και της διάρκειας εκπαίδευσής τους, του τρόπου και

της διαδικασίας αξιολόγησής τους και χορήγησης σχετικού πιστοποιητικού κατόπιν εξετάσεων,

β) των οργάνων, της διαδικασίας και των προϋποθέσεων χορήγησης αδειών για τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων, των τάξεων των αδειών και των ζητημάτων που αφορούν την εγγραφή των επιθεωρητών σε αντίστοιχα μητρώα, καθώς και των όρων, της διαδικασίας και των προϋποθέσεων χορήγησης προσωρινών αδειών,

γ) της αμοιβής των ενεργειακών επιθεωρητών, των ιδιοτήτων που είναι ασυμβίβαστες με το έργο τους, των διοικητικών κυρώσεων και των χρηματικών προστίμων που επιβάλλονται, των οργάνων, της διαδικασίας και των προϋποθέσεων επιβολής των κυρώσεων και των προστίμων, του ύψους και της διαβάθμισής τους και των κριτηρίων επιμέτρησής τους, των διοικητικών προσφυγών κατά των κυρώσεων, των προθεσμιών άσκησής τους, καθώς και κάθε άλλου σχετικού θέματος.

#### **Οδηγία 2010/31/ΕΕ (ΥΠΕΚΑ, 2014)**

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη. Βασικό στοιχείο της Οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, και ειδικότερα για την επίτευξη των πιο μακροπρόθεσμων στόχων, αποτελούν τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB), όπου μεταξύ άλλων, στο άρθρο 9 (παρ. 3) αναφέρεται ότι:

α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και

β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

#### **Νόμος 4122/2013 (ΥΠΕΚΑ, 2014)**

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. Μεταξύ άλλων, στο Νόμο 4122/2013 προβλέπεται:

- I. Ο καθορισμός Εθνικού Σχεδίου για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (nZEB), το οποίο δύναται να περιλαμβάνει διαφορετικούς στόχους, ανάλογα με την κατηγορία χρήσης του κτιρίου και κοινοποιείται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (άρθρο 9, παρ.2).

- II. Η θέσπιση μέτρων, χρηματοδοτικών προγραμμάτων και άλλων μέσων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης νέων και υφιστάμενων κτιρίων. Για τη θέσπιση κινήτρων λαμβάνονται υπόψη τα βέλτιστα από πλευράς κόστους και του οφέλους που έχουν για το κοινωνικό σύνολο οι επενδύσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 10, παρ 2).

#### **Οδηγία 2012/27/ΕΕ (ΥΠΕΚΑ, 2014)**

Η Οδηγία 2012/27/ΕΕ τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, καταργώντας τις Οδηγίες 2006/32/ΕΚ και 2004/8/ΕΚ για την συμπαράγωγή, με προθεσμία συμμόρφωσης έως 05.06.2014. Η πρόοδος στην πορεία προς τον ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας κατά 9% έως το 2016, βάσει της 2006/32/ΕΚ, αποτελεί σημείο αναφοράς στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ και του 3ου Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ), ΥΠΕΚΑ (2014). Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα ως στόχος ενεργειακής απόδοσης για το 2020 τίθεται η επίτευξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα 18.4Μtoe.

#### **Νόμος 4342/2015 (ΥΠΕΚΑ, 2014)**

Η Οδηγία 2012/27/ΕΕ εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 4342/2015 (9 Νοεμβρίου 2015) «για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ».

Βασικά σημεία του νόμου είναι τα εξής:

- Υποχρέωση ανακαίνισης ετησίως του 3% του συνολικού εμβαδού δαπέδου κτιρίων που είναι ιδιόκτητα και καταλαμβανόμενα από την κεντρική δημόσια διοίκηση, προκειμένου να εκπληρωθούν τουλάχιστον οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ).
- Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τις προμήθειες του Δημοσίου.



## Κεφάλαιο 3. Μελέτη περίπτωσης – Δημόσιο Κτίριο





### 3.1. Γενική περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο αποτελεί ιδιωτική ιδιοκτησία και πιο συγκεκριμένα ανήκει στην εταιρία ΒΙΟΣ ΑΕΔΑΕ και από το 2002 χρησιμοποιείται από το κράτος. Η συνολική επιφάνεια του ανέρχεται στα 17100 τ.μ. ενώ ο συνολικός του όγκος ισούται με 63520 κ.μ. Περιέχει δώδεκα επίπεδα τέσσερα εκ των οποίων είναι υπόγεια.

Το οικοπέδο παρουσιάζει μικρή κλίση και το κτίριο που έχει ως βασική κατηγορία τη χρήση γραφείων, έχει σύνθετη - ορθογωνική διάταξη με κύριο νότιο και νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Επιπλέον το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο με αποτέλεσμα να είναι αρκετά εκτεθειμένο τόσο κατά την θερινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο. Αποτελείται από ισόγειο, επτά ορόφους και τέσσερα υπόγεια ενώ η κύρια είσοδος, είσοδος γραφείων, διαθέτει νοτιοδυτικό προσανατολισμό όπου πλαισιώνεται από την κεντρική οδός πρόσβασης στο κτίριο. Επί της λεωφόρου Μεσογείων διακρίνεται μία επιπλέον είσοδος στο κτίριο. Ταυτόχρονα, στη βορειανατολική πλευρά του κτιρίου βρίσκονται οι δύο εισοδοί αυτοκινήτων οι οποίοι οδηγούν στους χώρους στάθμευσης.

Το εν λόγω κτίριο εντάσσεται αρμονικά στον αστικό ιστό της περιοχής καθώς ο γειτνιάζων χώρος αποτελείται από πολυώροφα κτίρια. Ο περιβάλλοντας χώρος, είναι περιορισμένος, τοποθετείται σε έδαφος με μικρή κλίση και είναι διαμορφωμένος με μεγάλα πεζοδρόμια για την εξυπηρέτηση του κοινού και παρτέρια με διάφορα δέντρα και φυτά. Το πάρκο της σχολής χωροφυλακής που βρίσκεται απέναντι από το κτίριο αποτελεί τη μόνη αξιόλογη πηγή αστικού πρασίνου στην κοντινή υπό μελέτη περιοχή το οποίο συμβάλει στη ρύθμιση του μικροκλίματος της.

### 3.2. Θερμικές ζώνες

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, η διακριτοποίηση ενός κτιρίου σε θερμικές ζώνες γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- 1) Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων να διαφέρει περισσότερο από 4 Κ για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- 2) Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κα.).
- 3) Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.

4) Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες συναλλαγές ενέργειας (εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών).

5) Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Στο συγκεκριμένο κτίριο αποφασίσθηκε ο διαχωρισμός σε δύο θερμικές ζώνες (λειτουργία γραφείων και λειτουργία θερμαινόμενων κοινόχρηστων χώρων) σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια και κυρίως λόγω της ύπαρξης μεγάλων σε όγκο χώρων με διαφορετική χρήση/λειτουργία από αυτή των γραφείων. Οι χώροι οι οποίοι καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο από το 10% του όγκου του κτιρίου (κυλικείο και αίθουσες παρουσιάσεων), σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 Γ' Έκδοση, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες και εντάσσονται στην κύρια χρήση του κτιρίου.

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 έχουν καθορισθεί οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός) και τα εσωτερικά θερμικά φορτία από τους χρήστες και τις συσκευές. Οι εσωτερικές συνθήκες για κάθε θερμική ζώνη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.1: Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας**

<i>Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης γραφείων</i>		
Ωράριο Λειτουργίας (ώρες)	10	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 2.1
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	
Μήνες λειτουργίας	12	
Περίοδος Θέρμανσης	1 Νοεμβρ.-15 Απρ.	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 σελ. 21
Περίοδος Ψύξης	15 Μαΐου-15 Σεπτ.	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Πίνακας 2.2
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	3,00	Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Πίνακας 2.3

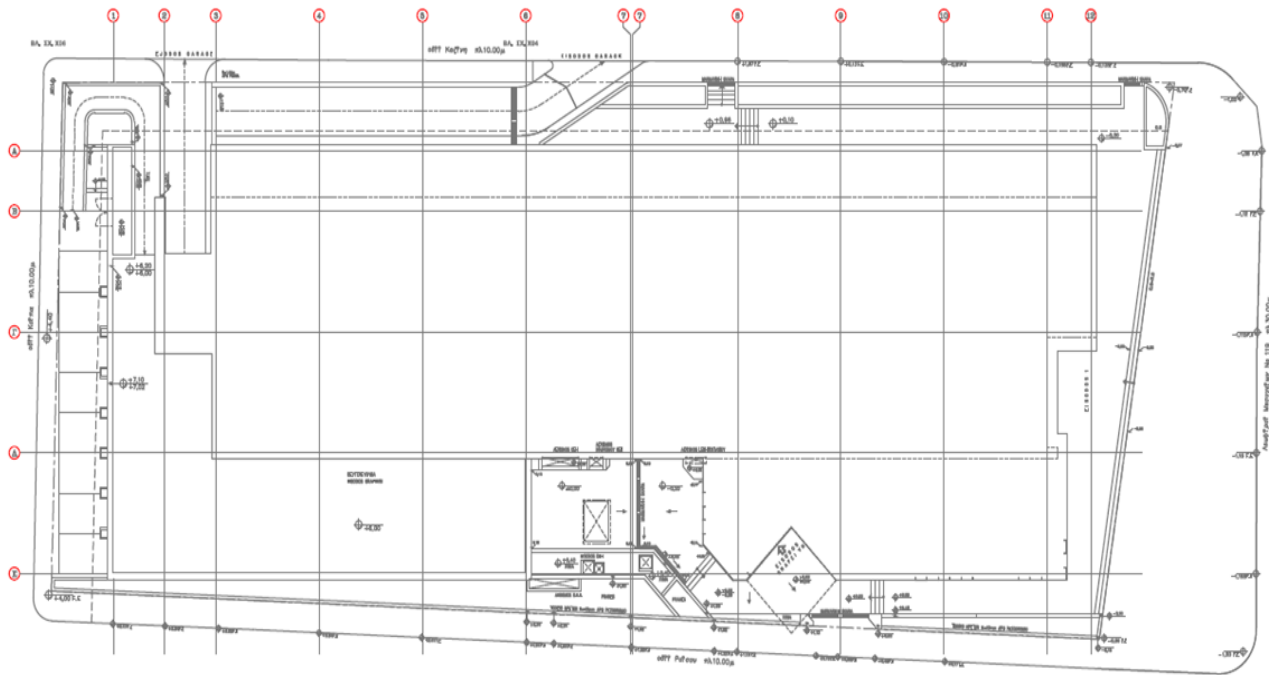
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	500	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς (W/m <sup>2</sup> )	16	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.4
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> έτος)	0	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.5
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	-	-
Θερμοκρασία υπολογισμού νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	-	-
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	80	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.7
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0,30	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.7
Εκλυόμενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης (W/m <sup>2</sup> )	15	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.8
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0,3	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.8
<b>Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι χώροι</b>		
Ωράριο λειτουργίας (ώρες)	10	T.O.T.E.E. 20701-1/2010, πίνακας 2.1
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	
Μήνες λειτουργίας	12	
Περίοδος Θέρμανσης	1 Νοεμβρ.-15 Απρ.	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 σελ. 21
Περίοδος Ψύξης	15 Μαΐου-15 Σεπτ.	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	18	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.2
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	50	

Απαιτούμενος νωπός αέρας ( $m^3/h/m^2$ )	2,60	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.3
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	200	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.4
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς ( $W/m^2$ )	6,4	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ( $m^3/m^2$ έτος)	-	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.5
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης ( $^{\circ}C$ )	-	-
Θερμοκρασία υπολογισμού νερού δικτύου ύδρευσης ( $^{\circ}C$ )	-	-
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης ( $W/m^2$ )	0	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.7
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.7
Εκλυόμενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφανείας της θερμικής ζώνης ( $W/m^2$ )	0	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.8
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0	T.O.T.E.E. 20701-1/2010 Πίνακας 2.8

### 3.3. Θέση, γεωμετρία και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους

#### 3.3.1. Τοπογραφία οικοπέδου

Το κτίριο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του οικοπέδου ενώ περιμετρικά αυτού δημιουργούνται ελεύθεροι χώροι στους οποίους χωροθετούνται τα πεζοδρόμια και ελάχιστοι χώροι πρασίνου.



Εικόνα 3.1. Απόσπασμα διαμόρφωσης περιβάλλοντα χώρου

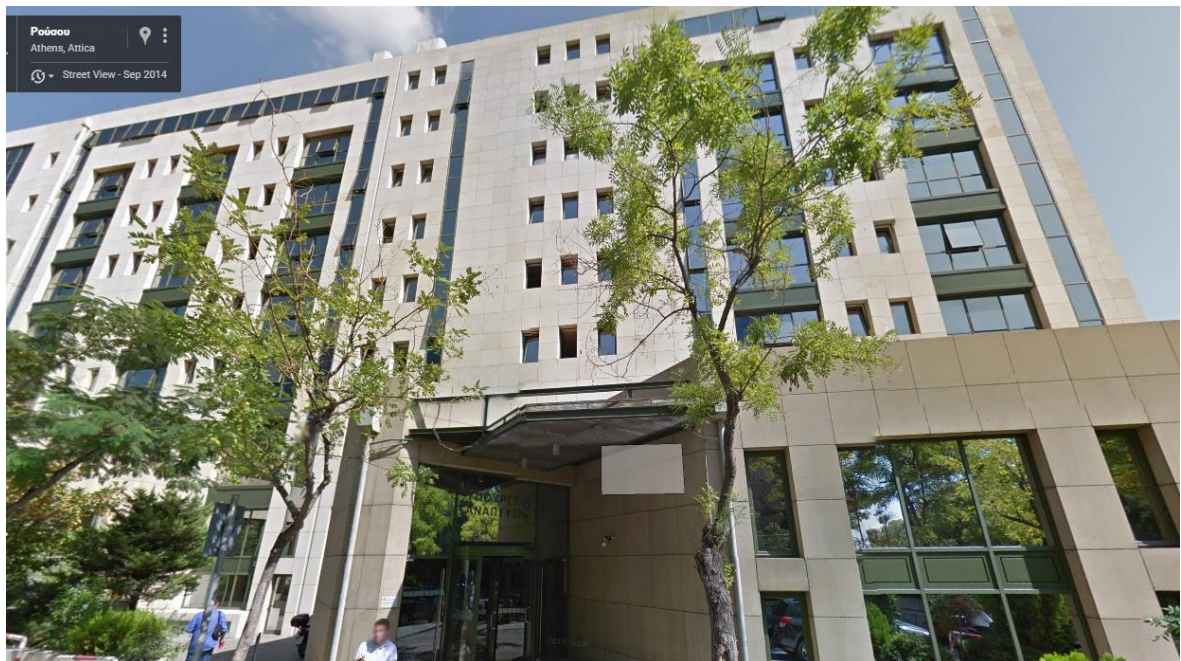
Παρακάτω παρουσιάζονται η αεροφωτογραφία και φωτογραφίες του εν λόγω κτιρίου από τις τέσσερις όψεις του.



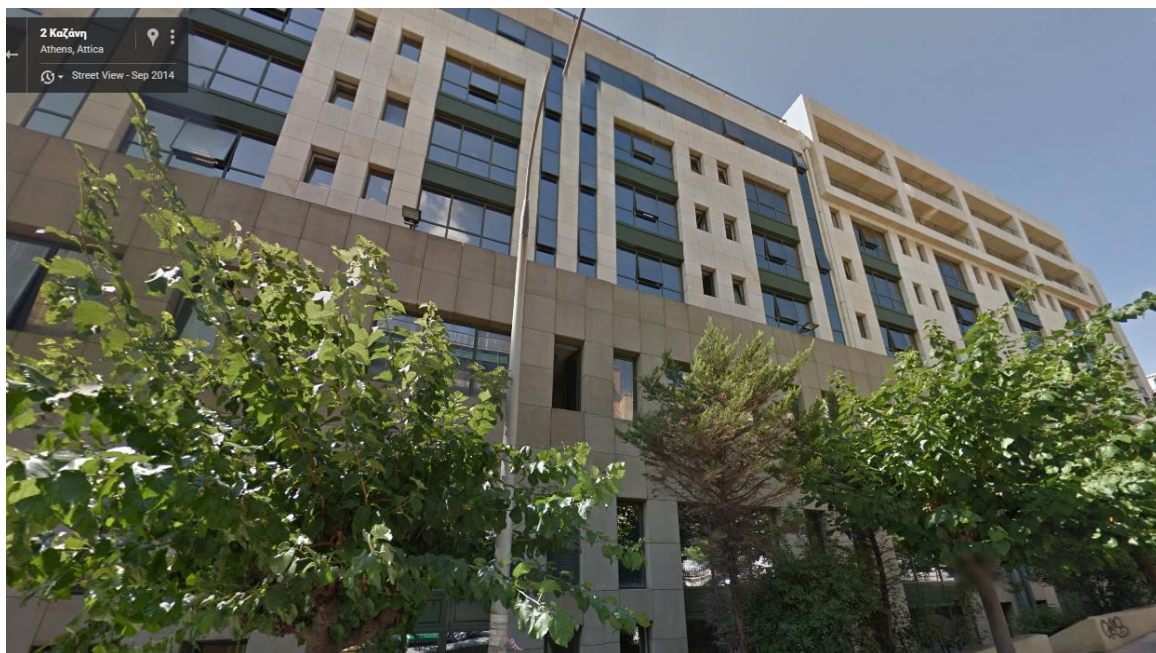
Εικόνα 3.2. Αεροφωτογραφία του κτιρίου



**Εικόνα 3.3. Άποψη του κτιρίου από την Νοτιανατολική όψη**



**Εικόνα 3.4. Άποψη του κτιρίου από την Νοτιοδυτική όψη**



Εικόνα 3.5. Άποψη του κτιρίου από την Βορειοανατολική όψη



Εικόνα 3.6. Άποψη του κτιρίου από την Βορειοδυτική όψη

### 3.3.2. Μορφή --- Γεωμετρία – Χώρος – Τεχνικά χαρακτηριστικά

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το κτίριο αποτελείται από επτά ορόφους, ισόγειο και 4 υπόγεια. Το ισόγειο αποτελείται από την είσοδο, ένα χώρο υποδοχής και ελέγχου επισκεπτών, αίθουσες παρουσιάσεων, γραφεία, κυλικείο, αίθουσες υπολογιστών και χώρους στάθμευσης. Στους ορόφους 1-7 βρίσκονται κυρίως γραφεία καθώς και αίθουσες

συσκέψεων και παρουσιάσεων. Στο υπόγειο 1 βρίσκονται το λεβητοστάσιο του κτιρίου, οι κεντρικοί πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μετασχηματιστές, computer room, διάφορες αποθήκες και γκαράζ. Στα υπόγεια 2-4 χωροθετούνται χώροι στάθμευσης. Τέλος στο δώμα βρίσκονται τα Η/Μ συστήματα για την ψύξη, τον κλιματισμό και τον αερισμό του κτιρίου.

Το κτίριο λόγω της κύριας χρήσης του – λειτουργία γραφείων- παρουσιάζει μεγάλα ανοίγματα σε όλες τις όψεις του, τα οποία συμβάλουν στο φυσικό φωτισμό εσωτερικά των ορόφων μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τη χρήση τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον δεν παρατηρούνται πολυάριθμοι οριζόντιοι ή κάθετοι πρόβολοι γεγονός το οποίο ενδέχεται να δημιουργεί προβλήματα θάμβωσης στους χρήστες του κτιρίου.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την εσωτερική διαρρύθμιση των ορόφων παρατηρούνται τα εξής:

- *Ισόγειο:* 11 γραφεία, 1 αίθουσα συσκέψεων, 2 τουαλέτες, 1 κυλικείο, αίθουσα υποδοχής και ελέγχου, 2 βεστιάρια, 2 αίθουσες υπολογιστών και χώρο πάρκινγκ.
- *1<sup>ος</sup> όροφος:* 25 γραφεία, 3 αίθουσες παρουσιάσεων, 5 τουαλέτες και ένα δωμάτιο αρχείου.
- *2<sup>ος</sup> όροφος:* 23 γραφεία, 2 αίθουσες παρουσιάσεων, 4 τουαλέτες και 2 αίθουσες αρχείου.
- *3<sup>ος</sup> όροφος:* 24 γραφεία, 2 αίθουσες παρουσιάσεων, 4 τουαλέτες και 2 αίθουσες αρχείου.
- *4<sup>ος</sup> όροφος:* 28 γραφεία, 1 αίθουσα παρουσιάσεων, 3 τουαλέτες και 2 αίθουσες αρχείου.
- *5<sup>ος</sup> όροφος:* 25 γραφεία, 2 αίθουσες παρουσιάσεων, 4 τουαλέτες και 3 αίθουσες αρχείου.
- *6<sup>ος</sup> όροφος:* 22 γραφεία, 2 αίθουσες παρουσιάσεων, 5 τουαλέτες και 1 αίθουσα αρχείου.
- *7<sup>ος</sup> όροφος:* 20 γραφεία, 2 αίθουσες παρουσιάσεων και 3 τουαλέτες



### 3.4. Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{ext} + R_s} \quad [W / (m^2 K)]$$

Όπου:

U [W / (m<sup>2</sup> K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n: το πλήθος στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m]: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [W / (mK)]: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

R<sub>i</sub> [(m<sup>2</sup>K) / W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R<sub>a</sub> [(m<sup>2</sup>K) / W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον,

R<sub>a|</sub> [(m<sup>2</sup>K) / W]: η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.

#### 3.4.1. Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Η πρώτη οικοδομική άδεια του κτιρίου εγκρίθηκε μετά το 2000 ενώ η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 2002. Στην περίοδο κατά την οποία ανεγέρθηκε το κτίριο ίσχυε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων – Κ.Θ.Κ. (1980). Κατά την επιτόπια επίσκεψη και έπειτα από εκτενή συζήτηση που πραγματοποιήθηκε με τους διαχειριστές του κτιρίου βρέθηκε ότι το κτίριο διαθέτει μόνωση πετροβάμβακα σε όλα τα δομικά του στοιχεία.

Έπειτα από υπολογισμούς, τα είδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους και ο αντίστοιχος συντελεστής θερμοπερατότητας φαίνονται στη συνέχεια:

- Εξωτερική τοιχοποιία: U=0,335 W/m<sup>2</sup>·K
- Ποδιά από σκυρόδεμα: U= 0,538 W/m<sup>2</sup>·K

- Ανεστραμμένο τοιχίο σκυροδέματος (κρέμαση):  $U= 0,538 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Κολόνες:  $U= 0,538 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Ποδιά από σκυρόδεμα επενδεδυμένη με υαλοπίνακα εξωτερικά:  $U=0,435 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Μεταλλικό panel, μέρος των πλαισίων των κουφωμάτων της ETEM:  $U=0,492 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

### 3.4.2. Διαφανή δομικά στοιχεία

Όλα τα διαφανή στοιχεία του κτιρίου αποτελούνται από πλαίσια αλουμινίου και διπλούς υαλοπίνακες. Σύμφωνα με πληροφορίες του κου Δρίβα, τα πλαίσια αλουμινίου είναι προϊόντα των εταιριών Alumil και ETEM.

Από επικοινωνία με την εταιρία ETEM προέκυψε ότι η εταιρία προμήθευσε όλα τα υπόλοιπα διαφανή στοιχεία του κτιρίου (κουφώματα αλουμινίου) και ότι ο συγκεκριμένος τύπος που εγκαταστάθηκε δεν υπάρχει πλέον. Ως εκ τούτου, δεν δόθηκαν στοιχεία με τις ακριβείς ενεργειακές προδιαγραφές των κουφωμάτων. Από την κατασκευάστρια εταιρία TERNA γνωστοποιήθηκε ότι η εταιρία που προμήθευσε τους υαλοπίνακες για όλα τα διαφανή στοιχεία του κτιρίου ήταν η «ΜΗΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ, Χ. Ν., & Ι. Χ. ΤΣΙΑΜΑΣ Α.Β.Ε.Ε.». Κατόπιν επικοινωνίας με την εταιρία αυτή, έγινε ενημέρωση ότι ο υαλοπίνακας είναι της εταιρίας Saint Gobain Glass και το μοντέλο είναι το Cool Lite TB 130. Εντούτοις, επειδή δεν προσκομίστηκαν πιστοποιητικά και δεν υπήρχε τρόπος να πιστοποιηθεί η ακρίβεια αυτών των πληροφοριών, οι προδιαγραφές των υαλοπινάκων λήφθηκαν από τις σχετικές Τεχνικές Οδηγίες του TEE [1], όπως ορίζεται από τον ΚΕΝΑΚ. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους  $g_w$  θεωρήθηκε ως εξής: 1) για τα στοιχεία της διαφανούς πρόσοψης ίσος με 0,41 και 2) για τα στοιχεία των κουφωμάτων ίσος με 0,36. Σημειώνεται ότι ο συντελεστής  $g_w$  εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του διαφανούς στοιχείου προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό.

Καθώς δεν υπήρχαν τεκμηριωμένες πληροφορίες, όπως απαιτεί ο κανονισμός, για τον αναλυτικό υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  των διαφανών στοιχείων (πλαίσιο αλουμινίου + υαλοπίνακας) ο συντελεστής αυτός λήφθηκε από τη μελέτη θερμομόνωσης και είναι ίσος με:

- Κουφώματα της ETEM + Υαλοπίνακας:  $U=3,72\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .
- Διαφανής πρόσοψη της Alumil + Υαλοπίνακας:  $U= 3,02 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Οι διαστάσεις των διαφανών στοιχείων στο κτίριο ποικίλουν.

## **3.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτιρίου**

### **3.5.1. Σύστημα θέρμανσης χώρων**

Για τη θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιούνται δύο λέβητες φυσικού αερίου με καυστήρες Sicma GS48 2A. Οι εν λόγω λέβητες βρίσκονται εγκατεστημένοι στο Υπόγειο 1. Το σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιείται έξι μήνες το χρόνο για την κάλυψη των θερμικών φορτίων του κτιρίου και περίπου για 12 ώρες ημερησίως. Επιπλέον, το σύστημα θέρμανσης είναι εγκατεστημένο από το 2002 όταν και ανεγέρθη το κτίριο. Η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς ισούται με 0,465-0,814 kwe ενώ η ονομαστική θερμική ισχύς με 2X407 kW<sub>th</sub>. Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης των λεβήτων ισούται με 89 %, αριθμός ο οποίος προέκυψε με βάση την πραγματοποίηση καυσανάλυσης η οποία περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

### **3.5.2. Σύστημα ψύξης χώρων**

Το κτίριο για την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των ψυκτικών φορτίων χρησιμοποιεί δύο υδρόψυκτους ψύκτες οι οποίοι βρίσκονται εγκατεστημένοι στο δώμα του κτιρίου όπου λειτουργούν για 4 μήνες, 12 ώρες ημερησίως. Η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς των ψυκτών ισούται με 2X225 kwe ενώ η ονομαστική θερμική ισχύς με 2X700 kW<sub>cool</sub>. Ο βαθμός απόδοσης τους ισούται με EER 3,12%. Παράλληλα στο κτίριο βρίσκονται τοποθετημένες και 13 αερόψυκτες μονάδες οι οποίες συμβάλουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο. Η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς των συγκεκριμένων μονάδων ισούται με 121,8 kW<sub>e</sub>, η ονομαστική θερμική ισχύς με 1311 kW<sub>cool</sub> και ο βαθμός απόδοσης τους με 3,12%.

Ταυτόχρονα ο έκτος και ο έβδομος όροφος διαθέτουν ανεξάρτητο βασικό σύστημα ψύξης - θέρμανσης, με VRF. Συγκεκριμένα, στο δώμα βρίσκονται εγκατεστημένες 2 συστοιχίες με 9 VRF εκ των οποίων τα 5 εξυπηρετούν τον 6ο όροφο και τα 4 τον 7ο. Επίσης, κάποιοι χώροι γραφείων στο ισόγειο εξυπηρετούνται από ξεχωριστό σύστημα ψύξης-θέρμανσης με 2 VRF.

Το σύστημα διανομής του κτιρίου είναι κοινό τόσο για το σύστημα ψύξης όσο και για το σύστημα θέρμανσης. Οι τερματικές μονάδες διανομής του συστήματος ψύξης και θέρμανσης είναι τύπου FCU. Τα περισσότερα FCU βρίσκονται σε άμεση επαφή με την εξωτερική τοιχοποιία του κτιρίου αλλά ορισμένα έχουν τοποθετηθεί και σε κεντρικούς χώρους για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων των εσωτερικών διαδρόμων και αιθουσών.

### 3.5.3. Σύστημα μηχανικού αερισμού

Για τον αερισμό του κτιρίου υφίστανται 8 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ). Οι ΚΚΜ προσάγουν προκλιματισμένο αέρα στους εσωτερικούς χώρους, ενώ ο αέρας που απάγεται, απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον. Η προσαγωγή και η απαγωγή γίνεται από στόμια στην ψευδοροφή τα οποία είναι τοποθετημένα στην πλάτη ορισμένων φωτιστικών. Η παροχή αέρα ανέρχεται στα 43,820 m<sup>3</sup>/hr ενώ η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς των συγκεκριμένων μονάδων ισούται με 34,69 kW<sub>e</sub>.

### 3.5.4. Ζεστό νερό χρήσης

Η κάλυψη των αναγκών ζεστού νερού χρήσης επιτυγχάνεται με τη χρήση τοπικών ηλεκτρικών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα, στο κτίριο βρίσκονται εγκατεστημένοι 15 θερμοσίφωνες των 20lt, ισχύος 2 kW έκαστος. Βέβαια σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 και λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση του κτιρίου (γραφεία) η ζήτηση θεωρείται περιορισμένη οπότε κατά την σύνταξη ενεργειακών μελετών η κατανάλωση λαμβάνεται μηδενική.

