



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κτίρια **Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Ανάλυση Κόστους-Οφέλους**

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΣΕΙΦΕΡΤ ΒΑΝΕΣΣΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΑΝΑΗ ΔΙΑΚΟΥΛΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κα Δανάη Διακουλάκη για την αδιάκοπη καθοδήγηση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας που αποτέλεσε τον καθοριστικό παράγοντα για την ολοκλήρωσή της.

Ευχαριστούμε επίσης το Διδάκτορα του ΕΜΠ και συνεργάτη του ΚΑΠΕ κ. Χρήστο Τουρκολιά για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις του κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας.

Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον προϊστάμενο του Τμήματος Ανάλυσης Ενεργειακής Πολιτικής του ΚΑΠΕ κ. Ιατρίδη Μηνά, τον ενεργειακό επιθεωρητή κ. Σταυρουλάκη Γιάννη, τον ερευνητή του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κ. Μοιρασγεντή, τον ενεργειακό επιθεωρητή κ. Τόλη Σωτήρη και τον πολιτικό μηχανικό κ. Δούβα Αλέξη για τις παρατηρήσεις και συμβουλές τους σε τεχνικά θέματα που κρίθηκαν καίριες για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το μηχανολόγο και συνεργάτη του ΤΕΕ κ. Μαντά Δημήτρη για το χρόνο που μας αφιέρωσε για να λύσει τις απορίες μας και για τη γενικότερη βοήθειά του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	10
2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	10
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	11
2.2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	11
2.2.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	13
2.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	16
2.3.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	17
2.3.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	18
2.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	20
2.4.1 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ ΕΛΛΑΔΑΣ	23
3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ.....	25
3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	25
3.1.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ.....	25
3.1.2 ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ <<20-20-20>>	26
3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ.....	27
3.2.1 ΟΔΗΓΙΑ 93/76/ΕΟΚ.....	27
3.2.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ	28
3.2.3 ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ.....	28
3.2.4 ΟΔΗΓΙΑ 2006/32/ΕΚ.....	29
3.2.5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ (ΣΕΤ).....	30
3.2.6 ΟΔΗΓΙΑ 2009/29/ΕΚ.....	30
3.2.7 ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΚ.....	31
3.3 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	32
3.3.1 ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	36
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	40
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ Κ.Εν.Α.Κ.	40

4.1.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	42
4.1.2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Π.Ε.Α.).....	46
4.1.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	47
4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	48
4.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	48
4.2.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	49
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ (Α.Κ.Ο.).....	52
4.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	52
4.3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	52
4.3.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	53
4.3.4 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΠΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	55
4.4 ΒΑΣΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ	56
5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	58
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	58
5.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	61
5.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
5.2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	61
5.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ	63
5.2.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	65
5.2.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	70
5.3 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	74
5.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	74
5.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	75
5.3.3 ΕΙΔΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	83
5.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ	85
5.4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ	85
5.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΧΩΡΩΝ.....	87
5.4.3 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ	88
5.4.4 ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (ΑΠΟΔΟΣΗΣ).....	90
5.4.5 ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ.....	94
5.4.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ	94
5.4.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	98

5.5 ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	100
5.5.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ.....	101
5.5.2 ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ.....	102
Λαμπτήρες αλογόνου νέας γενιάς και βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης ενεργειακής κατηγορίας C	104
5.5.3 ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΩΝ.....	106
6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	107
6.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	107
6.1.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	107
6.1.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	108
6.1.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO ₂	111
6.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	116
6.2.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ.....	116
6.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO ₂	117
6.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	122
6.3.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ	122
6.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO ₂	125
6.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	126
6.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO ₂	126
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	128
7.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	128
7.1.1 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	128
7.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	129
7.1.3 ΒΑΣΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ	130
7.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	130
7.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	130
7.2.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	132
7.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	134
7.2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	137
7.3 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ.....	137
7.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ.....	137
7.3.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	140
7.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ	143

7.3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	146
7.4 Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	147
7.4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	147
7.4.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	148
7.4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ	150
7.4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	152
7.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	152
7.5.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ .	152
7.5.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	154
7.5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ	156
7.5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	158
7.6 ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	158
7.6.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ	158
7.6.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	160
7.6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ	161
7.2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	162
7.7 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	163
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	167
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	170
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ [52]	173
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	189
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	200
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.....	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο και πρώτη προτεραιότητα κάθε σύγχρονης ενεργειακής πολιτικής. Δεδομένου ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% της απαιτούμενης ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Ένωση προσαρμόσε την νομοθεσία της για τον έλεγχο και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Μέσω αυτής, προβλέπει την ενεργειακή μελέτη των κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεών τους από ανεξάρτητους διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές, με απώτερο σκοπό την απόδοση ενεργειακής ταυτότητας στο κτίριο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αρχικά μια αναφορά στο θεσμικό πλαίσιο που διέπει την περαιτέρω ανάπτυξη τεχνολογιών ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Προς την κατεύθυνση αυτή δημιουργήθηκαν διάφορα υπολογιστικά προγράμματα, που διευκολύνουν τη διεξαγωγή του ελέγχου των κτιρίων. Η εργασία αυτή παρουσιάζει ένα από αυτά τα εργαλεία που μπορεί ένας μηχανικός να χρησιμοποιήσει για να μελετήσει την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου. Πρόκειται για το λογισμικό TEE-KENAK. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας και χρήσης του προγράμματος και γίνεται εφαρμογή σε μια τυπική πολυκατοικία σε όλες τις κλιματικές ζώνες και ακολούθως παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας. Στη συνέχεια, με βάση μία λεπτομερή ανάλυση του κόστους επένδυσης που συνεπάγεται κάθε επέμβαση, πραγματοποιείται Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Ανάλυση Κόστους-Οφέλους για να διαπιστωθεί αν οι βασικές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια είναι οικονομικά βιώσιμες και κοινωνικά επιθυμητές. Επιπλέον, γίνεται συγκριτική αξιολόγηση της οικονομικής και κοινωνικής αποδοτικότητας των επεμβάσεων, τόσο μεταξύ τους, όσο και σε σχέση με τη χωροθέτηση των κτιρίων στον Ελλαδικό χώρο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ακολουθώντας τις πολιτικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές εξελίξεις είναι εμφανές ότι οι ανάγκες της κοινωνίας και των πολιτών της έχουν αλλάξει σε σχέση με το παρελθόν.

Οι περιβαλλοντικές απειλές που εκφράζονται τόσο μέσα από την έλλειψη ενεργειακών πόρων όσο και από την εκτεταμένη και συνεχή ρύπανση του περιβάλλοντος λόγω του σύγχρονου τρόπου ζωής των ανθρώπων, τείνουν να μεταβάλλουν τις προτεραιότητες της παγκόσμιας πολιτικής ηγεσίας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου που ευθύνεται μεταξύ άλλων για την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, την τήξη των πάγων στους πόλους της γης, καθώς και οι περιβαλλοντικές καταστροφές τα τελευταία χρόνια λόγω του ανθρώπινου παράγοντα (όπως η διαρροή πετρελαίου στον Κόλπο του Μεξικού το 2010) απειλούν τόσο την ύπαρξη των έμβιων όντων όσο και την υγεία του ανθρώπων. Η κατάσταση αυτή έχει ενεργοποιήσει κοινωνικές και περιβαλλοντικές ομάδες (Greenpeace, United Nations, WWF) προς συσπείρωση και χάραξη στρατηγικών πίεσης των εθνικών και διεθνών ηγεσιών.

Επιπλέον, η μείωση των πόρων πετρελαίου έχει καταστήσει ως παγκόσμιους πολιτικούς παίκτες λίγες χώρες που κινούν τα νήματα της αγοράς και οδηγούν στην ενεργειακή εξάρτηση όλες τις υπόλοιπες χώρες. Η ΕΕ και σε μικρότερο βαθμό άλλες ανεπτυγμένες χώρες που δεν είναι ενεργειακά αυτόνομες, επιθυμούν τόσο την ανεξαρτητοποίησή τους όσο και την ανάδειξή τους ως καινοτόμες στην ανάπτυξη τεχνολογιών που μπορούν να παράσχουν επαρκή αποθέματα ενέργειας.

Από την άλλη, η συνεχής αύξηση των τιμών πετρελαίου και οι τεχνολογικές εξελίξεις όσο αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, έχουν ανοίξει καινούργιους δρόμους για τις επιχειρήσεις που αναζητούν καινοτόμες αλλά και αποδοτικές προτάσεις για τον περιβαλλοντικά ευσυνείδητο πολίτη.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, στην εργασία μελετώνται βασικές τεχνολογικές προτάσεις που παρέχουν, σε ένα ποσοστό τουλάχιστον, ενεργειακή αυτονομία αλλά και μειωμένη ρύπανση του περιβάλλοντος. Πέραν όμως των περιβαλλοντικών και κοινωνικών ωφελειών που εξετάζονται και επειδή η κοινωνία κινείται κυρίως με βάση τους νόμους της αγοράς, είναι υποχρέωσή μας να μελετήσουμε και την οικονομική εφικτότητα των προτάσεων αυτών. Καλώς ή κακώς, μία πρόταση όσο περιβαλλοντικά ωφέλιμη και να είναι δε θα πραγματοποιηθεί ποτέ εάν δεν προσφέρει κάποια οικονομική ωφέλεια στον επενδυτή ή το κράτος.

Συγκεκριμένα, οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι εξής:

1. Να καταγραφούν οι σημαντικότερες ενεργειακές επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε κτίρια κατοικιών.

2. Να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται σε ένα τυπικό κτίριο κατοικιών.
3. Να εκτιμηθεί η ελκυστικότητα των επεμβάσεων αυτών για τον ιδιώτη-επενδυτή.
4. Να εκτιμηθεί η σκοπιμότητα προώθησης αυτών των επενδύσεων για το σύνολο της κοινωνίας.

Η εργασία κινείται σε δύο βασικούς άξονες:

1. Χρησιμοποιείται το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. για την εφαρμογή επεμβάσεων σε ένα τυπικό κτίριο σε κάθε κλιματική ζώνη της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, το λογισμικό προσφέρει μία ρεαλιστική μεθοδολογία εξέτασης κτιριακών επεμβάσεων και βγάζει αξιόπιστα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας. Με χρήση αυτού του λογισμικού εξάγονται απόλυτες τιμές και ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας και εκπομπών CO₂ για κάθε επέμβαση και αξιολογούνται επομένως τα περιβαλλοντικά τους οφέλη.
2. Εφαρμόζονται κλασικά εργαλεία της οικονομικής ανάλυσης (χρηματοοικονομική ανάλυση και ανάλυση κόστους-οφέλους) για να εξεταστεί η οικονομική αποδοτικότητα για τον ιδιώτη-επενδυτή και την κοινωνία συνολικά.

Αρχικά λοιπόν για να τονιστεί η αναγκαιότητα προώθησης των ενεργειακών επεμβάσεων στα κτίρια κατοικιών, παρουσιάζονται στατιστικά δεδομένα για το ύψος και τη διάρθρωση της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα, καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που έχει διαμορφωθεί και που στηρίζει τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων, τόσο όσο αφορά τις νομοθετικές ρυθμίσεις που αυτός προβλέπει στον κτιριακό τομέα όσο και το λογισμικό που εφαρμόζεται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές στην Ελλάδα για την αξιολόγηση των κτιρίων.

Έπειτα, παρουσιάζονται σε θεωρητική βάση οι επεμβάσεις που έχουν επιλεγεί να εφαρμοστούν στην παρούσα εργασία. Αυτές είναι η εξωτερική θερμομόνωση, τα κουφώματα, τα Η/Μ συστήματα και η αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού. Επίσης, περιγράφεται το πρότυπο κτίριο που χρησιμοποιείται ως το κτίριο πάνω στο οποίο εφαρμόζονται οι επεμβάσεις. Συγκεκριμένα, δίνονται τα γενικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του, καθώς αυτά καθορίζουν την αρχική ενεργειακή κατανάλωσή του και αποτελούν βάση για τη μετέπειτα αξιολόγηση της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου.

Κινούμενοι στον πρώτο άξονα της ανάλυσης, παρουσιάζεται αναλυτικά η εφαρμογή του λογισμικού για κάθε επέμβαση και παρατίθενται τα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας και των εκπομπών CO₂.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, χρησιμοποιούνται οι τιμές εξοικονόμησης για τον υπολογισμό των χρηματοροών και εφαρμόζονται τα βασικά εργαλεία της οικονομικής ανάλυσης. Συγκεκριμένα, για κάθε επέμβαση καθώς και για τη συνολική εφαρμογή των επεμβάσεων γίνεται η χρηματοοικονομική ανάλυση, η ανάλυση κόστους-οφέλους και η ανάλυση ευαισθησίας.

Τέλος, γίνεται μία ολοκληρωμένη αξιολόγηση και εξαγωγή συμπερασμάτων για τα αποτελέσματα εξοικονόμησης και οικονομικής ανάλυσης με την ελπίδα να ανοίξει ένας διάλογος για την κοινωνική και οικονομική εφικτότητα σύγχρονων περιβαλλοντικών στρατηγικών στον κτιριακό τομέα.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο κτιριακός τομέας εμφανίζει μεγάλο ρυθμό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια είναι επομένως ιδιαίτερα σημαντική, καθώς πάνω από το 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση των κτιρίων, ενώ τα καύσιμα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής) ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος (50%) των εκπομπών αερίων που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των κτιρίων εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων.

1. Πληθυσμός: Αδιαμφισβήτητα περισσότερα κτίρια συνεπάγονται μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες, επομένως, η ζήτηση ενέργειας στον τομέα των κτιρίων μιας περιοχής αυξάνει με την αύξηση του πληθυσμού. Το ηλικιακό προφίλ μιας κοινότητας ή χώρας μπορεί επίσης να παίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση. Η μετανάστευση επίσης, αποτελεί σημαντική παράμετρος που μπορεί να επιβαρύνει ή να μειώσει τις ενεργειακές ανάγκες μιας περιοχής.
2. Οικονομική ανάπτυξη: Η οικονομική ανάπτυξη του τομέα των υπηρεσιών συνεπάγεται μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες για κτίρια γραφείων, εμπορικά καταστήματα, κλπ. Εντούτοις, στις αναπτυσσόμενες χώρες τις τελευταίες δεκαετίες η ανάπτυξη του τριτογενή τομέα συνοδεύτηκε από αποβιομηχανοποίηση, γεγονός που συνολικά οδήγησε σε μείωση της συνολικής ενεργειακής έντασης στις χώρες αυτές. Ταυτόχρονα, η αύξηση των εισοδημάτων επιτρέπει στα νοικοκυριά να ξοδεύουν περισσότερα για ενέργεια. Η οικονομική ανάπτυξη στις αναπτυσσόμενες χώρες οδηγεί σε αύξηση της αστικοποίησης και επομένως στην αύξηση της ζήτησης ενέργειας και ιδιαίτερα ηλεκτρισμού, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες στην απόκτηση μεγαλύτερων κατοικιών, πρόσθετων στοιχείων εξοπλισμού εντός του νοικοκυριού, εξοχικών κατοικιών, κλπ., αυξάνοντας την κατανάλωση ενέργειας.
3. Πρότυπα διαβίωσης: Η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των κτιρίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πώς οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα κτίρια. Η αύξηση της ευημερίας συνεπάγεται την αύξηση του ποσοστού του πληθυσμού που χρησιμοποιεί κλιματισμό και κεντρικά συστήματα θέρμανσης προκειμένου να

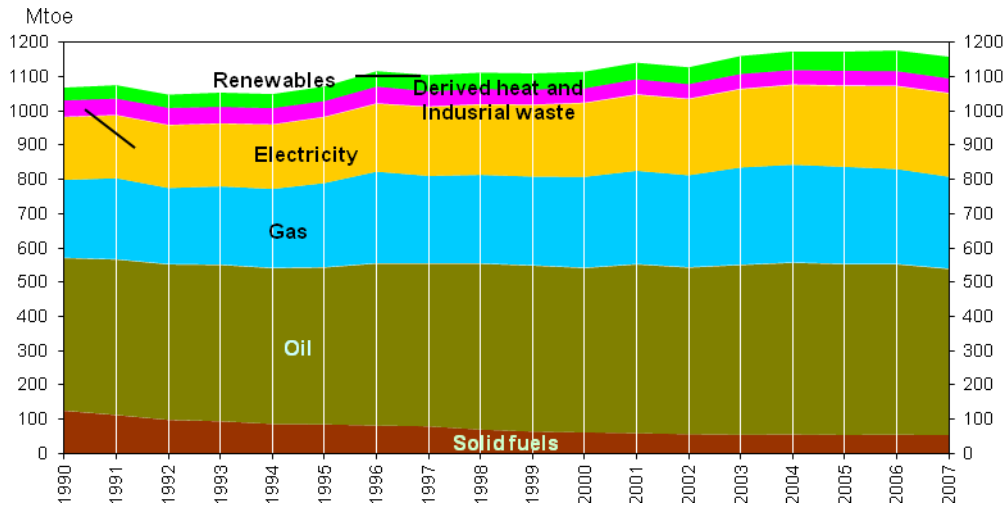
διαμορφώνει ανεκτές συνθήκες διαβίωσης εντός του νοικοκυριού. Ακόμη, συνεπάγεται τη χρήση μεγαλύτερου αριθμού ηλεκτρικών συσκευών που αυξάνουν τη συνολική ζήτηση ενέργειας. Εντούτοις, τα ενεργειακά αποδοτικά κτίρια είναι πιθανόν να παρέχουν τελικά καλύτερες συνθήκες διαβίωσης.

4. Κλιματικές συνθήκες: Οι κλιματικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων σε μια περιοχή. Η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος, κλπ., καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις ανάγκες για θέρμανση και κλιματισμό/ψύξη, και επομένως τη συνολική ζήτηση ενέργειας, προκειμένου οι κάτοικοι να απολαμβάνουν ανεκτές συνθήκες διαβίωσης εντός των νοικοκυριών ή των χώρων εργασίας τους.
5. Ενεργειακές πηγές: Σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στις αναπτυσσόμενες χώρες καλύπτεται από τον ηλεκτρισμό. Αντίθετα, το ποσοστό αυτό στις αναπτυσσόμενες οικονομίες είναι μικρό και έτσι χρησιμοποιείται ευρέως στα νοικοκυριά άνθρακας και παραδοσιακή βιομάζα. Η αύξηση του μεριδίου του ηλεκτρισμού στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στις αναπτυσσόμενες χώρες θα οδηγήσει εν γένει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων αλλά και σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας λόγω της αύξησης του βαθμού απόδοσης της μετατροπής των πρωτογενών ενεργειακών πόρων σε ηλεκτρισμό.
6. Τεχνολογία: Η τεχνολογική ανάπτυξη έχει οδηγήσει στη μείωση της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας σε όλη σχεδόν τη γκάμα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα κτίρια και ιδιαίτερα στις ηλεκτρικές συσκευές. Ταυτόχρονα, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα, υλικά και πρότυπα που συμβάλλουν στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας εντός των κτιρίων αλλά και συστήματα επικοινωνίας που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αποφυγής μετακινήσεων, κλπ. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας ευνόησε τη διάδοση χρήσης διαφόρων συσκευών και εξοπλισμού, αυξάνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις.[1]

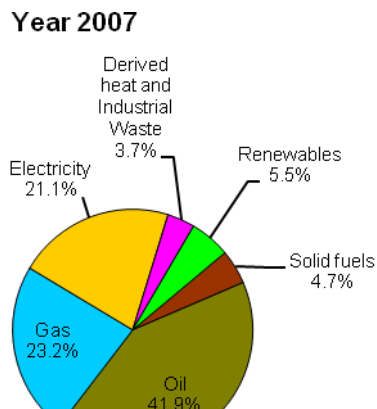
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ Ε.Ε.

2.2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Στο Σχήμα 2.1 παρατηρούμε ότι η ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζει μία περιορισμένη αύξηση στη διάρκεια των ετών.

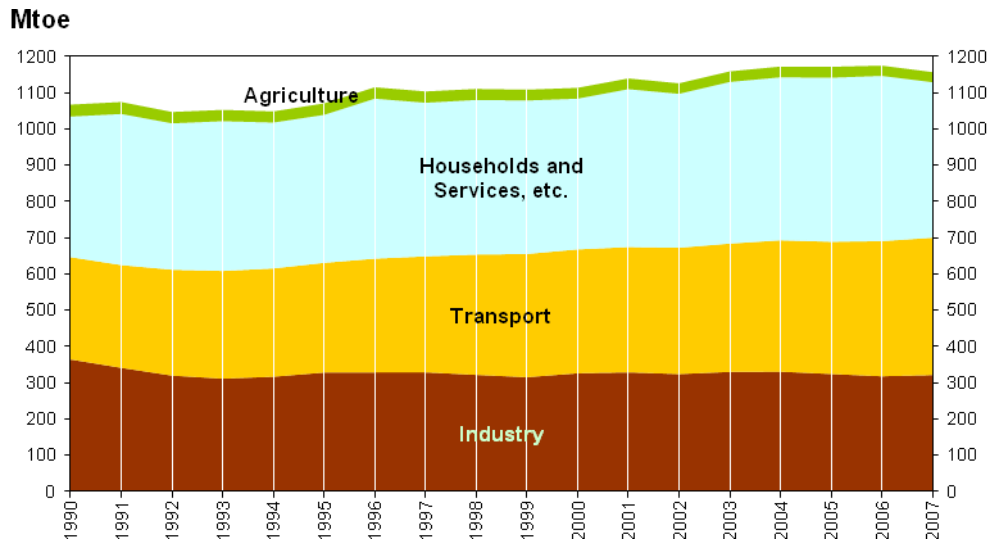


Σχήμα 2.1 Εξέλιξη της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης (Mtoe) στην ΕΕ-27 [2]



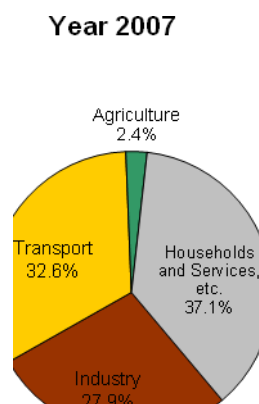
Σχήμα 2.2 Ενεργειακό μίγμα το έτος 2007 στην ΕΕ-27 [2]

Το πετρέλαιο εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει ένα πολύ υψηλό ποσοστό κατανάλωσης, ακολουθούμενο από το φυσικό αέριο και τον ηλεκτρισμό. Να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια, αύξηση παρουσιάζουν οι Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, το έτος 2007 το ενεργειακό μίγμα αποτελείτο κατά πλειοψηφία από την κατανάλωση πετρελαίου, φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού, ενώ μόνο το 5.5% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από Α.Π.Ε.



Σχήμα 2.3 Εξέλιξη της κατανομής της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης (Mtoe) στην ΕΕ-27 στους τομείς τελικής ζήτησης [2]

Ως προς τη διάρθρωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, παρατηρούμε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης από τον τομέα των μεταφορών, παρόμοια συμπεριφορά στον οικιακό και τριτογενή τομέα και μειωμένη κατανάλωση από τη βιομηχανία.



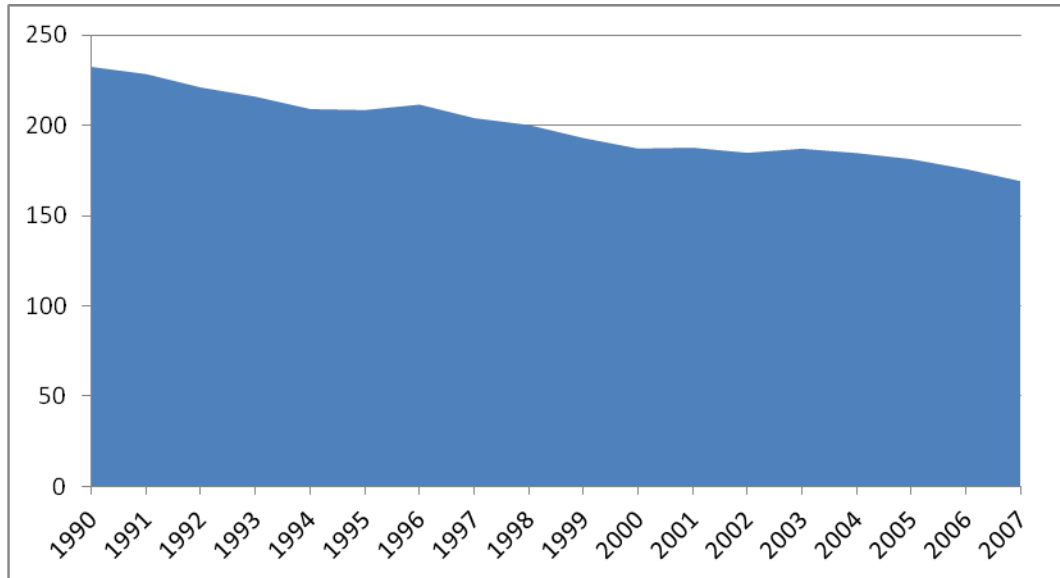
Σχήμα 2.4 Τελική ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕ-27 ανά τομέα το έτος 2007 [2]

Ο οικιακός τομέας μαζί με τον τριτογενή και τους λοιπούς τομείς είναι πρώτοι στην ενεργειακή κατανάλωση, ακολουθούμενοι από τις μεταφορές και τη βιομηχανία. [2]

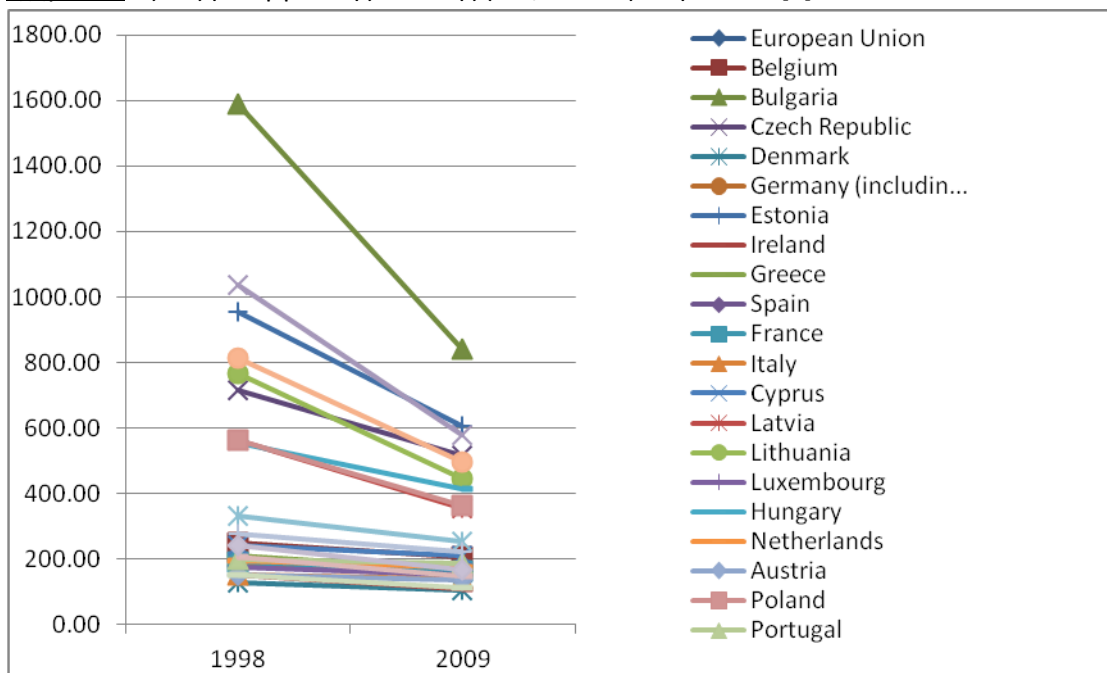
2.2.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι ενεργειακοί δείκτες που εξετάζονται είναι οι εξής:

1. Η ενεργειακή ένταση: Εκφράζει την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα ΑΕΠ (σε σταθερές τιμές 2000, toe ανά 1000 €).
2. Η ενεργειακή εξάρτηση.
3. Το δυναμικό εξοικονόμησης, δηλαδή η δυνατή ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί, λαμβάνοντας μέτρα εξοικονόμησης.

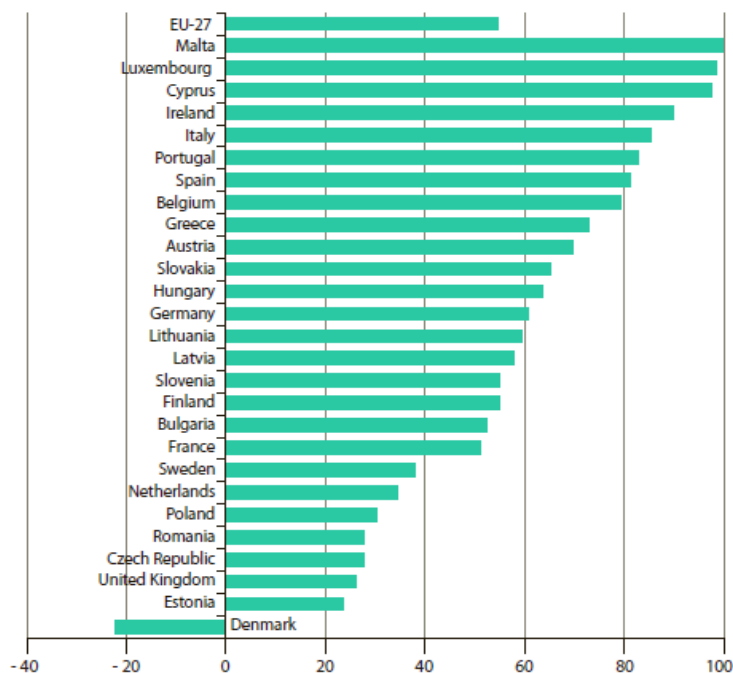


Σχήμα 2.5 Εξέλιξη Ενεργειακής έντασης (toe/M€ '00) στην ΕΕ-27 [2]



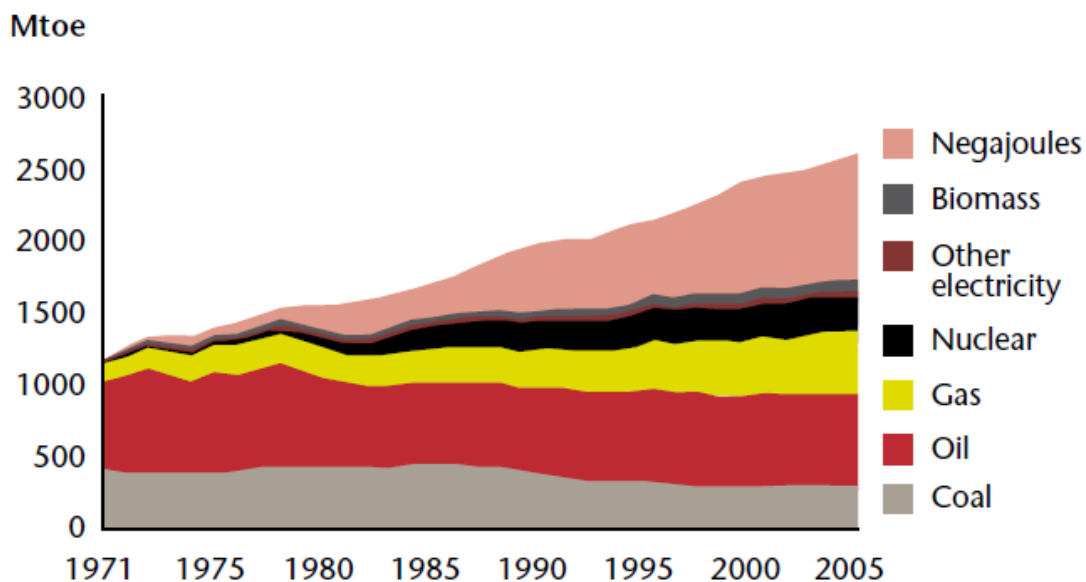
Σχήμα 2.6 Εξέλιξη Ενεργειακής έντασης για την ΕΕ-27 και όλες τις επιμέρους χώρες [2]

Από τα σχήματα 2.5 και 2.6 παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές εντάσεις όλων των χωρών, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, μειώνονται σημαντικά. Παρατηρώντας όμως τα επίπεδα ενεργειακής έντασης στις πιο ανεπτυγμένες χώρες (όπως η Γερμανία, η Γαλλία) είναι εμφανές ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτίωσης για την Ελλάδα.



Σχήμα 2.7 Ενεργειακή εξάρτηση (%) των χωρών της ΕΕ-27, 2008 [3]

Για την ΕΕ-27 η ενεργειακή εξάρτηση έφτασε το 54,8% το 2008, παρουσιάζοντας μία αύξηση 9% σε σχέση με το 1998. Παρατηρούμε ότι μόνο η Δανία έχει αρνητική ενεργειακή εξάρτηση που σημαίνει ότι δεν εισάγει ενέργεια, αλλά αντίθετα εξάγει τμήμα της εγχώριας παραγωγής της. Η Ελλάδα είναι ενεργειακά εξαρτημένη πάνω από 60%, ποσοστό μεγαλύτερο από το μέσο όρο της ΕΕ-27. [3]



Σχήμα 2.8 Εξοικονόμηση ενέργειας (Mtoe) στην ΕΕ από το 1975 [4]

Το Σχήμα 2.8 δείχνει πώς οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας έχουν μειώσει την ενεργειακή ένταση στην Ε.Ε. τα τελευταία 35 χρόνια. Καταδεικνύει ότι από το 2005, τα λεγόμενα 'negajoules' (δηλαδή η ενεργειακή κατανάλωση που αποφεύχθηκε μέσω

εξοικονόμησης) έγιναν η πιο σημαντική ενεργειακή πηγή. Η υψηλότερη καμπύλη στο διάγραμμα δείχνει τη φανταστική αύξηση της ζήτησης ενέργειας, βασισμένη στην αύξηση του ΑΕΠ από το 1971 μέχρι το 2005 αλλά κρατώντας σταθερή την ενεργειακή ένταση στα επίπεδα του 1971. Αν και από το 1971 έχει βελτιωθεί σημαντικά η ενεργειακή αποδοτικότητα, ο παραπάνω δείκτης δείχνει ξεκάθαρα τη δυνατότητα για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 2.1 Εκτιμήσεις εξοικονόμησης ενέργειας στους διάφορους τομείς για το 2020

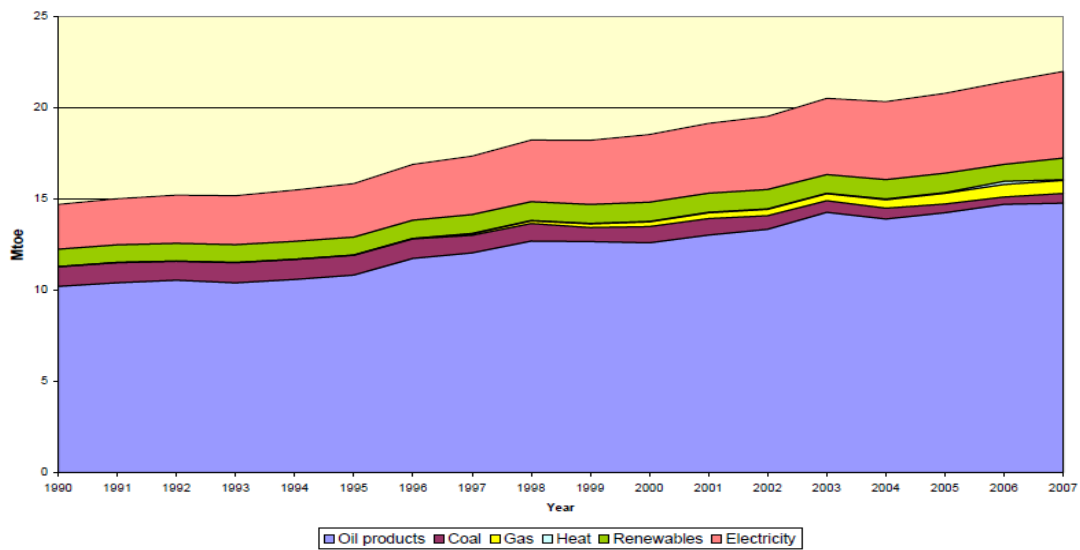
Τομέας	Ενεργειακή Κατανάλωση, 2005 (Mtoe)	Εκτιμώμενη Ενεργειακή Κατανάλωση, 2020 (Mtoe)	Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2020 (Mtoe)	Ποσοστιαίο Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2020 (%)
Οικίες	280	338	91	27%
Εμπορικά κτίρια	157	211	63	30%
Μεταφορές	332	405	105	26%
Βιομηχανία	297	382	95	25%

(Πηγή: Risø Energy Report 6)

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει εκτιμήσεις εξοικονόμησης ενέργειας στους τομείς των κτιρίων (οικίες και εμπορικά κτίρια), στις μεταφορές και τη βιομηχανία. Παρατηρούμε ότι σε όλους τους τομείς το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας κυμαίνεται σε ποσοστό 25-30%. Το δυναμικό αυτό, καταδεικνύει τόσο την ενεργειακή σπατάλη που ακόμα πραγματοποιείται σε όλους τους τομείς της κοινωνίας όσο και την τεράστια δυνατότητα βελτίωσης της κατάστασης, υιοθετώντας βασικές τεχνικές εξοικονόμησης. [4]

2.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

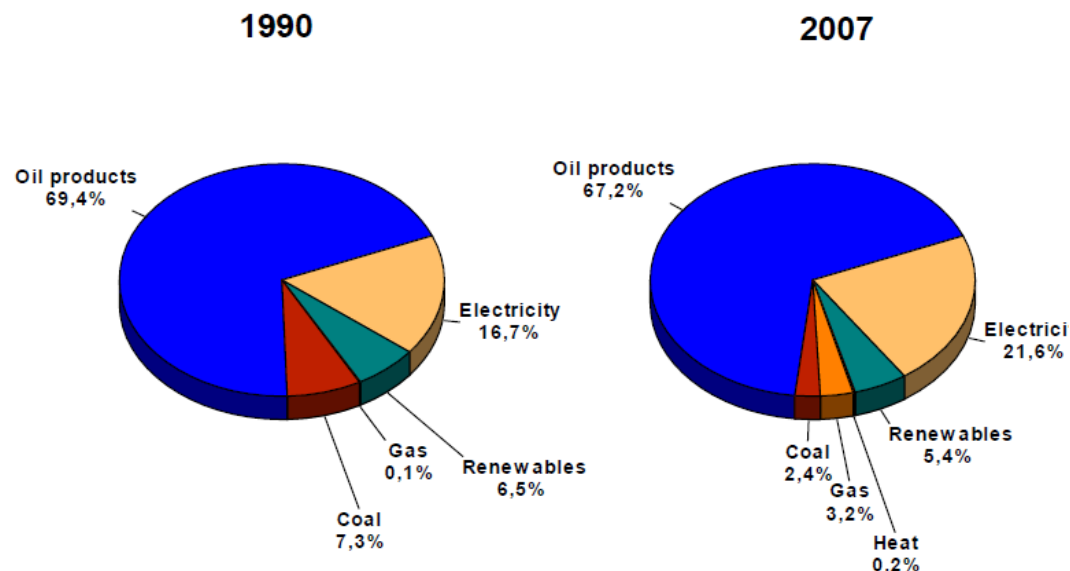
2.3.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ



Σχ

ήμα 2.9 Τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά καύσιμο (Mtoe) στην Ελλάδα, την περίοδο 1990- 2007. [1]

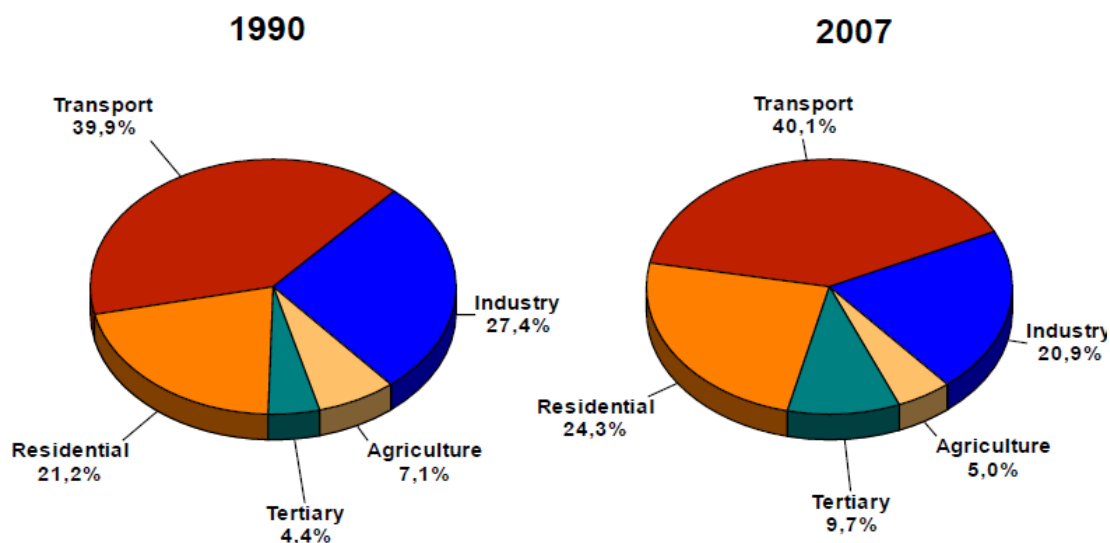
Παρατηρούμε ότι στην Ελλάδα, το καύσιμο που καταναλώνεται στο μέγιστο είναι το πετρέλαιο. Έπεται η ηλεκτρική ενέργεια, ο άνθρακας, οι Α.Π.Ε. και τελευταίο το φυσικό αέριο. Παρόλα αυτά, να σημειωθεί ότι σε σχέση με το 1990, η κατανάλωση πετρελαίου έχει μειωθεί κατά 1,8% λόγω της εισόδου του φυσικού αερίου στην αγορά και της αύξησης της κατανάλωσης ηλεκτρισμού κατά 4,9%.



Σχήμα 2.10 Μερίδιο αγοράς καυσίμων στην Ελλάδα, το 1990 και το 2007 [1]

Να σημειωθεί ότι οι Α.Π.Ε. αποτελούν ακόμα ένα πολύ μικρό μέρος της αγοράς και ότι δεν έχουν αξιοποιηθεί ακόμα όσο θα μπορούσαν.

- Τομείς κατανάλωσης



Σχήμα 2.11 Μερίδιο της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα (μεταφορές, οικιακός τομέας, βιομηχανία, γεωργία, τριτογενής τομέας) για το 1990 και το 2007 στην Ελλάδα [1]

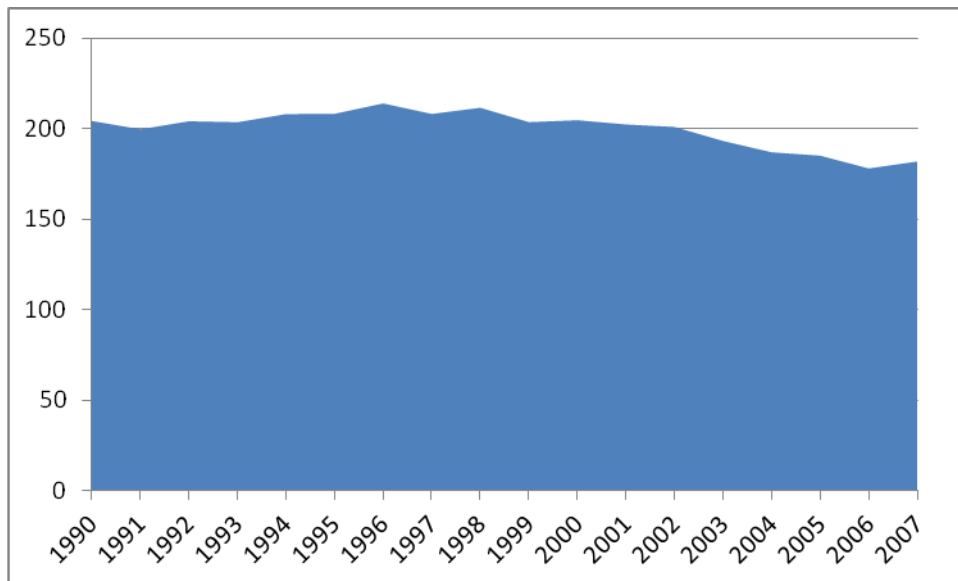
Παρατηρούμε ότι ο τομέας που καταναλώνει το μέγιστο ποσό ενέργειας είναι οι μεταφορές. Ακολουθούν ο οικιακός τομέας, η βιομηχανία, ο τριτογενής τομέας και τέλος η γεωργία. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πόσο μεγάλες είναι οι δυνατότητες μείωσης της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα. [1]

2.3.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι ενεργειακοί δείκτες που εξετάζονται είναι οι εξής:

1. Η ενεργειακή ένταση, συνολικά και ανά τομέα κατανάλωσης (Σχήμα 2.11, 2.12)
2. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση στον οικιακό τομέα (Σχήμα 2.13)

Από το 2000 και μετά, παρατηρείται μία σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, οφειλόμενη κυρίως στην αγορά ηλεκτρικών και οικιακών συσκευών όπως κλιματιστικά. Παρόλα αυτά, η σαφώς δυσμενέστερη κατάσταση της οικονομίας σήμερα, όπου σύμφωνα με τα πλέον πρόσφατα στοιχεία των εθνικών λογαριασμών το 2009, η ύφεση στην ελληνικά οικονομία έφτασε το 2,5%, συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την εντεινόμενη συρρίκνωση των ιδιωτικών επενδύσεων και, κατά δεύτερο λόγο, από τον περιορισμό των καταναλωτικών δαπανών των νοικοκυριών. Η παραπάνω διακύμανση φαίνεται από τους δείκτες ενεργειακής έντασης στα σχήματα 2.12 – 2.13 όπου ενώ αρχικά έχουμε μία σταθερή ένταση της τελικής ενέργειας μέχρι το 2002 περίπου, μετά η ένταση μειώνεται. [5]

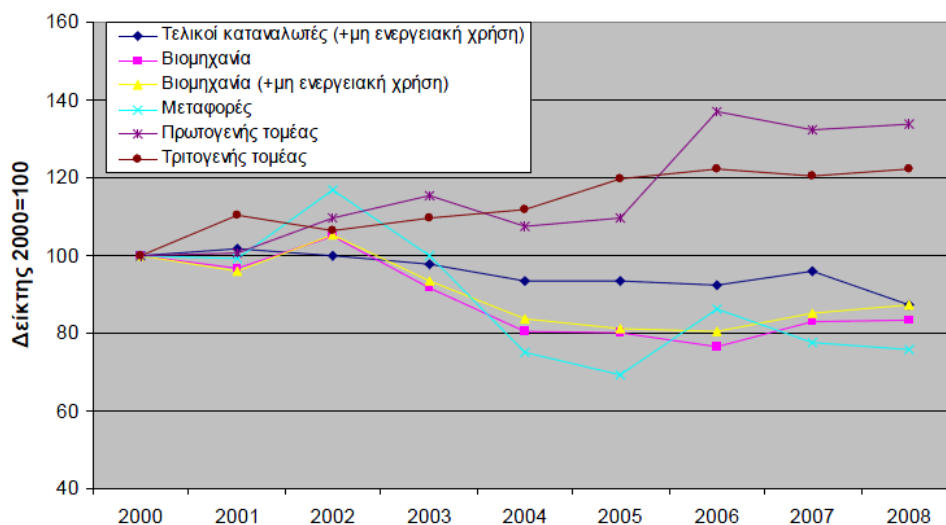


Σχήμα 2.12 Ενεργειακή ένταση (toe/M€ '00) στην Ελλάδα την περίοδο 1990-2007 [2]

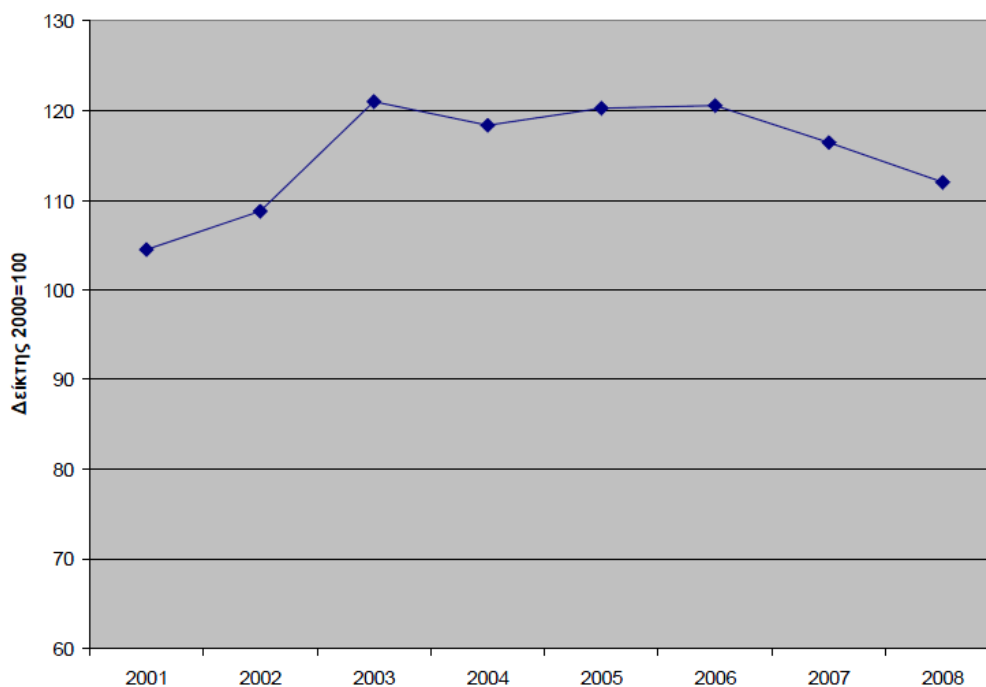
Η ενεργειακή ένταση παρουσιάζει από το 2000 ελαφρά πτωτική πορεία.

