



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

ΚΟΜΠΟΘΕΚΡΑ ΜΑΡΙΝΑ

Επιβλέπουσα: Κορωνάκη Ειρήνη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Ιούλιος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται το τελευταίο στάδιο της φοίτησής μου.

Σε αυτό το σημείο αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω ένα μεγάλο θερμό ευχαριστώ στην οικογένεια μου καθώς ο ρόλος της ήταν πολύ σημαντικός στην διαδρομή μου, και η συμπαράστασή τους και υποστήριξή τους είναι ανεκτίμητη.

Αναπόσπαστο κομμάτι της προσπάθειας μου, αποτελούν οι φίλοι μου και ο σύντροφός μου που με τις πράξεις τους με ενθάρρυναν πάντα να συνεχίσω. Σας ευχαριστώ πολύ για αυτό και αισθάνομαι ιδιαίτερα τυχερή που σας έχω.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην καθηγήτρια μου, κυρία Κορωνάκη Ειρήνη, που υπήρξε αρωγός της προσπάθειας μου στην περάτωση της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τις χρήσιμες συμβουλές της και τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσε.

Περίληψη – Σκοπός εργασίας

Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί το σημαντικότερο κεφάλαιο σε όλο το φάσμα εξασφάλισης ενεργειακών πόρων. Η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και η αύξηση της ρύπανσης προέρχεται από τις ταχύτατα εξελισσόμενες ανάγκες σε ενέργεια λόγω των αυξανόμενων ανθρώπινων δραστηριοτήτων, και έχουν επιπτώσεις τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Στον κτιριακό τομέα αναλογεί μεγάλο ποσοστό της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, περίπου το 40%, ενώ ακολουθούν ο τομέας μεταφορών με 32% επί του συνόλου και η βιομηχανία με 25%. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί όμως, είναι η μεγάλη βελτίωση αναφορικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιριακού τομέα και για τον λόγο αυτό, βρίσκεται αναπόφευκτα στο επίκεντρο νομοθετικών διατάξεων για την εξοικονόμηση ενέργειας με απώτερο σκοπό την εκμηδένιση των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτίρια.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται αρχικά με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και έπειτα μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ερευνηθεί και αξιολογηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίου στην Αθήνα με τελικό σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω των μέτρων και των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν, και την τελική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Για να υλοποιηθεί αυτό, θα γίνει προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος SketchUp και Open Studio και στην συνέχεια θα εισάγουμε τα δεδομένα μας στο πρόγραμμα Energy Plus, όπου θα πραγματοποιηθεί η ενεργειακή του ανάλυση και θα εξαχθούν συμπεράσματα για την ενεργειακή του απόδοση.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	5
1.1	Ευρωπαϊκή πολιτική για την κλιματική αλλαγή	5
1.2	Κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ευρώπη	8
1.3	Εθνική πολιτική για την κλιματική αλλαγή.....	14
1.4	Κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα.....	15
2.	Εξοικονόμηση ενέργειας.....	19
2.1	Ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα.....	20
2.2	Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK).....	21
2.3	Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	23
2.4	Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης	25
2.5	Κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	26
3.	Γενική περιγραφή και διερεύνηση κτιρίου	28
3.1	Χαρακτηριστικά Κατασκευής.....	29
3.2	Δεδομένα για κτίριο βάσει της οδηγίας TOTEE_20701-1_2017.....	30
3.3	Δομικά στοιχεία κτιρίου και υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας τους	32
3.4	Συστήματα κτιρίου	40
4.	Μοντελοποίηση και Διαστασιολόγηση Κατασκευής	44
4.1	Σχεδίαση με SketchUp & Open Studio.....	44
4.2	Εισαγωγή στο Energy Plus	46
4.3	Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης	52
5.	Προτάσεις Ενεργειακής αναβάθμισης.....	55
5.1	Χαμηλού – Μηδενικού κόστους	55
5.2	Θερμομόνωση κτιρίου	58
5.3	Αντικατάσταση λαμπτήρων	62
5.4	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος	62
6.	Αποτελέσματα και σύγκριση ενεργειακής αναβάθμισης	68

6.1 Φωτοβολταϊκό Σύστημα	68
6.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων	69
6.3 Θερμομόνωση κτιρίου	70
6.4 Συνολική αποτίμηση ενεργειακής αναβάθμισης	74
7. Επίλογος.....	77
8. Πηγές – Βιβλιογραφία	79

1 Εισαγωγή

Η αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια και οι διαταραχές στον ενεργειακό εφοδιασμό αποτελούν προκλήσεις τις οποίες η Ευρώπη καλείται να αντιμετωπίσει και υπερνικήσει. Βασική επίπτωση όλων αυτών, είναι ο αντίκτυπος του τομέα της ενέργειας στο περιβάλλον.

Για τον λόγο αυτόν, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προβλέπει το «σχέδιο 20-20-20 για την κλιματική αλλαγή», το οποίο είναι ένα σχέδιο για την εξασφάλιση βασικών ενεργειακών στόχων της βιωσιμότητας, της ανταγωνιστικότητας και της ασφάλειας του ανεφοδιασμού, μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20%, της αύξησης του μεριδίου των ανανεώσιμων ενεργειών στην κατανάλωση ενέργειας σε 20% και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 20%, τα οποία πρέπει να πραγματοποιηθούν μέχρι το 2020. Το σχέδιο δράσης περιλαμβάνει πέντε σημεία:

- την προώθηση των βασικών υποδομών για τις ενεργειακές ανάγκες της ΕΕ
- περισσότερη μέριμνα για την ενέργεια στις διεθνείς σχέσεις της ΕΕ
- βελτίωση των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου και των μηχανισμών σε περίπτωση κρίσης
- ένα νέο πακέτο μέτρων για την ενεργειακή αποδοτικότητα, εστιασμένο στις βελτιώσεις της νομοθεσίας
- και καλύτερη χρήση της γηγενούς ενεργειακής παραγωγής της ΕΕ, η οποία παρέχει τώρα 46% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη.

1.1 Ευρωπαϊκή πολιτική για την κλιματική αλλαγή

Οι συγκεκριμένοι στόχοι που έχουν τεθεί απαιτούν ιδιαίτερη και συντονισμένη προσπάθεια. Επομένως τον Μάρτιο του 2007 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο τόνισε πως ο τρόπος για να σταθεροποιηθεί η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδα που δεν είναι επιβλαβή θα χρειαστεί η μέση ετήσια αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη να μην ξεπεράσει τους 2°C συγκρινόμενη με τα επίπεδα της προβιομηχανικής εποχής.

Άλλο σημείο που τόνισε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007 είναι πως η Κοινότητα θα αναλάβει μονομερή δέσμευση για την επίτευξη των στόχων και πως το ποσοστό μείωσης της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου είναι 30% μέχρι το 2020, συγκρινόμενο με το ποσοστό του 1990. Τον Ιανουάριο του 2008 η ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε την γνωστή «δέσμη για το κλίμα και την ενέργεια» η οποία νομοθετήθηκε τον Ιούνιο του 2009.

Τα νομοθετήματα που περιλαμβάνει είναι τα κάτωθι:

1. Την Οδηγία 2009/29/ΕΚ «για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας»
2. Την απόφαση 406/2009/ΕΚ «περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020».

Αυτά τα δύο νομοθετήματα επιδιώκουν να επιτύχουν την μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων μέσω του εξής καταμερισμού:

- 21% στους τομείς του συστήματος εμπορίας, και
- 10% στους τομείς εκτός εμπορίας

3. Οδηγία 2009/28/ΕΚ «σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές».
4. Οδηγία 2009/31/ΕΚ «σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς»
5. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης γίνεται μέσω του σχεδίου δράσης για την ενεργειακή απόδοση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

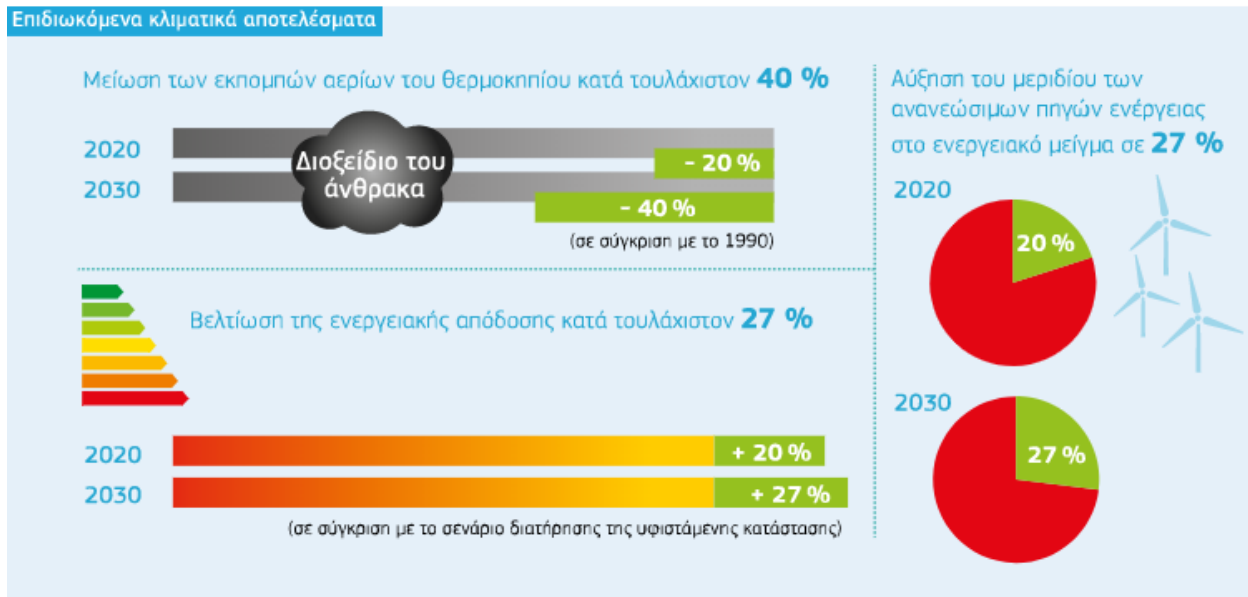
Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη των στόχων αυτών είναι η σύμπνοια μεταξύ των κρατών-μελών τα οποία θα χρειαστεί να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Θα χρειαστεί να υπάρξουν δράσεις μέσω των οποίων θα ενημερωθούν οι πολίτες καθώς επίσης να οριστούν ενεργειακά πρότυπα.

Πλέον καταλυτικό ρόλο έχουν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς όλα τα κράτη μέλη θα πρέπει να καλύπτουν το 20% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ από αυτές όπως επίσης και το 10% των καυσίμων μεταφορών. Ο τρόπος για να ελέγχει η Επιτροπή τα κράτη μέλη στην πορεία τους για την κάλυψη των αναγκών είναι μέσω εκθέσεων προόδου για την ανανεώσιμη ενέργεια που θα δημοσιεύονται κάθε δύο χρόνια.

Σε νέα συνεδρίασή της στις 6 Ιουνίου 2012, η Επιτροπή εξέδωσε την ανακοίνωση με τίτλο: «Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές: σημαντικός παράγοντας στην ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας» (COM(2012)0271)

Μέσω αυτής προσδιορίστηκαν οι τομείς που πρέπει να εντείνουν τις προσπάθειες τους ώστε η παραγωγή ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να εξακολουθήσει να αυξάνεται έως το 2030 και ύστερα.

Στις 30 Νοεμβρίου του 2016 δημοσιεύτηκαν νέα μέτρα με τίτλο «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους» (COM(2016)0860). Η συγκεκριμένη δέσμη αναθεωρεί την οδηγία που είχε εκδοθεί για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και προτείνει μέτρα ώστε το ποσοστό μείωσης να είναι κατά 27% στο συνολικό ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση έως το 2030 καθώς και ενσωμάτωση τους σε περισσότερους τομείς. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται και τα επιδιωκόμενα ποσοστά εξοικονόμησης.

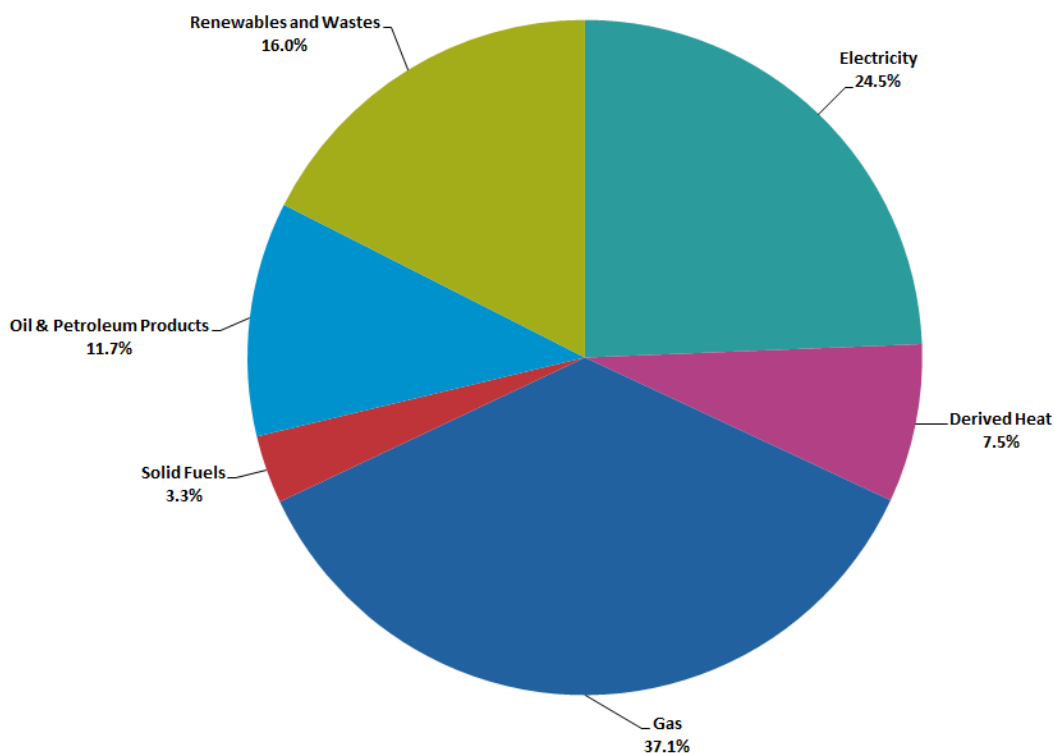


Εικόνα 1 Επιδιωκόμενα κλιματικά αποτελέσματα (Πηγή: <http://publications.europa.eu/webpub/com/factsheets/energy/el/>)

1.2 Κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ευρώπη

Το ένα πέμπτο της παγκόσμιας ενέργειας καταναλώνεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό οφείλεται στα αποθέματά της καθώς δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών της. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί τον μεγαλύτερο εισαγωγέα ενέργειας στον κόσμο με ποσοστό 53% και ετήσιο κόστος περίπου 400 δισεκατομμύρια ευρώ.

Το 2016, ο οικιακός τομέας αντιπροσώπευε το 25,4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ή το 17,4% της ακαθάριστης εσωτερικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Τα νοικοκυριά χρησιμοποιούν ενέργεια για διάφορους σκοπούς, όπως θέρμανση χώρων και νερού, ψύξη χώρου, μαγείρεμα, φωτισμός και ηλεκτρικές συσκευές, καθώς και άλλες τελικές χρήσεις.



Εικόνα 2: Τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά καύσιμο, EU-28, 2016, Πηγή: Eurostat

Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από τα αποτελέσματα της συλλογής στοιχείων σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε νοικοκυριά, τα οποία δημοσιεύτηκαν για πρώτη φορά πέρσι από την Eurostat και συγκεκριμένα στις 21 Μαρτίου 2018.

	Electricity	Derived Heat	Gas	Solid fuels	Oil & petroleum products	Renewables and Wastes
EU-28	24.4	7.8	36.9	3.3	11.6	15.9
Belgium	19.9	0.0	42.1	0.9	29.2	7.9
Bulgaria	41.0	14.4	2.6	6.7	1.2	34.1
Czech Republic	18.6	15.3	28.8	10.8	0.6	25.9
Denmark	19.8	37.7	13.9	0.0	5.2	23.4
Germany	19.6	7.9	39.4	0.9	20.6	11.6
Estonia	17.7	33.5	6.2	0.2	1.1	41.2
Ireland	25.4	0.0	21.1	13.7	38.1	1.7
Greece	40.1	1.2	7.7	0.0	29.5	21.4
Spain	39.8	0.0	23.1	0.5	18.3	18.4
France	34.4	3.1	30.3	0.1	14.4	17.7
Croatia	22.0	5.0	19.5	0.1	6.0	47.5
Italy	17.2	2.9	53.1	0.0	7.1	19.6
Cyprus	41.8	0.0	0.0	0.0	37.0	21.2
Latvia	13.5	32.3	9.3	1.0	4.5	39.4
Lithuania	16.6	32.4	10.1	4.0	3.3	33.6
Luxembourg	15.4	0.0	45.2	0.1	33.8	5.6
Hungary	15.3	8.0	45.7	2.0	1.0	28.1
Malta	69.5	0.0	0.0		23.9	6.6
Netherlands	19.8	3.0	72.0	0.0	0.4	4.8
Austria	24.2	12.7	19.1	0.3	16.3	27.4
Poland	12.6	19.7	17.6	33.4	3.0	13.8
Portugal	42.9	0.0	9.6	0.0	16.3	31.1
Romania	14.0	10.8	30.9	0.8	3.4	40.2
Slovenia	24.4	7.1	10.0	0.0	12.5	45.9
Slovakia	21.6	22.1	52.6	1.5	0.4	1.8
Finland	36.6	31.8	0.5	0.1	6.4	24.6
Sweden	51.3	34.9	0.4	0.0	0.3	13.0
United Kingdom	24.4	0.1	63.3	1.5	6.3	4.4
Norway	78.1	2.7	0.1	0.0	7.6	11.6
Serbia	40.5	13.7	5.7	8.3	2.2	29.5
Albania	50.6	0.0	0.0	0.0	18.9	30.6
Kosovo*	33.1	1.6	0.0	1.6	2.3	61.4
Moldova	11.4	10.0	17.2	2.4	5.6	53.4

*This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

Εικόνα 3: Ποσοστό καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα, 2016 (%), Πηγή: Eurostat

EU-28	Total Residential /Households	Space heating	Space cooling	Water heating	Cooking	Lighting and appliances	Other end uses
Electricity	24.4	3.6	0.3	2.8	2.7	13.8	1.2
Derived Heat	7.6	6.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0
Gas	36.9	28.1	0.0	7.0	1.8	0.0	0.0
Solid Fuels	3.4	3.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Oil & Petroleum Products	11.8	9.6	0.0	1.5	0.7	0.0	0.0
Renewables and Wastes	16.0	14.3	0.0	1.4	0.2	0.0	0.1
Total	100.0	64.7	0.3	14.5	5.4	13.8	1.3

Εικόνα 4: Ποσοστό των καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά τύπο τελικής χρήσης, 2016 (%), Πηγή: Eurostat

Όπως παρατηρούμε και από τους άνωθι πίνακες, το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ στον οικιακό τομέα καλύπτεται από φυσικό αέριο (37,1%) και ηλεκτρικό ρεύμα (24,5%). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσωπεύουν το 16,0%, ακολουθούμενη από πετρελαϊκά προϊόντα (11,7%) και παράγωγη θερμότητας (7,5%). Ένα μικρό ποσοστό εξακολουθεί να καλύπτεται από προϊόντα άνθρακα (στερεά καύσιμα) (3,3%).

Γενικώς παρατηρείται το φαινόμενο πως το φυσικό αέριο και η ηλεκτρική ενέργεια επικρατούν καθώς 9 κράτη μέλη τα χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή ενέργειας στα νοικοκυριά τους. Ωστόσο, σε 7 κράτη μέλη, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τον κύριο φορέα ενέργειας στον τομέα αυτόν, ενώ τα στερεά καύσιμα, τα προϊόντα πετρελαίου και η παράγωγη θερμότητας αποτελούν τον κύριο φορέα ενέργειας που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά σε ένα μόνο κράτος μέλος.

Ο κύριος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται η ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι για την θέρμανση των σπιτιών με ποσοστό 64,7% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα. Η ηλεκτρική ενέργεια αντιπροσωπεύει το 13,8% και χρησιμοποιείται κυρίως για τον φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές. Η αναλογία θέρμανσης νερού είναι ελαφρώς υψηλότερη, αντιπροσωπεύοντας το 14,5%. Οι κύριες συσκευές μαγειρέματος απαιτούν το 5,4% της ενέργειας που καταναλώνουν τα νοικοκυριά, ενώ η ψύξη χώρου και άλλες τελικές χρήσεις καλύπτουν το 0,3% και το 1,3% αντίστοιχα. Η θέρμανση του χώρου και του νερού αντιπροσωπεύει συνεισφέρει το 79,2% της τελικής ενέργειας που καταναλώνουν τα νοικοκυριά.

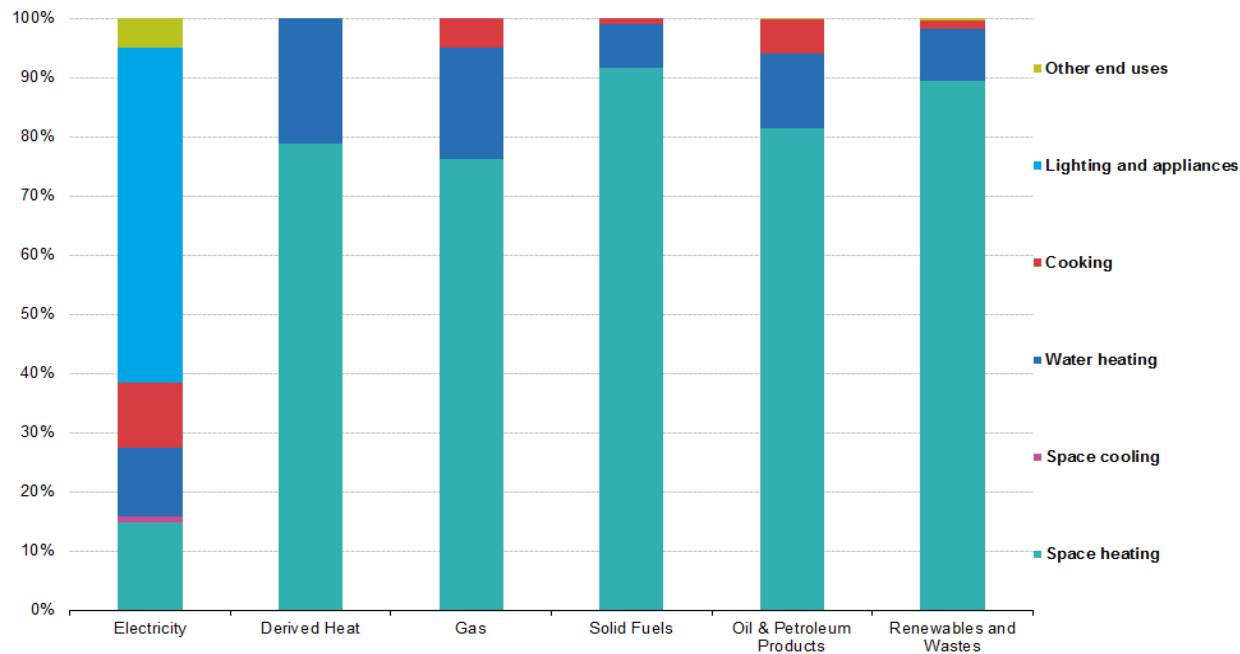
Τα χαμηλότερα ποσοστά ενέργειας για τη θέρμανση χώρων παρατηρούνται στην Πορτογαλία (21,1%), στην Ισπανία (43,3%) και στη Βουλγαρία (54,0%), το Βέλγιο (73,3%) και τη Λιθουανία (70,8%)

	Space heating	Space cooling	Water heating	Cooking	Lighting and appliances	Other end uses
EU-28	64,1	0,3	14,8	5,6	14,4	0,9
Belgium	73,8	0,1	11,4	1,7	12,7	0,4
Bulgaria	54,3	0,5	17,2	8,4	19,7	0,0
Czech Republic	69,0	0,1	16,2	6,3	7,0	1,5
Denmark	62,5	0,0	21,2	1,8	14,2	0,2
Germany	67,1	0,2	16,1	6,4	9,3	0,9
Estonia	:	:	:	:	:	:
Ireland	58,9	0,0	19,8	2,4	18,0	1,0
Greece	56,2	4,4	13,5	4,9	21,0	0,0
Spain	43,4	0,9	19,1	7,7	28,9	0,0
France	66,1	0,2	11,1	5,4	17,3	0,0
Croatia	68,7	1,8	10,0	6,5	13,0	0,0
Italy	67,5	0,7	11,9	6,3	12,3	1,4
Cyprus	:	:	:	:	:	:
Latvia	65,6	0,0	18,6	7,2	8,0	0,6
Lithuania	70,3	0,0	9,2	6,5	14,0	0,0
Luxembourg	79,3	0,2	7,1	2,3	11,0	0,0
Hungary	74,0	0,1	12,0	4,5	9,4	0,0
Malta	15,0	8,3	19,8	12,0	43,7	1,2
Netherlands	63,6	0,2	16,7	2,1	17,4	0,1
Austria	69,9	0,0	14,9	2,7	10,4	2,2
Poland	66,0	0,0	16,1	8,1	9,8	0,0
Portugal	21,2	0,7	19,1	39,5	19,6	0,0
Romania	63,4	0,3	13,4	9,5	13,4	0,0
Slovenia	63,7	0,5	16,0	4,1	15,8	0,0
Slovakia	68,3	0,1	14,3	5,6	11,7	0,0
Finland	65,8	0,1	14,9	1,0	12,2	5,9
Sweden	54,5	0,0	13,6	1,5	19,1	11,3
United Kingdom	62,1	0,0	17,2	3,0	17,7	0,0
Norway	43,8	0,0	14,2	0,0	37,1	4,9
Albania	31,7	5,5	21,4	29,8	11,7	0,0
Serbia	60,2	0,5	14,4	7,3	17,7	0,0
Kosovo*	71,3	3,5	6,5	7,1	9,3	2,2
Moldova	70,7	0,1	10,0	11,2	8,0	0,0
Georgia	58,8	0,3	11,3	17,4	12,1	0,0

(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

(:) not available

Εικόνα 5: Μερίδιο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα κατά είδος τελικής χρήσης, 2016



Εικόνα 6: Τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα κατά είδος τελικών χρήσεων για τα κύρια ενεργειακά προϊόντα, ΕΕ-28, 2016

Από τους πίνακες παρατηρούμε πως η ηλεκτρική ενέργεια κατέχει την πρώτη θέση στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για τον φωτισμό και τη ψύξη του χώρου με ποσοστό σχεδόν 100%. Το φυσικό αέριο διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο όσον αφορά στη θέρμανση χώρου και νερού, 43,4% και 47,9% αντίστοιχα της ενέργειας που καταναλώνεται για αυτές τις τελικές χρήσεις, και στη μαγειρική (33,1%). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καλύπτουν το 22,2% των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση χώρων, 9,6% για θέρμανση νερού και 4,2% για το μαγείρεμα. Η παραγόμενη θερμότητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο μόνο στη θέρμανση νερού (11,1%) και στη θέρμανση χώρου (9,2%), ενώ τα πετρελαιοειδή καλύπτουν ακόμα το 14,8% της χρήσης ενέργειας θέρμανσης χώρου, 12,8% μαγειρέματος και 10,4% θέρμανσης νερού.