### 3.5.5. Σύστημα φωτισμού

Λόγω της πολυπλοκότητας του κτιρίου και των πολλαπλών βοηθητικών χώρων ο εσωτερικός τεχνητός φωτισμός αποτελείται από μια πληθώρα φωτιστικών σωμάτων με διαφορές τόσο στην μέθοδο εγκατάστασης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά όσο και στο είδος και την φωτεινή ροή των λαμπτήρων που περιέχουν. Πιο συγκεκριμένα στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται αναλυτικά στοιχεία του συστήματος φωτισμού:

**Πίνακας 3.2: Στοιχεία συστήματος φωτισμού**

Είδος λαμπτήρα	Ποσότητα	Ισχύς (kW)
T8 4x18W	2141	154.152
T8 2x36W	291	20.952
Σποτ 24W	52	1.248
Στρογγυλά 18W	67	1.206
Προβολάκια 100W	5	0.5

## 3.6. Κατανάλωση ενέργειας

Το κτίριο χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια για την ψύξη, τον αερισμό, το φωτισμό, τους ανελκυστήρες καθώς και για τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές όπως υπολογιστές και εκτυπωτές. Παρακάτω παρατίθενται στους Πίνακες 3.3, 3.4, και 3.5 οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και οι ανάλογες χρεώσεις βάσει των τιμολογίων της ΔΕΗ για τα έτη 2013, 2014 και 2015.

**Πίνακας 3.3: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) για το έτος 2013 και το αντίστοιχο κόστος.**

Περίοδος	Κατανάλωση (KWh)	Κόστος (ευρώ)
Ιανουάριος 2013	50,746	7,792.8
Φεβρουάριος 2013	63,745	9,316.27
Μάρτιος 2013	55,402	7,965.81
Απρίλιος 2013	47,608	7,345.57
Μάιος 2013	50,146	7,410.61
Ιούνιος 2013	72,309	11,411.72
Ιούλιος 2013	90,320	14,064.81
Αυγустος 2013	114,967	17,293.12
Σεπτέμβριος 2013	95,907	14,426.83
Οκτώβριος 2013	91,369	13,519.43
Νοέμβριος 2013	69,132	10,391.05
Δεκέμβριος 2013	56,370	8,631.36

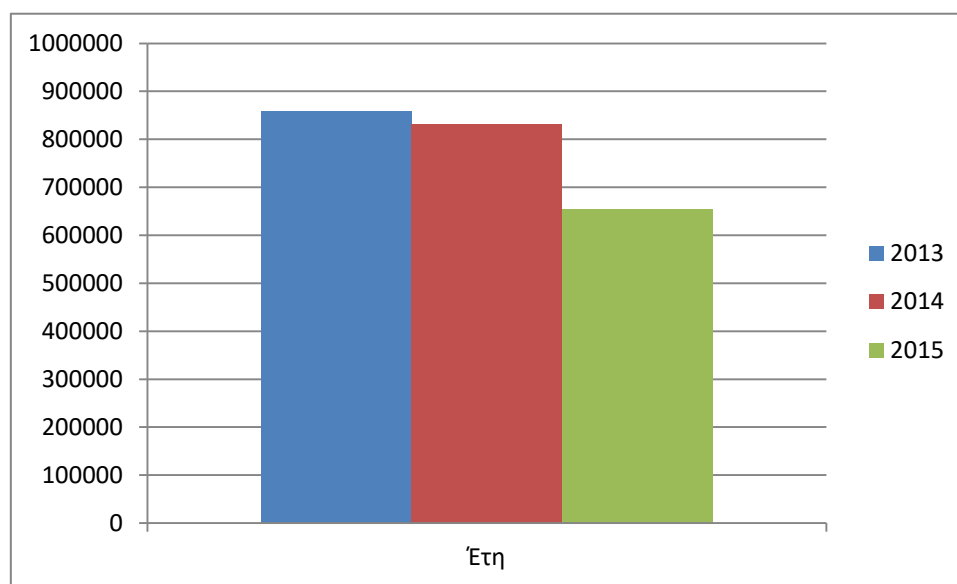
**Πίνακας 3.4: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) για το έτος 2014 και το αντίστοιχο κόστος.**

Περίοδος	Κατανάλωση (KWh)	Κόστος (ευρώ)
Ιανουάριος 2014	57,230	8,858.71
Φεβρουάριος 2014	58,996.2	8,899.63
Μάρτιος 2014	55,731	8,273.1
Απρίλιος 2014	47,168.4	7,812.98
Μάιος 2014	46,063.8	7,052.17
Ιούνιος 2014	55,231.2	10,364
Ιούλιος 2014	89,886	13,963.04
Αυγустος 2014	117,989.4	16,842.05
Σεπτέμβριος 2014	96,106.8	14,673.51
Οκτώβριος 2014	96,124.2	13,781.13
Νοέμβριος 2014	64,206	10,239.77
Δεκέμβριος 2014	45,747.6	7,075.05

**Πίνακας 3.5: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) για κάποιους μήνες του έτους 2015 και το αντίστοιχο κόστος.**

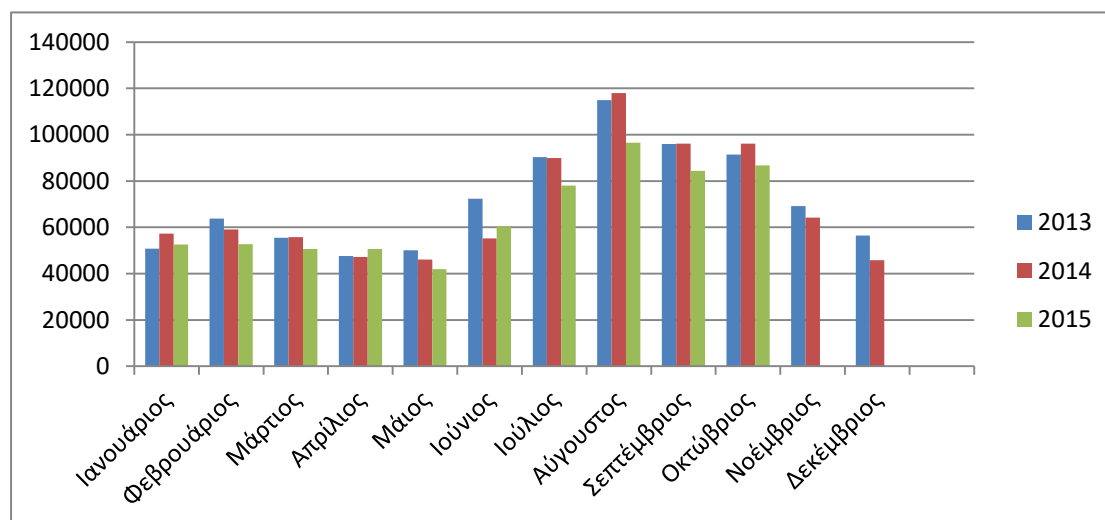
Περίοδος	Κατανάλωση (KWh)	Κόστος (ευρώ)
Ιανουάριος 2015	52,588.2	7,977.97
Φεβρουάριος 2015	52,693.2	8,406.14
Μάρτιος 2015	50,572.2	7,754.95
Απρίλιος 2015	50,572.2	7,626.29
Μάιος 2015	41,985.6	6,510.54
Ιούνιος 2015	60,377.4	9,706.8
Ιούλιος 2015	78,025.8	12,027.82
Αυγустος 2015	96,499.8	14,688.12
Σεπτέμβριος 2015	84,321.6	13,268.34
Οκτώβριος 2015	86,660.4	13,600.24

Αξίζει να σημειωθεί ότι για το έτος 2015, δεν υπάρχουν δεδομένα για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο λόγω απώλειας των στοιχείων αυτών. Στη συνέχεια, παρατίθενται σε διαγράμματα η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα προαναφερόμενα έτη καθώς και η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τα έτη αυτά.



**Σχήμα 3.1. Ετήσια Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ τα έτη 2013,2014 και 2015.**

Με βάση το Σχήμα 3.1 παρατηρείται ότι το έτος 2013 καταγράφηκε η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο. Ενώ για τα δύο επόμενα έτη υπήρχε μια σχετική μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.



**Σχήμα 3.2. Μηνιαία Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ τα έτη 2013,2014 και 2015.**

Με βάση το σχήμα 3.2, το μήνα Αύγουστο παρατηρείται η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από όλους τους μήνες τους έτους. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι ο μήνας Αύγουστος θεωρείται ο πιο θερμός μήνας για τη χώρα μας. Στη συνέχεια ακολουθούν οι μήνες Σεπτέμβριος, Οκτώβριος και Ιούλιος.

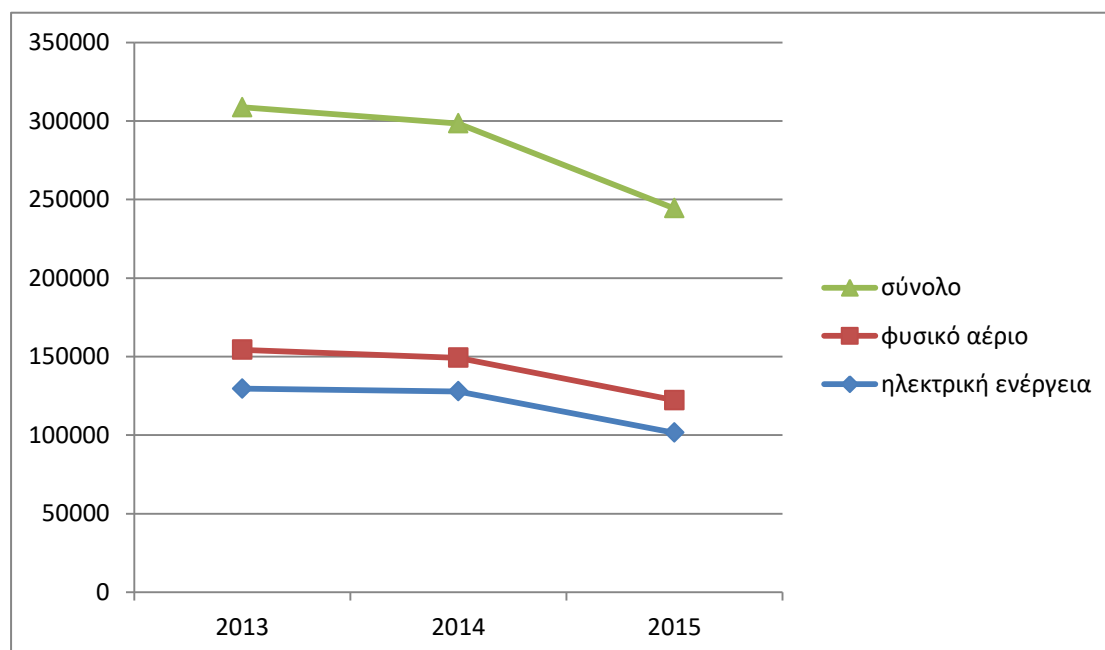
### 3.7. Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης ενέργειας

Στον παρακάτω Πίνακα 3.6 φαίνεται το κόστος των δύο μορφών ενέργειας του κτιρίου σε ευρώ/έτος για τα έτη 2013, 2014 και 2015.

Πίνακας 3.6: Κόστος ενέργειας € / έτος από τιμολόγια ΔΕΗ και φυσικού αερίου για τα έτη 2013, 2014 και 2015.

	Ηλεκτρική ενέργεια (ευρώ)	Φυσικό αέριο(ευρώ)	Σύνολο (ευρώ)
<b>2013</b>	129.569	24.753	154.322
<b>2014</b>	127.835	21.370	149.205
<b>2015</b>	101.567	20.648	122.215

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα του Πίνακα 3.6 δεν ανταποκρίνονται απόλυτα στην πραγματικότητα λόγω της απουσίας των τιμολογίων της ΔΕΗ και φυσικού αερίου για το Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2015 καθώς και του φυσικού αερίου για τον Απρίλιο του 2014. Με μια λογική προσέγγιση όμως τα ποσά είναι παρεμφερή για τα 3 αυτά έτη. Στο Σχήμα 3.3 αποτυπώνεται το κόστος της ενέργειας με τα έτη αυτά.



Σχήμα 3.3. Κόστος ενέργειας € / έτος από τιμολόγια ΔΕΗ και φυσικού αερίου για τα έτη 2013, 2014 και 2015.

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.6 και το Σχήμα 3.3, το έτος 2013 καταγράφηκε το μεγαλύτερο κόστος ενέργειας, τόσο για την ηλεκτρική όσο και για το φυσικό αέριο. Ακολουθούν με τη σειρά το 2014 και το 2015 αντίστοιχα.

### 3.8 Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό

#### Αναλυτής καυσαερίων

##### Διαδικασία μέτρησης

Κατά τη διαδικασία μέτρησης της απόδοσης καύσης του λέβητα καθώς και της ανάλυσης των καυσαερίων, χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής KANE 9000. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνονται τα κύρια μέρη του ηλεκτρονικού αναλυτή.



Εικόνα 3.6. Αναλυτής KANE 9000.

Αξίζει να σημειωθεί ότι προτού ξεκινήσει η διαδικασία μέτρησης, ήταν απαραίτητη η προσαρμογή του αναλυτή σε συνθήκες περιβάλλοντος διάρκειας 3 λεπτών. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, ξεκίνησαν οι δειγματοληπτικές μετρήσεις. Αρχικά, τοποθετήθηκε το μεταλλικό θερμοζεύγους του αναλυτή στην τρύπα δειγματοληψίας του λέβητα, με τέτοιο τρόπο ώστε το ακροφύσιο να βρίσκεται περίπου στη μέση της διατομής του σωλήνα. Με αυτό τον τρόπο, ο αναλυτής έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων του λέβητα καθώς και την περιεκτικότητά του σε στοιχεία και ενώσεις όπως  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_x$ . Παράλληλα υπολογίζει την απόδοση του λέβητα και τις απώλειες του. Όσο αφορά τον υπολογισμό του δείκτη αιθάλης, χρησιμοποιήθηκε ειδική τρόμπα, η οποία κατά την είσοδο του ακροφυσίου της, στην προαναφερθείσα τρύπα στο σωλήνα του λέβητα, αποτυπώνει σε χαρτί, το οποίο είναι τοποθετημένο σε μια εγκοπή στη διατομή της τρόμπας, το χρώμα των καυσαερίων και παραπέμπει στον κατάλληλο δείκτη της κλίμακας Brigon.





**Εικόνα 3.7 Εργαλείο Brigon Smoke.**

Το κτίριο χρησιμοποιεί δύο λέβητες φυσικού αερίου με καυστήρες Sicma GS48 2A. Οι μετρήσεις από τον αναλυτή καυσαερίων για τους λέβητες κτιρίου παρατίθενται στον Πίνακα 3.7.

**Πίνακας 3.7 : Οι μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων.**

Είδος καυσίμου	Φυσικό αέριο
<b>ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΗΣ (%)</b>	89.4
<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ λ (ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ)</b>	1.51%
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ O<sub>2</sub></b>	6.9%
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ CO<sub>2</sub></b>	8.2%
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ CO</b>	3%
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ NO</b>	57%
<b>ΠΟΣΟΣΤΟ NO<sub>x</sub></b>	58%
<b>NET (ΚΑΘΑΡΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ)</b>	164 °C
<b>FLUE (ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ)</b>	202 °C
<b>AMBIENT (ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΑΕΡΑ)</b>	26.6 °C
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ</b>	10.6%
<b>ΚΛΙΜΑΚΑ BRIGON (0-9)</b>	0

## **ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ**

### *ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΗΣ (ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)*

Η απόδοση καύσης εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό από το καύσιμο που καταναλώνεται στο λέβητα, το οποίο αξιοποιείται πράγματι για την παραγωγή ατμού ή την θέρμανση νερού. Ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο α) λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον, β) λόγω ατελούς καύσης γ) λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα. και δ) λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα. Η τιμή της απόδοσης καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά της καύσης και αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα. Κατά συνέπεια η απόδοση καύσης πρέπει να πλησιάζει την τιμή 100.

### *Συντελεστής Lambda (Περίσσεια αέρα)*

Είναι ο λόγος του παρεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Στοιχειομετρική καύση έχουμε όταν όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακος, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου. Για τον συνήθη τύπο μαζούτ η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για στοιχειομετρική καύση είναι περίπου 3,2 Kg οξυγόνου ανά Kg καυσίμου. Επειδή όμως ο αέρας περιέχει 21% κατ' όγκο (ή 23% κατά βάρος οξυγόνο), απαιτούνται θεωρητικά 13,8 Kg αέρα/ Kg καυσίμου. Όλη η ποσότητα του οξυγόνου καίγεται κατά την διάρκεια της καύσης ενώ το άζωτο απομακρύνεται προς την καμινάδα αφού προηγουμένως θερμανθεί απάγοντας έτσι σημαντικά ποσά θερμότητας προς το περιβάλλον.

Για να γίνει πλήρης καύση θα πρέπει να υπάρχει πλήρης ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, έτσι ώστε κάθε μόριο καυσίμου να έλθει σε επαφή με κάθε μόριο οξυγόνου και να ενωθούν. Όμως τόσο τέλεια ανάμιξη καυσίμου με οξυγόνο στην πράξη είναι αδύνατη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει στον χώρο καύσης να υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από το θεωρητικά απαιτούμενο στοιχειομετρικό για να επιτευχθεί πλήρης καύση. Διαφορετικά η καύση θα είναι ατελής με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ή και απαγωγή άκαυστου καυσίμου υπό μορφή αιθάλης. Λέγεται ότι υπάρχει 20% περίσσεια αέρα ή ο συντελεστής Lambda είναι 1,20 όταν η ποσότητα του αέρα που παρέχεται στον λέβητα είναι κατά 20% μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται θεωρητικά. Το οξυγόνο της περίσσειας αέρα δεν λαμβάνει μέρος στην καύση αλλά απάγεται από τον λέβητα με τα καυσαέρια, αφού προηγουμένως θερμανθεί.



Εικόνα 3.8. Σχέση παροχής αέρα προς την απόδοση του λέβητα και την θολερότητα των καυσαερίων.

Γενικά κανόνας είναι η μεγιστοποίηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η οικονομικότερη περίσσεια αέρα και ο μέγιστος βαθμός αποδόσεως του λέβητα.

Για να επιτευχθεί ο καλύτερος βαθμός απόδοσης του λέβητα θα πρέπει στα καυσαέρια να μην υπάρχει καθόλου μονοξείδιο του άνθρακα, ενώ συγχρόνως η περιεκτικότητα σε οξυγόνο να είναι όσο το δυνατό μικρότερη και σε διοξείδιο του άνθρακα όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Έτσι η καύση γίνεται με την μικρότερη δυνατή περίσσεια αέρα.

#### Μονοξείδιο του Άνθρακα

Είναι η ποσότητα CO που περιέχεται στα καυσαέρια σαν προϊόν ατελούς καύσης. Η τιμή της δίνεται σε μέρη όγκου ανά εκατομμύριο (Parts Per Million), σε κανονικές συνθήκες (Θερμοκρασία 00 C και πίεση 1 Atm) και πρέπει να είναι ελάχιστη. Όταν τα καυσαέρια περιέχουν:

- CO ή καπνό, χωρίς οξυγόνο σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση λόγω μικρής παροχής αέρα στον θάλαμο καύσης.
- CO ή καπνό, και συγχρόνως οξυγόνο μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες:
  1. Κανονική παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα- καυσίμου.
  2. Μικρή παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης, ενώ συγχρόνως εισροή δευτερογενή αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στον θάλαμο καύσης.

### *Ποσότητα Οξειδίων Αζώτου*

Είναι η ποσότητα NO που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm, σε κανονικές συνθήκες. Η τιμή του εξαρτάται από την περίσσεια αέρα και την θερμοκρασία καυσαερίων. Πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

### *Θερμικές Απώλειες Καύσης*

Είναι το ποσοστό της Θερμικής ενέργειας του καυσίμου που δεν αξιοποιείται. Η τιμή του προκύπτει σαν (100 - Θερμική Απόδοση Καύσης) και θα πρέπει να πλησιάζει το 0.

### *Αιθάλη (Καπνός)*

Εκφράζει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστο καύσιμο και μετράται σε μονάδες της κλίμακας Bacharach ή Brigon (εδώ χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη). Η τιμή του θα πρέπει να πλησιάζει το 0 της κλίμακας. Σε αντίθετη περίπτωση ισχύει ότι και στην περίπτωση που το CO είναι αυξημένο.

### **Συμπεράσματα**

Μετά την επιτόπια μέτρηση με τον αναλυτή καυσαερίων συμπεραίνουμε ότι η απόδοση καύσης των λεβήτων φυσικού αερίου του δημοσίου αυτού κτιρίου είναι ικανοποιητικά υψηλή. Η περίσσεια αέρα είναι υψηλή με αποτέλεσμα να θερμαίνεται άσκοπα ποσότητα αέρα. Ταυτόχρονα, η ποσότητα οξυγόνου είναι σχετικά υψηλή και οφείλεται στην περίσσεια αέρα. Όσο αφορά την ποσότητα CO είναι πολύ χαμηλή το οποίο σημαίνει ότι η ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα είναι πολύ καλή. Η αιθάλη είναι ελάχιστη και το 0 της κλίμακας Brigon. Τέλος, η θερμοκρασία καυσαερίων είναι στα φυσιολογικά επίπεδα της καλής λειτουργίας των λεβήτων.

## Κεφάλαιο 4. Φόρμα Ενεργειακής Καταγραφής



## 4.1 Παρουσίαση της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής

Έπειτα από την υπουργική απόφαση [Δ6/Β/4826/2008 \(ΦΕΚ 1122 Β'\)](#) είναι απαραίτητη για κάθε δημόσιο κτίριο η καταγραφή των ενεργειακών χαρακτηριστικών του από ορισμένο ενεργειακό υπεύθυνο. Στα πλαίσια αυτής της απόφασης δημιουργήθηκε η **Φόρμα Ενεργειακής Καταγραφής**. Η φόρμα αυτή περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή των μεγεθών του υπό μελέτη κτιρίου όσον αφορά σε ηλεκτρικές καταναλώσεις, συστήματα θέρμανσης, συστήματα ψύξης, αερισμό, φωτισμό καθώς και ερωτήσεις αναφορικά με τις πιθανές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης. Η φόρμα αυτή διατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή τύπου Excell μέσα από τη σελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR>, όπου υπάρχει και ένα συμπληρωμένο υπόδειγμα.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής γίνεται εκτενής παρουσίαση της φόρμας όσον αφορά στη μορφή της, καθώς και στα ζητούμενα μεγέθη που απαιτούνται για τη συμπλήρωσή της. Παράλληλα παρατίθεται συμπληρωμένο υπόδειγμα έπειτα από μελέτη των ενεργειακών στοιχείων του υπό μελέτη κτιρίου.

Πιο αναλυτικά το Excell της φόρμας αποτελείται από 10 καρτέλες που παρατίθενται παρακάτω:

Α		Β		C		D		E	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ				Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)					
ΟΝΟΜΑ				<p>Είναι δυνατό να οριστεί ένας Ενεργειακός Υπεύθυνος για περισσότερα του ενός κτίρια. Επίσης, είναι δυνατό για ένα κτίριο να οριστούν περισσότεροι από έναν Ενεργειακοί Υπεύθυνοι (σε αυτή την περίπτωση προσθέστε νέο Πίνακα Στοιχείων Ενεργειακού Υπευθύνου). Ο καθορισμός εξαρτάται από την πολυπλοκότητα των υποδομών και των εγκαταστάσεων (επιφάνεια κτιρίου/ών, ισχύς και μέγεθος ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, προφίλ λειτουργίας κλπ)</p>					
ΕΠΙΘΥΝΩΜΟ									
ΠΑΤΡΩΝΥΜΟ									
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΛΤΙΟΥ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ									
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ									
ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ									
ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ (1)									
ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ (2)									
e-mail									
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ (αναπληρωτή)									
ΟΝΟΜΑ									
ΕΠΙΘΥΝΩΜΟ									
ΠΑΤΡΩΝΥΜΟ									

Εικόνα 4.1 Καρτέλα Ενεργειακός Υπεύθυνος

Στην καρτέλα Ενεργειακός Υπεύθυνος (Εικόνα 4.1) ζητούνται στοιχεία του αρμόδιου Ενεργειακού Υπευθύνου, όπως και του αναπληρωτή αυτού. Εδώ τοποθετούνται το ονοματεπώνυμο, δελτίο ταυτότητας, επίπεδο σπουδών, ειδικότητα, τηλέφωνο και e-mail. Όπως επισημαίνεται στις παρατηρήσεις, ένας Ενεργειακός Υπεύθυνος μπορεί να αναλάβει παραπάνω από ένα κτίρια, ενώ αντίστοιχα ένα κτίριο μπορεί να αναληφθεί από

παραπάνω από έναν υπεύθυνο, ανάλογα την πολυπλοκότητα των εγκαταστάσεων και των υποδομών του.

	A	B	C	D	E
1	<b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης) <i>Το συγκεκριμένο Εντυπο με τα επιμέρους φύλλα συμπληρώνεται για κάθε κτίριο ξεχωριστά</i>	
2	Αρμόδιος Φορέας				
3	Φορέας/Φορείς Χρήσης			Αναφέρεται ο τίτλος της υπηρεσίας ανωτέρου επιπέδου (Υπουργείο, Γραμματεία, Γεν. Δ/ση, Διεύθυνση, κλπ) που στεγάζεται στο κτίριο. Εφόσον στο κτίριο στεγάζονται περισσότερες υπηρεσίες διαφορετικών φορέων μπορούν να αναφερθούν και αυτές	
4	Τύπος χρήσης			Αναφέρεται αν υπάρχει μόνο μία χρήση στο κτίριο (η μόνον χρήση γραφείων δηλώνεται ως αποκλειστική χρήση, ενώ αν υπάρχουν γραφεία και καταστήματα ή κατοικίες, δηλώνεται μικτή)	
5	Χρήση			Σε περίπτωση που στο κτίριο υπάρχουν περισσότερες από μία χρήσεις (που αφορούν το δημόσιο φορέα) αναφέρονται όλες	
6	Όνομα Ιδιοκτήτη				
7	Τύπος Ιδιοκτησίας				
8	Διεύθυνση				
9	Τ.Κ				
10	Πόλη				
				Σε περίπτωση που το κτίριο έχει ανεγερθεί σταδιακά σε πολλές χρονικές περιόδους, αναγράφονται αναλυτικά οι διάφορες	

**Εικόνα 4.2** Γενικά στοιχεία κτιρίου

Στην καρτέλα Γενικά Στοιχεία Κτιρίου (Εικόνα 4.2) ζητείται η συμπλήρωση χαρακτηριστικών του κτιρίου αναφορικά με την χρήση του, το φορέα χρήσης του, το όνομα του ιδιοκτήτη, τη διεύθυνση και την πόλη στην οποία βρίσκεται, όπως και τον ταχυδρομικό κώδικα αυτής.

	A	B	C	D	E
1	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)	
2	Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας				
3	Αριθμός Παροχής Ρεύματος			Εφόσον υπάρχουν περισσότερες από μία παροχές, αναφέρονται ξεχωριστά	
4	Είδος τιμολογίου ΔΕΗ			Μόνο σε περίπτωση που ο πάροχος ενέργειας είναι η ΔΕΗ	
5	Ετήσια Κατανάλωση [kWh]			Αναγράφεται το άθροισμα της κατανάλωσης όπως προκύπτει από τους λογαριασμούς για το συγκεκριμένο έτος	
6	Ετήσιο Κόστος [ευρώ]			Αναγράφεται το άθροισμα του κόστους όπως προκύπτει από τους λογαριασμούς για ένα συγκεκριμένο έτος	
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					

**Εικόνα 4.3** Ηλεκτρική κατανάλωση

Στην καρτέλα Ηλεκτρική Κατανάλωση (Εικόνα 4.3) απαιτούνται στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Συγκεκριμένα ζητείται ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας, ο αριθμός παροχής ρεύματος, το είδος τιμολογίου της ΔΕΗ, η ετήσια κατανάλωση σε kWh και το ετήσιο κόστος σε ευρώ.



	A	B	C	D	E
1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)	
2	Σύστημα No.1			Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα καταγράφονται ξεχωριστά	
3	Τύπος		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο σύστημα" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
4	Καύσιμο		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
5	Έτη λειτουργίας			Αναγράφεται η ηλικία του συστήματος	
6	Αριθμός (Πλήθος)				
7	Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kW <sub>e</sub> ]			Η συνολική ηλεκτρική ισχύς, όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή κάθε καυστήρα για την περίπτωση λέβητα/καυστήρα ή την ονομαστική ισχύ κάθε αντλίας θερμότητας.	
8	Ονομαστική Ισχύς (Θερμική) [kW <sub>th</sub> ]			Η συνολική θερμική ισχύς, όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
9	Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος			Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας	
10	Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]			Το ετήσιο κόστος συντήρησης περιλαμβάνει το κόστος του συντηρητή, καθώς επίσης και τα τυχόν έξοδα ανταλλακτικών και υπηρεσιών	

Εικόνα 4.4 Συστήματα Θέρμανσης

Η καρτέλα Συστήματα Θέρμανσης (εικόνα 4.4) αφορά στο πλήθος των εγκατεστημένων συστημάτων του κτιρίου που αποσκοπούν στη θέρμανση. Εκεί συμπληρώνεται το πλήθος των συστημάτων αυτών, ο τύπος τους, το καύσιμο που καταναλώνουν, η ονομαστική ηλεκτρική και θερμική ισχύς, το σύνολο ωρών λειτουργίας τους και το κόστος τους ανά έτος, καθώς και τον ονομαστικό και πραγματικό βαθμό απόδοσης τους.

	A	B	C	D	E
1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)	
2	Σύστημα No.1			Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα καταγράφονται ξεχωριστά	
3	Τύπος		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο σύστημα" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
4	Καύσιμο		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
5	Έτη λειτουργίας			Αναγράφεται η ηλικία του συστήματος	
6	Αριθμός (Πλήθος)			Σε περίπτωση κεντρικών και ημικεντρικών συστημάτων αναγράφεται το πλήθος ΜΟΝΟ των μονάδων παραγωγής ψύξης (ψύκτες). Σε περίπτωση split units αναγράφεται το πλήθος των splits	
7	Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kW <sub>e</sub> ]			Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
8	Ονομαστική Ισχύς (Ψυκτική) [kW <sub>cool</sub> ]			Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
9	Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος			Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας	
10	Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]			Το ετήσιο κόστος συντήρησης περιλαμβάνει το κόστος του συντηρητή, καθώς επίσης και τα τυχόν έξοδα ανταλλακτικών και υπηρεσιών	
11	Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%] (EER)			Αναγράφεται η Ονομαστική Ενεργειακή Απόδοση (EER), όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	

Εικόνα 4.5 Συστήματα Ψύξης

Η καρτέλα Συστήματα Ψύξης (εικόνα 4.5) αφορά στα εγκατεστημένα στο κτίριο συστήματα που εξυπηρετούν στην ψύξη. Στο σημείο αυτό ζητείται το πλήθος των συστημάτων αυτών, τα έτη λειτουργίας, ο τύπος τους, το καύσιμο που καταναλώνουν, η ονομαστική

ηλεκτρική και ψυκτική ισχύς, το σύνολο ωρών λειτουργίας τους και το κόστος συντήρησης τους ανά έτος, καθώς και τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης τους.