Συγκρίνοντας το Σχήμα 2.5 με το αντίστοιχο Σχήμα 2.12 για την Ελλάδα, παρατηρούμε ότι η ενεργειακή ένταση και στις δύο περιπτώσεις ακολουθεί τα τελευταία χρόνια μία βαθμιαία μείωση. Παρόλα αυτά, η μείωση αυτή στην ΕΕ-27 είναι πιο έντονη και σταθερή, σε αντίθεση με την Ελλάδα όπου τα έτη 1996-2000 και 2007 παρατηρούνται και αυξήσεις. Αυτές οι διαφορές πιθανότατα καταδεικνύουν την καθυστερημένη εφαρμογή πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα σε σχέση με την Ευρώπη, όπου εφαρμόστηκαν πιο γρήγορα και αποτελεσματικά καινούριες τεχνολογίες εξοικονόμησης.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικοί δείκτες ενεργειακής κατανάλωσης, ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. Είναι χαρακτηριστική η αύξηση της ενεργειακής έντασης στον οικιακό τομέα μετά το 2001 (Σχήμα 2.13) που λόγω της οικονομικής ανάπτυξης καταναλώνουν περισσότερο, κυρίως με την αυξημένη χρήση κλιματιστικών και οικιακών συσκευών. Μετά το 2003, αυτή η συμπεριφορά όμως αντιστρέφεται έντονα. [1]



Σχήμα 2.13 Ενεργειακή ένταση ανά τομέα κατανάλωσης. [5]



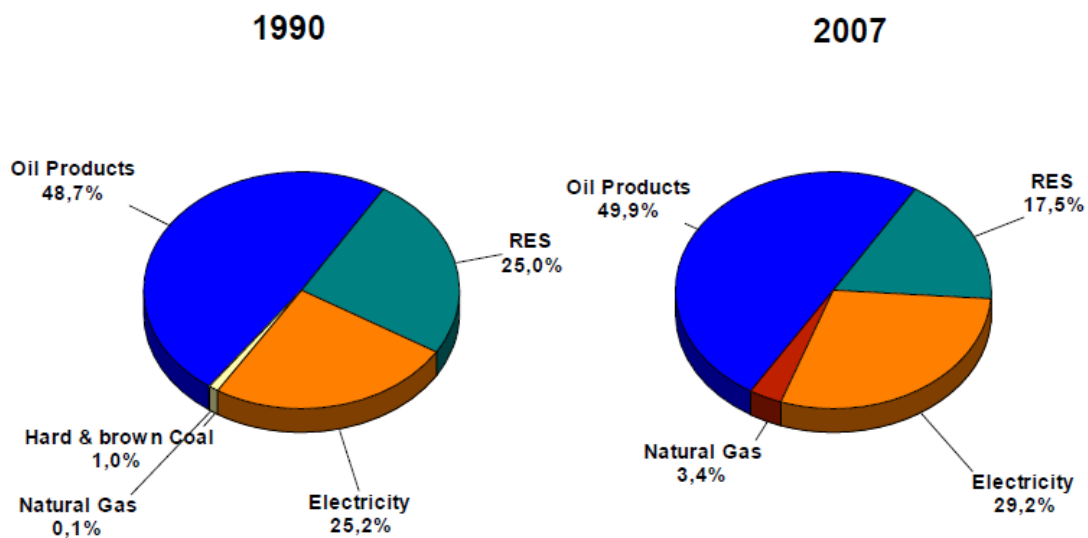
Σχήμα 2.14 Κατά κεφαλήν κατανάλωση στον οικιακό τομέα [5]

2.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

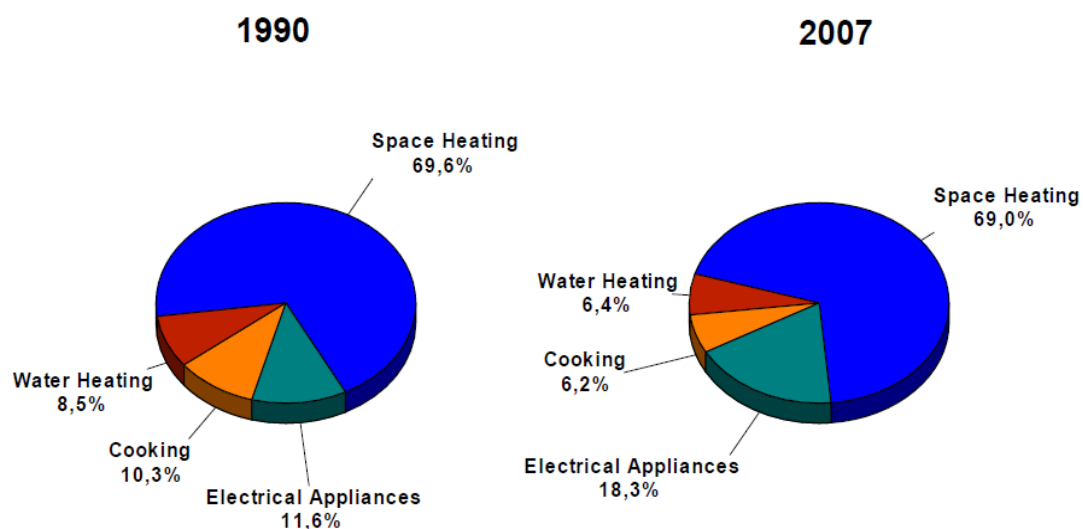
Τα κτίρια έχουν άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση πρωτογενών υλικών (κατασκευή, επισκευές), την κατανάλωση φυσικών πόρων (νερό, καύσιμα) καθώς και την παραγωγή ρύπων και οικιακών αποβλήτων. Στην Ευρώπη των 27, υπάρχουν 193 εκατ. κτίρια τα οποία ευθύνονται για το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (το 25.9% για τα κτίρια κατοικιών) και το ένα τρίτο περίπου των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, από τα οποία τα δύο τρίτα οφείλονται σε κτίρια κατοικιών.

Η κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα αποτελεί περίπου το 65% της συνολικής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα (οικιακός και τριτογενής τομέας), φτάνοντας τους 279 Mtoe. Η μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση στα κτίρια κατοικιών κυμαίνεται μεταξύ 150-230 kWh/m². Στη Βόρεια Ευρώπη, τα καλά θερμομονωμένα κτίρια παρουσιάζουν ετήσια κατανάλωση 120-150 kWh/m², ενώ στα αποκαλούμενα «ενεργειακά αποδοτικά» κτίρια η κατανάλωση φτάνει μέχρι και 60-80 kWh/m². Στα Ευρωπαϊκά κτίρια κατοικιών, περίπου το 57% της συνολικής κατανάλωσης είναι για θέρμανση χώρων, 25% για θέρμανση νερού χρήσης και 11% για ηλεκτρισμό.

Τα κτίρια, επίσης, συμβάλουν σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος, αφού ευθύνονται περίπου για το 50% των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂), το 35% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), το 25% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) και 10% των εκπεμπόμενων σωματιδίων. Παρά το γεγονός ότι τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων και του ζεστού νερού χρήσης διαφέρουν από χώρα σε χώρα, η επικρατούσα τάση είναι η χρήση φυσικού αερίου και η όλο και λιγότερη χρήση πετρελαίου, άνθρακα και βιομάζας. [6]

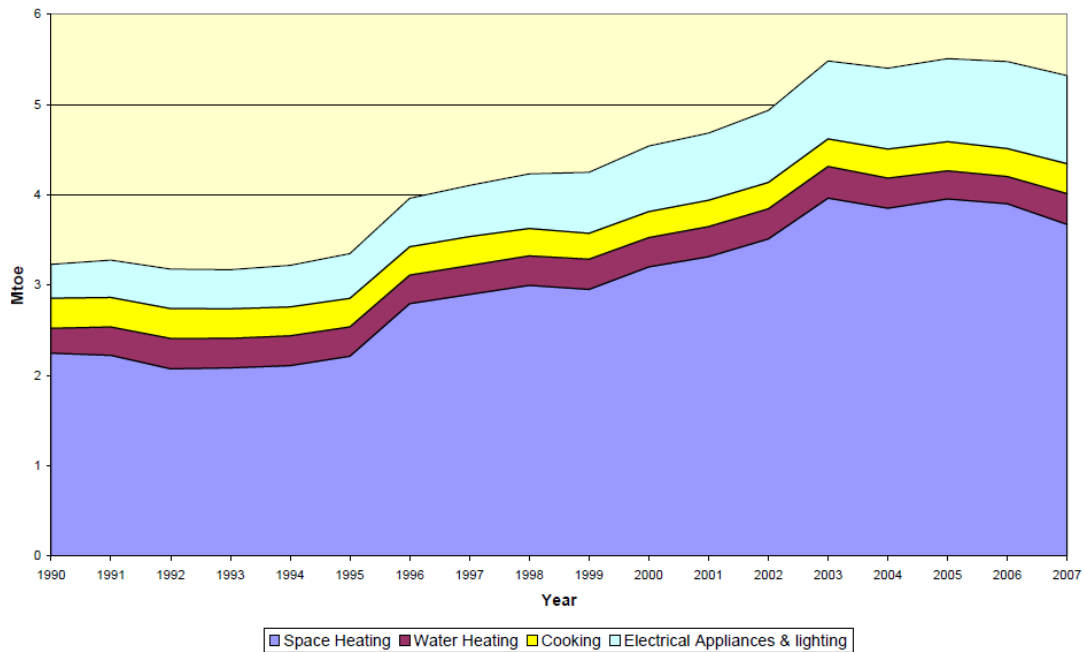


Σχήμα 2.15 Μερίδιο της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα ανά καύσιμο, το 1990 και το 2007 στην Ελλάδα [1]



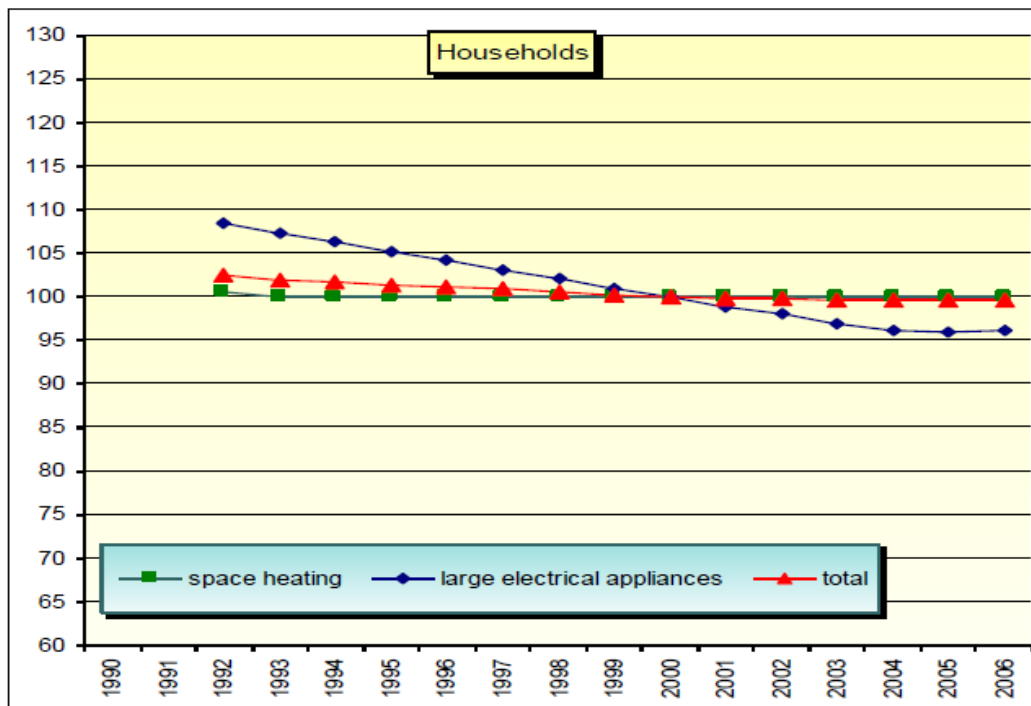
Σχήμα 2.16 Μερίδιο της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα ανά χρήση ενέργειας, το 1990 και 2007 στην Ελλάδα [1]

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στον οικιακό τομέα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων. Οι οικίες κατανάλωσαν το 2007 3,7 Mtoe για τη θέρμανση χώρων σε σχέση με 2,2 Mtoe το 1990. Η αύξηση αυτή κυμαίνεται περίπου στο 63% για τη θέρμανση χώρων. Το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από τις ηλεκτρικές συσκευές και για τον φωτισμό έχει σχεδόν τριπλασιαστεί από το 1990 ενώ, η ενέργεια για μαγείρεμα έχει παραμείνει σχεδόν σταθερή. [1]



Σχ

ήμα 2.17 Κατανάλωση τελικής ενέργειας (Μtoe) ανά χρήση στον οικιακό τομέα [1]



Σχήμα 2.18 Δείκτης ενεργειακής απόδοσης συνολικά για τον οικιακό τομέα καθώς και για τις ανάγκες θέρμανσης χώρων και ηλεκτρικών συσκευών, στην Ελλάδα για την περίοδο 1990- 2006 [1]

Μεταξύ 1990 και 2006, ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης στον οικιακό τομέα (Σχήμα 2.18) μειώθηκε σημαντικά κατά 2%, γεγονός που καταδεικνύει μία βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η ενεργειακή απόδοση των μεγάλων ηλεκτρικών συσκευών βελτιώθηκε κατά 11%, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί θετικά η ενεργειακή απόδοση των νοικοκυριών. Η μικρή μείωση της ενεργειακής απόδοσης συνολικά στον οικιακό τομέα (κόκκινη καμπύλη), οφείλεται κυρίως στη συνεχή αντικατάσταση των παλαιών κτιρίων με νέα, που με βάση τις

νέες οδηγίες υπακούουν σε αυστηρότερες απαιτήσεις, αξιοποιώντας καλύτερη μόνωση και πιο αποτελεσματικές ηλεκτρικές συσκευές. Τα προσφερόμενα δάνεια με χαμηλά επιτόκια, επέτρεψαν την αύξηση των επενδύσεων τόσο όσον αφορά την οικοδόμηση νέων κτιρίων όσο και την ανακαίνιση των παλαιότερων. [1]

2.4.1 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, υπάρχουν περίπου 4 εκατ. κτίρια με συνολική επιφάνεια 552 εκατ. m^2 , ενώ το 77% των κτιρίων είναι κατοικίες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοικιών βρίσκεται σε πολυκατοικίες και τα περισσότερα κτίρια είναι μεγάλης ηλικίας, με παλιές εγκαταστάσεις και χαμηλές ενεργειακές αποδόσεις. Η τυπική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση σε κτίρια κατοικιών πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/ m^2 σε μονοκατοικίες και 96 kWh/ m^2 σε πολυκατοικίες, ενώ για τα νεότερα κτίρια υπολογίζεται σε 92-123 kWh/ m^2 και 75-94 kWh/ m^2 , αντίστοιχα. Το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι σημαντικό αφού, σύμφωνα με προγενέστερα στοιχεία, επί του συνολικού αριθμού των πολυκατοικιών διαθέτει θερμομόνωση μόνο το 5,1% στις τοιχοποιίες, 1,5% στο δάπεδο, 12,7% στην πυλωτή, 30,4% στην οροφή, 2,1% διαθέτει διπλά τζάμια και 4,2% έχει θερμομόνωση των σωληνώσεων θέρμανσης. [6]

3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

3.1.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Από τις σημαντικότερες διεθνείς συμφωνίες που καθόρισαν την Ευρωπαϊκή και Εθνική στρατηγική όσο αφορά την παραγωγή και χρήση των ενεργειακών πόρων είναι το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η εισαγωγή του Πρωτοκόλλου του Κιότο στο διεθνές δίκαιο υπήρξε ένα απαραίτητο πρώτο βήμα ενάντια στην αλλαγή του κλίματος. Η Συνθήκη αυτή είναι η μόνη συμφωνία παγκοσμίως για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Είναι επίσης, η βάση για την ολοένα και πιο αποδοτική δράση διεθνώς ενάντια στην αλλαγή του κλίματος για τις προσεχείς δεκαετίες.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, ύστερα από την υπογραφή του από τη Ρωσία (που με την υπογραφή της εξασφάλισε την απαιτούμενη πλειοψηφία ως προς τον αριθμό των χωρών και τα ποσοστά του παγκόσμιου πληθυσμού που έπρεπε να το επικυρώσουν προκειμένου να τεθεί σε ισχύ) και εφαρμόζει τη Σύμβαση-Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Αλλαγή του Κλίματος. Οι Η.Π.Α. αρνήθηκαν συστηματικά να υπογράψουν το Πρωτόκολλο, παρόλο που αποτελούν τον μεγαλύτερο ρυπαντή παγκοσμίως. Έχει επικυρωθεί συνολικά από 168 κράτη μέχρι σήμερα. Στην ομάδα αυτή συμμετέχουν ανεπτυγμένα κράτη, των οποίων οι εκπομπές αντιστοιχούν περίπου στο 61,6% των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αφορά τις εκπομπές έξι αερίων του θερμοκηπίου:

- του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)
- του μεθανίου (CH₄)
- του πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O)
- των υδροφθορανθράκων (HFC)
- των υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC)
- του εξαφθοριούχου θείου (SF₆)

Οι βιομηχανικές χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-2012, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Κάθε κράτος ανέλαβε διαφορετικό ποσοστό μείωσης εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου.

Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκε μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως:

1. Το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών
2. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης
3. Η Από Κοινού Υλοποίηση

Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO₂ που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO₂», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη. [7]

Το Πρωτόκολλο του Κιότο δεν περιέχει δεσμευτικούς στόχους για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, παροτρύνονται και αυτές να λάβουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών τους. Αυτό συνάδει με τη συμφωνία ότι οι εκβιομηχανισμένες χώρες, ως η κύρια πηγή του φαινομένου του θερμοκηπίου, θα πρέπει να κάνουν το πρώτο βήμα στον έλεγχο των μειώσεων.

Στις 31 Μαΐου 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση των τότε 15 Κρατών Μελών επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Δεσμεύθηκε έτσι για τη συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008 – 2012. Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, στο εσωτερικό της ΕΕ των 15 αποτέλεσε αντικείμενο συμφωνίας έπειτα από διαπραγματεύσεις μεταξύ των Κρατών Μελών (burden-sharing agreement). Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990.

Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί ότι οι εκπομπές της δε θα αυξηθούν περισσότερο από 25% πάνω από τα επίπεδα του 1990 κατά την περίοδο 2008-2012.

Με βάση το παραπάνω πολιτικό πλαίσιο, η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων ήταν και παραμένει ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο. [8]

3.1.2 ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ <<20-20-20>>

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δρομολογήσει τα τελευταία χρόνια μια σειρά από δράσεις και μέτρα ώστε να επιτύχει την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών Α.Π.Ε. και εξοικονόμησης ενέργειας, στο πλαίσιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η πιο σημαντική πρωτοβουλία, που σχετίζεται με την ανάπτυξη μιας κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια που συμφωνήθηκε στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το Μάρτιο του 2007, αναφέρεται σε ένα συνολικά ενεργειακό Σχέδιο Δράσης.

Το κοινό Σχέδιο Δράσης, βασίζεται στην πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρώπη και καθορίζει ένα μελλοντικό πολιτικό πρόγραμμα προτείνοντας παράλληλα και τις αντίστοιχες δράσεις για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για αειφορία, ανταγωνιστικότητα και ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.

Η ουσιαστική υλοποίηση των πολιτικών και των δράσεων που προβλέπονται σε αυτή την απόφαση, συνοψίζεται στην επίτευξη των στρατηγικών στόχων που αναφέρονται ως τα τρία εικοσάρια, «20-20-20»:

- μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% έως το 2020

Στο πλαίσιο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε μέσα στο 2009 σε κάποιες νέες θέσεις και προτάσεις για την επίτευξη των στόχων αυτών, με την ψήφιση οδηγιών, την τροποποίηση παλαιότερων, το σχεδιασμό νέων κανονισμών καθώς και την υιοθέτηση ολοκληρωμένων δράσεων. [5]

3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

3.2.1 ΟΔΗΓΙΑ 93/76/ΕΟΚ

Η Οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE) είναι από τις πρώτες που ψηφίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση και αφορά την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών απειλών αλλά και της συνεχώς αύξουσας ζήτησης σε ενέργεια. Ήδη λοιπόν από τη δεκαετία του '80 η Ευρώπη εντόπισε την επικείμενη ενεργειακή πρόκληση και τη συνέδεσε με την απορρόφηση της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης από τον τομέα της κατοικίας. [8]

Συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ψήφισε μεταξύ άλλων τα εξής:

1. <<ότι ο καταλογισμός, στους ενοίκους των κτιρίων, των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος, εφόσον γίνεται κατά τον προσηκόντα τρόπο με βάση την πραγματική κατανάλωση, θα συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα της κατοικίας - ότι ευκαταίεο είναι οι ένοικοι να μπορούν να ρυθμίζουν οι ίδιοι τη δική τους κατανάλωση θερμότητας, ψυχρού και θερμού ύδατος - και ότι σήμερα σημαντικό μέρος των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος τιμολογείται ακόμα με βάση άλλους παράγοντες και όχι την κατανάλωση ενέργειας>>
2. <<ότι τα κτίρια θα επηρεάσουν τη μακροπρόθεσμη ενεργειακή κατανάλωση και ότι, επομένως, επιβάλλεται στα νέα κτίρια να γίνεται ικανοποιητική θερμομόνωση, προσαρμοσμένη στις τοπικές κλιματικές συνθήκες, και αυτό ισχύει και για τα κτίρια του δημοσίου, που θα πρέπει να δίνει το παράδειγμα για τη συνεκτίμηση περιβαλλοντικών και ενεργειακών παραγόντων>>
3. <<ότι η περιοδική συντήρηση των λεβήτων συμβάλλει στη διατήρηση της ορθής τους ρύθμισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προϊόντος και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης από περιβαλλοντική και ενεργειακή άποψη>> [9]

Η οδηγία αυτή εκδόθηκε σε ιδιαίτερο πολιτικό πλαίσιο, καθώς δεν είχε γίνει ακόμα η σύναψη της συμφωνίας του Κιότο και δεν είχαν ακόμα διατυπωθεί οι αμφιβολίες αναφορικά με την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για αυτό και η οδηγία αντικαταστάθηκε το 2002 από την οδηγία 2002/91/ΕΚ που θα παρουσιαστεί παρακάτω. [8]

3.2.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ

Η Ευρώπη εισάγει κατά ένα μεγάλο ποσοστό την ενέργεια που έχει ανάγκη κυρίως από τη Μέση Ανατολή και τη Ρωσία, γεγονός που την καθιστά ενεργειακά εξαρτημένη και ανίκανη στο να ελέγχει τη διεθνή αγορά ενέργειας. Η αδυναμία της αυτή τονίστηκε σαφέστατα με αφορμή την αλματώδη άνοδο των τιμών του πετρελαίου στα τέλη του έτους 2000.

Η λύση που προτάθηκε στην επονομαζόμενη Πράσινη Βίβλο, ήταν να αναπτυχθεί μια στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, η οποία θα στοχεύει στη μείωση των κινδύνων που συνδέονται με την εν λόγω εξωτερική της εξάρτηση.

Η Πράσινη Βίβλος, που δημοσιεύθηκε το Νοέμβριο του 2000, προκάλεσε πολλές συζητήσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Οι περισσότεροι από τους εμπλεκόμενους φορείς που αποφάνθηκαν επί των προτάσεων της Πράσινης Βίβλου, όπως είναι τα κράτη μέλη και οι ΜΚΟ, διάκινται ευνοϊκά ως προς τον κεντρικό άξονα της προτεινόμενης στρατηγικής, δηλαδή μια στρατηγική που να δίνει έμφαση στον έλεγχο της ζήτησης μέσω της προώθησης, για παράδειγμα, της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Η εξοικονόμηση πόρων μέσω των κτιρίων είναι μία από τις βασικές πολιτικές κατευθύνσεις που συμβάλλει στον παραπάνω στόχο της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Δεδομένου λοιπόν της συναίνεσης στην προσέγγιση αυτή, η Επιτροπή υπέβαλλε την Ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/ΕΚ για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. [8]

3.2.3 ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ

Πρόκειται για την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων που ουσιαστικά εντάσσει την ΕΕ και την Ελλάδα στο νέο πλαίσιο αντιμετώπισης της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Είναι η πρώτη οδηγία που εισάγει την πολιτική των ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων στα κτίρια και ορίζει την έκδοση ενεργειακών πιστοποιητικών.

Η οδηγία βασίζεται στα ακόλουθα τέσσερα βασικά στοιχεία:

1. Κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
2. Ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και υφιστάμενα κτίρια, σε περίπτωση που υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση.

3. Συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια και, σε δημόσια κτίρια, τοιχοκόλληση των πιστοποιητικών και άλλων σχετικών πληροφοριών. Τα πιστοποιητικά δεν πρέπει να είναι παλαιότερα των 5 ετών.
4. Επιθεώρηση των λεβήτων και των κεντρικών εγκαταστάσεων κλιματισμού στα κτίρια σε τακτά χρονικά διαστήματα και, επιπλέον, αξιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης όταν οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

Η κοινή μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ενεργειακή απόδοση, και όχι πλέον μόνο την ποιότητα της μόνωσης του κτιρίου. Στην εν λόγω ολοκληρωμένη προσέγγιση θα πρέπει να συνυπολογίζονται παράγοντες όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης, οι εγκαταστάσεις φωτισμού, η θέση και ο προσανατολισμός του κτιρίου, η ανάκτηση θερμότητας κ.λπ.

Τα ελάχιστα πρότυπα για τα κτίρια υπολογίζονται βάσει της μεθοδολογίας που περιγράφεται ανωτέρω. Τα κράτη-μέλη οφείλουν να θεσπίσουν ελάχιστα πρότυπα. Υποχρεούνται επίσης να εξασφαλίζουν ότι η πιστοποίηση και η επιθεώρηση των κτιρίων θα διεξάγονται από εξειδικευμένο και ανεξάρτητο προσωπικό.

Τα πιστοποιητικά πρέπει να διατίθενται κατά την κατασκευή, την πώληση ή την ενοικίαση ενός κτιρίου. Αφενός, η οδηγία στοχεύει ιδιαίτερα στην ενοικίαση, προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι ο ιδιοκτήτης, ο οποίος συνήθως δεν πληρώνει το λογαριασμό για την κατανάλωση ενέργειας, θα λάβει τα αναγκαία μέτρα. Αφετέρου, προβλέπει επίσης ότι οι κάτοικοι (των κτιρίων) πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την κατανάλωσή τους, σε θέρμανση και ζεστό νερό, υπό την προϋπόθεση ότι αυτού του είδους τα μέτρα είναι αποδοτικά.

Η οδηγία αφορά τον τομέα της κατοικίας και τον τριτογενή τομέα (γραφεία, δημόσια κτίρια κ.λπ.). Ωστόσο, ορισμένα κτίρια εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής των διατάξεων σχετικά με την πιστοποίηση, παραδείγματος χάρη τα ιστορικά κτίρια, τα βιομηχανικά κτίρια κ.λπ.

Η οδηγία δεν προβλέπει μέτρα σχετικά με τον μη μόνιμα εγκατεστημένο εξοπλισμό, όπως είναι οι οικιακές συσκευές. Μέτρα όπως η επισήμανση και η υποχρεωτική ελάχιστη απόδοση έχουν ήδη εφαρμοσθεί ή προβλέπονται στο σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση. [8]

3.2.4 ΟΔΗΓΙΑ 2006/32/ΕΚ

Η ΕΕ θέσπισε, μέσω της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006, για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου, πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων έναν ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας που ισχύει για τα κράτη μέλη, υποχρεώσεις για τις εθνικές δημόσιες αρχές στον

τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και των ενεργειακά αποδοτικών προμηθειών, καθώς και μέτρα προώθησης της ενεργειακής απόδοσης και των ενεργειακών υπηρεσιών.

Ο νόμος αυτός καθορίζει το πλαίσιο δράσεων και προγραμμάτων για την επίτευξη του εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση κατά 9% μέχρι το 2016, τις υποχρεώσεις των εταιρειών διανομής ενέργειας, τον υποδειγματικό ρόλο που θα πρέπει να διαδραματίσει ο δημόσιος τομέας στο πλαίσιο επίτευξης αυτού του στόχου, ενώ για πρώτη φορά ρυθμίζονται και τα θέματα για τη λειτουργία των επιχειρήσεων ενεργειακών υπηρεσιών στην Ελλάδα. [8]

3.2.5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ (ΣΕΤ)

Πρόκειται για ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών της 22ας Νοεμβρίου 2007 με τίτλο: «Ευρωπαϊκό στρατηγικό σχέδιο ενεργειακών τεχνολογιών (σχέδιο ΣΕΤ) - Η πορεία προς τις χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα».

Το Σχέδιο ΣΕΤ στοχεύει στο να προχωρήσουν ταχύτερα οι ενεργειακές τεχνολογίες σε ένα μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Θα συμβάλλει στην επιτάχυνση του ρυθμού ανάπτυξης και ευρείας εφαρμογής καθαρών, βιώσιμων και αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών, ενώ ταυτόχρονα θα προωθήσει την πρωτοπορία της ΕΕ στους σχετικούς τομείς της έρευνας και της ανάπτυξης. Οι τεχνολογίες αυτές θα καταστήσουν επίσης δυνατή την επίτευξη των φιλόδοξων ενεργειακών και κλιματικών στόχων της ΕΕ για το 2020, όπως και την πρόθεση της ΕΕ για μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050.

Η υλοποίηση του Σχεδίου ΣΕΤ σημείωσε ικανοποιητική πρόοδο το 2009 καθώς οι Ευρωπαϊκές Βιομηχανικές Πρωτοβουλίες (ΕΒΠ) κατάρτισαν τους οδικούς τους χάρτες στον τομέα της τεχνολογίας (2010 - 2020) και εργάζονται για τη θέσπιση αποτελεσματικών ευρωπαϊκών προγραμμάτων, ενώ ο Ευρωπαϊκός Συνασπισμός Έρευνας στον τομέα της Ενέργειας (ΕΣΕΕ) είναι έτοιμος να δρομολογήσει τις πρώτες του ερευνητικές δραστηριότητες και αναπτύσσεται παράλληλα η πρωτοβουλία "Έξυπνες πόλεις" η οποία έχει προταθεί ως ένα πρώτο εργαλείο για τη μαζική υιοθέτηση των τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης από την αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενεργειακών δικτύων. [8]

3.2.6 ΟΔΗΓΙΑ 2009/29/ΕΚ

Η οδηγία 2009/29/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας αυτής συντάχθηκε στο πλαίσιο εναρμόνισης της νομοθεσίας με το Σχέδιο Δράσης <<20-20-20>> της ΕΕ. Περιλαμβάνει σημαντικές τροποποιήσεις στη διαδικασία εκχώρησης της κοινοτικής ποσότητας δικαιωμάτων, τον πλειστηριασμό και την ισχύ τους, τα σχετικά εθνικά μέτρα εφαρμογής που θα πρέπει να αναπτυχθούν και τα σχετικά θέματα

παρακολούθησης των κατανομών και των δικαιωμάτων.

Η οδηγία αυτή, ορίζει επίσης διατάξεις για τον προσδιορισμό και την υλοποίηση αυστηρότερης δέσμευσης της Κοινότητας που θα αφορά τη μείωση των εκπομπών μεγαλύτερη του 20%, η οποία θα αρχίσει να ισχύει μόλις η Κοινότητα εγκρίνει μια διεθνή συμφωνία για τις κλιματικές αλλαγές που θα οδηγήσει σε ακόμη μεγαλύτερες μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. [8]

3.2.7 ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΚ

Αυτή είναι η πιο πρόσφατη οδηγία (2010/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων) που ψηφίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και που συνεχίζει στο ίδιο πλαίσιο ώστε να ενισχύσει περαιτέρω την εξοικονόμηση ενέργειας.(5) Η Ελλάδα με βάση αυτή την οδηγία εισήγαγε νέα μέτρα και προγράμματα, τα οποία όσο αφορά τον κτιριακό τομέα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Ανάπτυξη της συνεργασίας του δημόσιου τομέα, των κατασκευαστών και των πολιτών με στόχο την εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον επεμβάσεων στα κτίρια.
- Πρόγραμμα φοροαπαλλαγών γύρω στο 20% για περιβαλλοντικές επεμβάσεις αξίας 3000 ευρώ και 10% για μεγαλύτερης αξίας επεμβάσεις.
- Πρόγραμμα για την αντικατάσταση κλιματιστικών με πιο φιλικά στο περιβάλλον. [8]

Παρακάτω παρατίθεται το περιεχόμενο των βασικών άρθρων της Οδηγίας.

Άρθρο 4: Καθορισμός των Απαιτήσεων Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης.

Το άρθρο καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για κτίρια ή κτιριακές ενότητες καθώς και για στοιχεία που αποτελούν μέρος του κελύφους ενός κτιρίου όταν αυτά τοποθετούνται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται.

Άρθρο 6: Νέα κτίρια

Για όλα τα νέα κτίρια (όχι μόνο όσα είναι μεγαλύτερα από 1000τ.μ.) εξετάζεται η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων παράγωγης ενέργειας. Η σκοπιμότητα εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων μπορεί να διενεργείται για μεμονωμένα κτίρια ή για ομάδες παρόμοιων κτιρίων ή για κοινούς τύπους κτιρίων στην ίδια ζώνη.

Όσο αφορά τα συλλογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, η ανάλυση μπορεί να διενεργείται για όλα τα κτίρια που συνδέονται με το σύστημα στην ίδια ζώνη.

Άρθρο 6: Υφιστάμενα κτίρια

Τα κράτη-μέλη διασφαλίζουν ότι, όταν τα κτίρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου ή του ανακαινιζόμενου τμήματος του

αναβαθμίζονται ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, που έχουν θεσπισθεί σύμφωνα με το άρθρο 4 στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.

Οι απαιτήσεις εφαρμόζονται στο σύνολο του ανακαινισμένου κτιρίου ή της ανακαινισμένης κτιριακής ενότητας. Επιπροσθέτως ή εναλλακτικά είναι δυνατόν να εφαρμόζονται απαιτήσεις σε ανακαινισμένα δομικά στοιχεία.

Άρθρο 8: Τεχνικά συστήματα κτιρίου

Ως «τεχνικό σύστημα κτιρίου» ορίζεται ο τεχνικός εξοπλισμός για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, παραγωγή ζεστού νερού, φωτισμό κτιρίου ή συνδυασμό τους.

Τα κράτη-μέλη θεσπίζουν, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή χρήση των τεχνικών συστημάτων κτιρίων, απαιτήσεις όσο αφορά:

- τη συνολική ενεργειακή απόδοση
- την ορθή εγκατάσταση και τις κατάλληλες διαστάσεις
- τη ρύθμιση και έλεγχο των τεχνικών συστημάτων κτιρίων που εγκαθίστανται σε υφιστάμενα κτίρια.

Άρθρο 9: Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας

Ως «κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» ορίζεται το κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το γενικό πλαίσιο που καθορίζει τη μεθοδολογία. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Η υιοθέτηση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ έχει ήδη αρχίσει να αλλάζει το τοπίο σε πολλούς τομείς της οικοδομικής βιομηχανίας. Η αναθεωρημένη πρόταση υιοθετεί ακόμα πιο φιλόδοξους στόχους. Η υλοποίηση τους θα επιφέρει ακόμα πιο ριζικές αλλαγές για:

- Πολεοδομικές και οικοδομικές αρχές
- Αρχιτέκτονες μελετητές και μηχανικούς
- Εργοληπτικές εταιρείες και εταιρείες ανάπτυξης γης
- Πωλητές και εγκαταστάτες τεχνικών συστημάτων
- Βιομηχανία παραγωγής δομικών υλικών [10]

3.3 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Η Ελλάδα είναι υποχρεωμένη να προσαρμόζει την εθνική της νομοθεσία ώστε να τηρούνται οι κοινοτικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, δρομολογήθηκαν στην Ελλάδα οι απαραίτητες νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις

ώστε να υπάρξει πλήρης ενσωμάτωση διατάξεων και μέτρων που προβλέπονται από Κοινοτικές Οδηγίες. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα νομοθετήματα της εθνικής νομοθεσίας που αφορούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Πίνακας 3.1 Νομοθετήματα εθνικής νομοθεσίας που αφορούν μέτρα ΕΞ.Ε και Α.Π.Ε.

Έτος	Τίτλος Νομοθετήματος (Νομοθέτημα)
2009	Πρώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας (Ν.3734/2009)
2008	Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις (Ν3661/2008)
2008	Καθορισμός εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής που διαθέτουν Άδεια Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και πληρούν τις προϋποθέσεις για την υπαγωγή τους στο σύστημα χορήγησης άδειας εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (3637/2008)
2008	Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργ. απόδοσης και την εξοικον. ενέργειας στο δημόσιο (ΥΑ Δ6// 2008)
2007	Συντήρηση στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις Δημ. κτιρίων κλπ για εξοικονόμηση ηλεκτρ. ενέργειας
2007	Οικονομικά κίνητρα σε καταναλωτές για την μείωση της ζήτησης ισχύος τον Ιούλιο του 2007
2003	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για τις οικιακές κλιματιστικές συσκευές
2003	Οικιακοί ηλεκτρικοί φούρνοι-Συμμόρφωση προς την οδηγία 2002/40/ΕΚ
2001	Απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα στραγγαλιστικά πηνία που προορίζονται για λαμπτήρες φθορισμού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000.
1999	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών λαμπτήρων -ΟΔΕΟΚ 98/11
1999	Κατευθύνσεις διεξαγωγής ενεργειακών επιθεωρήσεων
1998	Ενισχύσεις Ιδ. Επενδύσεων Ανατοκισμός, φορολογία κλπ
1998	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών πλυντηρίων πιάτων -ΟΔΕΟΚ
1998	Προσαρμογή στην 96/57/ΕΚ (οικιακές ηλεκτρικές συσκευές)
1997	Βιώσιμη Οικιστική Ανάπτυξη πόλεων και οικισμών κ.ά.
1997	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια-ΕΟΚ
1996	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια ρούχων
1996	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας οικιακών στεγνωτήριων ρούχων
1994	Προϊόντα Δομικών Κατασκευών
1994	Ένδειξη της καταναλώσεως ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών
1994	Κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικά ψυγεία-οδηγία ΕΟΚ
1993	Προδιαγραφές καυστήρων , λεβήτων- ΕΟΚ
1993	Σταθ. εστίας καύσης για θέρμανση κτιρίων-νερού
1989	Κτιριοδομικός Κανονισμός
1985	Πολυενοδομικές σημαντικές ρυθμίσεις κλπ διατάξεις
1981	Περί εφαρμογής ΠΥΣ 237/80 - Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1981	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	Έγκριση κανονισμού για τη θερμομόνωση κτιρίων
1977	ΔΣ. Διεθνούς προγράμματος ενεργείας
1977	ΔΣ. Διεθνούς προγράμματος ενεργείας
1975	Μέτρα εξοικονομήσεως ενεργείας
1975	Απαγόρευση χρήσης "μαζούτ" για κεντρική θέρμανση
1975	Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

(Πηγή: ΚΑΠΕ)

Όπως βλέπουμε και παραπάνω, η προσπάθεια ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας ξεκίνησε ήδη από το 1975. Όσο αφορά τον τομέα των κατοικιών, το πρώτο νομοθέτημα που προσπάθησε να καθορίσει βασικούς κανόνες εξοικονόμησης είναι ο Κανονισμός Θερμομόνωσης που πέρασε το 1979. Από τότε μέχρι και τη δεκαετία του 1990 δεν έγινε καμία αξιοσημείωτη προσπάθεια ανανέωσης των κανονισμών αυτών. Η ψήφιση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 93/76/ΕΟΚ επέβαλε την αλλαγή της παραπάνω κατάστασης.

Συγκεκριμένα, από τότε έχουν γίνει οι εξής νομοθετικές αλλαγές:

1. Κοινή Υπουργική Απόφαση 21475/4707/98: Θεσπίζεται ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας. Εκδόθηκε στο ΦΕΚ (880/Β/19-08-98) το 1998. [11]
2. Κοινή Υπουργική Απόφαση 54409/2632: αφορά την εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών. Ψηφίστηκε τον Δεκεμβρίου του 2004 (ΦΕΚ 1931/Β/2004). [12]
3. Νόμος 3661/2008: Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις. Πρόκειται για το πρώτο νομικό πλαίσιο που μιλάει για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων. Εκδόθηκε στο ΦΕΚ το 2008. [13]
4. Νόμος υπ' αριθμ. 3855: Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις. Εκδόθηκε στο ΦΕΚ το 2010. [14]
5. Νόμος Αριθμ. Δ6/Β/οικ.5825 : Έγκριση κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Εκδόθηκε στο ΦΕΚ το 2010. [15]
6. Προεδρικό Διάταγμα 100: Ενεργειακοί επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού. Εκδόθηκε στο ΦΕΚ το 2010. [16]
7. Απόφαση οικ. 17178: Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. [17]

Με χρονολογική σειρά παρουσιάζονται τα βασικά νομοθετήματα.

Κοινή Υπουργικής Απόφαση 21475/4707/98: Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.

Η Ελλάδα, με την ψήφιση της Οδηγίας SAVE 93/76/ΕΟΚ (βλ. κεφάλαιο 3.2) από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ήταν υποχρεωμένη να εφαρμόσει μέσα από την εθνική της νομοθεσία τα άρθρα της Οδηγίας αυτής.

Με την έκδοση της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 21475/4707/98 (ΦΕΚ 880/Β/19-08-98) θεσπίζεται λοιπόν το 1998 ο νέος Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.) και περιγράφονται το αντικείμενο, οι στόχοι και τα γενικά του περιεχόμενα. Με τις αποφάσεις του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ 80206/33/20-01-99 και 80207/34/20-01-99, ανατέθηκε στο ΚΑ.Π.Ε. η επιστημονική ευθύνη για τη σύνταξη του Σχεδίου του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. και συγκροτήθηκε, για το σκοπό αυτό Μικτή Επιτροπή Εμπειρογνομώνων, υπό το συντονισμό του ΚΑ.Π.Ε..

Ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. αναμενόταν να επιβάλλει και να προδιαγράφει την Ενεργειακή Μελέτη του κτιρίου, καθώς και να περιγράφει τον τρόπο διενέργειας της Ενεργειακής Επιθεώρησης. Παρόλα αυτά, μετά από πολλές καθυστερήσεις στη σύνταξη και εφαρμογή του Κανονισμού και αφού, ψηφίστηκε η νέα Οδηγία 2002/91/ΕΚ που προέβλεπε νέες ρυθμίσεις στους Ενεργειακούς Κανονισμούς, ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. απορρίφθηκε πριν την εφαρμογή του και εντέλει αντικαταστάθηκε από τον Κ.Εν.Α.Κ.

Η περίπτωση του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της ολιγωρίας της εκάστοτε πολιτικής ηγεσίας και του δημοσίου τομέα γενικότερα όσο αφορά την επιβολή των Ευρωπαϊκών Οδηγιών και την οργάνωση των περιβαλλοντικών δράσεων. Ακόμα και ο Κ.Εν.Α.Κ. καταρτήθηκε με καθυστέρηση και αφού είχε περάσει η προθεσμία που έδινε η Οδηγία 2002/91/ΕΚ στα κράτη μέλη μέχρι το 2006. [11]

Νόμος 3661/2008 - 'Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων'

Με τον Νόμο 3661/2008 εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων». Ο νόμος ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν:

1. στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5),
2. στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6),
3. στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8)
4. στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9). [18]

Νόμος Αριθμ. Δ6/Β/οικ.5825 : 'Έγκριση κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)'

Με τον Κ.Εν.Α.Κ. ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων, που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Με τη θέσπιση του Κ.Εν.Α.Κ τίθενται δύο βασικές υποχρεώσεις:

1. η υποχρέωση υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων για έκδοση οικοδομικής άδειας,
2. η υποχρέωση διενέργειας Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού.

Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι απαραίτητο για την ενοικίαση ή την πώληση των κτιρίων. Η χορήγηση των ανωτέρω πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης

(συμπεριλαμβανομένου αυτών για τους λέβητες και τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού) θα γίνεται από ειδικευμένους και διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται εκτενέστερη αναφορά και περιγραφή του Κ.Εν.Α.Κ. [19]

3.3.1 ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πρόγραμμα ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ

Το Πρόγραμμα ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ στοχεύει στη βελτίωση των όρων της ενεργειακής αποδοτικότητας σε τοπικό επίπεδο, στην προώθηση δράσεων επίδειξης με άμεσα εφαρμόσιμα αποτελέσματα και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών και των στελεχών της διοίκησης και της αυτοδιοίκησης σε ζητήματα εξοικονόμησης ενέργειας, προστασίας και βιώσιμης διαχείρισης του αστικού περιβάλλοντος.

Περιλαμβάνει δράσεις οι οποίες ταξινομούνται σε πέντε Άξονες Προτεραιοτήτων, ως εξής:

Άξονας 1: παρεμβάσεις σε υφιστάμενα δημοτικά κτίρια

Άξονας 2: παρεμβάσεις σε κοινόχρηστους χώρους του αστικού περιβάλλοντος

Άξονας 3: πιλοτικές παρεμβάσεις στις αστικές μεταφορές

Άξονας 4: παρεμβάσεις σε λοιπές τεχνικές αστικές (δημοτικές) υποδομές

Άξονας 5: δράσεις διάδοσης, δικτύωσης και ενημέρωσης [20]

Εξοικονομώ Κατ'Οίκον

Πρόκειται για συγχρηματοδοτούμενο Πρόγραμμα που απευθύνεται σε ιδιοκτήτες των οποίων τα σπίτια έχουν κατασκευαστεί μέχρι την 31.12.1989 και είναι χαμηλής ενεργειακής κατηγορίας.

Το Πρόγραμμα παρέχει κίνητρα στους ωφελούμενους να πραγματοποιήσουν τις πιο σημαντικές παρεμβάσεις για να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού τους και ταυτόχρονα συμβάλλει στην επίτευξη των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων της χώρας, εξασφαλίζοντας με την ολοκλήρωσή του, εξοικονόμηση ενέργειας έως 1 δισ. κιλοβατώρες (kWh) ετησίως.

Το Πρόγραμμα θα υλοποιηθεί μέσω Ειδικού Ταμείου Χαρτοφυλακίου με τίτλο «Ταμείο Εξοικονομώ κατ' Οίκον». Ο προϋπολογισμός του Προγράμματος ανέρχεται σε 396 εκ. €, με πεδίο εφαρμογής όλη τη χώρα. [21, 22]

Χτίζοντας το Μέλλον

Τον Ιούνιο του 2011 προκηρύχθηκε το πρόγραμμα Χτίζοντας το Μέλλον από το ΥΠ.Ε.Κ.Α. το οποίο θα συνεισφέρει στο γενικότερο πλαίσιο επίτευξης της εξοικονόμησης ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020 καθώς και στην ανάπτυξη των κατασκευαστικών και ενεργειακών αγορών.

Το πρόγραμμα είναι από τα πλέον φιλόδοξα προγράμματα επέμβασης στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα, και σύμφωνα με την δέσμευση της Ελλάδας για το <<20-20-20>>, προβλέπει 3.100.000 ενεργειακές παρεμβάσεις σε κτίρια.

Μέσω του προγράμματος «Χτίζοντας το μέλλον» πρόκειται να υλοποιηθούν επτά κατηγορίες παρεμβάσεων σε σπίτια και πέντε σε λοιπά κτίρια. Ειδικότερα, για τα σπίτια το πρόγραμμα προβλέπει:

- Αντικατάσταση κουφωμάτων με αντίστοιχα υψηλών προδιαγραφών σε 20.000 κατοικίες.
- Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλά σε 25.000 κατοικίες.
- Εγκατάσταση 5.000 ηλιακών συλλεκτών.
- Εγκατάσταση ψυχρών οροφών σε 20.000 κατοικίες.
- Μόνωση της οροφής σε 20.000 κατοικίες.
- Μόνωση της πρόσοψης σε 20.000 κατοικίες.
- Αντικατάσταση 20.000 συμβατικών συστημάτων θέρμανσης με νέα υψηλής απόδοσης.

Για τα λοιπά κτίρια οι παρεμβάσεις περιλαμβάνουν:

- Εγκατάσταση ολοκληρωμένων προσόψεων (κουφώματα, υαλοστάσια, συστήματα σκίασης) σε 3.000 εμπορικά κτίρια.
- Εξωτερική μόνωση σε **5.000** κτίρια.
- Εγκατάσταση συστημάτων ψύξης-θέρμανσης-αερισμού υψηλής απόδοσης σε **5.000** εμπορικά κτίρια.
- Αντικατάσταση του συστήματος τεχνητού φωτισμού σε **10.000** εμπορικά κτίρια.
- Εγκατάσταση προηγμένων συστημάτων ενεργειακού ελέγχου σε **1000** εμπορικά κτίρια.

Αξίζει να αναφερθεί ότι για τη συμμετοχή στο πρόγραμμα δεν θα υπάρχουν προϋποθέσεις (π.χ. εισοδηματικά κριτήρια), αλλά οι αιτήσεις θα εξετάζονται κατά σειρά προτεραιότητας.

Η πρώτη παρέμβαση θα ξεκινήσει στις αρχές του 2011 και μέχρι τον Απρίλιο 2011 θα έχουν προκηρυχτεί όλες οι παρεμβάσεις. Η διαχείριση θα γίνει από το ΚΑ.Π.Ε. σε συνεργασία με τις αντίστοιχες επαγγελματικές ενώσεις και ανεξαρτήτους ειδικούς επιστήμονες. Η πρώτη φάση της δράσης θα ολοκληρωθεί έως το τέλος του 2012.

Το όλο πρόγραμμα αποτελεί μια σύμπραξη ανάμεσα στο δημόσιο, τον ιδιωτικό τομέα και τους πολίτες. Η σύμπραξη αυτή θα πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο εθελοντικών συμφωνιών. Οι υποχρεώσεις που θα αναλάβει κάθε τομέας είναι οι εξής.

Ο δημόσιος τομέας αναλαμβάνει:

- Να δημιουργήσει το επικοινωνιακό και πληροφοριακό περιβάλλον ώστε να ενημερωθούν οι πολίτες για την αναγκαιότητα ενεργειακής ανακαίνισης των κτιρίων τους, τις προσφερόμενες ευκαιρίες, τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από το έργο κλπ.
- Να οργανώσει την αγορά προϊόντων και τεχνολογιών ώστε να προσφέρεται πλήρης και διαφανής πληροφορία στους πολίτες για την πιστοποίηση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος καθώς και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους.
- Να προσφέρει τεχνική υποστήριξη η οποία θα επιτρέψει την μείωση του κόστους πιστοποίησης για τα εγχώρια παραγόμενα προϊόντα.
- Το σχεδιασμό και την εφαρμογή των εθελοντικών συμφωνιών με τον ιδιωτικό τομέα, που περιλαμβάνει τη βιομηχανία κατασκευής προϊόντων και συστημάτων, τους παρόχους υπηρεσιών, τις εμπορικές επιχειρήσεις και τους εγκαταστάτες ώστε να εξασφαλιστούν ιδιαίτερα σημαντικές και πραγματικές εκπτώσεις προς τους πολίτες.
- Τον ποιοτικό έλεγχο των κατασκευών που θα αναληφθούν στα πλαίσια του έργου, για την διασφάλιση των πολιτών και την επίτευξη των στόχων της δράσης. Ο έλεγχος αυτός θα πραγματοποιηθεί από το κατάλληλα εξοπλισμένο σώμα των ενεργειακών επιθεωρητών, πριν και μετά την ολοκλήρωση του έργου.
- Να οργανώσει την αγορά προϊόντων και τεχνολογιών ώστε να προσφέρεται πλήρης και διαφανής πληροφορία στους πολίτες για την πιστοποίηση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος καθώς και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους. Η δράση αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική δεδομένου ότι στην αγορά δυστυχώς υπάρχουν μη πιστοποιημένα προϊόντα με παραπλανητικά στοιχεία απόδοσης.
- Για όλα τα διαθέσιμα κτιριακά προϊόντα που επιθυμούν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα θα ζητηθεί να προσκομιστεί επίσημη πιστοποίηση χαρακτηριστικών. Όλα τα ομοειδή πιστοποιημένα θα τοποθετηθούν σε επίσημη βάση δεδομένων με όλα τα χαρακτηριστικά τους ώστε να είναι δυνατή η αληθής συγκριτική αξιολόγηση των διαφόρων ομοειδών προϊόντων και συστημάτων καθώς και η επιλογή των συστημάτων που καλύπτουν τις τεχνικές προδιαγραφές του προγράμματος.
- Για όλα τα εγχώρια παραγόμενα είδη που δεν διαθέτουν την απαραίτητη πιστοποίηση θα προσφερθεί τεχνική βοήθεια ώστε να την αποκτήσουν με μικρό κόστος. Η όλη σχετική πρωτοβουλία θα επιτρέψει την οργάνωση της αγοράς σε υγιείς βάσεις, θα πριμοδοτήσει τους κατασκευαστές προϊόντων υψηλών προδιαγραφών, θα βοηθήσει τις μικρές μονάδες να αποκτήσουν πιστοποίηση και θα επιτρέψει στον πολίτη να επιλέγει προϊόντα και συστήματα με αληθή στοιχεία τεκμηρίωσης.