Χώρες όπως η Πορτογαλία (72,2%), η Κροατία (65,2%) και η Σλοβενία (59,8%) έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ενεργειακής τους κατανάλωσης για θέρμανση χώρων που καλύπτονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ωστόσο, ενώ ο αριθμός των χωρών που χρησιμοποιούν κυρίως φυσικό αέριο για το σκοπό αυτό είναι μικρότερος (7 κράτη μέλη), οι περισσότεροι από αυτούς συγκαταλέγονται στους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας της ΕΕ - Κάτω Χώρες (87,2%), Ηνωμένου Βασιλείου (76,0%) και Ιταλία (60,6%) είναι εκείνες στις οποίες το ποσοστό του αερίου που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση

χώρου είναι το υψηλότερο. Τα τρία κράτη μέλη που χρησιμοποιούν κυρίως προϊόντα πετρελαίου για θέρμανση χώρων είναι η Μάλτα (56,9%), η Ελλάδα (50,3%) και η Ιρλανδία (47,2%).

Space heating	Electricity	Derived Heat	Gas	Solid fuels	Oil & petroleum products	Renewables and Wastes
EU-28	5.6	9.2	43.4	4.8	14.8	22.2
Belgium	3.2	0.0	49.1	1.3	36.2	10.3
Bulgaria	8.6	15.9	3.8	12.6	0.1	58.9
Czech Republic	4.4	14.6	26.9	18.4	0.7	35.0
Denmark	3.0	37.5	15.8	0.0	4.4	39.3
Germany	1.9	10.5	46.2	1.3	25.8	14.3
Estonia	:	:	:	:	:	:
Ireland	4.0	0.0	24.5	21.0	47.2	3.2
Greece	7.5	2.0	12.7	0.0	50.3	27.6
Spain	6.7	0.0	24.4	1.0	30.8	37.1
France	13.0	3.7	38.5	0.1	18.2	26.5
Croatia	1.6	6.6	20.9	0.1	5.5	65.2
Italy	0.4	3.8	60.6	0.0	8.2	26.9
Cyprus	:	:	:	:	:	:
Latvia	0.9	36.7	7.6	1.4	2.9	50.6
Lithuania	1.2	38.8	9.2	5.0	1.3	44.4
Luxembourg	4.2	0.0	50.1	0.1	39.3	6.3
Hungary	0.8	8.2	51.0	2.6	0.2	37.3
Malta	34.5	0.0	0.0	0.0	56.9	8.7
Netherlands	1.8	3.3	87.2	0.0	0.6	7.1
Austria	6.8	14.9	22.5	0.4	20.4	35.1
Poland	0.9	20.8	14.3	45.2	0.7	18.2
Portugal	18.5	0.0	1.4	0.0	7.8	72.2
Romania	0.2	17.1	28.3	0.6	0.0	53.9
Slovenia	4.0	9.2	11.8	0.0	15.2	59.8
Slovakia	:	:	:	:	:	:
Finland	25.6	34.5	0.6	0.1	7.7	31.5
Sweden	31.1	49.0	0.6	0.0	0.5	18.9
United Kingdom	6.8	0.2	76.0	2.2	9.2	5.6
Norway	55.4	6.1	0.2	0.0	6.1	32.2
Serbia	7.9	21.2	8.4	16.3	2.7	43.4
Albania	42.5	0.0	0.0	0.0	16.5	41.0
Kosovo	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Moldova	0.5	12.6	14.5	2.9	0.0	69.5
Georgia	1.7	0.0	52.6	0.1	0.0	45.6

(*)This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

(:) not available

Εικόνα 7: Μερίδιο των καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα για θέρμανση χώρων, 2016 (%)

1.3 Εθνική πολιτική για την κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα υπαρκτό φαινόμενο πλέον, που συντελείται ήδη. Έχει παρατηρηθεί πως έχει ανέβει η στάθμη της θάλασσας, οι βροχοπτώσεις έχουν επηρεαστεί και η αύξηση της θερμοκρασίας είναι γεγονός και οφείλεται κυρίως στην αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου. Κατέστη αναγκαίο να μειωθούν αυτές οι εκπομπές και έτσι τον Δεκέμβριο του 2015 δημοσιεύτηκε το σχέδιο του κειμένου της Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ). Στόχος του κειμένου είναι η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και οι επιπτώσεις που επιφέρει αυτή και υπεγράφη από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών και την Τράπεζα της Ελλάδος.

Ο σκοπός του κειμένου της Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ) είναι:

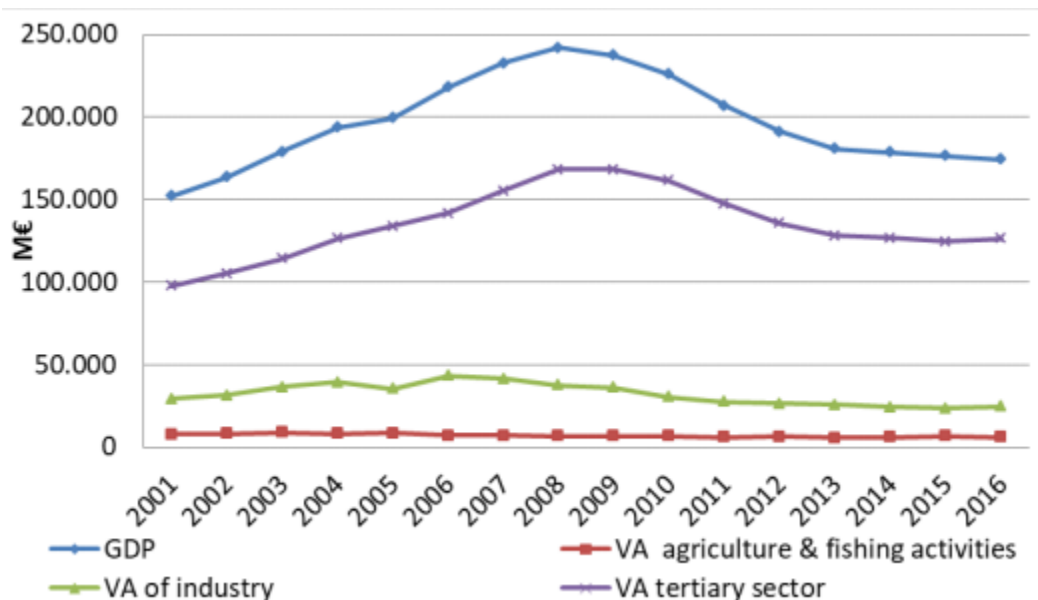
- ενίσχυση της ανθεκτικότητας της χώρας όσον αφορά τις επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή
- λήψη αποφάσεων με βάση τη σωστή πληροφόρηση από επιστημονικά δεδομένα
- μακροπρόθεσμη στόχευση των αποφάσεων
- προώθηση της ανάπτυξης και εφαρμογής τοπικών σχεδίων δράσης
- προώθηση δράσεων και πολιτικών προσαρμογής σε όλους τους τομείς με έμφαση στους πιο ευάλωτους
- δημιουργία μηχανισμού αξιολόγησης των δράσεων και πολιτικών προσαρμογής
- η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας

Ο χρονικός ορίζοντας που διαφαίνεται από την ΕΣΠΚΑ είναι 5 χρόνια ώστε να ιεραρχηθεί και πραγματοποιηθεί το πρώτο σύνολο των δράσεων. Μέσω της ΕΣΠΚΑ θα δημιουργηθεί μία συντονισμένη προσπάθεια ενάντια στην κλιματική αλλαγή, καθώς η στρατηγική της θα βρίσκεται συνεχώς σε διαδικασία επικαιροποίησης και επανεξέτασης και αποτελεί το πρώτο βήμα για συντονισμένη προσπάθεια λήψης και πραγματοποίησης των απαραίτητων πολιτικών σε όλα τα επίπεδα.

1.4 Κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα

Κατά την περίοδο 2000-2007, το ΑΕΠ στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 32%, μετά από μια μέση ετήσια αύξηση σε ποσοστό 4%. Την ίδια περίοδο, η αύξηση της προστιθέμενης αξίας σχεδόν σε όλους τους τομείς ήταν επίσης σημαντική. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην ενίσχυση των μεγάλων επενδύσεων και υποδομών, τις κατασκευές για τους Ολυμπιακούς Αγώνες και την εισροή από τα διαρθρωτικά ταμεία της ΕΕ που συνέβαλαν σε αυτή την οικονομική επίδοση κατά την περίοδο 2000-2007.

Τα επίσημα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ και της Eurostat καταδεικνύουν τον σαφή αντίκτυπο της οικονομικής ύφεσης για την ελληνική οικονομία κατά την περίοδο 2007-2016. Όλοι οι τομείς οικονομικής δραστηριότητας παρουσιάζουν μείωση στην ακαθάριστη προστιθέμενη αξία, ιδιαίτερα για την περίοδο 2009-2013, όπου οι επιπτώσεις της οικονομικής ύφεσης έγιναν αντιληπτές στην πραγματική οικονομία. Παρά την αύξηση του τομέα των υπηρεσιών για το 2008, η οποία ήταν 8,3% σε σύγκριση με το 2007, μετά την περίοδο 2008-2013 υπήρξε μια πτωτική τάση με μέσο ρυθμό μείωσης 5%, ενώ στην περίοδο 2013-2016 η προστιθέμενη αξία του τομέα των υπηρεσιών παραμένει σχεδόν σταθερή. Η συνολική μείωση για την περίοδο 2008-2016 ήταν 26%. Ο βιομηχανικός τομέας παρουσιάζει συνολική μείωση κατά 50% της ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας για την περίοδο 2007-2016, με ετήσιο μέσο ρυθμό μείωσης 6%



Εικόνα 8: ΑΕΠ και Προστιθέμενη Αξία στην Ελλάδα, Πηγή Eurostat

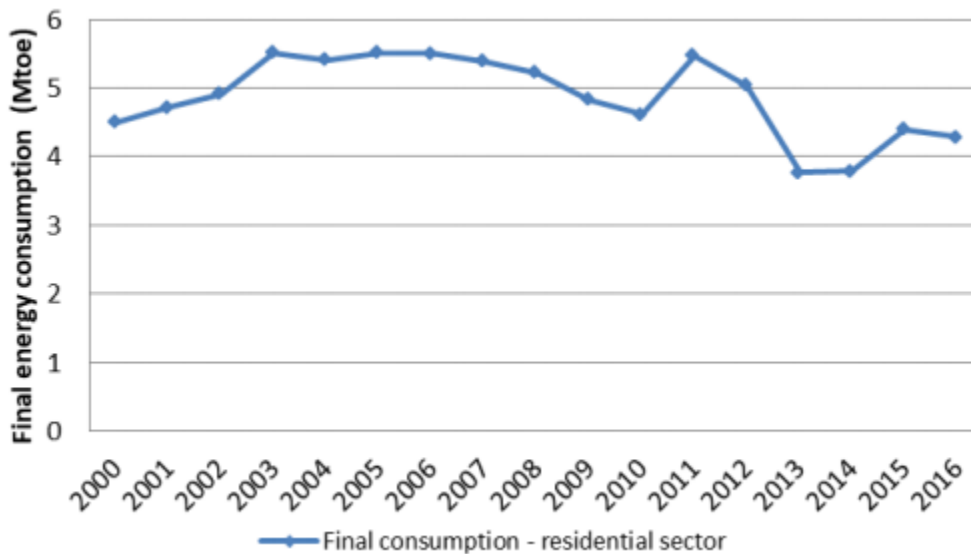
Σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2012, ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) ευθύνεται για το 45% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας ενώ αντίστοιχα στην Ευρώπη αγγίζει το 50%.

Ο οικιακός τομέας περιλαμβάνει πολυκατοικίες και μονοκατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούνται είτε ως μόνιμες είτε ως παραθεριστικές κατοικίες, ενώ ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει γραφεία, ξενοδοχεία, σχολεία, καταστήματα, νοσοκομεία, καθώς και εκκλησιαστικούς χώρους,

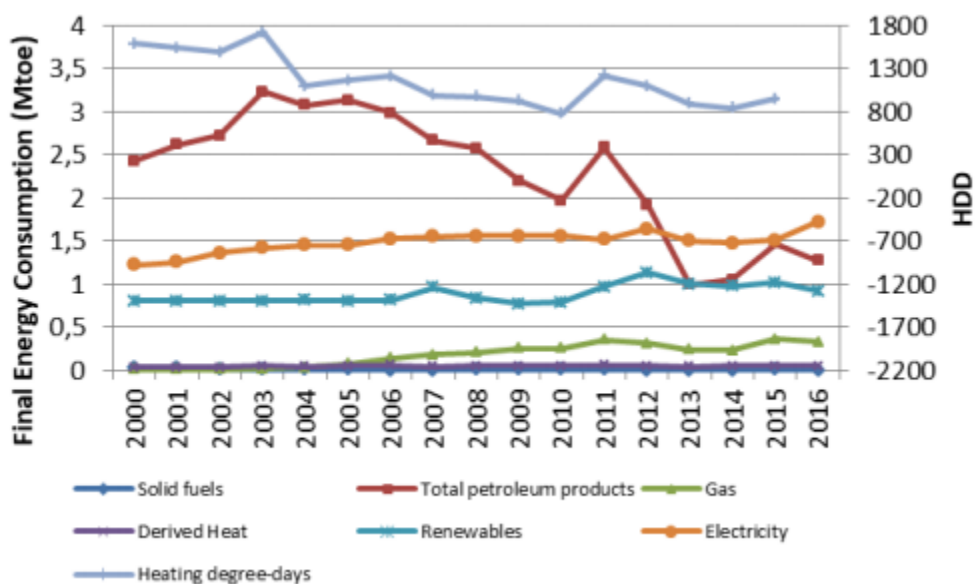
αθλητικά κέντρα, εργαστηριακούς, βιομηχανικούς και αποθηκευτικούς χώρους, σταθμούς αυτοκινήτων και αντίστοιχους παρεμφερείς χώρους.

Από το 2000, η τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά μειώθηκε κατά 5% από 4,5 Mtoe το 2000 σε 4,2 Mtoe το 2016. Αν και μέχρι το 2006 η τελική κατανάλωση των νοικοκυριών αυξανόταν σταθερά, ο τομέας αυτός ήταν ένας από τους πρώτους που διατηρούν τις επιπτώσεις της οικονομικής ύφεσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης που εφαρμόστηκαν από το 2007, οδήγησε στη μείωση της τελικής κατανάλωσης του τομέα των νοικοκυριών.

Η αύξηση της οικιακής τελικής κατανάλωσης σημειώθηκε το 2011 κυρίως λόγω του ψυχρότερου χειμώνα. Ένας άλλος λόγος είναι ότι η κυβέρνηση ανακοίνωσε νέο φόρο στο πετρέλαιο θέρμανσης που θα εφαρμοστεί το 2012, γεγονός που θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους του πετρελαίου θέρμανσης κατά 50%. Έτσι λοιπόν πολλοί καταναλωτές προμηθεύτηκαν το πετρέλαιο θέρμανσης για τα επόμενα χρόνια το 2011, οδηγώντας στη σημαντική αύξηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα.



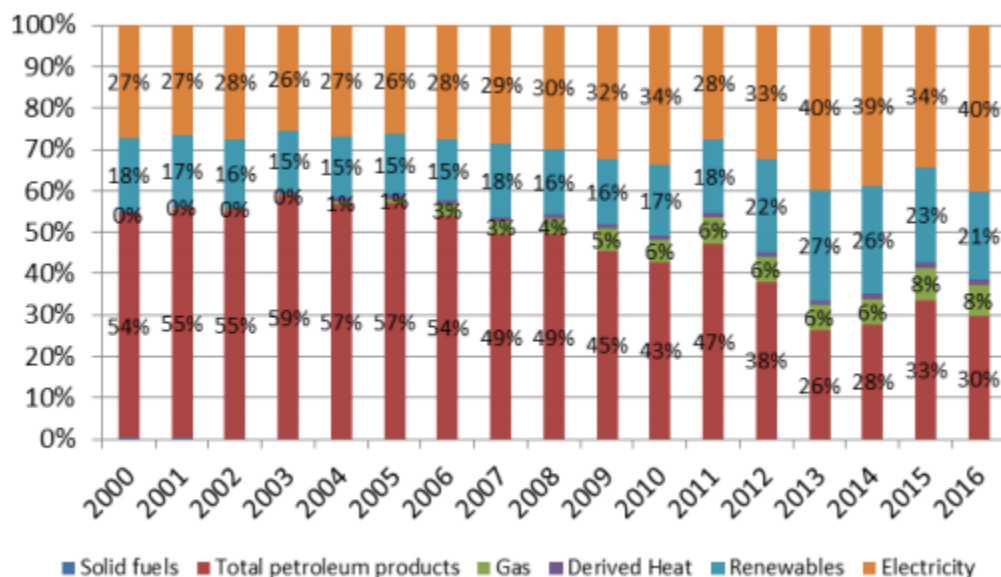
Εικόνα 9: Τελική κατανάλωση ενέργειας σε κατοικίες 2000-2016, Πηγή ODYSSEE



Εικόνα 10: Τελική κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα, Κατοικίες 2000-2016, Πηγή ODYSSEE

Κατά την περίοδο 2000-2013, ο ενεργειακός συνδυασμός των κατοικιών έχει αλλάξει. Από το 2000 έως το 2006, τα πετρελαϊκά προϊόντα είναι τα κύρια καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τον οικιακό τομέα. Μετά το 2006, με την εισαγωγή φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας, μέρος των αναγκών των κατοικιών που καλύπτονταν από πετρελαϊκά προϊόντα, άρχισαν να στρέφονται στο φυσικό αέριο, γεγονός που οδήγησε στη μείωση του ποσοστού των προϊόντων πετρελαίου στο μείγμα της τελικής κατανάλωσης ενέργειας.

Μετά το 2012, λόγω του υψηλού κόστους των πετρελαϊκών προϊόντων, το κύριο καύσιμο που καταναλώνει στην αγορά ο οικιακός τομέας είναι ο ηλεκτρισμός (40%). Επιπλέον, το 2016, λόγω μέτρων για την προώθηση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το ποσοστό αυτών αυξήθηκε κατά 7% σε σύγκριση με το μέσο ποσοστό της περιόδου 2000-2010.



Εικόνα 11: Μερίδιο στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε καύσιμα κατοικιών 2000-2016, Πηγή ODYSSEE

Καταλυτικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας είναι η παλαιότητα των κτιρίων. Συγκεκριμένα η πλειοψηφία των κτιρίων έχει κατασκευαστεί πριν το 1980 με ελλιπή ενεργειακά κριτήρια., συνεπώς τα συγκεκριμένα κτίρια δεν πληρούν τις ενεργειακές απαιτήσεις. Σε συνδυασμό με την οικονομική ύφεση της χώρας μας είναι ελάχιστα τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί από το 2010 και μετά και υπακούν στις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ. Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, είναι κατηγορίας Η με ποσοστό πάνω από 80%. Το ποσοστό αυτό προκύπτει από τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης που είχαν εκδοθεί έως το έτος 2014 (στοιχεία ΥΠΕΚΑ), ενώ τα κτίρια που κατασκευάστηκαν τις επόμενες τρεις δεκαετίες ήταν σε μεγάλο ποσοστό κατηγορίας Γ ή Δ.

Λόγω του ευνοϊκού κλίματος στην χώρα μας κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων με βασικό αποτέλεσμα την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα άνωθι συνέβαλλαν να δημιουργηθεί πριν από λίγα χρόνια ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, γνωστός ως ΚΕΝΑΚ με τον οποίο θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί πως τα μέτρα που έχουν ληφθεί στην πλειοψηφία των χωρών της Ευρώπης είναι πιο αυστηρά δεδομένης και της μεγαλύτερης κατανάλωσης ενέργειας που παρουσιάζουν.

2. Εξοικονόμηση ενέργειας

Όπως αναφέραμε η ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζει αυξητική τάση και δεν υπάρχει ισορροπία με τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας. Επομένως υπάρχει ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας ώστε να περιορίσουμε τις σπατάλες των ενεργειακών αποθεμάτων. Το ζήτημα εστιάζεται περισσότερο στην θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό και φωτισμό και ειδικά στις μεγαλουπόλεις έχει αρκετά μεγαλύτερη διάσταση λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης πληθυσμού.

Η λήψη μέτρων περί εξοικονόμησης ενέργειας ιδανικά είναι κατά τον προγραμματισμό και την αρχική μελέτη μίας κατασκευής. Σε αυτήν την περίπτωση οι μελετητές καλούνται να καταλήξουν στην βέλτιστη λύση κατασκευής συνδυάζοντας τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου, αξιοποιώντας την θέση του και την ηλιακή ακτινοβολία ανά προσανατολισμό όψεως, την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη όπου θα χρησιμοποιούνται συστήματα βασισμένα στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα σωστά δομικά υλικά για επίτευξη θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου καθώς και διατάξεις αυτόματου ελέγχου για τον έλεγχο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Βέβαια όλα αυτά καθορίζονται και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από την χρήση για την οποία προορίζεται το εκάστοτε κτίριο, τις ανάγκες που καλείται να καλύψει και την γεωγραφική του τοποθεσία.

Εκτός από την περίπτωση της νέας κατασκευής που καθιστά ευκολότερη την λήψη μέτρων περί εξοικονόμησης ενέργειας, υπάρχει και η περίπτωση αποτίμησης υπάρχουσας κατασκευής όπου θα πρέπει να συνεκτιμηθούν οι παράγοντες που αφορούν τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου (εξωτερική θερμομόνωση), αναβάθμιση ή αντικατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων καθώς θα πρέπει τα κτίρια να ανταποκρίνονται σε ένα πλήθος περιβαλλοντικών απαιτήσεων.

Τέλος, στόχος μίας κατασκευής πέρα από το χαμηλό ενεργειακό αποτύπωμά της, είναι να εξυπηρετήσει με τον καλύτερο τρόπο τις ανάγκες όλων των κατηγοριών των χρηστών και να προσφέρει σε αυτούς έναν τρόπο άνετης διαβίωσης. Σωστό είναι να αποφεύγονται απότομες κλίσεις ή σκαλοπάτια και το κτίριο να προσφέρει ασφάλεια και αποτελεσματικότητα ώστε να διευκολύνει την καθημερινότητά τους.