	A	B	C	D	E
1	<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ</b>			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)	
2	Σύστημα No.1			Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα καταγράφονται ξεχωριστά	
3	Τύπος		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο σύστημα" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
4	Καύσιμο		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
5	Αριθμός (Πλήθος)			Σε περίπτωση κεντρικών και ημικεντρικών συστημάτων αναγράφεται το πλήθος ΜΟΝΟ των μονάδων παραγωγής αερισμού. Σε περίπτωση ανεμιστήρων ή τοπικών λήψεων αναγράφεται το πλήθος τους	
6	Έτη λειτουργίας			Αναγράφεται η ηλικία του συστήματος	
7	Παροχή αέρα (m <sup>3</sup> /h)			Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
8	Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]			Σε περίπτωση ΚΚΜ αναγράφεται το άθροισμα της ηλεκτρικής ισχύος των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής αέρα, όπως αναγράφονται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
9	Ονομαστική Ισχύς (Ψυκτική/Θερμική) [kWcool/th]			Αφορά μόνο τις περιπτώσεις προκλιματισμένου αέρα	
10	Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος			Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας	

Εικόνα 4.6 Συστήματα αερισμού

Στην καρτέλα Συστήματα Αερισμού (εικόνα 4.6) ζητούνται στοιχεία αναφορικά με τον αερισμό του κτιρίου. Συγκεκριμένα, συμπληρώνονται στοιχεία όπως το πλήθος των συστημάτων αερισμού, ο τύπος τους, το είδος του καυσίμου που καταναλώνουν, τα έτη λειτουργίας τους, η παροχή αέρα σε m<sup>3</sup>/h, η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς, η ονομαστική Ψυκτική/Θερμική ισχύς, το σύνολο ωρών λειτουργίας και το κόστος συντήρησης ανά έτος.

	A	B	C	D	E
1	<b>ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ</b>			Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)	
2	Σύστημα No.1			Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα καταγράφονται ξεχωριστά	
3	Τύπος		>	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
4	Καύσιμο		<	Στην περίπτωση που επιλέξετε "Άλλο" περιγράψτε την άλλη επιλογή	
5	Έτη λειτουργίας			Αναγράφεται η ηλικία του συστήματος	
6	Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]			Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
7	Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος			Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας	
8	Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]				
9	Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%]			Μόνο για την περίπτωση της αντίλας θερμότητας ή εφόσον αναφέρεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
10	Σύστημα No.2				
11	Τύπος	(Παρακαλώ πατήστε εδώ για να επιλέξετε)	<		
12	Καύσιμο	(Παρακαλώ πατήστε εδώ για να επιλέξετε)	<		

Εικόνα 4.7 Ζεστό νερό χρήσης

Η καρτέλα Ζεστό Νερό Χρήσης αναφέρεται στα συστήματα που παρέχουν ζεστό νερό στο κτίριο. Στην καρτέλα αυτή συμπληρώνεται, ανάλογα με το πλήθος των συστημάτων αυτών, ο τύπος τους, το καύσιμο που καταναλώνουν, τα έτη λειτουργίας τους, ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης τους, η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς τους, το κόστος συντήρησης και το σύνολο ωρών λειτουργίας τους ανά έτος.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ</b>					
2	a/a	ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)	
3		Αναφέρεται το είδος του λαμπτήρα		Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας και την επισκεψιμότητα των χώρων	Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευαστή	
4	1					
5	2					
6	3					
7	4					
8	5					
9	6					
10	7					

**Εικόνα 4.8 Περιγραφή Φωτισμού**

Στην καρτέλα Περιγραφή Φωτισμού (εικόνα 4.8) καταγράφονται οι συσκευές που συμβάλλουν στο φωτισμό του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, σημειώνονται τα είδη συσκευών (λαμπτήρων) που χρησιμοποιούνται, το πλήθος αυτών ανα είδος, το σύνολο ωρών λειτουργίας τους με μια μια εκτίμηση ανάλογα τα ωράρια λειτουργίας του κτιρίου καθώς και η ισχύς τους σύμφωνα με τα στοιχεία που παρέχει ο κατασκευαστής.

A		B	C	D	E	F	G	H
Πηγή Ενέργειας			Τελική Χρήση	N/O	Ετήσια Κατανάλωση	Ετήσιο Κόστος (ευρώ)		Παρατηρήσεις (οδηγίες συμπλήρωσης)
1								
2	Ηλεκτρική		Θέρμανση	ΌΧΙ				Εφόσον υπάρχουν εγκατεστημένοι έξυπνοι μετρητές ή αν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία συμπληρώνονται αναλυτικά όλα τα πεδία. Σε διαφορετική περίπτωση συμπληρώνεται μόνο το ΣΥΝΟΛΟ, δηλαδή το άθροισμα της κατανάλωσης και του κόστους όπως προκύπτει από τους λογαριασμούς για το συγκεκριμένο έτος
3			Ψύξη	ΝΑΙ				
4			Αερισμός	ΝΑΙ				
5			Φωτισμός	ΝΑΙ				
6			Συσκευές	ΝΑΙ				
7			ZNX	ΝΑΙ				
8			Data Center	ΝΑΙ				
9			Ανεκμιστήρες	ΝΑΙ				
10			Απώλειες	ΝΑΙ				
11			Άλλο					
12			ΣΥΝΟΛΟ		0.00	0.00		
13	Ορυκτά Καύσιμα	Πετρέλαιο (τόνοι)	Θέρμανση	ΌΧΙ				
14				Ψύξη	ΌΧΙ			
15				ZNX	ΌΧΙ			
16				ΣΥΝΟΛΟ		0.00	0.00	
17			Φυσικό Αέριο (κυβικά μέτρα)	Θέρμανση	ΝΑΙ			
18					Ψύξη	ΌΧΙ		
19					ZNX	ΌΧΙ		
20				ΣΥΝΟΛΟ		0.00	0.00	
21			Άλλο καύσιμο	Θέρμανση	ΌΧΙ			
22					Ψύξη	ΌΧΙ		
23				ZNX	ΌΧΙ			
24			ΣΥΝΟΛΟ		0.00	0.00		
25	Ηλιακή		Θέρμανση	ΌΧΙ				
26			Ψύξη	ΌΧΙ				
27			ZNX	ΌΧΙ				
28				ΣΥΝΟΛΟ		0.00	0.00	
29	Βιομάζα		Θέρμανση	ΌΧΙ				
30				Ψύξη	ΌΧΙ			
31				ZNX	ΌΧΙ			

Εικόνα 4.9 Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας

Στην καρτέλα Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (Εικόνα 4.9) γίνεται υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε ένα έτος. Για το σκοπό αυτό καταγράφεται η συνολική κατανάλωση και το κόστος απο κάθε πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στο κτίριο καθώς και η τελική χρήση αυτών αντίστοιχα. Όπως αναγράφεται στις παρατηρήσεις, γίνεται αναλυτική συμπλήρωση εφόσον υπάρχουν εγκατεστημένοι έξυπνοι μετρητές ή διατίθενται με άλλο τρόπο όλα τα στοιχεία. Σε άλλη περίπτωση καταγράφεται μόνο το σύνολο όπως προκύπτει από τους λογαριασμούς για το συγκεκριμένο έτος.

B	C	D	E
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ		
1			
2	ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (Φωτοκύτταρα, αυτοματισμοί ελέγχου, BEMS κ.α);		
3	ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΠΕΡΑΝ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ; (Ποιες και πόσο);		
4	ΕΧΟΥΝ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΩΔΟΣΗΣ; (Περιγραφή)		
5	ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΕ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΩΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΙΠΗΣΗΣ ΤΟΥΣ		
6	ΕΧΟΥΝ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ; (εκπαίδευση, ενημερωτικό υλικό, εθελοντικές πρωτοβουλίες)		
7	ΕΧΕΙ ΕΝΤΑΧΘΕΙ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ; (περιγραφή)		
8	ΕΧΕΙ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ; (περιγραφή)		
9	ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ; (λογισμικό, Υπολογιστής)		
10	ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΥΠΑΡΧΕΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ; (έξωτερική τοιχοποιία, δώμα, πύλη)		
11	ΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (ΚΟΦΟΔΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ) ΕΙΝΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ;		
12			

Εικόνα 4.10 Ερωτήσεις

Στην τελευταία καρτέλα Ερωτήσεις (εικόνα 4.10) απαντώνται δέκα ερωτήματα σχετικά με την ενεργειακή διαχείριση και εξοπλισμό του κτιρίου, όπως το αν έχουν εφαρμοστεί μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, αν υπάρχει λογισμικό καταγραφής ενέργειας και αν στο κτίριο υπάρχει θερμομόνωση.

## 4.2 Δοκιμή Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής στο υπό μελέτη κτίριο

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής διεξήχθη δοκιμή της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής στο δημόσιο κτίριο. Το κτίριο αποτελείται από 7 ορόφους και 4 υπόγεια, ανήκει στην εταιρία ΒΙΟΣ ΑΕΔΑΕ Α.Ε. και αποτελείται κυρίως από γραφεία.

Πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Γενικά στοιχεία κτιρίου:**

Συνολική επιφάνεια (τ.μ)	17,100
Θερμαινόμενη επιφάνεια (τ.μ)	7,977
Ενεργειακή Κατηγορία (εφόσον έχει εκδοθεί ΠΕΑ)	Γ
Αριθμός ΠΕΑ (εφόσον έχει εκδοθεί)	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/τμ]	224
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/τμ]	294.8
Υπολογιζόμενη ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/τμ]	

Τα άνωθεν στοιχεία συμπληρώθηκαν από πληροφορίες που λήφθηκαν από το ΠΕΑ (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης).

- **Ηλεκτρική κατανάλωση:**

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας	ΔΕΗ
Αριθμός Παροχής Ρεύματος	1 81153285 - 01 4
Είδος τιμολογίου ΔΕΗ	ΒΓ
Ετήσια Κατανάλωση [kWh]	764,250
Ετήσιο Κόστος [ευρώ]	118,882.03

Οι πληροφορίες συγκεντρώθηκαν από τα τιμολόγια της ΔΕΗ για την περίοδο 2014-2015.

- **Συστήματα θέρμανσης:**

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	
Σύστημα No.1	
Τύπος	Λέβητας / Καυστήρας
Καύσιμο	Φυσικό αέριο
Έτη λειτουργίας	10
Αριθμός (Πλήθος)	2
Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]	0,465 - 0,814
Ονομαστική Ισχύς (Θερμική) [kWth]	2x407
Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος	2,160
Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]	
Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%] (COP)	1
Πραγματικός Βαθμός Απόδοσης [%]	0.89

Για το σύστημα θέρμανσης (δύο λέβητες φυσικού αερίου) οι πληροφορίες συγκεντρώθηκαν από τα στοιχεία της κατασκευαστικής εταιρίας καθώς και από τα φύλλα συντήρησης. Το σύνολο των ωρών λειτουργίας υπολογίστηκε προσεγγιστικά από τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου κατά τους μήνες που υπήρχε κατανάλωση φυσικού αερίου.

- **Σύστημα ψύξης:**

Αποτελείται από 2 επιμέρους συστήματα, κεντρικού υδρόψυκτου τύπου, με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται ακολούθως.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ	
<b>Σύστημα Νο.1</b>	
Τύπος	Κεντρικό - Υδρόψυκτο
Καύσιμο	Ηλεκτρισμός
Έτη λειτουργίας	10
Αριθμός (Πλήθος)	2
Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]	2x225
Ονομαστική Ισχύς (Ψυκτική) [kWcool]	2x700
Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος	1450
Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]	
Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%] (EER)	3.12
<b>Σύστημα Νο.2</b>	
Τύπος	Κεντρικό - Αερόψυκτο
Καύσιμο	Ηλεκτρισμός
Έτη λειτουργίας	(Παρακαλώ πατήστε εδώ για να επιλέξετε)
Αριθμός (Πλήθος)	13
Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]	121.8
Ονομαστική Ισχύς (Ψυκτική) [kWcool]	1311
Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος	
Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]	
Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%] (EER)	3.12

Για τα συστήματα ψύξης (2 κεντρικές μονάδες υδρόψυκτες στην οροφή του κτιρίου και 13 αερόψυκτες) οι πληροφορίες συγκεντρώθηκαν από τα στοιχεία της κατασκευαστικής εταιρίας ενώ οι ώρες λειτουργίες υπολογίστηκαν προσεγγιστικά με βάση τα ωράρια λειτουργίας του κτιρίου κατά την περίοδο αυξημένης θερμοκρασίας σε ένα ημερολογιακό έτος.

- **Σύστημα αερισμού:**

Για τον αερισμό του κτιρίου υφίστανται 8 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ). Οι ΚΚΜ προσάγουν προκλιματισμένο αέρα στους εσωτερικούς χώρους, ενώ ο αέρας που απάγεται, απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον. Η προσαγωγή και η απαγωγή γίνεται από στόμια στην ψευδοροφή τα οποία είναι τοποθετημένα στην πλάτη ορισμένων φωτιστικών. Τα χαρακτηριστικά τους καταγράφηκαν σύμφωνα με τα κατασκευαστικά τους στοιχεία, ενώ οι ετήσιες ώρες λειτουργίας υπολογίστηκαν βάση του συνόλου των ωρών λειτουργίας του κτιρίου σε ένα έτος.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	
Σύστημα Νο.1	
Τύπος	Προκλιματισμένου αέρα ΚΚΜ - Κεντρικό
Καύσιμο	Ηλεκτρισμός
Αριθμός (Πλήθος)	8
Έτη λειτουργίας	10
Παροχή αέρα (m <sup>3</sup> /h)	43,820
Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]	34.69
Ονομαστική Ισχύς (Ψυκτική/Θερμική) [kWcool/th]	
Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος	4,320
Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]	



- **Ζεστό νερό χρήσης**

Για την παροχή ζεστού νερού υπάρχουν 15 θερμοσίφωνες των 20lt, ισχύος 2 kW έκαστος, όπως επισήμανε ο συνεργάτης της διαχειρίστριας εταιρίας του κτιρίου, κος Δρίβας Χάρης.

ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	
Σύστημα Νο.1	
Τύπος	Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα
Καύσιμο	Ηλεκτρισμός
Έτη λειτουργίας	10
Ονομαστική Ισχύς (Ηλεκτρική) [kWe]	30
Σύνολο ωρών λειτουργίας ανά έτος	160
Ετήσιο κόστος συντήρησης [ευρώ]	
Ονομαστικός Βαθμός Απόδοσης [%]	

- **Περιγραφή φωτισμού:**

Για την καταγραφή του φωτιστικού εξοπλισμού του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν τα Η/Μ σχέδια του κτιρίου με παράλληλο δειγματοληπτικό έλεγχο κάποιων χώρων του κτιρίου για εξακρίβωση.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ				
α/α	ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)
	Αναφέρεται το είδος του λαμπτήρα		Γίνεται εκτίμηση του πραγματικού χρόνου λειτουργίας με βάση τα πραγματικά ωράρια λειτουργίας της υπηρεσίας και την επισκεψιμότητα των χώρων	Όπως αναγράφεται στα στοιχεία του κατασκευστή
1	T8 4x18W	2141		154.152
2	T8 2x36W	291		20.952
3	Στρογγυλά 2x18W	0		0
4	Σποτ 24W	52		1.248
5	Στρογγυλά 18W	67		1.206
6	Προβολάκια 100W	5		0.5

- Ετήσια κατανάλωση ενέργειας:**

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης και του ετήσιου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκαν τα τιμολόγια της ΔΕΗ και του Φυσικού Αερίου για ένα ημερολογιακό έτος.

Πηγή Ενέργειας		Τελική Χρήση	N/O	Ετήσια Κατανάλωση	Ετήσιο Κόστος (ευρώ)	
<b>Ηλεκτρική</b>		Θέρμανση	ΌΧΙ			
		Ψύξη	ΝΑΙ			
		Αερισμός	ΝΑΙ			
		Φωτισμός	ΝΑΙ			
		Συσκευές	ΝΑΙ			
		ZNX	ΝΑΙ			
		Data Center	ΝΑΙ			
		Ανελκυστήρες	ΝΑΙ			
		Απώλειες	ΝΑΙ			
		Άλλο				
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>764,250.00</b>	<b>118,882.03</b>	
<b>Ορυκτά Καύσιμα</b>	Πετρέλαιο (τόνοι)	Θέρμανση	ΌΧΙ			
		Ψύξη	ΌΧΙ			
		ZNX	ΌΧΙ			
		<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>0.00</b>
	Φυσικό Αέριο (κυβικά μέτρα)	Θέρμανση	ΝΑΙ		292329.2466	22,919.00
		Ψύξη	ΌΧΙ			
		ZNX	ΌΧΙ			
		<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>292,329.25</b>
	Άλλο καύσιμο	Θέρμανση	ΌΧΙ			
		Ψύξη	ΌΧΙ			
ZNX		ΌΧΙ				
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	

• Ερωτήσεις:

B	C
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (Φωτοκύτταρα, αυτοματισμοί ελέγχου, BEMS κ.α);	ΟΧΙ
ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΠΕΡΑΝ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ; (Ποιες και πόσο;)	ΟΧΙ
ΕΧΟΥΝ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ; (Περιγραφή)	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΣΤΗ Χ.Τ.
ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΕ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	Αναβάθμιση των φωτιστικών με λαμπτήρες T5 και ηλεκτρικό ballast, εγκατάσταση αντηλιακών μεμβρανών στους υαλοπίνακες των διαφανών στοιχείων, εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμότητας στις ΚΚΜ.
ΕΧΟΥΝ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ; (εκπαίδευση, ενημερωτικό υλικό, εθελοντικές πρωτοβουλίες)	ΟΧΙ
ΕΧΕΙ ΕΝΤΑΧΘΕΙ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ; (περιγραφή)	ΟΧΙ
ΕΧΕΙ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ; (περιγραφή)	ΟΧΙ
ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ; (Λογισμικό, Υπολογιστής)	ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ BMS
ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΥΠΑΡΧΕΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ; (εξωτερική τοιχοποιία, δώμα, πιλοτή)	ΥΠΑΡΧΕΙ ΜΟΝΩΣΗ ΜΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ
ΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ) ΕΙΝΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ;	ΟΧΙ

Για την συμπλήρωση των ερωτήσεων που αφορούν στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου βοήθησε ο συνεργάτης της διαχειρίστριας εταιρίας του κτιρίου, κος Χάρης Δρίβας.

## Κεφάλαιο 5. Προτάσεις βελτιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου



## 5.1 Εισαγωγή

Το μεγαλύτερο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές και σε αναποτελεσματικά από ενεργειακή άποψη κτίρια. Λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη το εν λόγω γεγονός δημιουργείται η ανάγκη για τον εντοπισμό μεθοδολογιών και καινοτομιών οι οποίες να μπορούν να βελτιώσουν την κοινωνική ανάπτυξη και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων που ζουν στις πόλεις (Battista et al., 2014). Η ενεργειακή ανακαίνιση των υπαρχόντων κτιρίων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, τη βελτίωση των επικρατούσων εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης, αλλά και για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στις αστικές περιοχές. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια, αποτελεί ένα τεχνικό, οικονομικό και κοινωνικό πρόβλημα (Paradopoulos, Theodosiou and Karatzas, 2002).

Η αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων περιλαμβάνει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που προκύπτει το δίλημμα, το κτίριο να κατεδαφιστεί ή όχι. Από οικονομικής προοπτικής η ανακαίνιση είναι οικονομικά πιο αποτελεσματική λύση, διότι οι ιδιοκτήτες συνεχίζουν να έχουν έσοδα σε αντίθεση με την περίπτωση κατεδάφισης και ανακατασκευής νέου κτιρίου. Πράγματι, η κατεδάφιση και κατασκευή νέου κτιρίου είναι μία μακρά και δαπανηρή διαδικασία κατά την οποία οι ιδιοκτήτες πρέπει να περιμένουν για να λήξουν οι μισθώσεις, να πληρώσουν για την κατεδάφιση, την εκκαθάριση του χώρου και την κατασκευή του νέου οικοδομήματος. Από μία πράσινη προοπτική, η ανακαίνιση κτιρίων είναι προτιμότερη επειδή αποφεύγονται τα απόβλητα που προκύπτουν από την κατεδάφιση και διατηρείται η ενσωματωμένη ενέργεια. Επιπρόσθετα, όσον αφορά κυρίως τα κτίρια του τριτογενούς τομέα, η ανακαίνιση έχει θετικό αντίκτυπο στα καθαρά έσοδα αφού με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση προκύπτει εξοικονόμηση των λειτουργικών εξόδων (Ξενοφόντως, 2012).

Πιο κάτω συνοψίζονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα από την ανακαίνιση των κτιρίων (Ξενοφόντως, 2012):

- Αύξηση της αποδοτικής λειτουργίας του κτιρίου ως αποτέλεσμα της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους από αυτή.
- Αύξηση αξίας του κτιρίου.
- Αύξηση οφελών ιδιοκτήτη λόγω υψηλότερου μισθώματος ενοικίασης.
- Δημιουργία θερμικής άνεσης.
- Αξιοποίηση παθητικών συστημάτων.
- Δημιουργία θέσεων εργασίας.

- Μείωση κατανάλωσης ενέργειας υφιστάμενων κτιρίων σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Αύξηση της παραγωγικότητας του προσωπικού των κτιρίων.
- Μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Ωστόσο, όταν επιχειρεί κανείς μια επέμβαση θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι ουσιαστικά ανατρέπει διαμορφωμένες ισορροπίες που έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο του χρόνου μεταξύ περιβάλλοντος και κτιρίου και οι οποίες καθορίζουν τη γενική φυσική συμπεριφορά του τελευταίου. Για το λόγο αυτό ή οι λύσεις που θα επιλεγούν θα πρέπει (Αραβαντινός, 2015):

- Να μην προσβάλλουν και να σέβονται την αρχιτεκτονική του κτιρίου, αποφεύγοντας κατά το δυνατό αλλοιώσεις που αλλάζουν τη φυσιογνωμία του, εκτός αν η απόφαση για επέμβαση αποβλέπει και προς αυτό το σκοπό.
- Να προκύπτουν ως αποτέλεσμα ολοκληρωμένης μελέτης που θα έχει υπολογίσει τα ενεργειακά μεγέθη του κτιρίου και θα έχει προσδιορίσει τον τρόπο κατανομής των θερμικών απωλειών από τα διάφορα δομικά στοιχεία του κελύφους.
- Να λαμβάνουν υπόψη τις πιθανές ιδιαιτερότητες του κτιρίου. Λύσεις προσιτές και εύκολα εφαρμόσιμες στην περίπτωση ενός κτιρίου είναι δυσεφάρμοστες ή και ανεφάρμοστες στην περίπτωση ενός άλλου.
- Να υπολογίζουν το κόστος και να το συγκρίνουν με άλλων περιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης.
- Να επιλέγουν τα κατάλληλα υλικά, οι ιδιότητες των οποίων επιτρέπουν την εφαρμογή των συγκεκριμένων λύσεων.
- Να βελτιώνουν τη θερμική απόδοση του κτιρίου, χωρίς όμως να προκαλούν άλλα προβλήματα, η επίλυση των οποίων θα απαιτεί νέες επεμβάσεις. Π.χ. δεν θα πρέπει να προκαλεί προβλήματα υγρασίας λόγω συμπύκνωσης από διάχυση υδρατμών ή δεν θα πρέπει να δημιουργεί επιφάνειες μειωμένης αντοχής.

Σύμφωνα με τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις κάθε κτιρίου μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Κάποιες από αυτές είναι η εφαρμογή θερμομονωτικής προστασίας, η αντικατάσταση των κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα καλύτερης τεχνολογίας, η αναβάθμιση ή η αντικατάσταση με αποδοτικότερα των υφιστάμενων συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης, η εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ κ.α. Στα παρακάτω υποκεφάλαια αναλύονται με περισσότερη λεπτομέρεια οι διάφορες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας των κτιρίων.



## 5.2. Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίου με επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου

Στα κυριότερα μέτρα νοικοκυρέματος του κτιριακού κελύφους συγκαταλέγονται η επισκευή των φθορών του κτιρίου και η ορθολογικότερη χρήση διατάξεων σκίασης. Αναλυτικότερα, γίνεται έλεγχος και επισκευή των ρωγμών που παρουσιάζονται σε πλαίσια ανοιγμάτων και στην τοιχοποιία, σφράγισμα των αρμών, κλείσιμο των διόδων θερμικής ροής σε φρεάτια και κλιμακοστάσια. Όσον αφορά τις διατάξεις σκίασης, η λειτουργία τους υπαγορεύεται από την εποχή και τον προσανατολισμό στην ηλιακή ακτινοβολία του ανοίγματος στο οποίο εφαρμόζονται. Οι επεμβάσεις χαμηλού κόστους περιλαμβάνουν (Καπετανίδης, 2015):

- Κατάργηση περιττών ανοιγμάτων με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν.
- Αντικατάσταση ραγισμένων ή σπασμένων υαλοπινάκων.
- Εφαρμογή μηχανισμών αυτόματης επαναφοράς θυρών.
- Προσθήκη θερμομονωτικού στρώματος σε τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας που βρίσκονται πίσω από θερμαντικά σώματα κεντρικής θέρμανσης.
- Αντικατάσταση κούφινων μεταλλικών θυρών με άλλες από υλικά με ειδική προστασία και μικρότερη θερμοπερατότητα.
- Σφράγισμα αρμών πλαισίων με θερμομονωτικές ταινίες για αεροστεγάνωση θυρών και παραθύρων.
- Τοποθέτηση έγχρωμων και ανακλαστικών φιλμ ή διατάξεων εσωτερικής σκίασης σε παράθυρα με υψηλό θερινό ηλιακό κέρδος.

Τα παραπάνω μέτρα, παρόλο που έχουν χαμηλό ή μηδαμινό κόστος εφαρμογής, δεν αποφέρουν σημαντικά ενεργειακά οφέλη. Για την επίτευξη σημαντικών ενεργειακών οφελών στο κτιριακό κέλυφος είναι απαραίτητη η υλοποίηση ενεργειακών μέτρων ανακατασκευής, όπως:

- Βελτίωση του κελύφους των κτιρίων μέσω της εφαρμογής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία και σε όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (υποστυλωμάτα, δοκοί κλπ) για αποφυγή των θερμογεφυρών, εφαρμογή ή αντικατάσταση υφιστάμενων κουφωμάτων με νέα αποδοτικότερα και καλύτερης τεχνολογίας κ.α.
- Μείωση των θερμαινόμενων – κλιματιζόμενων όγκων σε χώρους με υπερβολικό ύψος με εφαρμογή ψευδοροφών.

- Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων (ΠΗΣ) θέρμανσης και φωτισμού, όπως είναι ο τοίχος Trombe, το θερμοσιφωνικό πανέλο, το προσαρτημένο σε κτίριο θερμοκήπιο, το ηλιακό αίθριο, τα ράφια φωτισμού κ.α.
- Εφαρμογή εξωτερικών κινητών ή σταθερών διατάξεων σκίασης (τέντες, παντζούρια, ειδικά διάτρητα ρολά κλπ).

### **5.1.1. Εφαρμογή θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου**

Οι στρατηγικές για τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων επικεντρώνεται όχι μόνο στη βελτίωση της αποδοτικότητας των συσκευών ή την τροποποίηση του τρόπου ζωής των πολιτών, αλλά και στην ενίσχυση των ιδιοτήτων της μόνωσης των κτιρίων. Η τελευταία δράση θα μπορούσε να διαδραματίσει αποφασιστικό ρόλο, δεδομένου ότι μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις με μικρό χρόνο απόσβεσης (Asdrubali, D'AlessandroandSchiavoni, 2015).

Η θερμική μόνωση του κελύφους του κτιρίου αποτελεί το κύριο στοιχείο στο σχεδιασμό ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Βοηθά στην εξισορρόπηση των αλλαγών θερμοκρασίας και στην μετατροπή του κτιρίου σε ένα επαρκές ενεργειακά κτίριο. Γενικά, ο στόχος πρέπει να είναι η επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερης μόνωσης. Τα οφέλη, σταδιακά, ισοσταθμίζουν το αρχικό κόστος. Οι εθνικές προδιαγραφές δόμησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αποτελούν το ελάχιστο όριο συμμόρφωσης. Αν η σωστή μόνωση δεν εγκατασταθεί στο αρχικό στάδιο κατασκευής, τότε είναι δύσκολο, πολλές φορές και αδύνατο, να γίνει διόρθωση μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Η αντίσταση ενός υλικού στη ροή θερμότητας μετράται σύμφωνα με την τιμή  $U$  (ή αντίστοιχα με το  $R$ ). Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή  $U$ , τόσο καλύτερη είναι η μόνωση. Η τιμή  $U$  της κατασκευής προέρχεται από τις αντίστοιχες τιμές των ξεχωριστών στρωμάτων. Ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης έχει μικρές απώλειες θερμότητας και συνεπώς χαμηλή τιμή  $U$ . Για τα περισσότερα υλικά μόνωσης, οι τιμές αυτές παρέχονται για συγκεκριμένο πάχος του υλικού. Είναι πολύ σημαντικό το υλικό να τοποθετηθεί προσεκτικά χωρίς κενά. Η τοποθέτηση είναι λιγότερο σημαντική για πιο μεγάλο πάχος, αν τοποθετηθούν δυο στρώματα με αλληλοεπικάλυψη στα σημεία που γίνονται οι ενώσεις (Ομπάμα, 2009).