Ο ιδιωτικός τομέας αναλαμβάνει:

- Να προσφέρει σημαντικές και πραγματικές εκπτώσεις (κατ' ελάχιστον 20%) προς τους πολίτες για προκαθορισμένο αριθμό και ποσότητα προϊόντων.
- Να διασφαλίσει την ποιότητα και τον ποιοτικό έλεγχο των προσφερόμενων υπηρεσιών και προϊόντων.

- Να δεχτεί σε εθελοντική βάση να παρέχει εφόσον δύναται λευκά πιστοποιητικά στους πολίτες η και συμβόλαια εγγυημένης απόδοσης. [23]

Πράσινα Δώματα σε Δημόσια Κτίρια

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν μία παθητική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια στο εξωτερικό. Το Υ.Π.Ε.Κ.Α. ετοιμάζει το νέο Πρόγραμμα Εφαρμογής Πράσινων Δωματών σε Δημόσια Κτήρια, με στόχους:

- Τη βελτίωση των θερμικών, οπτικών και περιβαλλοντικών συνθηκών των χρηστών των δημόσιων κτιρίων.
- Τη γνωριμία των πολιτών με τις τεχνικές, τα προτερήματα και τα χαρακτηριστικά των Πράσινων Δωματών.
- Τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, τον περιορισμό της έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου και ως εκ τούτου, τη συμβολή στην αναστροφή της κλιματικής μεταβολής.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από το ΕΣΠΑ και το ΕΠΠΕΡΑΑ, έχει ως ενδιάμεσο φορέα το ΚΑ.Π.Ε. ενώ το ύψος της συνολικής χρηματοδότησης φτάνει τα 20 εκατομμύρια € και απευθύνεται σε όλους τους φορείς που διαχειρίζονται δημόσια κτήρια.[24]

Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη 2011-2013 – Πρωτοβουλία Κατάρτισης και Προσόντων του εργατικού δυναμικού του οικοδομικού κλάδου σε θέματα Εξοικονόμησης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα κτίρια – BUILD UP Skills

Ο κτιριακός τομέας αναμένεται να συμβάλλει τα μέγιστα στους ενεργειακούς στόχους του 2020. Για το σκοπό αυτό απαιτείται, μεταξύ άλλων, αυξημένη προσπάθεια για την κατάρτιση του εργατικού δυναμικού του οικοδομικού κλάδου σε θέματα Εξοικονόμησης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΕΞΕ και Α.Π.Ε.) στα κτίρια. Η Πρωτοβουλία “BUILD UP Skills”, που ενεργοποιείται στο πλαίσιο του Προγράμματος «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη – ΙΕΕ II», επικεντρώνει στη συνεχιζόμενη εκπαίδευση και κατάρτιση τεχνιτών και άλλων εργατών του οικοδομικού κλάδου καθώς και εγκαταστατών συστημάτων σε θέματα ΕΞΕ και Α.Π.Ε. στα κτίρια.

Οι γενικοί στόχοι της πρωτοβουλίας είναι οι εξής:

- Εκκίνηση εθνικού διαλόγου μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων μερών.
- Διερεύνηση και ποσοτικοποίηση αναγκών για εργατικό δυναμικό εξειδικευμένο σε θέματα ΕΞΕ & Α.Π.Ε. στον οικοδομικό κλάδο, σε κάθε Κράτος – Μέλος μέχρι το 2020.
- Ανάπτυξη εθνικών οδικών χαρτών προσόντων, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι βιώσιμης ενέργειας για το 2020.
- Υποστήριξη συγκεκριμένων σχημάτων ανάπτυξης επαγγελματικού περιγράμματος, στη βάση των οδικών χαρτών με τις καταγεγραμμένες ανάγκες και προτεραιότητες.

Σε πρώτη φάση, διατίθεται χρηματοδότηση για την ανάπτυξη εθνικής πλατφόρμας προσόντων και οδικού χάρτη για το 2020 (8 εκ. € μέσω της πρόσκλησης 2011). Η ενίσχυση αυτή αναμένεται να ενεργοποιήσει τον εθνικό διάλογο μεταξύ όλων των σχετιζομένων φορέων, ο οποίος θα καταλήξει στην υιοθέτηση ενός οδικού χάρτη με συγκεκριμένες ανάγκες, στόχους, σχήματα πιστοποίησης κλπ. Αναμένεται μία δράση ανά χώρα, που θα διαρκέσει 18 μήνες. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε..[8]

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 1, η διπλωματική εργασία κινείται σε δύο βασικούς άξονες. Ο πρώτος άξονας αφορά την εφαρμογή του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. και ο δεύτερος την εφαρμογή βασικών οικονομικών εργαλείων (χρηματοοικονομική ανάλυση, ανάλυση κόστους-οφέλους). Παρακάτω, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο τόσο του λογισμικού όσο και των οικονομικών εργαλείων.

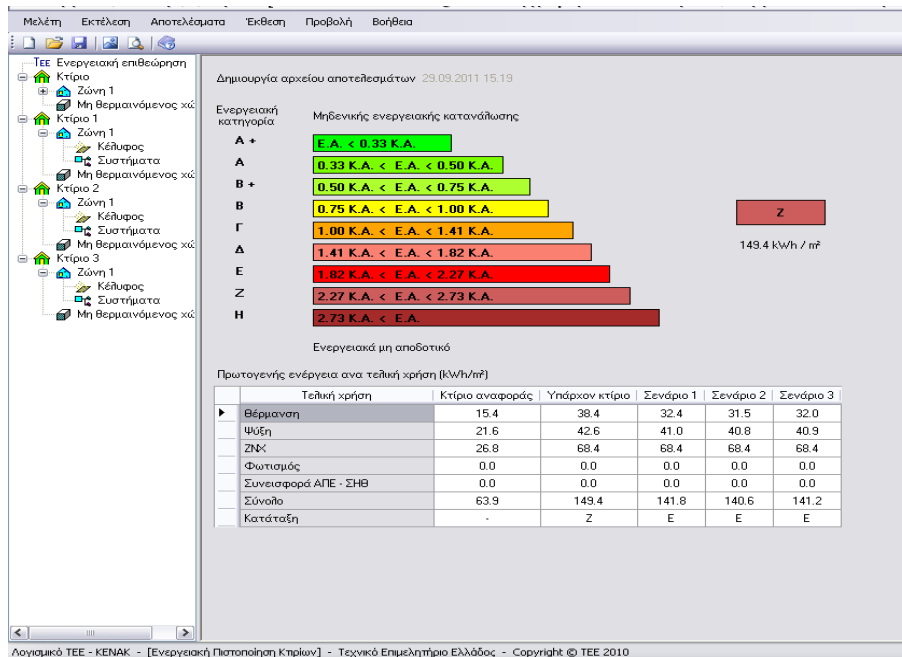
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ Κ.Εν.Α.Κ.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Σκοπός είναι η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (Θ.Ψ.Κ.), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Με τον Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετείται ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα και καθορίζονται:

- Η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων
- Οι κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων: Οι κατηγορίες κυμαίνονται από την κατηγορία Α+ που είναι η καλύτερη μέχρι την κατηγορία Η, που είναι η χειρίστη. Η μορφή των κατηγοριών παρουσιάζονται στο λογισμικό ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ. όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1.
- Οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων
- Οι ελάχιστες προδιαγραφές για τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους
- Οι προδιαγραφές των ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων
- Το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (Π.Ε.Α.)
- Η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων

- Η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού



Εικόνα 4.1 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου όπως προκύπτει στο λογισμικό TEE- K.Εν.Α.Κ.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία:

1. Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, αερισμό), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών.
2. Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
3. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη διαφανείς επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.) σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.).
4. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και υλικών του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, κ.ά.).
5. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
6. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
7. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).

8. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
9. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα.
10. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, εάν υπάρχουν, στο κτίριο.

Επίσης στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται κατά περίπτωση η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

1. Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.).
2. Ενέργειας παραγόμενης με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας /ψύξης (Σ.Η.Θ.)
3. Κεντρικών συστημάτων θέρμανσης ή/και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση).
4. Αξιοποίησης φυσικού φωτισμού.

Το ΤΕΕ ανέπτυξε ειδικό λογισμικό καταχώρησης των απαραίτητων στοιχείων για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και τον αντίστοιχο υπολογισμό για την ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων.

Ελάχιστες απαιτήσεις - Κτίριο Αναφοράς

Κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά, πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που καθορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. και ικανοποιούνται όταν:

- Είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση από την συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.
- Είτε το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Το κτίριο αναφοράς είναι ένα κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό εξέταση κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και τον φωτισμό.

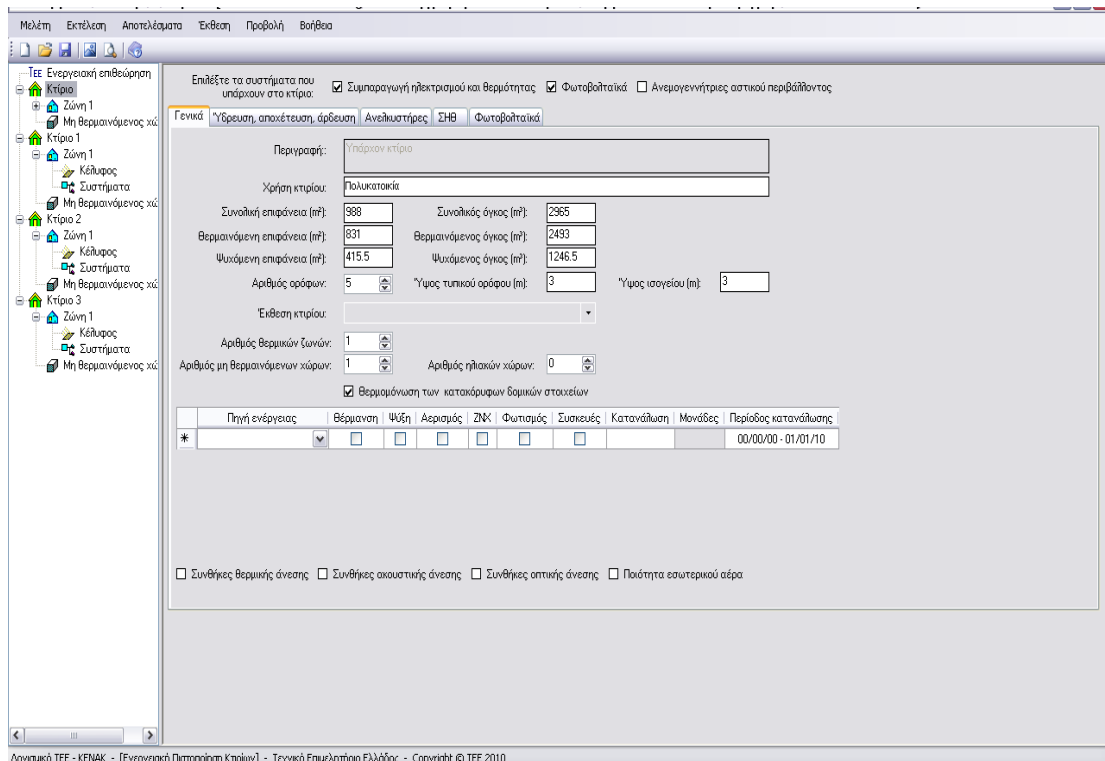
4.1.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου:

- Τεκμηριώνει ότι το κτίριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.
- Περιλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση της οικοδομικής άδειας.
- Αποτελεί πρόσθετη μελέτη επιπλέον των μελετών αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, θέρμανσης, ψύξης, Ζ.Ν.Χ. και φωτισμού.
- Αντικαθιστά τη Μελέτη Θερμομόνωσης.

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου περιλαμβάνει τα εξής:

1. Γενικές πληροφορίες (στο λογισμικό παρουσιάζονται και εισάγονται όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.2)
 - ✓ Γενικά στοιχεία κτιρίου
 - ✓ Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος
 - ✓ Δεδομένα και παραδοχές για τους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου
 - ✓ Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής
 - ✓ Σύντομη περιγραφή και τεκμηρίωση του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου όσον αφορά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και τον σχεδιασμό των Η/Μ εγκαταστάσεων, καθώς και τα προτεινόμενα Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας/ Ορθολογικής Χρήσης Ενέργειας και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
 - ✓ Αναφορά του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, καθώς και των παραδοχών που λαμβάνονται υπόψη για την εφαρμογή της μεθοδολογίας.



Εικόνα 4.2 Γενικά χαρακτηριστικά ενός υπό εξέταση κτιρίου, όπως παρουσιάζεται στο λογισμικό TEE-K.Ev.A.K.

2. Σχεδιασμός κτιρίου

3. Κτιριακό κέλυφος

- ✓ Θερμικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους και των ανοιγμάτων (θερμοπερατότητα, ανακλαστικότητα, διαπερατότητα και απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία κ.α.)
- ✓ Περιγραφή της θέσης, των θερμοφυσικών ιδιοτήτων και του τύπου της θερμομόνωσης, όπου αυτή προβλέπεται (οροφές, δάπεδα, τοιχοποιία)
- ✓ Συντελεστής θερμοπερατότητας και εμβαδόν αδιαφανών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδα, φέρον οργανισμός), έλεγχος αυτών βάσει των απαιτούμενων ορίων ανά προσανατολισμό.
- ✓ Συντελεστής θερμοπερατότητας των εσωτερικών χωρισμάτων που διαχωρίζουν θερμαινόμενες και μη θερμαινόμενες ζώνες του κτιρίου.
- ✓ Συντελεστής θερμοπερατότητας και εμβαδόν ανοιγμάτων και γυάλινων προσόψεων, έλεγχος αυτών βάσει των απαιτούμενων ορίων ανά προσανατολισμό.

4. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις- Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- ✓ Κεντρική εγκατάσταση παραγωγής και διανομής θερμού νερού για την θέρμανση χώρων
- ✓ Εγκαταστάσεις ψύξης- κλιματισμού χώρων
- ✓ Κεντρικές μονάδες διαχείρισης αέρα και σύστημα μηχανικού αερισμού
- ✓ Σύστημα παραγωγής και διανομής Ζ.Ν.Χ.

- ✓ Ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή Ζ.Ν.Χ.
- ✓ Συστήμα τεχνητού φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα
- ✓ Κεντρικό σύστημα παρακολούθησης και ενεργειακού ελέγχου (BEMS), των προβλεπόμενων αυτοματισμών και ελέγχων και το αναμενόμενο όφελός τους στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, εφόσον προβλέπεται η εγκατάσταση και η χρήση τους.
- ✓ Λοιπά συστήματα, όπου προβλέπεται, και αντίστοιχη αποτύπωσή τους στα αρχιτεκτονικά και Η/Μ σχέδια, όπως: Α.Π.Ε., ΣΗΘ, κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου.

5. Αποτελέσματα Υπολογισμών- Αναλυτικά αποτελέσματα των υπολογισμών:

- ✓ Θερμικές απώλειες κελύφους και αερισμού: ηλιακά και εσωτερικά κέρδη κλιματιζόμενων χώρων
- ✓ Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²): συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, Ζ.Ν.Χ., φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.λπ.).
- ✓ Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²): ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, Ζ.Ν.Χ., φωτισμός) και με τις αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται τα περισσότερα στην καρτέλα του λογισμικού TEE- K.Εν.Α.Κ. της Εικόνας 4.3.

Λογισμικό TEE - KENAK - [Ενεργειακή Παροχή Κτιρίων] - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος - Copyright © TEE 2010

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	4.9	4.0	2.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.9	15.2
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	8.2	11.6	11.2	3.2	0.0	0.0	0.0	35.6
Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΖΝΧ	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	23.1

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	10.4	8.5	5.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	6.4	32.9
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.6	4.4	1.2	0.0	0.0	0.0	13.5
ΖΝΧ	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	23.6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο	12.4	10.3	7.9	2.4	2.0	5.2	6.6	6.4	3.2	2.0	3.1	8.4	69.8

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός	38.3	37.9
Πετρέλαιο	31.5	8.3
Φυσικό αέριο	0.0	0.0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
Ηλιακή	0.0	0.0
Βιομάζα	0.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.0
Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
Σύνολο	69.8	46.2

Εικόνα 4.3 Απεικόνιση των αποτελεσμάτων ετήσιας τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ.

4.1.2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Π.Ε.Α.)

Βάσει της τελικής ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτιρίου, καθορίζεται και η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσής του (βλ. Εικόνα 4.1) και εκδίδεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου (Π.Ε.Α.).

Στο Π.Ε.Α. αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

- Τα γενικά στοιχεία του κτιρίου
- Η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου
- Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση
- Η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας
- Οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- Συστάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Να σημειωθεί ότι το Π.Ε.Α. χρησιμοποιείται και απαιτείται στις εξής διαδικασίες:

- Στην κατάρτιση πράξεως αγοραπωλησίας ακινήτου, όπου ο συμβολαιογράφος υποχρεούται να μνημονεύσει στο συμβόλαιο τον αριθμό πρωτοκόλλου του Π.Ε.Α. και να επισυνάψει σε αυτό επίσημο αντίγραφό του.
- Σε κάθε μίσθωση ακινήτου ο αριθμός πρωτοκόλλου του Π.Ε.Α. πρέπει να αναγράφεται στο ιδιωτικό ή συμβολαιογραφικό μισθωτήριο έγγραφο.
- Σε περίπτωση που το Π.Ε.Α. εκδίδεται στο πλαίσιο προγραμμάτων για τον οικιακό τομέα χρηματοδοτούμενων από εθνικούς ή/και κοινοτικούς πόρους, οι συστάσεις του Ενεργειακού Επιθεωρητή αναφέρονται, κατά προτεραιότητα, με βάση τις επιλέξιμες κάθε φορά επεμβάσεις.

Εξαιρέσεις Κ.Εν.Α.Κ.

Η εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. εξαιρείται για τα εξής κτίρια:

- Κτίρια και μνημεία που προστατεύονται ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας.
- Κτίρια που χρησιμοποιούνται ως χώροι λατρείας ή θρησκευτικών δραστηριοτήτων.
- Μη μόνιμα κτίρια που με βάση το σχεδιασμό τους, η διάρκεια χρήσης τους δεν υπερβαίνει τα 2 έτη, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργαστήρια, κτίρια αγροτικών χρήσεων- πλην κατοικιών- με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και όμοια κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται από τομέα καλυπτόμενο από εθνική συμφωνία που αφορά την ενεργειακή απόδοση κτιρίων.
- Αυτοτελή κτίρια με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια κάτω των 50m². [25]

4.1.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

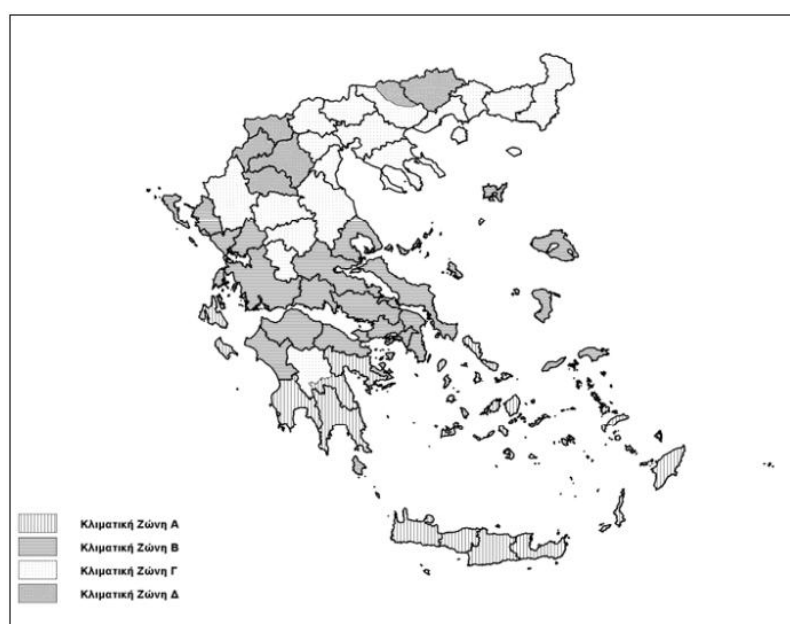
Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 4.1 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στη ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στην εικόνα 4.4

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (ΒΑ τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.[26]

Πίνακας 4.1 Η ελληνική επικράτεια

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3)



Εικόνα 4.4 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [26]

4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Όπως κάθε επένδυση, έτσι και οι περιβαλλοντικές επεμβάσεις σε μία κατοικία έχουν σαν προσδοκία ένα μελλοντικό όφελος, τόσο οικονομικό όσο και ευρύτερα κοινωνικό. Από την μία αναμένεται ένα οικονομικό κέρδος μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο. Από την άλλη, καθώς μειώνονται οι εκπομπές ρύπων και η ενεργειακή εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας, προσδοκείται και ένα περιβαλλοντικό όφελος τόσο για τον ιδιώτη όσο και για την κοινωνία συνολικά.

Η κτιριακή επέμβαση αν και δεν έχει άμεσα σαν στόχο την παραγωγή και πώληση κάποιου αγαθού, αντιμετωπίζεται όπως κάθε άλλη επένδυση που έχει δεσμεύσει ένα κεφάλαιο προς κάποιο σκοπό και αναμένει έσοδα για μία συγκεκριμένη διάρκεια ετών. Τα εργαλεία επομένως που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας αυτής της επένδυσης είναι χρηματοοικονομικής φύσεως. Στο κεφάλαιο αυτό θα χρησιμοποιηθούν τα χρηματοοικονομικά αυτά εργαλεία για την αξιολόγηση κάθε περιβαλλοντικής επέμβασης χωριστά (θερμομόνωση, κουφώματα, Η/Μ συστήματα, φωτισμός) αλλά και όλων των επεμβάσεων συνολικά.

Προτού παρουσιαστούν τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης, θα γίνει μία σύντομη αναφορά στα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.

4.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μία επένδυση καθορίζεται από τα εξής στοιχεία:

1. Το συνολικό κόστος επένδυσης: πρόκειται ουσιαστικά για το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των στοιχείων θερμομόνωσης, κουφωμάτων κ.λ.π. καθώς και για τα περαιτέρω πιθανά κόστη συντήρησης και λειτουργίας των συστημάτων.
2. Η χρονική κατανομή των εκροών: θεωρούμε ότι η κατανομή των εκροών είναι ετήσια.
3. Ο προβλεπόμενος χρήσιμος χρόνος ζωής της επένδυσης: ο προβλεπόμενος χρόνος κατά τον οποίο το στοιχείο μπορεί να αξιοποιείται αξιόπιστα. Για όλες τις επεμβάσεις πλην του φωτισμού είναι 20 χρόνια, ενώ για τον φωτισμό είναι 6 χρόνια. Για να γίνει μία συνολική θεώρηση των επεμβάσεων, τα συστήματα φωτισμού αγοράζονται κάθε 6 χρόνια μέχρι να συμπληρωθούν 20 χρόνια.
4. Η προέλευση του κεφαλαίου, είτε από τους ιδιώτες (ιδιοκτήτες), είτε από δανειακές πηγές και κρατικές επιχορηγήσεις. Στην προκειμένη περίπτωση έχει θεωρηθεί αρχικά ότι δεν έχει ληφθεί κανένα δάνειο και ότι δεν επιχορηγείται το έργο από κάποιο εθνικό ή κοινοτικό πρόγραμμα.
5. Το ύψος του αρχικού κόστους επένδυσης που απαιτείται για την αγορά και εγκατάσταση όλων των περιβαλλοντικών επεμβάσεων.
6. Τα αναμενόμενα έσοδα: τα έσοδα που προέρχονται από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος του πετρελαίου που εξοικονομούνται μέσω των περιβαλλοντικών επεμβάσεων.
7. Το λειτουργικό κόστος: πρόκειται για το πιθανό κόστος που απαιτείται για την περιοδική συντήρηση των νέων συστημάτων στο κτίριο.

8. Η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του χρόνου ζωής της: αντιπροσωπεύει την αξία που πιθανά θα έχει το περιουσιακό στοιχείο μετά το πέρας του χρήσιμου χρόνου ζωής. Σε περίπτωση λοιπόν που πουληθεί κάποιο διαμέρισμα ή ολόκληρο το κτίριο, η αξία μεταπώλησης είναι μεγαλύτερη λόγω της επένδυσης που έγινε σε αυτό από ότι θα ήταν αν δεν είχε γίνει καμία επέμβαση. Η υπολειμματική αξία περιλαμβάνεται στα έσοδα του τελευταίου έτους του χρήσιμου χρόνου ζωής της επένδυσης.
9. Το νομικό και οικονομικό περιβάλλον που καθορίζει:
 - i. Τις τιμές του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου στην αγορά.
 - ii. Τους φορολογικούς συντελεστές για την αγορά των προϊόντων (ΦΠΑ).
 - iii. Τους συντελεστές απόσβεσης των πάγιων περιουσιακών στοιχείων.
 - iv. Το προβλεπόμενο ύψος του πληθωρισμού: η επίπτωση του πληθωρισμού, ή μάλλον της γενικής αύξησης του δείκτη τιμών ενδέχεται να έχει επίπτωση στον υπολογισμό της χρηματοοικονομικής απόδοσης της επένδυσης. Το πιο σωστό θα ήταν στην ανάλυση των ταμειακών ροών να χρησιμοποιηθούν οι τρέχουσες τιμές για κάθε έτος. Παρόλα αυτά, για λόγους ευκολίας εφαρμόζονται σταθερές τιμές οι οποίες όμως διορθώνονται αυξάνοντας κάθε χρόνο την τιμή τους κατά 3%. [27]

4.2.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι δείκτες που θα παρουσιαστούν παρακάτω μπορούν να εφαρμοσθούν και στην Ανάλυση Κόστους-Οφέλους απλώς διαφοροποιούνται οι συνιστώσες που λαμβάνονται υπόψη καθώς και οι τιμές τους.

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Πολλά έργα, όπως το συγκεκριμένο, εξελίσσονται για μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα έξοδα μιας περιόδου ενδέχεται να παράγουν οφέλη για πολλά χρόνια στη συνέχεια. Επομένως, η αξιολόγηση της σκοπιμότητας των έργων αυτών πρέπει να συγκρίνει τα οφέλη και το κόστος που προκύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Παρόλα αυτά, η αξία του χρήματος μεταβάλλεται με το χρόνο, κάνοντας την παραπάνω σύγκριση ανέφικτη χωρίς πρώτα μία τροποποίηση. [28]

Ένα από τα εργαλεία που λύνουν αυτό το πρόβλημα συμβατότητας και που συγκρίνει εισροές και εκροές μιας επένδυσης από διαφορετικά χρονικά διαστήματα είναι η Καθαρή Παρούσα Αξία. Πρόκειται για ένα μέγεθος που ανάγει τις μελλοντικές χρηματικές ροές σε μία παρούσα αξία ώστε να συγκρίνει το μελλοντικό πιθανό κέρδος από μία επένδυση με την αξία της επένδυσης αυτής στο παρόν.

Βασικά στοιχεία της ΚΠΑ είναι:

- i. Η ετήσια καθαρή χρηματοροή της επένδυσης (C_i): από το 1^ο μέχρι και το 20^ο έτος, πρόκειται ουσιαστικά για τη διαφορά του λειτουργικού κόστους της επέμβασης από τις εισροές λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας. Μπορεί να περιλαμβάνονται και άλλες συνιστώσες κόστους ή οφέλους.
- ii. Το κόστος επένδυσης (C_0): η δαπάνη που καταβάλλεται στο παρόν (χρόνο 0) για την υλοποίηση του έργου. [27]

- iii. Το επιτόκιο προεξόφλησης (i): εκφράζει ένα τρόπο μετατροπής μελλοντικών χρηματοροών σε τρέχουσες χρηματοροές. Χρησιμοποιείται για να καθοριστεί σε ποιον βαθμό χάνει την αξία του ένα μελλοντικό έσοδο ή έξοδο, δηλαδή πόσο μειώνεται ώστε να αντιστοιχεί σε ένα ισοδύναμο ποσό σήμερα. Το επιτόκιο προεξόφλησης επιλέγεται με βάση τις τρέχουσες συνθήκες της τραπεζικής αγοράς. Συνήθως όμως προστίθεται στο τραπεζικό επιτόκιο ένα επιπλέον ποσοστό, το λεγόμενο "περιθώριο κινδύνου" που έχει σκοπό να αντισταθμίσει το ρίσκο του εγχειρήματος και που κυμαίνεται μεταξύ 1 και 4%. Το επιτόκιο προεξόφλησης έχει τεθεί στο 6%. [28]

Η εξίσωση που καθορίζει την ΚΠΑ είναι η εξής:

$$\text{ΚΠΑ} = C_0 + C_1(1+i)^{-1} + C_2(1+i)^{-2} \dots + C_t(1+i)^{-t} = \sum_{j=0}^t C_j(1+i)^{-j} ,$$

όπου t: ο χρήσιμος χρόνος ζωής της επένδυσης.

Αν και η ΚΠΑ έχει φυσική σημασία, αφού είναι το καθαρό όφελος σε παρούσες αξίες, η ίδια τιμή της ΚΠΑ εξαρτάται από την κλίμακα της επένδυσης και γι' αυτό δεν είναι κατάλληλο για σύγκριση ανόμοιων επενδύσεων. Ανάλογα όμως με το πρόσημό της, ένα έργο κρίνεται ως άξιο πραγματοποίησης ή όχι. Σε γενικές γραμμές, αν

- i. ΚΠΑ<0: το έργο δε θα αποδώσει με το ρυθμό που αναμενόταν μέσω του επιτοκίου προεξόφλησης στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- ii. ΚΠΑ>0: η απόδοσή της είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το έργο κρίνεται αποδοτικό.
- iii. ΚΠΑ=0: η απόδοση του έργου είναι οριακή και η απόφαση για το αν αξίζει το έργο να πραγματοποιηθεί εξαρτάται πλέον και από άλλους παράγοντες πέραν της οικονομικής αποδοτικότητας.

Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR)

Ο δείκτης του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης εκφράζει την πραγματική απόδοση μιας επένδυσης. Πρόκειται για το επιτόκιο εκείνο για το οποίο η ΚΠΑ μηδενίζεται, δηλαδή για αυτό που οι καθαρές θετικές χρηματοροές εξισώνονται με τις αρνητικές χρηματοροές [27]

Η διαφορά μεταξύ των δύο κριτηρίων είναι ότι στην περίπτωση του συντελεστή IRR το ζητούμενο δεν είναι το άθροισμα της παρούσας αξίας όλων των καθαρών χρηματοροών με βάση ένα προκαθορισμένο επιτόκιο, αλλά το επιτόκιο εκείνο με το οποίο η ΚΠΑ μηδενίζεται, δηλαδή η παρούσα αξία των θετικών χρηματοροών εξισώνεται με την παρούσα αξία των αρνητικών χρηματοροών. Η σχέση είναι η εξής:

$$C_0 + C_1(1+i)^{-1} + C_2(1+i)^{-2} \dots + C_t(1+i)^{-t} = 0$$

Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης αφορά τον υπολογισμό ενός επιτοκίου που συγκρίνεται με ένα επιτόκιο αναφοράς, i_R , το οποίο εκφράζει ένα αντιπροσωπευτικό επιτόκιο της αγοράς (τραπεζικό επιτόκιο για μακροπρόθεσμες καταθέσεις), πιθανά προσαυξημένο με ένα επιπλέον ποσοστό 1-4% ανάλογα με το ρίσκο της επένδυσης.[28]

Η αξιολόγηση με το Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης γίνεται ως εξής:

- i. $IRR > i_R$: η απόδοση της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναφοράς και το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό.
- ii. $IRR < i_R$: η απόδοση της επένδυσης είναι μικρότερη από το επιτόκιο αναφοράς και το σχέδιο επένδυσης απορρίπτεται.
- iii. $IRR = i_R$: η απόδοση της επένδυσης είναι οριακή και η αποδοχή του επενδυτικού σχεδίου εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. [27]

Λόγος Οφέλους- Κόστους (B/C)

Ο δείκτης ΚΠΑ δε συνιστάται για τη συγκριτική αξιολόγηση ανόμοιων έργων. Μπορεί σε ένα έργο μικρής κλίμακας η ΚΠΑ να είναι χαμηλή (π.χ. 10 χιλ. €) και σε ένα πιο σύνθετο έργο πολύ υψηλότερη (π.χ. 100 χιλ. €). Το μόνο που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι ότι και τα δύο έργα είναι αποδεκτά (αφού $KPA > 0$) αλλά όχι ότι το δεύτερο είναι πιο αποδοτικό από το πρώτο. Η σύγκριση είναι απαραίτητη στα έργα εξοικονόμησης ενέργειας καθώς θέλουμε να συγκρίνουμε την οικονομική αποδοτικότητα διαφόρων επεμβάσεων στο υπό εξέταση κτίριο. Το πρόβλημα αυτό το λύνουν τόσο ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR) όσο και ο λόγος Οφέλους- Κόστους (B/C). Το επιπλέον πλεονέκτημα του λόγου Οφέλους-Κόστους (B/C) είναι ότι χρησιμοποιείται ευρέως και στην Ανάλυση Κόστους-Οφέλους, γεγονός που διευκολύνει τη συγκριτική αξιολόγηση. [28]

Ο λόγος Οφέλους-Κόστους (B/C) αποτελεί λοιπόν άλλον ένα δείκτη αποδοτικότητας της εξεταζόμενης επένδυσης που είναι ανεξάρτητος της κλίμακας της επένδυσης.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{ΠΑ}(C_{j+})}{\sum \text{ΠΑ}(C_{j-})}$$

Όπως φαίνεται στην εξίσωση, το κριτήριο αυτό υπολογίζει το λόγο της Παρούσας Αξίας του αθροίσματος των θετικών και του αθροίσματος των αρνητικών χρηματοροών και όχι το συνολικό τους άθροισμα όπως στην περίπτωση του κριτηρίου ΚΠΑ.

Η αξιολόγηση με το δείκτη B/C γίνεται ως εξής:

- i. $B/C=1$: το αναμενόμενο οικονομικό όφελος από όλο το χρήσιμο χρόνο ζωής της επένδυσης αντισταθμίζει τις αντίστοιχες δαπάνες και η αποδοτικότητα της είναι οριακή ($KPA=0$).
- ii. $B/C > 1$: Όσο μεγαλύτερος από τη μονάδα είναι ο δείκτης, τόσο πιο ελκυστικό οικονομικά θα είναι το εξεταζόμενο επενδυτικό σχέδιο.
- iii. $B/C < 1$: η επένδυση δεν είναι αποδοτική. [27]

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ (Α.Κ.Ο.)

4.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία επένδυση ενός ιδιωτικού ή δημόσιου φορέα επηρεάζεται αλλά και επηρεάζει το ευρύτερο οικονομικό, κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον. Επομένως, η απόδοση της επένδυσης δε θα πρέπει να κρίνεται μόνο σε σχέση με το κέρδος που αποφέρει στον αντίστοιχο επενδυτικό φορέα, αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις της στην ευρύτερη οικονομία και κοινωνία. Έτσι, οι συγκεκριμένες, ποσοτικές έννοιες του κέρδους και της ζημίας αντικαθίστανται από τις έννοιες του κοινωνικού οφέλους και κόστους, αντίστοιχα. [27]

Όταν στόχος είναι να εκτιμηθεί η οικονομική αποδοτικότητα μιας ιδιωτικής επένδυσης τότε εφαρμόζεται Χρηματοοικονομική Ανάλυση, η οποία λαμβάνει υπόψη της τις τιμές της αγοράς, εκτιμώντας τα κόστη και τα οφέλη με το αυστηρό κριτήριο του ιδιώτη. Από την άλλη μεριά, όταν διενεργούνται αξιολογήσεις επενδύσεων με κριτήριο την κοινωνική ευημερία, αυτές οι μέθοδοι ονομάζονται κοινωνικές αναλύσεις Κόστους-Οφέλους (Social Cost-Benefit Analysis). Συγκεκριμένα, κόστη και οφέλη των χρηματοοικονομικών αναλύσεων δεν παρουσιάζονται κατ' ανάγκη ως τέτοια στις κοινωνικές αναλύσεις Κόστους-Οφέλους. Η ουσιαστικότερη διαφορά μεταξύ των δυο προαναφερθέντων μεθόδων αξιολόγησης επενδύσεων είναι ότι ενώ οι πρώτες χρησιμοποιούν τις αγοραίες τιμές, οι δεύτερες χρησιμοποιούν λογιστικές ή σκιάδεις τιμές. Οι αναλύσεις κόστους-οφέλους αφορούν την αξιολόγηση επενδύσεων που συνδέονται με το περιβάλλον κυρίως σε δημόσιες επενδύσεις.

Εντέλει, η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους έχει ως στόχο τη διερεύνηση της αποδοτικότητας μιας επένδυσης σε όρους κοινωνικής ευημερίας, δηλαδή αναφέρεται στην εθνική οικονομία εκτιμώντας το καθαρό κοινωνικό όφελος, εσωτερικεύοντας στην ανάλυση τα εξωτερικά κόστη. [29]

4.3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η λογική στην οποία βασίζεται η οικονομική ανάλυση είναι ότι οι εισροές μιας επένδυσης πρέπει να αποτιμώνται με βάση το κόστος ευκαιρίας τους και οι εκροές με βάση την προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν. Όμως, το κόστος ευκαιρίας δεν αντιστοιχεί υποχρεωτικά στο τρέχον χρηματοοικονομικό κόστος ενώ η προθυμία για πληρωμή δεν προκύπτει πάντα ορθώς από τις τρέχουσες αγοραίες τιμές, οι οποίες μπορεί να είναι στρεβλωμένες ή ακόμη και να μην υπάρχουν. Η οικονομική ανάλυση πραγματοποιείται από την οπτική γωνία της κοινωνίας.

Κατά τον καθορισμό των δεικτών οικονομικής απόδοσης απαιτούνται ορισμένες προσαρμογές:

- Δημοσιονομικές διορθώσεις: οι έμμεσοι φόροι (π.χ. ο ΦΠΑ), οι επιδοτήσεις και οι καθαρές μεταβιβάσεις πληρωμών (π.χ. οι πληρωμές κοινωνικής ασφάλισης) πρέπει να αφαιρούνται. Εντούτοις, οι τιμές πρέπει να περιλαμβάνουν τους άμεσους φόρους. Επίσης, εάν συγκεκριμένοι έμμεσοι φόροι/επιδοτήσεις έχουν ως σκοπό να διορθώσουν τις εξωγενείς επιδράσεις, τότε αυτοί πρέπει να συμπεριλαμβάνονται.

- Διορθώσεις των εξωγενών επιδράσεων: ορισμένες συνέπειες μιας επένδυσης μπορεί να επηρεάζουν άλλους οικονομικούς παράγοντες χωρίς αντιστάθμιση. Οι συνέπειες μπορεί να είναι είτε αρνητικές είτε θετικές. Καθώς εξ' ορισμού, οι εξωγενείς επιδράσεις δεν έχουν χρηματική αντιστάθμιση, δεν περιλαμβάνονται στη χρηματοοικονομική ανάλυση και έτσι πρέπει να εκτιμώνται και να αποτιμώνται.
- Από τις τιμές της αγοράς στις λογιστικές (σκιώδεις) τιμές: εκτός από τις δημοσιονομικές στρεβλώσεις και τις εξωγενείς επιδράσεις και άλλοι παράγοντες μπορούν να απομακρύνουν τις τιμές από ένα ανταγωνιστικό επίπεδο ισορροπίας (μονοπωλιακές καταστάσεις, φραγμοί στο εμπόριο, κτλ.). Οι παρατηρούμενες αγοραίες (χρηματοοικονομικές) τιμές είναι παραπλανητικές, συνεπώς πρέπει να χρησιμοποιούνται λογιστικές τιμές που να αντικατοπτρίζουν το κόστος ευκαιρίας των εισροών και την προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για τις εκροές.

Κατά συνέπεια, για την αποτίμησή τους οι τρέχουσες τιμές της αγοράς προσαρμόζονται με βάση ένα συντελεστή προσαρμογής και δίνουν τις λεγόμενες λογιστικές ή σκιώδεις τιμές (accounting or shadow prices).

$$\text{Σκιώδης τιμή} = \text{Τιμή αγοράς} * \text{Συντελεστής προσαρμογής}$$

Ο συντελεστής προσαρμογής δείχνει το βαθμό απόκλισης αυτής της τιμής αγοράς από την πραγματική αξία του εκάστοτε εξεταζόμενου αγαθού ή υπηρεσίας. [29]

Το επιτόκιο προεξόφλησης είναι το επιτόκιο εκείνο που χρησιμοποιείται για την αναγωγή μιας μέλλουσας χρηματοροής στο παρόν. Στις περιπτώσεις αξιολόγησης εναλλακτικών επενδυτικών έργων, επιτόκιο προεξόφλησης καλείται το επιτόκιο που χρησιμοποιείται για την προεξόφληση στο παρόν των καθαρών οφελών. Από την πλευρά της παραγωγής, το επιτόκιο ορίζεται ως το κοινωνικό κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου, ενώ από την πλευρά της κατανάλωσης, ως η διάθεση της κοινωνίας για παρούσα έναντι μελλοντικής κατανάλωσης. Η ανάληψη οποιασδήποτε επενδυτικής δραστηριότητας περιλαμβάνει έναν κίνδυνο, μια αβεβαιότητα για τη μελλοντική ροή των ωφελειών, επενδυτικό ρίσκο. Στο επιτόκιο λοιπόν προστίθεται και ένα ασφάλιστρο για τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα και με αυτόν τον τρόπο διαμορφώνεται το επιτόκιο προεξόφλησης. Από τη σχέση που δίνει την ΚΠΑ, κάθε αύξηση του επιτοκίου μειώνει σημαντικά την παρούσα αξία των μελλοντικών οφελών, αποδίδοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στις βραχυπρόθεσμες εισροές, οι οποίες και τελικά καθορίζουν την αποδοτικότητα της επένδυσης, ορίζοντας ποια είναι αποδεκτή ή όχι ή ποια είναι η βέλτιστη επιλογή μεταξύ εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων. [29]

4.3.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Σήμερα, η ΑΚΟ αναφέρεται στην κοινωνική αξιολόγηση, καθώς η έννοια του κοινωνικού κόστους και οφέλους δεν περιορίζεται σε οικονομικές επιδιώξεις μέσα στα όρια της χώρας. Έτσι, εκτός από τις οικονομικές συνιστώσες, η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους συμπεριλαμβάνει και το σύνολο των επιπτώσεων της επένδυσης στην κοινωνία, δηλαδή των αρνητικών και θετικών εξωτερικών οικονομικών της, όπως:

- συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας
- επιπτώσεις στην απασχόληση
- αναδιανομή εισοδήματος μεταξύ γεωγραφικών περιοχών ή κοινωνικών στρωμάτων

- επιπτώσεις σε άλλες οικονομικές δραστηριότητες
- επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού από την παραγωγική διαδικασία ή τα προϊόντα
- επιπτώσεις σε φυσικά οικοσυστήματα
- επιπτώσεις από θόρυβο ή οπτική όχληση κτλ.

Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα στοιχεία για τη μεθοδολογία αποτίμησης ορισμένων από τις πιο σημαντικές εξωτερικές οικονομίες:

1) Επιπτώσεις στην απασχόληση: οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται ή χάνονται λόγω της υλοποίησης μιας επένδυσης διακρίνονται σε:

- Άμεσες: οι θέσεις που συνεπάγεται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η λειτουργία της επένδυσης και οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν γνωστές από τα δεδομένα της μελέτης σκοπιμότητας.
- Έμμεσες: οι θέσεις που δημιουργούνται λόγω της αύξησης της δραστηριότητας και του κύκλου εργασιών σε άλλους κλάδους της οικονομίας, εξαιτίας των εισροών που χρησιμοποιούνται κατά την εγκατάσταση και λειτουργία της εξεταζόμενης επένδυσης.
- Συνεπαγόμενες: οι θέσεις που δημιουργούνται λόγω της αύξησης του διαθέσιμου εισοδήματος που θα προκύψει από την προαναφερθείσα άμεση και έμμεση αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας, ένα μέρος του οποίου θα επανεπενδυθεί για την αγορά αγαθών και υπηρεσιών αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την απασχόληση σε άλλους κλάδους της οικονομίας.

2) Συμβολή στην αναδιανομή εισοδήματος: Η συμβολή ενός επενδυτικού σχεδίου στην οικονομική ευημερία της χώρας δεν επιδρά ομοίμορφα σε όλες τις παραγωγικές τάξεις, ούτε σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές. Για την άμβλυνση αυτών των ανισοτήτων θα πρέπει να ευνοούνται επενδυτικά σχέδια που επιτρέπουν την αναδιανομή του εισοδήματος προς τις φτωχότερες περιοχές της χώρας ή/και τις χαμηλότερες εισοδηματικά ομάδες του πληθυσμού.

3) Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις: οι περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες αποτελούν μία από τις σημαντικότερες συνιστώσες κόστους (ή οφέλους) σε πολλές κατηγορίες επενδύσεων και είναι πλέον απαραίτητη η ενσωμάτωση τους στην ΑΚΟ. Με δεδομένο ότι η φύση και τα περιβαλλοντικά αγαθά δεν αποτελούν εμπορεύσιμα είδη, η έκφραση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε χρηματικές μονάδες δεν είναι εύκολη. Επιπλέον, πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι δύσκολο ακόμη και να ποσοτικοποιηθούν (π.χ. επιπτώσεις στη χλωρίδα μίας περιοχής, αισθητική όχληση). Σε όλες όμως τις περιπτώσεις, είναι δυνατή μία περισσότερο ή λιγότερο ικανοποιητική προσέγγιση της «αξίας» των περιβαλλοντικών αγαθών με την εφαρμογή μεθοδολογικών προσεγγίσεων.

Οι χρηματικές αξίες που προσδιορίζονται δεν αποσκοπούν στην εμπορία και συναλλαγή των αποτιμώμενων αγαθών. Είναι όμως χρήσιμες προκειμένου να γίνει εφικτή η σύγκριση με εμπορεύσιμα αγαθά, η αξιολόγηση δράσεων και η διαμόρφωση περιβαλλοντικών πολιτικών. Ειδικότερα, με τη χρήση των μεθόδων οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών επιδιώκεται να προσδιορισθούν οι 'προτιμήσεις' των ανθρώπων σε σχέση με

ενδεχόμενες μεταβολές της κατάστασης αυτών των αγαθών, δηλαδή η διάθεση τους να πληρώσουν προκειμένου να πετύχουν βελτίωση ή να αποφύγουν υποβάθμιση της κατάστασης τους (Willingness to Pay).

4) Εξοικονόμηση πόρων: αν με την υλοποίηση της επένδυσης εξοικονομούνται πρώτες ύλες ή φυσικοί πόροι (π.χ. μονάδα ανακύκλωσης, αξιοποίησης Α.Π.Ε.), προκύπτει ένα πρόσθετο οικονομικό όφελος. Το όφελος αυτό αφορά καταρχήν την εθνική οικονομία, στο βαθμό που οι πόροι αυτοί παραμένουν διαθέσιμοι για άλλες παραγωγικές χρήσεις, ενώ, αν πρόκειται για εισαγόμενους πόρους (π.χ. πετρέλαιο) η αξία τους προσαρμόζεται με βάση την αντίστοιχη ελάφρυνση του ισοζυγίου εξωτερικών συναλλαγών. Παράλληλα, προκύπτει και περιβαλλοντικό όφελος καθώς η εξοικονόμηση πόρων συμβάλλει στη διαφύλαξη τους για τις επόμενες γενιές. [27]

4.3.4 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΠΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Παράμετροι της ΑΚΟ είναι τα οφέλη που προκύπτουν από τις ενεργειακές επεμβάσεις στα κτίρια. Συγκεκριμένα, εδώ εξετάζονται τα οφέλη από την εξοικονόμηση πετρελαίου και ηλεκτρισμού, το όφελος στην εθνική οικονομία από την είσπραξη ΦΠΑ επί της αξίας της επένδυσης και του κόστους συντήρησης, το όφελος από τις εκπομπές CO₂ και τους λοιπούς αέριους ρύπους που αποφεύγονται λόγω μειωμένων ενεργειακών καταναλώσεων. Το κόστος που λαμβάνεται υπόψη είναι το κόστος της επένδυσης που εξετάζεται μειωμένο κατά το ύψος του ΦΠΑ. Μία δεύτερη συνιστώσα κόστους είναι το κόστος συντήρησης, σε περίπτωση που υπάρχει, ενώ και σ' αυτή την περίπτωση δεν προσμετράτε ως κόστος ο αντίστοιχος ΦΠΑ. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος εκτίμησης των συνιστωσών οφέλους:

Μοναδιαία αξία εξοικονομούμενης ενέργειας από το πετρέλαιο

Από τις επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στο κτίριο προέκυψε μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου η οποία και ποσοτικοποιήθηκε. Η μοναδιαία αξία του πετρελαίου είναι 0,76 €/l και προκύπτει από την εμπορική αξία του πετρελαίου μείον το ΦΠΑ (19%) (0,90 €/l, σύμφωνα με την τιμή που έκλεισε τον Απρίλιο του 2011 από το Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων του Υπουργείου Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας) που όπως προαναφέρθηκε αποτελεί μια μεταβιβαστική πληρωμή.

Μοναδιαία αξία εξοικονομούμενης ενέργειας από τον ηλεκτρισμό

Η μείωση της κατανάλωσης kWh ηλεκτρικού ρεύματος που προκύπτει από την εξοικονόμηση ενέργειας μπόρεσε να ποσοτικοποιηθεί και η μοναδιαία αξία του ηλεκτρισμού προκύπτει μόνο από τη χρέωση ενέργειας 0,10 €/kWh. Συγκεκριμένα, δε λαμβάνονται υπόψη ως όφελος η χρέωση του συστήματος για την κατανάλωση ηλεκτρισμού και ο ΦΠΑ.