2.1 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα

Ο ελληνικός ενεργειακός τομέας παρουσιάζει μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία προέρχονται κυρίως από εισαγωγές. Περίπου το 54% των ενεργειακών αναγκών καλύπτονται μόνο από τα προϊόντα πετρελαίου, σε σύγκριση με 33,4% κατά μέσο όρο σε επίπεδο ΕΕ. Αυτά τα πετρελαϊκά προϊόντα δεν χρησιμοποιούνται μόνο στον τομέα των μεταφορών, αλλά μετατρέπονται επίσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Το φυσικό αέριο, το οποίο επίσης πρέπει να εισαχθεί με σημαντικό κόστος, διαδραματίζει έναν αυξανόμενο ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Οι εγχώριες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν λιγνίτη που αντιπροσωπεύει περίπου το 50% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια και η βιομάζα. Σχεδόν το 61% των πρωτογενών ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας ικανοποιούνται μέσω εισαγωγών, ενώ το υπόλοιπο 39% καλύπτεται από εγχώριες πηγές ενέργειας, κυρίως λιγνίτη (77%) και ΑΠΕ (22%). Οι εισαγόμενες πηγές ενέργειας είναι κυρίως πετρελαϊκά προϊόντα που αντιπροσωπεύουν το 44% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και του φυσικού αερίου με ποσοστό περίπου 17%.

Στην Ελληνική πραγματικότητα ο στόχος για την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 20% της ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020 έχει καθοριστεί από το νόμο 3851/2010, υπερβαίνοντας τον εθνικό στόχο 18% σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28 / ΕΚ της ΕΕ. Στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (NREAP) του 2010 παρουσιάζονται οι στόχοι ως εξής:

- για το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (40%),
- το ποσοστό θέρμανσης και ψύξης των ΑΠΕ (20%) έχουν καθοριστεί για την επίτευξη του εθνικού στόχου ΑΠΕ έως το 2020.

Βέβαια ο τελικός στόχος θα προέλθει από συνδυασμό μέτρων και συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των τεχνολογιών ΑΠΕ.

Το 2015 η χρήση των ΑΠΕ ήταν σε ποσοστό 25,9%, ένα ποσοστό το οποίο ξεπερνούσε τον στόχο του 20% μέχρι το 2020, όπως ορίζεται από το NREAP. Το ζήτημα όμως εντοπίστηκε στον τομέα των μεταφορών που έπρεπε το 10% να καλυφθεί από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενώ καλύφθηκε μόνο το 1,4%. Σε γενικό πλαίσιο η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όμως σημείωσε σημαντική αύξηση (34% μεταξύ 2012 και 2014). Το 2015, επιτεύχθηκε συνολικό μερίδιο 15,44% στις ΑΠΕ και η πρόβλεψη για το 2016 είναι περίπου 24,5%.

Οι στόχοι της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής είναι:

- η διαφύλαξη και η διαχείριση των ενεργειακών πόρων ώστε να υπάρχει αδιάλειπτη και αξιόπιστη παροχή ενεργειακών αναγκών
- η πρόσβαση όλων των χρηστών σε προσιτή και ασφαλή ενέργεια.

- η εξασφάλιση ενεργειακών αποθεμάτων, μέσω συμμαχιών και εναλλακτικών πηγών ενέργειας και διαδρομών
- η βιώσιμη και αιειφόρος ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα από το στάδιο της παραγωγής έως την τελική χρήση.

Η στρατηγική για την εξασφάλιση των αναγκών εφοδιασμού και την αντιμετώπιση των ενεργειακών προβλημάτων στην Ελλάδα διαμορφώνεται από το κανονιστικό και νομικό πλαίσιο που επικεντρώνεται σήμερα στον ακόλουθο γενικό άξονα:

- Πρόσβαση σε μια μεγάλη ποικιλία πηγών ενέργειας
- Κατασκευή αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου στα διεθνή δίκτυα
- Αυξημένη χρήση των εγχώριων ενεργειακών πηγών και αποθεμάτων
- Μειωμένη εξάρτηση από ορισμένες πηγές ενέργειας υψηλού κινδύνου
- Ανάπτυξη εγκαταστάσεων ΑΠΕ με τη χορήγηση κινήτρων
- Χρήση και διάδοση καθαρών και αποδοτικών φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών
- Απελευθέρωση της αγοράς, αύξηση της ανταγωνιστικότητας και τερματισμός των μονοπωλίων στους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου.
- Δημιουργία ενός υγιούς επενδυτικού κλίματος για τις επιχειρήσεις στον ενεργειακό τομέα
- Εξοικονόμηση ενέργειας για βιομηχανία, μεταφορές, κτίρια και σπίτια
- Καθιέρωση εθνικών στόχων για την αυξημένη διείσδυση της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και την εξοικονόμηση ενέργειας.

2.2 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK)

Στην Ελλάδα, η ενσωμάτωση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ ολοκληρώθηκε με την ψήφιση του Ν.3661/08. Οι θεσμοθετημένες θέσεις για την ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα οδήγησαν στη θέσπιση Τεχνικών Οδηγιών με βάση τον «Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – KENAK». Στο ΦΕΚ δημοσιεύθηκε η απόφαση με αριθμ. ΔΕΠΕΑ/οικ.178581 των υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας με θέμα «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων».

Ο KENAK βοηθάει στην ολοκληρωμένη ενεργειακή σχεδίαση ενός κτιρίου ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή του απόδοση, η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση η προστασία του περιβάλλοντος. Για να υλοποιηθεί αυτό έχει οριστεί μία αλληλουχία δράσεων που περιλαμβάνει την εκπόνηση της μελέτης για την ενεργειακή απόδοσή των κτιρίων, την θέσπιση των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) και τέλος την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων τους.

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων είναι απαραίτητο να εκπονηθεί για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), στο οποίο θα γίνει ριζική ανακαίνιση και έχει συγκεκριμένη μεθοδολογία όπου θα πρέπει το

κτίριο να εκπληρώνει τις ελάχιστες προδιαγραφές αναφορικά με τον σχεδιασμό του και τα συστήματα του και έπειτα να συγκριθεί με το κτίριο αναφοράς.

Το κτίριο αναφοράς είναι ένα κτίριο το οποίο έχει ακριβώς την ίδια γεωμετρία, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπάρχον και πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές στον σχεδιασμό, το κτιριακό κέλυφος και τα τεχνικά συστήματα του.

Βάση του κανονισμού όλα τα νέα και ανακαινισμένα κτίρια, σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές υποχρεούνται να καλύπτουν τουλάχιστον το 60% των αναγκών τους σε ζεστό νερό μέσω θερμικών ηλιακών συστημάτων. Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων έχει φανεί ελαστική στις δύσκολες οικονομικές συνθήκες που αντιμετωπίζει η χώρα.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ισχύει για δέκα χρόνια και είναι υποχρεωτικό να εκδοθεί:

- μετά την ολοκλήρωση κατασκευής νέου κτιρίου ή κτιριακής μονάδας
- μετά την ολοκλήρωση ριζικής ανακαίνισης κτιρίου ή κτιριακής μονάδας
- κατά την πώληση κτιρίου ή κτιριακής μονάδας
- κατά τη μίσθωση σε νέο ενοικιαστή κτιρίου ή κτιριακής μονάδας
- για κτίρια συνολικής επιφάνειας άνω των διακοσίων πενήντα (250) τετραγωνικών μέτρων τα οποία χρησιμοποιούνται από υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό. (ΥΠΕΚΑ)

Πλέον σε περίπτωση αγοραπωλησίας και ενοικίασης είναι υποχρεωτικό να εκδίδεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Από το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης λαμβάνουμε στοιχεία για την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μας από την αξιολόγηση του ενεργειακού επιθεωρητή. Η ενεργειακή κατηγορία ορίζεται από τον λόγο της κατανάλωσης του κτιρίου προς την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς. Ύστερα ο προτείνονται μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου ώστε οι καταναλωτές να συνειδητοποιήσουν τις δυνατότητες βελτίωσης και εξοικονόμησης που έχουν.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων είναι υποχρέωση της χώρας μας μπροστά στις απαιτήσεις και στα τεκταινόμενα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά πρωτίστως ως προς τους πολίτες της. Ο κτιριακός πλούτος της χώρας είχε αμεληθεί ενώ θα έπρεπε να χρίζει σωστότερης μεταχείρισης για να εξασφαλιστεί καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά και εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι κατοικίες με υψηλή ενεργειακή κλάση δεν στερούνται ασφάλειας, άνεσης και αισθητικής. Αντιθέτως συμβάλουν στο περιβάλλον καθώς παρέχουν επιπρόσθετα και οικονομικό όφελος στους χρήστες.

Πέραν όμως της ενεργειακής αναβάθμισης νέων ή υφιστάμενων κατασκευών, επιτακτική θεωρείται η ανάγκη για την ύπαρξη περιβαλλοντικής συνείδησης στον πληθυσμό καθώς θα συνδράμει κατά πολύ σε κοινωνική ανάταση και μείωση της ενεργειακής σπατάλης και ρύπανσης που προκαλούνται από την λανθασμένη χρήση των συνθηκών που προσφέρει η φύση. Είναι σωστό να υπάρχει ενημέρωση ως προς την σωστή διαχείριση των φυσικών πόρων αναλόγως την εποχή και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν καθώς επίσης και για τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας.

2.3 Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

Εφόσον έχει διενεργηθεί η ενεργειακή επιθεώρηση και έχουν συλλεχθεί τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, θα πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση για τις δυνατότητες εξοικονόμησης που μπορούν να επιτευχθούν.

Το ενεργειακό όφελος που μπορεί να επιτευχθεί επηρεάζεται από τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις σε μία κατασκευή καθώς και από το ύψος της οικονομικής επένδυσης που είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί. Για τον λόγο αυτό θα διαχωρίσουμε τα μέτρα σε δύο κατηγορίες: α) χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους και β) μέτρα που απαιτούν ένα κόστος επένδυσης.

A) Χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους

Στην συγκεκριμένη κατηγορία μέτρων εξοικονόμησης, κύριο μέλημα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα κάτωθι:

- Σωστή ρύθμιση του θερμοστάτη στις ιδανικές θερμοκρασίες (19-26°C)
- Αποφυγή τοποθέτησης πηγών θερμότητας κοντά στον θερμοστάτη
- Βέλτιστος προγραμματισμός ωρών ψύξης-θέρμανσης, ώστε να μην χρησιμοποιείται άσκοπα
- Τακτική συντήρηση του συστήματος καυστήρα και λέβητα, τουλάχιστον μία φορά τον χρόνο στην αρχή ή στο τέλος της χειμερινής περιόδου, ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή
- Βελτίωση αποδοτικότητας θερμαντικών σωμάτων με συστηματική εξαέρωσή τους και καλό είναι να μην σκεπάζονται ώστε να κυκλοφορεί άνετα ο αέρας γύρω από αυτά.
- Κλειστές πόρτες όταν το σύστημα ψύξης – θέρμανσης βρίσκεται σε λειτουργία
- Έλεγχος για διαρροές θερμότητας και βελτίωση αεροστεγανότητας με τη χρήση αυτοκόλλητων ταινιών
- Προτίμηση στη χρήση ανεμιστήρα οροφής με δυνατότητα αναστροφής αέρα, έναντι κλιματιστικού μέσου
- Σωστή σκίαση του χώρου που εξασφαλίζεται από τη χρήση τεντών ή κουρτινών
- Βελτίωση μικροκλίματος κτιρίου με χρήση φυτών

- Εξωτερική βαφή κτιριακού κελύφους με ανακλαστικό χρώμα ή προϊόντων νανοτεχνολογίας
- Προμήθεια ηλεκτρικών συσκευών υψηλής ενεργειακής απόδοσης και σωστή χρήση τους
- Αποφυγή της θέσης αναμονής στις ηλεκτρικές συσκευές
- Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού εφόσον είναι εφικτό
- Αντικατάσταση λαμπτήρων με λαμπτήρες LED χαμηλής κατανάλωσης

B) Μέτρα με αρχικό κόστος επένδυσης

Παρατίθενται μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν με σκοπό να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά απαιτούν μεγαλύτερο κόστος επένδυσης:

- Αύξηση της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου εφαρμόζοντας την κατάλληλη θερμομόνωση στα αδιαφανή δομικά στοιχεία με σκοπό την αποφυγή θερμογεφυρών.
- Αντικατάσταση διαφανών δομικών στοιχείων με πιο αποδοτικά ενεργειακά
- Σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός στο κτίριο ή βελτιώσεις στον σχεδιασμό του
- Ένταξη παθητικών και βιοκλιματικών συστημάτων όπως ανεμοπροστασία και ηλιακούς τοίχους
- Βελτίωση θερμομόνωσης σωληνώσεων – αεραγωγών
- Επιλογή κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης για την κάλυψη αναγκών του κτιρίου που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι τα ηλιοθερμικά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα
- Εφαρμογή συστημάτων ελέγχου - Συστήματα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης

Για την επιλογή των κατάλληλων μέτρων χρησιμοποιούνται κριτήρια που ορίζουν τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα επιτευχθούν σε συνδυασμό με το κόστος επένδυσης που απαιτείται καθώς και τον χρόνο απόσβεσης.

2.4 Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας υπάρχουν πλέον τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας κτιρίων BEMS. Τα Συστήματα Διαχείρισης Ενεργειακών Συστημάτων (BEMS) είναι ολοκληρωμένα, μηχανογραφικά συστήματα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο εγκαταστάσεων και εξοπλισμού οικοδομικών υπηρεσιών που σχετίζονται με την ενέργεια, όπως συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC), φωτισμός, συστήματα ισχύος κ.ο.κ.

Η φράση Συστήματα Διαχείρισης Ενεργειακών Συστημάτων χρησιμοποιείται μερικές φορές εναλλάξιμα με τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (BMS), όμως, τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο ενός ευρέος φάσματος συστημάτων κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων πυρκαγιάς, ανίχνευσης καπνού και συναγερμών, ανιχνευτών κίνησης, CCTV, ασφάλεια και έλεγχο πρόσβασης, ανελκυστήρες και ούτω καθεξής. Τα Συστήματα Διαχείρισης Ενεργειακών Συστημάτων αφορούν συγκεκριμένα τα συστήματα που σχετίζονται με την ενέργεια.

Τα μικρά κτίρια ενδέχεται να διαθέτουν ανεξάρτητους ελέγχους για τα ενεργειακά συστήματα, αλλά για μεγαλύτερα ή πιο σύνθετα κτίρια, χώρους με πολλά κτίρια ή οργανισμούς με κτίρια σε αρκετούς χώρους, η ολοκλήρωση της λειτουργίας των συστημάτων μέσω ενός ενιαίου συστήματος διαχείρισης ενεργειακών κτιρίων προσφέρει μεγαλύτερο έλεγχο και μπορεί να επιτύχει σημαντική εξοικονόμηση πόρων. Το τελευταίο διάστημα παρατηρείται όλο και περισσότερο, να αναπτύσσονται απλά BEMS που είναι κατάλληλα και για τα μικρότερα κτίρια. Αυτό το αυξανόμενο ενδιαφέρον οφείλεται στο αυξανόμενο κόστος των καυσίμων, στις ανησυχίες σχετικά με την ενεργειακή ασφάλεια, στους ολόένα και πιο επιθετικούς περιβαλλοντικούς στόχους και στο μειωμένο κόστος των αισθητήρων, του λογισμικού ανάλυσης και της αποθήκευσης δεδομένων.

Τα Συστήματα Διαχείρισης Ενεργειακών Συστημάτων παρέχουν απομακρυσμένη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και ολοκληρωμένο έλεγχο συνδεδεμένων συστημάτων, επιτρέποντας την παρακολούθηση των τρόπων λειτουργίας, της χρήσης ενέργειας, των περιβαλλοντικών συνθηκών κ.ο.κ., επιτρέποντας την προσαρμογή των ωρών λειτουργίας, των σημείων ρύθμισης, την απόδοση και την άνεση. Το BEMS μπορεί επίσης να προκαλέσει συναγερμούς, σε ορισμένες περιπτώσεις να προβλέψει ζητήματα και να ενημερώσει τα προγράμματα συντήρησης. Επιτρέπουν την τήρηση ιστορικού απόδοσης, τη συγκριτική αξιολόγηση των επιδόσεων σε σχέση με άλλα κτίρια και μπορεί να συμβάλλουν στην αυτόματη σύνταξη αναφορών.

Οι ισχυρισμοί για την κλίμακα εξοικονόμησης που μπορεί να επιτευχθεί από τα BEMS κυμαίνονται από 10% έως 25%. Λειτουργώντας σωστά, θα πρέπει να επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας χωρίς να μειώνεται η άνεση ή η απόδοση. Ωστόσο, αυτό απαιτεί μια λεπτομερή κατανόηση

του τρόπου με τον οποίο τα κτίρια υποτίθεται ότι εκτελούν και πώς αλληλεπιδρούν διαφορετικά συστήματα μέσα σε αυτά.

Για να λειτουργήσουν σωστά, πρέπει να σχεδιαστούν, να εγκατασταθούν και να τεθούν σε λειτουργία σωστά και να έχουν μια διεπαφή χρήστη που είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί. Στη συνέχεια, θα πρέπει να αξιολογούνται συνεχώς και να τελειοποιούνται, καθώς οι επιδόσεις τους κατανοούνται καλύτερα σε μια σειρά εποχών και τρόπων λειτουργίας με αλλαγές στα κτίρια ή τις εργασίες. Η συντήρηση είναι επίσης απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι τα συστήματα θα συνεχίσουν να λειτουργούν σωστά, για παράδειγμα αντικατάσταση αισθητήρων και μπαταριών, έλεγχος συνδέσεων, έλεγχος λειτουργίας αποσβεστήρων και βαλβίδων, αναβάθμιση λογισμικού κ.ο.κ.

2.5 Κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι κτίρια, τα όποια έχουν πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και η όποια ενέργεια απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών τους καλύπτεται στον μεγαλύτερο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Βασικά χαρακτηριστικά των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nearly zero-energy buildings, nZEB) είναι πως διαθέτουν διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία με χαμηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας και υψηλές ενεργειακές προδιαγραφές, ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα επίσης υψηλών προδιαγραφών και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες θα καλύπτουν σημαντικό ποσοστό της κατανάλωσης τους.

Αρχικά υπήρχε το πρότυπο του Παθητικού Κτιρίου, PassiveHaus, με το οποίο η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη ήταν μεγάλη ώστε να μην είναι απαραίτητα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης.

Η διαφορά τους με τα Κτίρια Μηδενικής Ενέργειας, είναι πως αυτά αντισταθμίζουν την ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου χρησιμοποιώντας τοπική παραγωγή ενέργειας μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

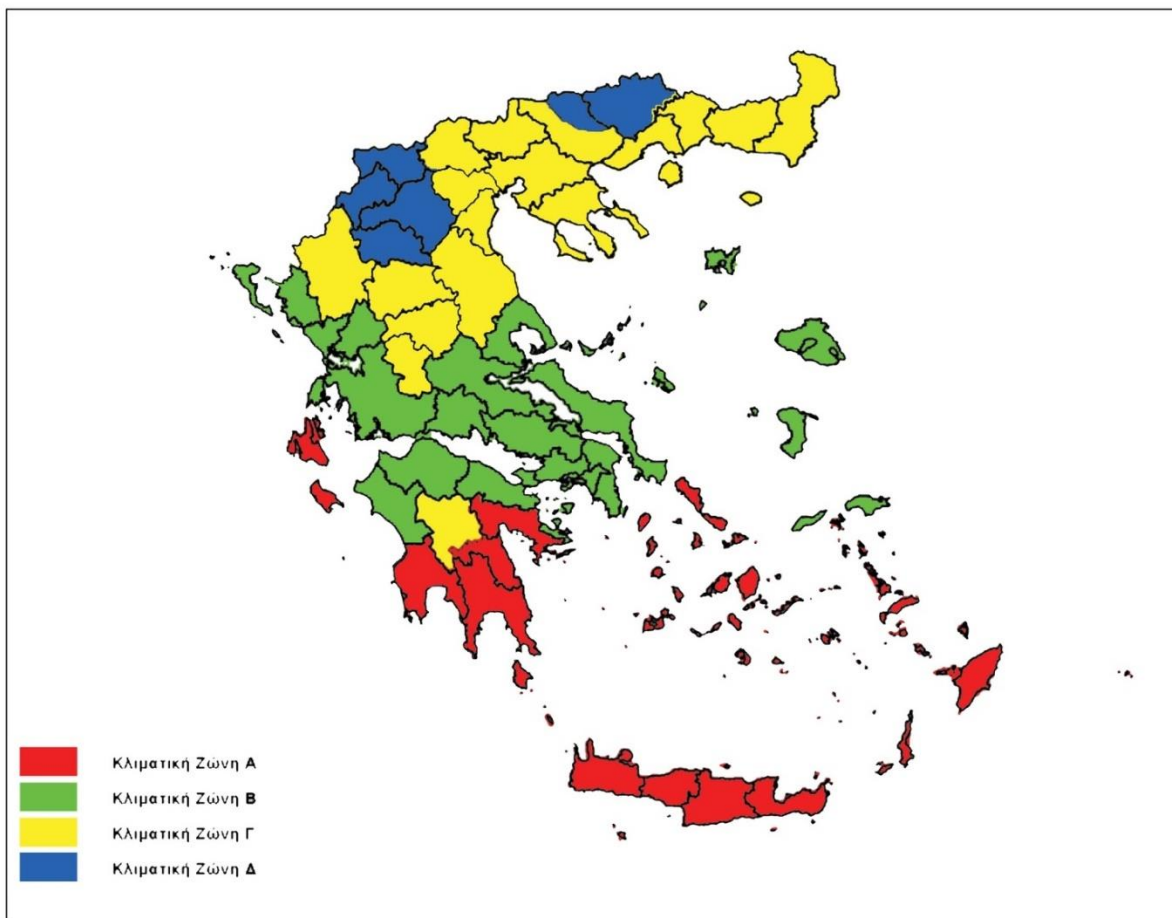
Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αυτόνομο κτίριο Μηδενικής Ενέργειας: Στο συγκεκριμένο κτίριο εξολοκλήρου η ζήτηση καλύπτεται από την παραγωγή στο σημείο, χωρίς να υπάρχουν εξωτερικές συνδέσεις δικτύου
- Zero net site energy: σε αυτή την περίπτωση η τοπική παραγωγή αντισταθμίζει πλήρως την επί τόπου ζήτηση ενέργειας
- Zero net source energy: στην προκειμένη η τοπική παραγωγή αντισταθμίζει πλήρως τις απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας.

Το βασικό κλειδί για την δημιουργία ενός κτιρίου μηδενικής ενέργειας αρχίζει με την χρήση λογισμικού ενεργειακής μοντελοποίησης. Αυτή η τεχνολογία, χρησιμοποιείται περισσότερο στη φάση του σχεδιασμού, ώστε να συμβάλλει στον προσδιορισμό του οικονομικά αποδοτικότερου συνδυασμού των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούνται για να επιτευχθεί μηδενική ενέργεια.

3. Γενική περιγραφή και διερεύνηση κτιρίου

Αντικείμενο της εν λόγω διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς κατασκευής στην Αθήνα, την οποία θα αναβαθμίσουμε ενεργειακά. Από τον χάρτη με τις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα προκύπτει ότι το κτίριο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β'



Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

3.1 Χαρακτηριστικά Κατασκευής

Η κατασκευή που θα ερευνησουμε αποτελεί κτίριο κατοικιών και διαθέτει: α) ισόγεια στάθμη-πilotής, β) Α' όροφος με 1 διαμέρισμα, γ) Β' όροφος με 1 διαμέρισμα, δ) μεζονέτα κατοικίας Γ' & Δ' ορόφου και ε) δώμα με απόληξη κλιμακοστασίου. Επίσης, στην οικοδομή υπάρχουν συνολικά 3 θέσεις στάθμευσης για την εξυπηρέτηση των κατοικιών στο ισόγειο.

Το κτίριο έχει βορειοδυτικό προσανατολισμό και συνορεύει με άλλα κτίρια, επομένως η είσοδος του ηλιακού φωτός είναι εφικτή από την μπροστινή και την πίσω όψη μόνο.

Περιγραφή Ορόφων

1. Ισόγειο - Pilotή

- Είσοδος, κλιμακοστάσιο κτιρίου, εμβαδού 123,25 τ.μ.

2. Α' όροφος

- Κατοικία Α, εμβαδού 71,76 τ.μ.

- Κλιμακοστάσιο, εμβαδού 15,04 τ.μ.