Στην ελληνική πραγματικότητα βάση της ισχύουσας νομοθεσίας για τα κτίρια και πιο συγκεκριμένα λαμβάνοντας υπόψη τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) προσδιορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις και τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Επομένως σε κάθε επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος των κτιρίων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εν λόγω τιμές. Στις παρακάτω εικόνες

παρουσιάζονται οι μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων για κάθε κλιματική ζώνη αλλά και οι μέσοι συντελεστές αυτών.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U <sub>D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U <sub>W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U <sub>DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>G</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U <sub>WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοιγμάτα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ)	U <sub>F</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U <sub>GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

**Εικόνα 5.1: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη (Πηγή: TOTEE, 2010)**

F/V (m <sup>-1</sup> )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U <sub>m</sub> ) σε W/(m <sup>2</sup> .K)			
	Ζώνη A	Ζώνη B	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1.26	1.14	1.05	0.96
0,3	1.20	1.09	1.00	0.92
0,4	1.15	1.03	0.95	0.87
0,5	1.09	0.98	0.90	0.83
0,6	1.03	0.93	0.86	0.78
0,7	0.98	0.88	0.81	0.73
0,8	0.92	0.83	0.76	0.69
0,9	0.86	0.78	0.71	0.64
≥ 1,0	0.81	0.73	0.66	0.60

**Εικόνα 5.2: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη (Πηγή: TOTEE, 2010)**

#### 5.1.1.1. Θερμομόνωση τοιχοποιίας - δοκών – υποστυλωμάτων - πλευρικών απολήξεων πλακών

Με την εξαίρεση της θερμομόνωσης στον πυρήνα, οι άλλες δυνατότητες ενδείκνυται για την περίπτωση της αναδρομικής θερμομόνωσης υφιστάμενων κτιρίων. Η εσωτερική θερμομόνωση βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια διακοπτόμενης θέρμανσης ή ψύξης, εξοπλισμένα με συστήματα αέρα (π.χ. κτίρια γραφείων) στα οποία λόγω της απομόνωσης

της θερμικής μάζας του κελύφους εμφανίζει ταχεία θέρμανση ή ψύξη. Η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης ενδείκνυται σε κτίρια συνεχούς χρήσης τα οποία θερμαίνονται κυρίως με ακτινοβολητές, συμπεριλαμβάνει το εξωτερικό κέλυφος στη θερμική μάζα του κτιρίου και συμβάλει στη διατήρηση της εσωκλιματικής σταθερότητας σε όλο το διάστημα του έτους, ενώ παράλληλα όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως παρουσιάζει και τη μικρότερη επιφάνεια θερμογεφυρών από όλες τις λύσεις θερμομόνωσης του κτιρίου. Η δικέλυφη αεριζόμενη όψη αποτελεί μία τεχνική η οποία παρέχει την απολύτως μεγαλύτερη προστασία του κελύφους από ανεπιθύμητες θερμικές ανταλλαγές από το περιβάλλον. Το χειμώνα ελαχιστοποιεί την έκθεση του κελύφους στον άμεσο και στην βροχή, μια που το εσωτερικό κέλυφος δεν έρχεται σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα. Το καλοκαίρι, το εξωτερικό κέλυφος παρέχει πλήρη ηλιοπροστασία στο κτίριο ενώ η υπερθέρμανση του μεταδίδεται στον αέρα του διακένου (Κοσμόπουλος, 2008).

### **Εξωτερική Θερμομόνωση**

Γενικά, τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης αποδεικνύονται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μόνωσης ενός κτιρίου, έναντι άλλων μεθόδων. Σε υφιστάμενα κτίρια αποτελεί την πιο ελκυστική, ενίοτε και τεχνικά μοναδική εφικτή λύση, ενώ σε νέα κτίρια είναι η πιο κατάλληλη λύση εξάλειψης των θερμογεφυρών. Η εξοικονόμηση ενέργειας, μεταφράζεται σε όφελος από τον χρήστη, με μειωμένα έξοδα ψύξης / θέρμανσης, έως και 50% και σημαντικό οικονομικό κέρδος σε βάθος χρόνου, με ταυτόχρονη περιβαλλοντική αξία, χάρις στη μείωση αέριων ρύπων (Γκογκούδης, 2008).

Στις ελληνικές υφιστάμενες κατασκευές είναι αναγκαίο η θερμομόνωση να τοποθετείται εξωτερικά όχι μόνο στα φέροντα στοιχεία, αλλά και στην τοιχοποιία για μείωση των θερμογεφυρών. Ανάλογα με την κατασκευή και λειτουργία του κτιρίου, τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες και την γενικότερη έκθεση του κελύφους, οι απώλειες από τις θερμογέφυρες μπορεί να αντιπροσωπεύουν το 5-30% των συνολικών θερμικών απωλειών του κτιρίου (Αναστασέλος, 2013). Σύμφωνα με το Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (ΓΟΚ), σε κτίρια με άδεια πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης (1979), επιτρέπεται η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης εκτός της οικοδομικής γραμμής (Αλεξανδρή, 2009).

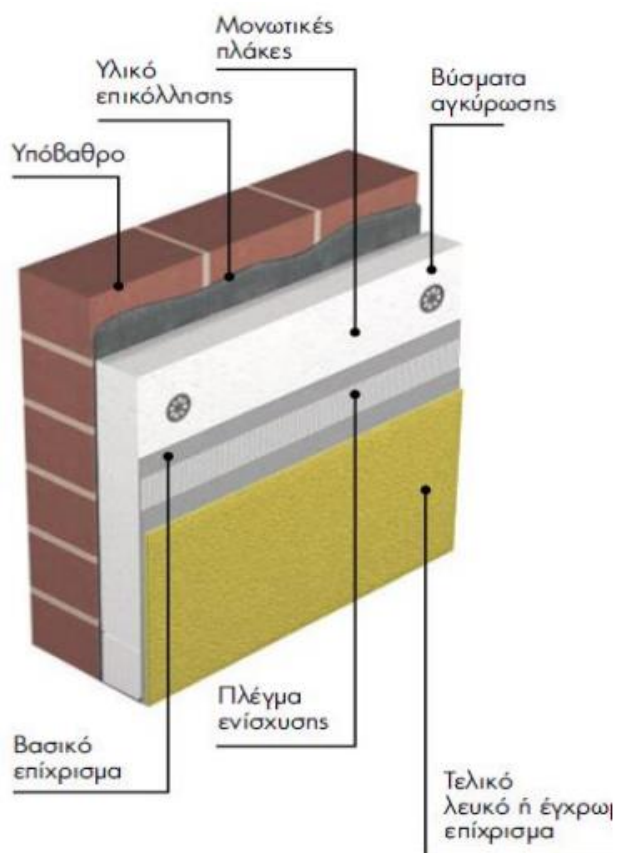
Πιο αναλυτικά, τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης αναφέρονται στην Ευρωπαϊκή ορολογία ως EFIS (ExternalFaçadeInsulationSystem) ή ως ETICS (ExternalThermalInsulationCompositeSystem) και είναι κατάλληλα τόσο για νέες κατασκευές όσο και για παλαιά κτήρια προκειμένου να (Γκούντα, 2012):

- Βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση.

- Λυθούν προβλήματα υγρασιών, συμπυκνωμάτων υδρατμών και εμφάνισης μούχλας στο εσωτερικό τους.
- Κατασκευαστούν όψεις απαλλαγμένες από ρηγματώσεις στους σοβάδες και ξεφλουδίσματα στα χρώματα.

Ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης αποτελείται από τα εξής μέρη, βλ. Εικόνα 3 (Γκούντα, 2012):

- Υπόβαθρο: Οποιαδήποτε στατικά επαρκής υφιστάμενη τοιχοποιία από τούβλο, μπετόν κλπ.
- Μονωτικό υλικό: Θερμομονωτική στρώση.
- Στερέωση: Επικόλληση με κόλλα τσιμεντοειδούς βάσης και μηχανική στερέωση με βύσματα.
- Βασικό επίχρισμα: Οργανικό ή ανόργανο σπλισμένο με πλέγμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας σε πάχος από 3mm έως 5mm.
- Τελικό επίχρισμα: Οργανικό έγχρωμο επίχρισμα σε διάφορα χρώματα και τεχνοτροπίες ή ανόργανο επίχρισμα για λείες επιφάνειες έτοιμες για βάψιμο.



Εικόνα 5.3: Μέρη συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (Πηγή: Γκούντα, 2012)

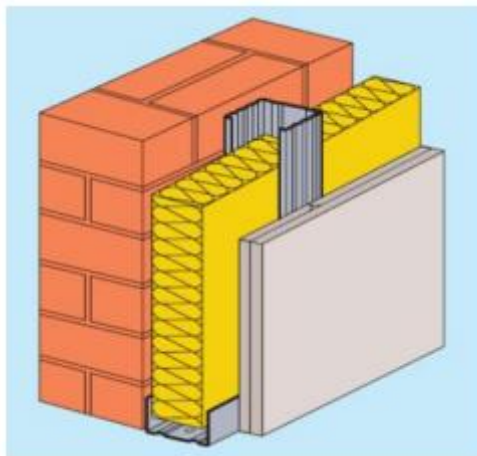
### **Εσωτερική Θερμομόνωση**

Η εσωτερική θερμομόνωση εφαρμόζεται κυρίως στις παρακάτω περιπτώσεις (Πάκος, 2014):

- Η πρόσοψη είναι διατηρητέα (παραδοσιακός οικισμός) ή αντίστοιχα όταν τα χαρακτηριστικά διαμόρφωσης πρέπει να διατηρηθούν (εμφανής οπτοπλινθοδομή, ξύλινος φέρων σκελετός, ξύλινη πρόσοψη, αεριζόμενη πρόσοψη).
- Ύπαρξη παρακείμενων κτισμάτων ή αντίστοιχα ύπαρξη μικρή απόστασης από τα όρια με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η εξωτερική μόνωση.
- Η εργασία μόνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε ένα διαμέρισμα ή αντίστοιχα δωμάτιο (οροφодιαμερίσματα, κ.τ.λ.).
- Εκτελείται αλλαγή χρήσης υπογείων αποθηκευτικών χώρων σε χώρους κατοικίας και κύριας χρήσης.
- Όταν ένα κτίριο δεν χρησιμοποιείται όλο το 24-ώρο (π.χ. κτίρια γραφείων, εξοχικές κατοικίες) ή αντίστοιχα θερμαίνεται παροδικά. Οι χώροι με εσωτερική μόνωση θερμαίνονται ταχύτερα γιατί δεν χρειάζεται να ζεσταθούν πρώτα τα συμπαγή δομικά στοιχεία της εξωτερικής τοιχοποιίας. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να θερμανθούν παροδικά κτίρια ή μεμονωμένοι χώροι χωρίς να απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος προθέρμανσης.

Ένα σύστημα εσωτερικής θερμομόνωσης αποτελείται από τα εξής μέρη, βλ. Εικόνα 5.4:(Γκούντα, 2012)

- Υπόβαθρο: Οποιαδήποτε στατικά επαρκής υφιστάμενη τοιχοποιία από τούβλο, μπετόν κλπ.
- Στήριξη: Μεταλλικός σκελετός από γαλβανισμένο χάλυβα στερεωμένος σε δάπεδο και οροφή με κατάλληλα βύσματα.
- Μονωτικό υλικό: Πλάκες μονωτικού υλικού.
- Επένδυση: Στερέωση ανθυγρής γυψοσανίδας με επικολλημένο φύλλο αλουμινίου που λειτουργεί σαν φράγμα υδρατμών και προστατεύει τον αμόνωτο τοίχο από την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης.
- Τελική επιφάνεια: Αρμολόγηση με χαρτοταινία και φινίρισμα σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές.

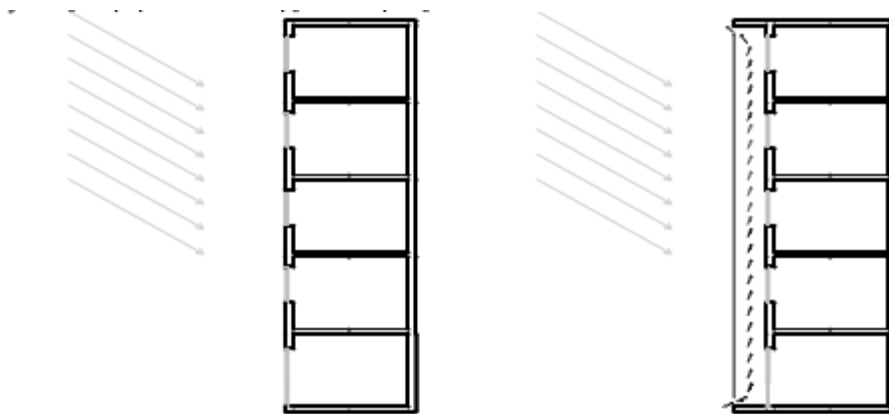


Εικόνα 5.4: Μέρη συστήματος εσωτερικής θερμομόνωσης (Πηγή: Γκούντα, 2012)

### Δικέλυφη αεριζόμενη όψη

Η θερμομόνωση με αεριζόμενη όψη αποτελεί και αυτή δικέλυφη κατασκευή, μεταξύ των δύο κελυφών της οποίας παρεμβάλλεται διάκενο αέρα. Το εσωτερικό κέλυφος αποτελεί η υφιστάμενη κατασκευή, ενώ το εξωτερικό η προστατευτική νέα στρώση (Αργυρόπουλος, 2010). Η ύπαρξη του διακένου αφενός παρεμποδίζει το νερό της βροχής, που ενδεχομένως προσβάλλει το εξωτερικό κέλυφος, να φθάσει μέχρι τη θερμομονωτική στρώση και αφετέρου απομακρύνει τους διαχεόμενους υδρατμούς από το εσωτερικό του κτίσματος και παρεμποδίζει το σχηματισμό υγρασίας συμπύκνωσης (Φούντας, 1980). Το εξωτερικό κέλυφος μπορεί να αποτελείται από οπτοπλινθοδομή όπως και το εσωτερικό, μπορεί όμως να αποτελείται από αναρτημένα πετάσματα, μαρμαρόπλακες, υαλοπετάσματα απλά (γυάλινες δικέλυφες όψεις) ή με ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.α. (Παπαϊωάννου, 2005).

Στο σημείο αυτό αξίζει να γίνει μία συνοπτική αναφορά στις γυάλινες δικέλυφες όψεις οι οποίες προσαρμόζονται στο υφιστάμενο κέλυφος του κτιρίου και λειτουργούν και αυτές βάση των ιδιοτήτων τους ως μέσο για την μείωση των απωλειών ενός κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, οι γυάλινες δικέλυφες όψεις, αποτελούν αναμφισβήτητα τα τελευταία χρόνια μία νέα πρόταση και τάση στη σύγχρονη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Οι κατασκευές αυτού του τύπου υπόσχονται αντιμετώπιση των συνεχώς αυξανόμενων επιπέδων αστικού θορύβου, προστασία του βασικού κελύφους από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις, φυσικό αερισμό των χώρων μέσω του κλωβού μεταξύ των δύο κελυφών, και γενικότερα παθητική θέρμανση, φυσικό δροσισμό και φωτισμό των κτιρίων (Χρυσομαλλίδου, Καραούλης και Θεοδοσίου, 2005).



**Εικόνα 5.5: Συμβατικό κτίριο και κτίριο με προσαρμοσμένη γυάλινη δικέλυφη όψη  
(Χρυσομαλλίδου, Καραούλης και Θεοδοσίου, 2005)**

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εφαρμογής της δικέλυφης αεριζόμενης όψης συνοψίζονται ως εξής (Αραβαντινός και Θεοδοσίου, 2014):

#### Πλεονεκτήματα

1. Εκμεταλλεύεται την θερμοχωρητικότητα του κελύφους.
2. Επιτρέπει την διαπνοή του τοίχου και αποτρέπει το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών.
3. Μειώνει στο ελάχιστο τον σχηματισμό θερμογεφυρών, εφόσον το εξωτερικό προστατευόμενο κέλυφος εκτείνεται σε όλη την επιφάνεια του τοίχου.
4. Προστατεύεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και από α εξωτερικά καιρικά φαινόμενα με την προστασία που προσφέρει το εξωτερικό κέλυφος.

#### Μειονεκτήματα

1. Απαιτεί καλή στερέωση του εξωτερικού κελύφους, ώστε να μην υφίσταται κίνδυνος πτώσεις του.
2. Ενδέχεται το διάκενο αερισμού να μετατραπεί σε φωλιά εντόμων, ζυφίων, πτηνών κ.α., αν οι οπές αερισμού δεν προστατευθούν με κατάλληλο πλέγμα.
3. Δεν παρέχει απόλυτη ελευθερία στην αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων.

#### 5.1.1.2. Θερμομόνωση δώματος / σκεπής (Αραβαντινός, 2009)

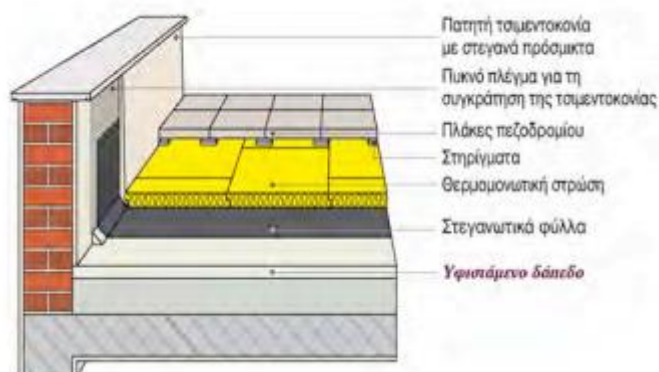
#### Επεμβάσεις στο δώμα και στις εσοχές των ορόφων

Τα δώματα ως στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δέχονται και αυτά έντονα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η προστασία τους παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος του κτιρίου, κυρίως στον υποκάτω από αυτά τελευταίο όροφο, τόσο κατά το Κεφάλαιο 5: Προτάσεις Βελτιστοποίησης Ενεργειακής Απόδοσης και Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίου

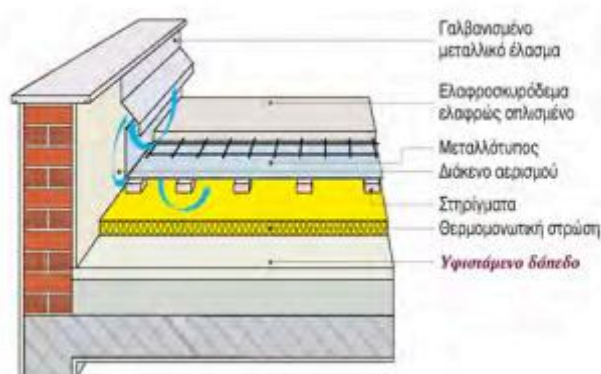


χειμώνα για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας, όσο και κατά το καλοκαίρι για την αποφυγή υπερθέρμανσης λόγω κατακόρυφης πρόσπτωσης της ισχυρής ηλιακής ακτινοβολίας. Η σωστή σειρά τοποθέτησης των στρώσεων αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του και την καλή προστασία του. Η λανθασμένη σειρά των στρώσεων και η κακή απόληξή τους στα άκρα ή σε προεξέχουσες στο δώμα κατασκευές μπορεί να προκαλέσει σειρά φθορών και να επιφέρει μόνιμες βλάβες στην κατασκευή. Επειδή κατά κανόνα η αποξήλωση και επανακατασκευή των επικαλύψεων ενός υφισταμένου δώματος ανεβάζει κατά πολύ στο κόστος, οι προσφορότερες λύσεις που μπορεί κανείς να προτείνει σε μια υφιστάμενη κατασκευή για τη θερμική και παράλληλα υγρασιακή της προστασία είναι συνήθως τρεις:

1. Κατασκευή συμπαγούς αντεστραμμένου δώματος (Εικόνα 5.6).
2. Κατασκευή αεριζόμενου δώματος υπό μορφή δικέλυφης κατασκευής (Εικόνα 5.7).
3. Διαμόρφωση στέγης.



Εικόνα 5.6: Θερμική προστασία δώματος με διαμόρφωση αντεστραμμένου δώματος



Εικόνα 5.7: Θερμική προστασία δώματος με διαμόρφωση αεριζόμενου δώματος

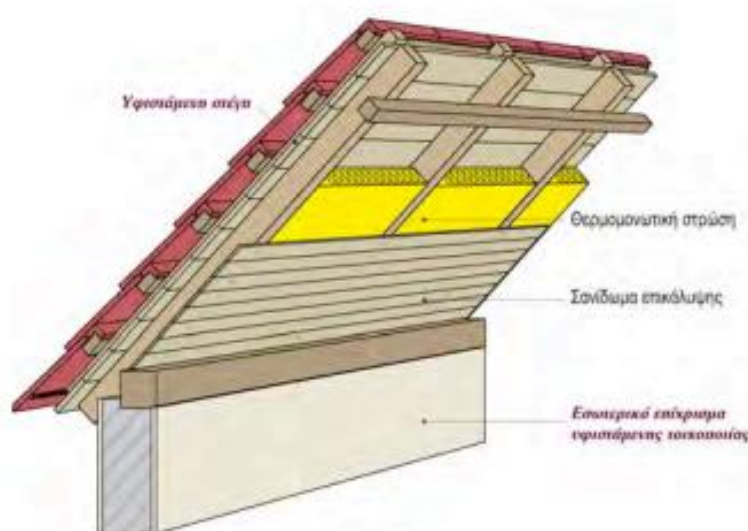
Στην περίπτωση του αντεστραμμένου δώματος τα συνηθέστερα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστυρόλης και πολουρεθάνη υπό μορφή σκληρών πλακών ή εκτοξευόμενου αφρού. Στο αεριζόμενο δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να μη κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Για τις εσοχές των ορόφων ισχύουν οι ίδιες εναλλακτικές δυνατότητες με αυτές της προστασίας του δώματος, δηλαδή η λύση του συμπαγούς ή αεριζόμενου κελύφους.

### **Επεμβάσεις στη στέγη**

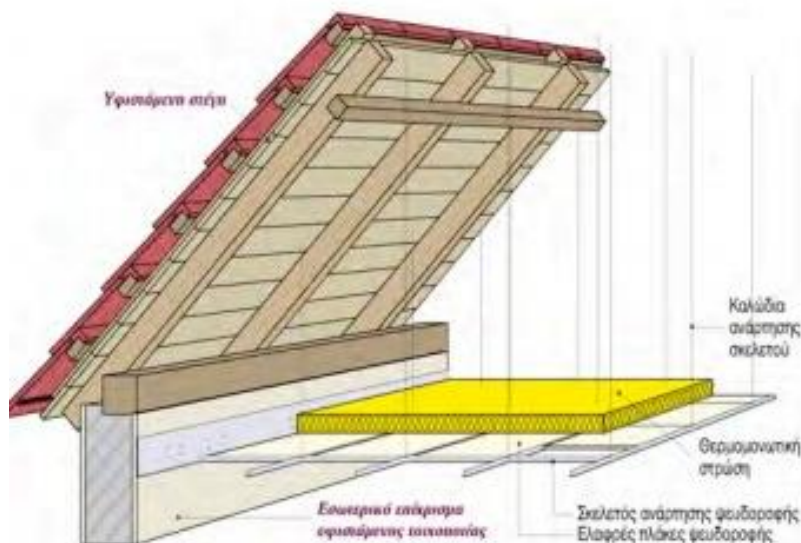
Σε μια υφιστάμενη κατασκευή οι δυνατότητες επέμβασης για τη βελτίωση της θερμικής προστασίας της στέγης εξαρτώνται από το είδος της:

Στη μονοκάλυφη κατασκευή οι δυνατές περιπτώσεις είναι κυρίως δύο:

- Τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης στο κάτω μέρος του κεκλιμένου φλοιού. Η λύση αυτή είναι συνήθως δυνατή όταν η στέγη είναι ξύλινη και τα ζευκτά είναι ορατά από το εσωτερικό του χώρου (Εικόνα 5.8).
- Διαμόρφωση θερμομονωμένης ψευδοροφής στο ύψος συνάντησης των κατακόρυφων με το κεκλιμένο επίπεδο. Η λύση εφαρμόζεται τόσο σε ξύλινη στέγη, όσο και σε στέγη με κεκλιμένη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (Εικόνα 5.9).



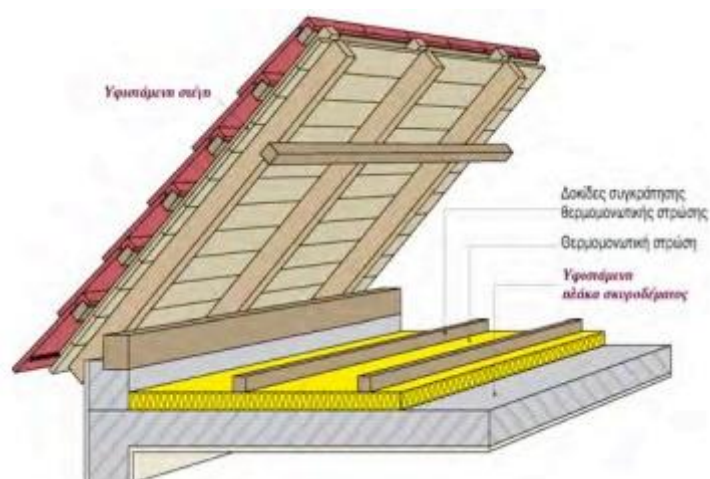
**Εικόνα 5.8: Θερμική προστασία μονοκάλυφης στέγης**



Εικόνα 5.9: Θερμική προστασία στέγης με διαμόρφωση ψευδοροφής

Στη δικέλυφη κατασκευή:

- Όταν και τα δύο κελύφη βρίσκονται υπό κλίση, ακολουθούνται οι λύσεις της μονοκέλυφης (τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης κάτω από τον κεκλιμένο εσωτερικό φλοιό ή διαμόρφωση θερμομονωμένης ψευδοροφής).
- Όταν το εσωτερικό κέλυφος είναι οριζόντιο, η πλέον πρόσφορη λύση είναι η τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης επάνω απ' αυτό με απλή εναπόθεση (Εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10: Θερμική προστασία πλάκας οροφής κάτω από θερμομονωμένη στέγη

Ως θερμομονωτικά υλικά προτιμώνται αυτά που δεν προσδίδουν ιδιαίτερα επιπλέον βάρος στη στέγη και είναι εύκολα στην τοποθέτηση τους (Υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας ή άλλα ανόργανα ινώδη σε πάπλωμα ή σκληρές πλάκες, υλικά από φυτικές ίνες, αφρώδης εξηλασμένη πολυστυρόλη ή διογκωμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη σε σκληρές πλάκες ξυλλόμαλλο τύπου σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης κ.τ.λ.).

#### 5.1.1.3. Θερμομόνωση δαπέδου

Η μόνωση των δαπέδων αποτελεί μία σημαντική επέμβαση για την προστασία του κτιριακού κελύφους. Για την επίτευξη της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ενός κτιρίου κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη μόνωση κυρίως των δαπέδων που βρίσκονται πάνω από προεξοχές ορόφων καθώς και σε δάπεδα επί πυλωτής. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μόνωση εφαρμόζεται εξωτερικά. Σε δάπεδα σε επαφή με φυσικό έδαφος αλλά και σε αυτά που βρίσκονται πάνω από υπόγεια (επαφή με ΜΘΧ) η εφαρμογή της μόνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εσωτερικά.

#### **5.1.2. Επεμβάσεις στα κουφώματα**

Οι πόρτες και τα παράθυρα αποτελούν αποδεδειγμένα τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές του απώλειες. Οι απώλειες θερμότητας από ένα κούφωμα με απλούς υαλοπίνακες είναι περίπου τριπλάσιες από τις αντίστοιχες μιας μπατικής οπτοπλινθοδομής που δεν είναι μονωμένη και σχεδόν εξαπλάσιες ως οκταπλάσιες από αυτές μιας που είναι μονωμένη. Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με δίδυμους μπορεί να περιορίσει τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου σε σημαντικό ποσοστό, που σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με τον προσανατολισμό, το ποσοστό επιφανείας των ανοιγμάτων κ.τ.λ.) μπορεί να φθάσει μέχρι 50% του συνόλου. Ως εναλλακτική λύση στην τοποθέτηση διπλού ή δίδυμου υαλοπίνακα μπορεί να θεωρηθεί η τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος. Το διπλό κούφωμα προσφέρει μεγαλύτερη θερμική προστασία από το μονό κούφωμα με διπλό ή δίδυμο υαλοπίνακα. Βασικό μειονέκτημα ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις αποτελεί το υψηλό σχετικά κόστος. Οι επεμβάσεις στα κουφώματα είναι γενικά δαπανηρότερες από άλλες οικοδομικές επεμβάσεις στο κέλυφος (Αραβαντινός, 2009).

Γενικά οι επεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στα κουφώματα και τα υαλοστάσια ενός κτιρίου είναι οι εξής (Μαύρου, 2008):

- Σφράγιση των αρμών μεταξύ τοίχων και κάσας κουφωμάτων.
- Βελτίωση της αεροστεγανότητας των αρμών μεταξύ κινητών και ακίνητων κουφωμάτων.

- Αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς ή τριπλού υαλοπίνακες χαμηλής εκπεψιμότητας (low – e).
- Αντικατάσταση κουφωμάτων με πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή τα οποία είναι καλύτερα από περιβαλλοντικής σκοπιάς (σημειώνεται η θερμοδιακοπή στα πλαίσια αλουμινίου προσφέρει εξοικονόμηση από 3 έως 5 %).
- Πιθανή τοποθέτηση και δεύτερου κουφώματος
- Πιθανή μετατροπή ορισμένων κουφωμάτων από κινητά σε ακίνητα και αντίστροφα.
- Τοποθέτηση μηχανισμού επαναφοράς των θυρών.

## **5.2. Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίου με επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου**

Τα επιμέρους συστήματα κατανάλωσης ενέργειας όπως είναι της θέρμανσης, του κλιματισμού, του ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και του φωτισμού, μπορούν να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, ικανοποιώντας πλήρως τις ανάγκες των χρηστών. Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων μπορούν να εφαρμοστούν στον εξοπλισμό που παράγει και αποδίδει άμεσα την επιθυμητή ενέργεια αλλά και στη συνδεοσμολογία του (Κομπελίτου, 2009).

### **5.2.1. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης**

Το σύστημα θέρμανσης σε ένα κτίριο αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας σε εθνικό επίπεδο. Οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν στα εν λόγω συστήματα είναι οι εξής:

- Αντικατάσταση παλαιών μέσων παραγωγής θερμότητας (λέβητες, εναλλάκτες κ.α.) με νέα καλύτερης τεχνολογίας και με καλύτερους βαθμούς απόδοσης. Η αντικατάσταση του παλαιού λέβητα πετρελαίου με λέβητες νεότερης τεχνολογίας με πιστοποίηση CE, όπως είναι οι λέβητες αερίου παλμικής καύσης και οι λέβητες συμπύκνωσης επιφέρουν ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας καθώς ο βαθμός απόδοσης τους ανέρχεται στο 95%. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης με μικρό χρόνο απόσβεσης που φθάνει έως τα 5 έτη.
- Σωστή διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης αλλά και των δικτύων διανομής τους. Όταν επιλέγονται υπερδιαστασιοποιημένα συστήματα, γεγονός το οποίο εμφανίζεται σε πολλές περιπτώσεις στη χώρα μας, υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και μικρότερος βαθμός απόδοσης. Όταν τα συστήματα είναι υποδιαστασιοποιημένα παρατηρείται μη κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων.