Εξωτερικό όφελος λόγω αποφυγής αέριων ρύπων κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Το εξωτερικό κόστος που προκαλείται από τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στις καλλιέργειες και στα υλικά από τους εκλυόμενους αέριους ρύπους (SO₂, NO_x, PM10 και όζον) κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας λήφθηκε υπόψη στην ανάλυση κόστους-οφέλους. Στις συγκεκριμένες μελέτες περίπτωσης χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις από το

ερευνητικό πρόγραμμα CASES, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ και στόχευε στον προσδιορισμό των εξωτερικών οικονομιών του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, στη Ζώνη Α, η οποία καλύπτει το μη-διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιήθηκε η τιμή εξωτερικού κόστους για πετρελαϊκή μονάδα που χρησιμοποιεί ως καύσιμο μαζούτ (12,8 €/MWh), ενώ στις υπόλοιπες ζώνες μια σταθμισμένη τιμή εξωτερικού κόστους (6 €/MWh) με βάση το υφιστάμενο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής. [30]

Εξωτερικό όφελος λόγω αποφυγής αερίων του θερμοκηπίου

Οι επιπτώσεις των εκπομπών CO₂ ποσοτικοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ως εκτίμηση εξωτερικού κόστους την τιμή 20 €/t. Η συγκεκριμένη τιμή ταυτίζεται με την αντίστοιχη που προτάθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα CASES (19 €/t CO₂), ενώ θεωρείται ως ρεαλιστική εκτίμηση για την τιμή που αναμένεται ότι θα προκύψει από το σύστημα εμπορίας ρύπων μετά το 2013 όπου το κόστος της κλιματικής αλλαγής θα εσωτερικοποιηθεί στην τιμή παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. [30]

Εξωτερικό όφελος από τη χρήση πετρελαίου για θέρμανση

Το εξωτερικό κόστος που συνδέεται με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στις καλλιέργειες και στα υλικά από τους αέριους ρύπους (SO₂, NO_x, PM₁₀ και όζον) που αποφεύγονται λόγω μείωσης της κατανάλωσης πετρελαίου για την κάλυψη απαιτήσεων θέρμανσης εκτιμήθηκε υιοθετώντας την παραδοχή ότι ισούται με το αντίστοιχο μιας πετρελαϊκής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί ως καύσιμο ντίζελ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος CASES η τιμή αυτή ισούται με 9,6 €/MWh. Χρησιμοποιώντας ως ειδική κατανάλωση ντίζελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας την τιμή 2,6 MWh/kl καταλήγουμε ότι το εξωτερικό κόστος σε αυτή την περίπτωση ισούται με 0,025 €/l ντίζελ. [30]

4.4 ΒΑΣΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Ανάλυση Ευαισθησίας

Πολλές αποφάσεις, ιδιαίτερα οι αποφάσεις για την προώθηση μίας επένδυσης ή άλλες αποφάσεις που αφορούν τη στρατηγική της επιχείρησης, έχουν μακροπρόθεσμο χαρακτήρα. Δηλαδή, τα αποτελέσματα από την υλοποίηση τους θα φανούν στο μέλλον και θα συνεχίσουν να εκδηλώνονται επί μακρόν, ενώ οι όποιες περιορισμένες δυνατότητες αναθεώρησης της απόφασης θα συνοδεύονται κατά κανόνα από σοβαρές οικονομικές ή άλλες επιπτώσεις. Θα πρέπει επομένως η λήψη μακροπρόθεσμων αποφάσεων να στηρίζεται στη γνώση των συνθηκών που θα ισχύσουν στο μέλλον έτσι ώστε να ληφθεί η ορθότερη δυνατή απόφαση.

Η αβεβαιότητα ως προς τη μελλοντική διαμόρφωση των παραμέτρων που επηρεάζουν την απόφαση εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου συστήματος και το είδος του προβλήματος που επιχειρείται να επιλυθεί. Μπορεί δε να οφείλεται:

- Στην ακρίβεια των στοιχείων στα οποία βασίζεται η ανάλυση και η οποία εξαρτάται από την προέλευση τους και την αξιοπιστία των πηγών.

- Σε μη προβλέψιμους παράγοντες που θα επηρεάσουν τη διαμόρφωση των τιμών των παραμέτρων της ανάλυσης στο μέλλον.

Κατά κανόνα όμως είναι απαραίτητο μία επενδυτική ή άλλη στρατηγική απόφαση της επιχείρησης να στηρίζεται στη συστηματική διερεύνηση των παραμέτρων αβεβαιότητας. Με την τεχνική αυτή επιχειρείται η ποσοτική διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει η διακύμανση μίας σημαντικής παραμέτρου στην οικονομικότητα της επένδυσης. Συγκεκριμένα, σε μία ανάλυση ευαισθησίας υπολογίζεται η τιμή του κριτηρίου οικονομικής αποδοτικότητας που μελετάται, για μία σειρά τιμών που πιθανά να λάβει η παράμετρος αυτή στο μέλλον. Οι παράμετροι που κυρίως εξετάζονται είναι η τιμή πώλησης των προϊόντων που καθορίζει, τα έσοδα της επιχείρησης και το κόστος των συντελεστών παραγωγής. Το εύρος τιμών που εξετάζονται είναι τέτοιο ώστε να συμπεριλάβει όλες τις δυνατές αποκλίσεις γύρω από την εκτιμώμενη πιθανότερη τιμή.[27]

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί προτεραιότητα στις μέρες μας, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Πράγματι, πέρα από το εύκολα μετρήσιμο οικονομικό κόστος, η παραγωγή ενέργειας (κυρίως ηλεκτρικής και θερμικής) έχει σημαντικό «περιβαλλοντικό κόστος», αφού προκαλεί τη σταδιακή εξάντληση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, λιγνίτης, κλπ), αλλά και σημαντικές εκπομπές προϊόντων και παραπροϊόντων της καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, άκαυστοι υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου και του θείου, κλπ).

Ιδιαίτερα για τον κτιριακό τομέα απορροφώντας το 36% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, η παραπάνω απαίτηση για ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας είναι ακόμη πιο επιτακτική για δυο κυρίως λόγους:

- Σε αντίθεση με άλλους τομείς παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας (πχ σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες), όπου οι επεμβάσεις απαιτούν βαθιές δομικές-στρατηγικές αλλαγές με μεγάλους χρόνους απόσβεσης και εξαρτώνται άμεσα από τον εθνικό σχεδιασμό και το επίπεδο της τεχνολογίας, οι επεμβάσεις στον κτιριακό τομέα είναι κατά κανόνα απλές και με γρήγορη απόσβεση (της τάξης των 2-10 χρόνων, ανάλογα με την εφαρμογή).
- Σε αντίθεση με το «περιβαλλοντικό κόστος» που για πολλούς μπορεί να ακούγεται σχετικά αφηρημένο και πέραν της δικής τους δικαιοδοσίας και ευθύνης, το οικονομικό κόστος από τη μη ορθολογική χρήση ενέργειας στον κτιριακό τομέα είναι και χειροπιαστό και επιβαρύνει εξολοκλήρου τον χρήστη του κτιρίου. [31]

Η επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων διαμονής είναι ο πρωταρχικός στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού. Η έννοια της θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενόικων. Θετικό θερμικό ισοζύγιο αντιστοιχεί σε αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ αρνητικό ισοζύγιο προκαλεί το αίσθημα κρύου. Η αύξηση της εισερχόμενης στο κτίριο ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου συντελεί στη βελτίωση του θερμικού ισοζυγίου του και στη μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο κτίριο μέσω των διάφανων ανοιγμάτων και αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου, η οποία, την επανεκπέμπει με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας που πλέον δε μπορεί να διαφύγει από το κτίριο (φαινόμενο θερμοκηπίου). Η δε οπτική άνεση σε ένα χώρο, απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων επιμέρους προϋποθέσεων:

- Την επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο.
- Την αποφυγή οπτικής θάμβωσης.
- Την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον.
- Την οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο. [32]

Στη συνέχεια μελετάται η επίπτωση τόσο στα θερμικά όσο και στα ψυκτικά φορτία από διάφορες πιθανές επεμβάσεις στο κτίριο. Οι επεμβάσεις που θα αξιολογηθούν είναι οι εξής:

- ✓ Θερμομόνωση
- ✓ Αντικατάσταση κουφωμάτων
- ✓ Αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων
- ✓ Φωτισμός

- **ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ:**

Ο σκοπός της θερμομόνωσης είναι η παροχή θερμικής άνεσης στους κατοίκους των κτιρίων. Στα κτίρια, τα επίπεδα θερμομόνωσης μεταβάλλονται ανάλογα με το χρόνο κατασκευής των κτιρίων (τόσο με την έννοια της εκάστοτε τεχνολογίας όσο και με την έννοια της μειωμένης θερμομονωτικής ικανότητας με την πάροδο του χρόνου) και με τις διάφορες προδιαγραφές που ακολουθήθηκαν. Με την ισχύ του Κ.Εν.Α.Κ. οι απαιτήσεις θερμομόνωσης πρόκειται να αυξηθούν. Ως εκ τούτου, οι θερμομονωμένες κατασκευές αποκτούν όλο και μεγαλύτερη αξία σε σχέση με τις υπόλοιπες.

- **ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ:**

Ο σκοπός των κουφωμάτων είναι να επιτρέπουν την πρόσβαση και την είσοδο φωτός και αέρα σε κλειστούς χώρους. Παρότι η ανταλλαγή θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον είναι πολλές φορές επιθυμητή, τα κουφώματα μπορούν να αποτελέσουν σημεία θερμικών απωλειών αν δεν κατασκευαστούν και μονωθούν κατάλληλα. Ακόμη και αν το κέλυφος ενός κτιρίου είναι επαρκώς μονωμένο, θερμότητα μπορεί να συνεχίζει να χάνεται από τα πλαίσια ή τα τζάμια των κουφωμάτων και κρύος αέρας να εισέρχεται από τα διάκενα. Συνεπώς, είναι σημαντικό να βελτιώνεται η αεροστεγανότητα των παραθύρων και να μειώνεται η απώλεια θερμότητας από τα τζάμια και τα πλαίσια των κουφωμάτων. Αυτό δε σημαίνει ότι ένα σπίτι πρέπει να γίνει αεροστεγές, καθώς ο μη επαρκής εξαερισμός μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υγρασίας. Το διάκενο μεταξύ των δύο τζαμιών προσφέρει τη ζητούμενη θερμομόνωση ενώ πιθανές μεταλλικές επιστρώσεις στην επιφάνεια των τζαμιών ή η πλήρωση του διάκενου με αέριο, αργό ή κρυπτό, προσφέρει ακόμη μεγαλύτερη μόνωση.

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτιρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές). Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκιάστρα) και τη γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη

θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτίρια, κτλ),
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο,
- και του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο κατά περίπτωση.

Τονίζεται ότι όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με τη μονάδα (1), όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με μηδέν (0) για πλήρη σκίαση. Στην παρούσα εργασία δεν έγινε καμία αλλαγή στον τρόπο σκίασης του κτιρίου γι αυτό και οι συντελεστές σκίασης θα παρουσιαστούν μόνο στο πρότυπο κτίριο.

- **ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ:**

Το σύστημα θέρμανσης παίζει σημαντικό ρόλο στην οικιακή κατανάλωση ενέργειας καθώς έχει και το μεγαλύτερο και πιο άμεσο αποτέλεσμα στη διαμόρφωση αποδεκτών συνθηκών διαβίωσης. Αποτελείται από το σύστημα παραγωγής θερμότητας (λέβητας), το σύστημα διανομής θερμότητας (σωλήνες, σώματα, κτλ) και το υποσύστημα ελέγχου. Για να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας, είναι σημαντικό ο λέβητας να είναι σωστά διαστασιοποιημένος σε σχέση με το μέγεθος και τις ανάγκες του κτιρίου. Συχνά, εγκαθίστανται λέβητες μεγαλύτερου μεγέθους οδηγώντας σε συστήματα χαμηλής απόδοσης και μεγάλης κατανάλωσης καυσίμου με αντίστοιχα αυξημένα έξοδα.

Επίσης, σε πολυκατοικίες μπορεί πλέον να εγκατασταθεί κεντρικό σύστημα παροχής ζεστού νερού χρήσης το οποίο χρησιμοποιεί ξεχωριστό λέβητα ενώ μπορεί να χρησιμοποιεί τον ίδιο ή/και διαφορετικό καυστήρα από το σύστημα θέρμανσης καθώς και να συνδεθεί με διατάξεις ηλιακής θέρμανσης στην οροφή του κτιρίου. Η προτεινόμενη διάταξη οδηγεί σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και καλύτερη εκμετάλλευση των ηλιακών συλλεκτών που μπορούν να εγκατασταθούν στην οροφή της πολυκατοικίας.

- **ΦΩΤΙΣΜΟΣ:**

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για το φωτισμό ενός κτιρίου εξαρτάται σημαντικά από τη τεχνολογία λαμπτήρων που έχει επιλεγεί. Οι παραδοσιακοί λαμπτήρες πυρακτώσεως μετατρέπουν λιγότερο από το 10% της καταναλισκόμενης ενέργειας σε φως, απορρίπτοντας το υπόλοιπο στο περιβάλλον ως θερμότητα. Στους σύγχρονους λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης το ποσοστό αυτό αντιστρέφεται καθώς έως, το 90% της καταναλισκόμενης ενέργειας μετατρέπεται σε φως. Η επιλογή του φωτιστικού σώματος είναι εξίσου κρίσιμη για την απόδοση των συστημάτων φωτισμού. Ένας λαμπτήρας τοποθετημένος δίπλα σε μία επιφάνεια (τοιχος, οροφή) μπορεί να σπαταλά έως και 50% του παραγόμενου φωτός, καθώς αυτό κατευθύνεται προς την επιφάνεια. Συνεπώς, η σωστή τοποθέτηση και η χρήση ανακλαστών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση των λαμπτήρων. [33]

5.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

5.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος θερμομόνωση περιλαμβάνει όλα τα κατασκευαστικά μέτρα που λαμβάνονται για να μειωθεί η ταχύτητα μετάδοσης της θερμότητας μέσα από διαχωριστικά πετάσματα, τα οποία χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες.

Τα οφέλη της θερμομόνωσης, που την καθιστούν απαραίτητη στις κατασκευές είναι τα εξής:

- Η αντιμετώπιση θεμάτων υγιεινής και ποιότητας των κατασκευών
- Η εξασφάλιση άνετης, ευχάριστης και υγιεινής διαβίωσης στους ενοίκους
- Η μείωση του κόστους για την κατασκευή της εγκατάστασης θέρμανσης, καθώς και της δαπάνης λειτουργίας της επειδή ελαττώνονται οι απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας
- Η αποφυγή διαφόρων βλαβών όπως παραδείγματος χάριν στους σωλήνες νερού από τον παγετό και οι δυσάρεστες συνέπειες από τη συμπύκνωση υδρατμών
- Η μείωση των παραγόμενων καυσαερίων και ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος

Θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μια συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Έτσι, οι θερμικές απώλειες δε νοούνται μόνο για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι εφικτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών.

Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με τρεις τρόπους:

- Με αγωγή
- Με συναγωγή/μεταβίβαση
- Με ακτινοβολία

Η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που τροφοδοτεί τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. [34]

5.2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Μονάδα θερμότητας: ορίζεται η χιλιοθερμίδα (Kcal), η οποία είναι η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να θερμανθεί 1 Kg νερού σε ατμοσφαιρική πίεση κατά μία μονάδα θερμότητας και συγκεκριμένα από τους 14,5 °C στους 15,5 °C. Η ενέργεια μετράται επίσης σε Joule (J) και σε βατώρες (Wh). Με τον όρο θερμότητα νοείται η θερμική ενέργεια.

Ειδική θερμότητα: ονομάζεται η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1° C. Οι μονάδες της ειδικής θερμότητας είναι το 1 kcal/kg °C ή 1 Wh/kg K.

Θερμοχωρητικότητα: ονομάζεται η ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει, κατά τη θέρμανσή του, ποσότητες θερμότητας. Μετράται σε kcal.

Θερμογέφυρα: Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου η ποιότητα θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου. Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων κ.ά. Στην περιοχή της θερμογέφυρας, λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας.

Υγρασία: Είναι η περιεκτικότητα (κατά βάρος ή στα % μέρη) μιας ουσίας σε νερό. Ειδικά για τον αέρα, υγρασία είναι η περιεκτικότητά του σε νερό με τη μορφή υδρατμών. Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα απόληξης ποσοτήτων νερού (ελεύθερες επιφάνειες νερού ή υγρά σώματα στο χώρο, και εκτεθειμένα σε ρεύματα αέρα, ανθρώπινες εκπνοές και ιδρώτας) από τον αέρα, από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα, καθώς και από την επιφανειακή θερμοκρασία των τοιχωμάτων ή άλλων αντικειμένων στο χώρο. Με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνεται η δυνατότητά του να παραλαμβάνει υγρασία, ενώ με τη μείωση της θερμοκρασίας του μπορεί να επέλθει κορεσμός και στη συνέχεια, να εμφανισθεί υγροποίηση των υδρατμών (εμφάνιση σταγόνων στην επιφάνεια των ψυχρότερων αντικειμένων ή τοιχωμάτων). Βασικές παράμετροι που περιγράφουν το πρόβλημα της υγρασίας σε μια τοιχοποιία είναι οι εξής:

- **Σημείο δρόσου**
- **Απόλυτη υγρασία**
- **Σημείο κορεσμού ή μέγιστη υγρασία**
- **Σχετική υγρασία του αέρα**
- **Μερική πίεση υδρατμών**
- **Μερική πίεση κορεσμένων υδρατμών**

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ: δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος 1m , όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε βατ ανά μέτρο και βαθμό Κέλβιν (W/mK).

Συντελεστής θερμοδιαφυγής, Λ: δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος d m, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοδιαφυγής μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Για ομοιογενή υλικά ισχύει η σχέση:

$$\Lambda = \lambda/d \text{ σε } (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$$

Συντελεστής θερμικής μεταβίβασης/μετάβασης, α: δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία μεταβιβάζεται σε 1 ώρα μεταξύ στοιχείου της κατασκευής, που έχει επιφάνεια 1m^2 και του αέρα, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή μ'αυτό, όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Συντελεστής θερμοπερατότητας, U : δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια 1m^2 της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στη μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$). [34]

5.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Με βάση τις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ, γίνονται οι παρακάτω απλοποιητικές παραδοχές προς διευκόλυνση της διαδικασίας υπολογισμού της θερμομονωτικής ικανότητας ενός κτιρίου:

1. Η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου.
2. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρούνται ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες.
3. Όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από μεταβολές της θερμοκρασίας.

Ορίζεται λοιπόν η *θερμική αντίσταση*, R , που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας,

$$R = d/\lambda$$

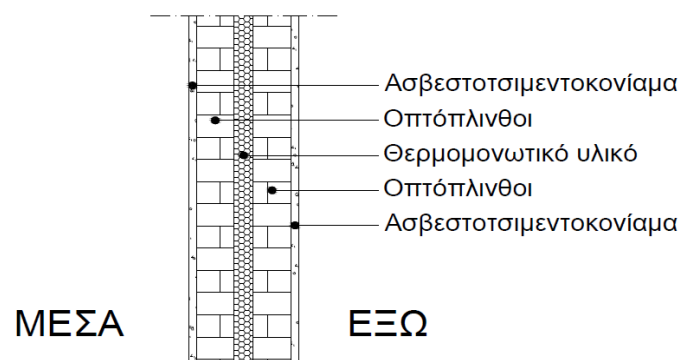
όπου d : πάχος της στρώσης

λ : συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την *αντίσταση θερμοδιαφυγής*, R_{Λ} και προκύπτει από το άθροισμα των αντιστάσεων της κάθε στρώσης,

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$$

Όπου n : οι στρώσεις των διαφόρων υλικών



Εικόνα 5.1 Ενδεικτική διατομή ενός δομικού στοιχείου εξωτερικής τοιχοποιίας. [35]

Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

1. Τη θέση του μέσα στην τοιχοποιία: η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς του. Ανάλογα με τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης, κοντύτερα στην εσωτερική ή στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας, μειώνεται ή αυξάνεται η θερμοχωρητικότητά του κατά αντίστοιχο τρόπο.
2. Τη μάζα του υλικού: όσο μεγαλύτερη η μάζα του υλικού, τόσο μεγαλύτερη η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευμένη ποσότητα θερμότητας να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, όταν η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου είναι χαμηλότερη αυτής του δομικού στοιχείου.

Η *συνολική θερμική αντίσταση*, $R_{ολ}$, που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επιμέρους υλικών καθώς και των αντιστάσεων του αέρα εκατέρωθεν των όψεών του,

$R_{ολ} = R_{\lambda} + R_a + R_i$, όπου R_{λ} : η αντίσταση θερμοδιαφυγής δηλαδή το άθροισμα των αντιστάσεων των επιμέρους υλικών. $R_a = 1/\alpha$: η *αντίσταση θερμικής μετάβασης* που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. $R_i = 1/\alpha$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

Οι θερμικές απώλειες ενός δομικού στοιχείου ορίζονται λοιπόν από τον συντελεστή θερμοπερατότητας, που προσδιορίζεται από τη σχέση,

$$U = 1/R_{ολ}$$

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε τα εξής:

1. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας επηρεάζεται από τα πάχη των επιμέρους στρώσεων των υλικών που αποτελούν μία τοιχοποιία
2. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας επηρεάζεται επίσης από το τύπο της τοιχοποιίας, αν αυτός βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή όχι.

Να σημειωθεί ότι με βάση τις αρχικές τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ, όταν υπάρχει επαφή ενός κτιρίου με όμορα κτίρια (όπως στη παρούσα εργασία) οι υπολογισμοί των αντιστάσεων γίνεται με την παραδοχή ότι οι εξωτερικές τοιχοποιίες είναι εξ ολοκλήρου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας είναι πιθανό ορισμένες παραδοχές να έχουν μεταβληθεί. Ούτως ή άλλως όμως, στο υπολογιστικό μέρος της εργασίας δεν εμβαθύνουμε τόσο ώστε να απαιτείται ο υπολογισμός των επιμέρους αντιστάσεων της τοιχοποιίας. Αντίθετα, θεωρούμε δεδομένες τις αρχικές τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας, U , όπως είχαν δοθεί στα σεμινάρια επιθεώρησης

επιθεωρητών από το ΤΕΕ, και απλά προσθέτουμε έναν ακόμα όρο αντίστασης (βλ. Κεφάλαιο 6^ο).

Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης τους στο κτίριο, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον Πίνακα 5.1 για κάθε κλιματική ζώνη. Ο έλεγχος αυτός έγινε στην παρούσα εργασία, μετά την εισαγωγή εξωτερικής θερμομόνωσης και διαπιστώθηκε ότι τα όρια αυτά δεν ξεπεράστηκαν.

Πίνακας 5.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
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
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
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 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

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-2)

Να σημειωθεί επίσης ότι οι τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ περιγράφουν αναλυτικά την διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε είδος τοιχοποιίας, είτε πρόκειται για οροφή είτε σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους, με το έδαφος κ.λ.π. Στην παρούσα εργασία δεν θα μπορούμε σε τέτοιου είδους λεπτομέρειες καθώς όπως έχει επισημανθεί και παραπάνω, επεξεργαζόμαστε τις αρχικές τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας, στις οποίες όλες αυτές οι λεπτομέρειες έχουν ήδη ληφθεί υπόψη. [35]

5.2.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Βασικές Ιδιότητες Θερμομονωτικών Υλικών

Οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα υλικό και λαμβάνονται υπ' όψη πριν την εφαρμογή του είναι:

- Η θερμομονωτική του ικανότητα
- Το εύρος των θερμοκρασιών στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Η αντοχή του στην υγρασία
- Η αντοχή του στη φωτιά
- Η ηχομονωτική του ικανότητα

Κάθε ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά εκφράζεται με τα αντίστοιχα μεγέθη, που μετρώνται σύμφωνα με συγκεκριμένους κανονισμούς προτύπων και έχουν καθιερωθεί από σχετικούς οργανισμούς, όπως Α.Σ.Τ.Μ. και Δ.Ι.Ν. Τα μεγέθη που εκφράζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι αντίστοιχα:

- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ : Ο συντελεστής αυτός αναφέρεται σε ομοιογενή υλικά και όσο μικρότερος είναι τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το υλικό ως θερμομονωτικό. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εξαρτάται από:
 1. τη φαινόμενη πυκνότητα του υλικού
 2. τη φαινόμενη πυκνότητα του τοίχου
 3. τη φαινόμενη πυκνότητα του σκυροδέματος
- Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας εκφράζουν τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται ανεπαίσθητα, το υλικό δηλαδή διατηρεί τη θερμομονωτική του ικανότητα. Τα όρια δίνονται σε βαθμούς °C ή K. Άλλη ιδιότητα σχετική με τις θερμοκρασίες εφαρμογής είναι και η θερμοκρασία τήξης (προφανώς σε °C ή K). Βέβαια, η θερμοκρασία τήξης είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (το υλικό έχει ήδη αχρηστευτεί εφόσον έχει ξεπεραστεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του), αλλά αναφέρεται γιατί η τήξη του υλικού δημιουργεί πλέον ζητήματα κινδύνου για τους ανθρώπους και το περιβάλλοντα χώρο, στον οποίο εφαρμόζεται.
- Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών εκφράζει τη δυσκολία με την οποία διαχέονται υδρατμοί δια μέσου της μάζας του υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του υλικού. Πρόκειται για αδιάστατο μέγεθος. Άλλο σχετικό μέγεθος είναι η ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.
- Η πυραντοχή του υλικού προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής.
- Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο καλύτερη είναι η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

Βασικές Περιβαλλοντικές Ιδιότητες Θερμομονωτικών Υλικών

Παρόλο που τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν ένα από τα βασικότερα εργαλεία για την εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς, για τη μείωση των εκπομπών των ρύπων, υπάρχουν ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί κατά την παραγωγή τους. Η πολιτική αυτή υιοθετείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία υποχρεώνει τους κατασκευαστές να φέρουν περιβαλλοντική πιστοποίηση στα προϊόντα τους.

Στα θερμομονωτικά υλικά, τα βασικότερα μεγέθη που πιστοποιούν την περιβαλλοντική φύση του υλικού είναι:

- i. Η περιεχόμενη ενέργεια: Είναι η χρησιμοποιούμενη ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μονάδας μάζας του υλικού. Περιλαμβάνει την ενέργεια για κάθε μια από τις διεργασίες από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι και την τελική τοποθέτηση του υλικού στο κτίριο. Εκφράζεται σε kWh/kg υλικού.
- ii. Οι εκπομπές ρύπων στη διάρκεια ζωής του θερμομονωτικού υλικού: Πρόκειται για τους επικίνδυνους ρύπους που εκπέμπονται, κυρίως, κατά την παραγωγή του υλικού. Κυριότεροι θεωρούνται το CO, που είναι τοξικό, και το CO₂.

Κατηγορίες Θερμομονωτικών Υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά χωρίζονται στις εξής κατηγορίες, με βάση την προέλευσή τους,

1. Ανόργανης Προέλευσης

- Αμίαντος
- Περλίτης
- Ινώδη μονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης: αναφέρονται συνήθως ως ίνες ορυκτής προέλευσης. Το μήκος των ινών είναι διαφορετικό για κάθε υλικό και εξαρτάται από την αντοχή του υλικού και τη διατομή των ινών. Είναι άφλεκτα υλικά και έχουν αυξημένη αντοχή στη γήρανση, παρουσιάζουν όμως μειωμένη ελαστικότητα. Τα υλικά χρησιμοποιούνται με τη μορφή παπλωμάτων, κοχυλιών και μαλακών ή σκληρών πλακών. Στην κατηγορία αυτή των μονωτικών υλικών περιλαμβάνονται,
 - i. Υαλοβάμβακας: παρασκευάζεται από πυριτικό γυαλί με ειδική κατεργασία. Είναι άκαυστος και δεν προσβάλλεται από τα οξέα, εκτός από το υδροχλωρικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και πρέπει να προστατεύεται.
 - ii. Πετροβάμβακας: παρασκευάζεται από ορυκτά ασβεστολιθικής προέλευσης με ειδική κατεργασία. Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιείται για μόνωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.
 - iii. Ορυκτοβάμβακας: παρασκευάζεται από ασβεστόλιθο, ο οποίος διαμορφώνεται σε λεπτές ίνες. Χρησιμοποιείται για μόνωση σωληνώσεων και στις οικοδομές είτε ως μονωτικό με τη μορφή πλακών, είτε εκτοξευόμενος για την κατασκευή μονωτικών στρώσεων.
- Σκυρόδεματα μικρής φαινόμενης πυκνότητας
- Μονωτικά με συνθετικό το γύψο
- Αφρώδες γυαλί

2. Οργανικής Προέλευσης,

- Ξύλο: χρησιμοποιείται ως μέτριο θερμομονωτικό υλικό με τη μορφή ελαφρών πλακών. Καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα παρουσιάζουν πλάκες από ροκανίδια ή από ίνες ξύλου.
- Φελλός: χρησιμοποιείται ο φυσικός φελλός διαμορφωμένος σε πλάκες ή φύλλα. Είναι υλικό ελαφρύ και επιπλέει στο νερό. Είναι αδιαπέραστος από το νερό και άλλα υγρά. Έχει μεγάλη συμπίεστικότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.
- Τύρφη
- Πεπιεσμένο άχυρο
- Ινώδη μονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης: το πιο χαρακτηριστικό υλικό αυτής της κατηγορίας είναι το ξυλόμαλλο. Παρασκευάζεται, κυρίως, από ίνες ξύλου αλλά και από φύκια, καλάμια ή άλλα λεπτά οργανικά υλικά αναμεμιγμένα με τσιμέντο

υψηλής αντοχής. Παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη, γήρανση και είναι ανθεκτικό στη φωτιά.

- Διογκωμένη πολυστερίνη: παρασκευάζεται από το αιθυλοβενζόλιο με κατάλληλη επεξεργασία και πολυμερισμό με την ενσωμάτωση διογκωτικού προϊόντος. Είναι υλικό ελαφρύ με υψηλή θερμομονωτική ικανότητα. Επειδή έχει ανοιχτούς πόρους, επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητά του.
- Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη: παρασκευάζεται με πιο εξελιγμένη μέθοδο επεξεργασίας από ότι η διογκωμένη πολυστερίνη, με αποτέλεσμα το υλικό να αποτελείται από κλειστές κυψελίδες και να μην απορροφά υγρασία. Είναι άριστο θερμομονωτικό υλικό.
- Διογκωμένη πολυουρεθάνη: παρασκευάζεται από ανάμιξη οργανικών ουσιών παρουσία καταλύτη και ακολούθως διογκώνεται. Αποτελείται από κλειστές κυψελίδες. Εφαρμόζεται και επί τόπου στο έργο με ψεκασμό. Δεν διαβρώνεται από τοξικές και χημικές ουσίες.[34]

Εξηλασμένη Πολυστερίνη, Διογκωμένη Πολυστερίνη και Πετροβάμβακας

Σήμερα η μέθοδος της εξωτερικής θερμομόνωσης επιτυγχάνεται κυρίως με τρεις τρόπους :

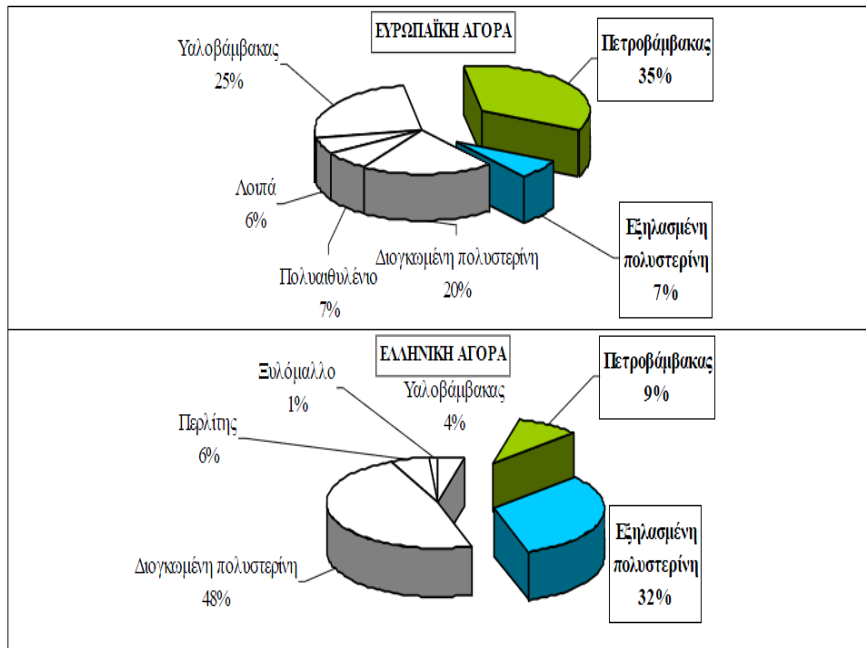
1. εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)
2. διογκωμένη πολυστερίνη (Φελιζόλ/ EPS)
3. ινώδη ανόργανης προέλευσης (δηλαδή πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας).

Στον ελλαδικό χώρο τα δύο πιο δημοφιλή υλικά είναι η εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη, ενώ τρίτο ακολουθεί ο πετροβάμβακας. Αντίθετα, στο εξωτερικό και την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 80% κατέχουν τα ινώδη υλικά ανόργανης προέλευσης και το 20% η εξηλασμένη πολυστερίνη.

Αυτό οφείλεται σε τρεις κυρίως λόγους.

1. Ο τρόπος δόμησης στην Ευρώπη είναι διαφορετικός από αυτόν στην Ελλάδα. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται υλικά όπως το ξύλο και η γυψοσανίδα, γεγονός που απαιτεί υψηλές αντοχές έναντι πυρκαγιών. Αυτό το προσφέρει κυρίως ο πετροβάμβακας.
2. Οι κανονισμοί στις βόρειες χώρες απαιτούν μεγαλύτερα πάχη θερμομονωτικών υλικών γεγονός που οδήγησε πάλι στην επιλογή του φθηνού πετροβάμβακα.

3. Στην Ελλάδα, προτιμήθηκαν τα αφρώδη υλικά, επειδή έχουν μορφή πλάκας και δεν απαιτούν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας κατά την εφαρμογή τους.



Εικόνα 5.2 Διαγραμματική απεικόνιση της αγοράς θερμομονωτικών υλικών στη Ελλάδα και την Ε.Ε. (Πηγή: ΑΠΘ)

Η θέσπιση αυστηρότερων κανονισμών θερμομόνωσης, πυρασφάλειας και οικολογικής δόμησης, οδηγούν σε αύξηση των πωλήσεων του πετροβάμβακα στην Ελλάδα. Επιπλέον, η εξηλασμένη πολυστερίνη προτιμάται έντονα λόγω της εξαιρετικής της αντοχής σε θλίψη και υγρασία, πράγμα που την καθιστά αναντικατάστατο υλικό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως, για παράδειγμα στη θερμομόνωση στοιχείων σκυροδέματος. Εκτιμάται, ότι μελλοντικά το μερίδιο του πετροβάμβακα στην ελληνική αγορά θα συγκλίνει με αυτό της ευρωπαϊκής και τα ποσοστά πωλήσεων της εξηλασμένης πολυστερίνης θα αυξηθούν και στις δύο αγορές. [36]

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η εφαρμογή των τριών αυτών υλικών ως εξωτερική θερμομόνωση σε κτίριο και υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που αυτά προκαλούν. Έπειτα, επιλέγεται η εξηλασμένη πολυστερίνη για να μελετηθεί η οικονομική αποδοτικότητα της όσον αφορά το συμφέρον τόσο του ιδιώτη (χρηματοοικονομική ανάλυση) όσο και της κοινωνίας (ανάλυση κόστους- οφέλους). Ο λόγος που επιλέγεται η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι

- η ευρεία χρήση της στον Ελλαδικό χώρο στον τομέα των κατοικιών σήμερα, και
- η συνεχώς αυξανόμενη χρήση της στο μέλλον παγκοσμίως

Προϊόντα που επιλέχθηκαν

Βρέθηκαν πολλές εταιρείες που προσέφεραν τα τρία υλικά ως πλάκες εξωτερικής θερμομόνωσης. Για την περαιτέρω ανάλυση θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούμε προϊόντα της εταιρείας Γ για τον μοναδικό λόγο ότι παρέχει και τα τρία υλικά σε πολλά διαφορετικά πάχη πλακών.

Πίνακας 5.2 Τα υλικά που παρέχουν μεγάλες εταιρείες θερμομόνωσης.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΥΛΙΚΟ	λ (W/m K)
A	Διογκωμένο Πολυστερένιο EPS 60	0.039
B	Αφρώδες Εξηλασμένο Πολυστερένιο	0.03
Γ	Διογκωμένη Πολυστερίνη	0.037
Γ	Διογκωμένη Πολυστερίνη	0.036
Γ	Εξηλασμένη Πολυστερίνη XPS	0.029
Γ	Πετροβάμβακας	0.033

(Πηγή: THRAKON, KNAUF, POLYKEM)

Εικόνα 5.3 Εμπορικός πίνακας για τα προσφερόμενα υλικά εξωτερικής θερμομόνωσης

Θερμομονωτικό υλικό	
Πλάκες Διογκωμένης Πολυστερίνης EPS	
Σταθερές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης EPS για το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης ClimaPLUS. Πιστοποιημένες με σήμανση CE με βάση το πρότυπο EN 13163.	
▶ Διογκωμένη πολυστερίνη ClimaPLUS EPS-F 80 και EPS-F 100	
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:	λ=0,037 W/mK για ClimaPLUS EPS-F 80 λ=0,036 W/mK για ClimaPLUS EPS-F 100
Διαστάσεις:	50 x 100 cm
Διαθέσιμα πάχη:	1, 1,5, 2, 3, 5, 7, 8 και 10
Πάχη σε στοκ:	3 cm - Συσκευασία: 20 τμχ./πακέτο Απόδοση: 10 m ² /πακέτο 5 cm - Συσκευασία: 12 τμχ./πακέτο Απόδοση: 6 m ² /πακέτο
▶ NEOPOR EPS 80	
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:	λ=0,032 W/mK
Διαστάσεις:	200x100 cm • 100x100 cm • 100x50 cm • 100x60 cm • 250x60 cm
Διαθέσιμα πάχη:	3, 4, 5, 6, 8, 9 και 10cm
Πλάκες Εξηλασμένης Πολυστερίνης XPS	
Σταθερές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης XPS για το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης ClimaPLUS. Πιστοποιημένες με σήμανση CE με βάση το πρότυπο EN 13164.	
▶ Εξηλασμένη πολυστερίνη ClimaPLUS	
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:	λ=0,029 W/mK
Διαστάσεις:	60 x 100 ή 125 cm
Διαθέσιμα πάχη:	3, 4, 5, 6, 8 και 10cm
Πετροβάμβακας	
Άκαυστες μονωτικές πλάκες από πετροβάμβακα με ενισχυμένες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες για το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης ClimaPLUS. Πιστοποιημένες με σήμανση CE με βάση το πρότυπο EN 13162.	
▶ Πετροβάμβακας ClimaPLUS	
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας:	λ=0,033 W/mK
Διαστάσεις:	60 x 120 cm
Διαθέσιμα πάχη:	2, 3, 4, 5, 6, 7, και 8cm

5.2.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης εφαρμόζεται σε νέες ή παλαιές κατοικίες και συγκεκριμένα επενδύοντας εξωτερικά το κτίριο με θερμομονωτικό υλικό (συνήθως από διογκωμένη πολυστερίνη ή πετροβάμβακα), το οποίο «σοβατίζεται» με ένα ειδικό ελαστικό πολύ ισχυρό στεγανό επίχρισμα. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου από τους εξωτερικούς τοίχους αλλά και η εισροή θερμότητας το καλοκαίρι από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι τα εξής:

1. Εξοικονομείται ωφέλιμος χώρος, καθώς δεν απαιτείται να χτιστεί διπλός (μπατικός) εξωτερικός τοίχος.
2. Δε δημιουργούνται θερμογέφυρες στα δοκάρια, στις κολώνες, στα σενάζια και στα δάπεδα, στα σημεία όπου ο τούβλινος τοίχος (οπτοπλινθοδομή) συναντά τα

στοιχεία αυτά, έστω και αν είναι θερμομονωμένα. Παρέχει λοιπόν εξαιρετική θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου.

3. Προστατεύει τις επιφάνειες των τοίχων από υγρασίες. Τέλεια προστασία από το νερό της βροχής και την εξωτερικά εισερχόμενη υγρασία με παράλληλη προστασία από την μούχλα, τα βακτηρίδια και την εσωτερική υγρασία μέσω της εξασφάλισης ομοιόμορφης εσωτερικής θερμοκρασίας.
4. Δε δημιουργούν επιφάνειες με θερμοχωρητικότητα στην εξωτερική πλευρά των τοίχων, που θα συσώρευαν θερμότητα και θα την επανακτινοβολούσαν στο περιβάλλον, εντείνοντας το φαινόμενο των θερμικών νησίδων στην πόλη. Δηλαδή δε συμβάλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης, όπως κάνουν οι τοίχοι των συμβατικών κτιρίων. Αντιθέτως εκμεταλλεύονται τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων μόνο για το εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλοντας στην οικονομία ενέργειας.
5. Αυξάνει δραματικά το χρόνο ζωής του κτιρίου καθώς το προστατεύει από διάβρωση και παγοπληξίες.
6. Το σύστημα αυτό σπάνια παρουσιάζει ρηγματώσεις. Λόγω της εξαιρετικής ποιότητας και της ελαστομέρειας των υλικών του συστήματος οι τελικές επιφάνειες είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στις ρηγματώσεις και τα χρώματά τους δεν ξεφλουδίζουν (τελικά επιχρίσματα έγχρωμα στη μάζα τους).
7. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του συστήματος δεν διακόπτεται η λειτουργία του κτιρίου ενώ διατηρείται η εξωτερική αρχιτεκτονική του ταυτότητα.

Για μια παλαιά κατοικία όπου είτε δεν έχει εσωτερική θερμομόνωση στην τοιχοποιία είτε αυτή είναι ελλιπής, η εξωτερική θερμομόνωση παρουσιάζεται ως η μόνη αξιόπιστη λύση θερμικής προστασίας του κτιρίου. Συγκεκριμένα συμβάλει στην αύξηση της αξίας ενός παλαιού κτιρίου καθώς:

- Αναπλάθεται ριζικά η παλαιά κατοικία.
- Το κτίριο βαθμονομείται ενεργειακά σε υψηλότερη στάθμη
- Μειώνεται το κόστος συντήρησής του
- Αυξάνεται ο χρόνος ζωής του.[38]

Βήματα Εφαρμογής Εξωτερικής Θερμομόνωσης

1. Προετοιμασία της βάσης

Το υπόστρωμα θα πρέπει να είναι:

- καθαρό από σκόνη (καθαρισμός)
- καθαρό από λάδια – λίπη (καθαρισμός με νερό υπό πίεση / ατμό)
- σταθερό & συμπαγές (η επιφάνεια πρέπει να επιτρέπει την καλή πρόσφυση)
- επίπεδο (κόψιμο & απομάκρυνση όλων των δομικών υλικών που προεξέχουν)

Επίσης πρέπει να βεβαιωθεί ότι δεν υπάρχει νερό και υγρασία στο υπόστρωμα, πριν και κατά την εφαρμογή του συστήματος. Πρέπει να απομακρυνθούν οι αιτίες που δημιουργούν υγρασία στην τοιχοποιία και να επισκευαστούν οι κατεστραμμένες περιοχές. Η εφαρμογή

ενός συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης πρέπει να γίνεται αφού έχουν στεγνώσει εντελώς οι εσωτερικοί σοβάδες.

Κατάλληλα υποστρώματα μπορούν να αποτελέσουν επιφάνειες από Βeton, τούβλο, παλαιοί σοβάδες κ.α.. Οι θερμοκρασίες κατά την εφαρμογή του συστήματος θα πρέπει να είναι μεταξύ 5°C και 35°C.

2. Τοποθέτηση οδηγού εκκίνησης

Αφού ζυγιστούν οι όψεις του κτιρίου, τοποθετείται ο οδηγός εκκίνησης με τη χρήση εκτονούμενων βυσμάτων και ειδικών αποστατών.

3. Θερμομονωτικές πλάκες

A. Επικόλληση: Αναμιγνύουμε το υλικό επικόλλησης. Το μίγμα τοποθετείται στο περίγραμμα του μονωτικού και σε ενδιάμεσα σημεία του, ώστε η επιφάνεια που θα καλύπτει να αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 40% της επιφάνειας της πλάκας. Ο τρόπος εφαρμογής του υλικού συγκόλλησης αλλά και το πάχος επίστρωσης εξαρτώνται από τις ανωμαλίες του υποστρώματος

B. Τοποθέτηση: Η τοποθέτηση των μονωτικών πλακών πρέπει να είναι ακριβής και επίπεδη.

4. Τοποθέτηση Βυσμάτων

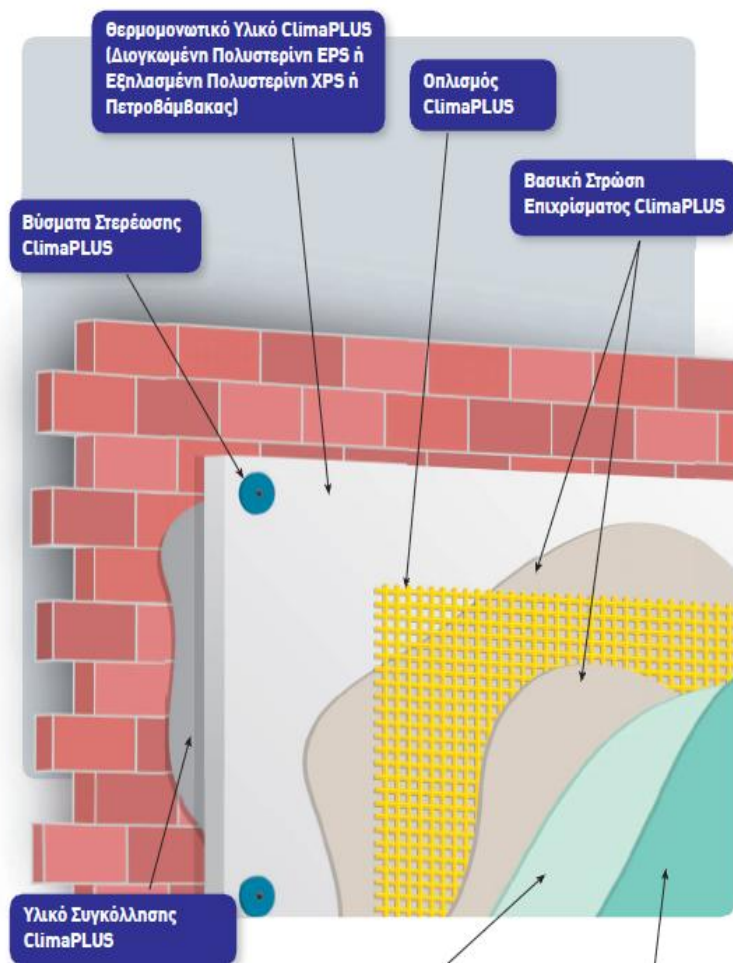
Η επιλογή του σωστού τύπου και μήκους βύσματος επιλέγεται με βάση το υπόστρωμα, το είδος και το πάχος της θερμομονωτικής πλάκας, το πάχος της κόλας και το πάχος του υφιστάμενου σοβά.

5. Επίχρισμα βασικής στρώσης

Όλη η επιφάνεια καλύπτεται σε πάχος 5-7mm από το βασικό επίχρισμα και στη συνέχεια εμβαπτίζεται πλήρως σε αυτή το πλέγμα ενίσχυσης το οποίο πρέπει να βρίσκεται στο άνω 1/3 του πάχους του βασικού επιχρίσματος και να επικαλύπτεται στα σημεία συναρμογής του κατά τουλάχιστον 10cm. Στα σημεία διαγώνια των ανοιγμάτων τοποθετούνται επιπλέον τεμάχια πλέγματος ενίσχυσης. Συνήθως εφαρμόζεται και δεύτερη στρώση επιχρίσματος για να καλυφθεί το πλέγμα.

6. Τελικά επίχρισμα

Το βασικό επίχρισμα καλύπτεται με το τελικό σε πάχος 2-3 mm, το οποίο έπειτα από τουλάχιστον μια εβδομάδα ασταρώνεται και βάφεται. [37, 39]



Εικόνα 5.4 Διαδικασία εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης.[37]



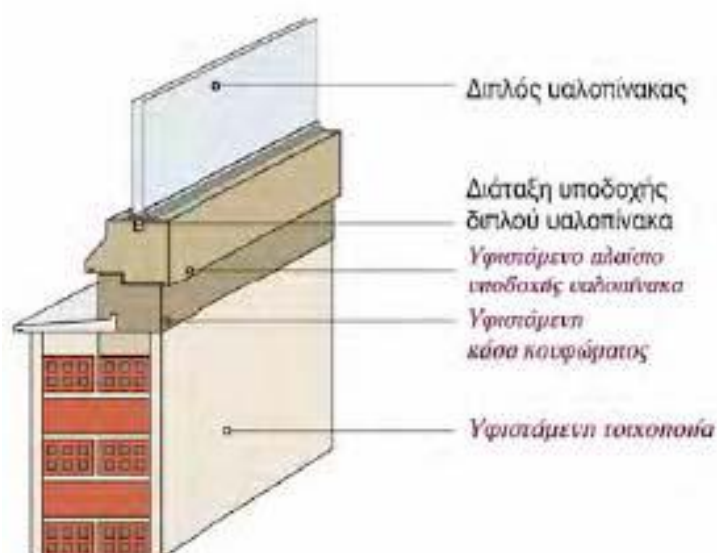
Εικόνα 5.5 Στρωματοποίηση εξωτερικής θερμομόνωσης.[40]

5.3 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

5.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ανοίγματα του κτιρίου (πόρτες, παράθυρα, φεγγίτες, υαλοστάσια κτλ) αποτελούν την οδό για τη διοχέτευση στο εσωτερικό ενός κτιρίου φυσικού φωτισμού, ηλιακών κερδών, θέας και φυσικού αερισμού. Συνιστούν ένα εξαιρετικά σημαντικό δομικό στοιχείο αφού επηρεάζουν τη θερμική, οπτική και ηχητική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου. Συγκροτούν ωστόσο, τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές απώλειες και αποτελούν πηγή αυξημένων θερμικών απωλειών σε σχέση με το αδιαφανές τμήμα του κελύφους. Συγκεκριμένα, οι απώλειες θερμότητας από ένα κούφωμα με απλούς υαλοπίνακες είναι περίπου τριπλάσιες από τις αντίστοιχες μιας μπατικής οπτοπλινθοδομής που δεν είναι μονωμένη και σχεδόν εξαπλάσιες ως οκταπλάσιες από αυτές μιας θερμομονωμένης τοιχοποιίας.