- Ημιυπαίθριοι χώροι, εμβαδού 5,13 τ.μ.

- Εξώστες, εμβαδού 15,73 τ.μ.

3. Β' όροφος

- Κατοικία Β, εμβαδού 71,76 τ.μ.

- Κλιμακοστάσιο, εμβαδού 15,04 τ.μ.

- Ημιυπαίθριοι χώροι, εμβαδού 5,13 τ.μ.

- Εξώστες, εμβαδού 15,73 τ.μ.

4. Γ' όροφος

- Κατοικία Γ, εμβαδού 71,76 τ.μ.
- Κλιμακοστάσιο, εμβαδού 15,04 τ.μ.
- Ημιυπαίθριοι χώροι, εμβαδού 5,13 τ.μ.
- Εξώστες, εμβαδού 15,73 τ.μ.

5. Δ' όροφος

- Κατοικία Δ, εμβαδού 71,76 τ.μ.
- Κλιμακοστάσιο, εμβαδού 15,04 τ.μ.
- Ημιυπαίθριοι χώροι, εμβαδού 5,13 τ.μ.
- Εξώστες, εμβαδού 38,22 τ.μ.

6. Βατό δώμα - Ε' όροφος

- Απόληξη κλιμακοστασίου, εμβαδού 42,02 τ.μ.

3.2 Δεδομένα για κτίριο βάσει της οδηγίας TOTEE_20701-1_2017

Βάσει της οδηγίας TOTEE_20701-1_2017 λαμβάνουμε τα κάτωθι που ισχύουν αναφορικά στην περίπτωση μας:

- Το ωράριο λειτουργίας μίας πολυκατοικίας είναι 18 ώρες ημερησίως, για 7 ημέρες την εβδομάδα και για 12 μήνες τον χρόνο. Σημειώνεται ότι το ωράριο και η περίοδος λειτουργίας των βοηθητικών χώρων ενός κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης (κοινόχρηστα λουτρά, διάδρομοι, κλιμακοστάσια κ.ά.) είναι το ίδιο με αυτό της κύριας χρήσης .

- Για τους υπολογισμούς των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός κτιρίου, λαμβάνονται συγκεκριμένες περιόδους για τη θέρμανση και ψύξη ανάλογα με την κλιματική ζώνη. Για τη κλιματική ζώνη Β', όπου και ανήκει το κτίριο μας, η περίοδος θέρμανσης είναι από την 1η Νοεμβρίου μέχρι και τις 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από τις 15 Μαΐου μέχρι και τις 15 Σεπτεμβρίου.
- Οι καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου είναι 20°C κατά την χειμερινή περίοδο και 26°C για την θερινή. Το ποσοστό της σχετικής υγρασίας είναι στο 40% για την χειμερινή περίοδο και 45% για την θερινή.
- Ο απαιτούμενος νωπός αέρας για πολυκατοικία είναι 15m³ ανά ώρα ανά άτομο νωπού αέρα και 0,75m³ ανά ώρα ανά τετραγωνικό μέτρο. Διευκρινίζεται πως για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αέρα για την ερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης, οι βοηθητικοί χώροι (π.χ. κλιμακοστάσια, διάδρομοι κ.ά.) κάθε θερμικής ζώνης, θα συνυπολογίζονται με την τιμή που αντιστοιχεί σε βοηθητικούς χώρους, δηλαδή 2,6 m³ ανά ώρα ανά τετραγωνικό μέτρο
- Η στάθμη γενικού φωτισμού είναι 200lx για πολυκατοικία για επίπεδο αναφοράς μέτρησης στα 0,8m σε συνδυασμό με τον παρακάτω πίνακα για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού(W/m²) ανάλογα της στάθμης φωτισμού

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	0,8	-	-

Ζώνες τεχνητού φωτισμού / Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m ²]	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [W/m ²]
1000	32	28,0
500	18	14,0
400	12,8	11,2
300	9,6	8,4
250	8,0	7,0
200	6,4	5,6
100	3,2	2,8

Εικόνα 13: Απαιτήσεις φωτισμού βάσει (TOTEE 20701-2/2017)

- Η τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 45°C) για πολυκατοικία είναι 50l ανά άτομο την ημέρα, 27,38m³ ανά υπνοδωμάτιο το έτος. Στην τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές» δίνονται τυπικές τιμές για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού δικτύου για διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Παρατίθεται ο πίνακας με την μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού ανά κλιματική ζώνη

Κλιματική Ζώνη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
A	13,0	12,8	13,8	16,3	19,9	23,8	26,2	26,6	24,9	21,7	18,1	14,8
B	10,4	10,1	11,7	14,8	18,9	23,1	25,6	25,8	23,5	19,7	15,5	12,2
Γ	6,5	7,3	9,4	13,2	17,6	21,9	24,3	24,6	22,0	17,7	12,7	8,6
Δ	4,2	5,0	7,5	11,5	15,7	19,8	22,2	22,7	20,2	15,9	10,8	6,6

Εικόνα 14: Τυπικές τιμές για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού δικτύου για διάφορες κλιματικές ζώνες (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017)

- Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών πολυκατοικίας είναι 80W θερμικής ισχύος ανά άτομο, 4W/m² και μέσο συντελεστή παρουσίας 0,75
- Η εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/ εξοπλισμού είναι 4W/m² με μέσο συντελεστή ετεροχρονισμού 0,5, 2 W/m² ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού και 0,75 μέσο συντελεστή λειτουργίας.

3.3 Δομικά στοιχεία κτιρίου και υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας τους

Τοιχοποιία

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 0,6μ και οπτοπλινθοδομές για τοίχους πληρώσεως, καθώς υπήρχε φέρων οργανισμός στην οικοδομή δηλαδή ο σκελετός από μπετόν. Η τοιχοποιία πληρώσεως καλύπτει τα κενά του φέροντος οργανισμού, για παράδειγμα ανάμεσα στις κολώνες.

Ο εξωτερικός τοίχος είναι κατασκευασμένος με διάκενο ώστε στο κενό του να κινείται άνετα το συρόμενο κούφωμα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε 2 δρομικούς τοίχους πάχους 18εκ. με διπλό επίχρισμα στις δύο όψεις τους πάχους 2 εκ και θερμομόνωση στο κέντρο τους.

Οι εσωτερικοί τοίχοι είναι δρομικοί πάχους 9εκ με επίχρισμα 2εκ. σε τομή.

Βάσει της ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017 θα υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας (U) των αδιαφανών δομικών στοιχείων καθώς θα απαιτηθεί η εισαγωγή τους στην ενεργειακή ανάλυση. Παρατίθεται το σχετικό κομμάτι από την σελίδα 16 της οδηγίας.

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεων του στρώσεις αέρα.

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

$$U = \frac{1}{R_{\gamma} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{\delta} + R_{\alpha}} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

όπου: U	[W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,
n	[-]	το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
d	[m]	το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,
λ	[W/(m·K)]	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,
R _δ	[m ² ·KW]	η θερμική αντίσταση 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,
R _ι	[m ² ·KW]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
R _α	[m ² ·KW]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Εικόνα 15: Τύπος υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας (U) των αδιαφανών δομικών στοιχείων (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017)

Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Σύμφωνα με την Κ.Εν.Α.Κ. οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον Πίνακα 6 της TOTEE 20701-2.

Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά ζώνη					
Δομικό στοιχείο	Σύμ- βολο	Α	Β	Γ	Δ
		[(W / (m ² K)]			
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0.60	0.50	0.45	0.40
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1.50	1.00	0.80	0.70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1.50	1.00	0.80	0.70
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλοτές)	U _{FA}	0.50	0.45	0.40	0.35
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1.20	0.90	0.75	0.70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1.20	0.90	0.75	0.70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ. λπ)	U _W	3.20	3.00	2.80	2.60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2.20	2.00	1.80	1.80

Οι τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο σύμφωνα με τον Πίνακα 3β. της TOTEE 20701-2 .

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/Ri	1/Ra	Ri	Ra
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7.70	25.00	0.13	0.04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7.70	7.70	0.13	0.13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7.70	-	0.13	0.00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10.00	25.00	0.10	0.04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10.00	10.00	0.10	0.10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5.88	25.00	0.17	0.04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5.88	5.88	0.17	0.17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5.88	-	0.17	0.00

Εικόνα 16: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας (TOTEE 20701-2/2017)

Ακολουθεί ο πίνακας με τις ιδιότητες των δομικών στοιχείων του κελύφους. Όπου ο συντελεστής θερμοπερατότητας απεικονίζεται με κόκκινο, τότε είναι ανεπαρκής βάσει του KENAK.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ. αγωγιμ.	Θερμ. αντίστ.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	λ	d / λ	C_p	μ	
		Kg/m ³	m	W / (mK)	(mK) / W		ξηρό	υγρό
1	Ασβεστοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.023	1000	15	-
2	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200	0.09	0.45	0.200	1000	5 - 10	
3	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	40	0.04	0.031	1.290	1450	80 -250	
4	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200	0.09	0.45	0.200	1000	5 - 10	
5	Ασβεστοκονίαμα	1800	0.02	0.87	0.023	1000	15	

Άρα η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $R_T = 1.736$

R _i	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	(m ² K) / W	0.130
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	(m ² K) / W	1.736
R _a	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	(m ² K) / W	0.040
R _{ολ}	Αντίσταση θερμοπερατότητας	(m ² K) / W	1.906
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W / (m ² K)	0.525

Πλάκες

Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά της πλάκας του κτιρίου.

α/ α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητ α	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ	Θερμ. αντίστ	Ειδική θερμοχωρ ητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	Αγωγιμ . λ	d / λ	Cp	μ	
		Kg/m ³	m	W / (m ² K)	(m ² K) / W		ξηρό	υγρό
1	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.02	1.84	0.011	840	250	-
2	Περλιτόδεμα με τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0.08	0.094	0.851			
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα (παλαιού τύπου B120)	2400	0.2	1.51	0.132	1000		

Άρα η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $R_T = 0.994$

Για δάπεδο επάνω από ανοιχτή διάβαση (πιλοτή – κατερχόμενη ροή θερμότητας) ισχύει:

R _i	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	(m ² K) / W	0.170
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	(m ² K) / W	0.994
R _a	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	(m ² K) / W	0.040
R _{ολ}	Αντίσταση θερμοπερατότητας	(m ² K) / W	1.204
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W / (m ² K)	0.830

Για στέγη δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας) για εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Ri	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	(m ² K) / W	0.100
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	(m ² K) / W	0.994
Ra	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	(m ² K) / W	0.040
Rολ	Αντίσταση θερμοπερατότητας	(m ² K) / W	1.134
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W / (m ² K)	0.882

Κουφώματα – Ανοίγματα

A) Πόρτα εισόδου

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ.	Θερμ. αντίστ.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	αγωγιμ. λ	d / λ	Cp	μ	
		Kg/m ³	m	W / (m ² K)	(m ² K) / W		ξηρό	υγρό
1	Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2800	0.003	160	0.000	880	250	-
2	Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες 30 kg/m ³	30	0.025	0.038	0.658	1450	80 - 250	
3	Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2800	0.003	160	0.000	880	250	

Άρα η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $R_T = 0.658$

Ri	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$(m^2K) / W$	0.130
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$(m^2K) / W$	0.658
Ra	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$(m^2K) / W$	0.040
Rολ	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$(m^2K) / W$	0.828
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	$W / (m^2K)$	1.208

B) Εσωτερικές πόρτες

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ.	Θερμ. αντίστ.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	αγωγιμ. λ	d / λ	Cp	μ	
		Kg/m ³	m	W / (m ² K)	(m ² K) / W		ξηρό	υγρό
1	Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0.03	0,14	0,214	1600	50	20

Άρα η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $R_T = 0.214$

Ri	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$(m^2K) / W$	0.130
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$(m^2K) / W$	0.214
Ra	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$(m^2K) / W$	0.040
Rολ	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$(m^2K) / W$	0.384
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	$W / (m^2K)$	2.602

Γ) Παράθυρα

Τα κουφώματα είναι με διπλό υαλοπίνακα 4-6-4, δηλαδή 4mm το πάχος του συμβατικού μονού υαλοπίνακα και 6mm διάκενο αέρα χωρίς θερμοδιακοπή. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας τους χρησιμοποιήθηκε η τεχνική οδηγία του ΤΕΕ 20701-1/2017 και συγκεκριμένα η παράγραφος 4.2.3

α/α	Δομικό στοιχείο	Εμβ. Επιφάνειας πλαισίου (A _f)	Εμβ. Επιφάνειας υαλοπίνακα (A _g)	Συντελεστής θερμπερατότητας πλαισίου κουφώματος (U _f)	Συντελεστής θερμπερατότητας υαλοπίνακα (U _g)	Περ. υαλοπίνακα (l _g)	Γραμ. θερμοπερατότητα στη συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα (Ψ _g)	Συντελεστής θερμπερατότητας διπλού υαλοπίνακα (U _w) (W/m ² *K)
1	Μπροστινή όψη μεγάλο κούφωμα	0.468	3.272	7.000	3.300	7.800	0.020	3.805
2	Μπροστινή όψη μικρό κούφωμα	0.392	1.962	7.000	3.300	6.540	0.020	3.972
3	Πίσω όψη κούφωμα	0.372	1.608	7.000	3.300	6.200	0.020	4.058
4	Πίσω όψη παράθυρο	0.168	0.232	7.000	3.300	2.800	0.020	4.994
5	Παράθυρο κλιμακοστασίου	0.192	0.408	7.000	3.300	3.200	0.020	4.591

3.4 Συστήματα κτιρίου

Αερισμός

Για τον αερισμό του κτιρίου δεν έχει προβλεφθεί κάποιο σύστημα μηχανικού αερισμού. Θα χρειαστεί όμως να υπολογιστεί ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα). Από την παράγραφο 4.4.2 θα υπολογίσουμε τις τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανηγμένο στα τετραγωνικά μέτρα των κουφωμάτων μας και στον αριθμό τους. Ο ρυθμός παροχής φυσικού αερισμού είναι $48.09\text{m}^3/\text{h} = 0,0134\text{ m}^3/\text{s}$ για τον κάθε όροφο.

Φωτισμός

Συγκεκριμένα για τον τριτογενή τομέα η φωτεινή απόδοση είναι $60\text{l/m}^2/\text{W}$. Τα φωτιστικά σώματα που υπάρχουν στο κτίριο είναι απλοί λαμπτήρες φθορισμού και θα λάβουμε την μέση τιμή της φωτεινής απόδοσης βάσει του Πίνακα 5.1 της τεχνικής οδηγίας, δηλαδή στα $60\text{l/m}^2/\text{W}$. Για να υπολογίσουμε την ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο γνωρίζουμε πως η ελάχιστη στάθμη φωτισμού είναι 200lx για πολυκατοικία. Άρα είναι $3,33\text{W/m}^2$. Η εγκατεστημένη ισχύς των λαμπτήρων είναι 43KW

Λέβητας

Ακολουθεί εικόνα από τυπικό λεβητοστάσιο με τα χαρακτηριστικά του κατασκευαστή



Εικόνα 17: Τυπική εγκατάσταση λέβητα



Εικόνα 18: Χαρακτηριστικά λέβητα

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης του λέβητα-καυστήρα προκύπτει 0,94 βάσει του τύπου της παραγράφου 5.1.2.1 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. Ο βαθμός απόδοσης των καλοριφέρ είναι 0,88.

Κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης

Το κτίριο μας καλύπτει τις ανάγκες για ΖΝΧ μέσω του κεντρικού λέβητα θέρμανσης χώρων. Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d σε kWh ανά ημέρα είναι 18,02kWh/day. Τα δεδομένα είναι $\rho = 1\text{kg/l}$, η ειδική θερμότητα $c = 4.18\text{kJ/kgK}$, η θερμοκρασιακή διαφορά είναι $34,9^\circ\text{C}$ και το ημερήσιο φορτίο όλου του κτιρίου είναι 444,6l. Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα είναι 0,93 και του δικτύου διανομής 0,86 βάσει της παραγράφου 5.8.3 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.

4. Μοντελοποίηση και Διαστασιολόγηση Κατασκευής

4.1 Σχεδίαση με SketchUp & Open Studio

Για να ερευνήσουμε το κτίριο μας θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα Open Studio, ένα πρόσθετο του SketchUp που έχει αναπτυχθεί από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ (NREL – National Renewable Energy Laboratory), είναι open source και διατίθεται δωρεάν και λειτουργεί σε περιβάλλον Windows, Mac και Linux.

Διαθέτει τα κατάλληλα εργαλεία ώστε να γίνει η μοντελοποίηση του κτιρίου και να αποδώσουμε τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά στο κτίριο μας, συστήματα θέρμανσης – αερισμού – κλιματισμού (HVAC), φορτία κ.α.

Το SketchUp είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης που χρησιμεύει στην εύκολη μοντελοποίηση μίας κατασκευής καθώς η σχεδίαση πραγματοποιείται στο ίδιο το πρόγραμμα με τις δικές του εντολές αλλά μέσα από το περιβάλλον του Open Studio. Αρχικά θα σχεδιάσουμε το εν λόγω κτίριο και στην συνέχεια θα ορίσουμε τις διαστάσεις μας και τον προσανατολισμό που έχει η κατασκευή μας.

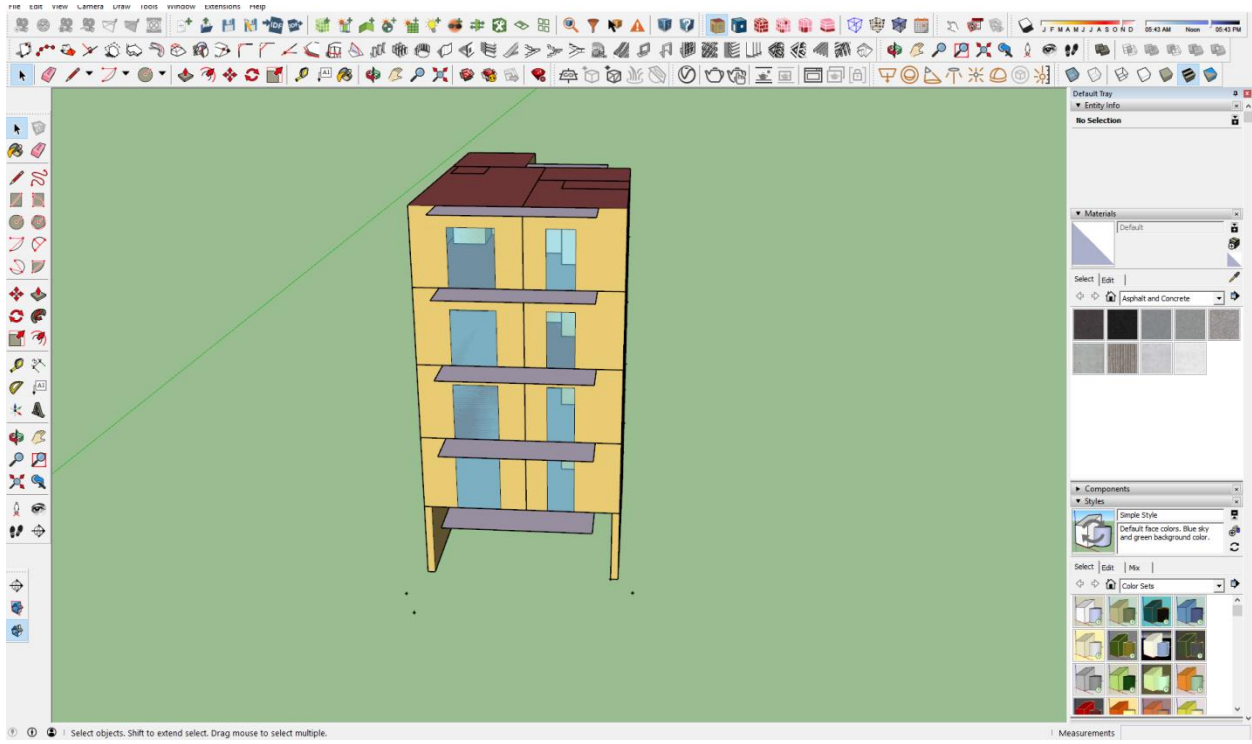
Η εγκατάσταση του Open Studio περιλαμβάνει το OpenStudio SketchUp Plug-in, OpenStudio Application, ResultsViewer και το Parametric Analysis Tool. Μέσω του OpenStudio SketchUp Plug-in θα ξεκινήσουμε την σχεδίαση του κτιρίου μας χρησιμοποιώντας τις εντολές του προγράμματος SketchUp.

Έχοντας ολοκληρώσει την σχεδίαση του, παρατηρούμε πως το κάθε στοιχείο εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα, συγκεκριμένα με σκούρο καφέ χρώμα αποτυπώνεται η οροφή, με ανοιχτό καφέ οι τοίχοι και με μωβ οι σκιάσεις. Με γαλάζιο απεικονίζονται τα κουφώματα του κτιρίου μας. Απαραίτητος βοηθός στην διαδικασία αυτή είναι το εργαλείο OpenStudio Inspector με το οποίο ορίζουμε το όνομα ή το είδος μίας επιφάνειας, τροποποιούμε τον τύπο των κουφωμάτων. Άλλες σημαντικές πληροφορίες που καταχωρούμε είναι αν ο τοίχος είναι εκτεθειμένος σε εξωτερικές συνθήκες (ήλιος και αέρας) ή όχι.

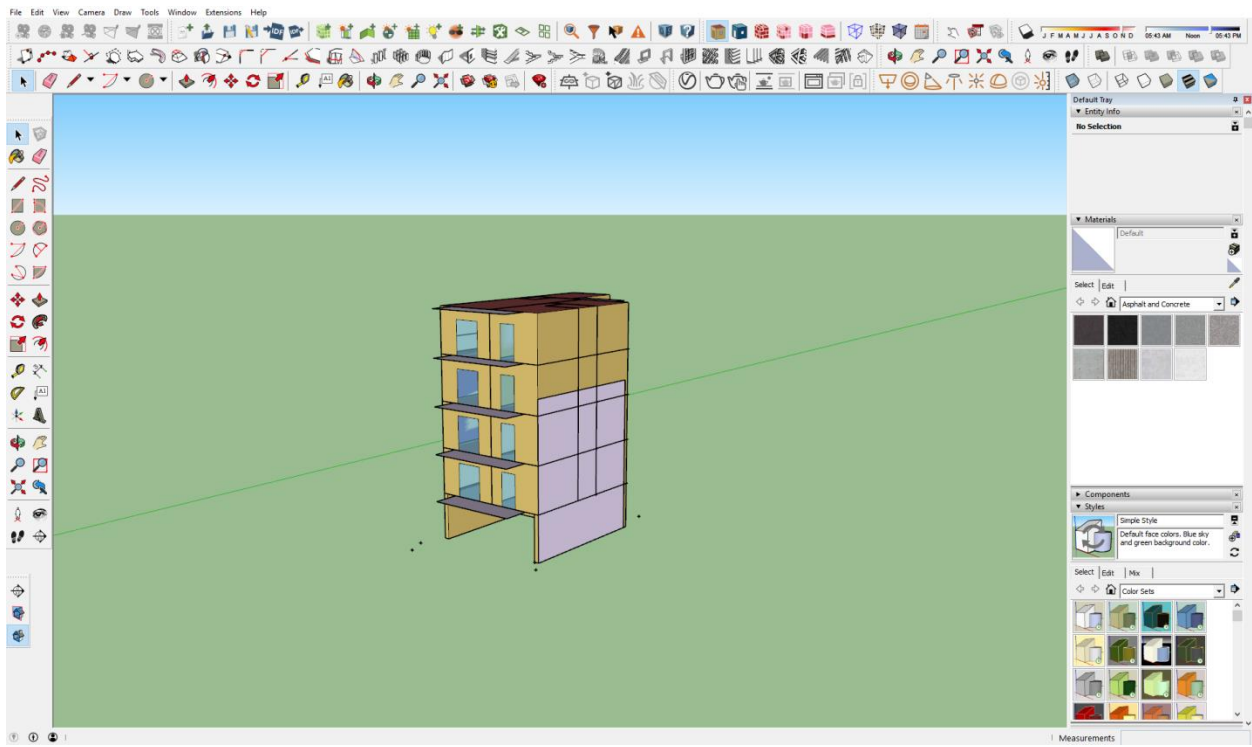
Επόμενο βήμα είναι ο ορισμός των θερμικών ζωνών που θέλουμε να ερευνήσουμε το οποίο κάνουμε είτε από την εντολή “New Space” είτε από το “Create Spaces from Diagram”. Επίσης σημαντικό είναι να ορίσουμε το είδος του κτιρίου που έχουμε σχεδιάσει και το πρόγραμμα που ακολουθεί. Στην συγκεκριμένη περίπτωση διαλέξαμε το πρόγραμμα (Schedule) “Midrise Apartment Activity”.