- Θερμομόνωση λέβητα και δικτύου διανομής. Μέσω της μόνωσης του λέβητα αλλά και ολόκληρου του συστήματος διανομής το οποίο διέρχεται είτε σε εξωτερικούς είτε σε μη θερμαινόμενου χώρους επιτυγχάνεται ικανοποιητικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι απώλειες οι οποίες παρουσιάζονται σε έναν αμόνωτο λέβητα είναι μεγαλύτερες του 5%. Τα πιο συνήθη υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την μόνωση του δικτύου διανομής είναι η πολυουρεθάνη, ο ορυκτοβάμβακας κ.α.
- Εγκατάσταση αναλυτή καυσαερίων. Ο αναλυτής καυσαερίων παρακολουθεί τις συγκεντρώσεις των ρύπων των καυσαερίων αλλά και την θερμοκρασία αυτών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη αναλογία καυσίμου αέρα στον καυστήρα του συστήματος θέρμανσης έτσι ώστε να προσεγγίζει την τέλεια καύση και να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καυσίμου αλλά και περιορισμός των εκλυόμενων ρύπων.
- Αυτονομία θέρμανσης. Τα κτίρια τα οποία διαθέτουν παραπάνω από μία ζώνες, δηλαδή κτίρια κυρίως του τριτογενή τομέα, επιβάλλεται να έχουν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω διαφορετικών θερμικών απαιτήσεων καθώς και διαφορετικών ωρών λειτουργίας.
- Θερμοστατικός έλεγχος. Πολλές φορές οι διάφοροι χώροι ενός κτιρίου παρουσιάζουν διαφορετική θερμοκρασία από την επιθυμητή. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω διαφορετικού προσανατολισμού των χώρων κ.α. Ο θερμοστατικό έλεγχος πραγματοποιείται μέσω των θερμοστατικών διακοπών οι οποίοι τοποθετούνται στα υπάρχοντα μέσα απόδοσης της θερμότητας και αναλόγως με τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου επιτρέπουν ή δεν επιτρέπουν την διέλευση του θερμού μέσου.
- Έλεγχος κυκλωμάτων θέρμανσης. Η βελτιστοποίηση του χρόνου ενεργοποίησης των κυκλωμάτων θέρμανσης μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά σκόπιμη, περιορίζοντας αισθητά την κατανάλωση ενέργειας. Σε υψηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες, τα κυκλώματα θέρμανσης ενεργοποιούνται αυτόματα αργότερα με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 10 % (Mayer, 2008).
- Χρήση θερμαντικών σωμάτων νεότερης τεχνολογίας όπως fancoils, ενδοδαπέδια θέρμανση κ.α. τα οποία συνεργάζονται ικανοποιητικά και με μεγάλες αποδόσεις θερμότητας με αντλίες θερμότητας, ηλιοθερμικά συστήματα και γενικότερα τα τελευταίας τεχνολογίας συστήματα.
- Ανάκτηση θερμότητας. Ο θερμός νωπός αέρας προσάγεται σε όλους τους χώρους κύριας χρήσης του κτιρίου (υπνοδωμάτια, καθιστικό, κλπ) ενώ ο αέρας του κτιρίου απάγεται από από τους βοηθητικούς χώρους (κουζίνα, λουτρό, αποθήκες, κλπ). Πριν την απόρριψή του στο περιβάλλον, ο απαγόμενος αέρας οδηγείται σε εναλλάκτη

θερμότητας (αέρα/αέρα) εις τον οποίο αποδίδει έως και το 95% της θερμότητάς του στο εισερχόμενο νωπό αέρα. Έτσι με την ανάκτηση της θερμότητας αυτή, ελαχιστοποιούνται και πρακτικά μηδενίζονται οι απώλειες αερισμού του κτιρίου. Για ένα παλιό σπίτι οι απώλειες αερισμού ανέρχονται περίπου στο 20%. Επομένως με μία ανάκτηση θερμότητας 90%, η εξοικονόμηση ενέργειας αντιστοιχεί στο 18%. Όμως σε ένα νέο κτίριο το οποίο ικανοποιεί τις νέες απαιτήσεις θερμομόνωσης, οι απώλειες αερισμού συχνά υπερβαίνουν το 60% του συνόλου των θερμικών απωλειών. Αυτό συμβαίνει ειδικότερα με τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Δια τούτο η θέρμανση με αέρα και με ανάκτηση θερμότητας καθίσταται πλέον απαραίτητη προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απαιτήσεις αερισμού (Ευθυμιάδης, Γαλάνης και Καλλιακούδη, 2014).

- Χρήση ΑΠΕ στα συστήματα θέρμανσης (ηλιακή θέρμανση, γεωθερμία, βιομάζα, αντλίες θερμότητας). Η χρήση των ΑΠΕ σε συμβατικά υφιστάμενα κτίρια αναλόγως τις θερμικές απαιτήσεις του εκάστοτε κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε υποστηρικτικά είτε για την εξολοκλήρου.
- Χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων όπως τοίχοι μάζας, τοίχοι Trombe, θερμοκήπια κ.α.
- Τακτική επιθεώρηση και συντήρηση της εγκατάστασης. Σε τακτά χρονικά διαστήματα επιβάλλεται να πραγματοποιείται έλεγχος και συντήρηση της εγκατάστασης θέρμανσης για την αποδοτικότερη λειτουργίας της. Αναλόγως το είδος του κτιρίου αλλά και την ισχύ της εγκατάστασης βάση νομοθεσίας, και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα, ορίζεται το ελάχιστο χρονικό διάστημα συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης.
- Χρήση συστήματος αντιστάθμισης. Το σύστημα αντιστάθμισης έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την εξωτερική θερμοκρασία, έτσι ώστε να προσδιορίζει την απαιτούμενη ισχύ του συστήματος, και κατ' επέκταση να ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού που θα κυκλοφορήσει στο εσωτερικό δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα δεν χρειάζεται να λειτουργεί συνεχώς στη μέγιστη ισχύ του, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται σημαντικό ποσό ενέργειας και χρημάτων. Το σύστημα κατά τη λειτουργία του επεμβαίνει κάθε στιγμή με σκοπό να χαμηλώσει την ισχύ του συστήματος και να την προσομοιώσει με εκείνη που θα χρειαζόταν αν η μελέτη του συστήματος γινόταν με γνώμονα την επικρατούσα εξωτερική θερμοκρασία και όχι εκείνη που εξέλαβε ως ακραία ο μελετητής (Κούκας, 2014).
- Αντικατάσταση συμβατικών κυκλοφορητών με inverter. Οι συμβατικοί κυκλοφορητές παλαιότερης γενιάς χαρακτηρίζονται ως πολύ ενεργοβόρες συσκευές, και συμβάλλουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος. Η

ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ετησίως ένας μη ρυθμιζόμενος κυκλοφορητής, ξεπερνά ακόμη και την ενέργεια που χρειάζεται μια ηλεκτρική κουζίνα. Με την αντικατάσταση τους μειώνεται αισθητά η κατανάλωση ρεύματος.

### **5.2.2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα ψύξης**

Ως σύστημα ψύξης εσωτερικών χώρων νοείται κάθε σύστημα που παράγει και διανέμει ψυκτική ενέργεια μέσα στο κτίριο. Σκοπός των συστημάτων ψύξης είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου στα επιθυμητά επίπεδα. Τα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται ευρέως στα ελληνικά κτίρια είναι ψύκτες ή αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν, κυρίως, ηλεκτρικούς κινητήρες ή πιο σπάνια, κινητήρες κατανάλωσης φυσικού αερίου ή άλλου συμβατικού καυσίμου. Σε μεγάλα κτίρια του τριτογενούς τομέα (κυρίως στα νεόδμητα) και σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες χρησιμοποιούνται κυρίως κεντρικά συστήματα ψύξης ή κλιματισμού. Αντίθετα, στα μικρά κτίρια χρησιμοποιούνται τοπικά συστήματα ψύξης, καθώς η λύση της κεντρικής ψύξης είναι αντιοικονομική. Τα τελευταία χρόνια και λόγω της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα οι ανάγκες για ψύξη των εσωτερικών χώρων έχουν αυξηθεί. Επομένως για αποδοτικότερη λειτουργία των συστημάτων ψύξης προτείνονται τα παρακάτω:

- Επιλογή συστημάτων ψύξης με υψηλή απόδοση λειτουργίας και σωστή διαστασιολόγηση τους. Η εγκατάσταση συστημάτων ψύξης με υψηλούς βαθμούς απόδοσης εξασφαλίζει τόσο εξοικονόμηση ενέργειας όσο και οικονομικότερη λειτουργία. Σε ένα υφιστάμενο κτίριο, όπως παρατηρείται και στη θέρμανση, τα συστήματα είναι συνήθως υπερδιαστασιολογημένα. Επομένως για την καλύτερη, αποδοτικότερη και με χαμηλό λειτουργικό κόστος λειτουργία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων με νέα βελτιωμένης τεχνολογίας, όπως . Όταν η αντικατάσταση δεν είναι συμφέρουσα τότε θα πρέπει να γίνουν βελτιώσεις στο υπάρχον σύστημα. Κάποιες από αυτές είναι η αντικατάσταση συμβατικών ψυκτικών μέσων με οικολογικά, βελτίωση της απόδοσης του συμπυκνωτή κ.α.
- Πρόψυξη του κτιρίου. Μέσω του φυσικού ή τεχνικού αερισμού (νυχτερινός δροσισμός κ.α.) μπορεί να πραγματοποιηθεί μείωση του ψυκτικού φορτίου έτσι ώστε το ψυκτικό κύκλωμα να λειτουργεί λιγότερες ώρες κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Βελτιστοποίηση της μόνωσης. Η τοποθέτηση καλύτερων μονωτικών υλικών στους θαλάμους ψύξης και στο δίκτυο αεραγωγών ή σωληνώσεων των κεντρικών ψυκτικών συστημάτων, σε συνδυασμό με τον περιορισμό των απωλειών από το ανοιγοκλείσιμο των θυρών, εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας κατά 10-20%.



- Περιοδική συντήρηση των συστημάτων ψύξης.
- Έλεγχος των λειτουργιών. Οι ενεργειακά αποδοτικότερες εγκαταστάσεις ελέγχου θέτουν τις μονάδες ψύξης σε λειτουργία μόνο όταν κάποια κατανάλωση εμφανίζει ζήτηση, επομένως δεν παρέχεται περιττή ενέργεια και συνεπώς περιορίζεται η σπατάλη ενέργειας και χρημάτων.
- Χρήση παθητικών συστημάτων δροσισμού, όπως αεριζόμενο κέλυφος, ηλιακές καμινάδες, επιφάνειες νερού κ.α.
- Χρήση ΑΠΕ, ηλιακή ψύξη, γεωθερμική ψύξη κ.α.

### 5.2.3. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC

Το HVAC (που προφέρεται ως τέσσερα χωριστά γράμματα) είναι ένα αρκτικόλεξο που αντιπροσωπεύει "τη θέρμανση (H), τον εξαερισμό (V) και τον κλιματισμό (AC)" και περιλαμβάνει γενικά ποικίλα ενεργά μηχανολογικά/ηλεκτρολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί ο θερμικός έλεγχος των κτιρίων. Ο έλεγχος του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί βασικό στόχο ουσιαστικά για όλα τα κατελημμένα κτίρια. Για πολλές χιλιετίες, ο έλεγχος αυτός απλά περιοριζόταν στην προσπάθεια να εξασφαλιστεί η επιβίωση κατά τη διάρκεια των ψυχρών χειμώνων. Στο σύγχρονο κόσμο, οι προσδοκίες του θερμικού έλεγχου πηγαίνουν αρκετά πέρα από την επιβίωση και περιλαμβάνουν τις σύνθετες θεωρήσεις για θερμική άνεση και ποιότητα του αέρα, που επηρεάζουν την υγεία, την ικανοποίηση και την παραγωγικότητα των ατόμων που καταλαμβάνουν τους χώρους του κάθε κτιρίου (ΚΑΠΕ, 2011).

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC δεν διαφέρουν ποιοτικά από τα υπόλοιπα συστήματα. Πέρα από την επιλογή του κατάλληλου συστήματος (υψηλής απόδοσης), τη σωστή διαστασιολόγηση, συντήρηση και μόνωση των συστημάτων και των δικτύων διανομής αλλά και τον χωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες για την κατάλληλη κάλυψη των αναγκών μπορούν να πραγματοποιηθούν και τα παρακάτω (Χριστοδούλου, 2012):

- Χρήση εναλλάκτη θερμότητας. Η χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας επιτρέπει στα συστήματα HVAC την ανάκτηση του μεγαλύτερου μέρους της θερμότητας του αποβαλλόμενου αέρα. Σε κάθε κλιματιζόμενο κτίριο, μεγάλες ποσότητες κλιματισμένου αέρα απορρίπτονται στο περιβάλλον και αναπληρώνονται από εισερχόμενο αέρα, ο οποίος πρέπει να ψυχθεί ή να θερμανθεί κατά αρκετούς βαθμούς Κελσίου (πολλές φορές πάνω από 20). Η χρήση όμως ενός εναλλάκτη θερμότητας, επιτρέπει στα συστήματα κλιματισμού να χρησιμοποιούν την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εισερχόμενου, μειώνοντας έτσι το αντίστοιχο θερμικό

ή ψυκτικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ανάκτηση της αποθηκευμένης ενέργειας του εξερχόμενου αέρα κατά 70-80%. Η ανάκτηση θερμότητας επιβάλλεται σε κλιματιστικά συστήματα μεγάλης ονομαστικής ισχύος.

- Χρήση εξοικονομητών. Τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων είναι δυνατόν, ειδικά σε εποχές με όχι ιδιαίτερα υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα (άνοιξη, φθινόπωρο), να καλύπτονται εξ' ολοκλήρου ή εν μέρει με την εισαγωγή εξωτερικού αέρα στο κτίριο. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, ελεύθερη ψύξη (freecooling). Οι εξοικονομητές είναι συσκευές που επιτρέπουν την ελεγχόμενη εισαγωγή και χρήση εξωτερικού αέρα στο κτίριο, ρυθμίζοντας την υγρασία, τη θερμοκρασία, την ενθαλπία και τις συγκεντρώσεις ρύπων του. Ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται είτε για τον απευθείας δροσισμό του κτιρίου (μηχανικός αερισμός), είτε προψύχεται από το κλιματιστικό σύστημα και στη συνέχεια διανέμεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Ανάλογα με το είδος του κλιματιστικού συστήματος χρησιμοποιούνται εξοικονομητές νερού ή αέρος. Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό με συστήματα ανάκτησης της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα.
- Διαχείριση της ροής του αέρα. Η διαχείριση της ροής του αέρα στα συστήματα κλιματισμού ή μηχανικού εξαερισμού πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η ταχύτητα του και η στατική πίεση σε αυτά να είναι οι χαμηλότερες δυνατές. Στα συστήματα HVAC, η αντίσταση στην ροή του αέρα διαμέσου των φίλτρων εξαρτάται από την κατασκευή των φίλτρων, το είδος τους, το βαθμό συντήρησης και την καθαριότητά τους. Συνίσταται συνεπώς η χρήση φίλτρων υψηλής ποιότητας (ειδικά ή απόλυτα ή τρίτης βαθμίδας φίλτρα) με χαμηλή αντίσταση στη διέλευση του αέρα. Επίσης προτείνεται η χρήση ανεμιστήρων με υψηλή απόδοση και στεγανοποίηση των αγωγών μεταφοράς του αέρα για την αποφυγή διαρροών.
- Εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση και ψύξη. Ο βαθμός απόδοσης μπορεί να υπερβεί το 90%. Συνήθως η θερμότητα που αποβάλλεται χρησιμοποιείται κατά τη χειμερινή περίοδο για τη θέρμανση κτιρίων ή για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, ενώ κατά τη θερινή περίοδο πρέπει να εγκατασταθούν ψυκτικές μονάδες απορρόφησης για την παραγωγή ψυχρού νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για θερινό κλιματισμό (Παπακώστας, 2013).

#### **5.2.4. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα ζεστού νερού χρήσης**

Για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα ζεστού νερού χρήσης επιβάλλεται όπως και στα υπόλοιπα συστήματα η επιλογή των πιο αποδοτικών συστημάτων, η εφαρμογή μόνωσης και η τακτική συντήρησή τους. Κάποιες μέθοδοι οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας αναφέρονται παρακάτω (Χριστοδούλου, 2012):

- Χρήση θερμομαντήρων διπλής ή τριπλής ενέργειας. Σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ΖΝΧ σε κτίρια μικρών απαιτήσεων, είναι δυνατή η χρήση ηλεκτρικών θερμομαντήρων. Όμως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκ μέρους τους είναι μεγάλη. Για το λόγο αυτό συνίσταται η χρήση θερμομαντήρων διπλής ή τριπλής ενέργειας. Στους πρώτους όμως, η ηλεκτρική αντίσταση πρέπει να αντικατασταθεί από ηλιακούς συλλέκτες. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η λήψη θερμικής ενέργειας από μια φθηνή και ανεξάντλητη πηγή παροχής (ηλιακή ενέργεια) και παρέχεται ανεξαρτησία στο σύστημα από την ακριβή και ενεργοβόρα ηλεκτρική ενέργεια.
- Μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και προσαγωγής του ζεστού νερού. Η μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και προσαγωγής του ΖΝΧ έως τα όρια επαρκούς χρήσης για καθαριότητα και ασφάλεια από βακτήρια και ιούς (55- 60ο C), επιβάλλεται για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Άλλωστε η διατήρηση του ζεστού νερού σε υψηλότερη θερμοκρασία δεν προσφέρει κάτι παραπάνω από άποψη υγιεινής, αντίθετα διευρύνει την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας αφού όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία θέρμανσης και διατήρησης του νερού, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμικής ενέργειας απαιτείται.
- Αντικατάσταση των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων με θερμοσίφωνες φυσικού αερίου. Σε εφαρμογές όπου χρησιμοποιούνται τοπικά συστήματα παραγωγής ΖΝΧ ή ακόμα και σε κτίρια μικρών απαιτήσεων ΖΝΧ στα οποία για οποιοδήποτε λόγο δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης θερμομαντήρων διπλής ή τριπλής ενέργειας, προτείνεται η χρήση θερμοσίφωνων φυσικού αερίου, αντί των αντίστοιχων ηλεκτρικών. Οι θερμοσίφωνες φυσικού αερίου έχουν καλύτερο συντελεστή απόδοσης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επιπλέον είναι οικονομικότεροι, καθώς το φυσικό αέριο έχει μικρότερο κόστος απόκτησης σε σχέση με την ηλεκτρική ενέργεια.
- Εγκατάσταση μετρητικών διατάξεων. Η εγκατάσταση μετρητών κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης σε όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου είναι απαραίτητη, ώστε να αποφεύγεται η υπέρμετρη κατανάλωση.

- Χρήση κρουνών ελεγχόμενων από διατάξεις σύγχρονης τεχνολογίας. Η αντικατάσταση των κοινών χειροκίνητων κρουνών με κρουνοί που ελέγχονται από φωτοκύτταρο, υπέρυθρους αισθητήρες ή μηχανικά μέσα επιβάλλεται ώστε να μειωθεί η άσκοπη κατανάλωση τρεχούμενου νερού, συμπεριλαμβανομένου και του ζεστού νερού. Μείωση της άσκοπης κατανάλωσης ΖΝΧ συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, η συνολική μείωση της περιττής κατανάλωσης τρεχούμενου νερού συνεπάγεται μείωση της ποσότητας των λυμάτων που επιβαρύνουν το περιβάλλον.
- Προσθήκη δικτύου ανακυκλοφορίας στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού χρήσης. Η ύπαρξη σωλήνων και κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας εντός του ευρύτερου δικτύου διανομής ΖΝΧ δίνει τη δυνατότητα στο ζεστό νερό χρήσης να επιστρέφει πίσω στο θερμαντήρα σε περίπτωση που δεν γίνεται κατανάλωσή του. Με τον τρόπο αυτό η θερμοκρασία του δεν υφίσταται μεγάλη πτώση, επομένως δαπανάται λιγότερη θερμότητα για να αναθερμανθεί στο καθορισμένο όριο. Επιπλέον πλεονέκτημα της ανακυκλοφορίας του ΖΝΧ είναι η ύπαρξη διαρκώς ζεστού νερού στη βρύση, αμέσως μόλις ζητηθεί. Έτσι περιορίζεται και η σπατάλη κρύου νερού, η οποία αναπόφευκτα συμβαίνει κατά την αναμονή του ζεστού.
- Έλεγχος της λειτουργίας του κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας. Επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί από τον έλεγχο της λειτουργίας του κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας. Έχει διαπιστωθεί πως η ανακυκλοφορία του νερού και επομένως η λειτουργία του κυκλοφορητή, δεν είναι απαραίτητο να είναι συνεχής, αλλά αντίθετα να πραγματοποιείται μόνο για λίγο και ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Με τη χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου είναι δυνατή η ανάλογη ρύθμιση της λειτουργίας του κυκλοφορητή. Τέτοια συστήματα είναι διακόπτες με χρονική καθυστέρηση, ψηφιακοί υδροστάτες με απομακρυσμένο αισθητήρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του ΖΝΧ, σύγχρονοι κυκλοφορητές που λειτουργούν με inverter, κ.α.
- Ενσωμάτωση του συστήματος παραγωγής ΖΝΧ σε ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης (-/και ψύξης). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση του αρχικού κόστους του συστήματος αφού πολλές συσκευές που χρησιμοποιούνται από τα δύο συστήματα είναι κοινές. Επίσης, μειώνεται και το λειτουργικό κόστος αφού η ποσότητα ενέργειας που θα απαιτούσε η λειτουργία των δύο συστημάτων περιορίζεται στην ποσότητα ενέργειας που απαιτεί η λειτουργία ενός συστήματος.

### **5.2.5. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα τεχνητού φωτισμού**

Για την επίτευξη οπτικής άνεσης σε ένα κτίριο αρχικά πρέπει να εξαντληθούν όλες οι εφαρμογές φυσικού φωτισμού. Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό τα βασικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- σωστή μελέτη του τεχνητού φωτισμού,
- σωστή χρήση και συντήρηση των συστημάτων φυσικού και τεχνητού φωτισμού
- χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης,
- επιλογή αποδοτικών φωτιστικών σωμάτων,
- χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων,
- συστήματα ελέγχου: αισθητήρες παρουσίας, χρονοδιακόπτες και τοπικοί διακόπτες έναυσης.

#### **Σωστή μελέτη τεχνητού φωτισμού**

Κατά την μελέτη και κατασκευή των κτιρίων δεν λαμβάνονται παρά ελάχιστα υπόψη οι δυνατότητες φυσικού φωτισμού με αποτέλεσμα την σχεδόν ολοκληρωτική εξάρτηση των εσωτερικών χώρων από τα συστήματα τεχνητού φωτισμού, ακόμα και σε χρονικά διαστήματα της ημέρας κατά τα οποία η χρήση τεχνητού φωτισμού είναι αδικαιολόγητη. Συνέπεια αυτού είναι μια πρωτοφανής σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού των κτιρίων (Χριστοδούλου, 2012).

#### **Συντήρηση**

Τα συστήματα φωτισμού πρέπει να συντηρούνται προκειμένου να παρέχουν την ποιότητα και την ποσότητα του φωτός για την οποία σχεδιάστηκαν. Αν και αυτό αναφέρεται και στο σύστημα φυσικού φωτισμού, όπως για παράδειγμα ο καθαρισμός των υαλοστασίων για αποφυγή θάμβωσης, ισχύει ιδιαίτερα για τα στοιχεία των συστημάτων τεχνητού φωτισμού που έχουν μια καθορισμένη διάρκεια ζωής και θα πρέπει να αντικαθιστώνται. Η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται σταδιακά αν και με διαφορετικό ρυθμό για κάθε τύπο λαμπτήρα. Στη μείωση της απόδοσης συμβάλει και η εναπόθεση ρύπων και σκόνης στους λαμπτήρες, καθώς μειώνεται η ποσότητα του φωτός που εκπέμπουν, και στους ανακλαστές των φωτιστικών σωμάτων που μειώνουν την ανακλαστικότητα των επιφανειών τους. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω παραγόντων μπορεί να μειώσει την ένταση του φωτός, ενώ η κατανάλωση ενέργειας θα παραμείνει σταθερή. Το ποσοστό της μείωσης μπορεί να φτάσει το 20% με 40% ανάλογα με την εφαρμογή και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούμε (Dilaura et al., 2000).

### **Λαμπτήρες**

Ο φωτισμός καταναλώνει το 14% του συνόλου του ηλεκτρισμού στην Ευρώπη και το 19% του συνόλου του ηλεκτρισμού παγκοσμίως. Η αλλαγή των παλαιών λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας είναι ένα πρώτο βήμα που πρέπει να ολοκληρωθεί με τη χρήση αποδοτικών συσκευών οι οποίες ανάβουν και σβήνουν τα φώτα όταν είναι απαραίτητο και προσαρμόζουν το φωτισμό ανάλογα με τους παρευρισκόμενους ανθρώπους ή/και με το φυσικό φωτισμό (Scneider electric, 2010). Η επιλογή λαμπτήρα με μοναδικά κριτήρια την τιμή και την ονομαστική τους ισχύ μπορεί να επιβαρύνει την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 30% (Τοπαλής, Οικονόμου και Κουρτέση, , 2010). Το φορτίο φωτισμού σε κτίρια που είναι κυρίως εξοπλισμένα με πυρακτωμένους λαμπτήρες ευθύνονται για ένα σημαντικό μέρος της συνολικής τους χρήσης ηλεκτρισμού. Χάρη σε σπουδαίες προόδους στην τεχνολογία φωτισμού, ενεργειακά αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις είναι διαθέσιμες για σχεδόν όλες τις χρήσεις φωτισμού. Οι κυριότερες ενεργειακά αποδοτικές επιλογές φωτισμού που χρησιμοποιούνται στα κτίρια και κυρίως στον τριτογενή τομέα περιλαμβάνουν συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL), σωληνωτούς λαμπτήρες φθορισμού και δίοδους εκπομπής φωτός (LED) (Travel Foundation, 2013).

### **Ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις**

Σε πολλά κτίρια στον ελλαδικό χώρο χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού. Για την σύνδεση των συγκεκριμένων λαμπτήρων με το δίκτυο είναι αναγκαία η χρήση ηλεκτρονικών σταγγαλιστικών διατάξεων – ballast. Τα ballast που χρησιμοποιούνται σήμερα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών έχει πολλά πλεονεκτήματα. Η χρήση τους μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25% στις εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων ενώ υπερέχουν και σε άλλα χαρακτηριστικά όπως στη φωτεινή ροή του λαμπτήρα, στην ποιότητα φωτισμού. Ως εκ τούτου με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/EC για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ballast για λαμπτήρες φθορισμού, μερικοί τύποι μαγνητικών ballast τίθενται εκτός αγοράς.

### **Φωτιστικά σώματα**

Το πλήθος των νέων αναπτυσσόμενων συνθετικών υλικών, σε συνδυασμό με την σύγχρονη τεχνολογία, αυξάνει την απόδοση των φωτιστικών. Ενώ ότι οι τυπικοί - βαμμένοι σε λευκό χρώμα - ανακλαστήρες έχουν συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης περίπου του 70%, ο συντελεστής ανακλαστικότητας των ανακλαστήρων αλουμινίου μπορεί να φτάσει έως και 95% (ΚΑΠΕ, 2016). Το 80% των υφιστάμενων εγκαταστάσεων φωτισμού είναι παλαιότερες

από 20 χρόνων. Επομένως η ανακαίνιση τους χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό μπορεί συχνά να οδηγήσει εκτός από τη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου φωτός και την εξασφάλιση οπτικής άνεσης και σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (Halonen, Tetriand, 2010). Σε παλαιά φωτιστικά σώματα χαμηλής απόδοσης, είναι δυνατή η βελτίωση της απόδοσής τους με την αντικατάσταση των συστημάτων διάχυσης ή ανάκλασης με νέα συστήματα ανακλαστήρων, διατηρώντας τα υπάρχοντα εξαρτήματα ελέγχου του φωτός. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό μπορεί να οδηγεί σε μείωση του αριθμού λαμπτήρων, διατηρώντας την ίδια παραγόμενη ποσότητα φωτισμού και με την συνεπαγόμενη εξοικονόμηση (υπολογίζεται ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας από 20 έως 50% μέσω βελτιώσεων στους ανακλαστήρες και στο προστατευτικό κάλυμμα των φωτιστικών). Εν τούτοις, απαιτείται προσοχή καθόσον η εμφάνιση του χώρου μπορεί να αλλάξει, οπότε είναι συνήθως χρήσιμο να προηγηθεί μελέτη για μία μικρή περιοχή του χώρου, ώστε να διερευνηθούν πιθανές αλλαγές (ΚΑΠΕ, 2016).

### **Συστήματα Ελέγχου (ΚΑΠΕ, 2016)**

Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε συνάρτηση με ένα εξωτερικό σήμα (χειροκίνητη επαφή, ανίχνευση παρουσίας, χρονοδιακόπτης, στάθμη φωτισμού). Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου είναι:

#### ***Τοπικοί Διακόπτες Έναυσης***

Οι τοπικοί διακόπτες έναυσης ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών κατά ομάδες και ρυθμίζουν το φωτισμό σε συγκεκριμένες ζώνες του χώρου, π.χ. ζώνες στις οποίες εκτελείται κάποια εργασία. Με τους τοπικούς διακόπτες εξασφαλίζεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου ελέγχεται με ένα διακόπτη.

#### ***Χρονοπρογραμματισμός***

Με αυτό το σύστημα ελέγχου, τα φωτιστικά σώματα σβήνουν από ένα κεντρικό πίνακα, την ίδια ώρα κάθε ημέρα (συνήθως την ώρα των διαλειμμάτων εργασίας και στη λήξη του εργασιακού ωραρίου). Είναι σημαντικό να προβλέπεται στο σύστημα και τοπικός έλεγχος έτσι ώστε να είναι δυνατή η έναυση των φωτιστικών όταν τα χρειάζονται οι χρήστες. Χρονικά σήματα μπορούν να δίνονται από διάφορα συστήματα από απλά ηλεκτρομηχανολογικά έως πολύπλοκους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Μπορούν επίσης να δίνονται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτιρίου. Τα σήματα αυτά πρέπει να μεταφερθούν μέχρι τα φωτιστικά. Αυτό γίνεται είτε μέσω του ίδιου του ηλεκτρικού

δικτύου, ή μέσω bus χαμηλής τάσης, συνδεδεμένου με κάθε φωτιστικό ή ομάδα φωτιστικών.