Τα παράθυρα είναι τα δομικά στοιχεία με τις μεγαλύτερες απώλειες επειδή έχουν μεγάλο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (έως και 40 φορές μεγαλύτερος από αυτόν των θερμομονωτικών υλικών), καθώς και στην αδυναμία τους για αποθήκευση της θερμότητας (λόγω της μικρής τους μάζας). Είναι δεδομένο λοιπόν, ότι για να εξοικονομηθούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, είναι απαραίτητη η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων που διαθέτει το κτίριο, με υαλοπίνακες που διαθέτουν καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες. Οι ειδικοί υαλοπίνακες κατασκευάζονται για τον πληρέστερο έλεγχο των παραμέτρων του εξωτερικού περιβάλλοντος (θερμότητα, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, θόρυβος, φωτιά, ασφάλεια των χρηστών του κτιρίου κλπ) που επιδρούν στον εσωτερικό χώρο. Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους. [41]



Εικόνα 5.6 Αντικατάσταση του μονού υαλοπίνακα με διπλό [41]

Γενικά, η διαφυγή θερμότητας μέσω των παραθύρων γίνεται σε τρία στάδια:

- Με θερμική αγωγιμότητα μέσα από τον υαλοπίνακα του κουφώματος αλλά και μέσω του πλαισίου του κουφώματος.
- Με μεταφορά μέσω του αέρα που διαφεύγει ή εισέρχεται στο κτίριο από τους αρμούς μεταξύ υαλοπίνακα και πλαισίου κουφώματος ή μέσω των αρμών του κουφώματος και της τοιχοποιίας.
- Ακτινοβολία μέσω του υαλοπίνακα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από τα τζάμια καθώς και από τη βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων που συνεπάγεται την εξάλειψη των διαρροών του αέρα από τις χαραμάδες. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως τη μείωση της ακτινοβολίας από ή προς τον εσωτερικό χώρο, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη σε αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο, με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, την αποτροπή της συμπύκνωσης υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους αλλά και τη μείωση του θορύβου.

Η ηχοαπορρόφηση των διπλών υαλοπινάκων βελτιώνεται με τη χρήση υαλοπινάκων διαφορετικού πάχους, ώστε να απορροφώνται ήχοι διαφορετικών συχνοτήτων. Το ενδιάμεσο διάκενο των διπλών υαλοπινάκων κυμαίνεται μεταξύ 6mm–12mm. Σε αυτό τοποθετείται κοίλο προφίλ αλουμινίου ύψους 6,5 mm ή 8,5 mm, το οποίο στην εσωτερική πλευρά του έχει εγκοπές, ώστε τα αφυγραντικά (πυριτικά) άλατα να λειτουργούν σωστά και ο αέρας να παραμένει ξηρός. Στο διάκενο μεταξύ αλουμινίου και υαλοπίνακα διαστρώνεται καταρχήν πλευρικά και με ιδιαίτερη προσοχή στις γωνίες, ώστε να μη δημιουργούνται διακοπές, μια πρώτη στρώση στεγανοποίησης από θερμοπλαστική κόλλα βουτυλίου. Η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα της κόλλας έχει πλάτος 4mm-5mm και πάχος 0,3mm-0,4 mm. Κατόπιν, γίνεται δεύτερη στεγανοποίηση με θερμοπλαστική κόλλα ή ελαστομερή προϊόντα πολυθειϊκών ενώσεων, που συμπληρώνει το κενό και στεγανοποιεί περιμετρικά το πλαίσιο του υαλοπίνακα. [32]

5.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) μπορεί:

- είτε να υπολογισθεί αναλυτικά
- είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Στην περίπτωση του αναλυτικού υπολογισμού η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του

κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δυο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανομένης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό.

Πάντως, ανεξαρτήτως από τον τρόπο υπολογισμού, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος οφείλει να είναι μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης, που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ (Πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
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
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
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 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
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2]

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + l_g * \Psi_g}{A_w}$$

όπου U_w [W/(m² K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f [W/(m² K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος

U_g [W/(m² K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων)

A_f [m²] η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_g [m²] η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος

l_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα)

Ψ_g [W/(m K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_w= A_f+ A_g [m²] η επιφάνεια του κουφώματος

Πίνακες τιμών:

- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f) λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.4 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.5 ή υπολογίζεται όπως ορίζεται παρακάτω.
- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.6 που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

Πίνακας 5.4 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0-2,0
Ξύλινο πλαίσιο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2]

Πίνακας 5.5 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων

Υάλωση			U_g [W/(m ² K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-20-4	1,6	1,4	1,4
			4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2]

Πίνακας 5.6 Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα.

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2]

Αν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα δε ληφθεί απευθείας από τον Πίνακα 5.5, μπορεί να υπολογισθεί αναλυτικά από τον τύπο:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta} + R_{\alpha}}$$

Όπου U_g [W/(m² K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα

n [-] το πλήθος των ψύλλων του υαλοπίνακα, για $n=1$ μονός υαλοπίνακας, $n=2$ διπλός υαλοπίνακας, $n=3$ τριπλός υαλοπίνακας

d [m] το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα

λ [W/(m K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου

R_{δ} [m^2 K/W] η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου σώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα

R_i [m^2 K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a [m^2 K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον. [35]

✓ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα αναφέρεται με ακρίβεια στο πιστοποιητικό που συνοδεύει το προϊόν και προέρχεται από τον κατασκευαστή του. Στην περίπτωση κτιρίων, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν από την ημερομηνία ισχύος του ΚΕΝΑΚ και ο υαλοπίνακας που τοποθετήθηκε σε συνοδεύεται από τα αντίστοιχα πιστοποιητικά ή δεν αναγράφονται οι θερμοφυσικές ιδιότητές του στον αποστάτη μεταξύ των υαλοπινάκων ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7 Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων.

Τύπος υαλοπίνακα	U_g
	[W/(m^2 K)]
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	1,80

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

✓ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου αναφέρεται στο πιστοποιητικό που συνοδεύει το προϊόν και προέρχεται από τον κατασκευαστή του. Στην περίπτωση κτιρίων, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν από την ημερομηνία ισχύος του ΚΕΝΑΚ και δεν είναι εφικτό να πιστοποιηθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου, μπορεί να λάβει τιμές από τον Πίνακα .

✓ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ Ψ_g

Για τον προσδιορισμό της θερμοπερατότητας του κουφώματος είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της γραμμικής θερμογέφυρας που εμφανίζεται κατά μήκος της συναρμογής της υάλωσης με το πλαίσιο.

- Στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_g ισούται με μηδέν (0).
- Στην περίπτωση κουφωμάτων με μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες, χωρίς κάποια ειδική επίστρωση χαμηλής εκπομπής, η επίδραση της θερμογέφυρας στο συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας είναι μικρή και γι αυτό το λόγο γενικά μπορεί να αγνοηθεί.

Γενικώς, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα λαμβάνεται από τον Πίνακα ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου και του υαλοπίνακα. Το μήκος της θερμογέφυρας ισούται με το μήκος της περιμέτρου της συναρμογής του υαλοπίνακα με το πλαίσιο.

✓ ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχουν υπολογιστεί οι τιμές θερμοπερατότητας των συνηθέστερων κουφωμάτων που συναντώνται στο κτιριακό απόθεμα. Στον Πίνακα 4.16 δίνεται το εύρος τιμών που αντιστοιχεί σε συνδυασμό διαφορετικών υαλοπινάκων και πλαισίων για διάφορα ποσοστά πλαισίου επί του κουφώματος και μήκη θερμογέφυρας που σχηματίζεται στη συναρμογή υαλοπίνακα και πλαισίου.

Πίνακας 5.8 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[%]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Εξωτερικές Πόρτες						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m ² K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

✓ **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ**

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι αυτό αγνοείται. Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους g_w υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση. Επειδή όπως αναφέρθηκε η τιμή του g_w εξαρτάται από το ποσοστό του πλαισίου θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος ξεχωριστά.

$$g_w = g_{gl} (1 - F_f)$$

όπου F_f το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα

g_{gl} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα (g_{gl}) εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό και λαμβάνεται ίση με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους g σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν η τιμή g δεν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του υαλοπίνακα μπορεί να ληφθεί από τον Πίνακα 5.9:

Πίνακας 5.9 Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, της ημισφαιρικής διαπερατότητας g_{em} και της μέσης διαπερατότητας g_{gl} για διάφορους τύπους υαλοπίνακα.

Τύπος υαλοπίνακα	g	g_{gl}	g_{em}
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77	0,78
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68	0,66
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60	0,56
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68	0,66

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Όταν δεν υπάρχουν τιμές του συντελεστή διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφώματος, τότε λαμβάνονται οι συντελεστές του Πίνακα 5.10 της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφώματος, ανάλογα με το ποσοστό του πλαισίου και τον τύπο του υαλοπίνακα. [25]

Πίνακας 5.10 Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων.

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου F_f			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41
Έγχρωμος ή ανακλαστικός υαλοπίνακας χωρίς δυνατότητα διαπίστωσης των ιδιοτήτων του	0,41	0,36	0,32	0,27

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

5.3.3 ΕΙΔΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Σημαντικό ρόλο στις ενεργειακές ανταλλαγές του κτιρίου με το περιβάλλον παίζει και το υλικό των υαλοπινάκων. Κατά κανόνα τα διαφανή υλικά παρουσιάζουν αυξημένη θερμική αγωγιμότητα, αυξημένο κόστος και βάρος και γι' αυτό χρησιμοποιούνται μόνο για την ικανότητα τους να επιτρέπουν την είσοδο του φωτός και γενικότερα της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή τους η χρήση είναι που καθορίζει ότι οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τέτοια υλικά είναι η απορροφητικότητα και η διαπερατότητα στην ακτινοβολία. Με τον κατάλληλο συνδυασμό υλικών και στρώσεων σε ένα διπλό υαλοστάσιο, μπορεί κανείς να μεταβάλλει την ενεργειακή συμπεριφορά του παραθύρου, συμβάλλοντας τόσο στη βελτίωση του οπτικού και θερμικού περιβάλλοντος, όσο και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, σημαντικός είναι ο έλεγχος του ηλιασμού και της θάμβωσης που δημιουργούνται στον εσωτερικό χώρο από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. [41]

Τα κυριότερα είδη υάλου που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κουφωμάτων είναι:

✓ Μονοί και διπλοί υαλοπίνακες

Εξ αιτίας της σχετικά υψηλής αγωγιμότητας του γυαλιού, ανοίγματα με μονό φύλλο υαλοπίνακα αποτελούν ιδιαίτερα αδύναμα σημεία στη θερμομόνωση του κτιρίου. Επίσης, ένα άνοιγμα με μονό υαλοπίνακα παρέχει πολύ μειωμένη προστασία από εξωτερικούς θορύβους. Για τους ανωτέρω λόγους σε πολλές περιπτώσεις οι μονοί υαλοπίνακες έχουν ήδη αντικατασταθεί με διπλούς. Το διάκενο μεταξύ των δύο φύλλων μειώνει τη θερμοπερατότητα τουλάχιστον κατά το ήμισυ. Επιπλέον, το κλειστό διάκενο επιτρέπει τη χρήση 'επικαλυπτικών στρώσεων' χαμηλής εκπομπής ή/και με επιλεκτικές ιδιότητες, σε ένα από τα δύο φύλλα, καθώς και τη χρήση αερίων πλήρωσης χαμηλής αγωγιμότητας, τα οποία βελτιώνουν σημαντικά την απόδοση του συστήματος των υαλοπινάκων.

✓ Θερμοανακλαστικοί υαλοπίνακες

Οι διπλοί ανακλαστικοί υαλοπίνακες συνήθως αποτελούνται από ένα εξωτερικό διαφανές φύλλο υαλοπίνακα και ένα εσωτερικό φύλλο που φέρει ειδική επικάλυψη με ιδιότητες χαμηλής εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία, με την επιφάνεια που φέρει την επικάλυψη τοποθετημένη προς το διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων (οι επικαλύψεις απαιτούν προστασία και πρέπει να τοποθετούνται πάντοτε προς το διάκενο). Οι επικαλυπτικές στρώσεις μειώνουν τη θερμική ανταλλαγή μέσω ακτινοβολίας μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και έτσι επιτυγχάνεται μείωση της θερμοπερατότητας κατά περίπου 40%. Πρόσθετη μείωση μπορεί να επιτευχθεί με πλήρωση του διακένου με μείγμα αέρα και ευγενών αερίων, όπως αργό ή κρυπτό, το οποίο έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα από τον αέρα. Τα ανακλαστικά συστήματα υαλοπινάκων (με επικάλυψη low-e) μπορούν να εξασφαλίσουν συντελεστές θερμομόνωσης παρόμοιους με αυτούς των αδιαφανών στοιχείων.

✓ **Υαλοπίνακες ελέγχου ηλιακής ακτινοβολίας**

Συνήθως αποτελούνται από ένα εξωτερικό φύλλο υαλοπίνακα με ανακλαστική επικάλυψη και ένα εσωτερικό διαφανές φύλλο υαλοπίνακα. Η επιφάνεια που φέρει την επικάλυψη τοποθετείται προς το εξωτερικό περιβάλλον ή προς το διάκενο αναλόγως της διαδικασίας τοποθέτησης του επικαλυπτικού υλικού. Η λειτουργία αυτού του τύπου της επικάλυψης είναι να ανακλά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η εφαρμογή αυτού του τύπου υαλοπινάκων μπορεί να έχει ως συνέπεια τη μείωση του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού και την αύξηση της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού. Επομένως, για τη μείωση των θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια του θέρους, τα καταλληλότερα προϊόντα είναι οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες οι οποίοι ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας αλλά επιτρέπουν την είσοδο της φωτεινής ακτινοβολίας.

✓ **Άλλοι τύποι υαλοπινάκων**

Τριπλά συστήματα υαλοπινάκων και διπλά παράθυρα, βελτιώνουν επίσης τη θερμομόνωση, με μόνο μειονέκτημα το μεγάλο τους πάχος. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ένα σύστημα διπλών υαλοπινάκων με επίστρωση low-e παρουσιάζει καλύτερη θερμική απόδοση από ένα τριπλό σύστημα στο οποίο τα φύλλα των υαλοπινάκων είναι απλά διαφανή.

✓ **Εφαρμογή φιλμ ελέγχου της ακτινοβολίας σε υφιστάμενους υαλοπίνακες**

Η αντικατάσταση των υαλοπινάκων μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση διαφανών φιλμ τα οποία εφαρμόζονται στην εσωτερική (τα φιλμ low-e) ή στην εξωτερική επιφάνεια του υαλοπίνακα. Αυτή η λύση είναι φθηνότερη από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων αλλά φυσικά με χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση και μικρότερη διάρκεια ζωής.

✓ **Πλαίσια**

Η θερμοπερατότητα του πλαισίου επηρεάζει τη γενική θερμοπερατότητα του συστήματος του ανοίγματος (U) αναλόγως της σχέσης πλαισίου και γυάλινης επιφάνειας. Λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας των μεταλλικών στοιχείων, τα πλαστικά και τα ξύλινα πλαίσια παρουσιάζουν πάντοτε βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, ακόμη και στην περίπτωση που τα μεταλλικά πλαίσια έχουν σχεδιαστεί με θερμοδιακοπή και παρουσιάζουν καλή οικονομική απόδοση. [42]

Τα σενάρια που θα εξεταστούν, είναι: κουφώματα αλουμινίου διπλής υάλωσης καθώς και υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e). Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e), αποτελούνται από δυο υαλοπετάσματα, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται ατμοσφαιρικός αέρας. Στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπετάσματος, έχει επιστρωθεί μια λεπτή μεμβράνη, η οποία έχει την ιδιότητα να περιορίζει τη ροή της θερμότητας με ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

5.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Θα καθοριστούν όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ. και που απαιτούνται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Οι παράμετροι των συστημάτων Θ.Ψ.Κ. και Ζ.Ν.Χ., που απαιτούνται στους υπολογισμούς αφορούν κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά και στις συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων όπως στη θερμική ή/και ψυκτική ισχύ, στις αποδόσεις και στις απώλειες επί μέρους συστημάτων, σε συστήματα διαχείρισης λειτουργίας κ.α. Οι αποδόσεις διαμορφώνονται ανάλογα με τη διαστασιολόγηση των συστημάτων, την ποιότητα κατασκευής τους, την παλαιότητα τους, τη συντήρησή τους αλλά και την ορθολογική χρήση τους. [25]

Ο υπολογισμός όλων των τεχνικών χαρακτηριστικών των η/μ συστημάτων αναλύεται διεξοδικά στο Παράρτημα ΙΙ.

5.4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ

Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου σχεδιάζεται και διαστασιολογείται έτσι, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα). Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης, οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς και αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική.

Οι περισσότερο διαδεδομένες μονάδες παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, φυσικού αερίου, σπανιότερα υγραερίου ή ηλεκτρικοί (μικρές εγκαταστάσεις) και πολύ σπάνια λέβητες βιομάζας. Αρκετές κατοικίες χρησιμοποιούν ηλεκτρικές μονάδες για τη θέρμανση των χώρων (ηλεκτρικά σώματα διαφόρων τύπων, άμεσης απόδοσης ή θερμοσυσσώρευσης κ.α.). Τέλος, σε πολύ περιορισμένη κλίμακα στα ελληνικά κτίρια εφαρμόζονται συστήματα τηλεθέρμανσης (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ) ή/και συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας/ψύξης (Σ.Η.Θ.).

Κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας έχει μια ονομαστική θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η πραγματική όμως απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας θέρμανσης εξαρτάται από την περίοδο θέρμανσης (ανάλογα την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτιρίου και κατ'επέκταση της μονάδας θέρμανσης, τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.α.

Για τις υφιστάμενες μονάδες θέρμανσης χώρων λέβητα-καυστήρα ο πραγματικός βαθμός απόδοσης και η πραγματική θερμική ισχύς προσδιορίζονται από την ανάλυση καυσαερίων και αναγράφονται στο φύλλο συντήρησης και ρύθμισης του συστήματος θέρμανσης. Στην παρούσα εργασία θα γίνει αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης, γι' αυτό το λόγο συγκρίνεται η ονομαστική ισχύς (από τον κατασκευαστή), P_m , με την υπολογιζόμενη θερμική ισχύς, P_{gen} . [25]

Η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης του κτιρίου υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{gen} = A * U_m * \Delta T * 1,8$$

όπου $P_{gen}[W]$ η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης του κτιρίου.

$A [m^2]$ η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους (τοίχοι, οροφές, πυλωτή, ανοίγματα), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ή σε επαφή με όμορα κτίρια, όπως λαμβάνονταν υπόψη στον Κανονισμό Θερμομόνωσης και όπως λαμβάνεται υπόψη πλέον κατά τον Έλεγχο Θερμομονωτικής Επάρκειας. [43]

$U_m [W/(m^2 K)]$ ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A . Ανάλογα με την ηλικία του κτιρίου ο U_m λαμβάνει τις τιμές:

- 2,5 $W/(m^2 K)$ για κτίρια πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (οικοδομικές άδειες πριν από το 1979).
- 1,55 $W/(m^2 K)$ για την Α κλιματική ζώνη
1,20 $W/(m^2 K)$ για τη Β κλιματική ζώνη
0,95 $W/(m^2 K)$ για τη Γ κλιματική ζώνη, για κτίρια μετά την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (έγκριση οικοδομικής άδειας μετά το 1980) καθώς και για κτίρια πριν από την ισχύ του κανονισμού, τα οποία πιστοποιημένα έχουν εφαρμόσει θερμομόνωση σε όλο το κτιριακό κέλυφος.
- Σύμφωνα με τη μελέτη θερμομόνωσης (ενεργειακή μελέτη) για κτίρια μετά την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ.

$\Delta T [K]$ η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος:

- 18° C για την Α κλιματική ζώνη
- 20° C για τη Β κλιματική ζώνη
- 23° C για τη Γ κλιματική ζώνη
- 28° C για τη Δ κλιματική ζώνη.

Αυτές οι θερμοκρασιακές διαφορές εκτιμήθηκαν βάσει των ελάχιστων θερμοκρασιών αέρα που παρατηρούνται στις αντίστοιχες κλιματικές ζώνες.

1,8 συντελεστής που περιλαμβάνει τα φορτία λόγω αερισμού και τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κτλ.

Σε περίπτωση που η υφιστάμενη μονάδα λέβητα-καυστήρα του κτιρίου, καλύπτει παράλληλα τις ανάγκες για θέρμανση χώρων και παροχής ζεστού νερού χρήσης, τότε θα πρέπει να προστεθεί και το θερμικό φορτίο για ζεστό νερό χρήσης. [43]

Στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου χρησιμοποιείται βαθμός απόδοσης (η_{gen}) που προκύπτει από τον πραγματικό βαθμό απόδοσης της μονάδας λέβητα-καυστήρα (η_{gm}) όπως μετρήθηκε από την ανάλυση καυσαερίων, μειωμένος κατά το

συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης (n_{g1}) και το συντελεστή μόνωσης λέβητα (n_{g2}) που δίνονται στους Πίνακες 5.11 και 5.12. [25]

Πίνακας 5.11 Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης, n_{g1} , μονάδας λέβητα-καυστήρα.

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης (P_m / P_{gen})	Συντελεστής βαρύτητας n_{g1}
Λέβητας με διπλάσια ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,75
Λέβητας με 50% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,85
Λέβητας με 25% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,95
Λέβητας με ίση ή μικρότερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	1,00

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Πίνακας 5.12 Συντελεστής μόνωσης, n_{g2} , μονάδας λέβητα-καυστήρα.

Ονομαστική ισχύς (kW)	20 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	≥ 400
Λέβητας με μόνωση Σε καλή κατάσταση μόνωσης	1,0				
Λέβητας γυμνός ή με κατεστραμμένη μόνωση	0,936	0,949	0,948	0,951	0,952

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης υπολογίζεται ως εξής:

$$n_{gen} = n_{gm} * n_{g1} * n_{g2}$$

Κάθε μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας καλύπτει μέρος ή το σύνολο του απαιτούμενου θερμικού φορτίου μιας θερμικής ζώνης του κτιρίου. Όταν το απαιτούμενο θερμικό φορτίο για μια θερμική ζώνη καλύπτεται με περισσότερες από μία μονάδες παραγωγής θερμότητας (μη εφεδρικό), το **ποσοστό κάλυψης του φορτίου** ανά μονάδα κατανέμεται βάσει της αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της εκάστοτε μονάδας παραγωγής θερμότητας. [25]

5.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΧΩΡΩΝ

Το σύστημα ψύξης χώρων σχεδιάζεται και διαστασιολογείται έτσι, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού θέρους). Κατά την περίοδο ψύξης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς τόσο στη διάρκεια της ημέρας, όσο και από ημέρα σε ημέρα και αποκλίνουν σημαντικά από τις συνθήκες σχεδιασμού για κάθε κλιματική ζώνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα ψύξης να λειτουργεί τον περισσότερο χρόνο της περιόδου ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου και η πραγματική ενεργειακή απόδοσή του να είναι χαμηλότερη από την ονομαστική.

Οι μονάδες παραγωγής ψύξης που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι κατά κανόνα ψύκτες ή αντλίες θερμότητας με χρήση κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας και σπανιότερα με τη χρήση κινητήρων που καταναλώνουν φυσικό αέριο ή άλλο συμβατικό καύσιμο. Στα κτίρια

κατοικιών χρησιμοποιούνται συνήθως τοπικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης, μικρής ψυκτικής ικανότητας.

Κάθε μονάδα παραγωγής ψύξης έχει μια ονομαστική ψυκτική απόδοση (EER: λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας) σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή από την πιστοποίηση της μονάδας. Η πραγματική απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας ψύξης εξαρτάται από τη διάρκεια της περιόδου ψύξης (ανάλογα την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτιρίου και κατ'επέκταση του συστήματος ψύξης, τις εσωτερικές συνθήκες θερινής λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.α. Ως τελική ψυκτική απόδοση χρησιμοποιείται ο ονομαστικός δείκτης αποδοτικότητας EER σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα 35° C και θερμοκρασία προσαγόμενου ψυκτικού μέσου 7° C.

Η τιμή του EER προσδιορίζεται σε συγκεκριμένες συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος και θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής ψυκτικού μέσου. Η απόδοση των ψυκτών και των αντλιών θερμότητας εξαρτάται επίσης και από την πηγή θερμότητας που αξιοποιούν για τη λειτουργία τους και μπορεί να είναι ο αέρας, το έδαφος, τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, το θαλασσινό νερό, τα καυσαέρια κινητήρων (π.χ. ΣΗΘ), η ηλιακή ενέργεια κ.α.

Κάθε μονάδα παραγωγής ψυκτικής ενέργειας καλύπτει μέρος ή το σύνολο του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου μιας θερμικής ζώνης του κτηρίου. Όταν το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο για μια θερμική ζώνη καλύπτεται με περισσότερες από μία μονάδες παραγωγής ψύξης (μη εφεδρικό), το **ποσοστό κάλυψης του φορτίου** ανά μονάδα ψύξης κατανέμεται βάσει της αποδιδόμενης ψυκτικής ισχύος του εκάστοτε συστήματος παραγωγής ψύξης. Ιδιαίτερα για τα συστήματα ψύξης των κτιρίων κατοικιών, το ποσοστό κάλυψης του συνολικού ψυκτικού φορτίου μπορεί να περιοριστεί μέχρι και 50%. [25]

5.4.3 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

Με στόχο τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό των θερμικών απωλειών θα πρέπει να προβλέπεται κατά το σχεδιασμό των δικτύων διανομής η διέλευσή τους μέσω θερμικά προστατευμένων χώρων και να αποφεύγεται η διέλευσή τους από εξωτερικούς χώρους. Σε περιπτώσεις που είναι αναπόφευκτη η διέλευση από εξωτερικούς χώρους (π.χ. μονάδα παραγωγής εγκατεστημένη σε άλλο από το εξυπηρετούμενο κτίριο, διέλευση επί εξωτερικών χώρων, κ.τ.λ.), τότε θα πρέπει να εφαρμόζεται ικανή θερμομόνωση των δικτύων διανομής και των αεραγωγών και να τοποθετείται και μηχανική προστασία στις σωληνώσεις (π.χ. χιτώνια από πλαστικούς σωλήνες, φύλλα αλουμινίου, κ.α.).

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών στα δίκτυα διανομής, σε όλα τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια, θα πρέπει να υπάρχει κατ' ελάχιστο η προβλεπόμενη θερμομόνωση αλλά και τα συστήματα αντιστάθμισης, όπως προβλέπει ο Πίνακας 5.13 που ακολουθεί. [25]

Πίνακας 5.13 Πάχη θερμομόνωσης σωληνώσεων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.

Πάχος θερμομόνωσης με ισοδύναμο $\lambda = 0,040$ (W/(m·K)) στους 20°C			
Με διέλευση σε εσωτερικούς χώρους		Με διέλευση σε εξωτερικούς χώρους	
Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης	Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης
Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού			
από ½" έως ¾"	9 mm	από ½" έως 2"	19 mm
από 1" έως 1½"	11 mm	από 2" έως 4"	21 mm
από 2" έως 3"	13 mm	μεγαλύτερη από 4"	25 mm
μεγαλύτερη από 3"	19 mm		
Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων ζεστού νερού χρήσης			
ανεξαρτήτου διαμέτρου	9 mm	ανεξαρτήτου διαμέτρου	13 mm

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Για την εκτίμηση της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση ή/και ψύξη ενός κτιρίου λαμβάνονται υπόψη και οι θερμικές/ψυκτικές απώλειες από τα δίκτυα διανομής (θερμικού ή/και ψυκτικού μέσου), καθώς και από τους αεραγωγούς κλιματισμού προσαγωγής και απαγωγής αέρα. Ο βαθμός θερμικής/ψυκτικής απόδοσης ενός δικτύου διανομής, προσδιορίζεται από το μέγεθος των απωλειών του δικτύου διανομής, οι οποίες εξαρτώνται από:

- τη θερμομόνωση του δικτύου διανομής,
- το μήκος και τη διατομή του δικτύου διανομής,
- τη θερμοκρασία του νερού (ή άλλου μέσου) στο δίκτυο,
- το χώρο διέλευσης του δικτύου διανομής (θερμαινόμενος, μη θερμαινόμενος, εξωτερικό περιβάλλον, κ.α)
- την παλαιότητα του δικτύου, τις φθορές της μόνωσης, κ.α.

Στον Πίνακα 5.14 δίνονται τυπικές τιμές για το ποσοστό απωλειών κεντρικών συστημάτων διανομής θέρμανσης/ψύξης σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας παραγωγής, το είδος μόνωσης των σωληνώσεων και τους χώρους διέλευσης. Το ποσοστό απωλειών αναφέρεται επί του συνόλου της θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας που μεταφέρει το δίκτυο. Αυτές οι τιμές λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. [25]

Πίνακας 5.14 Ποσοστό θερμικών/ψυκτικών απωλειών (%) δικτύου διανομής κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης/ψύξης ως προς τη συνολική θερμική/ψυκτική ενέργεια που μεταφέρει το δίκτυο.

Ισχύς συστήματος	Διέλευση σε εσωτερικούς χώρους ή/και 20% σε εξωτερικούς χώρους				Διέλευση > 20% σε εξωτερικούς χώρους	
	Μόνωση ¹ κτηρίου αναφοράς	Μόνωση ² ίση με την ακτίνα σωλ.	Ανεπαρκής μόνωση ³	Χωρίς μόνωση	Μόνωση κτηρίου αναφοράς	Με μόνωση ίση με την ακτίνα σωλ.
[kW]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Θέρμανση με υψηλές θερμοκρασίες θερμικού μέσου (90 - 70°C)						
20 - 100	5,5	4,5	11,0	14,0	8,0	6,5
100 - 200	4,0	3,0	8,5	12,0	7,2	5,7
200 - 300	3,0	2,5	6,5	10,5	6,0	4,2
300 - 400	2,5	2,0	5,0	9,2	3,8	2,7
> 400	2,0	1,5	4,0	7,0	3,0	2,0
Θέρμανση με χαμηλές θερμοκρασίες θερμικού μέσου (50 - 35°C)						
20 - 100	-	3,0	8,0	9,0	4,5	3,7
100 - 200	-	2,2	7,2	8,3	4,0	3,1
200 - 300	-	1,8	6,0	6,2	3,3	2,5
300 - 400	-	1,2	4,5	5,0	2,2	1,2
> 400	-	0,8	3,3	4,0	1,7	1,0
Ψύξη με θερμοκρασίες ψυκτικού μέσου (7 - 12°C)						
20 - 100	2,0	1,5	3,0	4,5	2,5	2,0
100 - 200	1,8	1,4	2,8	3,6	2,3	1,9
200 - 300	1,5	1,1	2,2	3,0	2,0	1,6
300 - 400	1,2	0,7	1,8	2,4	1,5	1,2
> 400	0,7	0,4	1,1	2,0	1,0	0,8

¹ Για μόνωση σωλήνων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 4.7.
² Για μόνωση σωλήνων με πάχος ίσο με την ακτίνα του σωλήνα.
³ Ανεπαρκής μόνωση του δικτύου ή κλάδου (τμήματος) αυτού λόγω φθορών. Συνδέσεις και βάνες χωρίς μόνωση.

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Για τοπικά συστήματα παραγωγής θερμότητας ή/και ψύξης, όπως τοπικοί λέβητες εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων ή τοπικές αντλίες θερμότητας, στα οποία δεν υπάρχει δίκτυο διανομής, οι απώλειες διανομής θεωρούνται μηδενικές για το υπό μελέτη/επιθεώρηση κτίριο και για το κτίριο αναφοράς κατοικίας στην περίπτωση που διαθέτει τοπικές αντλίες θερμότητας. [25]

5.4.4 ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (ΑΠΟΔΟΣΗΣ)

Οι τερματικές μονάδες εκπομπής είναι τα στοιχεία των κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης, τα οποία τελικά αποδίδουν τη θερμική ή/και ψυκτική ενέργεια στους χώρους. Είναι θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας ή μονάδες επαγωγής, ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης/δροσισμού, ενδοτοιχία συστήματα θέρμανσης/δροσισμού, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου κ.α. Η πραγματική απόδοση της απαιτούμενης θερμότητας/ψύξης από τις τερματικές μονάδες εξαρτάται κυρίως από τις εξής παραμέτρους:

- από τον τύπο του συστήματος εκπομπής: άμεσης απόδοσης (π.χ. θερμοπομποί), ενσωματωμένα συστήματα (ενδοδαπέδιο, ενδοτοιχίο, κ.α.), μονάδες κυκλοφορίας αέρα (αερόθερμα, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου-fan coils, κ.α.),
- από τη θέση του συστήματος εκπομπής μέσα στο χώρο, ενσωματωμένο ή μη σε δομικό στοιχείο,

- από την ομοιομορφία διανομής της ενέργειας (θερμοκρασιακή και υδραυλική ισορροπία δικτύου),
- από το σύστημα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου θέρμανσης/ψύξης (δεν επηρεάζει την απόδοση της ίδιας της συσκευής αλλά εμμέσως τη συνολική απόδοση του συστήματος μεταφοράς της ενέργειας στους χώρους). [25]

Τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας

Οι συνήθεις τερματικές μονάδες για εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι: θερμαντικά σώματα άμεσης απόδοσης (καλοριφέρ), ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης, ενδοτοιχία συστήματα και μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fancoil). Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316.2.1:2008 εκτιμάται ο βαθμός απόδοσης ($n_{em,t}$) των τερματικών μονάδων (εκπομπής θερμότητας) του δικτύου θέρμανσης βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{rad} * f_{im} * f_{hydr}}$$

όπου f_{rad} ο παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων και εξαρτάται από το ύψος των χώρων που θερμαίνονται. Ισχύει μόνο για τις τερματικές μονάδες ακτινοβολίας, ενώ για τα υπόλοιπα συστήματα ισούται με μονάδα, σύμφωνα με τον ακόλουθο Πίνακα 5.15: [25]

Πίνακας 5.15 Παράγοντας αποτελεσματικότητας της ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης σε χώρους	f_{rad}
με ύψος μικρότερο από 4 m	1,00
με ύψος από 4 έως 6 m	0,95
με ύψος από 6 έως 10 m	0,90
με ύψος μεγαλύτερο από 10 m	0,85
με ύψος ίσο ή μεγαλύτερο από 4 m	1,05
με ανακυκλοφορία αέρα για μεγάλα ύψη	1,00

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΕΣ]

f_{im} ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτιρίου, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο Πίνακα 5.16:

Πίνακας 5.16 Παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας των τερματικών μονάδων

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης με:	f_{im}
συνεχή λειτουργία	1,00
διακοπτόμενη λειτουργία	0,97

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

f_{hydr} ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο Πίνακα 5.17:

Πίνακας 5.17 Παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των θερματικών μονάδων

Για θερματικές μονάδες με:	f_{hydr}
υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

n_{em} η απόδοση εκπομπής μιας θερματικής μονάδας και εξαρτάται από:

- την καθ' ύψος κατανομή θερμοκρασίας του αέρα,
- τον τύπο θερματικής μονάδας (θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής κ.α.)
- τη θέση, το ύψος τοποθέτησης,
- τη μέση θερμοκρασία της μονάδας εκπομπής,
- τον τύπο του συστήματος ελέγχου της θερμοκρασίας του χώρου,
- τις ειδικές απώλειες ανάλογα εάν η θερματική μονάδα είναι άμεσης απόδοσης (θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου) ή έμμεσης απόδοσης (ενσωματωμένες θερματικές μονάδες σε δομικά στοιχεία, π.χ. ενδοδαπέδιο, ενδοτοιχίο κ.α.)

Στον Πίνακα 5.18 δίνεται η απόδοση εκπομπής n_{em} για διάφορους τύπους θερματικών μονάδων και ανάλογα με τη θερμοκρασία θερμαντικού μέσου.

Οι θερμάστρες υγραερίου ή φυσικού αερίου και τα τυποποιημένα-πιστοποιημένα ενεργειακά τζάκια καθώς και τα κοινά τζάκια θεωρούνται ως άμεσης απόδοσης σε θερμοκρασία λειτουργίας (90-70° C) και για τους υπολογισμούς λαμβάνονται οι αποδόσεις εκπομπής του Πίνακα 5.18. Για τις τοπικές αντλίες θερμότητας η απόδοση εκπομπής των εσωτερικών μονάδων στους υπολογισμούς λαμβάνεται ίση με 0,93. Στον Πίνακα 5.19 δίνεται η απόδοση εκπομπής n_{em} για τοπικές ηλεκτρικές θερματικές μονάδες. [43]

Πίνακας 5.18 Απόδοση εκπομπής n_{em} θερματικών μονάδων θέρμανσης.

Τύπος θερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής n_{em} θερματικών μονάδων θέρμανσης		
	Θερμοκρασία μέσου T [°C]		
	90 - 70	70 - 50	50 - 35
Άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο	0,85	0,89	0,91
Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο	0,89	0,93	0,95
Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,90
Ενδοτοιχίο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,87
Σύστημα θέρμανσης οροφής	-	-	0,85

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Πίνακας 5.19 Απόδοση εκπομπής n_{em} τοπικών ηλεκτρικών μονάδων.

Τύπος θερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής n_{em} ηλεκτρικών μονάδων
Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εσωτερικό τοίχο	0,91
Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο	0,94

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Τερματικές μονάδες απόδοσης ψύξης

Οι συνήθεις τερματικές μονάδες για εγκαταστάσεις ψύξης, είναι μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fancoil), εσωτερικές μονάδες συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία αέρα (στόμια δικτύου αεραγωγών), ενδοδαπέδια και ενδοτοιχία συστήματα δροσισμού και ψυχόμενη οροφή.

Ο βαθμός απόδοσης ($n_{em,t}$) των τερματικών μονάδων ψύξης υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{im} * f_{hydr}}$$

όπου f_{im} ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτιρίου, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο Πίνακα 5.20: [25]

Πίνακας 5.20 Παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας των τερματικών μονάδων

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης με:	f_{im}
συνεχή λειτουργία	1,00
διακοπτόμενη λειτουργία	0,97

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

f_{hydr} ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο Πίνακα 5.21:

Πίνακας 5.21 Παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων

Για τερματικές μονάδες με:	f_{hydr}
υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

n_{em} η απόδοση εκπομπής της ίδιας της μονάδας

Ενδεικτικές τιμές για την απόδοση εκπομπής (n_{em}) δίνονται στον Πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.22 Απόδοση n_{em} τερματικών μονάδων ψύξης

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής n_{em} μονάδων ψύξης
Άμεσα συστήματα: π.χ. μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan-coils), δαπέδου ή οροφής, εσωτερικές μονάδες τοπικών συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία διανομής αέρα κ.ά.	0,93
Ενσωματωμένες τερματικές μονάδες: π.χ. ενδοτοιχία, ενδοδαπέδιο, ψυχόμενες οροφές	0,90
Τοπικές αντλίες θερμότητας	0,93

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

5.4.5 ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ

Κάθε σύστημα κεντρικής θέρμανσης ή/και ψύξης, διαθέτει βοηθητικά συστήματα για τον έλεγχο λειτουργίας, την κυκλοφορία και διανομή του θερμού ή/και ψυχρού μέσου κ.α. Αυτά τα συστήματα μπορεί να είναι αντλίες, κυκλοφορητές, ηλεκτροβάνες, ανεμιστήρες αερισμού (π.χ. λεβητοστασίου), ανεμιστήρες τερματικών μονάδων, αυτοματισμοί κ.α.

Ως παράμετρος στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται για τα βοηθητικά συστήματα η ειδική εγκατεστημένη ισχύς (W/m^2), δηλαδή η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων κυκλοφορίας ζεστού νερού και διανομής στους χώρους της ζώνης ανά μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης. Αν το ίδιο σύστημα (π.χ. κυκλοφορητής), καλύπτει περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, τότε γίνεται επιμερισμός της ισχύος του συστήματος, ανάλογα το επιμέρους ποσοστό του θερμικού ή ψυκτικού φορτίου που παρέχει σε κάθε θερμική ζώνη.

Τα βοηθητικά συστήματα καταναλώνουν στη συντριπτική πλειονότητά τους ηλεκτρική ενέργεια, ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας του κτιρίου και το σύστημα ελέγχου. Ο χρόνος λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων εκτιμάται στη βάση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης και ανάλογα με την περίοδο (θερινή, χειμερινή) και την κλιματική ζώνη. Τυπικές τιμές για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου δίνονται στον Πίνακα 5.23. [25]

Πίνακας 5.23 Ποσοστό χρόνου λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης σε κάθε κλιματική ζώνη.

Κτήρια	Ποσοστό χρόνου λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων επί του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου, ανά περίοδο και κλιματική ζώνη			
	Χειμερινή περίοδο		Θερινή περίοδο	
	Ζώνες Α & Β	Ζώνες Γ & Δ	Ζώνες Α & Β	Ζώνες Γ & Δ
Οικιακού τομέα	50%	75%	30%	15%
Τριτογενή τομέα	80%	100%	80%	50%

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

5.4.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Ο αρχικός σχεδιασμός της εγκατάστασης ζεστού νερού χρήσης θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων (π.χ. κατά τη θερινή περίοδο) ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση της ζήτησης Ζ.Ν.Χ. του κτιρίου χωρίς σπατάλη ενέργειας. Επισημαίνεται ότι η παροχή Ζ.Ν.Χ. πρέπει να προβλέπεται για όλα τα σημεία του κτιρίου που υπάρχει απαίτηση για Ζ.Ν.Χ., ακόμη και στα σημεία εγκατάστασης πλυντηρίων ή άλλων συσκευών που καταναλώνουν κατά τη λειτουργία τους Ζ.Ν.Χ.

Για κάθε εγκατάσταση Ζ.Ν.Χ. που χρησιμοποιείται σε ένα κτίριο ή σε μια θερμική ζώνη πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα για τους υπολογισμούς. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την εγκατάσταση Ζ.Ν.Χ. είναι η απόδοση των μονάδων παραγωγής Ζ.Ν.Χ., οι απώλειες των δικτύων διανομής Ζ.Ν.Χ. και των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντήρων με εναλλάκτες θερμότητας ή ηλεκτρικών αντιστάσεων κ.α.). Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται

τοπικές συσκευές άμεσης παραγωγής Ζ.Ν.Χ. (π.χ. θερμαντήρες ροής, ταχυθερμοσίφωνες), οι απώλειες δικτύων διανομής και τερματικών μονάδων λαμβάνονται ως μηδενικές.

Στις περιπτώσεις κτιρίων με μεγάλες απαιτήσεις σε Ζ.Ν.Χ., η παραγωγή θερμότητας για Ζ.Ν.Χ. συνιστάται να γίνεται μέσω κεντρικών μονάδων θέρμανσης, με χρήση πετρελαίου ή φυσικού αερίου, με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση. Γι αυτή τη διάταξη απαιτείται εγκατάσταση θερμαντήρα (boiler) διπλής ή τριπλής ενέργειας. Οι θερμαντήρες μπορεί να είναι κεντρικοί (στο λεβητοστάσιο) ή κοντά στις τελικές χρήσεις.

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

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή ΖΝΧ καθορίστηκε η ημερήσια κατανάλωση του ΖΝΧ ανά άτομο του καθώς επίσης και η ετήσια κατανάλωση ανά υπνοδωμάτιο για τις κατοικίες, όπως δίνονται στον Πίνακα 5.24. [25]

Οι τιμές είναι εμπειρικές με βάση τη βιβλιογραφία και λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της κατανάλωσης ενέργειας για ΖΝΧ του κτηρίου. Η θερμοκρασία του ζεστού νερού χρήσης λαμβάνεται στους 50° C. [43]

Πίνακας 5.24 Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 50° C) ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ΖΝΧ [l/άτομο/ημέρα]	Αριθμός ατόμων ανά υπνοδωμάτιο [άτομα/υπνοδ.]	Ετήσια κατανάλωση ανά υπνοδωμάτιο [m ³ /υπν./έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	50	1,5	27,3

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΕΣ]

Επίσης, για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή του απαιτούμενου ΖΝΧ, είναι απαραίτητη και η μέση θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη. Η θερμοκρασία του νερού δικτύου, εξαρτάται από τη μέση εξωτερική θερμοκρασία του αέρα αλλά και δευτερευόντως από τη θερμοκρασία εδάφους στην εκάστοτε περιοχή. Στην οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-3 <<Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές>> δίνονται τυπικές τιμές για τη μέση ετήσια θερμοκρασία του νερού δικτύου για τις διάφορες κλιματικές ζώνες.

Πίνακας 5.25 Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου 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

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Απόδοση μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Για κάθε μονάδα (τοπική ή κεντρική) παραγωγής Ζ.Ν.Χ. καθορίζεται η ονομαστική ισχύς και η θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η πραγματική όμως θερμική απόδοση λειτουργίας μονάδας παραγωγής Ζ.Ν.Χ. διαφοροποιείται και εξαρτάται από την εποχή (ανάλογα την κλιματική ζώνη), από τα απαιτούμενα φορτία Ζ.Ν.Χ., από τη σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος, κ.α. [25]

Η θερμική ισχύς P_n , ενός τοπικού θερμαντήρα παραγωγής Ζ.Ν.Χ., συνήθως υπολογίζεται για μέσο χρόνο απόδοσης της συνολικής ημερήσιας θερμικής ενέργειας σε 5 ώρες, σύμφωνα με τη σχέση:

$$P_n = \frac{Q_d}{5}$$

Για μονάδες με λέβητα/ες και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση τοπικών θερμαντήρων Ζ.Ν.Χ., στην πιο πάνω σχέση λαμβάνεται για τον υπολογισμό της ονομαστικής ισχύος προσαύξηση 20% (για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής κ.α.) Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d σε (kWh/day) για Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d * \frac{c}{3600} * \rho * \Delta T$$

όπου V_d [l/day] το ημερήσιο φορτίο

ρ [kg/l] η πυκνότητα του νερού, $\rho=1$ kg/l

c [kJ/(kg K)] η ειδική θερμότητα, $c=4,18$ kJ/(kg K)

ΔT [K] θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου (Πίνακας 5.25) και της θερμοκρασίας του ζεστού νερού χρήσης (50° C). [43]

Η χωρητικότητα του θερμαντήρα V_{store} δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_{store} = \frac{V_d}{5}$$

Κάθε σύστημα παραγωγής Ζ.Ν.Χ. καλύπτει μέρος ή το σύνολο του απαιτούμενου θερμικού φορτίου για Ζ.Ν.Χ. Όταν το απαιτούμενο θερμικό φορτίο για Ζ.Ν.Χ. καλύπτεται από περισσότερες της μια μονάδας παραγωγής Ζ.Ν.Χ., το **ποσοστό κάλυψης του φορτίου** ανά μονάδα κατανέμεται βάσει της αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της εκάστοτε μονάδας παραγωγής Ζ.Ν.Χ. Στην περίπτωση συστημάτων τριπλής ενέργειας (π.χ. λέβητας-καυστήρας, ηλεκτρική αντίσταση και ηλιακοί συλλέκτες), για την παραγωγή θερμικής ενέργειας για ΖΝΧ, όπου η χρήση των συστημάτων διαφοροποιείται ανά χρονική περίοδο (χειμώνας, καλοκαίρι), ο καθορισμός του ποσοστού κάλυψης θερμικού φορτίου διαφοροποιείται για κάθε μήνα, ανάλογα με την εποχική χρήση του κάθε συστήματος και την αποδιδόμενη θερμική ισχύ τους. [25]

Σύστημα διανομής θερμότητας ζεστού νερού χρήσης

Οι θερμικές απώλειες του συστήματος διανομής Ζ.Ν.Χ. σε ένα κεντρικό σύστημα διανομής καθορίζονται ως εξής: [25]

- Με το μήκος του δικτύου διανομής που εξαρτάται από τις διαστάσεις του κτιρίου και τον αριθμό των σημείων κατανάλωσης.
- Με το μήκος του δικτύου ανακυκλοφορίας Ζ.Ν.Χ. (αν υπάρχει).
- Με τη θερμική ισχύ που μεταφέρει.
- Με την ποιότητα μόνωσης του δικτύου.
- Με τους χώρους διέλευσης του δικτύου (εσωτερικούς ή εξωτερικούς)

Πίνακας 5.26 Ποσοστό απωλειών (%) κεντρικού δικτύου διανομής για ζεστό νερό χρήσης (50° C)

Ημερήσια ζήτηση Ζ.Ν.Χ. [σε ℓ]	Χωρίς ανακυκλοφορία		Με ανακυκλοφορία	
	Μόνωση* κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής ή καθόλου μόνωση	Μόνωση κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής ή καθόλου μόνωση
50 - 200	8,0	22,4	12,8	35,8
200 - 1000	7,7	20,8	12,4	33,5
1000 - 4000	7,5	19,5	12,1	31,5
4000 - 7000	7,3	18,3	11,8	29,5
>7000	7,0	16,8	11,5	27,6

* Για μόνωση δικτύου διανομής σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 4.7.

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας για ζεστό νερό χρήσης

Τερματικές μονάδες απόδοσης (εναλλάκτες) θερμότητας για το Ζ.Ν.Χ., είναι οι κεντρικές ή/και τοπικές δεξαμενές αποθήκευσης, δηλαδή οι θερμαντήρες οι οποίοι διαθέτουν είτε ηλεκτρική αντίσταση (ηλεκτρικός θερμοσίφωνας) είτε εναλλάκτη θερμότητας (σερπαντίνα). Στους υπολογισμούς της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη και οι θερμικές απώλειες των θερμαντήρων που σχετίζονται με:

- Την απόδοση του στοιχείου συναλλαγής θερμότητας (ηλεκτρική αντίσταση ή/και εναλλάκτης θερμότητας-σερπαντίνα) των θερμαντήρων,

- Τις πλευρικές θερμικές απώλειες από το μεταλλικό μονωμένο τοίχωμα των θερμαντήρων.

Οι θερμικές απώλειες λόγω του εναλλάκτη θερμότητας τοπικών ή κεντρικών θερμαντήρων λαμβάνονται περίπου 5% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για Ζ.Ν.Χ., ενώ για ηλεκτρικούς θερμαντήρες (θερμοσίφωνες) λαμβάνονται μηδενικές. Οι πλευρικές θερμικές απώλειες των θερμαντήρων είναι 2% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για τοποθέτηση σε εσωτερικό θερμαινόμενο ή μη χώρο και αντίστοιχα 7% θερμικές απώλειες για τοποθέτηση σε εξωτερικό χώρο. Ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών είναι το άθροισμα των δυο επί μέρους συντελεστών θερμικών απωλειών. [25]

Βοηθητικά συστήματα εγκατάστασης ζεστού νερού χρήσης

Κάθε κεντρική εγκατάσταση παραγωγής Ζ.Ν.Χ. διαθέτει βοηθητικά συστήματα για τον έλεγχο λειτουργίας, την κυκλοφορία και διανομή του νερού στο σημείο τελικής κατανάλωσης. Στα βοηθητικά συστήματα συμπεριλαμβάνονται αντλίες ανύψωσης της πίεσης, κυκλοφορητές ανακυκλοφορίας, ηλεκτροβάνες, αυτοματισμοί, κτλ.

Ως παράμετρος στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η εγκατεστημένη ισχύς (kW), δηλαδή η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων διανομής ή ανακυκλοφορίας Ζ.Ν.Χ. στα σημεία κατανάλωσης καθώς και ο χρόνος λειτουργίας τους.