Παρατίθενται φωτογραφίες από το μοντέλο μας σε μπροστινή όψη, αξονοσυμμετρική όψη και πλαϊνή αντίστοιχα.

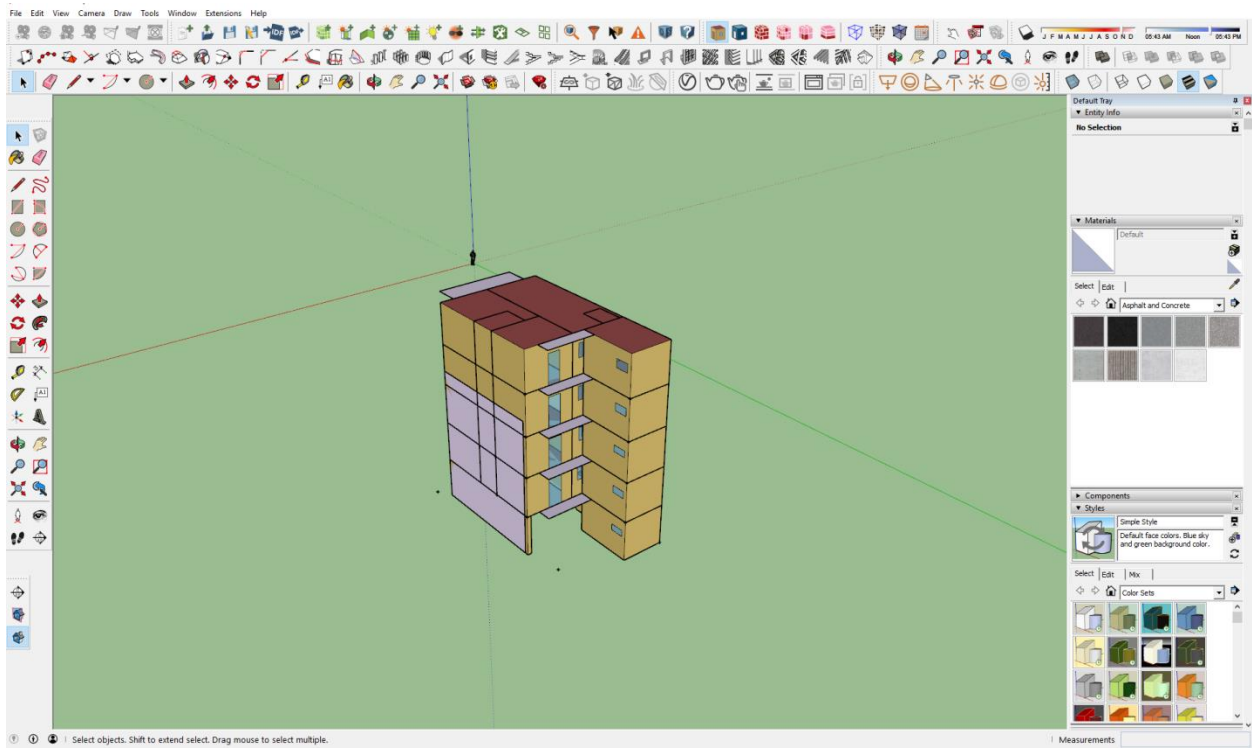
Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης



Εικόνα 19: Μπροστινή όψη κτιρίου από SketchUp & Open Studio



Εικόνα 20: Αξονοσυμμετρική όψη κτιρίου από SketchUp & Open Studio



Εικόνα 21: Πίσω όψη κτιρίου από SketchUp & Open Studio

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει την σχεδίαση του μοντέλου μας έχοντας δημιουργήσει τις θερμικές μας ζώνες με τα χαρακτηριστικά τους και αντίστοιχα τις επιφάνειες μας και τον τρόπο έκθεσής τους ή όχι, τότε εξάγουμε το idf αρχείο ώστε να το επεξεργαστούμε με το πρόγραμμα Energy Plus.

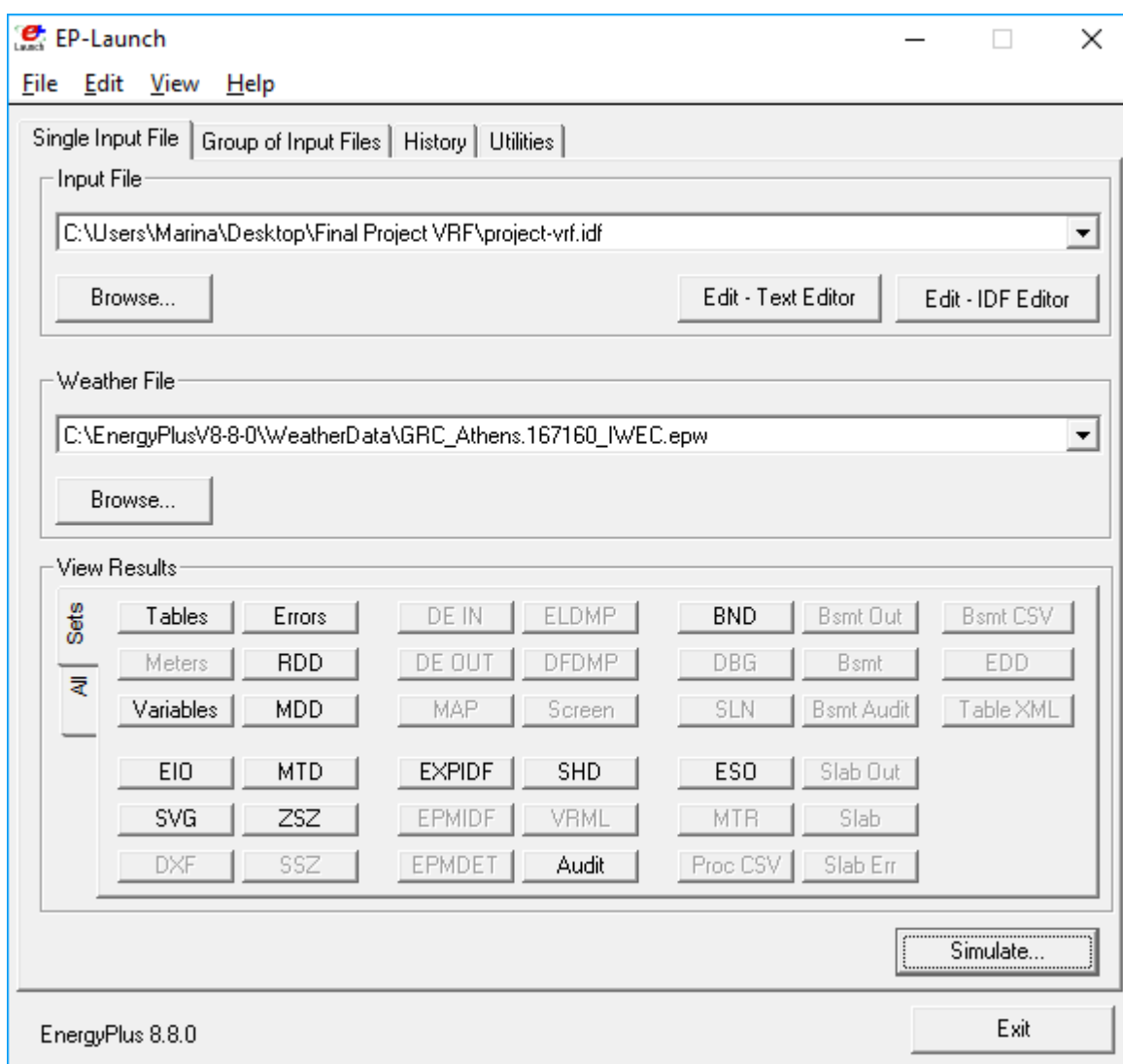
4.2 Εισαγωγή στο Energy Plus

Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ενέργειας για ολόκληρο το κτίριο το οποίο χρησιμοποιούν οι μηχανικοί για να μοντελοποιούν την κατανάλωση ενέργειας - για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό, και χρήση νερού σε κτίρια. Η ανάπτυξή του έχει χρηματοδοτηθεί από το U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO). Μαζί με το Open Studio αποτελούν μέρος της ενεργειακής μοντελοποίησης και προσομοίωσης μίας κατασκευής. Το Energy Plus το διαχειρίζεται επίσης το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ (NREL – National Renewable Energy Laboratory), είναι open source, διατίθεται δωρεάν και λειτουργεί σε Windows, Mac και Linux.

Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα που διαβάζει τα στοιχεία που εισάγουμε (input) και εξάγει αποτελέσματα (Output). Με την εγκατάστασή του έχουμε μία πληθώρα εργαλείων,

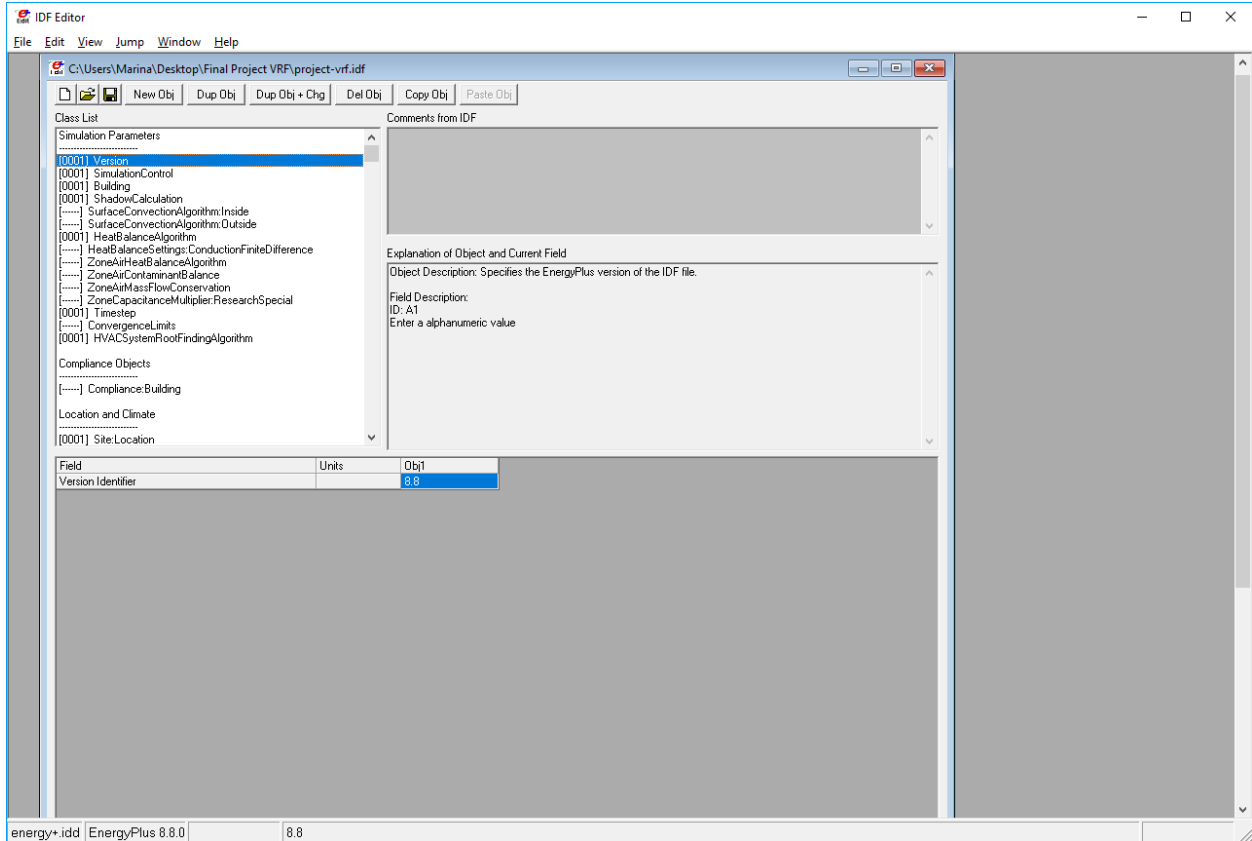
συμπεριλαμβανομένου του IDF Editor, το EP Launch για την εκκίνηση της διαδικασίας της προσομοίωσης και το EP-Compare για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων.

Ανοίγουμε το EP Launch και εισάγουμε το αρχείο idf που δημιουργήσαμε στο προηγούμενο βήμα. Το περιβάλλον του προγράμματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Σημαντικό είναι να ορίσουμε το idf αρχείο με τα στοιχεία από την μοντελοποίηση μας και το πεδίο Weather File. Το συγκεκριμένο αρχείο καιρού που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από την βιβλιοθήκη που παρέχει το Energy Plus με αρχεία καιρικών δεδομένων ανά περιοχή. Στην περίπτωση μας είναι το αρχείο «Weather Data Download - Athens 167160 (IWEC)»



Εικόνα 22 Περιβάλλον εργασίας EP-Launch

Προτού κάνουμε την προσομοίωση θα πατήσουμε στο Edit –IDF Editor ώστε να επεξεργαστούμε το αρχείο μας και να εισάγουμε ή τροποποιήσουμε τα χαρακτηριστικά μας για την ενεργειακή προσομοίωση.



Εικόνα 23 Περιβάλλον εργασίας IDF Editor

Το Energy Plus παρέχει πληθώρα επιλογών στον χρήστη και για αυτό υπάρχει αναλυτικός οδηγός για την χρήση του από το μενού Help. Ακολουθώντας το εγχειρίδιο του προγράμματος ορίσαμε τις ιδιότητες των υλικών που υπολογίσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια, τα συστήματα ψύξης θέρμανσης του κτιρίου, τον τρόπο χρήσης του κτιρίου, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και τέλος ορίσαμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που επιθυμούμε να λάβουμε (Output Reporting).

Παρατίθενται εικόνες από το μενού του προγράμματος με τα στοιχεία της κατασκευής μας όπως τα υπολογίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

The screenshot shows the Revit software interface with the 'Class List' on the left and 'Comments from IDF' on the right. The 'Construction' class is selected, showing a list of construction types. Below this, a table details the construction layers for a window object.

Field	Units	Obj41	Obj42	Obj43	Obj44	Obj45	Obj46
Name		Ext Window mine	Exterior Wall new	Interior Wall new	Interior Floor new	Exterior Floor New	Interior Ceiling New
Outside Layer		Clear 6mm	Asvestokoniama	Asvestokoniama	Asvestokoniama	Asvestokoniama	Tiles New
Layer 2			Optoplinthodomi	Optoplinthodomi	Optplismeno Skiroderi	Optplismeno Skiroderi	Perlitodema
Layer 3			Polisterini	Asvestokoniama	Perlitodema	Asvestokoniama	Optplismeno Skiroderi
Layer 4			Optoplinthodomi		Tiles New		Asvestokoniama
Layer 5			Asvestokoniama				
Layer 6							
Layer 7							
Layer 8							
Layer 9							
Layer 10							

Εικόνα 24: Στοιχεία κατασκευής (I)

The screenshot shows the Revit software interface with the 'BuildingSurfaceDetailed' class selected. A detailed table lists the properties for various surfaces, including their types, construction names, and geometric coordinates.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Name		Surface 1	Surface 10	Surface 11	Surface 12	Surface 2	Surface 3	Surface 4	Surface 5	Surface 6	Surface 7	Surface 8
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Ceiling	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Interior Floor new	Exterior Wall new	Exterior Wall new	Interior Ceiling New	Interior Wall new	Interior Wall new	Interior Wall new	Interior Wall new	Interior Wall new	Exterior Wall new	Interior Wall new
Zone Name		Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa	Thermal Zone: Spa
Outside Boundary Condition		Ground	Outdoors	Outdoors	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Surface	Outdoors	Surface
Outside Boundary Condition Object					Surface 50	Surface 46	Surface 40	Surface 39	Surface 38	Surface 44		Surface 33
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground												
Number of Vertices												
Vertex 1 X-coordinate	m	1.65001905E+00	5.87582763E-09	-5.47989972E-35	4.10002861E+00	2.50019047E-01	2.50019048E-01	1.65001905E+00	1.65001905E+00	3.20001905E+00	4.10002861E+00	4.10002861E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	9.31808609E-10	-9.20000099E+00	8.58008200E-26	-9.20000099E+00	2.99760723E-10	-1.95000000E+00	-1.95000000E+00	9.31808609E-10	2.99760723E-10	2.99760723E-10	-3.40000099E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	4.10002861E+00	5.87582763E-09	0	4.10002861E+00	2.50019047E-01	2.50019048E-01	1.65001905E+00	1.65001905E+00	3.20001905E+00	4.10002861E+00	4.10002861E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	2.99760723E-10	-9.20000099E+00	0	2.99760723E-10	2.99760723E-10	-1.95000000E+00	-1.95000000E+00	9.31808609E-10	2.99760723E-10	2.99760723E-10	-3.40000099E+00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	3	1.52847521E-51	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	4.10002861E+00	4.10002861E+00	5.87582763E-09	1.65001905E+00	-1.38020081E-34	2.50019047E-01	2.50019048E-01	1.65001905E+00	1.65001905E+00	3.20001905E+00	4.10002861E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	-9.20000099E+00	-9.20000099E+00	-9.20000099E+00	3.31808609E-10	1.15117314E-25	2.99760723E-10	-1.95000000E+00	-1.95000000E+00	9.31808609E-10	2.99760723E-10	2.99760723E-10
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	3	-1.05803895E-51	0	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	5.87582763E-09	4.10002861E+00	5.87582763E-09	1.65001905E+00	-1.51683939E-34	2.50019047E-01	2.50019048E-01	1.65001905E+00	1.65001905E+00	3.20001905E+00	4.10002861E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	-9.20000099E+00	-9.20000099E+00	-9.20000099E+00	-1.95000000E+00	1.26502143E-25	2.99760723E-10	-1.95000000E+00	-1.95000000E+00	9.31808609E-10	2.99760723E-10	2.99760723E-10
Vertex 4 Z-coordinate	m	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Εικόνα 25: Στοιχεία κατασκευής (II)

Μέθοδοι ενεργειακής αναβάθμισης για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

The screenshot displays the Revit software interface with the following components:

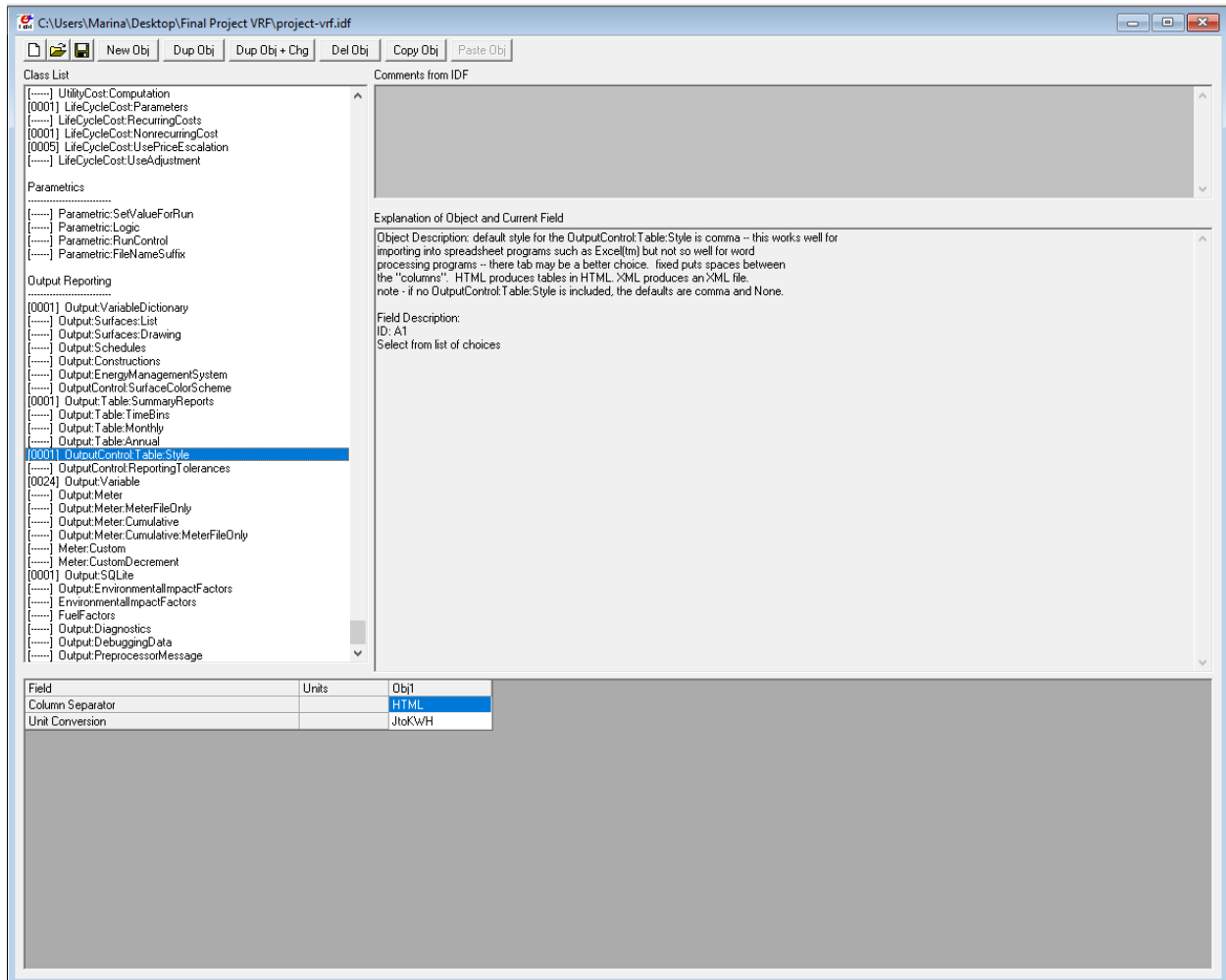
- Class List:**
 - HVAC Templates:**
 - [0001] HVAC template: Thermostat
 - [.....] HVAC template: Zone: IdealLoadsAirSystem
 - [.....] HVAC template: Zone: BaseboardHeat
 - [.....] HVAC template: Zone: FanCoil
 - [.....] HVAC template: Zone: PTAC
 - [.....] HVAC template: Zone: PTHP
 - [.....] HVAC template: Zone: WaterToAirHeatPump
 - [0014] HVAC template: Zone: VRF
 - [.....] HVAC template: Zone: Unitary
 - [.....] HVAC template: Zone: VAV
 - [.....] HVAC template: Zone: VAV: FanPowered
 - [.....] HVAC template: Zone: VAV: HeatAndCool
 - [.....] HVAC template: Zone: ConstantVolume
 - [.....] HVAC template: Zone: DualDuct
 - [0002] HVAC template: System: VRF
 - [.....] HVAC template: System: Unitary
 - [.....] HVAC template: System: UnitaryHeatPump: AirToAir
 - [.....] HVAC template: System: UnitarySystem
 - [.....] HVAC template: System: VAV
 - [.....] HVAC template: System: PackagedVAV
 - [.....] HVAC template: System: ConstantVolume
 - [.....] HVAC template: System: DualDuct
 - [.....] HVAC template: System: DedicatedOutdoorAir
 - [.....] HVAC template: Plant: ChilledWaterLoop
 - [.....] HVAC template: Plant: Chiller
 - [.....] HVAC template: Plant: Chiller: ObjectReference
 - [.....] HVAC template: Plant: Tower
 - [.....] HVAC template: Plant: Tower: ObjectReference
 - [.....] HVAC template: Plant: HotWaterLoop
 - [0001] HVAC template: Plant: Boiler
 - [.....] HVAC template: Plant: Boiler: ObjectReference
 - [.....] HVAC template: Plant: MixedWaterLoop
 - HVAC Design Objects:**
 - [.....] Design Specification: OutdoorAir
 - [0001] Design Specification: ZoneAirDistribution
 - [0001] Sizing Parameters
 - [.....] Sizing Zone
 - [.....] Design Specification: ZoneHVAC: Sizing
 - [.....] Design Specification: Air Terminal: Sizing
- Comments from IDF:**
 - Explanation of Object and Current Field:**

Object Description: Zone thermostat control. Referenced schedules must be defined elsewhere in the idf. Thermostat control type is dual setpoint with deadband. It is not necessary to create a thermostat object for every zone, only for each unique set of setpoint schedules. For example, an office building may have two thermostat objects, one for "Office" and one for "Storage".