### **Έλεγχος παρουσίας**

Επιτυγχάνεται με αισθητήρες παρουσίας οι οποίοι σβήνουν τα φώτα όταν δεν ανιχνεύσουν κίνηση στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση συνήθως επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία. Σε μερικές περιπτώσεις (μόνο off-συστήματα) τα φώτα παραμένουν σβηστά. Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων)
- είτε να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαινίσης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους (μικρά γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων που έχουν επίτοιχους διακόπτες) οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει αναλόγως του μεγέθους του χώρου και του τρόπου χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%. Είναι σημαντικό να έχει προβλεφθεί κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, καθώς ο χρήστης μπορεί να παραμείνει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και δεν επιθυμεί να σβήνουν τα φώτα πριν την έξοδό του από το χώρο. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή των ανιχνευτών καθώς ο βαθμός ευαισθησίας τους ποικίλει.



### **5.3. Άλλες δράσεις εξοικονόμησης / παραγωγής ενέργειας**

#### **5.3.1. Εξοικονόμησης ενέργειας μέσω συστημάτων BEMS**

Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου ή αλλιώς BEMS (Building Energy Management System) είναι ένα σύστημα το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να παρακολουθεί και να ρυθμίζει την λειτουργία όλων των συστημάτων που υπάρχουν σε ένα κτίριο μέσω μιας οθόνης ενός Η/Υ. Το BEMS απαρτίζεται από ένα ή πολλά PLCs (programmable logic controller), τα οποία συλλέγουν και “μεταφράζουν” τα δεδομένα από τους αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στα διάφορα συστήματα που υπάρχουν στο κτίριο και θέλουμε να ελέγχουμε την λειτουργία τους. Το BEMS αποτελεί το σημαντικότερο δομικό στοιχείο για τη λειτουργία μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής διαχείρισης. Οι εφαρμογές του BEMS είναι εξαιρετικά χρήσιμες για το κτήριο και τους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν. Μπορεί να ανοίξει ή/και να κλείσει εγκαταστάσεις σε προγραμματισμένο χρόνο, περιβάλλον ή μέρα. Για παράδειγμα μπορεί να ελέγχει τον φωτισμό του κτηρίου για αποφευχθεί άσκοπη χρήση του σε μη εργάσιμες ώρες ή όταν ο φυσικός φωτισμός επαρκεί για τις ανάγκες. Μπορεί να βελτιστοποιήσει την λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτηρίου, όπως για παράδειγμα στον έλεγχο της θέρμανσης κάθε χώρου του κτηρίου ξεχωριστά, στα επιθυμητά επίπεδα, παρακολουθώντας τις ανάγκες του χρήστη σε συνδυασμό με το εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης ελέγχει την κατάσταση λειτουργίας του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος, ειδοποιώντας έγκυρα τον διαχειριστή για τις προγραμματισμένες συντηρήσεις, τυχόν αστοχίες αλλά και οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα. Έτσι τα συστήματα BEMS μπορούν να βελτιστοποιήσουν την λειτουργία και την συντήρηση του εξοπλισμού, μέσω των πληροφοριών που παρέχουν στον διαχειριστή. Τα συστήματα BEMS μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε είδους κτήριο, από μια απλή κατοικία μέχρι σε ξενοδοχεία, κτήρια γραφείων και εργοστάσια (Novatech, 2014).

#### **5.3.2. Εξοικονόμησης ενέργειας μέσω διόρθωσης του συντελεστή ισχύος (Electrocom, 2016)**

Ο συντελεστής ισχύος είναι το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζεται από την ισχύ λειτουργίας (apparent power) και την πραγματική ισχύ (working power). Η άεργος ισχύς είναι η ισχύς που υπάρχει στο δίκτυό μας, άρα που πληρώνουμε, που όμως δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Όπως φαίνεται στο σχήμα, αλλάζοντας το συντελεστή ισχύος, μειώνεται αισθητά την άεργο ισχύ (reactive power). Ο δείκτης "ποιότητας" μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, λοιπόν, είναι ο συντελεστής ισχύος  $\cos\phi$  και όσο πιο χαμηλός είναι, τόσο περισσότερο μεγαλώνει η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος, αφού αυξάνουν οι απώλειες της ηλεκτρικής ενέργειας. Το καταλληλότερο σύστημα βελτίωσης  $\cos\phi$  είναι ένας

αυτόματος κεντρικός πίνακας αντιστάθμισης, ο οποίος διορθώνει το συντελεστή ανάλογα με το φορτίο για κάθε χρονική στιγμή. Τα οφέλη που προκύπτουν από την εγκατάσταση του πίνακα διόρθωσης συνημιτόνου είναι τα εξής:

- Μείωση των χρεώσεων του λογαριασμού της ΔΕΗ.
- Αποφυγή προβλημάτων συντονισμού και μείωση των ηλεκτρικών διαταραχών.
- Μείωση της φθοράς του εξοπλισμού και αύξηση της διάρκειας ζωής του.
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού.
- Στην περίπτωση χαμηλού συντελεστή ισχύος  $\cos\phi$ , οι εταιρείες παροχής χρεώνουν πρόστιμο στον καταναλωτή, ώστε να καλύψουν τα επιπλέον έξοδα των απωλειών στο δίκτυο.

### 5.3.3. Παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης τεχνολογιών ΑΠΕ

- **Φωτοβολταϊκά στο κτίρια**

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί έντονο ενδιαφέρον για εφαρμογές φ/β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια. Στις εφαρμογές αυτές τα φ/β συστήματα εγκαθίσταται σε κτίρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ συγχρόνως τα φωτοβολταϊκά πλαίσια χρησιμοποιούνται και σαν δομικά στοιχεία για την κάλυψη εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, όπως π.χ. σε οροφές, προσόψεις, σκίαστρα κλπ. Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν ομοίως και σε κατασκευές του ευρύτερου οικιστικού περιβάλλοντος όπως σε υπαίθρια πάρκινγκ, στέγαστρα κ.α. Τα οφέλη από τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή των φ/β σε κτίρια είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Η παραγωγή των φ/β προκύπτει κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησης, υποστηρίζοντας το σύστημα παραγωγής ενέργειας σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής. Λόγω δε της κατανεμημένης παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία ζήτησης μειώνονται οι απώλειες στο σύστημα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος των φ/β πλαισίων αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την ευρεία εξάπλωση της εν λόγω τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, σε αρκετές περιπτώσεις, όπως σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε περιοχές όπου το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό αποτελούν την πλέον διαδεδομένη, αξιόπιστη και οικονομικά αποδεκτή λύση (ΚΑΠΕ, 2016).



**Εικόνα 5.11: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο (ΚΑΠΕ, 2016)**

Στην περίπτωση που το κτίριο είναι διασυνδεδεμένο στο δίκτυο η ενέργεια που παράγεται εντάσσεται στο καθεστώς net metering μέσω του οποίου επιτυγχάνεται συμψηφισμός της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση του αυτόνομου κτιρίου είναι απαραίτητη η χρήση μπαταριών στις οποίες αποθηκεύεται η ενέργεια.

- **Μικρές ανεμογεννήτριες (ΚΑΠΕ, 2006)**

Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών είναι από τις πιο ώριμες και πλέον διαδεδομένες σε όλη της Ευρώπη τεχνολογίες ΑΠΕ. Εκτός από τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όπου είναι εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες μεγάλης ονομαστικής ισχύος, εγκαθίσταται και οι μικρές ανεμογεννήτριες για εφαρμογές μικρής κλίμακας. Η εγκατάστασή τους συνιστάται σε μη αστικές περιοχές καθώς απαιτείται μία έκταση γύρω από αυτές χωρίς εμπόδια ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία τους και να είναι εκτεθειμένες στον άνεμο. Το συνολικό κόστος για την αγορά και εγκατάσταση μιας μικρής ανεμογεννήτριας ανέρχεται στα 3000€. Όσον αφορά τον θόρυβο που παράγει μία μικρή ανεμογεννήτρια πρέπει να αναφερθεί ότι είναι μικρότερος από τον θόρυβο που παράγει ένα πλυντήριο, οπότε θέματα σχετικά με την επίπτωση λόγω του θορύβου στο περιβάλλον και την ενόχληση γειτονικών σπιτιών πρακτικά δεν υφίστανται.



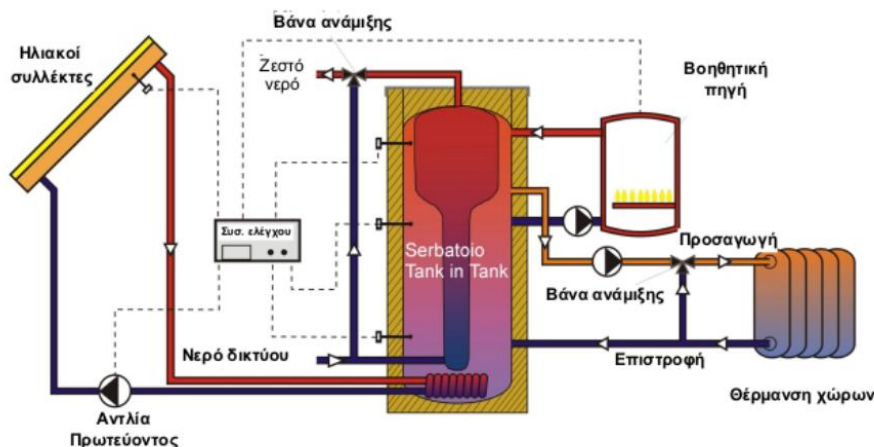
Εικόνα 5.12: Εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρής κλίμακας (ΚΑΠΕ, 2016)

- **Βιομάζα (ΚΑΠΕ, 2006)**

Στον κτιριακό τομέα η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ΖΝΧ. Η βιομάζα που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι ακατέργαστη όπως καυσόξυλα, σπασμένα κουκούτσια κλπ ή επεξεργασμένη για ευκολότερη χρήση αποθήκευση και μεταφορά όπως μπρικέτες. Για την καύση της βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν τυπικά τζάκια, ενεργειακά τζάκια, σόμπες και λέβητες.





- **Ηλιακά συστήματα**

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή θέρμανσης, ψύξης και ΖΝΧ. Η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων για τη θέρμανση ΖΝΧ είναι ευρέως διαδεδομένη στη χώρα μας. Επίσης η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή θέρμανσης μέσω των συστημάτων combi (βλ. εικόνα 5.13). Στα συστήματα combi το νερό θέρμανσης χώρων θερμαίνεται από τους ηλιακού συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα θερμό δοχείο νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερου όγκου. Βέβαια το σύστημα combi είναι απαραίτητο να είναι συνδεδεμένο και με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης για κάλυψη των φορτίων στην περίπτωση μη επάρκειας της ηλιακής ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2006).



Εικόνα 5.13: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος combi (ΚΑΠΕ, 2006)

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται και στην παραγωγή ψύξης. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού χώρων είναι ελκυστική, δεδομένου ότι το ψυκτικό φορτίο συμπίπτει γενικά με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας και επομένως οι απαιτήσεις σε ψύξη ενός κτιρίου συμπίπτουν με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Τα συστήματα ηλιακής ψύξης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως το νερό ή διαλύματα αλάτων για την λειτουργία τους. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό για να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας του εσωτερικού όλων των τύπων κτιρίου. Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού ταξινομούνται σε: κλειστά συστήματα (θερμοκίνητοι χψύκτες) και ανοιχτά συστήματα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα εν λόγω συστήματα (ΚΑΠΕ, 2005).

Μέθοδος	Κλειστού Κύκλου		Ανοικτού Κύκλου	
Ψυκτικός κύκλος	Κλειστός ψυκτικός κύκλος		Ψυκτικό μέσο (νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα	
Αρχή	Ψυχρό νερό υπό εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	νερό - silica gel	νερό -βρωμιούχο λίθιο αμμωνία - νερό	νερό - silica gel νερό - χλωριούχο ασβέστιο	νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτης προσρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική ικανότητα(kW)	50 - 430 kW	15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (ανά μονάδα)	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	60 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95 °C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

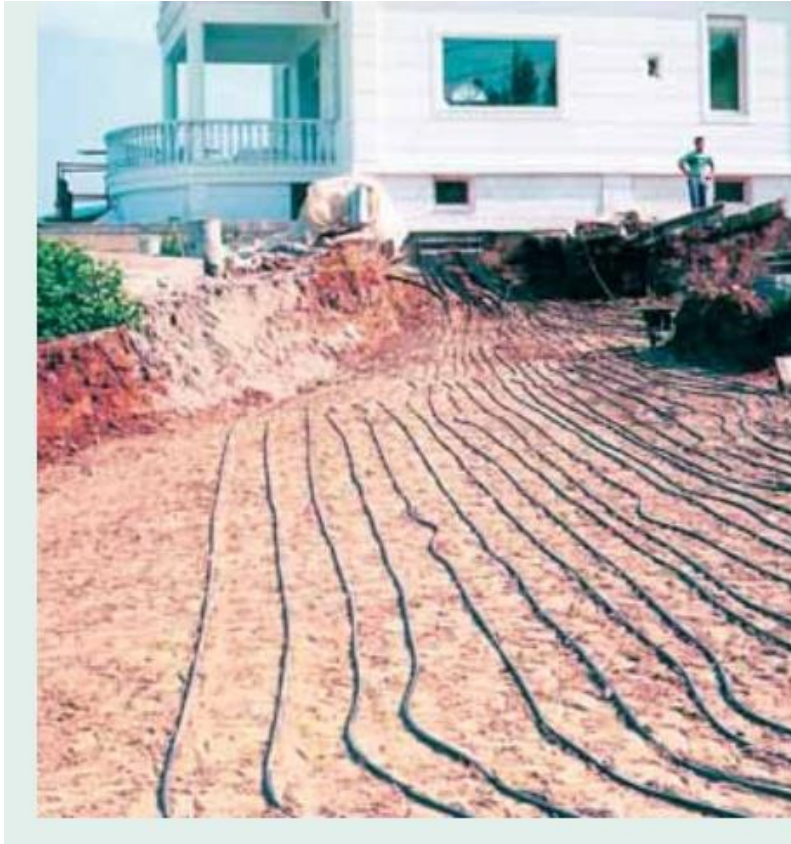
Εικόνα 5.14: Συστήματα ηλιακής ψύξης (ΚΑΠΕ, 2006)

- **Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας**

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) αξιοποιούν τη θερμότητα της γης προκειμένου να επιτύχουν ενεργειακά αποδοτική θέρμανση / ψύξη κτιρίου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι ΓΑΘ αφαιρούν θερμότητα από το έδαφος την οποία αποδίδουν στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Η διαδικασία αυτή αναστρέφεται το καλοκαίρι. Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού του εδάφους, γίνεται με συνδυασμό υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας και εναλλάκτη θερμότητας εδάφους. Ο εναλλάκτης εδάφους περιλαμβάνει σωλήνες τοποθετημένες στο έδαφος ή μέσα σε φρεάτια γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορεί το νερό σε κλειστό κύκλωμα. Οι σωλήνες αυτές τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κάθετα. Οι ΓΑΘ συνδυάζονται με σύστημα θέρμανσης – ψύξης χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργούν όμως και με καλοριφέρ (ΚΑΠΕ, 2006).

Επίσης σε περιοχές με έντονη υδροφορία εφαρμόζονται κατακόρυφα γεωθερμικά συστήματα ανοιχτού βρόγχου. Η εφαρμογή προϋποθέτει την άριστη γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών μιας περιοχής. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι εμφανίζει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και μέγιστη απόδοση. Τα μειονεκτήματα είναι ότι πρέπει να εφαρμόζεται με μεγάλη επιφύλαξη καθώς προϋποθέτει την εκτίμηση

έμπειρου γεωλόγου σχετικά με την διάρκεια ζωής των υδροφόρων στρωμάτων (greeNext, 2016).



Εικόνα 5.15: Γεωθερμικό σύστημα (ΚΑΠΕ, 2006)

#### **5.3.4. Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της αλλαγής της συμπεριφοράς των χρηστών**

Ενώ υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια μέσω αποδοτικών τεχνολογιών και υλικών ενέργειας, αυτές οι ευκαιρίες έχουν οικονομικό κόστος, φυσικές διαταραχές και άλλες επιπτώσεις που προς το παρόν οι άνθρωποι μπορεί να μην είναι πρόθυμοι να αντιμετωπίσουν. Η αλλαγή συμπεριφοράς, από την άλλη πλευρά, έχει επίσης τη δυνατότητα να συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά ένα μικρό παράγοντα του κόστους των τεχνολογικών αλλαγών (Miller, 2013). Στην μελέτη των Dietz et al. (2009) παρουσιάστηκαν ενδείξεις ότι η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για αλλαγή της συμπεριφοράς των χρηστών μπορεί από μόνη της να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της χρήσης ενέργειας και των συναφών εκπομπών του CO<sub>2</sub>. Παράλληλα σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Nguyen & Aiello (2013) αποδείχτηκε ότι η αλόγιστη και απρόσεκτη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να επιβαρύνει κατά το ένα τρίτο την αρχική ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, ενώ η συντηρητική και ενεργειακή συμπεριφορά των χρηστών μπορεί να την ελαττώσει κατά ένα

τρίτο. Επομένως η αλλαγή της συμπεριφοράς των χρηστών και η μετατροπή της σε ενεργειακή πρέπει να είναι στο επίκεντρο της συνολικής στρατηγικής κάθε χώρας για τη μείωση της χρήσης ενέργειας και των αερίων εκπομπών του θερμοκηπίου που συνδέονται με τα κτίρια (Τζανακάκη, 2012).

#### **5.4. Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο υπό μελέτη κτίριο**

Με βάση την συλλογή δεδομένων και την ανάλυση τους, όπου και περιγράφηκαν στα παραπάνω κεφάλαια, και συνεκτιμώντας τις συνθήκες θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης που πρέπει να υφίστανται σε ένα κτίριο μελετήθηκαν οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες για το υπό μελέτη κτίριο:

##### **5.4.1. Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω λαμπτήρων φθορισμού T5 και ηλεκτρονικών ballast**

Ο έλεγχος φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση μιας σύγχρονης εγκατάστασης, όχι μόνο για να παράγει τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, αλλά επίσης για να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή ενεργειακή ισορροπία.

##### *Ηλεκτρονικά Ballast*

Στα φωτιστικά σώματα νέας τεχνολογίας ενσωματώνονται ηλεκτρονικά ballasts, σε αντίθεση με το παρελθόν, όπου χρησιμοποιούνταν ηλεκτρομαγνητικά. Τα ηλεκτρονικά συστήματα εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα, συγκρινόμενα με τα προγενέστερα ηλεκτρομαγνητικά. Λειτουργούν σε πολύ υψηλές συχνότητες, ανάμεσα στα 10kHz και τα 50kHz, και, με αυτόν τον τρόπο, εξαλείφεται το φαινόμενο της φωτεινής μαρμαρυγής (flicker), το οποίο προκαλεί οπτική όχληση στους χρήστες του χώρου. Τα ηλεκτρομαγνητικά ballasts λειτουργούν στα 50Hz, γεγονός που προκαλεί και ηχητική όχληση. Αντιθέτως, τα ηλεκτρονικά επιλέγεται να λειτουργούν σε συχνότητες άνω των 24kHz, οπότε δεν γίνεται αντιληπτός ο θόρυβος. Τα ηλεκτρονικά ballasts αυξάνουν την απόδοση των λαμπτήρων και, γενικότερα, του συστήματος φωτισμού. Από μετρήσεις, έχει προκύψει ότι η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast, σε σχέση με τη ροή που παράγεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρομαγνητικό. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων με ηλεκτρομαγνητικό ballast κυμαίνεται, συνήθως, σε ποσοστά 80% - 95% της ονομαστικής, ενώ δεν είναι δύσκολο τα ηλεκτρονικά ballasts να βελτιώσουν την απόδοση κατά 12% περίπου. Αυτό συνεπάγεται ότι ένα σύστημα φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballasts απαιτεί 18% περίπου λιγότερα φωτιστικά σώματα από το ίδιο σύστημα με ηλεκτρομαγνητικά ballasts υψηλής ποιότητας (Πιέτρης, 2012).



Επιπροσθέτως, τα ηλεκτρονικά ballasts συντελούν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από το σύστημα φωτισμού. Έχει παρατηρηθεί ότι η κατανάλωση του λαμπτήρα είναι μικρότερη, όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast. Για παράδειγμα, ένας λαμπτήρας ονομαστικής ισχύος 36W καταναλώνει 32W, ενώ με συμβατικό ballast η κατανάλωση ισχύος θα ήταν ίση με την ονομαστική του. Επιπλέον, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε ένα τυπικό φωτιστικό σώμα 2x36W απαιτείται ένα ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8W, ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται δύο ηλεκτρομαγνητικά ballasts με απώλειες 16,2W. Κατά συνέπεια, το φωτιστικό με ηλεκτρονική λειτουργία θα καταναλώνει 72W, ενώ με τη συμβατική 88,2W. Το ποσοστό της εξοικονόμησης εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Κατά μία μέση εκτίμηση, η εξοικονόμηση κυμαίνεται σε ποσοστό περίπου 15% (Πιέτρης, 2012) σε φωτιστικά σώματα που λειτουργούν με ηλεκτρομαγνητικό ballast, είναι δυνατή η αντικατάστασή τους με ηλεκτρονικά, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για το νέο ballast και αφού γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στην καλωδίωση. Πολλά ηλεκτρονικά ballasts κατασκευάζονται σε κατάλληλο σχήμα και διαστάσεις, ώστε να είναι ευκολότερη η αντικατάσταση των συμβατικών. Σε αρκετές περιπτώσεις, το κόστος για τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα φωτιστικά είναι υψηλότερο του κόστους της αντικατάστασης των φωτιστικών με καινούρια που φέρουν ηλεκτρονικά ballasts. Βέβαια, ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι πολύ μικρός (έως 5 χρόνια). Τα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες φθορισμού T5 εξαιρούνται από μία τέτοια παρέμβαση, διότι οι λαμπτήρες αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρονικά ballasts (Πιέτρης, 2012).

### Λαμπτήρες φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των λαμπτήρων εκκένωσης. Παρουσιάζουν ένα αρκετά μεγάλο εύρος εφαρμογών, λόγω των ιδιοτήτων τους. Με την κατάλληλη επιλογή των φθοριζουσών ουσιών, μπορεί να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία χρώματος καθώς και, γενικότερα, η απαιτούμενη απόχρωση του εκπεμπόμενου φωτός. Πρέπει να δοθεί, όμως, ιδιαίτερη σημασία κατά την εγκατάστασή τους, διότι η απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού επηρεάζεται από τη θέση λειτουργίας τους και από τη θερμοκρασία. Η τελευταία μεταβάλλει σημαντικά το χρώμα ενός λαμπτήρα, καθώς επηρεάζει τη συμπεριφορά των φθοριζουσών επιστρώσεων και την εκκένωση τόξου του υδραργύρου (IESNA, 2000).

Οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού T5 αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού οι οποίοι λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρονικό ballast. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5

είναι διαφορετικές από εκείνες των λαμπτήρων T8 και T12, οπότε δεν είναι δυνατό να τους αντικαταστήσουν σε υφιστάμενα φωτιστικά σώματα. Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ηλεκτρονικού ballast μπορεί να προσεγγίσει τα 92lm/W, ενώ η αντίστοιχη του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ηλεκτρομαγνητικού ballast δεν μπορεί να υπερβεί τα 76lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast (Τοπάλης, Οικονόμου και Κιουρτέσης, 2010).

Πιο συγκεκριμένα, λοιπόν, στο παρόν κτίριο προτείνεται αντικατάσταση των φωτιστικών που έχουν 4 λαμπτήρες T8 των 18W με 4 λαμπτήρες T5 των 14W ο καθένας και ένα ηλεκτρονικό ballast 4x14W. Στα φωτιστικά με 2 λαμπτήρες των 36W θα εγκατασταθούν 2 λαμπτήρες T5 των 28W και ένα ηλεκτρονικό ballast 2x28W. Η συνολική επιτυγχανόμενη στάθμη φωτισμού ανά χώρο είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις της σχετικής TOTEE (20701-1/2010 πίνακας 2.4) Το κόστος αναβάθμισης κάθε φωτιστικού διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα:

**Πίνακας 5.1 Το κόστος αναβάθμισης ανά φωτιστικό**

<b>Υλικά</b>	<b>Κόστος με ΦΠΑ (€):</b>
(8x) ντουί T5	4,00
1x) ηλεκτρονικό ballast 4x14W	11,50
(4x) λάμπες T5 των 14W 8	8,00
Εργασία	30,00
<b>Σύνολο:</b>	<b>53,50</b>

Το συνολικό κόστος (υλικά και εργασία) της αναβάθμισης όλων των φωτιστικών του συγκεκριμένου τύπου (T8) υπολογίζεται €114.154, με ΦΠΑ. Βάση των υπολογισμών στο κεφάλαιο 4, όσον αφορά στην κατανάλωση ισχύος από τους προηγούμενους λαμπτήρες σε σχέση και συγκρίνοντας τους με την κατανάλωση των νέων, προκύπτει εξοικονόμηση 98.122 KWh ετησίως. Υπολογίζεται έτσι η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ,λαμβάνοντας υπόψη την τιμή της κλοβαττώρας από τα τιμολόγια της ΔΕΗ ως 0.16585 €/Kwh, σε 16273,53 € ετησίως. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 5.2 για τον υπολογισμό της ΚΠΑ.

Πίνακας 5.2 Υπολογισμός ΚΠΑ επένδυσης

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (Κ)	114.154€
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ (D)	5%
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (N)	10 χρόνια
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (Fi)	16273,53€
ΚΠΑ (ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ)	11502 €

Η ΚΠΑ της επένδυσης προέκυψε θετική άρα είναι βιώσιμη.

#### 5.4.2. Εφαρμογή αντηλιακών μεμβρανών στις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου

Πολλά κτίρια όπως και το υπό μελέτη χρησιμοποιούν εκτεταμένα τις γυάλινες επιφάνειες ως αποτέλεσμα της σύγχρονης αρχιτεκτονικής προσέγγισης κυρίως στην κατασκευή γραφείων και χώρων εργασίας. Οι γυάλινες επιφάνειες προσδίδουν καλαίσθητη εξωτερική εμφάνιση. Ωστόσο η ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά το γυαλί και εγκλωβίζεται στο κτίριο συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους, ακριβώς όπως συμβαίνει και σε ένα θερμοκήπιο. Το ζητούμενο είναι η κατά το μέτρο του δυνατού ελαχιστοποίηση της ανάγκης χρήσης συσκευών κλιματισμού. Στο πρόβλημα αυτό τη λύση μπορούν να δώσουν οι αντηλιακές μεμβράνες καθώς μειώνουν πάνω από 70% το ποσοστό της εισερχόμενης ενέργειας που οφείλεται στον καλοκαιρινό ήλιο. Η δεύτερη ιδιότητα των αντηλιακών μεμβρανών είναι η παροχή θερμικής ενέργειας το χειμώνα καθώς η επίστρωση της μεμβράνης μειώνει την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον. Έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας είναι εφικτή ως αποτέλεσμα της μειωμένης απώλειας ενέργειας. Σε συνδυασμό και με την εξοικονόμηση ενέργειας από τη μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι αντηλιακές μεμβράνες σύντομα αντισταθμίζουν το αρχικό κόστος δαπάνης για την αγορά και τοποθέτησή τους και μεσοπρόθεσμα μειώνουν σημαντικά τα λειτουργικά κόστη των ενεργοβόρων κτιρίων. Επίσης οι αντηλιακές μεμβράνες εμποδίζουν τις ενοχλητικές εισερχόμενες αντανακλάσεις του φωτός και προσφέρουν ένα πιο άνετο και ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον. Ειδικότερα σε χώρους εργασίας συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας του προσωπικού (Καρακώστας, 2011).

Η αντηλιακή μεμβράνη είναι μία σύνθεση πολλαπλών στρώσεων κρυσταλλικού πολυεστέρα, μορίων μετάλλου και πανίσχυρης ακρυλικής κόλλας. Τοποθετείται πάνω στο υπάρχον τζάμι και γίνεται ένα μ' αυτό. Γενικότερα, οι αντηλιακές μεμβράνες εξουδετερώνουν τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) του ηλίου κατά 99% και επιπλέον βοηθούν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας αποβάλλοντας έως και 80% την ηλιακή

ενέργεια (θερμότητα) (Global Film Hellas, 2016). Πιο αναλυτικά, τα βασικά χαρακτηριστικά των εν λόγω μεμβράνων είναι (GlassFilm, 2016):

- Μειώνουν τη θερμότητα που διαπερνά το τζάμι. (από έξω προς τα μέσα).
- Μειώνουν την απώλεια της θερμότητας. (από μέσα προς τα έξω).
- Μειώνουν την κατανάλωση της ενέργειας.
- Μειώνουν την αντηλία.
- Προστατεύουν από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV).
- Μεγαλώνουν το χρόνο ζωής των υφασμάτων.
- Προσφέρουν ασφάλεια.
- Αυξάνουν την άνεση στους εσωτερικούς χώρους και βελτιώνουν τις συνθήκες εργασίας για τους υπαλλήλους.
- Δημιουργούν μια μοντέρνα αισθητική στην εξωτερική εμφάνιση του κτιρίου.

Στο παρόν σενάριο μελετήθηκε η εγκατάσταση αντηλιακών μεμβρανών της 3M για τους υαλοπίνακες του κτιρίου. Το μοντέλο μεμβράνης που μελετήθηκε είναι τύπου NV-25 της 3M, το οποίο μεταβάλλει το συντελεστή διαπερατότητας των υαλοπινάκων από 0,36 σε 0,12. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης της μεμβράνης σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου είναι €57.000, μαζί με το ΦΠΑ. Εισάγοντας το νέο συντελεστή gW σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου, καθώς και το κόστος επιμερισμένο ανά θερμαινόμενη ζώνη, προκύπτει χρόνος απόσβεσης 14,6 έτη.