Οι κεντρικές εγκαταστάσεις ηλιακών συλλεκτών με ή χωρίς ανακυκλοφορία, καθώς και βεβιασμένης κυκλοφορίας λόγω απόστασης μεταξύ ηλιακών συλλεκτών και θερμαντήρα αποθήκευσης Ζ.Ν.Χ., διαθέτουν πάντα βοηθητικά συστήματα και καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια για την κυκλοφορία και διανομή του Ζ.Ν.Χ. [43]

5.4.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Θερμικά ηλιακά συστήματα

Τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμικής ενέργειας με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Αυτή η θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανσης χώρων ή τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης. Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών χρειάζονται τα εξής δεδομένα:

- Ο τύπος του ηλιακού συλλέκτη (απλός επίπεδος, επιλεκτικός επίπεδος, συλλέκτης κενού, συγκεντρωτικός) και ο συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, σύμφωνα με τη χρήση του συστήματος και τη μελέτη διαστασιολόγησης.
- Η εγκατεστημένη απορροφητική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών (m²).
- Οι παράμετροι θέσης εγκατάστασης, ο προσανατολισμός και η κλίση των ηλιακών συλλεκτών.
- Η ενδεχόμενη ύπαρξη συστήματος περιστρεφόμενης βάσης των ηλιακών συλλεκτών.

Οι βασικές παράμετροι θέσης εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι:

- Ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο.

Ο προσανατολισμός (αζιμούθιο γ) τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών είναι η απόκλιση τους από το νότο της περιοχής εγκατάστασης. Ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος με μικρή απόκλιση $\pm 5^\circ$. Για νότιο προσανατολισμό ορίζεται $\gamma=180^\circ$, για ανατολικό $\gamma=90^\circ$ και για δυτικό $\gamma=270^\circ$.

- Η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Η κλίση (β) των ηλιακών συλλεκτών ορίζεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης και απαιτείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω στη συλλεκτική επιφάνεια. Για κάθετη τοποθέτηση της επιφάνειας η κλίση είναι 90° ενώ για οριζόντια 0° . Η βέλτιστη κλίση εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών στην Ελλάδα εξαρτάται από την εποχική χρήση: για ετήσια χρήση $\beta=30^\circ$, για χειμερινή χρήση $\beta=$ γεωγραφικό πλάτος $+15^\circ$ και για θερινή χρήση $\beta=0\div 5^\circ$.

- Ο συντελεστής σκίασης.

Ο συντελεστής σκίασης είναι διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω της σκίασης που προκαλείται από το περιβάλλοντα χώρο στην επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών. Ο συντελεστής σκίασης ίσος με 0 δεικνύει ότι υπάρχει πλήρης σκίαση των συλλεκτών. [25]

Συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης από ηλιακούς συλλέκτες

Το ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο συλλέκτη που μετατρέπεται σε θερμική και αξιοποιείται για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. ή τη θέρμανση χώρων, δηλαδή είναι η μέση ετήσια απόδοση του ηλιακού συλλέκτη.

Οι συντελεστές αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας διαφοροποιούνται αρκετά ως προς τον τύπο του ηλιακού συλλέκτη αλλά δε διαφοροποιούνται σε σχέση με την περιοχή, δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος. [25]

Πίνακας 5.27 Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες.

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15°	45°	65°	15°	45°	65°	15°	45°	65°
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
Μέσος όρος	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,357	0,366	0,373	0,375

[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1]

Η συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση 1m² απλού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για Ζ.Ν.Χ. Αντίστοιχα, για τη θέρμανση χώρων αντιστοιχεί 1m² απλού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για θερμικό φορτίο 700W (=600kcal/h). [25]

5.5 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Ο φωτισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση βιολογικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω:

- της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από Διεθνή standards, βάσει της χρήσης των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου,
- της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων contrast κ.λπ.

Το ενεργειακό κόστος του φωτισμού στο μέσο ελληνικό σπίτι είναι της τάξης του 17% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, δηλαδή περίπου 134 € ανά έτος. Για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας του ενεργειακού κόστους στον φωτισμό αρκεί να αναφέρουμε ότι στον κύκλο ζωής μίας κατοικίας, το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων είναι περίπου 3%, ενώ το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 86%.

Η Κοινοτική Οδηγία 98/11/ΕΓ υιοθετήθηκε από την ελληνική νομοθεσία τον Σεπτέμβριο του 1999, και αποτελεί το νομικό πλαίσιο ταξινόμησης των οικιακών λαμπτήρων για

οικιακή χρήση. Σύμφωνα με μία τυποποιημένη μέθοδο υπολογισμού, οι λαμπτήρες κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες ενεργειακής κατανάλωσης, ξεκινώντας από την κατηγορία A για τους πιο οικονομικούς έως την κατηγορία G για τους πιο ενεργοβόρους. Η ταξινόμηση αυτή (A-B-C-D-E-F-G) στοχεύει στην ενημέρωση του καταναλωτικού κοινού, καθιστώντας την επιλογή λαμπτήρων ενεργειακής αποδοτικότητας άμεσα ορατή στον υποψήφιο αγοραστή.

5.5.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Για την σύγκριση των λαμπτήρων αλλά και για την επιλογή αυτών που ικανοποιούν τις εκάστοτε ανάγκες του κατοίκου, υπάρχουν μεγέθη που περιγράφουν την ποιότητα φωτισμού των λαμπτήρων καθώς και την αποδοτικότητά τους.

- Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης λαμπτήρα, (CRI): κυμαίνεται από 0 έως 100 και εκφράζει το βαθμό πιστότητας στην απόδοση των πραγματικών χρωμάτων (όταν φωτίζονται από μια πρότυπη φωτεινή πηγή). Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης χρωματικής απόδοσης, τόσο μικρότερη είναι η χρωματική απόκλιση των χρωμάτων.
- Θερμοκρασία Χρώματος λαμπτήρα (KELVIN): αναφέρεται στο χρώμα της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης και εκφράζεται σε βαθμούς KELVIN . Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία χρώματος τόσο ψυχρότερη είναι η απόχρωση της φωτεινής πηγής. Θερμοκρασίες χρώματος των 4000 K και άνω αντιστοιχούν σε λευκή και ψυχρή απόχρωση. Θερμοκρασίες χρώματος μικρότερες των 3000 K αντιστοιχούν σε θερμές αποχρώσεις π.χ. λαμπτήρες πυράκτωσης.
- Φωτεινή απόδοση, (lm/W): ορίζεται ως ο λόγος της ορατής ακτινοβολίας (ή φωτεινής ροής) προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύ και μετράται σε lumens ανά watt (lm/W).

Πέραν των παραπάνω, υπάρχουν και τα εξής φωτομετρικά μεγέθη.

- Φωτοβολία (Cd): Φωτεινή ένταση ή φωτοβολία μιας σημειακής πηγής προς συγκεκριμένη διεύθυνση, είναι το πηλίκο της φωτεινής ροής dΦ ανά μονάδα στερεάς γωνίας dΩ με άξονα αυτή τη διεύθυνση.
- Candela (Cd): Είναι θεμελιακή μονάδα στη φωτομετρία και ορίζεται ως το 1/60 της φωτοβολίας που εκπέμπεται κάθετα από επιφάνεια λευκόχρυσου εμβαδού 1 cm² στη θερμοκρασία τήξης του (1769 °C).
- Φωτεινή Ροή (Lumen): ορίζεται ως η φωτεινή ροή που εκπέμπεται από ισότροπη πηγή φωτοβολίας 1 Cd, μέσα σε στερεά γωνία 1 Sterad. Ισχύει δηλαδή: 1 Lumen = 1 Cd x 1 Sterad
- Φωτισμός (Lux): ορίζεται ως ο ομοιόμορφος φωτισμός επιφάνειας 1 m² από φωτεινή ροή 1 Lumen. Ισχύει: 1 Lux = 1 Lumen/m² [44]

Τα παραπάνω μεγέθη είναι απαραίτητα στη παρούσα εργασία καθώς για να αντικατασταθεί ένα λαμπτήρας από έναν άλλον οποιουδήποτε τύπου, πρέπει οι λαμπτήρες αυτοί να είναι της ίδιας φωτεινότητας έτσι ώστε να παραμείνει ίδια η ποιότητα φωτισμού ενός χώρου. Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό είναι η φωτεινή

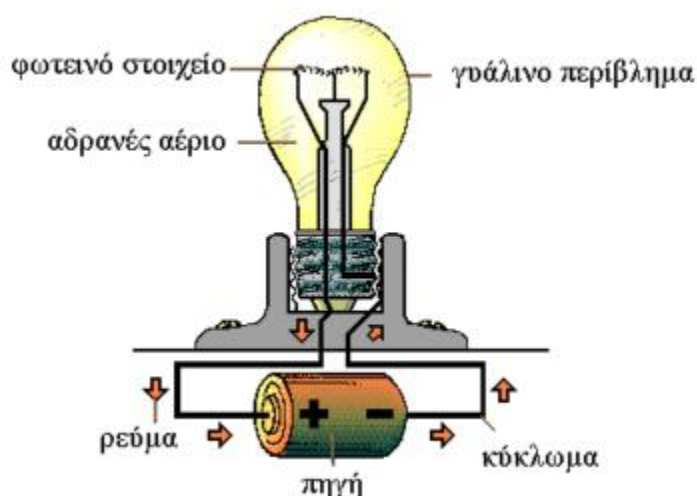
ροή (μετρώμενη σε lumen). Ενδεικτικά, από βιβλιογραφικές πηγές γνωρίζουμε ότι ένας λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους 15W και ένας συμβατικός λαμπτήρας πυρακτώσεως 60W παρέχουν και οι δύο περίπου 750 lumen φωτός. Με αυτό ως δεδομένο επιλέχθηκε να γίνει η αντικατάσταση ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως 60 W από έναν φθορισμού των 15 W, και υπολογίστηκε επίσης ο απαιτούμενος αριθμός των λαμπτήρων για το κτίριο. [45, 46]

5.5.2 ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού είναι η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα για κάθε εφαρμογή φωτισμού καθώς και των παρελκομένων διατάξεων. Υπάρχουν πολλών ειδών λαμπτήρες για διάφορες εφαρμογές, όπως οι λαμπτήρες αλογόνου, οι λαμπτήρες ατμών νατρίου και ατμών υδρογόνου, όμως οι συνηθέστεροι στις οικιακές εφαρμογές είναι οι κοινοί λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι λαμπτήρες φθορισμού και οι ηλεκτρονικοί λαμπτήρες οικονομίας.

Λαμπτήρας Πυρακτώσεως

Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως αποτελείται από ένα λεπτό γυάλινο τοίχωμα γεμάτο από αδρανή αέρια όπως τα στοιχεία άζωτο και αργό. Στο κέντρο του περιέχει το φωτεινό στοιχείο που αποτελείται από ένα πολύ λεπτό σύρμα αυνήθως από βολφράμιο.



Εικόνα 5.7 Τυπική μορφή ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως [47]

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Τυπικός λαμπτήρας Βολφραμίου:
 - i. Κοινοί λαμπτήρες,
 - ii. Γενικής χρήσης Καθρέπτου
- Λαμπτήρες Αλογόνου Βολφραμίου
 - i. Γραμμικής Τάσης
 - ii. Πολύ χαμηλής Τάσης [48]

Πίνακας 5.28 Φωτεινή απόδοση λαμπτήρων πυρακτώσεως συναρτήσει της ισχύος τους.

Ισχύς λαμπτήρα πυρακτώσεως (Watt)	Φωτεινή Απόδοση (lm/W)
40	12.6
60	14.5
100	17.5

(Πηγή: Wikipedia- 49)

Τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι τα εξής:

1. έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης.
2. η φωτεινή ροή τους ρυθμίζεται εύκολα.
3. προσφέρουν άριστη αποδόση χρωμάτων.
4. επιδέχονται άμεση έναυση και επανέναυση εν θερμώ.
5. λειτουργούν χωρίς πρόβλημα σε οποιαδήποτε θέση (οριζόντια, κατακόρυφη, διαγώνια).

Τα μειονεκτήματα των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι τα εξής:

1. Έχουν χαμηλό χρόνο ζωής, γύρω στις 750- 1500 ώρες που αντιστοιχεί σε 2 περίπου χρόνια χρήσης.
2. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς τους, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος ζωής τους
3. Έχουν μεγάλες θερμικές απώλειες, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική και όχι σε φωτεινή ενέργεια. Συγκεκριμένα, επειδή το βολφράμιο στην χαμηλή θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται κατά το άναμμα μιας λάμπας έχει πολύ μικρή αντίσταση, το 95% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική και μόνο το 5% σε φωτεινή.
4. Είναι ευαίσθητοι στις μεταβολές της τάσης. Ενδεικτικά, με αύξηση της τάσης κατά 5%, ο χρόνος ζωής μειώνεται κατά 30%.
5. Παράγονται πολύ υψηλά ποσά διοξειδίου του άνθρακα. Ενδεικτικά με την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως μπορούν να εξοικονομηθούν στην ΕΕ 15 εκατομμύρια τόνοι.

Η ΕΕ έχει ήδη αρχίσει την διαδικασία κατάργησης των παραδοσιακών λαμπτήρων πυρακτώσεως. Συγκεκριμένα, έχει απαγορευτεί η παραγωγή και εισαγωγή λαμπτήρων πυρακτώσεως των 100W και άνω. Αυτό το όριο μειώνεται σταδιακά έως το 2012, καθώς το 2010 καταργούνται οι λαμπτήρες των 75W, το 2011 των 60W και το 2012 των 40W και κάτω. Σε κάθε περίπτωση, οι λαμπτήρες αυτοί συνεχίζουν να διατίθενται μέχρις εξαντλήσεως των αποθεμάτων των εμπόρων.

Να σημειωθεί ότι η παραπάνω απαγόρευση δεν ισχύει για τους βελτιωμένους λαμπτήρες πυρακτώσεως που είναι είτε λαμπτήρες αλογόνου είτε βελτιωμένοι λαμπτήρες πυρακτώσεως κατηγορίας C ή B. Παρακάτω αναλύονται οι οικονομικοί αυτοί λαμπτήρες.[45]

Λαμπτήρες αλογόνου νέας γενιάς και βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης ενεργειακής κατηγορίας C

Οι συμβατικοί λαμπτήρες αλογόνου που ονομάζονται και "λαμπτήρες ιωδίου - χαλαζία" περιέχουν αδρανές αέριο και ατμούς ιωδίου ή βρωμίου. Έχουν σχήμα σωλήνα μικρής διαμέτρου με αξονική διαμήκη διάταξη του νήματος βολφραμίου. Το γυαλί είναι χαλαζιακό και όταν λειτουργεί ο λαμπτήρας, η θερμοκρασία του φθάνει στους 600° C. Οι λαμπτήρες αλογόνου αναπτύχθηκαν για να λύσουν το πρόβλημα της μικρής διάρκειας ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης καθώς ένας τυπικός λαμπτήρας αλογόνου έχει διάρκεια ζωής περίπου 2000 ώρες, σχεδόν διπλάσια από έναν τυπικό λαμπτήρα πυράκτωσης.

Οι λαμπτήρες αλογόνου οικιακής τάσης δεν πληρούν τις νέες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τους οικιακούς λαμπτήρες (σε αντίθεση με τους λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης). Ωστόσο, κυκλοφορούν ήδη στην αγορά εναλλακτικά προϊόντα, οπότε οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν μεταξύ δύο τύπων λαμπτήρων αλογόνου με ξένο (Xn).

Με τη χρήση ξένου, οι λάμπες αλογόνου καταναλώνουν 20 έως 25 % λιγότερη ενέργεια παράγοντας το ίδιο φως σε σχέση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι:

1. Λαμπτήρες αλογόνου νέας γενιάς: Εκτός από τη χρήση ξένου, η υποδοχή και οι διαστάσεις τους είναι ίδιες με αυτές των συμβατικών λαμπτήρων αλογόνου. Μπορούν, συνεπώς, να χρησιμοποιηθούν μόνο σε φωτιστικά που έχουν ειδική υποδοχή για λαμπτήρες αλογόνου. Οι λαμπτήρες αυτοί αλογόνου θα εξακολουθήσουν να διατίθενται στην αγορά και μετά το 2016 για χρήση σε φωτιστικά με τέτοιου είδους υποδοχή.
2. Βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης κατηγορίας C: Στους βελτιωμένους λαμπτήρες πυράκτωσης με τεχνολογία αλογόνου, η βελτιωμένη κάψουλα αλογόνου τοποθετείται μέσα σε γυάλινο περίβλημα, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να έχει την όψη ενός κλασικού λαμπτήρα πυράκτωσης με συμβατικό κάλυκα. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να χρησιμοποιούνται αντί των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης. Οι βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης κατηγορίας C θα βελτιωθούν περαιτέρω ώστε να υπαχθούν στην κατηγορία B ή A από το 2016 και μετά.

Βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης ενεργειακής κατηγορίας B

Με ειδικό επίχρισμα για ανάκλαση της υπεριώδους ακτινοβολίας, η ενεργειακή απόδοση αυξάνεται πάνω από 45% σε σχέση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης. Αυτό όμως είναι εφικτό μόνο σε λαμπτήρες χαμηλής τάσης. Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η τεχνολογία σε λαμπτήρες οικιακής τάσης απαιτείται μετασχηματιστής. Ο μετασχηματιστής μπορεί να είναι πρόσθετο εξάρτημα ή ενσωματωμένος στο φωτιστικό. Μπορεί επίσης να είναι ενσωματωμένος στον ίδιο τον λαμπτήρα, οπότε αυτός μπορεί να αντικαταστήσει συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης στο ίδιο φωτιστικό. Οι βελτιωμένοι, οικονομικοί λαμπτήρες πυράκτωσης κατηγορίας B κυκλοφορούν, επί του παρόντος, μόνο μέχρι το αντίστοιχο ενός συμβατικού λαμπτήρα πυράκτωσης 60W.

Οι λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν διάρκεια ζωής μέχρι 3000 ώρες, δηλαδή τριπλάσια απ'ό,τι οι συμβατικοί λαμπτήρες πυράκτωσης, και η έντασή τους μπορεί να αυξομειώνεται με οποιονδήποτε ροοστάτη.

Λαμπτήρες φθορισμού

Αποτελείται από ένα στεγανό γυάλινο σωλήνα, με εσωτερική επικάλυψη από φθορίζουσες ουσίες και πλήρωση με ευγενή αέρια και μικρή ποσότητα ατμών υδραργύρου. Μια ηλεκτρική εκκένωση μέσα στο σωλήνα διεγείρει τα άτομα υδραργύρου, τα οποία εκπέμπουν ακτινοβολία κυρίως στο υπεριώδες φάσμα συχνοτήτων. Αυτή η υπεριώδης ακτινοβολία μετατρέπεται σε ορατό φως μέσω φθορίζουσών ουσιών. Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι διαθέσιμοι σε διάφορες διαμέτρους, με πλήρωση διαφορετικών ευγενών αερίων και με διάφορες φθορίζουσες ουσίες. Το χρώμα της φωτεινής δέσμης ενός λαμπτήρα φθορισμού καθορίζεται από το είδος της φθορίζουσας επικάλυψης του σωλήνα, η οποία καθορίζει επίσης το δείκτη χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα. Οι λαμπτήρες αυτοί υπάρχουν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, με τα πιο κοινά αυτών του σωλήνα (χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό γραφείων και καταστημάτων) και του συμπαγούς λαμπτήρα φθορισμού (χρησιμοποιείται για τον φωτισμό σπιτιών).

Οι λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους κυκλοφόρησαν για πρώτη φορά στην αγορά το 1980 και είναι γνωστοί για τη μεγάλη διάρκεια ζωής και την υψηλή τους αποδοτικότητα. Ένας λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους καταναλώνει περίπου 65 έως 80% λιγότερη ενέργεια, παράγοντας το ίδιο φως σε σχέση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης.

Λαμπτήρες LED

Το αρκτικόλεξο LED προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις "light-emitting diode" (δίοδος εκπομπής φωτός) και πρόκειται για μια τεχνολογία που αναπτύσσεται ραγδαία. Είναι ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φως στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (forward-biased). Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο.

Η απόδοσή τους σε εφαρμογές φωτισμού είναι ισάξια των λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους, ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι ακόμη μεγαλύτερη. Οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν έως και 80% λιγότερη ενέργεια από τους λαμπτήρες πυράκτωσης. Πρόκειται για νέα προϊόντα που ακόμα δεν έχουν την ίδια δημοτικότητα στην οικιακή χρήση όσο οι λαμπτήρες φθορισμού.

Πέραν τούτου όμως, έχουν ήδη αποδείξει ότι μπορούν να αντικαταστήσουν αποτελεσματικά τόσο τους διαφανείς όσο και τους ημιδιαφανείς λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος έως 60 Watt. Ο τύπος αυτός λαμπτήρα μπορεί να αντικαταστήσει στο εγγύς μέλλον όλο το φάσμα των λαμπτήρων. [45, 50]

Λόγω της ευρείας χρήσης τους στον κτιριακό τομέα αλλά και της μεγάλης αποδοτικότητας που εμφανίζουν τόσο όσον αφορά την καταναλισκόμενη ενέργεια όσο και τον χρόνο ζωής

τους, επιλέχθηκε να αντικατασταθούν συμβατικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού.

5.5.3 ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΩΝ

Με βάση διεθνείς συμβάσεις έχει οριστεί το ποσό φωτεινότητας που είναι απαραίτητο για να είναι υπάρχει οπτική άνεση σε ένα χώρο. Με βάση αυτές τις τιμές φωτεινότητας εργαστήκαμε για να βρούμε τον αριθμό των απαραίτητων λαμπτήρων στο πρότυπο κτίριο, καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία για αυτά από τη μελέτη.

Πίνακας 5.29 Ενδεικτικές βιβλιογραφικές τιμές φωτεινότητας για τους χώρους μιας κατοικίας

Χώροι κτιρίου	Φωτισμός (lux= lumen/m ²)
Είσοδος Κλιμακοστασίου	150
Σκάλες	150
Κλιμακοστάσιο ορόφων/ Διάδρομοι	100
Πυλωτή/ Εξωτερικές είσοδοι	30
Σαλόνι	50
Κουζίνα	300
Υπνοδωμάτιο	50
Δωμάτιο διαβάσματος	150
Γραφείο	300

(Πηγή: 51)

Με βάση τα παραπάνω και στηριζόμενοι σε βιβλιογραφικές πηγές, έγινε η υπόθεση ότι ο μέσος απαιτούμενος φωτισμός σε μία κατοικία είναι 150 lumen/m².

6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

6.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

6.1.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η βασικότερη παραδοχή που ισχύει για όλες τις επεμβάσεις είναι ότι τα αποτελέσματα του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αφορούν συγκεκριμένες πόλεις των τεσσάρων κλιματικών ζωνών (Ηράκλειο για τη ζώνη Α, Αθήνα για τη ζώνη Β, Θεσσαλονίκη για τη ζώνη Γ και Κοζάνη για τη ζώνη Δ), το οποίο σημαίνει ότι ακόμα και στην ίδια κλιματική ζώνη κάποιες μικρές αποκλίσεις ανάμεσα σε διαφορετικές πόλεις θα υπάρχουν αλλά σκοπός είναι να αναδειχθεί μία γενική εικόνα από την εφαρμογή ορισμένων ενεργειακών επεμβάσεων στις κατοικίες.

Το κτίριο που χρησιμοποιείται σαν παράδειγμα εφαρμογής από το ΤΕΕ και το οποίο περιγράφηκε στο Παράρτημα ΙΙ, έρχεται σε επαφή με δύο όμορα κτίρια-Ανατολικά και Δυτικά. Ο προσανατολισμός του κτιρίου δεν αλλάζει σε καμία κλιματική ζώνη.

Τα μέρη του κτιρίου που μονώνονται είναι τα εξής:

1. Το κέλυφος του κτιρίου, πλην τα τμήματα που εφάπτονται με τα όμορα κτίρια (Ανατολικά και Δυτικά).
2. Η οροφή
3. Η οριζόντια τοιχοποιία της πυλωτής.
4. Η είσοδος της πολυκατοικίας, δηλαδή το τμήμα του κλιμακοστασίου που είναι στο ισόγειο.
5. Η τοιχοποιία του κλιμακοστασίου που έρχεται σε επαφή με τον φωταγωγό, σε κάθε όροφο.
6. Όλο το δώμα, δηλαδή οι κάθετες επιφάνειες και η οροφή του.

Ουσιαστικά τα μέρη που δεν μονώνονται είναι τα εξής:

1. Το μέρος του κλιμακοστασίου που έρχεται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους, δηλαδή με τα διαμερίσματα. Αυτή η επέμβαση θεωρείται πολύ σημαντική αλλά λόγω ενός προβλήματος στο πρόγραμμα ΚΕΝΑΚ δεν ήταν δυνατή η επέμβαση αυτή.
2. Το μέρος του φωταγωγού που έρχεται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους, καθώς λόγω της μικρής επιφάνειάς του σε κάθε όροφο, δεν θεωρούνται σημαντικές οι θερμικές απώλειες.
3. Το υπόγειο, καθώς είναι μη θερμαινόμενος χώρος που δεν συνδέεται με κανέναν θερμαινόμενο χώρο.

Η οροφή μονώνεται με την ίδια ακριβώς μέθοδο που μονώνεται και όλο το υπόλοιπο κτίριο.

Η επέμβαση που επιβλήθηκε στο κτίριο είναι η εισαγωγή εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία. Εφόσον το κτίριο είναι ήδη χτισμένο δεν είναι δυνατόν να εισαχθεί κάποιο

στρώμα θερμομονωτικού υλικού στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Επομένως, σε ήδη υπάρχοντα και παλαιά κτίρια, η λογική είναι ότι προστίθεται ένα επιπλέον εξωτερικό στρώμα θερμομονωτικού υλικού το οποίο συγκολλάται και σοβατίζεται ώστε να προστατέψει θερμικά το κτίριο. Για να μετρηθεί η νέα ικανότητα μόνωσης του κτιρίου, μετράται ο λεγόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας, U , της τοιχοποιίας.

6.1.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η θερμομόνωση ενός κτιρίου επηρεάζει καθοριστικά την εσωτερική θερμοκρασία ενός κτιρίου και επομένως τις ανάγκες αυτού σε πετρέλαιο θέρμανσης και σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυξάνοντας λοιπόν την θερμομονωτική ικανότητα ενός κτιρίου, μειώνουμε τις ανάγκες για θερμοκρασιακή ρύθμιση του κτιρίου και επομένως εξοικονομούμε καύσιμα.

Η εξοικονόμηση καυσίμων είναι άμεση συνάρτηση δύο βασικών παραγόντων:

1. Το υλικό και το πάχος της εξωτερικής θερμομόνωσης που τοποθετείται στη τοιχοποιία. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν άμεσα τον συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας και άρα τη μεταφορά θερμότητας.
2. Η κλιματική ζώνη, δηλαδή οι ατμοσφαιρικές συνθήκες μιας περιοχής που επηρεάζουν τις ανάγκες σε θέρμανση ή ψύξη ανάλογα με το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου.

Το λογισμικό TEE-KENAK υπολογίζει την κατανάλωση των επιμέρους καυσίμων (σε kWh/m²) που απαιτείται για τη θερμική άνεση του κτιρίου. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα, πέραν της μεμονωμένης μελέτης ενός κτιρίου, την εκτέλεση πολλών σεναρίων ταυτόχρονα στα οποία κάποιος τεχνικός παράγοντας του κτιρίου μεταβάλλεται. Έτσι, είναι δυνατή η σύγκριση ενός κτιρίου αναφοράς (όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι ένα σχεδόν αμόνωτο κτίριο) με εναλλακτικές μορφές του κτιρίου αυτού.

Πάνω σε αυτή τη βάση έχουν αναπτυχθεί τρία διαφορετικά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης, στα οποία αλλάζει το υλικό που τοποθετείται στην εξωτερική τοιχοποιία και επομένως μεταβάλλεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Συγκεκριμένα, συγκρίνεται η εφαρμογή διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS) και πετροβάμβακα σε ίδιο πάχος για κάθε κλιματική ζώνη. Το πάχος της εξωτερικής θερμομόνωσης αλλάζει ανά κλιματική ζώνη καθώς ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες αλλάζουν και οι ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη. Για τη ρεαλιστική επίλυση του προβλήματος, επελέγησαν τρία επώνυμα προϊόντα υλικών που έχουν πιστοποιημένη τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας, λ .

Πίνακας 6.1 Τυπικός συντελεστής θερμοπερατότητας εξεταζόμενων θερμομονωτικών υλικών

ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας, λ (W/m K)
Διογκωμένη Πολυστερίνη ClimaPLUS EPS-F 80	0.037
Εξηλασμένη Πολυστερίνη XPS	0.029
Πετροβάμβακας	0.033

(Πηγή: THRAKON)

Πίνακας 6.2 Πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης

	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Πάχος θερμομονωτικού υλικού (cm)	3	5	7	7

Στο λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. το κτίριο έχει χωριστεί στις λεγόμενες διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες. Στις αδιαφανείς επιφάνειες, οι τοιχοποιίες του πρότυπου κτιρίου έχουν ταξινομηθεί με βάση τους εξής παράγοντες:

- Τον τύπο και την περιγραφή της επιφάνειας (Περιλαμβάνει τον προσανατολισμό της καθώς και το είδος της τοιχοποιίας)
- Την επαφή της τοιχοποιίας με θερμαινόμενο ή μη χώρο (τις λεγόμενες θερμικές ζώνες).

Έτσι, οι τοιχοποιίες του κτιρίου έχουν ταξινομηθεί ως εξής:

Πίνακας 6.3 Αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο, με το εμβαδό και τον συντελεστή θερμοπερατότητάς τους

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)
Τοίχος	Βόρεια	154.5	0.65
Τοίχος	Ανατολική	21.0	0.63
Τοίχος	Νότια	137.5	0.66
Τοίχος	Δυτική	133.2	0.64
Τοίχος	Σε επαφή με φωταγωγό	132.0	0.64
Πυλωτή	Δάπεδο	143.8	0.44
Οροφή	Δώμα	166.2	0.64

(Πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.)

Πίνακας 6.4 Τοιχοποιία διαχωριστικής επιφάνειας

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)
Τοίχος	Τοίχος κλιμακοστασίου-κατοικίες	154.5	1.00

(Πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.)

Στον πίνακα 6.4 εισάγονται οι επιφάνειες που χωρίζουν δύο διαφορετικές θερμικές ζώνες-δηλαδή τη θερμαινόμενο με το μη θερμαινόμενο χώρο.

Πίνακας 6.5 Αδιαφανείς επιφάνειες μη θερμαινόμενου χώρου και σε επαφή με το έδαφος

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)
Τοίχος	Σε επαφή με φωταγωγό	10.8	3.40
Τοίχος	Απόληξη κλιμακοστασίου νότια	7.0	3.85
Τοίχος	Απόληξη κλιμακ. ανατολικά	9.2	3.13
Τοίχος	Απόληξη κλιμακ. Βόρεια	7.0	3.40
Τοίχος	Απόληξη κλιμακ. Δυτικά	9.2	3.13
Όροφη	Απόληξη κλιμακοστασίου δώμα	8.0	3.05
Τοίχος	Είσοδος πολυκατοικίας	33.6	3.35

Τοίχος	Κλιμακοστάσιο	40.5	4.30
Δάπεδο	Δάπεδο κλιμακοστασίου	8.0	3.10

(Πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ- Κ.Εν.Α.Κ.)

Οι παραπάνω συντελεστές θερμοπερατότητας είναι οι αρχικές τιμές του πρότυπου κρίου που μελετάμε. Οι αρχικοί συντελεστές θερμοπερατότητας πριν τη μόνωση δεν υπολογίζονται αναλυτικά στην παρούσα εργασία, μέσω των επιμέρους αντιστάσεων των υλικών που συνιστούν μια τοιχοποιία. Για αυτό το λόγο, δεν θα αναφερθούμε σε τυχούσες παραδοχές που μπορεί να έχουν γίνει για τον υπολογισμό των συντελεστών αυτών και που αφορούν ενδεικτικά, τον υπολογισμό των θερμογεφυρών, τις αντιστάσεις που αφορούν την επαφή είτε με όμορα κτίρια είτε με τον εξωτερικό αέρα, τους μη θερμαινόμενους χώρους και άλλα.

Ενδεικτικά, η διαδικασία αντικατάστασης των συντελεστών θερμοπερατότητας με νέους που περιλαμβάνουν και το στρώμα του θερμομονωτικού υλικού είναι η παρακάτω. Η ίδια διαδικασία έχει ακολουθηθεί και για τα τρία θερμομονωτικά υλικά (διαφοροποίηση λ) όπως και για όλες τις κλιματικές ζώνες (διαφοροποίηση d). Όλοι οι πίνακες της μορφής του Πίνακα 6.6 για όλες τις κλιματικές ζώνες και τα υλικά, παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα II.

Ζώνη Α

Πάχος θερμομονωτικού υλικού $d = 3 \text{ cm}$

Θερμομονωτικό υλικό- διογκωμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.037$

Πίνακας 6.6 Διαδικασία υπολογισμού του νέου συντελεστή θερμοπερατότητας- EPS, 3 cm

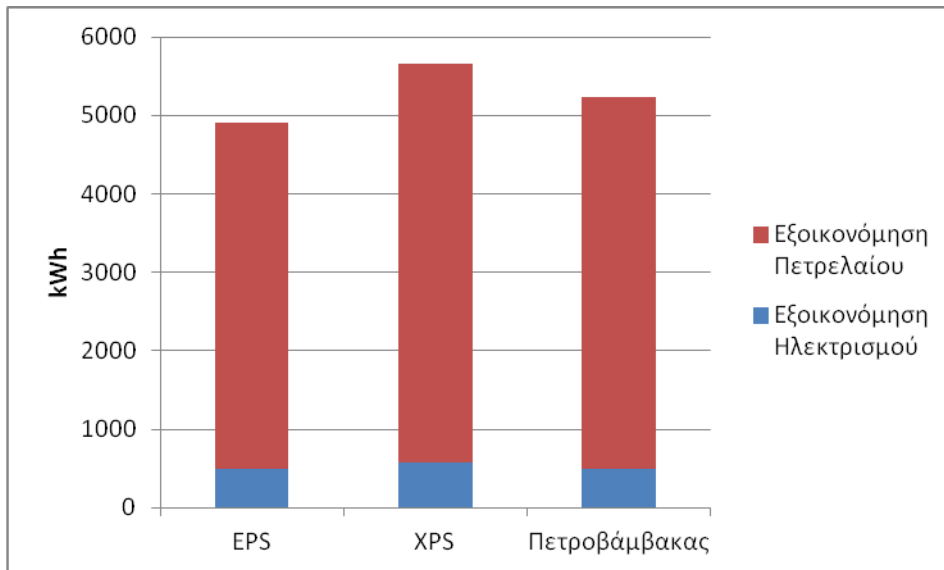
Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{αρχ.} = 1/U_{αρχ.}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{νέα}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{νέο} = 1/R_{νέα}$
0.65	1.54	0.81	0.02	2.37	0.42
0.63	1.59	0.81	0.02	2.42	0.41
0.66	1.52	0.81	0.02	2.35	0.43
0.64	1.56	0.81	0.02	2.39	0.42
0.44	2.27	0.81	0.02	3.10	0.32
3.40	0.29	0.81	0.02	1.12	0.89
3.85	0.26	0.81	0.02	1.09	0.92
3.13	0.32	0.81	0.02	1.15	0.87
3.05	0.33	0.81	0.02	1.16	0.86
3.35	0.30	0.81	0.02	1.13	0.89
1.00	1.00	0.81	0.02	1.83	0.55

Η αντίσταση του σοβά θεωρήθηκε δεδομένη και ίση με $R_{σοβάς} = 0.02$.

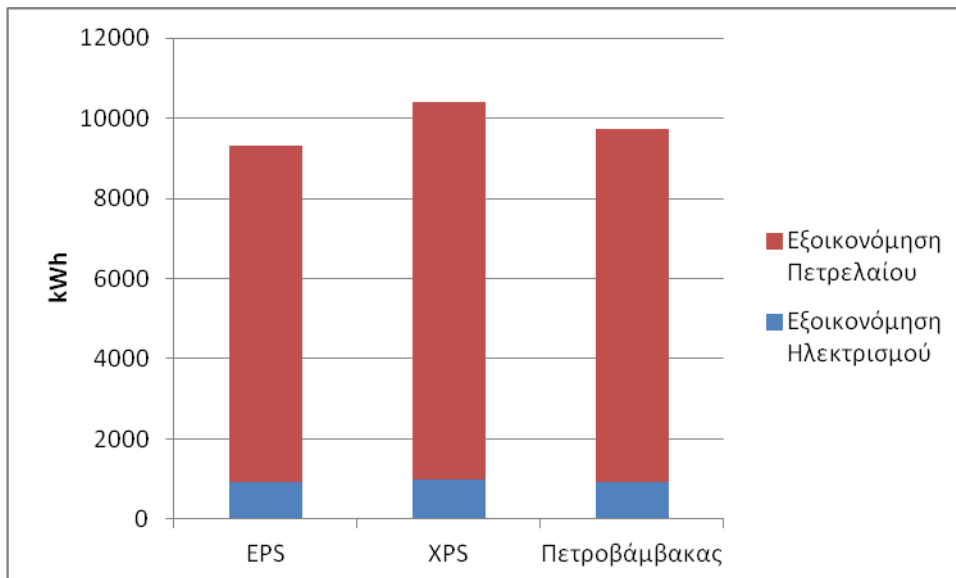
6.1.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO₂

Οι πίνακες των αποτελεσμάτων που παράγει το λογισμικό μεταφέρονται σε φύλλο excel όπου και επεξεργάζονται για τον υπολογισμό της απόλυτης και ποσοστιαίας εξοικονόμησης καυσίμων. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα ΙΙΙ.

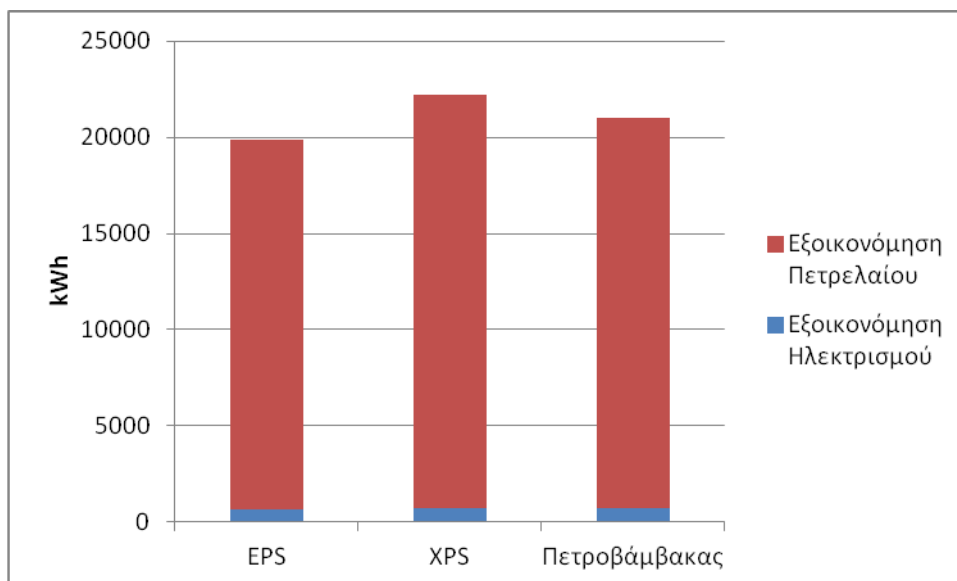
Στη συνέχεια ακολουθούν για κάθε κλιματική ζώνη τα διαγράμματα εξοικονόμησης καυσίμων και CO₂. Αν και η κατανάλωση των καυσίμων παρουσιάζεται στο λογισμικό σε kWh/m², τα αποτελέσματα ανήχθησαν σε συνολική κατανάλωση του κτιρίου (kWh) με βάση τη θερμαινόμενη επιφάνειά του.



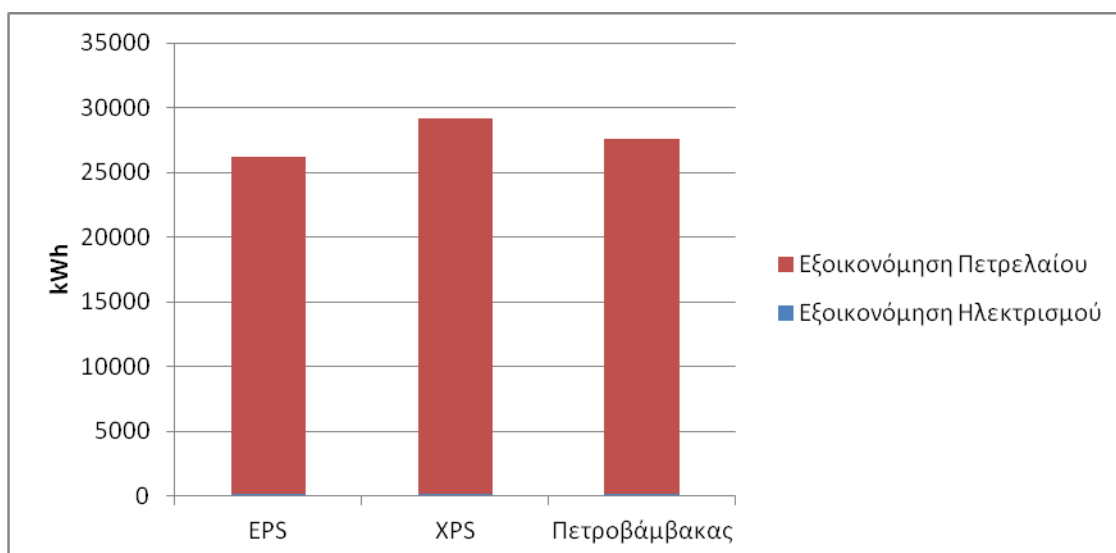
Διάγραμμα 6.1 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Α.



Διάγραμμα 6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Β.



Διάγραμμα 6.3 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Γ.

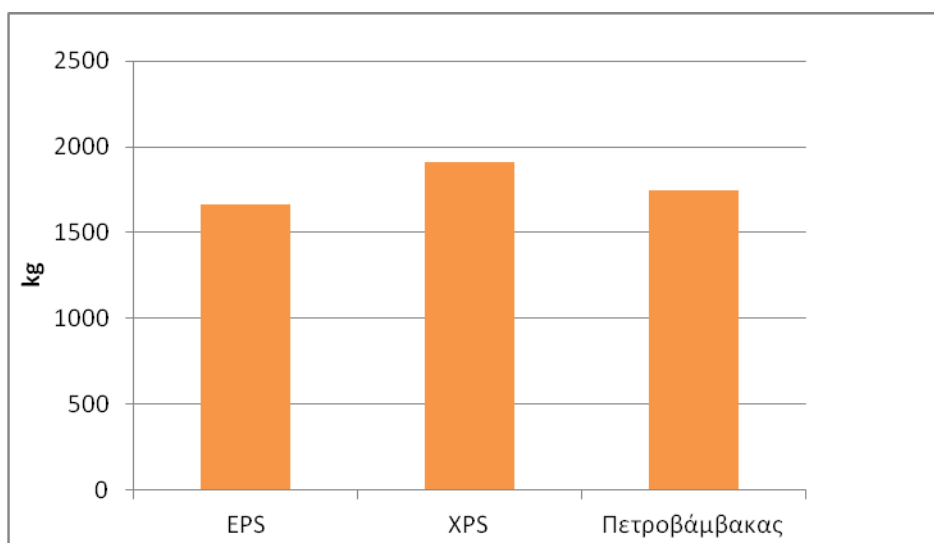


Διάγραμμα 6.4 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Δ.

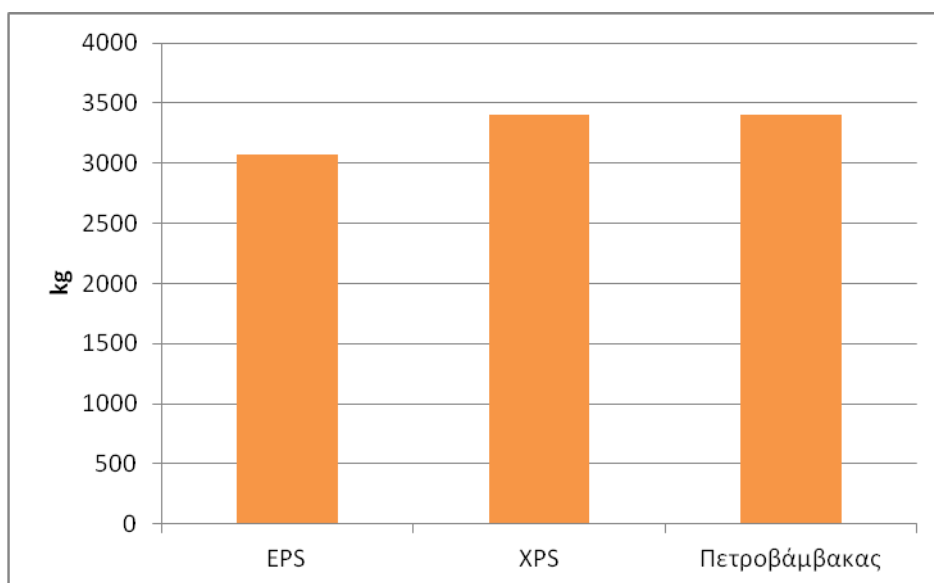
Όλα τα Διαγράμματα 6.1 έως 6.4 καταδεικνύουν ότι το υλικό που μονώνει περισσότερο αποτελεσματικά το κτίριο είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) καθώς οδηγεί στη μέγιστη εξοικονόμηση τόσο ηλεκτρισμού όσο και πετρελαίου. Σε θερμομονωτική αποδοτικότητα ακολουθεί ο πετροβάμβακας και τέλος η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS). Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) έχει το μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ, ενώ η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) έχει το μέγιστο. Η παραπάνω διαβάθμιση παρατηρείται σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Επίσης, η εξοικονόμηση πετρελαίου είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την απόλυτη εξοικονόμηση ηλεκτρισμού για όλα τα σενάρια και σε όλες τις ζώνες. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι καθώς το πετρέλαιο χρησιμοποιείται στη θέρμανση του κτιρίου το

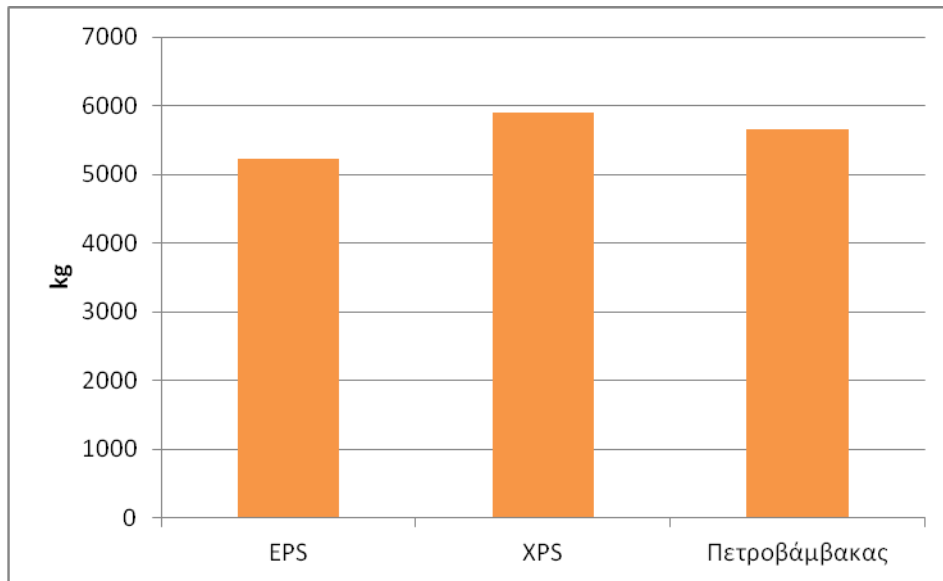
χειμώνα, ενώ ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται κυρίως για τη ψύξη του το καλοκαίρι, ότι η θερμομόνωση έχει ιδιαίτερη σημασία πρώτον για τις ανάγκες της χειμερινής περιόδου καθώς και για περιοχές με υψηλές ανάγκες σε θέρμανση (ζώνες Γ και Δ).



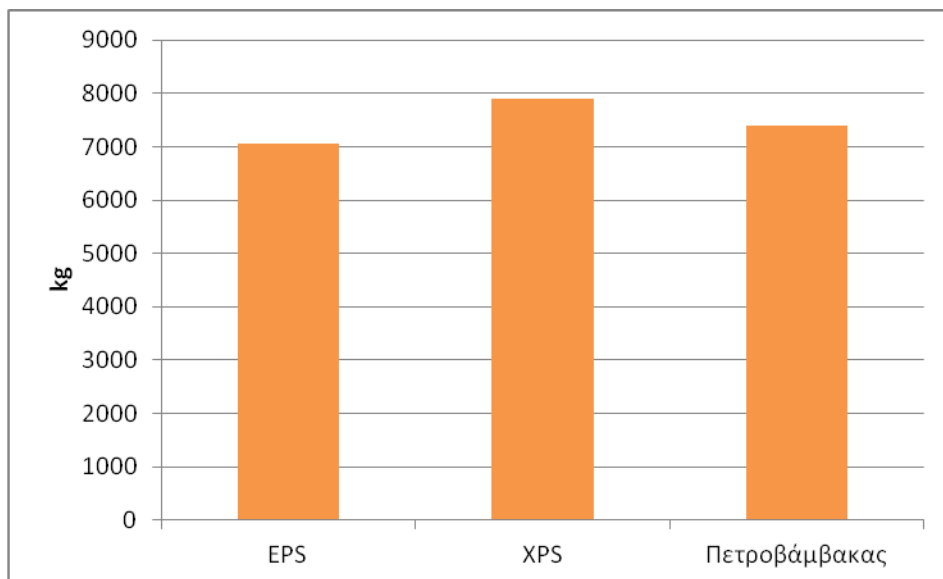
Διάγραμμα 6.5 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Α.



Διάγραμμα 6.6 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Β.



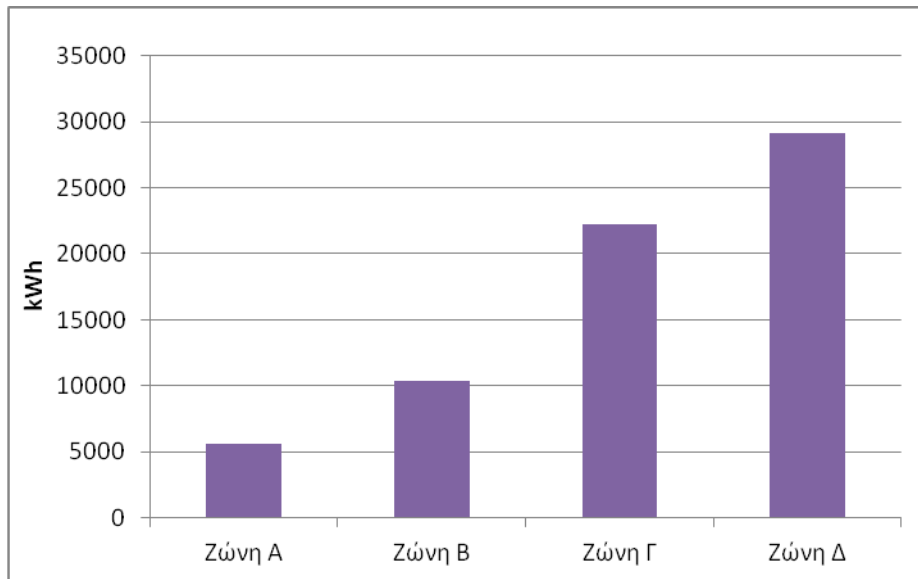
Διάγραμμα 6.7 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Γ.