Field Description: Ignored if schedule specified above, must enter schedule or constant setpoint
ID: N2
No default value available
- Field Table:**

Field	Units	Obj1
Name		thermostat vrf
Heating Setpoint Schedule Name		
Constant Heating Setpoint	C	20
Cooling Setpoint Schedule Name		
Constant Cooling Setpoint	C	26

Εικόνα 26: Στοιχεία HVAC συστήματος

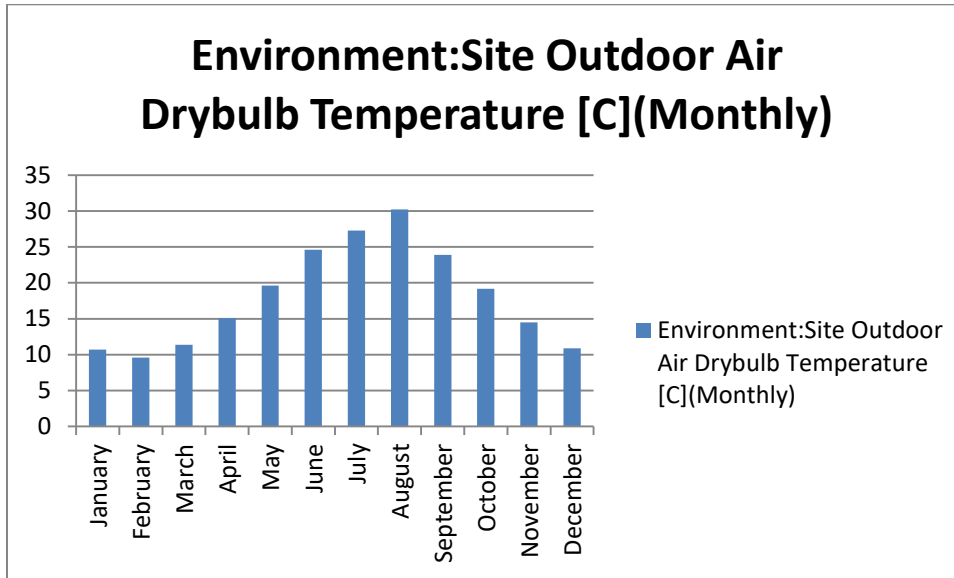


Εικόνα 27: Μετατροπή μονάδων αποτελεσμάτων

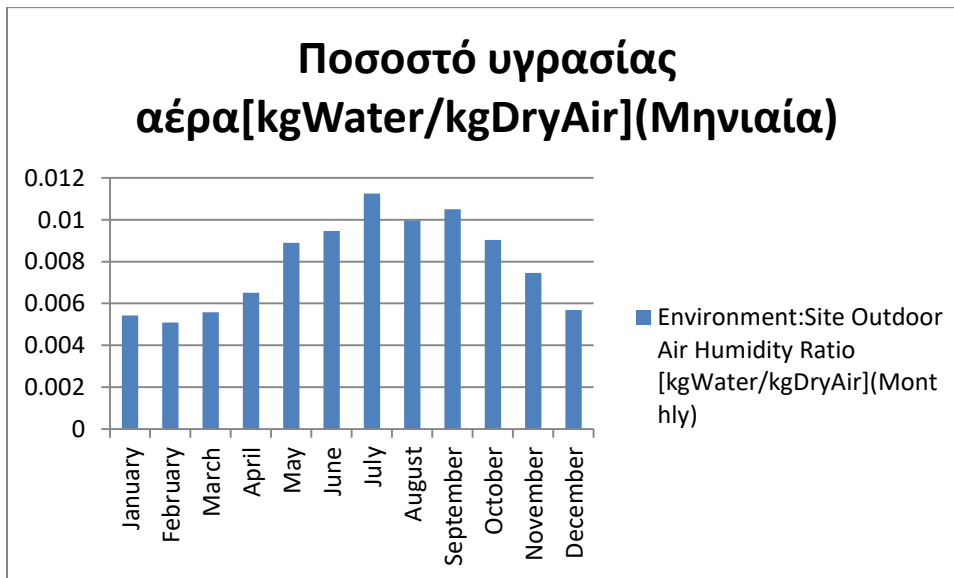
Στο τελικό στάδιο ζητήσαμε την μετατροπή των μονάδων μας από Joule σε kWh.

4.3 Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης

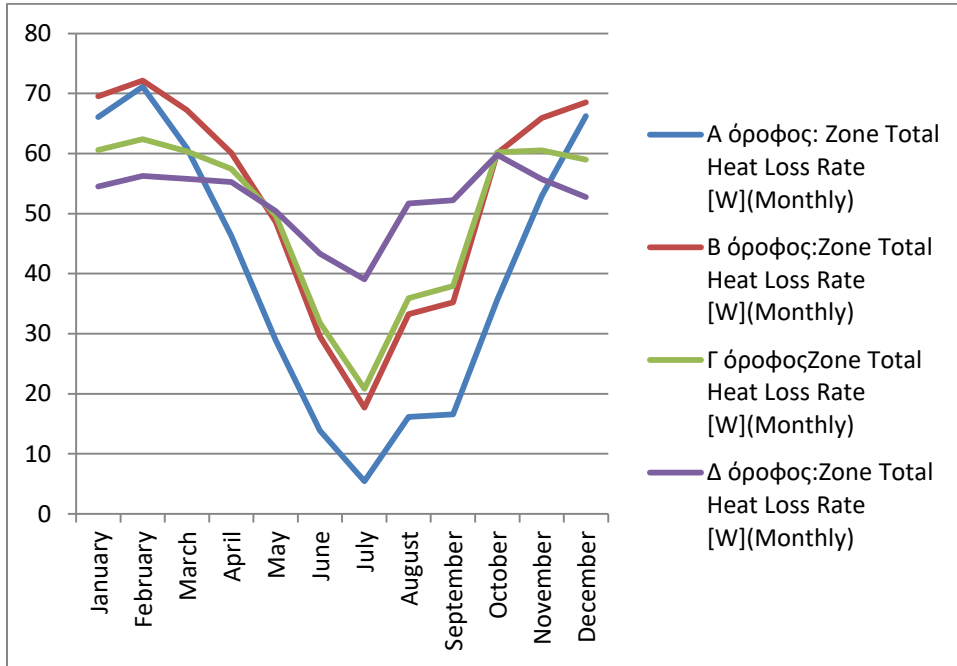
Εφόσον έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή των δεδομένων τότε ξεκινάμε την προσομοίωση από το EP-Launch. Παρατίθενται εικόνες και διαγράμματα από τα αποτελέσματα.



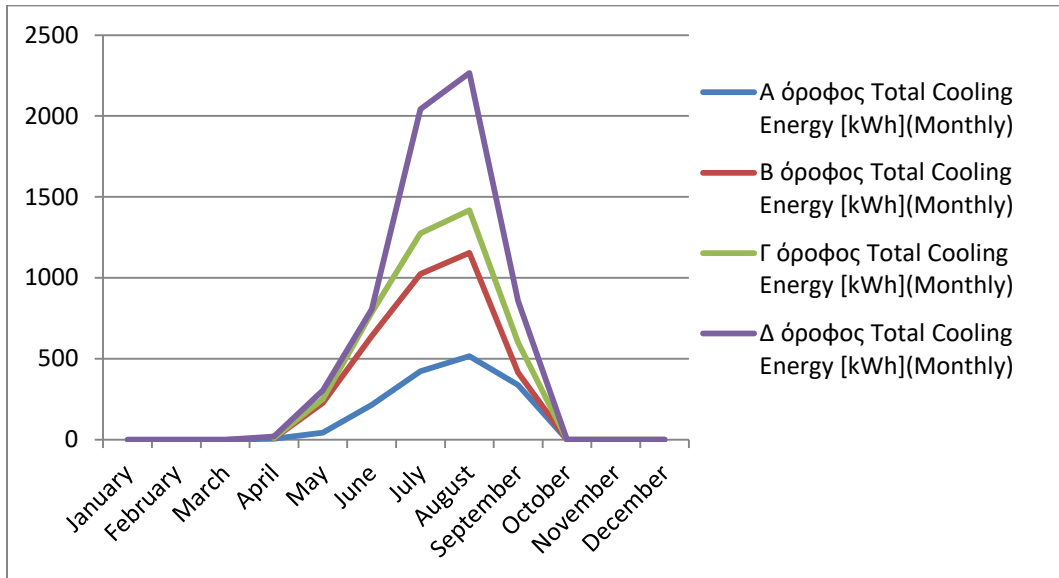
Διάγραμμα 1: Air Drybulb Temperature



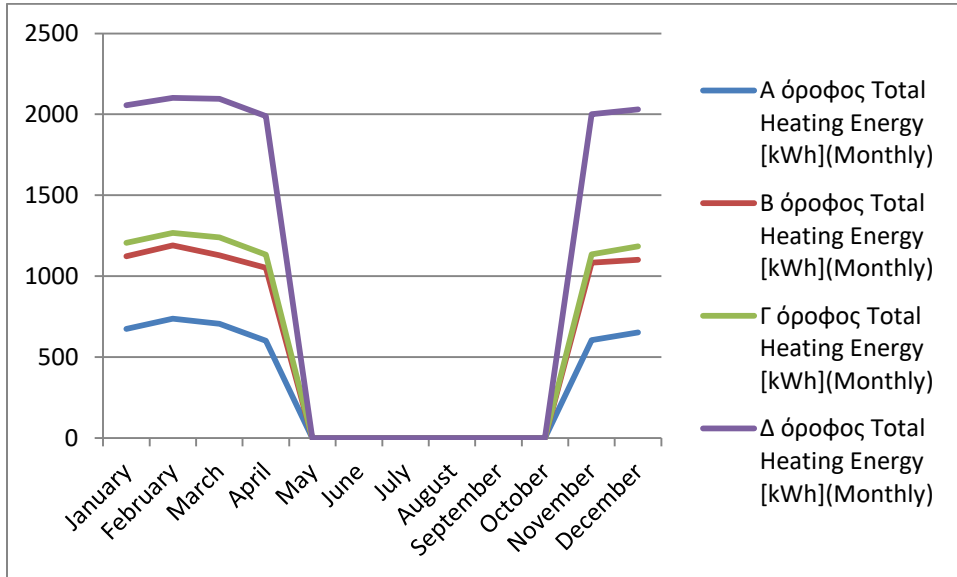
Διάγραμμα 2: Ποσοστό Outdoor Air Humidity Ratio



Διάγραμμα 3: Heat Loss Rate [W](Monthly)



Διάγραμμα 4: Cooling energy [kWh](Monthly)



Διάγραμμα 5: Heating energy [kWh](Monthly)

Από τα αποτελέσματα του προγράμματος, οι κορυφαίες μέρες σε ενεργειακή κατανάλωση είναι για την θερινή περίοδο η 21^η Αυγούστου και για την χειμερινή αντίστοιχα η 5^η Φεβρουαρίου.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση όλου του κτιρίου για την θέρμανση είναι 30084,76kWh και για την ψύξη είναι 15639,11 kWh ενώ η συνολική ενέργεια που απαιτείται για τον φωτισμό είναι 3510,05kWh.

Οι μηνιαίες θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα ανά θερμική ζώνη παρουσιάζουν μείωση τους θερινούς μήνες, λογικό φαινόμενο για τις καιρικές συνθήκες της χώρας μας όπως επίσης παρατηρούμε πως ο τελευταίος όροφος παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό θερμικών απωλειών.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώνουμε πως οι τιμές μας είναι αρκετά κοντά με τις τιμές από την έρευνα που είχε διενεργήσει η ΕΛΣΤΑΤ όπου το συμπέρασμα που είχε εξαχθεί είναι πως κάθε διαμέρισμα καταναλώνει 13994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών.

Συνεχίζοντας θα προτείνουμε λύσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της υφιστάμενης κατάστασης με την νέα.

5. Προτάσεις Ενεργειακής αναβάθμισης

Από τα αποτελέσματά μας παρατηρούμε πως υπάρχει περιθώριο βελτίωσης της απόδοσης του κτιρίου ενεργειακά. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τις προτεινόμενες λύσεις και θα συγκριθεί το ενεργειακό αποτύπωμα του βελτιωμένου κτιρίου με το υπάρχον.

Οι λύσεις που θα προταθούν αφορούν επεμβάσεις με χαμηλό ή και μηδενικό κόστος, καθώς πλέον ο οικονομικός παράγοντας παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόφαση της λήψης μέτρων. Ύστερα θα εξεταστούν λύσεις όπως εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου καθώς και μόνωσης της ταράτσας, αλλαγή δομικών στοιχείων ώστε να είναι σε συμφωνία με τις οδηγίες του ΚΕΝΑΚ, αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου με οικονομικότερους και πιο ενεργειακούς και τέλος εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή.

5.1 Χαμηλού – Μηδενικού κόστους

A) Ενημέρωση και συνείδηση χρηστών

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η ενημέρωση των χρηστών θα ωφελήσει κατά πολύ την ενεργειακή αναβάθμιση και την προστασία του περιβάλλοντος. Παράδειγμα σωστής ενεργειακής συμπεριφοράς είναι να μην μένουν συσκευές σε αναμονή, να είναι κλειστά τα παράθυρα και τα παντζούρια όταν λείπουν οι χρήστες της κατοικίας και γενικά η αποφυγή της σπατάλης στην χρήση των συσκευών. Επίσης οι ηλεκτρικές συσκευές είναι καλό να επιλέγονται βάσει της υψηλότερης ενεργειακής τους απόδοσης.

B) Συστήματα σκίασης

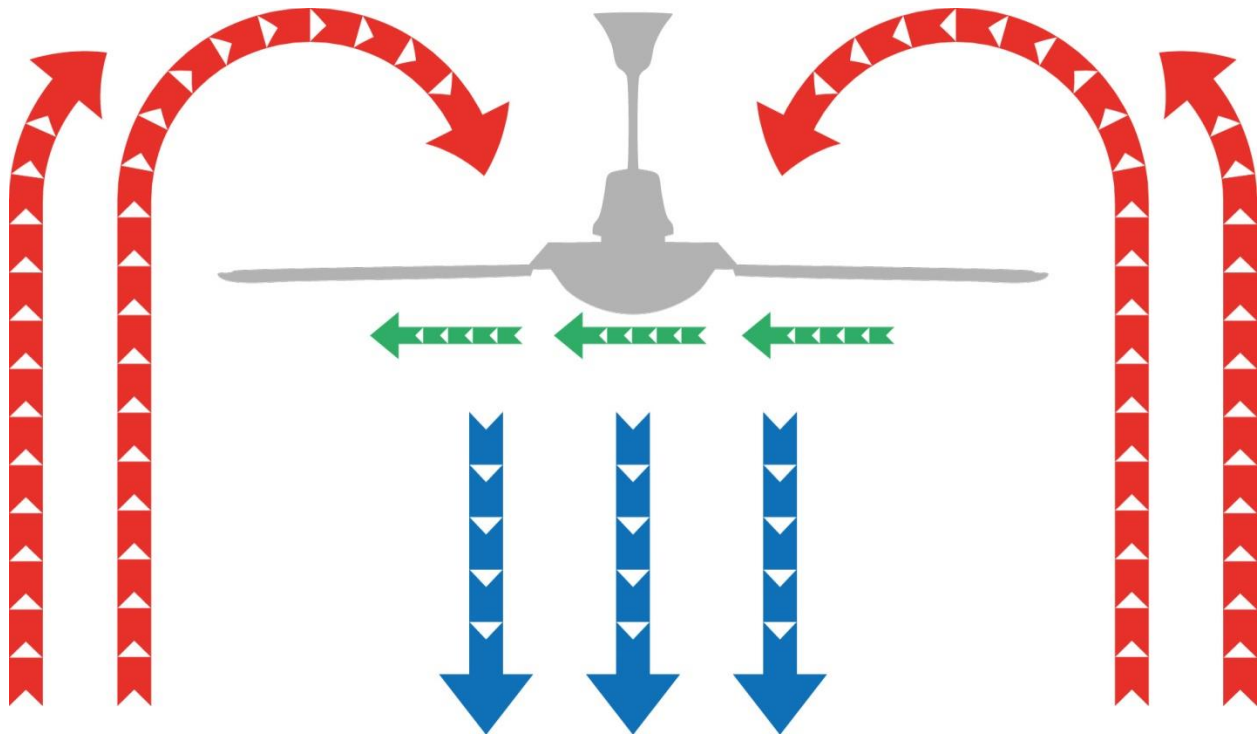
Κατά τον σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου που πληροί τα ενεργειακά πρότυπα εφαρμόζονται συστήματα σκίασης. Αυτά προστατεύουν το κτίριο και δημιουργούν σκίαση κατά τους θερινούς μήνες αλλά λειτουργούν αντίστροφα κατά τους χειμερινούς μήνες. Έτσι λοιπόν επιτυγχάνουμε μείωση στο κόστος για θέρμανση και ψύξη και βελτιστοποιούμε τον φυσικό φωτισμό. Στην περίπτωση μας, καθώς δεν έχει προβλεφθεί κάποιο σύστημα σκίασης θα προτείνουμε την τοποθέτηση τεντών όπου αναλόγως την εποχή οι χρήστες θα την έχουν σε σωστή θέση και θα προστατεύουν την κατοικία τους.

Γ) Ανεμιστήρες οροφής

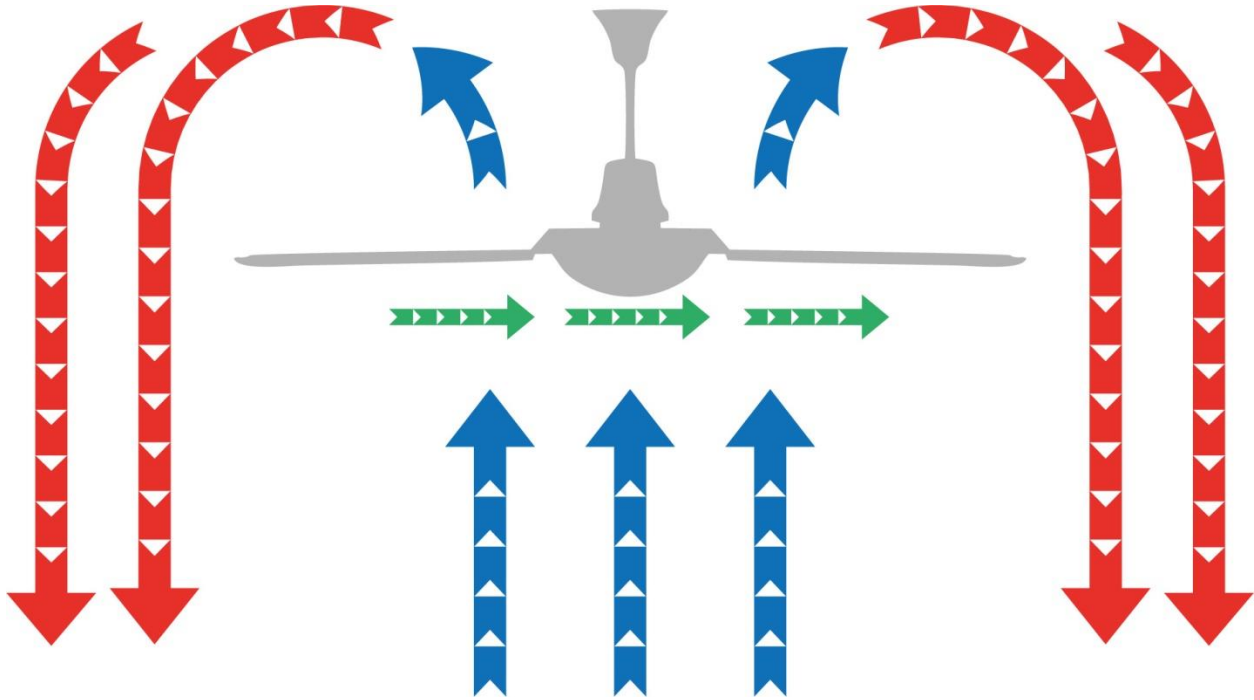
Μέχρι πρόσφατα οι ανεμιστήρες οροφής ήταν πιο διαδεδομένοι στο εξωτερικό. Με την πάροδο των ετών όμως και της αυξημένης οικολογικής συνείδησης, έχουν αρχίσει να γίνονται δημοφιλείς και στην χώρα μας και κατ' επέκταση να ανταγωνίζονται την αγορά ενός κλιματιστικού αν και δεν αποτελούν κλιματιστικό μέσο. Ο ανεμιστήρας δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα χωρίς να επηρεάζει την θερμοκρασία του χώρου ή την αφύγρανσή του και κατ' αυτόν τον τρόπο δεν υποβαθμίζει την ποιότητα του αέρα και δημιουργεί ένα αίσθημα δροσιάς.

Το κόστος για την απόκτησή τους είναι κατά πολύ χαμηλότερο συγκριτικά με ενός κλιματιστικού καθώς επίσης και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι αισθητά χαμηλότερη. Από τις προδιαγραφές κατασκευαστή για απορροφώμενη ισχύ 80Watt έχουμε κατανάλωση 0,64kWh.

Τέλος να αναφέρουμε για τους ανεμιστήρες οροφής πως καλό θα ήταν η προτίμηση ενός με λειτουργία αναστροφής, δηλαδή κατά την θερινή λειτουργία να κινούνται αντι-ωρολογιακά ενώ την χειμερινή ωρολογιακά. Έτσι πετυχαίνουμε το καλοκαίρι να ανεβαίνει ο αέρας από την περιφέρεια του χώρου και να κατέρχεται στο κέντρο του ενώ τον χειμώνα ισχύει το αντίστροφο. Ακολουθεί εικόνα με την ροή του αέρα αντίστοιχα για καλοκαίρι και χειμώνα.



Εικόνα 28: Θερινή λειτουργία ανεμιστήρα



Εικόνα 29: Χειμερινή λειτουργία ανεμιστήρα

Δ) Σφράγιση αέρα

Επίσης αποδοτικό μέτρο είναι η εξάλειψη των διαρροών του αέρα από την κατασκευή του κτιρίου μας, όπως για παράδειγμα γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα. Για να επιτευχθεί αυτό προτείνεται η χρήση αυτοκόλλητων ταινιών, air sealing strips, που εφαρμόζονται στα ανοίγματα της κατασκευής. Υπάρχει πληθώρα επιλογών σε μεμβράνες και ταινίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Προσφέρουν εύκολη τοποθέτηση και είναι ανθεκτικές στην τριβή και στην ακτινοβολία. Συνήθως οι προδιαγραφές που δίνει ο κατασκευαστής είναι από λεπτόπορο αφρώδες πολυαιθυλένιο, κλειστών πόρων και έτσι μειώνεται η αεροδιαπερατότητα από τα ανοίγματα που υπάρχουν στο κτίριο.

Ε) Κέλυφος κτιρίου

Προσιτή λύση αποτελεί και η βαφή της τοιχοποιίας του περιβλήματος του κτιρίου με λευκό χρώμα θερμοανακλαστικό ή ακόμα και την χρήση προϊόντων που περιέχουν νανοσωματίδια που θα αυξάνει κατά πολύ την θερμομόνωση στους τοίχους. Πλέον οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας συμβάλλουν σημαντικά στην βελτίωση των κατασκευών και οφείλουν οι μηχανικοί να είναι ενήμεροι.

5.2 Θερμομόνωση κτιρίου

Ο συνηθέστερος τρόπος για την ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτιρίου είναι η αύξηση της μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους και στην οροφή ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας να είναι σύμφωνος με τις οδηγίες της TOTEE 20701-1/2017.

A) Εξωτερική τοιχοποιία

Στους εξωτερικούς μας τοίχους υπάρχει ήδη μία στρώση εσωτερικής θερμομόνωσης αλλά για καλύτερη ενεργειακή απόδοση θα προσθέσουμε στο κέλυφος εξωτερική θερμομόνωση. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης καθώς παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της εξηλασμένης η οποία ήταν πιο δημοφιλής παλαιότερα.

Μερικά από αυτά είναι πως έχει χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας, μεγαλύτερη σταθερότητα στις συνήθεις θερμοκρασίες και είναι πιο οικονομική.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας δεν παραμένει σταθερός και πέφτει με το πέρασ των ετών. Παρατίθεται πίνακας από τον Σύνδεσμο Εξηλασμένης Πολυστερίνης για την Βόρεια Αμερική όπου έχει γίνει έρευνα και φαίνονται οι τιμές της ελάχιστης επιθυμητής long-term thermal resistance (LTTR)

Thickness		Aged R value per CAN/ULC S770-03, (required minimum)		Recommended by XPS Industry for aged R Value (design)	
INCHES	MM	Total R	RSI /25 mm	Total R	RSI /25 mm
1	25	5.0	0.87	5.0	0.87
2	51	10.6	0.92	10.0	0.87
3	76	16.2	0.94	15.0	0.87
4	102	22.0	0.95	20.0	0.87

Εικόνα 30: Aged R value extruded polystyrene Πηγή: <http://www.xpsa.com/environ-long-term.html>

Επομένως στην εξωτερική τοιχοποιία τοποθετήσαμε διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες πάχους 5cm και θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 1cm. Ακολουθούν τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών:

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ.	Θερμ. αντίστ.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	αγωγιμ. λ	d / λ	Cp	μ	
		Kg/m ³	m	W / (m ² K)	(m ² K) / W		ξηρό	υγρό
1	Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες	20	0.05	0.031	1.667	1550	30-80	
2	Θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)	500	0.01	0.14	0.071	1100	10	

Άρα ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαμορφώνεται ως εξής:

Ri	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	(m ² K) / W	0.130
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	(m ² K) / W	3.452
Ra	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	(m ² K) / W	0.040
Roλ	Αντίσταση θερμοπερατότητας	(m ² K) / W	3.622
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W / (m ² K)	0.276

Παρατηρούμε πως πληροί τις προϋποθέσεις της TOTEE 20701 -2/2017.