#### **5.4.3. Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμότητας στις ΚΚΜ**

Η ανάκτηση θερμότητας είναι μία κατ' εξοχήν μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε ψύκτες και σε ΚΚΜ (Καμπούρας, 2012). Γενικότερα, η ανάκτηση ενέργειας (για θέρμανση ή ψύξη) από τον απορριπτόμενο αέρα των κλιματιζόμενων χώρων – αφορά τον αέρα που δεν ανακυκλοφορεί στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και απορρίπτεται στο περιβάλλον. Η απορριπτόμενη ενέργεια μπορεί να ανακτηθεί με διάφορες συσκευές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι (Παπακώστας, 2013):

##### **a) Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα**

Αυτοί είναι εναλλάκτες σταυρωτής ροής, μέσα στους οποίους γίνεται ανάκτηση της θερμότητας του αέρα που απορρίπτεται στο ύπαιθρο από τον νωπό αέρα που προσάγεται στους χώρους. Τοποθετούνται συνήθως μέσα στην κεντρική κλιματιστική μονάδα.

##### **b) Εναλλάκτες θερμότητας αέρα – νερού.**

Η ανάκτηση ενέργειας στο σύστημα αυτό γίνεται με την παρεμβολή ενός εναλλάκτη θερμότητας αέρα-νερού, ο οποίος μεταφέρει τη θερμότητα του απορριπτόμενου αέρα σε ένα κύκλωμα νερού ανακυκλοφορίας. Η θερμότητα αυτή μέσω ενός δεύτερου εναλλάκτη, ο οποίος παρεμβάλεται στο ρεύμα νωπού αέρα, χρησιμεύει για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εξωτερικού αέρα. Οι εναλλάκτες μπορεί να είναι τοποθετημένοι και εκτός της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, σε δύο απομακρυσμένα μεταξύ τους σημεία.

#### c) Ανανεωτικοί εναλλάκτες θερμότητας

Στο σύστημα αυτό ένας εναποθηκευτής θερμότητας που περιστρέφεται αργά (5...10 U/min) διαρρέεται στη μιά κατεύθυνση από τον απορριπτόμενο αέρα στο ύπαιθρο και στην άλλη κατεύθυνση από εξωτερικό νωπό αέρα. Ο εναποθηκευτής θερμότητας είναι ένας περιστρεφόμενος δίσκος, ο οποίος εισέρχεται αρχικά στον αγωγό του ψυχρού αέρα και κατόπιν στον αγωγό του θερμού αέρα και διαρρέεται αξονικά. Εναλλάσσεται τόσο αισθητή θερμότητα όσο και υγρασία.

Η απόδοση όλων των παραπάνω συστημάτων μπορεί να φθάσει και το 60%. Κτίρια, τα οποία απαιτούν μεγάλα ποσά φρέσκου εξωτερικού αέρα (νοσοκομεία, εργαστήρια, θέατρα, χώροι συγκεντρώσεων, κέντρα άθλησης) παρέχουν άριστες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας. Επίσης κτίρια, τα οποία λειτουργούν πολλές ώρες στη διάρκεια της ημέρας (πολυκαταστήματα, νοσοκομεία, εστιατόρια) συνήθως παρέχουν περισσότερες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας (Παπακώστας, 2013).

Στο παρόν σενάριο μελετήθηκε η εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας στις 4 ΚΚΜ που βρίσκονται στο δώμα. Το ποσοστό ανάκτησης θερμότητας που θα προσφέρουν ανέρχεται στο 50%. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης εκτιμάται €25.000, με ΦΠΑ. Εισάγοντας συντελεστή ανάκτησης θερμότητας 50% και επιμερίζοντας το κόστος στις 4 κλιματιστικές, ο χρόνος απόσβεσης υπολογίστηκε στα 16,5 έτη.

#### **5.4.4 Αντικατάσταση παλαιού λέβητα αερίου με καινούριο λέβητα συμπύκνωσης**

Οι λέβητες συμπύκνωσης αναπτύχθηκαν για την εκμετάλλευση της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης κατά τη συμπύκνωση του παραγόμενου υδρατμού στο καυσάεριο (ο οποίος προέρχεται από το υδρογόνο του καυσίμου, την υγρασία του καυσίμου και την υγρασία του αέρα καύσης). Τα αέρια καύσιμα έχουν το πλεονέκτημα αυξημένης περιεκτικότητας υδρογόνου, ενώ δεν περιέχουν θείο. Σε ένα λέβητα συμπύκνωσης μπορούμε να εκμεταλλευτούμε περίπου το 50% έως 80% της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης του υδρατμού επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης μέχρι 108%.

Επιπρόσθετα, ο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος και μεταβαλλόμενων στροφών ανεμιστήρας του λέβητα συμπύκνωσης, εγγυάται πάντα τέλεια καύση και μεγάλο βαθμό απόδοσης σε όλο το εύρος ισχύος του λέβητα. Ακόμη, οι γενικότερες απώλειες από την καμινάδα και τα τοιχώματα του λέβητα συμπύκνωσης είναι πολύ μικρότερες από εκείνες ενός συμβατικού λέβητα, λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας (45-50°C) που βρίσκονται τα καυσαερίά του.

Τέλος, πέρα από το βασικό θέμα της οικονομίας στην κατανάλωση, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των λεβήτων συμπύκνωσης, είναι ότι πλησιάζουν πολύ στο θεωρητικό μοντέλο της «τέλειας» καύσης, κάτι που σημαίνει ότι ελαχιστοποιούνται «επικίνδυνοι» ρύποι όπως το CO (μονοξείδιο του άνθρακα), ή τα NOx (οξειδία του αζώτου), κάτι που από οικολογικής απόψεως τους κάνει ιδανικούς – αν όχι υποχρεωτικούς – για πυκνοκατοικημένες πόλεις.

Το υπό μελέτη δημόσιο κτίριο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, χρησιμοποιεί δύο λέβητες φυσικού αερίου με καυστήρες Sicma GS48 2A, εγκατεστημένους από το 2002, όταν και ανεγέρθηκε το κτίριο. Η ονομαστική θερμική ισχύς τους είναι 2x407 kW<sub>th</sub> ενώ ο πραγματικός βαθμός απόδοσης μόλις 89%.

Προτείνεται, λοιπόν, η αντικατάσταση των παλιών λεβήτων με καινούριους λέβητες αερίου συμπύκνωσης. Έπειτα από έρευνα στις τιμές των λεβήτων αυτών, υπολογίστηκε ότι στην τιμή περίπου των 22.622 € μπορεί να αγορασθεί λέβητας συμπύκνωσης αερίου ανάλογης ισχύος και βαθμού απόδοσης 108%.

Για να υπολογίσουμε την εξοικονόμηση που μπορεί να αποφέρει αυτή η επένδυση και το κατά πόσο κρίνεται συμφέρουσα θα πρέπει να υπολογίσουμε την εξοικονόμηση που επιφέρει στην κατανάλωση καυσίμου. Γνωρίζοντας την ισχύ του παλαιού λέβητα, το βαθμό απόδοσης του, καθώς και τη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου, με τον παλιό λέβητα υπήρχε ωριαία κατανάλωση  $m = 40,83 \frac{m^3}{h}$  φυσικού αερίου. Αντίστοιχα, με τον πιο σύγχρονο λέβητα, υπολογίστηκε ωριαία κατανάλωση  $34,88 \frac{m^3}{h}$  φυσικού αερίου. Βλέπουμε, λοιπόν, μια μείωση της τάξεως του 17% στην κατανάλωση καυσίμου. Αναλογικά, αναμένουμε και παρεμφερή μείωση στο κόστος του. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψιν ότι το 2015 υπήρχαν έξοδα 20.648€ για την κατανάλωση φυσικού αερίου, προσεγγιστικά αναμένουμε εξοικονόμηση  $20.648 * 0.17 = 3.510€$  ετησίως.

Μπορούμε να αξιολογήσουμε την επένδυση με το κριτήριο της ΚΠΑ.

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (Κ)	45244€
-----------------------------	--------

ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ (D)	5%
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (N)	30 χρόνια
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (Fi)	3510€
ΚΠΑ (ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ)	8713€

Η ΚΠΑ της επένδυσης προέκυψε 8713>0 άρα η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα με χρόνο αποπληρωμής τα 11,3 χρόνια.

Για τον υπολογισμό της ΚΠΑ θεωρήθηκε αρχικό κόστος επένδυσης το κόστος δύο λεβήτων (2\*22.622€) και διάρκεια ζωής επένδυσης τη διάρκεια ζωής του λέβητα.





## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προοπτικές



## 6.1 Συμπεράσματα

Το υπό μελέτη δημόσιο κτίριο, λόγω της σχετικά πρόσφατης κατασκευής του, είναι σύγχρονο και σχεδιασμένο με ικανοποιητική ενεργειακή απόδοση. Το κέλυφος του είναι επαρκώς θερμομονωμένο με συνέπεια να μην απαιτούνται χρονοβόρες και ιδιαίτερα δαπανηρές επεμβάσεις.

Παραταύτα, ο εξοπλισμός του όσον αφορά τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό δεν έχει αντικατασταθεί από κατασκευής του, με συνέπεια να μην έχει εκσυγχρονιστεί και επωφεληθεί από τις νέες τεχνολογίες που μειώνουν τις καταναλώσεις και τα κόστη για ενέργεια.

Παράλληλα, το κτίριο υστερεί στη διασφάλιση των συνθηκών άνεσης. Συγκεκριμένα, οι εσωτερικές συνθήκες άνεσης (θερμικής και οπτικής) δεν κρίθηκαν ικανοποιητικές. Σε πολλά γραφεία διατυπώθηκαν έντονα παράπονα από τους εργαζόμενους. Τα κύρια προβλήματα ήταν το έντονο αίσθημα ζέστης, κυρίως από την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, η έλλειψη νωπού αέρα και, σε πολλές περιπτώσεις, το υπερβολικό ψύχος λόγω της γειτνίασης του εργαζομένου με την τερματική μονάδα του συστήματος ψύξης.

Με γνώση, λοιπόν, των παρακάτω προβλημάτων εξετάστηκαν τα παρακάτω σενάρια δράσεων που διαφαίνονται βιώσιμα και αποδοτικά:

- **Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω λαμπτήρων φθορισμού T5 και ηλεκτρονικών ballast**

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, λόγω της συνεχούς χρήσης των φωτιστικών σωμάτων μια επένδυση σε ηλεκτρονικά Ballast θα μείωνε σημαντικά το κόστος κατανάλωσης για χρήσεις φωτισμού.

- **Εφαρμογή αντηλιακών μεμβρανών στις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου**

Με την μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο, θα μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό κατά τους θερινούς μήνες, ενώ θα μειωθεί η απώλεια θερμότητας κατά τους χειμερινούς μήνες, προσφέροντας έτσι παράλληλα πιο ευχάριστες και άνετες συνθήκες εργασίας για τους υπαλλήλους στο κτίριο.

- **Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμότητας στις ΚΚΜ**

Αποτελεί μια πολύ αποτελεσματική μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω επανάκτησης του απορριπτόμενου στο περιβάλλον αέρα των κλιματιζομένων χώρων.

- **Αντικατάσταση παλαιού λέβητα αερίου με καινούριο λέβητα συμπύκνωσης**

Ο εκσυγχρονισμός του λέβητα θέρμανσης κρίνεται απαραίτητος και ιδιαίτερα συμφέρον λόγω της ανωτερότητας των νέων λεβήτων συμπύκνωσης έναντι των παλιών.

## **6.2 Προοπτικές**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ενεργειακή μελέτη του κτιρίου ώστε να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση και ταυτόχρονα εξοικονόμηση χρηματικών πόρων.

Με γνώμονα το παραπάνω , θα ήταν σκόπιμο στο υπό μελέτη κτίριο να εγκατασταθεί μελλοντικά ένας αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για εκτενές χρονικό διάστημα, ώστε να γίνει μια ποιοτική παρακολούθηση των φορτίων σε πραγματικό χρόνο και μια καλύτερη διαχείριση των ηλεκτρικών καταναλώσεων.

Παράλληλα η εργασία αφορούσε στη παρουσίαση της Φόρμας Ενεργειακής Καταγραφής Ενεργειακού Επιθεωρητή. Μελλοντικές εργασίες που αποσκοπούν στην ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τη νέα αυτή φόρμα με σκοπό να αποδειχθεί πόσο ποιοτική είναι η αποτύπωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου με τη χρήση αυτής.

Τέλος, η εργασία αυτή κάλυψε ένα μεγάλο όγκο και ιδιαίτερα ενεργοβόρο δημόσιο κτίριο και κατέληξε στο ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσής του. Κτίρια ,λοιπόν, που χρησιμοποιούνται από δημόσιους φορείς οφείλουν παραδειγματικά να ελεγχθούν ενεργειακά ώστε να προβούν στις ανάλογες δράσεις με στόχο την αναβάθμιση τους.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

1. Αλεβίζος, Γ., (2013), *Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια*, Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
2. Αλεξανδρή, Ε., (2009), «Η ενεργειακή ζήτηση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα. Δυναμικό και προοπτικές», [https://www.academia.edu/1667702/Energy\\_demand\\_in\\_the\\_building\\_sector\\_in\\_Greece](https://www.academia.edu/1667702/Energy_demand_in_the_building_sector_in_Greece), [πρόσβαση 10/04/2016].
3. Αναστασέλος, Δ., (2013), «Θερμογέφυρες», [http://www.smhbe.gr/images/downloads/Files/Thermogefyres%20\(25-01-2011\).pdf](http://www.smhbe.gr/images/downloads/Files/Thermogefyres%20(25-01-2011).pdf), [πρόσβαση 08/03/2017].
4. Αραβαντινός, Δ. και Θεοδοσίου, Θ., (2014), «Η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία των κτιρίων», πρακτικά Ημερίδας, 31 Μαΐου 2014, ASHRAE Ελληνικό Παράρτημα, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
5. Αραβαντινός, Δ., (2009), «Οικοδομικές παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς», [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/H\\_KYKLOS\\_S\\_M\\_D\\_IAN\\_FEB\\_09/ENERGEIAKOS\\_SXEDIASMOS\\_NEWN\\_KAI\\_YFISTAMENWN\\_KTHRIWN/aravantinos'09-1.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/H_KYKLOS_S_M_D_IAN_FEB_09/ENERGEIAKOS_SXEDIASMOS_NEWN_KAI_YFISTAMENWN_KTHRIWN/aravantinos'09-1.pdf), [πρόσβαση 15/02/2017].
6. Αραβαντινός, Δ., (2015), «Οικοδομικές παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς», πρακτικά Διεθνούς Επιστημονικού Συνεδρίου, 22-25 Μαΐου 2015, ASHRAE Ελληνικό Παράρτημα, Πολεμικό Ναυτικό, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Ελλάδα.
7. Γκογκούδης, Π. (2008), «Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη», πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Δομικών Υλικών και Στοιχείων, 21-23 Μαΐου 2008, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, Ελλάδα.
8. Γκούντα, Α., (2012), «Θερμομόνωση κτηρίων Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Θερμομόνωσης», <http://www.ashrae.gr/perch/resources/presentationb2.pdf>, [πρόσβαση 08/04/2016].
9. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, (2013) «Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012», <http://www.statistics.gr/>, [πρόσβαση 3/6/2016].

10. Ευθυμιάδης, Α., Γαλάνης, Ν. και Καλλιακούδη, Κ., (2014), «Εναλλακτικές τεχνολογίες θέρμανσης - εξοικονόμηση ενέργειας», [http://meleagros.iep.edu.gr/uploaded\\_files/ENALLAKTIKA\\_SYSTIMATA\\_THERMANSIS\\_K\\_AI\\_EXIKONOMISIS.pdf](http://meleagros.iep.edu.gr/uploaded_files/ENALLAKTIKA_SYSTIMATA_THERMANSIS_K_AI_EXIKONOMISIS.pdf), [πρόσβαση 10/02/2017].
11. Ευρωπαϊκή Ένωση, (1993), «Οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE)», <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/?uri=CELEX%3A31993L0076#document1>, [πρόσβαση 13/02/2017].
12. Ηλιόπουλος, Χ., (2014), «Προσομοίωση ενεργειακής απόδοσης σε κτήριο γραφείων και συγκριτική μελέτη συστημάτων κλιματισμού: "κλασσικό" – σύστημα με Α.Π.Ε.», [file:///C:/Users/elia/Downloads/Iliopoulos\\_Charampos\\_Dip\\_2014.pdf](file:///C:/Users/elia/Downloads/Iliopoulos_Charampos_Dip_2014.pdf), [πρόσβαση 12/02/2017].
13. Θεοπέμπτου, Χ., (2008), «Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση», [http://theopemptou.blogspot.fr/2008/10/blog-post\\_22.html](http://theopemptou.blogspot.fr/2008/10/blog-post_22.html), [πρόσβαση 12/02/2017].
14. Καμπούρης, Ν., (2012), «Τεχνολογίες εξοικονόμησης και διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων», Εκπαιδευτικό πρόγραμμα επιθεωρητών εγκαταστάσεων κλιματισμού, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Μακεδονίας.
15. Καπετανίδης, Β., (2015), Έξυπνα Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια και Βιομηχανίες, Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
16. Καραβασίλη, Μ., (2005), «Επίτευξη των στόχων του πρωτοκόλλου του Κιότο, μέσω των ανανεώσιμων πηγών και της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας: Η περίπτωση των κτιρίων και των οικιστικών συνόλων.», *πρακτικά HELECO '05*, 3-6 Φεβρουαρίου 2005, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, Ελλάδα.
17. Καραβασίλη, Μ., (2009), «Ενέργεια 2001 – Εξοικονόμηση ενέργειας και χρήση ΑΠΕ στον οικιστικό τομέα, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων», <http://www.4m.gr/services/nomoi/energy2001.html>, [πρόσβαση 12/02/2017].
18. Καρακώστας, Π., (2011), «Ενεργειακή Επιθεώρηση στο κτίριο των Καταστημάτων Αφορολογητών Ειδών», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
19. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2005), «Οδηγός ηλιακού κλιματισμού», [http://www.cres.gr/kape/education/solar\\_cooling\\_brochure-SMALL.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/solar_cooling_brochure-SMALL.pdf), [πρόσβαση 12/02/2017].

20. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2006), «Ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα», [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/RES&ES\\_techn.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/RES&ES_techn.pdf), [πρόσβαση 12/02/2017].
21. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2011), «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC», [http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_HVAC.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_HVAC.pdf), [πρόσβαση 12/02/2017].
22. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2016), «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα», <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, πρόσβαση 12/02/2017].
23. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2016), «Φωτιστικά Σώματα», [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/texnitos\\_fotismos\\_fotistika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos_fotistika.htm), [πρόσβαση 12/02/2017].
24. Κομπελίτου, Μ., (2009), Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ξενοδοχειακή μονάδα, Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
25. Κοσμόπουλος, Π., (επιμ.), (2008), Κτίρια Ενέργεια και Περιβάλλον, U.S.P., Θεσσαλονίκη.
26. Κούκας, Ν., (2014), «Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας», <http://www.eurofrost.gr/images/photos/eurofrostmyconos/ape/EpemvaseisExoikonomisis.pdf>, [πρόσβαση 11/02/2017].
27. Κουτρούλης, Χ., (2012), «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές», <https://www.elke.teicrete.gr/LinkClick.aspx?fileticket=prKexYfnp3I%3D&tabid=1034>, [πρόσβαση 12/02/2017].
28. Κουτσογιάννη, Α.Μ., (2010), *Ενεργειακή εξοικονόμηση σε δημόσια κτίρια: Μελέτη περίπτωσης δημοσίου κτιρίου μεικτής χρήσης με συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
29. Μαύρου, Ε., (2008), «Πράσινη απασχόληση και ενέργεια», <http://www.medsos.gr/medsos/DOCUMENTS/pdf>, [πρόσβαση 11/02/2017].
30. Νικολόπουλος, Χ., (2010), «Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιρίων», [http://nikopoulos-chris.blogspot.fr/2010/01/blog-post\\_31.html](http://nikopoulos-chris.blogspot.fr/2010/01/blog-post_31.html), [πρόσβαση 12/02/2017].
31. Ξενοφώντος, Φ., (2012), Βιοκλιματική και περιβαλλοντική μελέτη υφιστάμενου κτιρίου για εξοικονόμηση ενέργειας και εσωτερική άνεση, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

32. Ομπάμα, Μ., (2009), [http://www.ergatex.gr.php5-22.dfw1-2.websitetestlink.com/images/uploads/downloads/ktiria\\_EPS.pdf](http://www.ergatex.gr.php5-22.dfw1-2.websitetestlink.com/images/uploads/downloads/ktiria_EPS.pdf), [πρόσβαση 11/02/2017].
33. Πάκος, Σ., (2014), «Συστήματα εσωτερικής θερμομόνωσης Knauf», [http://www.renewables2b.com/data/shared/01\\_S.Pakos.pdf](http://www.renewables2b.com/data/shared/01_S.Pakos.pdf), [πρόσβαση 09/04/2016].
34. Παναγοπούλου, Ε., (2011), Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια. Πολιτική, προγράμματα και εφαρμογές. Η διεθνής εμπειρία, Διπλωματική Διατριβή, Εθνική Σχολή Τοπικής Αυτοδιοίκησης.
35. Παπαϊωάννου, Κ., (2005), Η τεχνολογία της τοιχοποιίας, 2η έκδοση, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις University Studio Press.
36. Παπακώστας, Κ.Τ., (2013), «Εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού», [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/H\\_KYKLOS\\_S\\_M\\_D\\_IAN\\_FEB\\_09/ENERGIAKOS\\_SXEDIASMOΣ\\_NEWN\\_KAI\\_YFISTAMENWN\\_KTHRIWN/.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/H_KYKLOS_S_M_D_IAN_FEB_09/ENERGIAKOS_SXEDIASMOΣ_NEWN_KAI_YFISTAMENWN_KTHRIWN/.pdf), [πρόσβαση 10/02/2017].
37. Πιέτρης, Κ., (2012), «Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. - Πτέρυγες Α, Ε, Η, Η1», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
38. Σακκά, Α., (2014), *Ολιστική ενεργειακή θεώρηση κτιρίων*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
39. Σταματάκη, Μ., (2013), Ενεργειακή αποτίμηση και προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε διατηρητέο κτίριο της Αττικής, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πειραιά – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
40. Τεχνικό Επιμελητήριο Κυκλάδων, (2008), «Νόμος 3661/2008 για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια», <http://www.e-kyklades.gr/articles/article.jsp;jsessionid=C004C1D907ED5906D7AFCE84F865B373?context=103&categoryid=1015&articleid=11394>, [πρόσβαση 12/02/2017].
41. Τζανακάκη, Ε., (2012), «Κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση. Προκλήσεις και Προοπτικές», [http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/pdf18FEB/1\\_Tzanakaki.pdf](http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/pdf18FEB/1_Tzanakaki.pdf), [πρόσβαση 10/02/2017].
42. Τοπαλής, Φ., Οικονόμου, Λ. και Κουρτέση, Σ., (2010), *Φωτοτεχνία*, Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.



43. Τσιτσής, Δ., (2010), «Προεδρικό Διάταγμα Υπ' Αριθμ. 100/2010: Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», <http://career.duth.gr/cms/?q=node/47404#.VzxkddSLTGg>, [πρόσβαση 12/02/2017].
44. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – ΥΠΕΚΑ, (2016), «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων», <http://www.ypeka.gr/?tabid=525>, [πρόσβαση 12/02/2017].
45. Χριστοδούλου, Π., (2012), «Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής», [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5490/3/Nimertis\\_Patsias\(ele\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5490/3/Nimertis_Patsias(ele).pdf), [πρόσβαση 10/04/2016].
46. Χρυσομαλλίδου, Ν, Καραούλης, Α. και Θεοδοσίου, Θ., (2005), «Θερμική απόκριση κτιρίων με γυάλινη δικέλυφη όψη – Σύνομη επισκόπηση», πρακτικά Διεθνούς Εκθέσεως και Συνεδρίου για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, 3-6 Φεβρουαρίου 2005, Αθήνα, Ελλάδα.

#### Ξένη

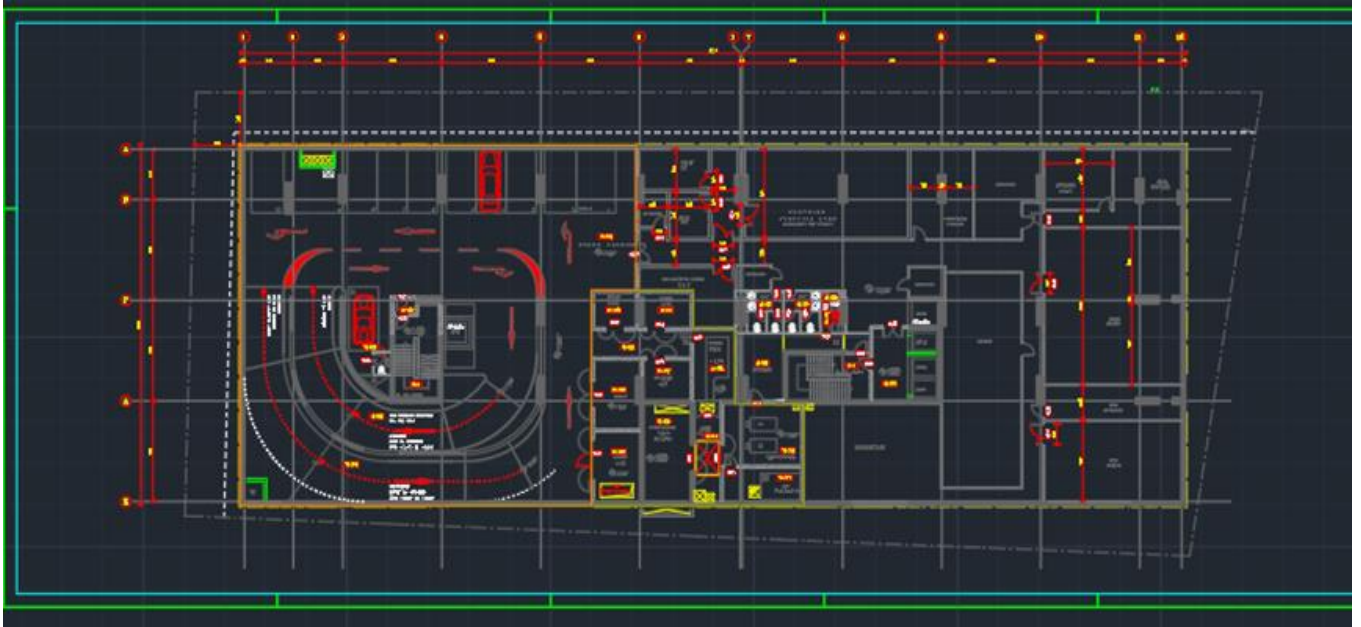
47. Asdrubali, F., D'Alessandro F., and Schiavoni, A., (2015), “A review of unconventional sustainable building insulation materials”, *Sustainable Materials and Technologies*, 4(1), pp. 1-17.
48. Battista, G., Evangelisti, L., Guattari, C., Basilicata, C. and Vollaro, R., (2014), “Buildings Energy Efficiency: Interventions Analysis under a Smart Cities Approach”, *Sustainability*, 6(1), pp. 4694-4705.
49. Dietz, T., Gardner, G., Gilligan, J. & Stern, P. & Vandenbergh, M., (2009), “Household actions can provide a behavioural wedge to rapidly reduce US carbon emissions.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Washington, United States of America.
50. Dilaura, D., Steffy, G., Mistrick, R. and Houser, K., (2000), *Lighting Handbook*, New York: IESNA.
51. Ecorys & Bio Intelligence Service, (2010), *Study to support the impact assessment for the EU energy saving Action Plan*.
52. Electrocom, (2016), «Di;oruvsh syntelest;h isx;yow», <http://www.electrocom.gr/hlektrologikes-egatastaseis/syntelestis-isxyos.html>, [accessed 10/04/2016].

53. European Environmental Agency, (2011a), “Energy efficiency and energy consumption in the household sector”, <http://www.eea.europa.eu/data-andmaps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-2/assessment-2#eeacomments> [accessed 26/05/2016].
54. European PPP Expertise Centre (EPEC), (2012), “Guidance on Energy Efficiency in Public Buildings”,  
[http://www.eib.org/epec/resources/epec\\_guidance\\_ee\\_public\\_buildings\\_en.pdf](http://www.eib.org/epec/resources/epec_guidance_ee_public_buildings_en.pdf),  
[accessed 12/02/2017].
55. GlassFilm: Αντηλιακές Μεμβράνες Κτιρίων  
[http://www.glassfilm.gr/index.php?page=membranes\\_thermotitas](http://www.glassfilm.gr/index.php?page=membranes_thermotitas).
56. Global Film Hellas, (2016), «Συνήθειες ερωτήσεις και απαντήσεις για αντηλιακές μεμβράνες τζαμιών GLOBAL», <http://www.globalwindowfilms.gr>, [accessed 10/02/2017].
57. GreeNext, (2016), «Τι είναι η γεωθερμία», <http://greenext.gr/geothermia.html>,  
[accessed 10/02/2017].
58. Halonen, L., Tetri, E. and Bhusal, B., (2010), Guidebook on energy efficient electric lighting for buildings, Finland: Aalto University School of Science and technology Lighting Unit.
59. IESNA, (2000), "The IESNA Lighting Handbook - Reference & Application", Ninth Edition, ISBN 0-87995-150-8.
60. Novatech, (2014), «Ενεργειακή διαχείριση κτιρίου»,  
<http://www.novatech.gr/article.php?id=224>, [accessed 10/03/2017].
61. Mayer, A. and Ghiran, A., (2011), EU Public-Sector Experiences with Building Efficiency: Exploring barriers to performance contracting and deep energy retrofits, Brussels: Institute for Building Efficiency – Johnson Controls.
62. Miller, D.J., (2013), Behavioral opportunities for energy savings in office buildings: a London field experiment, Ph.D. Thesis, Imperial College London Faculty of Natural Sciences.
63. Nguyen, T. & Aiello, M., (2013), “Energy intelligent buildings based on user activity: A survey”, Energy and Buildings, 56 (1), pp. 244 - 257.