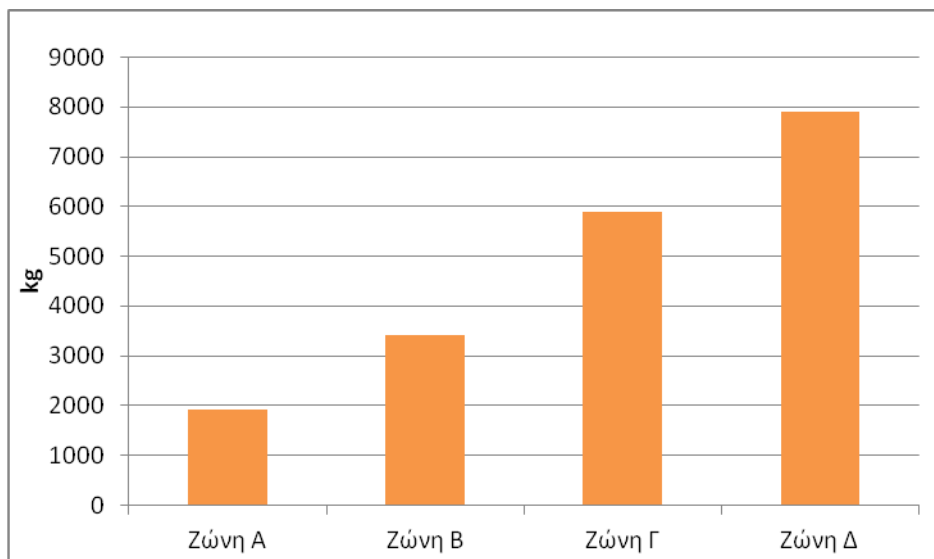
Διάγραμμα 6.8 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης διαφόρων υλικών στην κλιματική ζώνη Δ.

Με βάση τα Διαγράμματα 6.5 έως 6.8 παρατηρούμε ότι ακολουθείται παρόμοια αποδοτικότητα των υλικών στην εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ όπως και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Στη Χρηματοοικονομική Ανάλυση και στην Ανάλυση Κόστους-Οφέλους μελετάται η επέμβαση εξωτερικής θερμομόνωσης στο υπό μελέτη κτίριο με το υλικό της εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS). Για αυτό το λόγο γίνεται μία συγκριτική μελέτη του συγκεκριμένου υλικού στις διάφορες κλιματικές ζώνες, για περαιτέρω σχολιασμό της θερμομονωτικής ικανότητάς του.



Διάγραμμα 6.9 Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης υλικού XPS σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 6.10 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης υλικού XPS σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Με βάση τα Διαγράμματα 6.9 και 6.10, παρατηρείται ότι ακολουθείται μία βαθμιαία αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας και εκπομπών CO₂ όσο μεταβαίνουμε σε κλιματική ζώνη με όλο πιο δυσμενείς κλιματικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους:

- Στην αύξηση του πάχους θερμομονωτικού υλικού όσο μεταβαίνουμε σε πιο ψυχρές κλιματικές ζώνες. Έτσι, με βάση το λόγο d/λ (d : πάχος υλικού, λ : συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας), αυξανόμενου του πάχους αυξάνεται η αντίσταση του υλικού και μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U .
- Στην εξ' ορισμού μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας που πραγματοποιείται σε ψυχρές περιοχές καθώς οι ανάγκες, ιδιαίτερα για θέρμανση, είναι μεγαλύτερες στις ζώνες Γ και Δ από ότι στις ζώνες Α και Β όπου δεν καταναλώνονται τόση ενέργεια.

Οπότε λογικό είναι με καλή εξωτερική θερμομόνωση να αυξάνεται η εξοικονόμηση στις πιο ψυχρές ζώνες.

6.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

6.2.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί η εξής παραδοχή που έγινε, ενώ το κτίριο διέθετε διπλούς υαλοπίνακες, θεωρήθηκε ότι έχει μονούς για να φανεί περισσότερο η εξοικονόμηση ενέργειας που θα γινόταν μετά την αντικατάστασή τους. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν τα εξής σενάρια: Σενάριο 1: αντικατάσταση των υαλοπινάκων με μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm και διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 12mm και Σενάριο 2: αντικατάσταση με μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm και διπλούς υαλοπίνακες με μεμβράνη χαμηλής εκπεμπιμότητας με διάκενο αέρα 12mm.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται μόνο τα μεταλλικά κουφώματα με διπλά τζάμια ή με διπλά-ενεργειακά τζάμια καθώς αυτά είναι τα συνήθη υλικά και από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και από οικονομικής πλευράς.

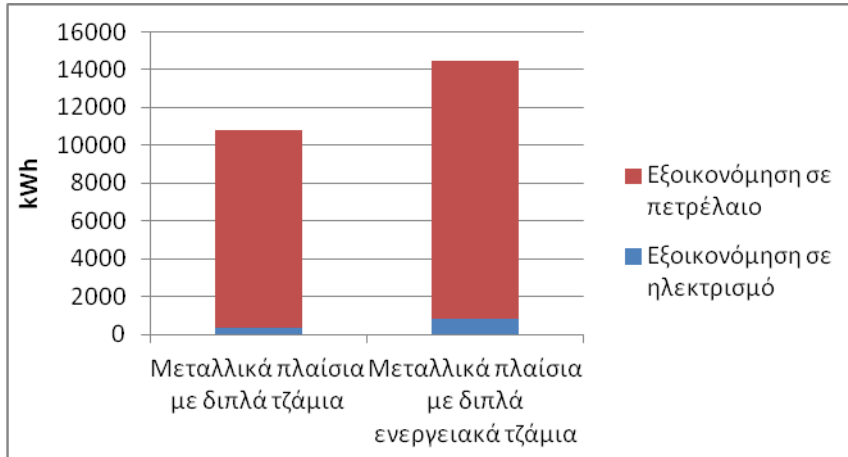
Πίνακας 6.7 Τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των κουφωμάτων 69

		Πρότυπο Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
ΤΥΠΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	Μεταλλικά πλαίσια χωρίς θερμοδιακοπή με μονούς υαλοπίνακες	Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm με διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 12mm	Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm με διπλούς υαλοπίνακες low-e με διάκενο αέρα 12mm
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ, U [W/(m ² K)]	20%	6,0	3,3	2,2
	30%	6,1	3,2	2,1

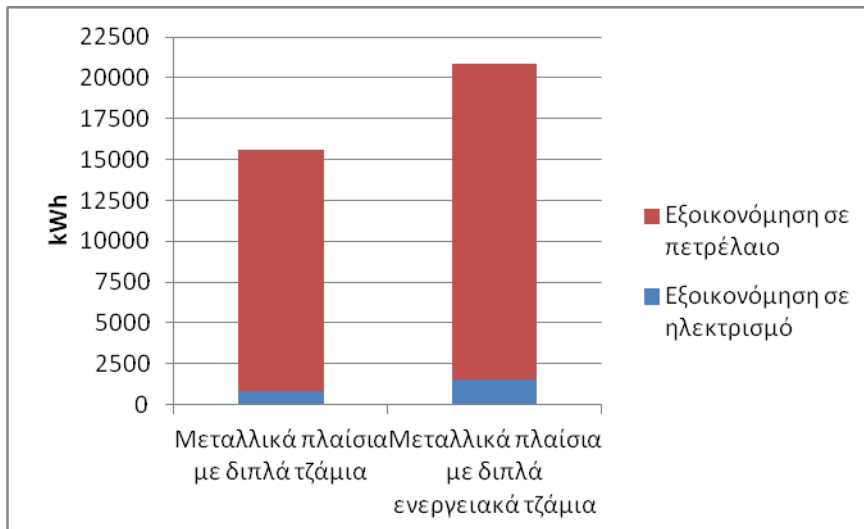
[Πηγή: Λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ]

6.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO₂

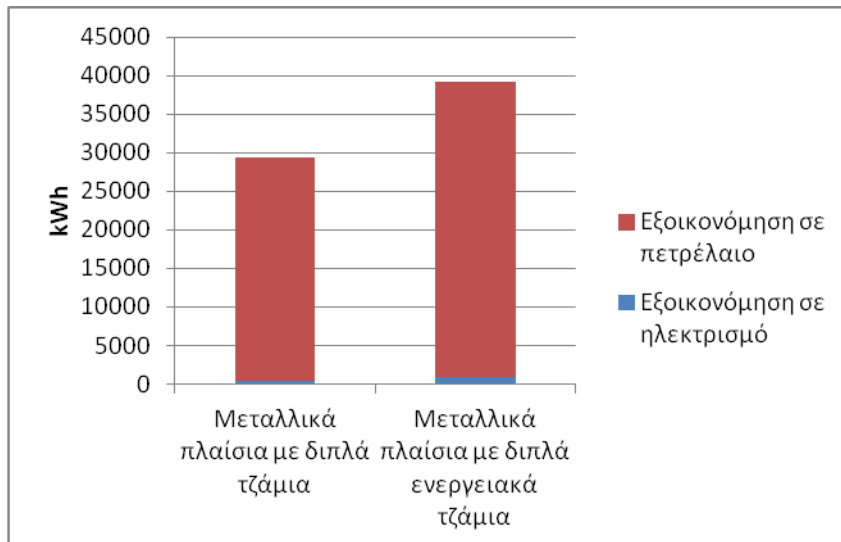
Η θερμομόνωση και τα κουφώματα ενός κτιρίου αποτελούν τις πιο σημαντικές επεμβάσεις κελύφους ενός κτιρίου. Οι επεμβάσεις αυτές επηρεάζουν τόσο την κατανάλωση καυσίμων (πετρελαίου, φυσικού αερίου, κτλ) όσο και την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Οι καταναλώσεις αυτές εξαρτώνται άμεσα και από τις κλιματικές συνθήκες.



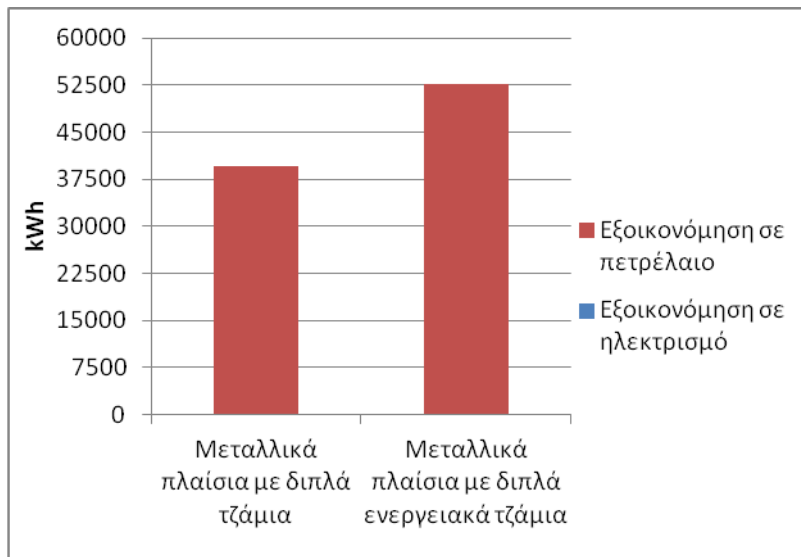
Διάγραμμα 6.11 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Α.



Διάγραμμα 6.12 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Β.

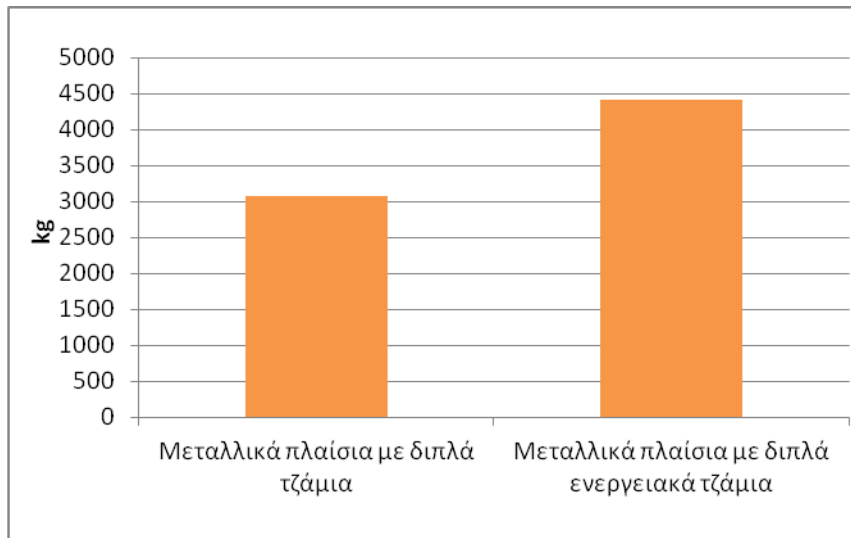


Διάγραμμα 6.13 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Γ.

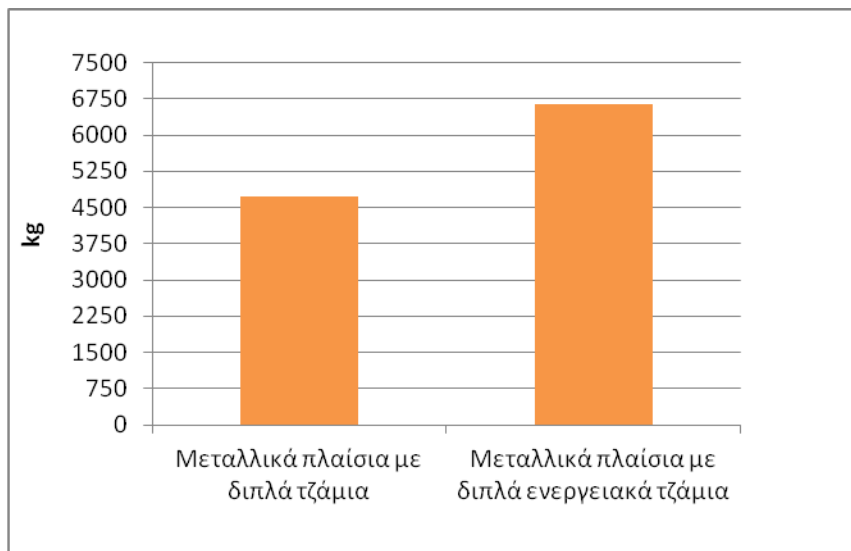


Διάγραμμα 6.14 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Δ.

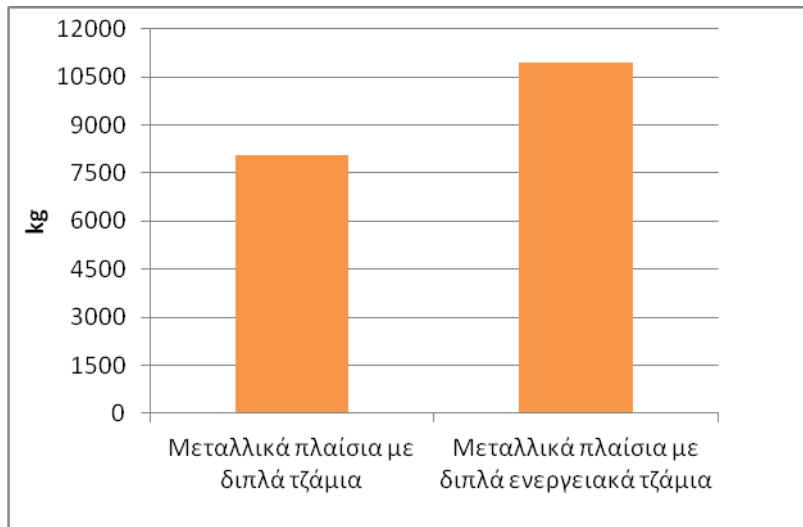
Από τα Διαγράμματα 6.11 έως 6.14 συμπεραίνεται ότι το σενάριο 2 είναι εμφανώς πιο αποδοτικό. Δηλαδή τα ενεργειακά τζάμια σε σχέση με τα απλά τζάμια αποδεικνύεται ότι εξοικονομούν περισσότερες kWh και αυτό ισχύει για όλες τις ζώνες επειδή έχουν μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας, U. Ακόμη, όπως φαίνεται από τα διαγράμματα και τα δυο είδη κουφωμάτων εξοικονομούν κατά βάση πετρέλαιο και ελάχιστο ή και μηδενικό ηλεκτρισμό και η εξοικονόμηση αυτή αυξάνεται ραγδαία στις ψυχρές κλιματικές ζώνες (Γ και Δ).



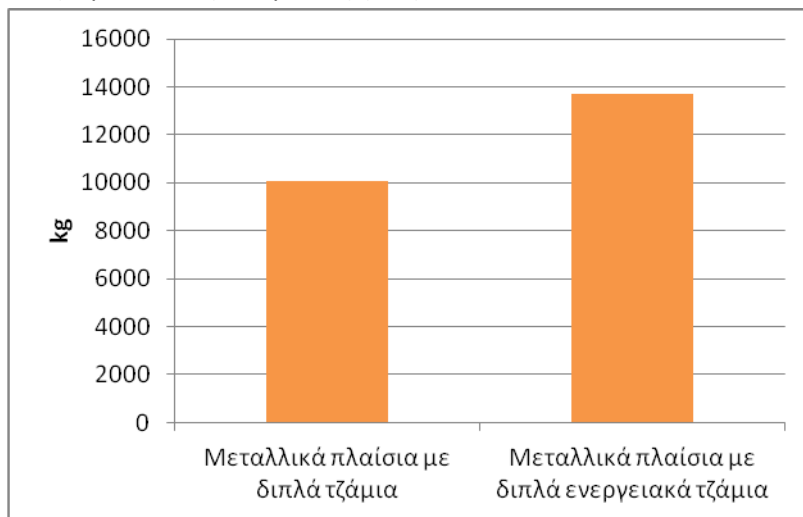
Διάγραμμα 6.15 Συνολική απόλυτη εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Α.



Διάγραμμα 6.16 Συνολική απόλυτη εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Β.

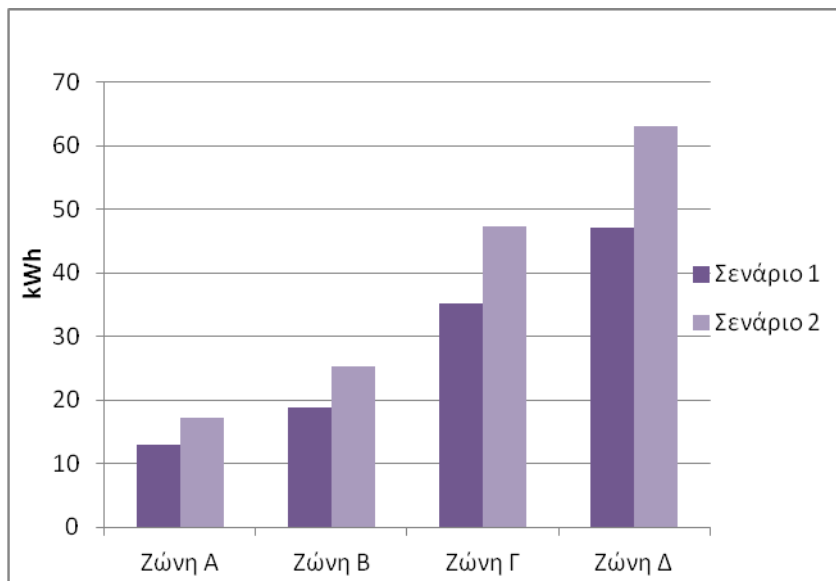


Διάγραμμα 6.17 Συνολική απόλυτη εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Γ.

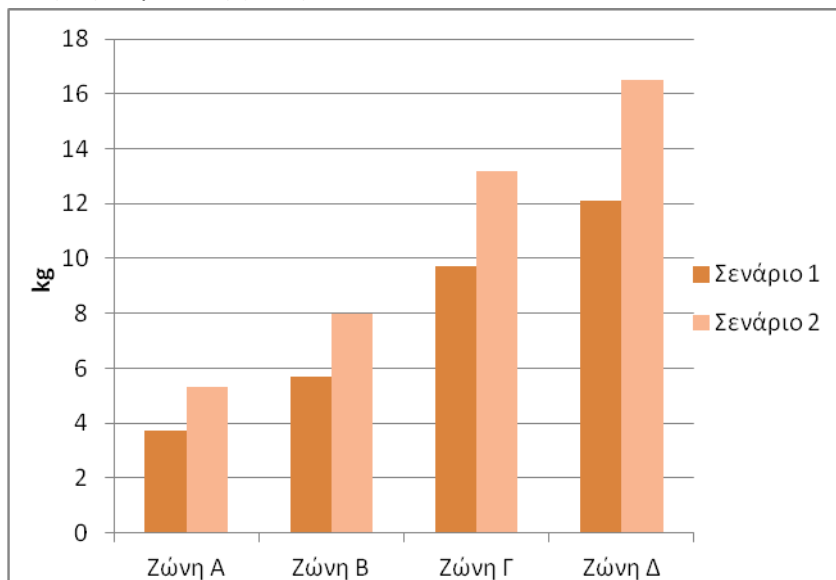


Διάγραμμα 6.18 Συνολική απόλυτη εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων στην κλιματική ζώνη Δ.

Από τα διαγράμματα 6.15 έως και 6.18 συμπεραίνεται ότι τα ενεργειακά τζάμια εκτός από μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμων, εκπέμπουν και λιγότερους ρύπους CO₂ σε σχέση με τα απλά τζάμια. Φαίνεται ακόμη, ότι όσο πιο ψυχρές είναι οι κλιματικές συνθήκες τόσο λιγότερους ρύπους εκπέμπουν.



Διάγραμμα 6.19 Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 6.20 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αντικατάστασης κουφωμάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται σε κάθε σενάριο ότι ακολουθείται μία βαθμιαία αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας και εκπομπών CO₂ όσο μεταβαίνουμε σε κλιματική ζώνη με όλο και πιο δυσμενείς κλιματικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια καλή επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας έχει πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα εκεί που η κατανάλωση καυσίμων και άρα, οι απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη είναι μεγαλύτερες. Επίσης, όπως φάνηκε και προηγουμένως από ενεργειακής και περιβαλλοντικής πλευράς πρέπει να προτιμηθούν οι low-e υαλοπίνακες από τους απλούς.

6.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

6.3.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-KENAK

Εκτός από τον κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τις αντίστοιχες επιλογές για τα στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, ώστε να περιοριστούν κατά το δυνατόν περισσότερο τα θερμικά/ψυκτικά φορτία, σημαντικό ρόλο παίζει και ο σωστός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού (Θ.Ψ.Κ.), ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.), φωτισμού, καθώς και όλων των υπολοίπων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Στην παρούσα μελέτη και προκειμένου για υφιστάμενο κτίριο, γίνεται μια αναβάθμιση των υπαρχόντων συστημάτων με στόχο τη βέλτιστη λειτουργία τους, τον περιορισμό των καταναλώσεων ενέργειας στο ελάχιστο και κατά συνέπεια την οικονομικότερη και περιβαλλοντικά φιλικότερη λειτουργία τους. Απώτερος στόχος ενός μελετητή είναι η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου να είναι υψηλότερη της κατηγορίας Β. Στα περισσότερα κτίρια και ιδιαίτερα σε αυτά που βρίσκονται εκτός αστικού ιστού, υπάρχει η δυνατότητα για αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και περαιτέρω περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων.

Οι βασικότερες παραδοχές που διέπουν τα συστήματα είναι:

- Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση το σκεπτικό ενός τυπικού νοικοκυριού, δηλαδή 1,5 άτομα σε κάθε υπνοδωμάτιο επί 2 υπνοδωμάτια το κάθε διαμέρισμα, συνολικά 3 άτομα το διαμέρισμα. Είναι βασική παραδοχή καθώς είναι λογικό όσο περισσότερα άτομα τόσο μεγαλύτερες οι απαιτήσεις σε θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ αλλά και οι καταναλώσεις αντίστοιχα.
- Σε κάθε κλιματική ζώνη εφαρμόζονται τα ίδια συστήματα αλλά με διαφορετική δυναμικότητα, π.χ. ίδιος τύπος λέβητα δηλαδή ίδιος βαθμός απόδοσης αλλά διαφορετική ισχύ καθώς η ισχύ εξαρτάται από την κλιματική ζώνη.
- Χρησιμοποιήθηκε κοινός λέβητας πετρελαίου θέρμανσης και για τη θέρμανση των χώρων και για την παραγωγή ζεστού νερού σύμφωνα με τη γενικότερη τάση που ακολουθείται και στις νέες κατασκευές.
- Στα Η/Μ συστήματα ο λέβητας και ο καυστήρας θεωρείται ως ένα ενιαίο σύστημα και δε γίνονται ξεχωριστοί υπολογισμοί.
- Στο λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζεται από την αρχή η κατηγορία διατάξεων αυτομάτου ελέγχου που αφορούν στις μονάδες παραγωγής θέρμανσης/ψύξης, στις μονάδες αερισμού, στο δίκτυο διανομής και στις τερματικές μονάδες της συγκεκριμένης ζώνης. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν τέτοιες διατάξεις η κατηγορία είναι <<Δ>>. Συνεπώς, στο υπό εξέταση κτίριο εισάγεται η κατηγορία <<Δ>>.
- Εισάγεται σαν ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ τα 546 m³/έτος αφού, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.5 της ΤΟΤΕΕ-ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΕΣ η ετήσια κατανάλωση ανά υπνοδωμάτιο είναι 27,3 m³/(υπν. έτος) και τα συνολικά υπνοδωμάτια του κτιρίου είναι 20.

Ακολουθούν πίνακες με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των Η/Μ συστημάτων για το πρότυπο κτίριο και για το ίδιο κτίριο μετά την αναβάθμιση των συστημάτων του. Κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν όλοι οι υπολογισμοί των συστημάτων στο Παράρτημα ΙΙ για να φανούν καλύτερα όλες οι επιμέρους παραδοχές που έγιναν.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ

Πίνακας 6.8 Δεδομένα εισόδου για το σύστημα θέρμανσης στο λογισμικό

	ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΤΙΡΙΟ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ			
		ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
Ονομαστική θερμική ισχύ μονάδας παραγωγής θερμότητας (kW)	110	80,5	72,7	69,3	81,2
Θερμική απόδοση της μονάδας	0,66	0,88	0,88	0,88	0,88
Τελική πραγματική θερμική ισχύ της μονάδας (kW)	72,6	70,8	64	61	71,5
Θερμική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW)	72,6	70,8	64	61	71,5
Βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων (σώματα καλοριφέρ)	0,89	0,92	0,92	0,92	0,92
Ισχύς βοηθητικών μονάδων (κυκλοφορητής) (kW)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4

[Πηγή: Λογισμικό TEE-KENAK]

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΧΩΡΩΝ

Πίνακας 6.9 Δεδομένα εισόδου για το σύστημα ψύξης στο λογισμικό

	ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΤΙΡΙΟ	ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Είδος μονάδας παραγωγής ψύξης	Αερόψυκτη αντλία θερμότητας	Κλιματιστική μονάδα
Συνολική ισχύς μονάδων παραγωγής ψύξης (kW)	70,4	52,8
Συντελεστής απόδοσης μονάδας, EER	1,5	3,3
Είδος τερματικών μονάδων	Τοπικές αντλίες θερμότητας	Τοπικές κλιματιστικές μονάδες

Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων	0,93	0,93
---------------------------------------	------	------

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ

Πίνακας 6.10 Δεδομένα εισόδου για το σύστημα παραγωγής ΖΝΧ για το πρότυπο κτίριο στο λογισμικό

	ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΤΙΡΙΟ
Είδος μονάδας παραγωγής ΖΝΧ	Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας
Ισχύς μονάδας παραγωγής ΖΝΧ (kW)	40
Βαθμός απόδοσης μονάδας παραγωγής ΖΝΧ	1
Σύστημα αποθήκευσης ΖΝΧ	Θερμαντήρες σε εσωτερικούς χώρους
Βαθμός απόδοσης συστήματος αποθήκευσης ΖΝΧ	0,98

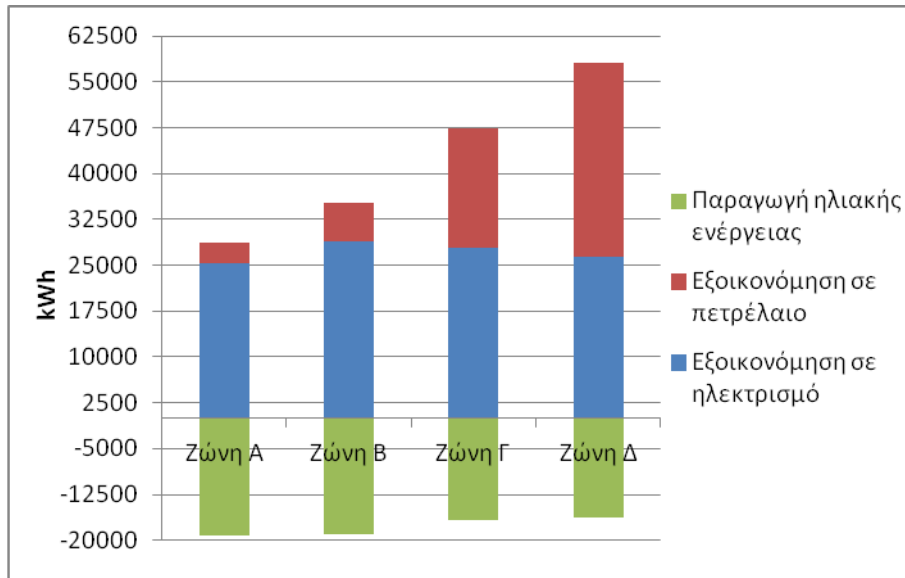
[Πηγή: Λογισμικό TEE-KENAK]

Πίνακας 6.11 Δεδομένα εισόδου για το σύστημα παραγωγής ΖΝΧ στο λογισμικό

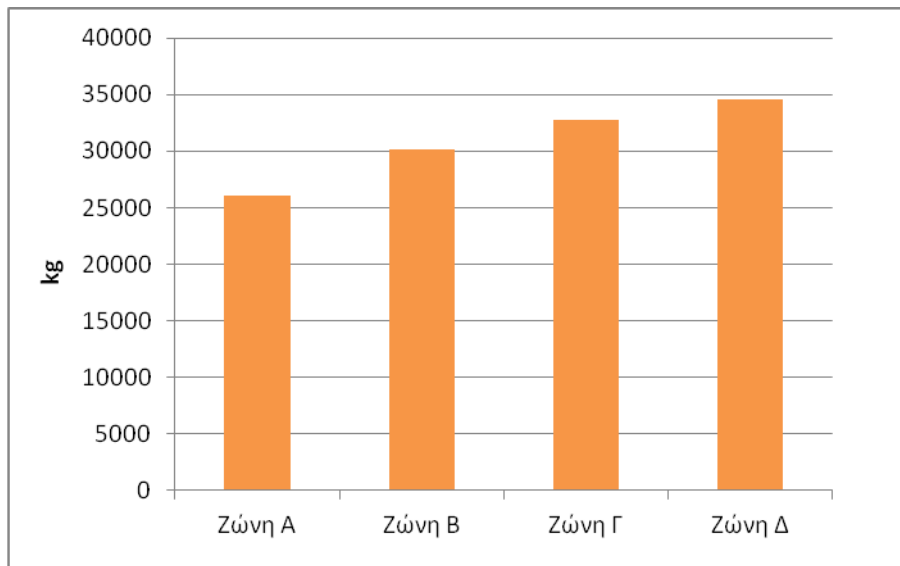
	ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ			
	ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
Είδος μονάδας παραγωγής ΖΝΧ	Λέβητας πετρελαίου θέρμανσης			
Ισχύς μονάδας παραγωγής ΖΝΧ (kW)	80,5	72,7	69,3	81,2
Βαθμός απόδοσης μονάδας παραγωγής ΖΝΧ	0,70			
Σύστημα αποθήκευσης ΖΝΧ	Κεντρικός θερμαντήρας			
Βαθμός απόδοσης συστήματος αποθήκευσης	0,93			
Είδος μονάδας παραγωγής ΖΝΧ	Ηλιακός συλλέκτης			
Τύπος	Επιλεκτικός επίπεδος			
Συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, α	0,364	0,369	0,358	0,344
Επιφάνεια συλλεκτών (m ²)	30			
Προσανατολισμός συλλεκτών, γ (deg)	180			
Κλίση συλλεκτών, β(deg)	30			
Συντελεστής σκίασης, F _s	1			

[Πηγή: Λογισμικό TEE-KENAK]

6.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO₂



Διάγραμμα 6.21 Εξοικονόμηση ενέργειας και αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας λόγω αναβάθμισης των συστημάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



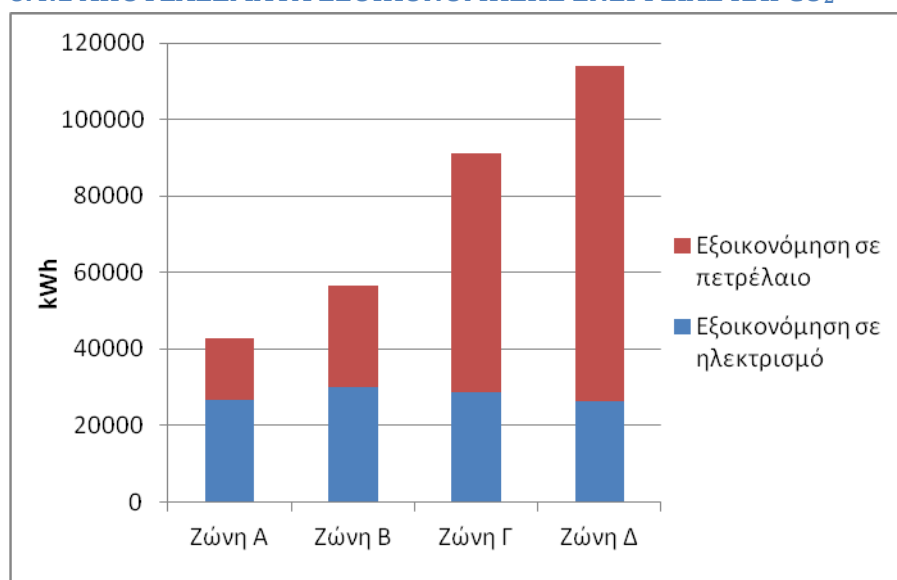
Διάγραμμα 6.22 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω αναβάθμισης των συστημάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Από το Διάγραμμα 6.21 τα η/μ συστήματα εξοικονομούν στις ζώνες Α, Β και Γ διπλάσιες kWh σε ηλεκτρισμό από ότι σε πετρέλαιο ενώ, στη ζώνη Δ που είναι και η πιο δυσμενής κλιματική ζώνη, εξοικονομούν τις ίδιες kWh σε ηλεκτρισμό και σε πετρέλαιο. Όσο αφορά την ηλιακή ενέργεια, δεν υπάρχει εξοικονόμηση αφού, στο πρότυπο κτίριο δεν υπήρχαν ηλιακοί συλλέκτες αλλά προστέθηκαν κατά τη μελέτη. Συνεπώς, το συμπέρασμα που εξάγεται από το Διάγραμμα 6.21 είναι ότι οι ηλιακοί συλλέκτες αποτρέπουν την κατανάλωση τόσων kWh όσων θα κατανάλωναν οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες που είχε το κτίριο πριν από αυτή τη μελέτη. Από το Διάγραμμα 6.22 παρατηρείται η βαθμιαία αύξηση εξοικονόμησης εκπομπών CO₂ όσο πιο ψυχρή είναι η κλιματική ζώνη.

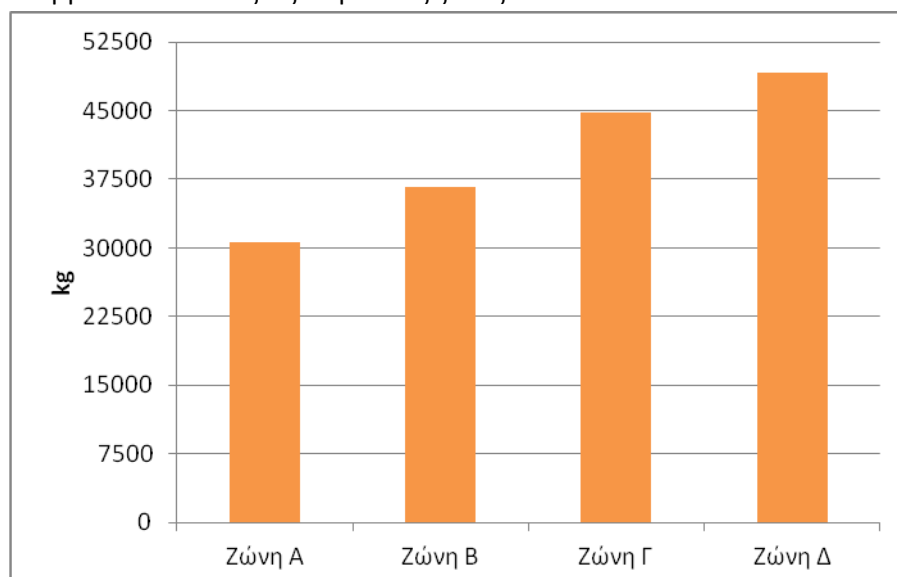
6.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την παράλληλη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων (θερμομόνωση με μονωτικό υλικό XPS, αντικατάσταση κουφωμάτων με διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες και αναβάθμιση των η/μ συστημάτων). Οι παραδοχές που ισχύουν για την κάθε επέμβαση ξεχωριστά ισχύουν και εδώ. Όπως φάνηκε και στην ενότητα των κουφωμάτων, οι διπλοί ενεργειακοί υαλοπίνακες εξοικονομούν περισσότερες kWh από τους απλούς διπλούς υαλοπίνακες και γι' αυτό στην ταυτόχρονη εφαρμογή των επεμβάσεων εξετάζεται μόνο αυτή η περίπτωση.

6.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ CO₂



Διάγραμμα 6.23 Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω παράλληλης εφαρμογής όλων των επεμβάσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

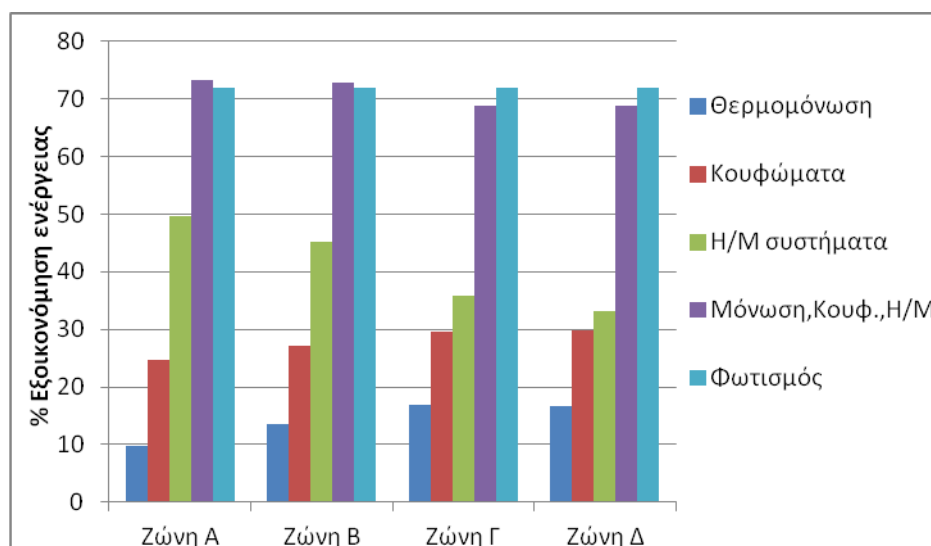


Διάγραμμα 6.24 Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ λόγω συνέργειας τριων επεμβάσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Από τα Διαγράμματα 6.23 και 6.24 παρατηρείται ότι από την ταυτόχρονη εφαρμογή των τριών επεμβάσεων στις θερμές κλιματικές ζώνες (Α και Β) προκύπτει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ηλεκτρισμού σε σχέση με το πετρέλαιο ενώ, στις ψυχρότερες (Γ και Δ) εξοικονομείται περισσότερο πετρέλαιο. Επίσης, η συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας είναι λογικό να είναι λίγο μεγαλύτερη στις ζώνες Α και Β που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ηλιοφάνεια. Παρατηρείται ακόμη ότι διπλάσια εξοικονόμηση ενέργειας υπάρχει στις ζώνες Γ και Δ. Ομοίως, και για τη μείωση των εκπομπών CO₂.

Πίνακας 6.12 Εξοικονόμηση ενέργειας (%) για όλες τις επεμβάσεις

	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Θερμομόνωση	9.7%	13.5%	16.8%	16.6%
Κουφώματα	24.8%	27.1%	29.6%	29.9%
Η/Μ	49.6%	45.2%	35.8%	33.1%
Σύνολο επεμβάσεων	73.3%	72.8%	68.8%	63.0%



Διάγραμμα 6.25 Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανά επέμβαση και ανά ζώνη

Στο Διάγραμμα 6.25 απεικονίζεται η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας για κάθε επέμβαση ανά κλιματική ζώνη και παρατηρείται ότι ο φωτισμός και το σύνολο των επεμβάσεων εξοικονομούν πολύ περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τις μεμονωμένες επεμβάσεις. Ακολουθούν τα η/μ συστήματα, τα κουφώματα και η θερμομόνωση με το μικρότερο ποσοστό. Όμως, όσο αφορά τις επεμβάσεις κελύφους φαίνεται μια βαθμιαία αύξηση εξοικονόμησης στις ψυχρές κλιματικές ζώνες (Γ και Δ) πράγμα λογικό εφόσον οι επεμβάσεις αυτές συμβάλλουν κυρίως στη μείωση της κατανάλωσης του πετρελαίου που σε αυτές τις ζώνες είναι αρκετά υψηλή. Σε αντίθεση με τις επεμβάσεις κελύφους, τα η/μ συστήματα καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια στις θερμές κλιματικές ζώνες (Α και Β) αφού εξοικονομούν περισσότερο ηλεκτρική ενέργεια και έτσι, είναι αναμενόμενο στις θερμότερες ζώνες να εξοικονομούν περισσότερο καθώς έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ψύξη. Αν και το ποσοστό εξοικονόμησης για τη συνέργεια δεν είναι αθροιστικό, είναι πολύ καλύτερο σε σχέση με τα μεμονωμένα ποσοστά με εξαίρεση το φωτισμό που ούτως ή άλλως δεν έχει μπει και στο λογισμικό.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.1.1 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Κατά τη διαδικασία της χρηματοοικονομικής ανάλυσης εισάγονται τα παρακάτω δεδομένα ώστε να επιτευχθεί ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και του λόγου Κόστους-Οφέλους:

1. Το συνολικό κόστος επένδυσης υπολογιζόμενο με βάση τις τρέχουσες τιμές αγοράς του εξοπλισμού και του κόστους εργασίας.
2. Το λειτουργικό κόστος, αν υπάρχει.
3. Η συνολική εξοικονόμηση (σε kWh) μέσω της απόλυτης μοναδιαίας εξοικονόμησης (σε kWh/m²) που έχει προκύψει από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Από τα σχέδια του πρότυπου κτιρίου και τα γενικότερα χαρακτηριστικά του κτιρίου, έχει υπολογιστεί η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια ώστε να γίνει η αναγωγή σε συνολική κατανάλωση καυσίμου.
4. Η μοναδιαία εξοικονόμηση ηλεκτρισμού και πετρελαίου όπως έχει υπολογιστεί από τα αποτελέσματα του προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Οι τιμές έπειτα χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του ενεργειακού ισοδύναμου του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου δηλαδή των συνολικών κιλοβατώραν και λίτρων αντίστοιχα που εξοικονομεί το κτίριο. Όσο αφορά το πετρέλαιο, επειδή η εξοικονόμηση στο πρόγραμμα ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ δίνεται σε kWh, χρησιμοποιείται η Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη (από βιβλιογραφία) για να γίνει η μετατροπή των μονάδων σε λίτρα.
5. Τις τρέχουσες τιμές του ηλεκτρισμού (σε €/kWh) και του πετρελαίου (σε €/L) της αγοράς. Συγκεκριμένα, σε όλες τις επεμβάσεις και σε όλες τις κλιματικές ζώνες χρησιμοποιούνται οι εξής τιμές ενέργειας:

Πίνακας 7.1 Αξίες ηλεκτρισμού και πετρελαίου

	Χρεώσεις ενέργειας (€/kWh)	Χρεώσεις συστήματος (€/kWh)	ΦΠΑ (%)	Αξία (με ΦΠΑ) (€/kWh)
Αξία Ηλεκτρισμού	0.10	0.045	13%	0.164
Αξία πετρελαίου			19%	0.90

6. Το ιδιωτικό επιτόκιο προεξόφλησης που τέθηκε στο 6% για όλες τις επεμβάσεις και με βάση το οποίο υπολογίζεται η ΚΠΑ και εκτιμάται ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης.
7. Ο χρόνος ζωής όλων των επεμβάσεων, εκτός της ιδιαίτερης περίπτωσης του φωτισμού που εξηγείται παρακάτω, εκτιμάται ότι είναι η εικοσαετία.

Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζονται τα συνολικά έσοδα που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ηλεκτρισμού και πετρελαίου καθώς και οι υπόλοιπες χρηματικές ροές

(λειτουργικά κόστη, αρχικό κόστος επένδυσης και λοιπά έσοδα ή έξοδα) για τον υπολογισμό των συνολικών ετήσιων χρηματοροών.

7.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Όπως στην Χρηματοοικονομική Ανάλυση έτσι, και στην Ανάλυση Κόστους-Οφέλους θα εξεταστεί ξεχωριστά κάθε επέμβαση του κτιρίου. Στόχος της ΑΚΟ είναι να δειχθούν τα κόστη και τα οφέλη μιας επένδυσης που θα έχει η εθνική οικονομία. Γι' αυτό το λόγο σε αυτό το σημείο εξετάζονται και τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κόστη/οφέλη. Συγκεκριμένα θα εξεταστούν το όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας και το όφελος από το ΦΠΑ επί της αξίας της επένδυσης και του κόστους συντήρησης (οικονομικά οφέλη) και το όφελος από την αποφυγή CO₂ και της αέριας ρύπανσης (περιβαλλοντικά οφέλη).

Στοιχεία που παραμένουν σταθερά στην ΑΚΟ σε κάθε κλιματική ζώνη:

Πίνακας 7.2 Σταθερά δεδομένα της ΑΚΟ

Μοναδιαία αξία εξοικονομούμενης ενέργειας πετρελαίου	0,76 €/l
Μοναδιαία αξία εξοικονομούμενης ενέργειας ηλεκτρισμού	0,10 €/kWh
Κόστος δικαιωμάτων εκπομπών CO ₂	20 €/t
Εξωτερικό κόστος λοιπών αέριων ρύπων από το πετρέλαιο	0,025 €/l
ΦΠΑ επί της αξίας επένδυσης	23%
ΦΠΑ επί του κόστους συντήρησης	23%
Κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης	3%

Στοιχεία που διαφοροποιούνται στην ΑΚΟ σε κάθε κλιματική ζώνη:

Πίνακας 7.3 Εξωτερικό κόστος αέριων ρύπων προκαλούμενες από την κατανάλωση ηλεκτρισμού σε όλες τις κλιματικές ζώνες

Κλιματικές Ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερικό κόστος λοιπών αέριων ρύπων από τον ηλεκτρισμό	0,0128 €/kWh	0,006 €/kWh	0,006 €/kWh	0,006 €/kWh

Από το λογισμικό TEE-KENAK προκύπτει μετά την επεξεργασία των δεδομένων οι εκπομπές CO₂ σε kg/m², οι οποίες πολλαπλασιάζονται με τη θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου (831 m²) και προκύπτουν οι τόνοι CO₂ που αποφεύγονται. Επιπλέον, το εξωτερικό κόστος λοιπών αέριων ρύπων από τον ηλεκτρισμό μεταβάλλεται για το διασυνδεδεμένο σύστημα και τα νησιά. Θεωρείται μόνο η ζώνη Α ότι ανήκει στα νησιά. Επίσης να σημειωθεί ότι για το φωτισμό που δε μεταβάλλεται ανά κλιματική ζώνη, θεωρούμε ότι το κόστος των λοιπών αέριων ρύπων από τον ηλεκτρισμό είναι ο μέσος όρος των δύο παραπάνω τιμών.

7.1.3 ΒΑΣΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Πέρα των παραπάνω οικονομικών εργαλείων αξιολόγησης επενδύσεων, χρησιμοποιείται και η τεχνική της ανάλυσης ευαισθησίας για περαιτέρω εμβάθυνση στην ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Κατά την Ανάλυση Ευαισθησίας στη Χρηματοοικονομική Ανάλυση εξετάζονται οι εξής μεταβολές:

- Λήψη επιχορήγησης μέχρι 30% επί της αρχικής επένδυσης.
- Αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι μεταβολές των τιμών των καυσίμων με βάση τις εξής υποθέσεις:
 1. Η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης εξισώνεται με αυτή του πετρελαίου κίνησης, παραμένοντας μετά σταθερή. Η τιμή αυτή έχει τεθεί στα 1,50€.
 2. Η τιμή του ηλεκτρισμού αυξάνεται κατά ποσοστό 40%, τιμή που αντανακλά την αναμενόμενη επιβάρυνση λόγω υποχρεωτικής αγοράς από τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού των δικαιωμάτων CO₂.

Κατά την Ανάλυση Ευαισθησίας στην Ανάλυση Κόστους- Οφέλους εξετάζονται οι εξής μεταβολές:

- Μεταβολή του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%).
- Αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, όπως τέθηκε παραπάνω.

7.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

7.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Το υλικό του οποίου μελετήθηκε η οικονομική αποδοτικότητα είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS-Σενάριο 2). Πέραν των πολύ καλών ιδιοτήτων του υλικού που παρέχουν υψηλή θερμομονωτική ικανότητα στο κτίριο, η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι μία δημοφιλής επιλογή στην αγορά και επομένως η ανάλυσή του αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο.

Επειδή σε κάθε κλιματική ζώνη εφαρμόστηκε διαφορετικό πάχος εξωτερικής θερμομόνωσης (3 εκ. για τη ζώνη Α, 5 εκ. για τη ζώνη Β και 7 εκ. για τις ζώνες Γ και Δ), διαφοροποιούνται το κόστος επένδυσης και η απόλυτη εξοικονόμηση και επομένως πραγματοποιείται διαφορετική οικονομική ανάλυση για κάθε κλιματική ζώνη.

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά τα δεδομένα που εισήχθησαν στη χρηματοοικονομική ανάλυση.