B) Δώμα

Για την επιλογή στην μόνωση της ταράτσας θα χρειαστεί να συνυπολογιστούν παράμετροι πέρα από την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η προστασία της μόνωσης από τα καιρικά φαινόμενα αλλά και το βάρος της κατασκευής καθώς αυτό δεν θα πρέπει να καταπονεί την δομή του κτιρίου.

Η μόνωση που επιλέχθηκε είναι ανεστραμμένου δώματος διότι εξασφαλίζει μεγαλύτερη προστασία από τις συνθήκες θερμοκρασίας και την ακτινοβολία. Σαν θερμομονωτικό υλικό επιλέχθηκε η πολυουρεθάνη διότι έχει ιδανική πρόσφυση σε δομικά υλικά, χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας καθώς επίσης μικρό βάρος που την καθιστά ιδανική για τοποθέτηση σε παλαιότερες κατασκευές.

Ακολουθούν τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών:

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα	Πάχος στρ.	Συντ. Θερμ.	Θερμ. αντίστ.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		ρ	d	αγωγιμ. λ	d / λ	Cp	μ	
		Kg/m ³	m	W / (m ² K)	(m ² K) / W		ξηρό	υγρό
1	Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0.02	0.05	0.40	1500	60	60
2	Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες)	30	0.03	0.023	1.304	1400	50-100	

Για στέγη δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας) για εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Ri	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	(m ² K) / W	0.170
R	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	(m ² K) / W	2.699
Ra	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	(m ² K) / W	0.040
Rολ	Αντίσταση θερμοπερατότητας	(m ² K) / W	2.909
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	W / (m ² K)	0.344

Παρατηρούμε πως πληροί τις προϋποθέσεις της TOTEE 20701 -2/2017.

Επόμενο στάδιο είναι η εισαγωγή των νέων δεδομένων μας στο πρόγραμμα Energy Plus ώστε να εξάγουμε τα νέα αποτελέσματα. Παρατίθεται εικόνα από τα πρόγραμμα όπου φαίνονται τα νέα υλικά μας.

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Table' at the bottom. The 'Class List' includes various material types such as 'Material:NoMass', 'Material:InfraredTransparent', and 'Material:RoofVegetation'. The 'Table' displays properties for four objects: Obj69, Obj70, Obj71, and Obj72. The 'Roughness' property for Obj72 is highlighted with a dropdown menu showing 'MediumRough'.

Field	Units	Obj69	Obj70	Obj71	Obj72
Name		Diogkomeni polisterini	Thermomonotiko epichrisma	Afros polyurethanis	Polioyrethani me kleistes kipselides
Roughness		MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.05	0.01	0.02	0.03
Conductivity	W/m-K	0.031	0.14	0.05	0.023
Density	kg/m3	20	500	70	30
Specific Heat	J/kg-K	1550	1100	1500	1400
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.7	0.7	0.7	0.7
Visible Absorptance		0.7	0.7	0.7	0.7

Εικόνα 31: Νέα υλικά κατασκευής

5.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων

Συνεχίζοντας προτείνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων με φωτιστικά LED μέσω των οποίων θα μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας ενώ θα αυξηθεί η ποιότητα φωτισμού. Συγκεκριμένα για το κτίριο μας βάσει της ενεργειακής διερεύνησης που πραγματοποιήθηκε καταναλώνονται 3510,05kWh με τους λαμπτήρες φθορίου. Η μέση τιμή της φωτεινής απόδοσης των λαμπτήρων LED είναι 90lm/W και βάσει των προδιαγραφών της εξοικονομείται έως και 30%.

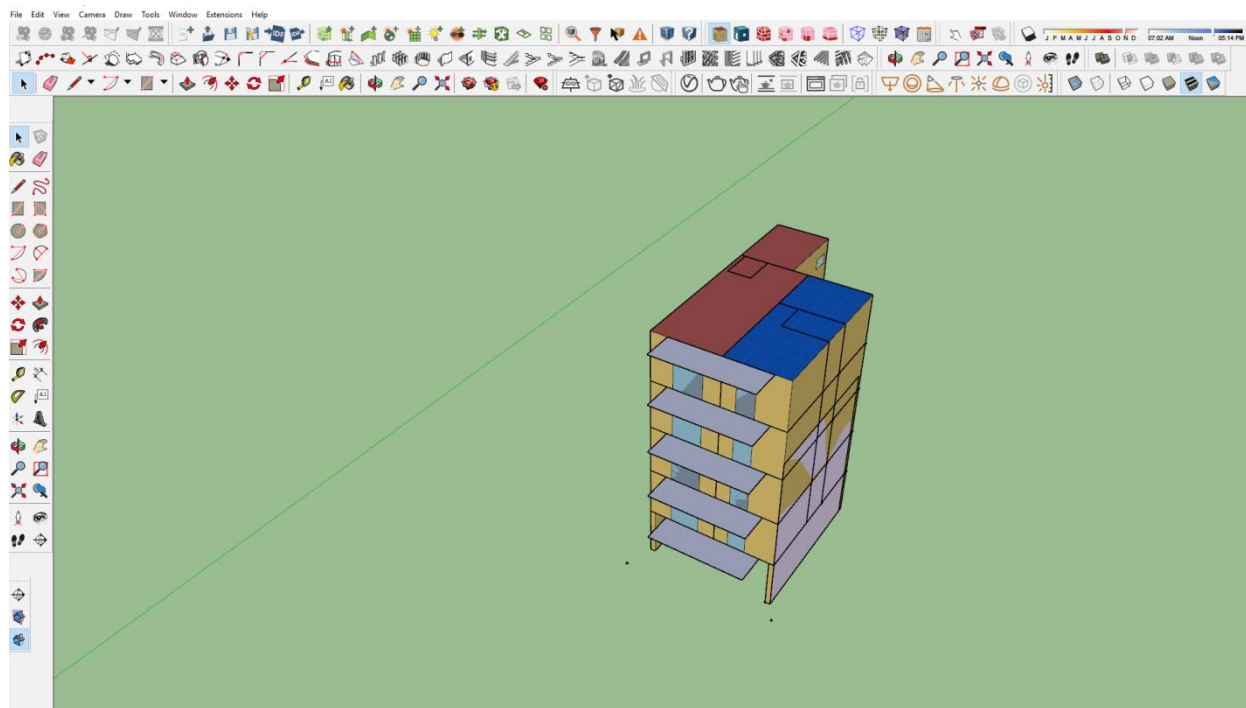
Γενικότερα η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό σε μία πολυκατοικία προέρχεται σχεδόν κατά 90% από τον εσωτερικό φωτισμό (interior lighting).

5.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος

Τέλος εξετάστηκε η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος το οποίο αναμένεται να παράξει ένα ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του.

Για να είναι εφικτό να το αναλύσουμε, χρησιμοποιήσαμε αρχικά το πρόγραμμα Open Studio, του πρόσθετου του SketchUp, όπου σχεδιάσαμε το σύστημά μας από την εντολή “Add Photovoltaics”.

Ακολουθεί εικόνα από το κτίριο μας με το φωτοβολταϊκό σύστημα.



Εικόνα 32: Σχεδιασμός φωτοβολταϊκών SketchUp & Open Studio

Αφού το σχεδιάσουμε τότε εισάγουμε στον IDF Editor του Energy Plus το idf αρχείο που δημιουργήσαμε από το Open Studio και παραμετροποιούμε το φωτοβολταϊκό μας σύστημα.

Το φωτοβολταϊκό μας σύστημα καλύπτει μία επιφάνεια 35,04 τ.μ. Οι διαστάσεις ενός φωτοβολταϊκού panel ισχύος 270W είναι 0,99μ x1.665μ, άρα έχει εμβαδόν 1.65 τ.μ. Στην περίπτωση της οροφής, λόγω περιορισμού ύψους από την Πολεοδομία τα panels τοποθετούνται σε σειρές όπου η κάθε μία έχει απόσταση από την άλλη ώστε να μην δημιουργούνται σκιάσεις μεταξύ τους.

Επομένως στην προκειμένη περίπτωση το φωτοβολταϊκό μας σύστημα έχει ισχύ 5kW και έχει τον ιδανικό προσανατολισμό, δηλαδή προς τον Νότο.

Ακολουθούν εικόνες από το πρόγραμμα όπου φαίνονται τα δεδομένα της εγκατάστασής μας.

The screenshot displays the EnergyPlus software interface for configuring a 'Generator Photovoltaic' object. The 'Class List' on the left shows the hierarchy of objects, with 'Generator: Photovoltaic' selected. The 'Comments from IDF' pane is empty. The 'Explanation of Object and Current Field' pane provides details about the object's purpose and field requirements.

Explanation of Object and Current Field

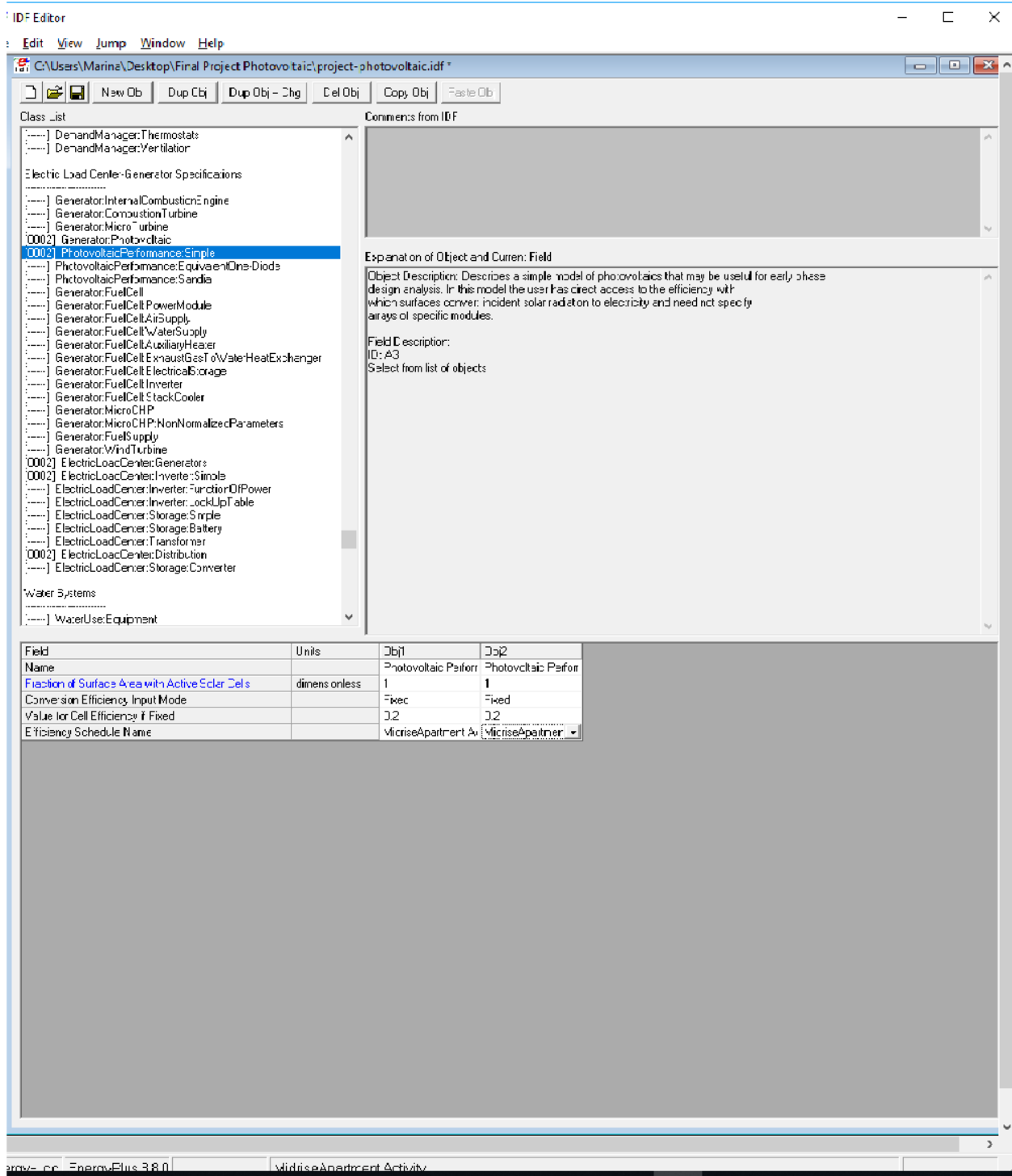
Object Description: Describes an array of photovoltaic (PV) modules. A series of different PV arrays can be connected to a single electric load center (and inverter) by listing them all in an ElectricLoadCenter:Generator object. PV performance is taken from the referenced PhotovoltaicPerformance:" object. Array tilt, azimuth, and gross area are taken from the referenced building surface or shading surface. The array surface participates normally in all shading calculations.

Field Description:
 ID: A1
 Enter an alphanumeric value
 This field is required.

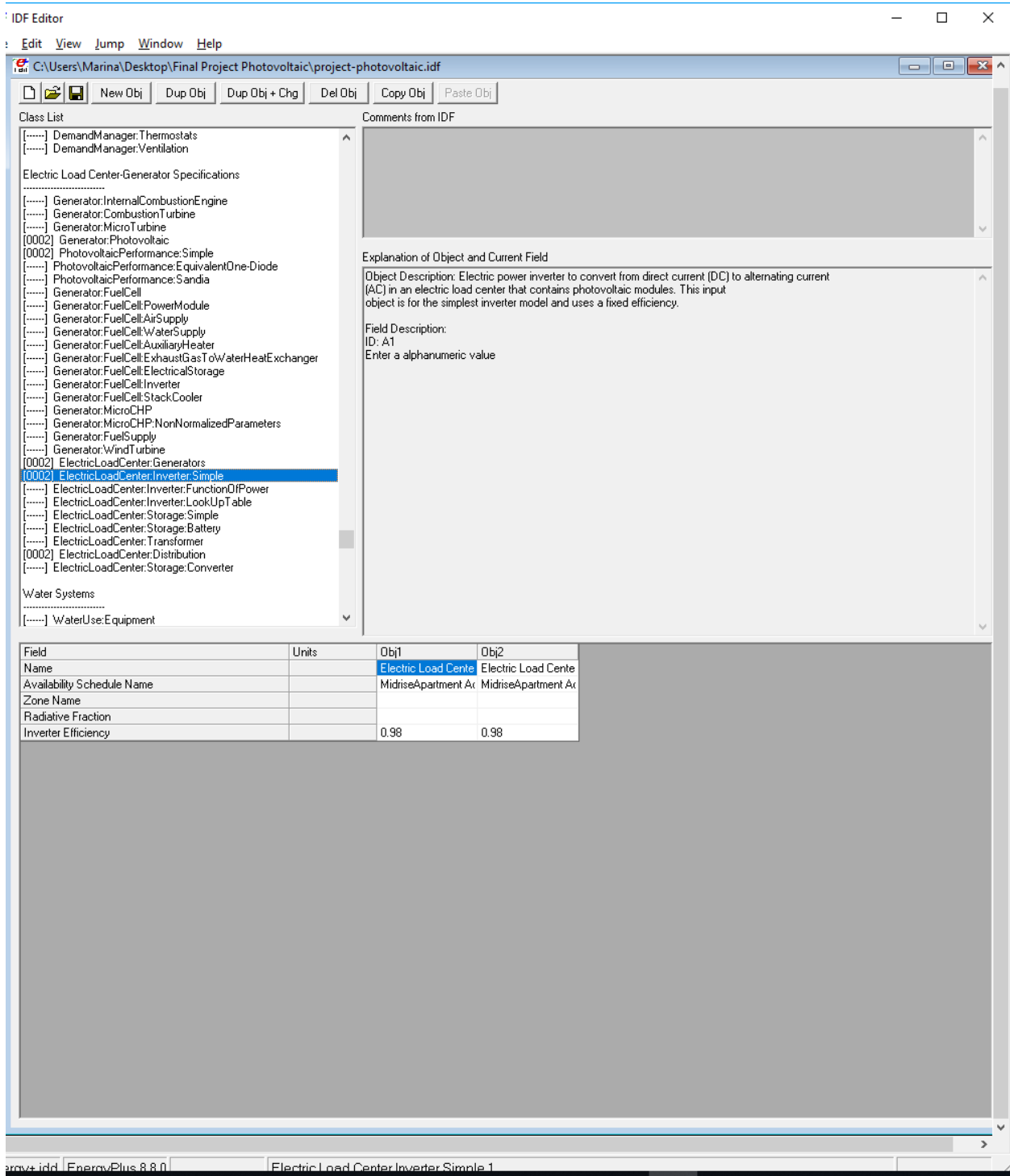
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Generator Photovol	Generator Photovoll
Surface Name		Surface 168	Surface 174
Photovoltaic Performance Object Type		PhotovoltaicPerform	PhotovoltaicPerform
Module Performance Name		Photovoltaic Perform	Photovoltaic Perform
Heat Transfer Integration Mode		Decoupled	Decoupled
Number of Series Strings in Parallel	dimensionless	1	1
Number of Modules in Series	dimensionless	1	1

energy+.idd | EnergyPlus 8.8.0 | Generator Photovoltaic 1

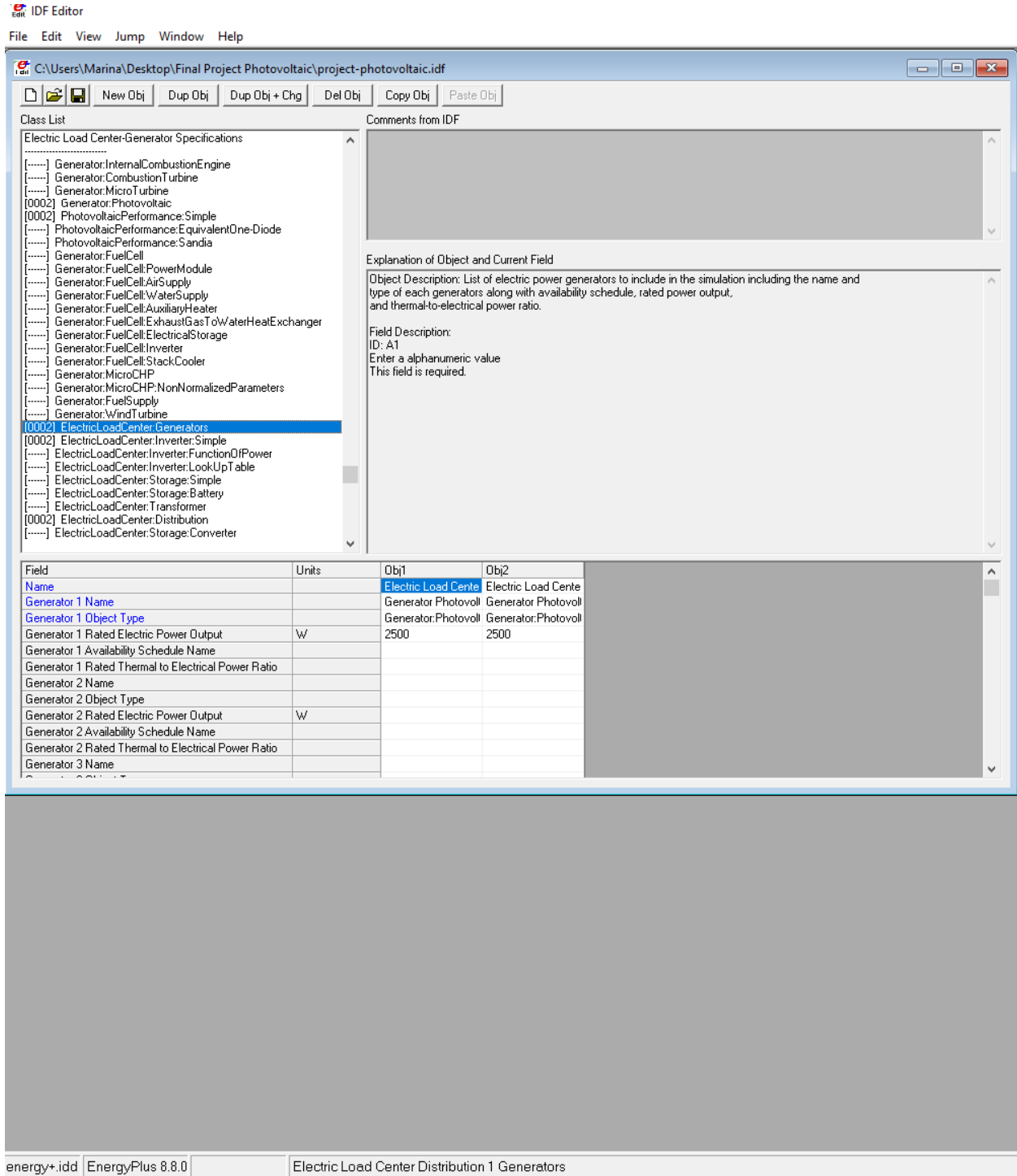
Εικόνα 33: Εισαγωγή παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος (I)



Εικόνα 34: Εισαγωγή παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος (II)



Εικόνα 35: Εισαγωγή παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος (III)



Εικόνα 36: Εισαγωγή παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος (IV)

6. Αποτελέσματα και σύγκριση ενεργειακής αναβάθμισης

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της ενεργειακής αναβάθμισης και θα γίνει η σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με την προτεινόμενη. Τέλος θα εξεταστεί η βιωσιμότητα της επένδυσης και εάν αξίζει να γίνει η επένδυση.

6.1 Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Για το εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό, η παραγωγή σε ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομούμε είναι 7130.82 kWh ετησίως. Η μικρότερη παραγωγή εντοπίζεται την 1^η Ιανουαρίου και η μεγαλύτερη στις 28 Ιουνίου. Παρατίθενται οι πίνακες όπου φαίνονται τα αποτελέσματα του προγράμματος.

	Electricity Annual Value [kWh]	Timestamp of Minimum {TIMESTAMP}	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum {TIMESTAMP}
Photovoltaic:ElectricityProduced	7130.82	01-JAN-00:15	4276.99	28-JUN-12:30

L-1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [kWh]
Photovoltaic	5	7130.82

Το ποσό της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό κρίνεται λογικό, καθώς κοντά στην Αττική ένα φωτοβολταϊκό ισχύος 1kW με ιδανικό προσανατολισμό και κλίση παράγει 1450 έως 1650kWh το έτος. Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η παραγωγή του είναι η ποιότητα του panel, εάν έχει η περιοχή αέρα, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και άλλους παράγοντες.

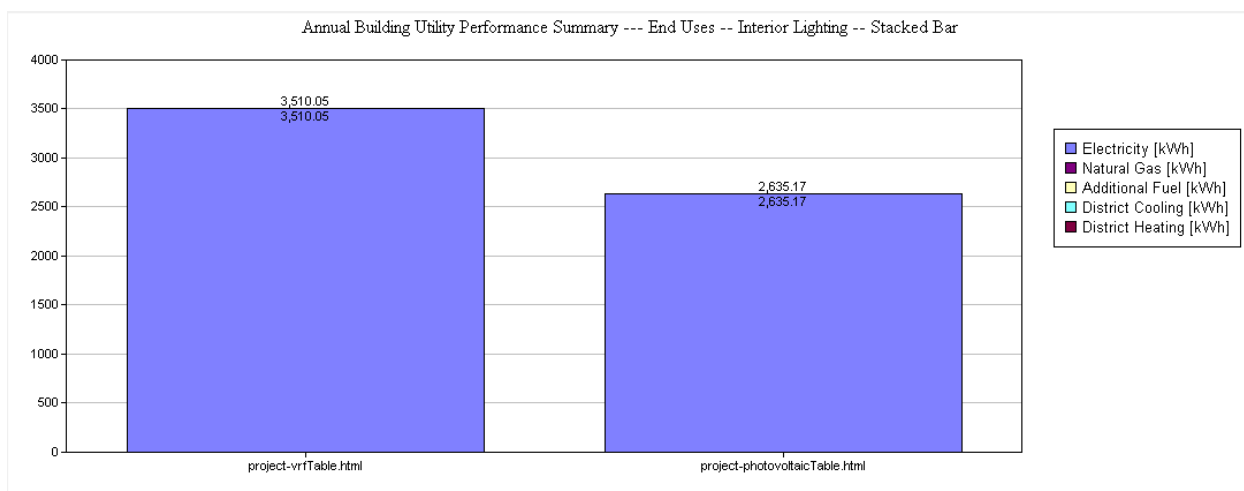
Στην προκειμένη περίπτωση με την χρήση του φωτοβολταϊκού συστήματος εξασφαλίζουμε μία εξοικονόμηση ενέργειας περίπου στο 10% και επειδή τα φωτοβολταϊκά έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης, είναι ένα ποσοστό που θα διατηρηθεί σε μεγάλο βάθος χρόνου.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης της ισχύος αυτής σε περίπτωση που αλλάξουν οι ανάγκες των χρηστών.

Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι πως η τοποθέτησή τους καλύπτει ένα μέρος της οροφής, προσφέροντας κατ'αυτόν τον τρόπο ενισχυμένη προστασία στο κέλυφος του κτιρίου.

6.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων

Από την αντικατάσταση των λαμπτήρων παρατηρούμε πως υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 25% και φαίνεται η διαφορά της ηλεκτρικής ενέργειας των δύο περιπτώσεων στην κάτωθι εικόνα.



Διάγραμμα 6: Σύγκριση αντικατάστασης λαμπτήρων

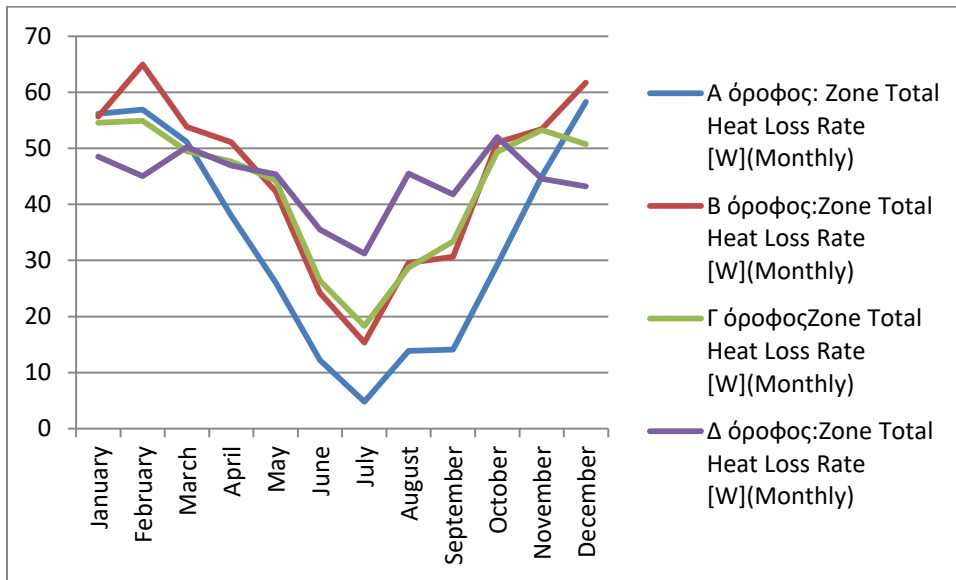
Από το διάγραμμα διαφαίνεται πως η ετήσια κατανάλωση σε kWh που είχε το κτίριο μας όταν χρησιμοποιούσε λαμπτήρες φθορίου ήταν πολύ μεγαλύτερη. Συγκεκριμένα ήταν 3510,05 kWh έναντι 2635,17 kWh από την χρήση των λαμπτήρων με φωτιστικά LED.

Αυτό συντελείται επειδή οι λαμπτήρες LED προσφέρουν δυνατότητα διατήρησης του επιπέδου φωτισμού με λιγότερη ισχύ. Έτσι υπάρχει όφελος στην τελική κατανάλωση της ενέργειας και προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

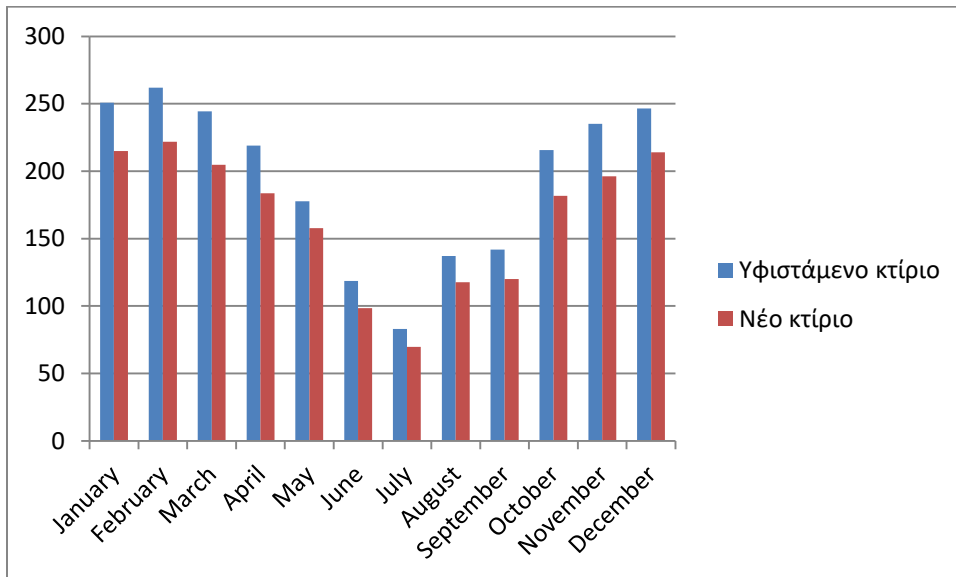
6.3 Θερμομόνωση κτιρίου

Από την τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου μας παρατηρούμε πως έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 15-20%.

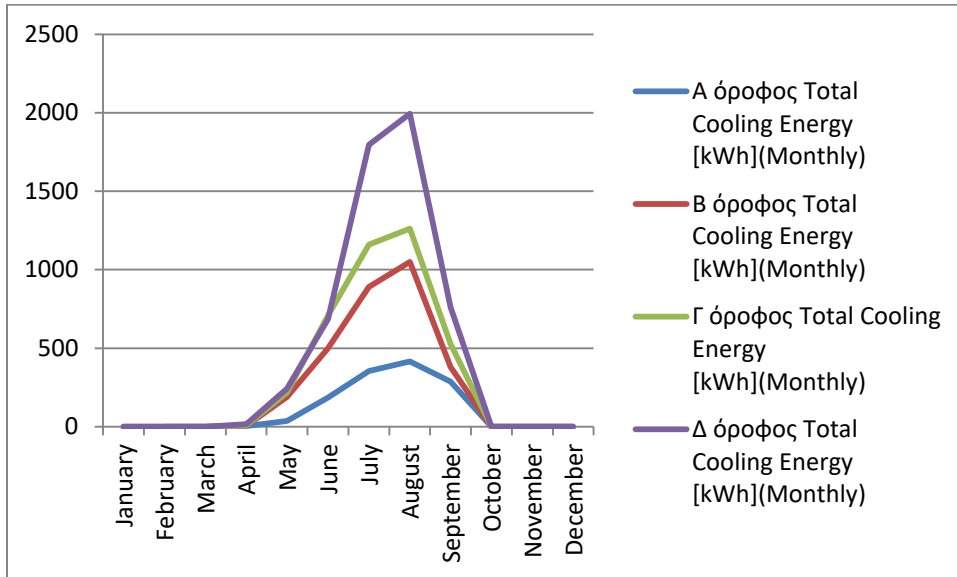
Παρατίθεται ο πίνακας όπου φαίνονται οι θερμικές απώλειες ανά όροφο αλλά και τα διαγράμματα για την ενεργειακή κατανάλωση για την ψύξη θέρμανση. Σε κάθε διάγραμμα ακολουθεί και συγκριτικό διάγραμμα των δύο περιπτώσεων.



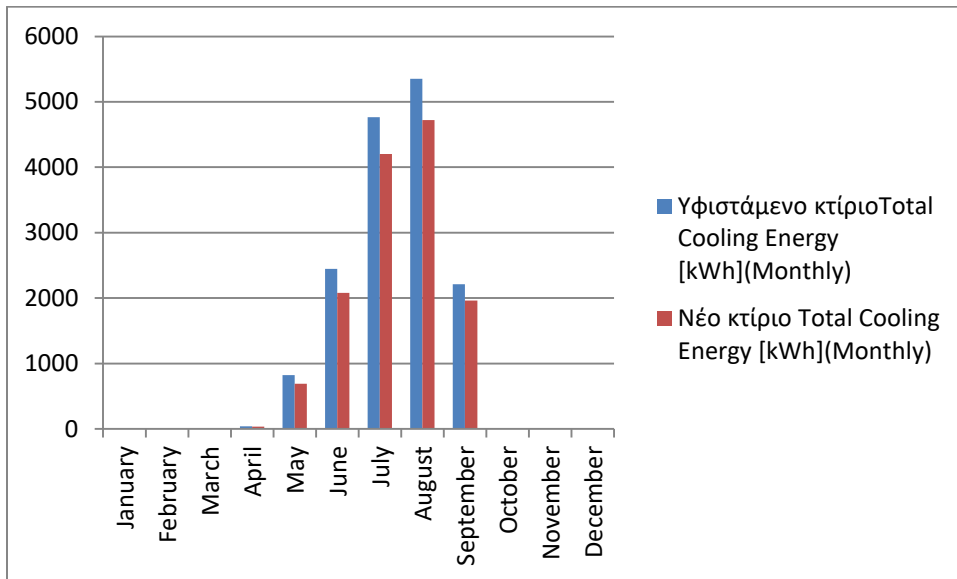
Διάγραμμα 7 : Θερμικές απώλειες βελτιωμένου κτιρίου



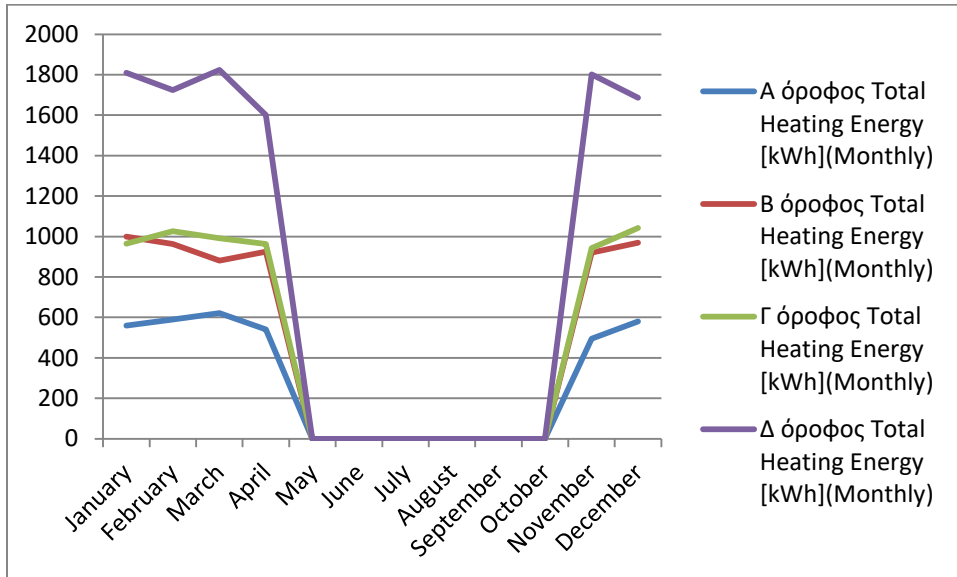
Διάγραμμα 10: Σύγκριση θερμικών απωλειών



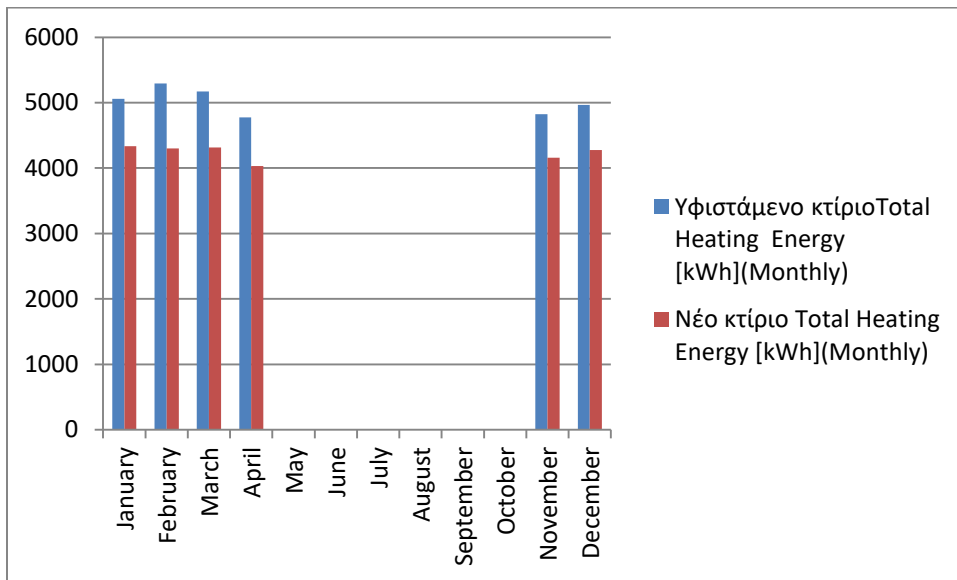
Διάγραμμα 8: Cooling Energy βελτιωμένου κτιρίου



Διάγραμμα 11: Σύγκριση Cooling Energy



Διάγραμμα 9 : Heating Energy βελτιωμένου κτιρίου



Διάγραμμα 12: Σύγκριση Heating Energy

Οι θερμικές απώλειες γενικά εμφανίζονται αυξημένες κατά τους χειμερινούς μήνες και επίσης το ποσοστό απωλειών αυξάνεται ανά όροφο.

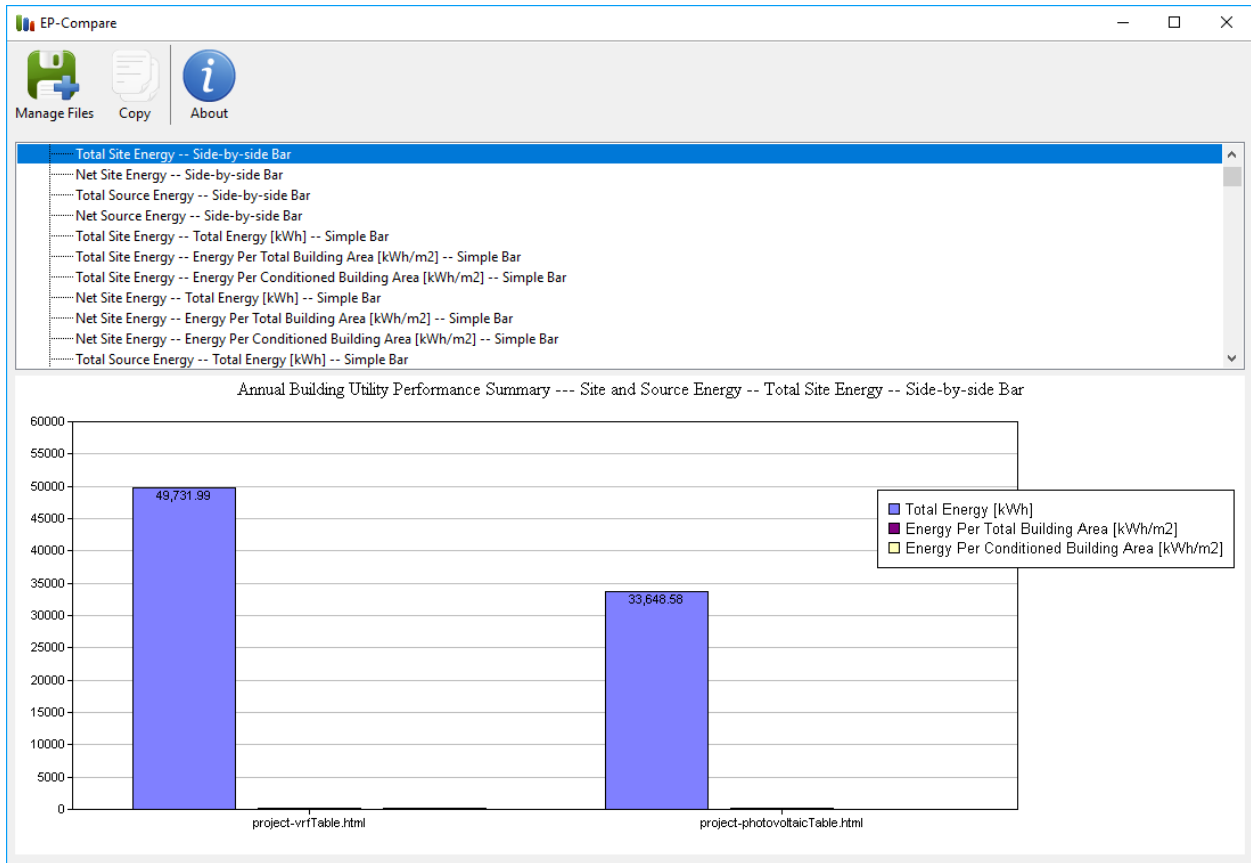
Συγκριτικά όμως παρατηρούμε πως οι θερμικές απώλειες έχουν περιοριστεί πολύ ύστερα από την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος και την μόνωση της ταράτσας και έχει εξασφαλιστεί μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε μία αισθητή μείωση στην κατανάλωση της ενέργειας που απαιτείται για το σύστημα ψύξης θέρμανσης. Η αιτιολόγηση της συγκεκριμένης μείωσης είναι η θερμομόνωση που φέρει εξωτερικά και συγκεκριμένα η θερμομόνωση της άνω παρειάς του 4^{ου} ορόφου και της εξωτερικής τοιχοποιίας. Κατά την διερεύνηση των υλικών θερμομόνωσης, επιλέχθηκαν υλικά που θα εξασφάλιζαν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και θα κατέληγαν στην συμμόρφωση της κατασκευής με βάση τις απαιτήσεις του ΚενΑΚ.

Η προσθήκη της θερμομόνωσης συντέλεσε στην βελτιστοποίηση της ανάκτησης της θερμοκρασίας του κτιρίου. Στην πρότερη κατάσταση η θερμομόνωση δεν ήταν επαρκής με αποτέλεσμα το κτίριο να ψύχεται και να θερμαίνεται πολύ γρήγορα. Το κτίριο δεν είχε την ικανότητα να συγκρατήσει την ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες στο εσωτερικό του και επιπροσθέτως οι θερμικές απώλειες ήταν πολύ μεγάλες. Κατ'επέκταση οι ανάγκες για ψύξη-θέρμανση ήταν αυξημένες, με αποτέλεσμα την συχνότερη χρήση των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης.

6.4 Συνολική αποτίμηση ενεργειακής αναβάθμισης

Το συνολικό ποσοστό εξοικονόμησης που έχουμε από τις επεμβάσεις που έχουμε κάνει στο κτίριο μας είναι της τάξεως του 30%. Αυτό φαίνεται αντίστοιχα και από τον παρακάτω πίνακα όπου συγκρίνουμε την συνολική κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 13: Συνολική σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων

Η σωστή τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης του κτιρίου μας, η στεγανοποίηση της ταράτσας και η τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού συστήματος έχουν ένα σημαντικό κόστος αλλά επιφέρουν ουσιαστικά αποτελέσματα.

Για να ερευνήσουμε εάν εντέλει αξίζει η επένδυση θα υπολογίσουμε της καθαρή παρούσα αξία της, NPV (Net Present Value). Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι ένας δείκτης που καθορίζει εάν κρίνεται συμφέρον το έργο που πρόκειται να γίνει.

Ο τύπος για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας είναι ο κάτωθι:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

Όπου:

R_t = το άθροισμα των ταμειακών ροών

t = Ο κύκλος ζωής της επένδυσης (στην προκειμένη περίπτωση θεωρήσαμε 20 χρόνια)

i = επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (θεωρητικός υπολογισμός στο 5%)

Για να είναι βιώσιμη η επένδυση χρειάζεται το NPV να είναι θετικό ($NPV > 0$)

Για τον καθορισμό του κόστους επένδυσης πραγματοποιήθηκε μία οικονομική έρευνα από όπου καταλήξαμε σε μία μέση τιμή για το κόστος των εργασιών που πρόκειται να υλοποιηθούν. Δηλαδή της μόνωσης της ταράτσας, της τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης, της αντικατάστασης των λαμπτήρων και του φωτοβολταϊκού μας συστήματος.

Συγκεκριμένα για την μόνωση της ταράτσας το κόστος είναι 22€/τμ. Η συνολική επιφάνεια κάλυψης που έχουμε είναι 70,03τμ, άρα συνολικό κόστος 1540,66€.

Για την τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης, η μέση τιμή είναι 31€/τμ. Η συνολική επιφάνεια κάλυψης είναι 68,68τμ άρα το κόστος ανέρχεται στα 2129,08€.

Το μέσο κόστος για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 5kW συμπεριλαμβανομένου του κόστους για την προμήθεια των υλικών είναι 7500€.

Για την κάλυψη της φωτεινότητας που απαιτείται χρειάζονται περίπου 70 λαμπτήρες. Μία λάμπα LED με ισχύ 4kW έχει μέσο κόστος 3€. Άρα κόστος αντικατάστασης 210€.

Άρα το συνολικό κόστος των επεμβάσεων είναι 11379,74€.

Βάσει του οικιακού τιμολογίου το κόστος για 1 kWh είναι 0,09460€.

Η συνολική διαφορά στην ενεργειακή κατανάλωση των δύο σεναρίων που έχουμε είναι 23946,48 kWh σε ετήσια βάση.

Από τα άνωθι συνεπάγεται πως το συνολικό ετήσιο κέρδος που έχουμε είναι 2265,3€.

Επομένως βάσει του τύπου για την Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης υπολογίζουμε πως η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης είναι $NPV = 16045,63€ > 0$, άρα η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα με περίοδο αποπληρωμής περίπου 5 χρόνια.

7. Επίλογος

Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκε η ενεργειακή κατάσταση υφιστάμενης κατασκευής και έπειτα προτάθηκαν μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμισή της.

Για την εκτίμηση της ενεργειακής κατάστασης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SketchUp και Open Studio για την μοντελοποίηση της κατασκευής μας και το Energy Plus για την προσομοίωση της.

Αφού ολοκληρώθηκε η προσομοίωση παρατηρήσαμε πως υπήρχε αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία επιβαρύνει την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, συνεπώς και την έκλυση αέριων ρύπων.

Στην συνέχεια προτάθηκαν μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου με στόχο την εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας, η οποία επιτεύχθηκε σε ποσοστό 30%

Συγκεκριμένα τα μέτρα που προτάθηκαν είναι:

- Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου όπου χρησιμοποιήθηκε πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες πάχους 5εκ. και θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 1εκ.
- Τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή της κατασκευής με χρήση πολυουρεθάνης σε κλειστές κυψελίδες πάχους 3εκ. και αφρός πουουρεθάνης ως σφραγιστικό υλικό πάχους 2εκ.
- Αντικατάσταση λαμπτήρων με φωτιστικά LED
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε επιφάνεια κάλυψης 35,04τ.μ. ισχύος 5kW

Από τα τελικά αποτελέσματα είχαμε μείωση της συνολική ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας καθώς και μείωση των απωλειών θερμότητας του κτιρίου.

Επιπροσθέτως από τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούμε πως οι λύσεις που προτάθηκαν είναι οικονομικά βιώσιμες με ετήσιο όφελος 2265,3€ και χρονικό ορίζοντα απόσβεσης περίπου τα 5 χρόνια.

Δεδομένης της θέσης της κατασκευής εντός του πυκνού αστικού ιστού δεν θα μπορούσε να προβλεφθεί φύτευση δένδρων για αισθητή βελτίωση του μικροκλίματος παρά μόνο χαμηλά φυτά.

Τα κριτήρια επιλογής των προτεινόμενων επεμβάσεων, είναι ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά. Βάσει της εποχής που διανύουμε δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε να αναφέρουμε και λύσεις που δεν απαιτούν μεγάλο κόστος επένδυσης αλλά επιφέρουν μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων.

Τέλος αξίζει να τονιστεί πως η ευαισθητοποίηση όλων μας για σωστή ενεργειακή συμπεριφορά κρίνεται απαραίτητη και χρειάζεται να καλλιεργηθεί η περιβαλλοντική συνείδηση μέσω δράσεων και σεμιναρίων από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς.

8. Πηγές – Βιβλιογραφία

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=446>

http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf

<http://publications.europa.eu/webpub/com/factsheets/energy/el/>

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households

<https://www.bankofgreece.gr/Pages/el/klima/results.aspx>

<http://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece>

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=crbjkilcLIA%3d&tabid=303&language=el-GR>

https://energypedia.info/wiki/Greece_Energy_Situation#Energy_Consumption

<http://www.ypeka.gr/?tabid=525>

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_energy_management_systems_BEMS

https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building

<https://www.openstudio.net/>

<https://energyplus.net/>

<http://www.xpsa.com/enviro-long-term.html>

Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 20701-1/2017

Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ20701-2/2017