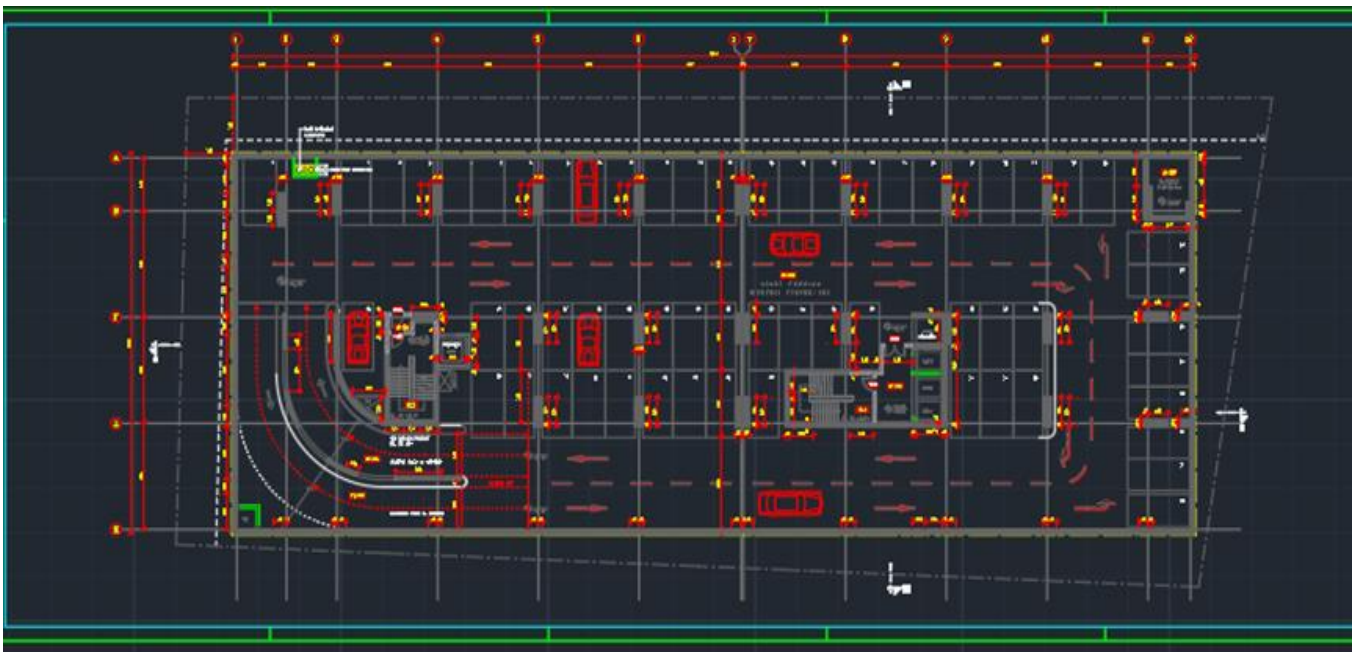
64. Papadopoulos, M., Theodosiou, T. and Karatzas, K., (2002), "Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings. The impact of energy prices and the acceptable payback time criterion", *Energy and Buildings*, 34(5), pp.455-466.
65. Schneider electric, (2010), «Εξοικονόμηση ενέργειας – Οδηγός λύσεων», [http://www.schneiderelectric.gr/documents/products/schneider\\_ee\\_lowres\\_gr.pdf](http://www.schneiderelectric.gr/documents/products/schneider_ee_lowres_gr.pdf), accessed 10/03/2017].
66. Smartspaces,(2012),[http://source.smartspaces.eu/10\\_Introduction/110\\_case.html](http://source.smartspaces.eu/10_Introduction/110_case.html) [accessed 12/02/2017].
67. Travel Foundation, (2013), «Ejoikon;omhshen;ergeiaw», [http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Energy\\_Guidelines\\_GREEK\\_TF\\_col.pdf](http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Energy_Guidelines_GREEK_TF_col.pdf), [accessed 12/02/2017].



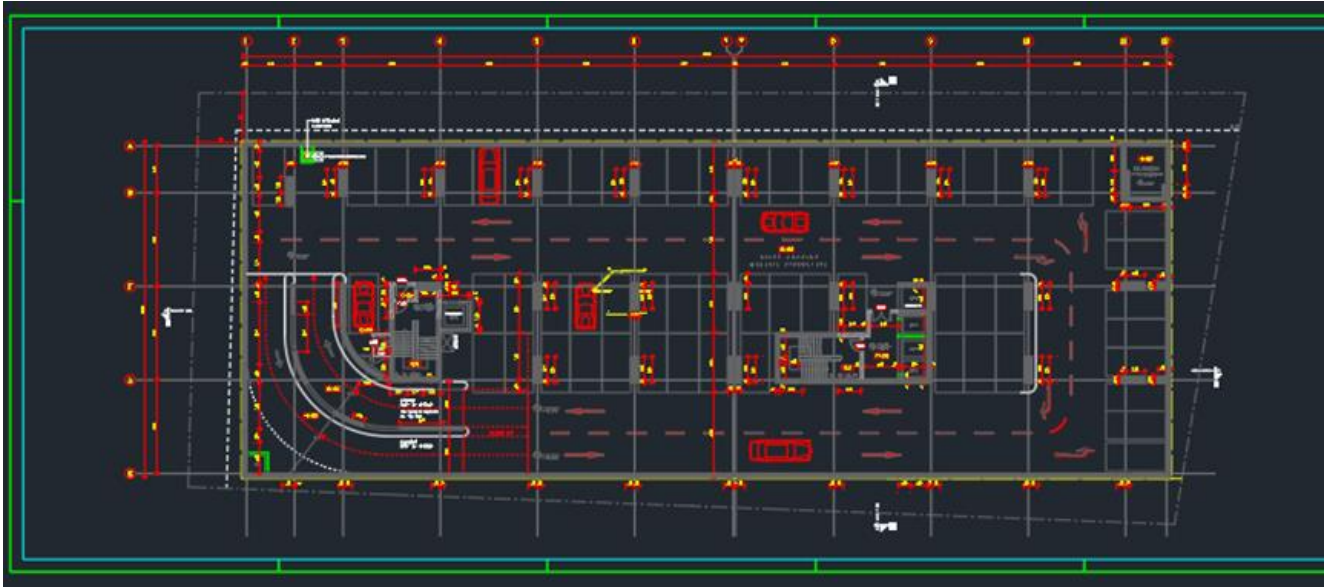
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου



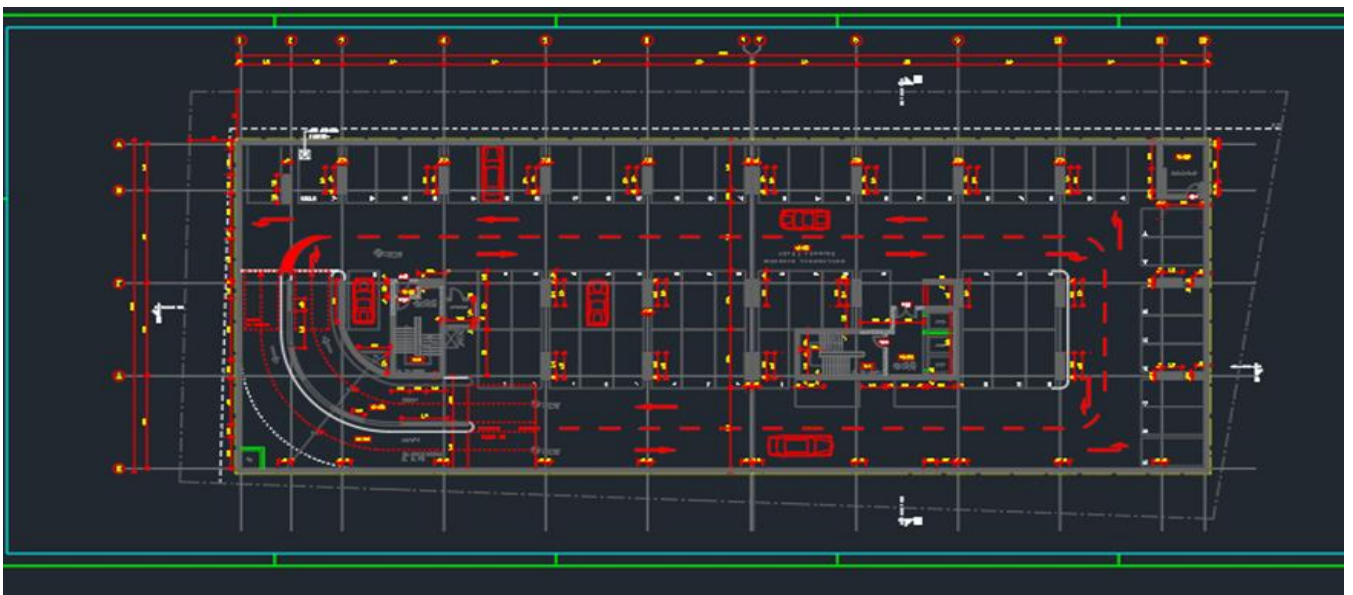
Εικόνα 1. Κάτοψη 1<sup>ου</sup> υπογείου



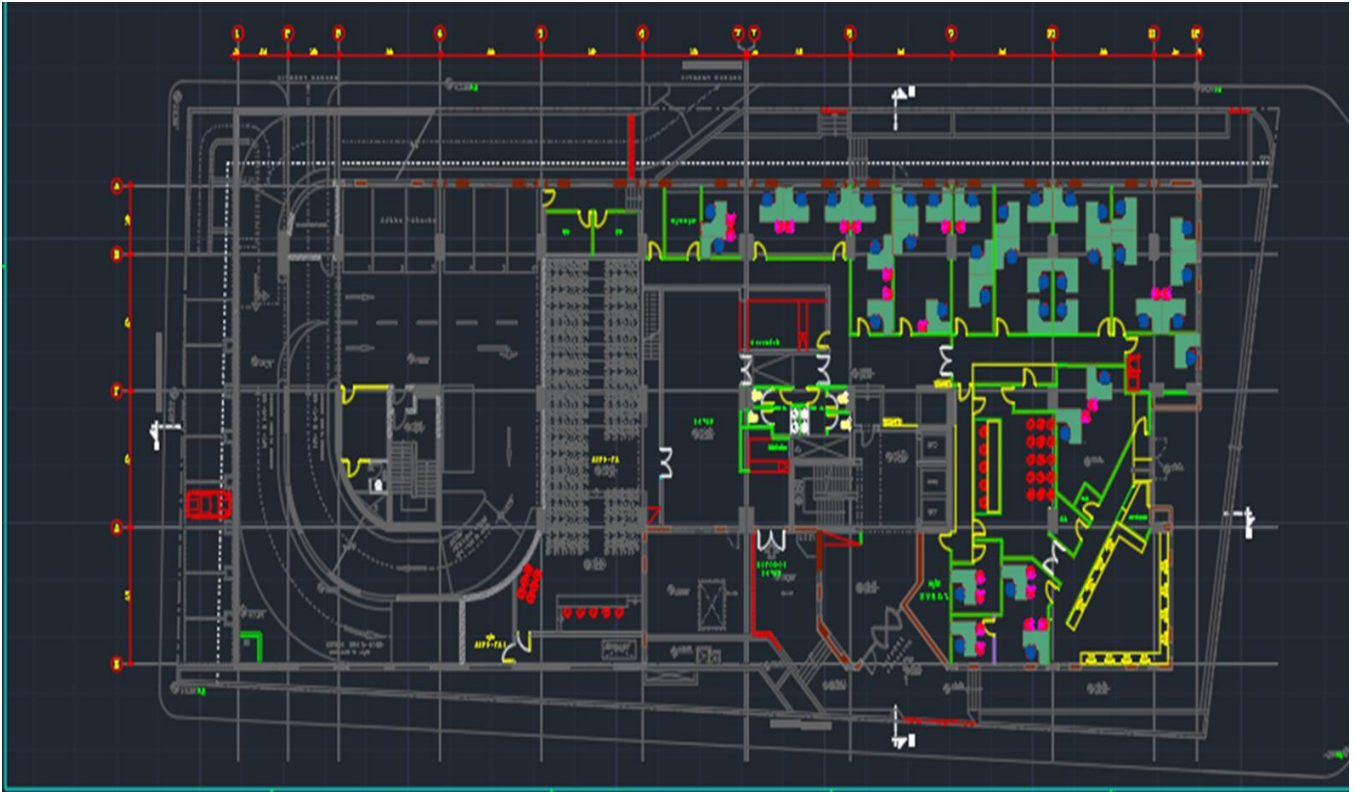
Εικόνα 2. Κάτοψη 2<sup>ου</sup> υπογείου



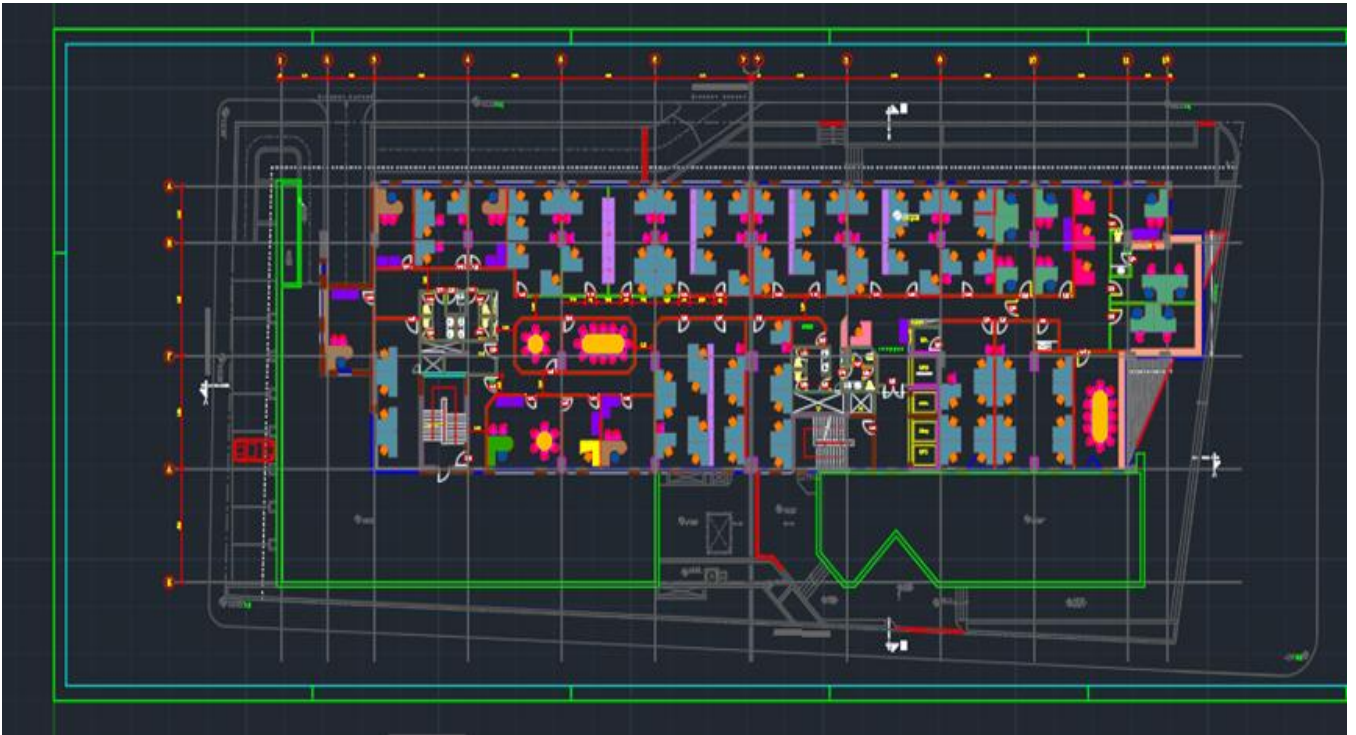
Εικόνα 3. Κάτοψη 3<sup>ου</sup> υπογείου



Εικόνα 4. Κάτοψη 4<sup>ου</sup> υπογείου



Εικόνα 5. Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 6. Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου

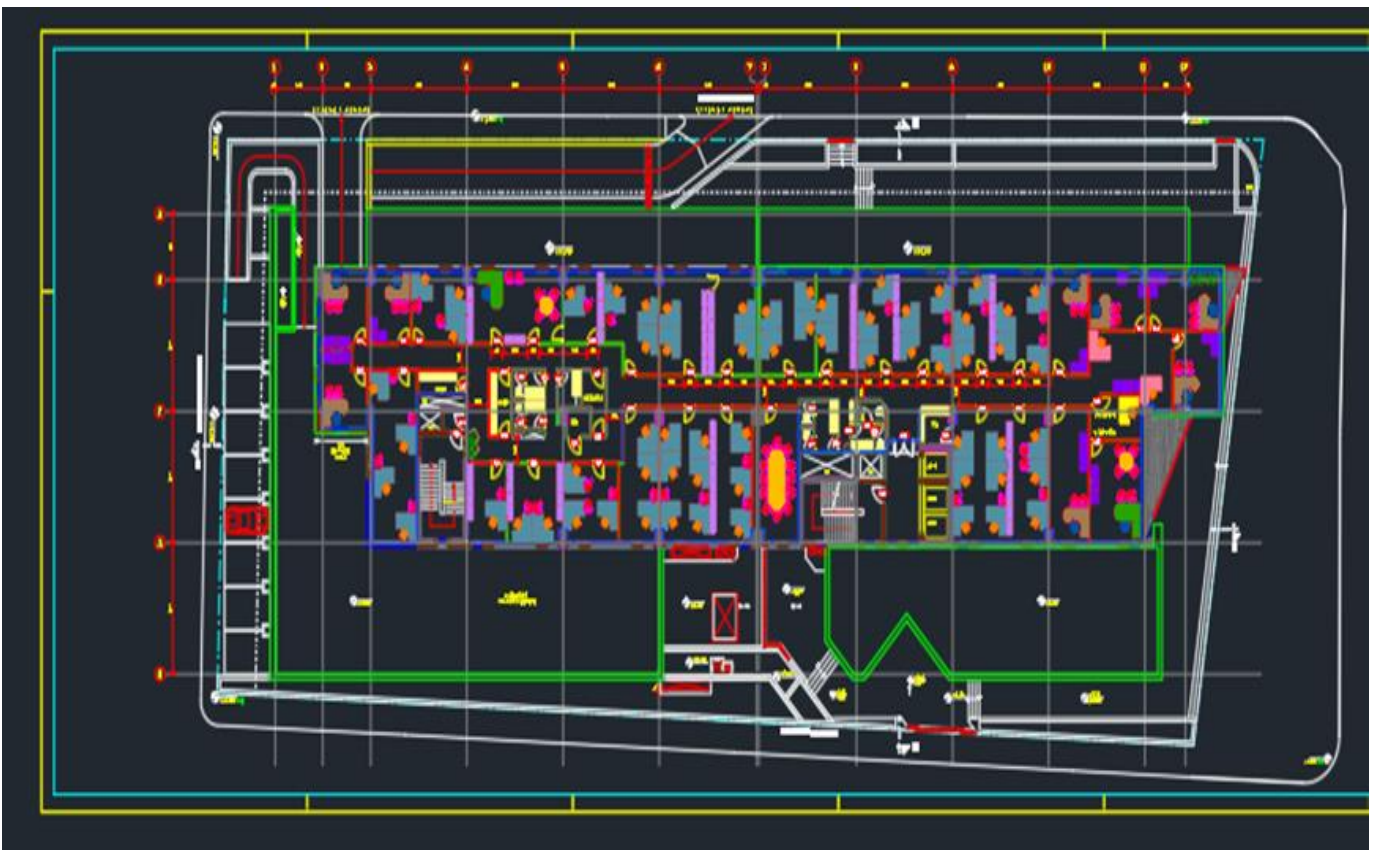


Εικόνα 7. Κάτοψη 2<sup>ου</sup> ορόφου

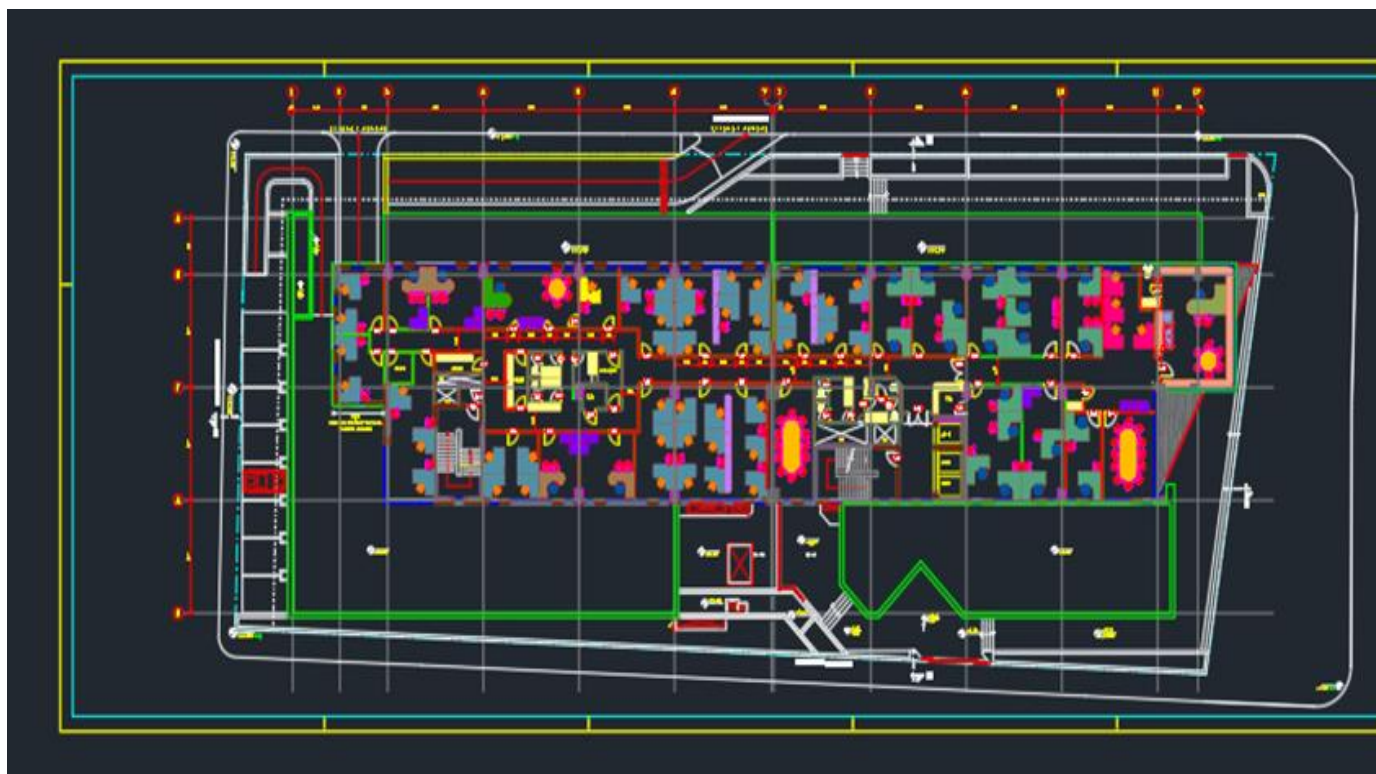




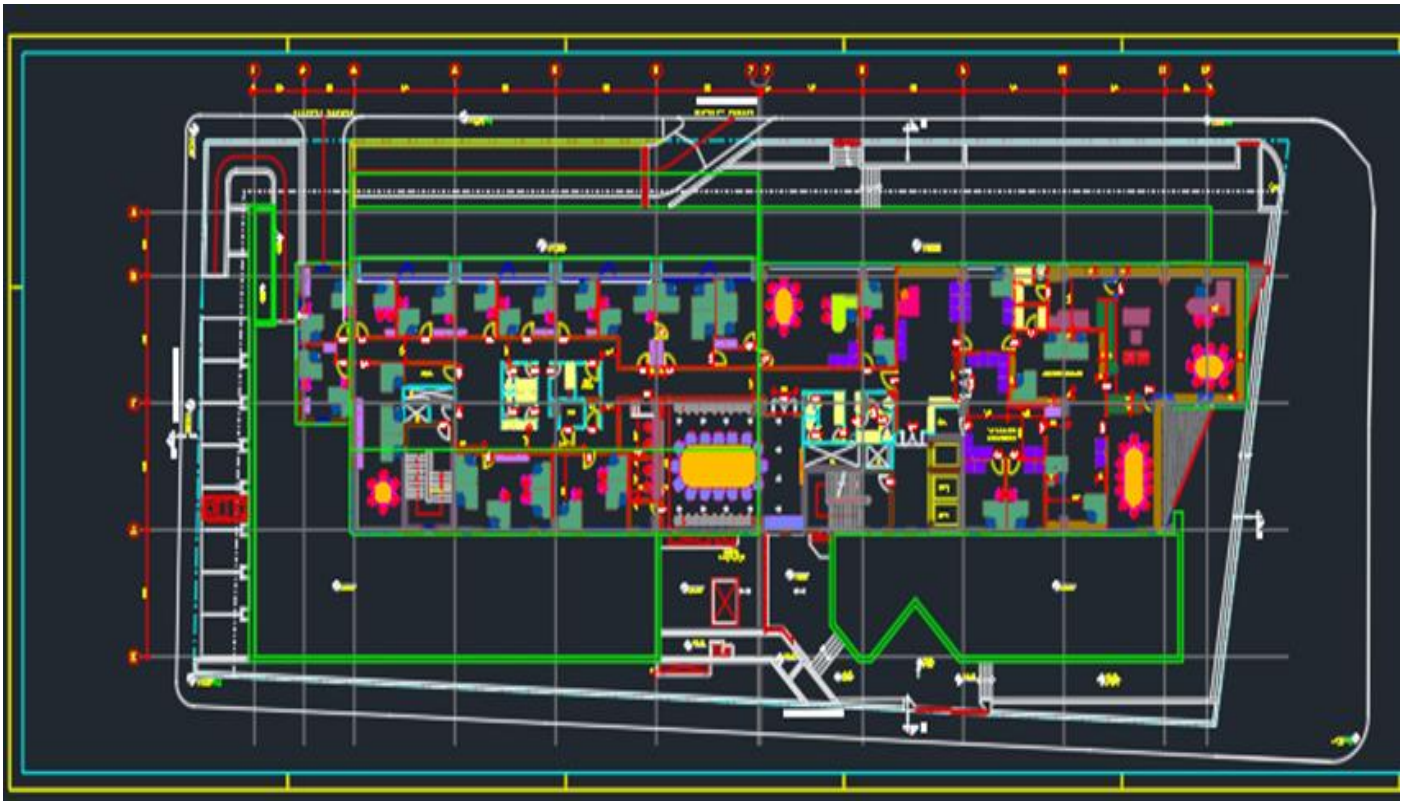
Εικόνα 8. Κάτοψη 3<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 9. Κάτοψη 4<sup>ου</sup> ορόφου



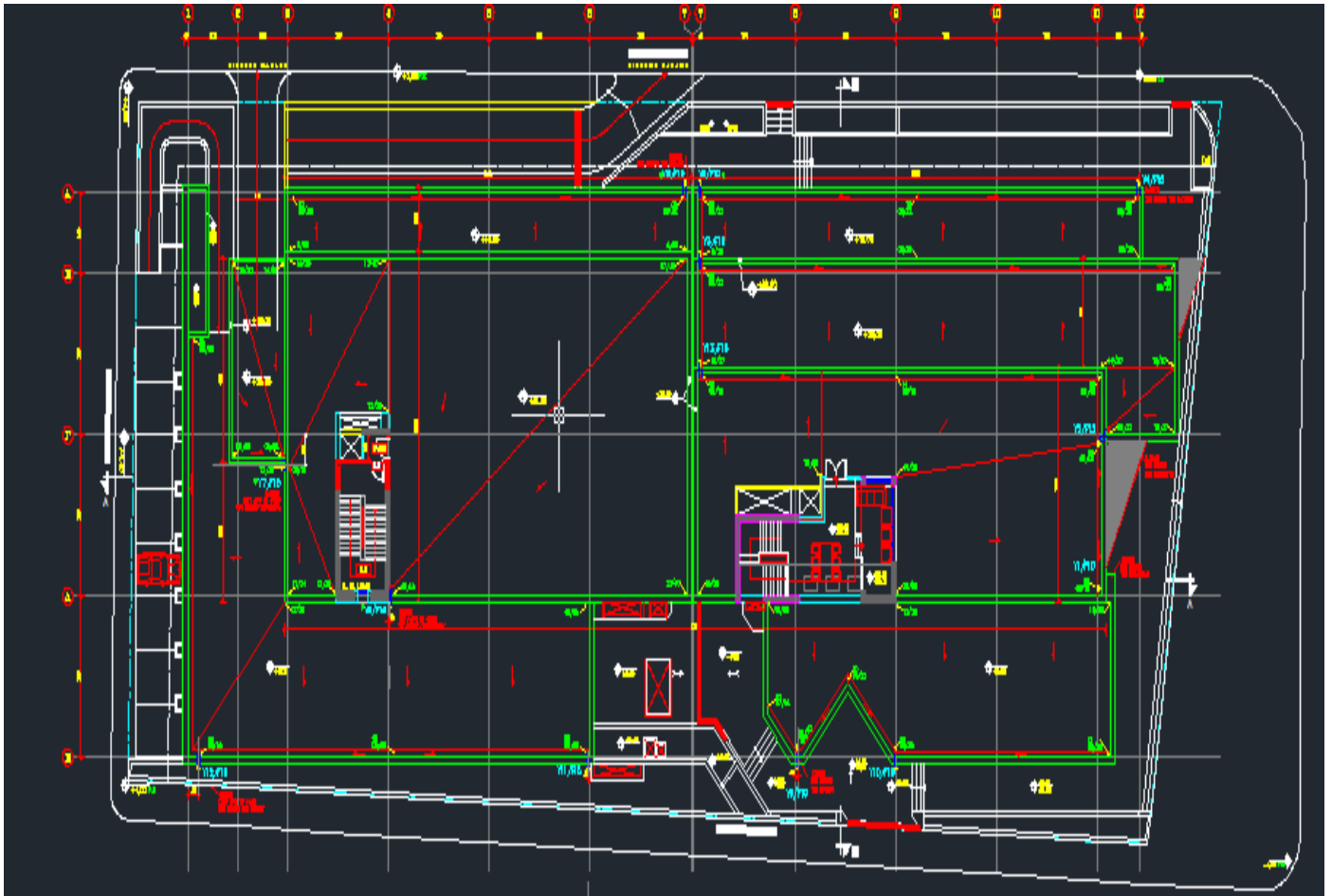
Εικόνα 10. Κάτοψη 5<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 11. Κάτοψη 6<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 12. Κάτοψη 7<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 13. Κάτοψη δώματος