Οι επιφάνειες με τις οποίες υπολογίστηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (θερμαινόμενη επιφάνεια), αλλά και οι επιφάνειες στις οποίες εφαρμόζεται η εξωτερική θερμομόνωση είναι οι εξής:

Πίνακας 7.4 Επιφάνειες πρότυπου κτιρίου

Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m ²)	831,00
Επιφάνεια Κελύφους (m ²)	174,20
Επιφάνεια Οροφής (m ²)	666,80

Όσο αφορά τα μοναδιαία κόστη και το συνολικό κόστος επένδυσης:

Πίνακας 7.5 Κόστη ανά κλιματική ζώνη

Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Μοναδιαίο κόστος επένδυσης κελύφους (€/m ²)	25,00	30,00	35,00	35,00
Μοναδιαίο κόστος επένδυσης οροφής (€/m ²)	55,00	55,00	55,00	55,00
Συνολικό Κόστος Επένδυσης (€)	26251,00	29585,00	32919,00	32919,00

Να σημειωθεί ότι στην χρηματοοικονομική ανάλυση δεν παρέχεται δάνειο αλλά όλο το κόστος επένδυσης το επιφορτίζονται οι ιδιώτες. Στη θερμομόνωση δεν απαιτείται περαιτέρω συντήρηση της επέμβασης μετά την εφαρμογή της, οπότε το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό.

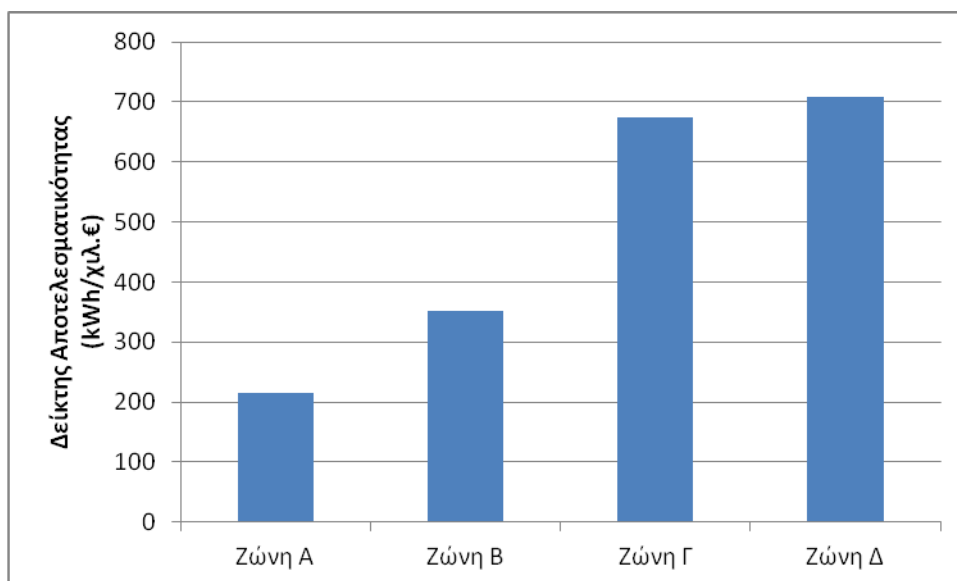
Όσο αφορά το ποσό της εξοικονόμησης που προέκυψε από την ενεργειακή ανάλυση του τυπικού κτιρίου που εξετάζουμε με το λογισμικό KENAK (κεφ.6):

Πίνακας 7.6 Δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη

Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Απόλυτη Εξοικονόμηση (kWh/m ²)	6,80	12,50	26,70	35,10
Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	5650,80	10387,50	22187,70	23351,10
Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	512,36	949,13	2167,04	2931,38
Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)	581,70	997,20	747,90	166,20

Το ενεργειακό ισοδύναμο των μορφών ενέργειας προήλθε από τη μοναδιαία εξοικονόμηση καυσίμων (ηλεκτρισμού και πετρελαίου αντίστοιχα) μέσα από το πρόγραμμα TEE-KENAK, πολλαπλασιασμένη με τη θερμαινόμενη επιφάνεια. Η εξοικονόμηση είναι σε kWh για αυτό ήταν απαραίτητη η μετατροπή της εξοικονόμησης πετρελαίου σε L χρησιμοποιώντας την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου που είναι 11,92 kg/kWh. Τα ενεργειακά ισοδύναμα είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των χρηματικών μονάδων που εξοικονομούνται από τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων.

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα με το δείκτη αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων θερμομόνωσης που δείχνει το ενεργειακό όφελος (σε kWh) ανά 1000 €.



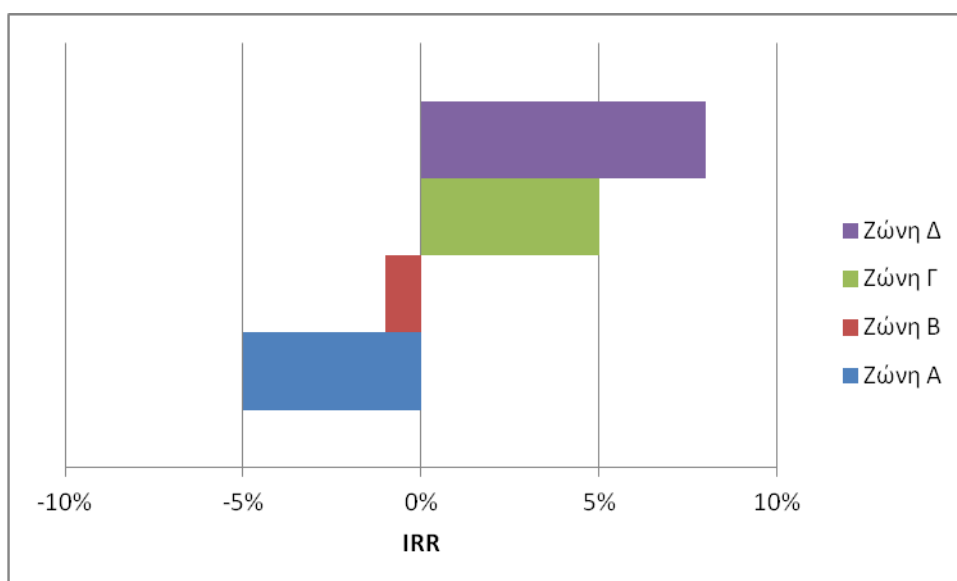
Διάγραμμα 7.1 Δείκτης αποτελεσματικότητας για την επέμβαση της θερμομόνωσης σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Άρα, από το Διάγραμμα φαίνεται ότι η επέμβαση της θερμομόνωσης στις ζώνες Γ και Δ, εμφανίζουν υπερδιπλάσια αποτελεσματικότητα σε σχέση με τις ζώνες Α και Β.

7.2.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 7.7 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Κόστους-Οφέλους για κάθε κλιματική ζώνη για την επέμβαση της θερμομόνωσης

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-18148,4	-5%	0,31
Ζώνη Β	-14767,1	-1%	0,5
Ζώνη Γ	-2734,7	5%	0,92
Ζώνη Δ	5894,4	8%	1,18

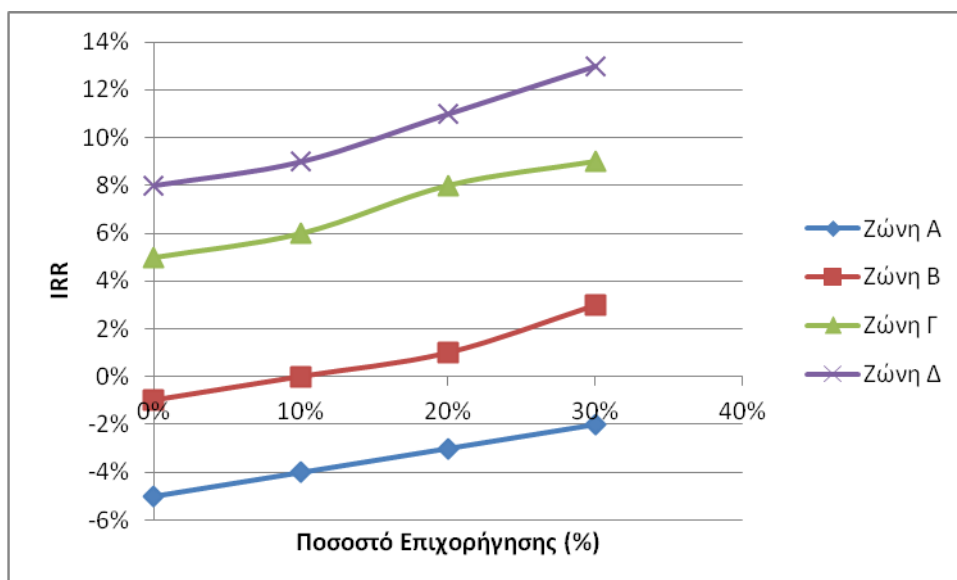


Διάγραμμα 7.2 Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για επεμβάσεις θερμομόνωσης

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα γίνεται σαφές ότι η πιο αποδοτική επένδυση είναι η επέμβαση της θερμομόνωσης σε κατοικία της κλιματικής ζώνης Δ, όπου και το IRR εμφανίζεται μεγαλύτερο του τυπικού επιτοκίου της αγοράς και επομένως έχει θετική ΚΠΑ. Στη ζώνη Γ η απόδοση μίας επένδυσης θερμομόνωσης φαίνεται να είναι οριακά αποδεκτή, ενώ στις θερμότερες ζώνες Α και Β εμφανίζονται αρνητικές αποδόσεις. Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα απόλυτης εξοικονόμησης στο κεφάλαιο 5, η εξοικονόμηση στη ζώνη Δ είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες ζώνες, γεγονός που οδηγεί και σε μεγαλύτερο χρηματικό όφελος από τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού και το πετρελαίου.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Παρακάτω, εξετάζονται τα πιθανά σενάρια επιχορήγησης επί του αρχικού κόστους επένδυσης (ή αντίστοιχης μείωσης του κόστους επένδυσης), καθώς και η αύξηση τιμών πετρελαίου και ηλεκτρισμού και αναλύεται η αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας που απολαμβάνει ο επενδυτής μέσω της μεταβολής του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR).

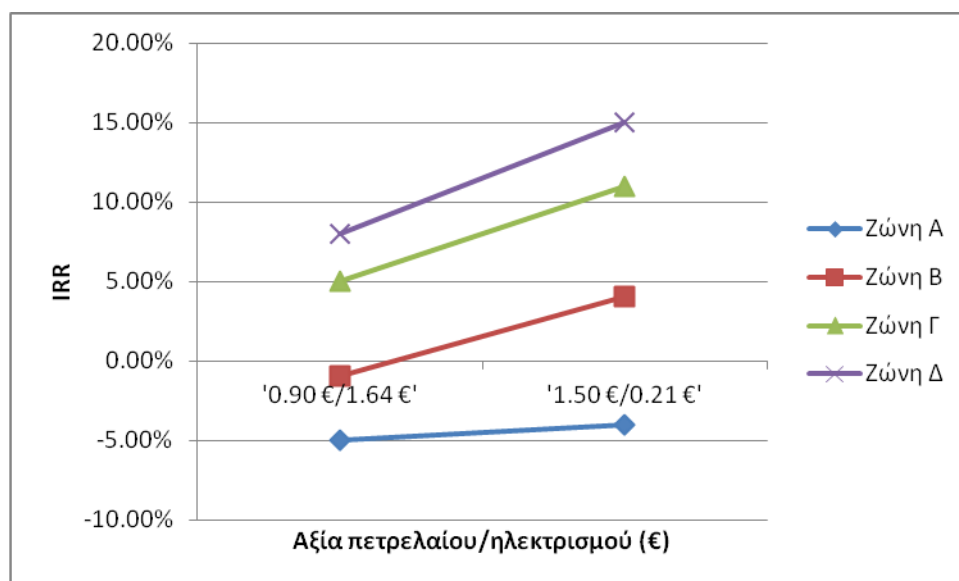


Διάγραμμα 7.3 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσεως του ποσοστού επιχορήγησης επί του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Παρατηρούμε ότι σε όλες τις κλιματικές ζώνες η προσφορά μίας επιχορήγησης σε επέμβαση θερμομόνωσης αυξάνει την οικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης, καθώς ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης βελτιώνεται έντονα. Συγκεκριμένα, ο IRR αυξάνεται αρχικά γραμμικά και αυξανόμενου του ποσοστού επιχορήγησης, η καμπύλη γίνεται εκθετική.

Όσο αφορά τις επεμβάσεις στις ζώνες Α και Β, η λήψη επιχορήγησης δεν καθιστά την επένδυση αποδοτική και συμφέρουσα για τον ιδιώτη. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης παραμένει μικρότερος ή ίσος από 6%.

Στη ζώνη Γ, με χορήγηση ποσοστού επιχορήγησης μεγαλύτερου του 10% η επένδυση καταφέρνει να γίνεται αποδοτική με το δείκτη IRR μεγαλύτερο του 6%. Η επένδυση στη ζώνη Δ επίσης βελτιώνεται πολύ έντονα- γεγονός που φαίνεται και από την κλίση του στο διάγραμμα...- καθιστώντας το εγχείρημα πολύ αποδοτικό για τον ιδιώτη.



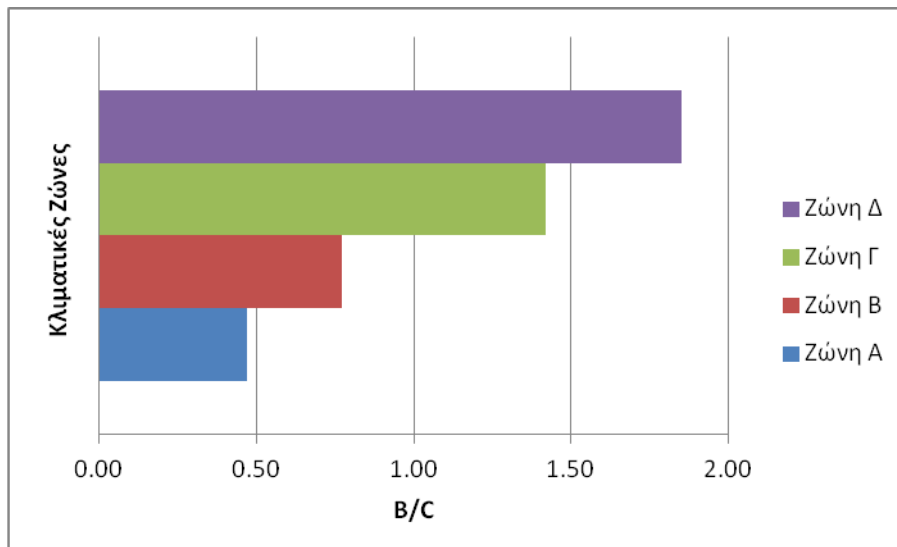
Διάγραμμα 7.4 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Μεταβάλλοντας την αξία του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, ο δείκτης IRR φαίνεται στο Διάγραμμα 7.5 να αυξάνεται, λογικό αφού ουσιαστικά εξοικονομούνται περισσότερα χρήματα ανά εξοικονομούμενη κιλοβατώρα. Κάνοντας μία συνολική επισκόπηση των παραπάνω αποτελεσμάτων, παρατηρεί κανείς ότι η μεταβολή των τιμών των ενεργειακών προϊόντων έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην αποδοτικότητα της επένδυσης σε σχέση με την παροχή επιχορήγησης ή με τη μείωση του κόστους επένδυσης.

7.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Πίνακας 7.8 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Κόστους-Οφέλους για κάθε κλιματική ζώνη για την επέμβαση της θερμομόνωσης

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-7072.8	-4%	0.47
Ζώνη Β	1277.2	0%	0.77
Ζώνη Γ	24335.8	7%	1.42
Ζώνη Δ	39339.1	10%	1.85

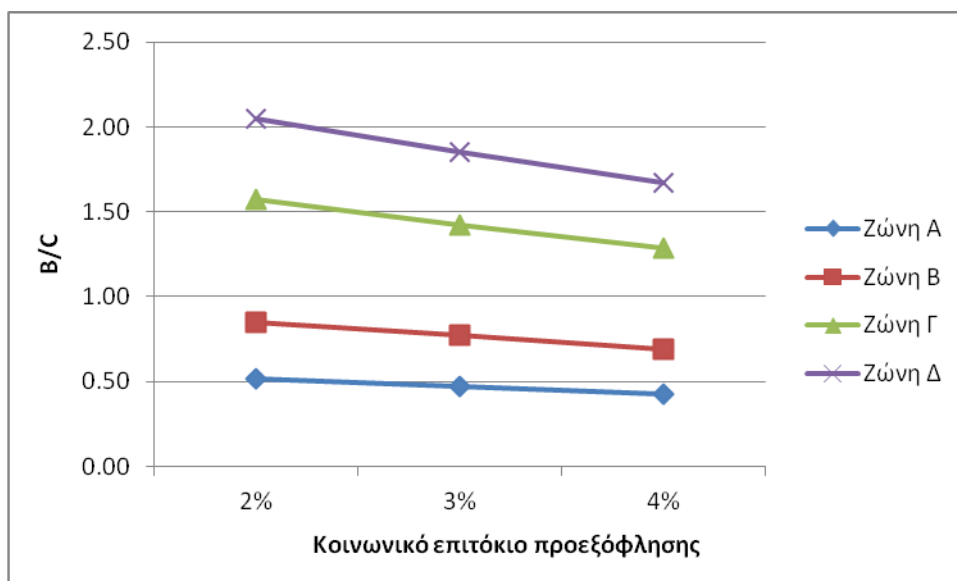


Διάγραμμα 7.5 Σύγκριση του λόγου Οφέλους-Κόστους στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

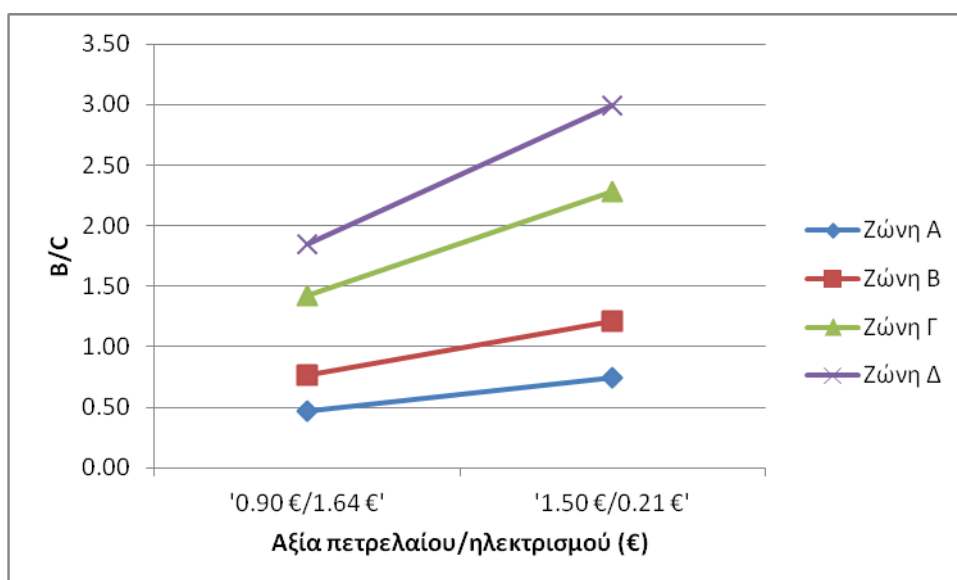
Με βάση τα αποτελέσματα και κυρίως τις τιμές του λόγου Οφέλους-Κόστους, φαίνεται πως οι αποδοτικές κοινωνικά επενδύσεις είναι οι επεμβάσεις θερμομόνωσης σε κτίρια των κλιματικών ζωνών Γ και Δ. Στη ζώνη Α και Β η επένδυση δεν οφελεί το κοινωνικό σύνολο και το κράτος. Να σημειωθεί ότι για τις κλιματικές ζώνες Α και Β, το ίδιο ισχύει και στην χρηματοοικονομική ανάλυση, υποδεικνύοντας ότι μία επέμβαση εξωτερικής θερμομόνωσης στις ζώνες αυτές δεν ωφελεί ούτε τον ιδιώτη επενδυτή ($B/C = 0.31$ και $B/C = 0.5$ αντίστοιχα) αλλά ούτε και το κράτος. Διαφοροποίηση παρατηρείται παρόλα αυτά στην κλιματική ζώνη Γ όπου ενώ η επένδυση δεν είναι αποδοτική για τον ιδιώτη- επενδυτή ($B/C = 0.92$), ωφελεί το κράτος. Μόνο στην κλιματική ζώνη Δ ($B/C = 1.18$) παρατηρείται ταυτόχρονα όφελος τόσο για τον ιδιώτη όσο και για την κοινωνία.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Στην ανάλυση κόστους-οφέλους μεταβλήθηκε το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης και οι τιμές των ενεργειακών προϊόντων, και καταγράφηκε η μεταβολή της απόδοσης της επένδυσης. Συγκεκριμένα, προέκυψαν τα ακόλουθα:



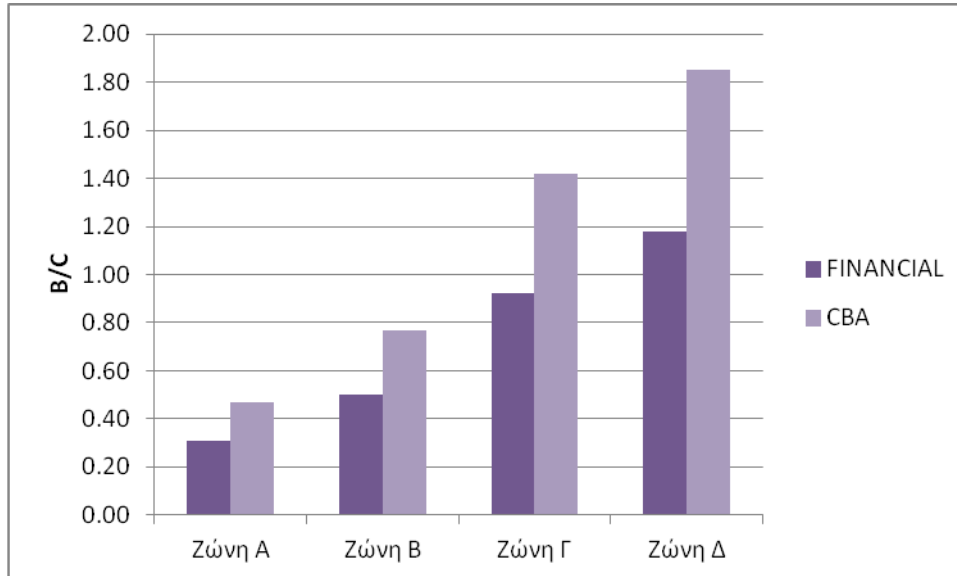
Διάγραμμα 7.6 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 7.7 Μεταβολή του λόγου Κόστους- Οφέλους συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Ομοίως με την χρηματοοικονομική ανάλυση, στην ανάλυση Οφέλους-Κόστους φαίνεται ο δείκτης Κόστους- Οφέλους να βελτιώνεται με την αύξηση των τιμών των καυσίμων. Είναι αξιοσημείωτο ότι η επέμβαση της θερμομόνωσης στη ζώνη Β, ενώ είναι γενικά μη αποδοτική, με την αύξηση των τιμών, γίνεται ωφέλιμη για το κοινωνικό σύνολο, καθώς ο λόγος B/C υπερβαίνει την μονάδα. Στη ζώνη Α δεν διαφαίνεται καμία ιδιαίτερη βελτίωση.

7.2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 7.8 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Κόστους-Οφέλους για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Είναι σαφές από το διάγραμμα 7. πως η κοινωνική απόδοση της θερμομόνωσης είναι πολύ μεγαλύτερη από την ιδιωτική, σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Άξιο αναφοράς είναι ότι στην κλιματική ζώνη Γ, ενώ δεν είναι οικονομικά αποδοτική η επένδυση, κοινωνικά αποτελεί μία αποτελεσματική λύση. Το παραπάνω διάγραμμα ουσιαστικά καταδεικνύει την αναγκαιότητα της θερμομόνωσης όσον αφορά την κοινωνική ωφελιμότητά της καθώς και την ανάγκη του κράτους να συμβάλει ώστε να γίνει πιο αποδοτική και για τον ιδιώτη- επενδυτή.

7.3 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

7.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Εδώ θα εξεταστούν δυο σενάρια. Το πρώτο αφορά την αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων με μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή και διπλούς υαλοπίνακες και το άλλο αφορά μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή και διπλούς low-e υαλοπίνακες. Σε κάθε κλιματική ζώνη οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι ίδιοι και το κόστος επένδυσης είναι επίσης το ίδιο. Όμως, η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει είναι διαφορετική λόγω διαφορετικών κλιματικών συνθηκών.

Τα δεδομένα που εισήχθησαν στη χρηματοοικονομική ανάλυση είναι τα εξής:

Η επιφάνεια με την οποία υπολογίστηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (θερμαινόμενη επιφάνεια) και το κόστος πλαισίων, τζαμιών και το συνολικό κόστος επένδυσης (συμπεριλαμβανομένου και του κόστους τοποθέτησης και αποξήλωσης των υπαρχόντων), το οποίο προέκυψε μετά από έρευνα αγοράς, παρατίθενται στους επόμενους πίνακες:

Πίνακας 7.9 Επιφάνειες

Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m ²)	831,00
Επιφάνεια Κουφωμάτων (m ²)	225,60

Πίνακας 7.10 Συνολικό Κόστος Κουφωμάτων

ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ				
Διαστάσεις Πλαισίων (m)	Τεμάχια	“Μοναδιαίο” Κόστος Πλαισίων (€/m ²)	Κόστος Πλαισίων με ΦΠΑ (23%) (€)	Συνολικό Κόστος Πλαισίων (€)
1,50 x 2,20	20	232	18.834	40.097
1,50 x 1,90	20	248	17.387	
0,60 x 1,30	10	404	3.876	
ΚΟΣΤΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ				
Διπλό Τζάμι (Σενάριο 1)				
Διαστάσεις Υαλοπινάκων (m)	Τεμάχια	“Μοναδιαίο” Κόστος Υαλοπινάκων (€/m ²)	Κόστος Υαλοπινάκων με ΦΠΑ (23%) (€)	Συνολικό Κόστος Διπλών Υαλοπινάκων (€)
Δίφυλλα Τζάμια				
2x(0,60 x 2,00)	20	35	2.066	4.071
2x(0,60 x 1,70)	20	35	1.747	
Μονόφυλλο τζάμι				
0,50 x 1,20	10	35	258	
Διπλό low-e τζάμι (Σενάριο 2)				
Διαστάσεις Υαλοπινάκων (m)	Τεμάχια	“Μοναδιαίο” Κόστος Υαλοπινάκων (€/m ²)	Κόστος Υαλοπινάκων με ΦΠΑ (23%) (€)	Συνολικό Κόστος Διπλών low-e Υαλοπινάκων (€)
Δίφυλλα Τζάμια				
2x(0,60 x 2,00)	20	60	3.542	6.996
2x(0,60 x 1,70)	20	60	3.011	
Μονόφυλλο τζάμι				
0,50 x 1,20	10	60	443	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ				
		Συνολικό κόστος (€)		
Μεταλλικά πλαίσια με διπλά τζάμια		44.168		
Μεταλλικά πλαίσια με διπλά low-e τζάμια		47.093		

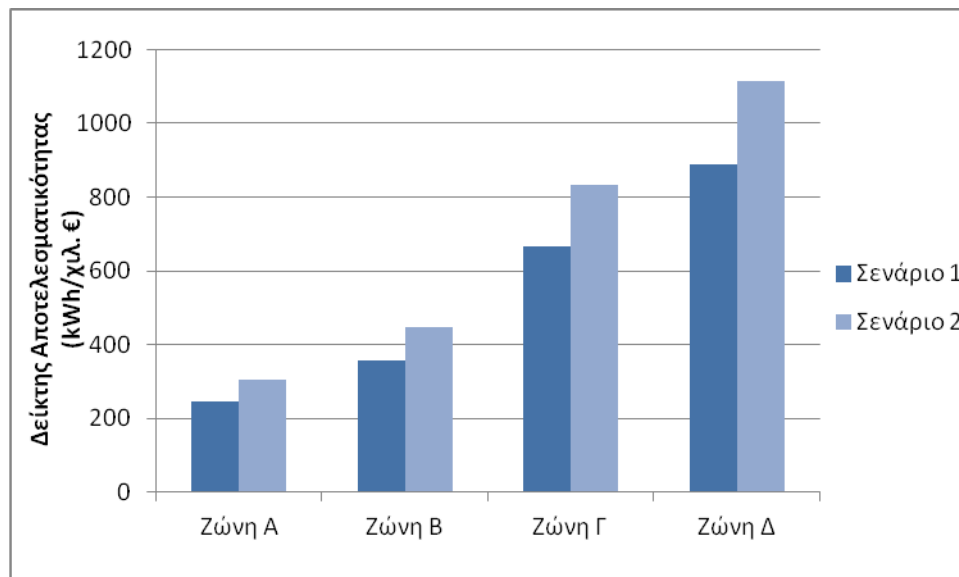
Στην αντικατάσταση των κουφωμάτων δεν απαιτείται περαιτέρω συντήρηση της επέμβασης μετά την εφαρμογή της καθώς όποιο κόστος και να υπάρχει για τη συντήρησή τους υπήρχε και πριν την επέμβαση, άρα, το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό.

Όσο αφορά το ποσό της εξοικονόμησης που προέκυψε από την ενεργειακή ανάλυση του τυπικού κτιρίου που εξετάζουμε με το λογισμικό KENAK (κεφ.6):

Πίνακας 7.11 Δεδομένα Εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη

ΣΕΝΑΡΙΟ 1				
Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Απόλυτη Εξοικονόμηση (KWh/m ²)	13,00	18,90	35,20	47,00
Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	10803,00	15705,90	29251,20	39057,00
Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	1058,32	1495,09	2922,98	3989,70
Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)	332,40	831,00	415,50	0,00
ΣΕΝΑΡΙΟ 2				
Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Απόλυτη Εξοικονόμηση (KWh/m ²)	17,30	25,20	47,20	63,10
Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	14376,30	20941,20	39223,20	52436,10
Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	1377,50	1957,05	3880,51	5325,20
Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)	831,00	1495,80	831,00	0,00

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα με το δείκτη αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων αντικατάστασης των κουφωμάτων που δείχνει το ενεργειακό όφελος (σε kWh) ανά 1000 €.



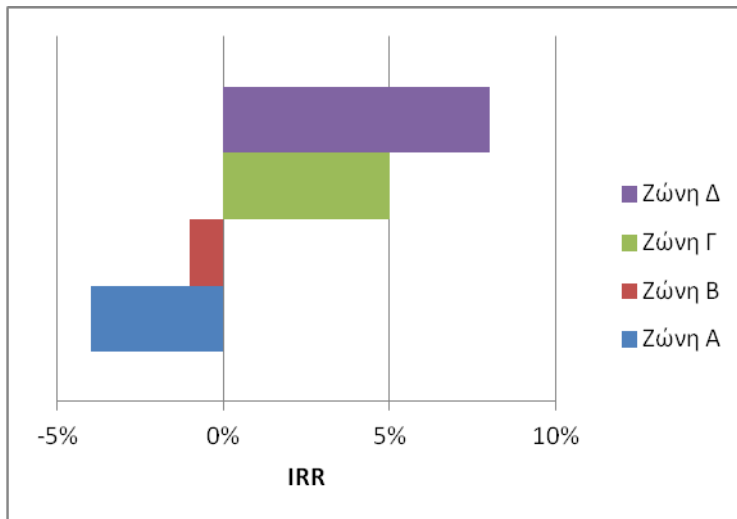
Διάγραμμα 7.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας για την αντικατάσταση των κουφωμάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Με βάση τα Διαγράμματα παρατηρείται ότι στη ζώνη Δ συμφέρει περισσότερο να επενδύσει κάποιος στην αντικατάσταση των κουφωμάτων καθώς για την ίδια ποσότητα χρημάτων που θα δαπανηθούν, θα εξοικονομηθούν περισσότερες kWh σε σχέση με κάποια άλλη κλιματική ζώνη.

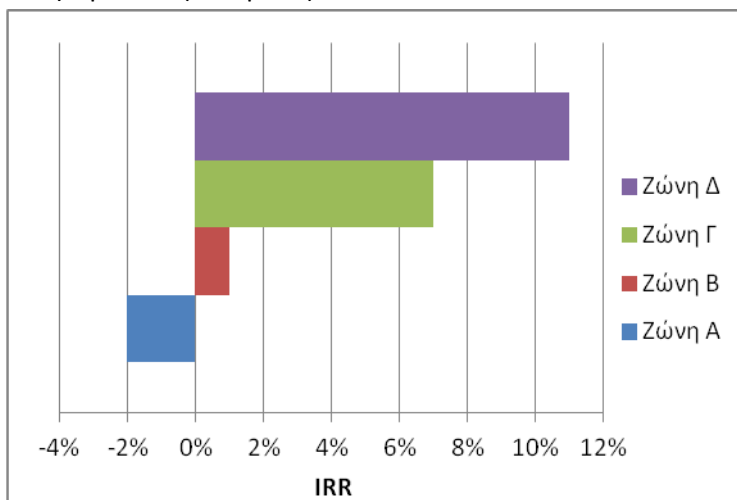
7.3.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 7.12 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για κάθε κλιματική ζώνη για την επέμβαση των κουφωμάτων

ΣΕΝΑΡΙΟ 1	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-29505,2	-4%	0,33
Ζώνη Β	-22591,6	-1%	0,49
Ζώνη Γ	-4869,9	5%	0,89
Ζώνη Δ	8118,5	8%	1,18
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-27057,7	-2%	0,43
Ζώνη Β	-17876,2	1%	0,62
Ζώνη Γ	5745,2	7%	1,12
Ζώνη Δ	22695,8	11%	1,48



Διάγραμμα 7.10 Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για αντικατάσταση κουφωμάτων. (Σενάριο 1)

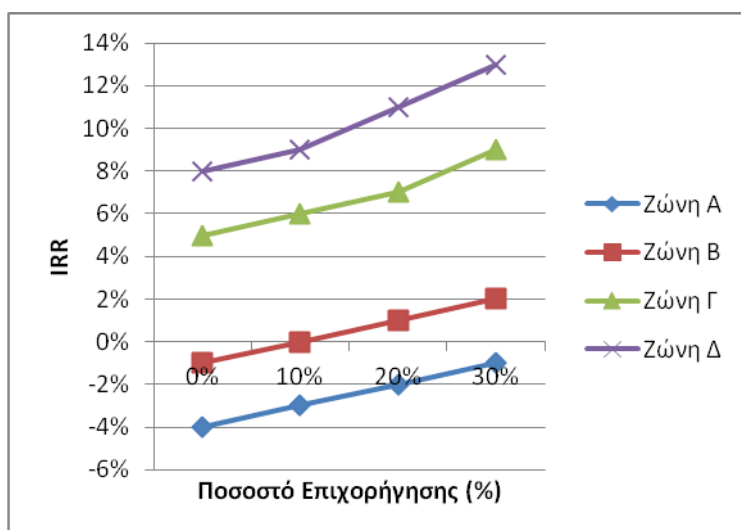


Διάγραμμα 7.11 Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για αντικατάσταση κουφωμάτων. (Σενάριο 2)

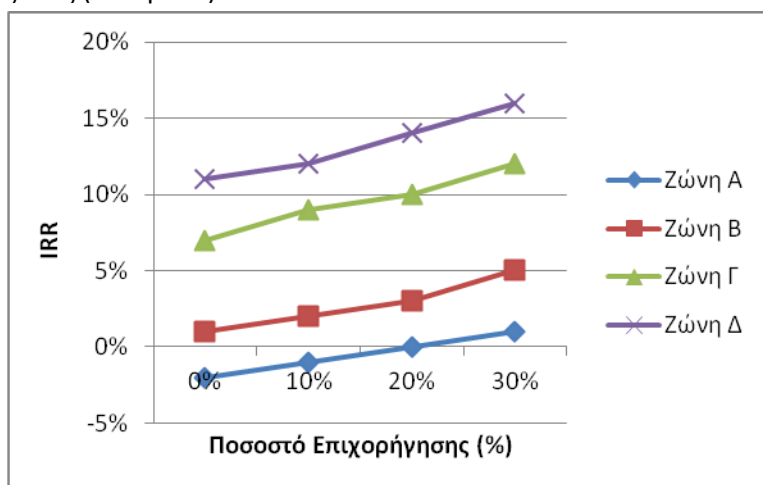
Το τυπικό επιτόκιο της αγοράς (με το οποίο συγκρίνουμε την επέμβαση) είναι 6%. Συνεπώς, όπως φαίνεται από το Διάγραμμα μόνο στη ζώνη Δ συμφέρει οικονομικά η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Ενώ, από το Διάγραμμα προκύπτει ότι με το σενάριο 2 (δηλαδή με τα διπλά low-e τζάμια) η αποδοτικότητα για τον επενδυτή βελτιώνεται σημαντικά και έτσι, για μικρή σχετικά διαφορά αρχικού κόστους επένδυσης έχουμε και μεγαλύτερη εξοικονόμηση και μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα.

Ανάλυση Ευαισθησίας

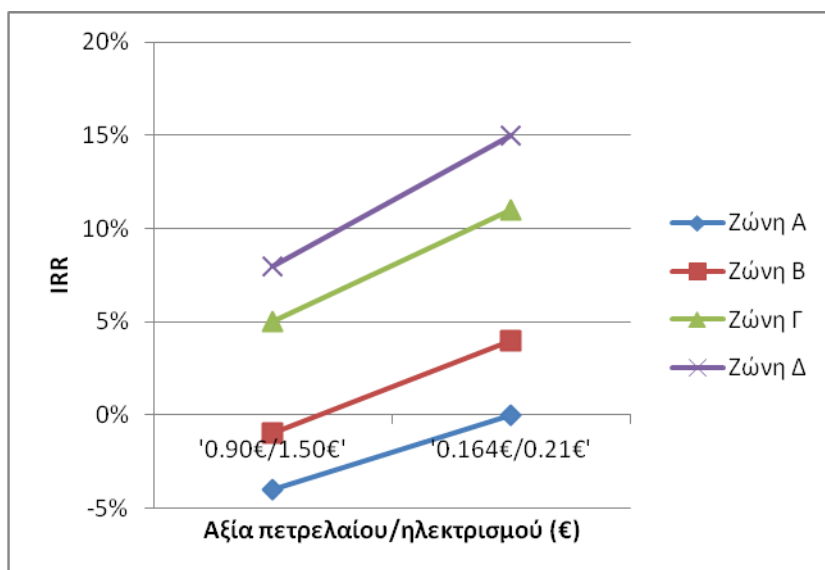
Παρακάτω, εξετάζονται τα πιθανά σενάρια επιχορήγησης επί του αρχικού κόστους επένδυσης (ή αντίστοιχης μείωσης του κόστους επένδυσης), καθώς και η αύξηση τιμών πετρελαίου και ηλεκτρισμού και αναλύεται η αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας που απολαμβάνει ο επενδυτής μέσω της μεταβολής του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR).



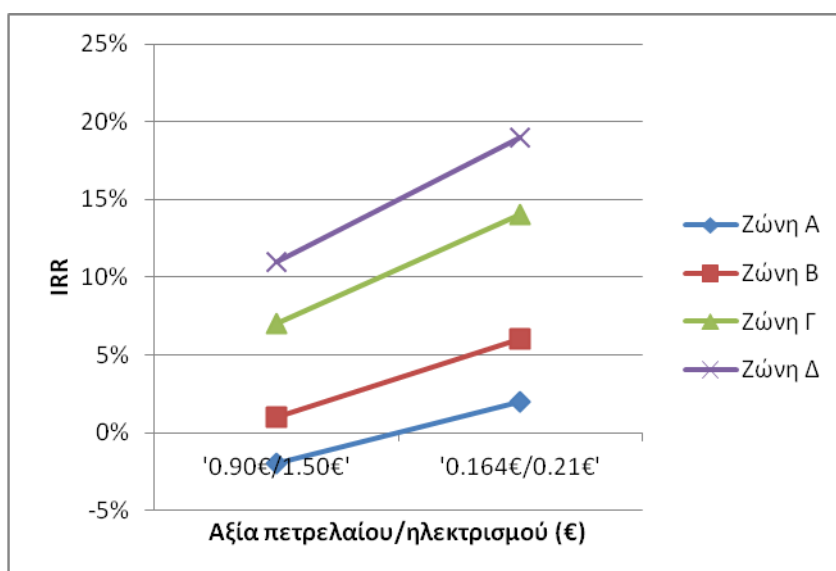
Διάγραμμα 7.12 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει του ποσοστού επιχορήγησης επί του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης για όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).



Διάγραμμα 7.13 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει του ποσοστού επιχορήγησης επί του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης για όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).



Διάγραμμα 7.14 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).



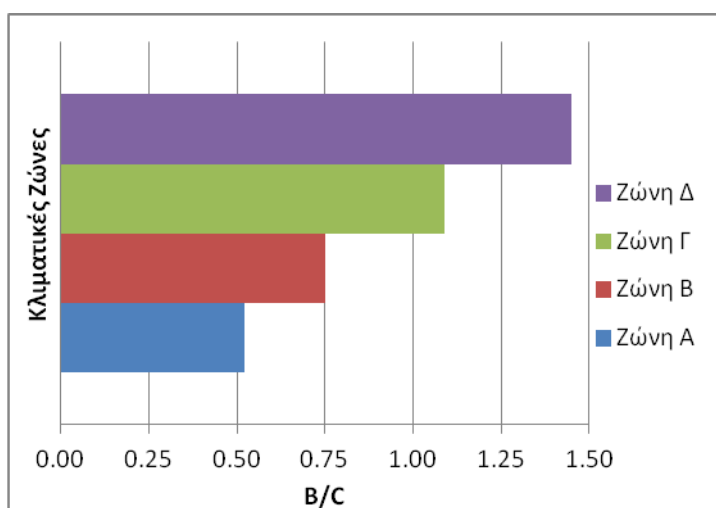
Διάγραμμα 7.15 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).

Από την Ανάλυση Ευαισθησίας προκύπτει ότι εάν το κράτος χορηγούσε ένα ποσό του κόστους επένδυσης έτσι ώστε να μειωνόταν το ποσό που θα έπρεπε να πληρώσει ο ιδιώτης τότε οι επεμβάσεις θα ήταν πιο οικονομικά ελκυστικές και αυτό επειδή αυξανόμενου του ποσοστού επιχορήγησης σε κάθε κλιματική ζώνη ο δείκτης IRR αυξάνεται. Επίσης, η αύξηση των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου βοηθάει την οικονομική αποδοτικότητα της επέμβασης. Σε κάθε σενάριο παρατηρείται ότι στις θερμές ζώνες (Α και Β) η αντικατάσταση των κουφωμάτων έχει αρνητικές αποδόσεις ενώ, όσο αφορά τις ψυχρές ζώνες (Γ και Δ) φαίνεται ότι τα διπλά low-e τζάμια αποτελούν μια αποδεκτή επένδυση.

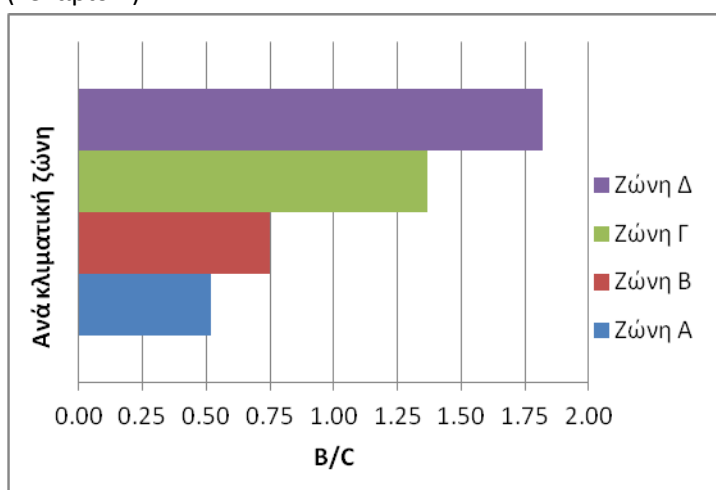
7.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Πίνακας 7.13 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες για την επέμβαση των κουφωμάτων

ΣΕΝΑΡΙΟ 1	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-9766,8	-3%	0,52
Ζώνη Β	1345,9	0%	0,75
Ζώνη Γ	15764,6	4%	1,09
Ζώνη Δ	3234,8	7%	1,45
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-11103,1	-3%	0,52
Ζώνη Β	145,8	0%	0,75
Ζώνη Γ	30517,1	7%	1,37
Ζώνη Δ	52424,2	11%	1,82



Διάγραμμα 7.16 Σύγκριση του λόγου Οφέλους-Κόστους στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).

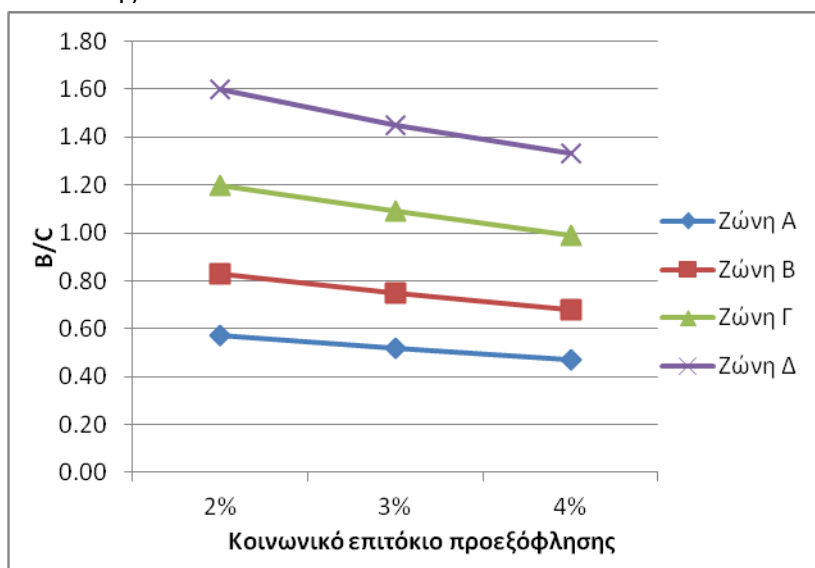


Διάγραμμα 7.17 Σύγκριση του λόγου Οφέλους-Κόστους στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).

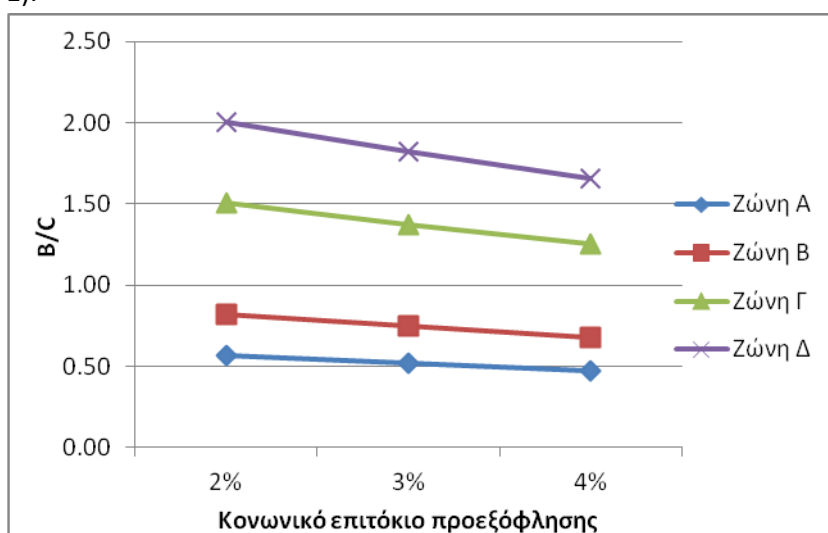
Για να είναι μια επέμβαση οικονομικά και περιβαλλοντικά συμφέρουσα για την κοινωνία πρέπει ο λόγος B/C να είναι μεγαλύτερος της μονάδος. Από τα παραπάνω διαγράμματα αυτό παρατηρείται στις ζώνες Γ και Δ. Είναι λογικό συμπέρασμα αφού, και από τη Χρηματοοικονομική Ανάλυση αλλά και από την Εξοικονόμηση Ενέργειας προκύπτει ότι στις ψυχρές ζώνες οι επεμβάσεις έχουν αυξημένη αποδοτικότητα.

Ανάλυση Ευαισθησίας

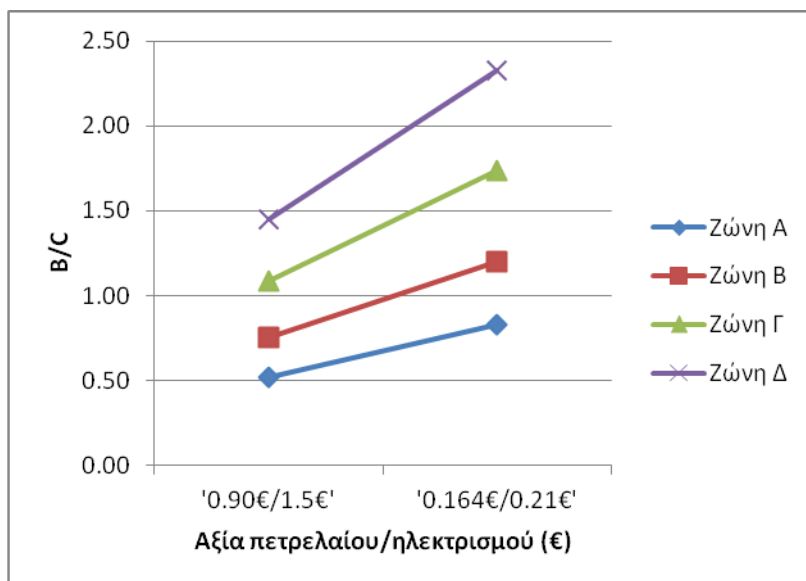
Στην ανάλυση Κόστους-Οφέλους μεταβλήθηκε το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης και η αξία του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου και καταγράφηκε η μεταβολή της απόδοσης της επένδυσης.



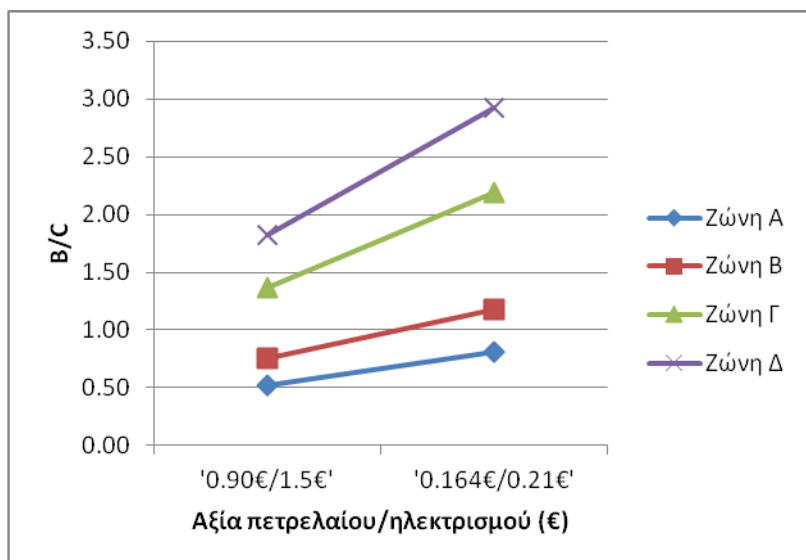
Διάγραμμα 7.18 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).



Διάγραμμα 7.19 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).



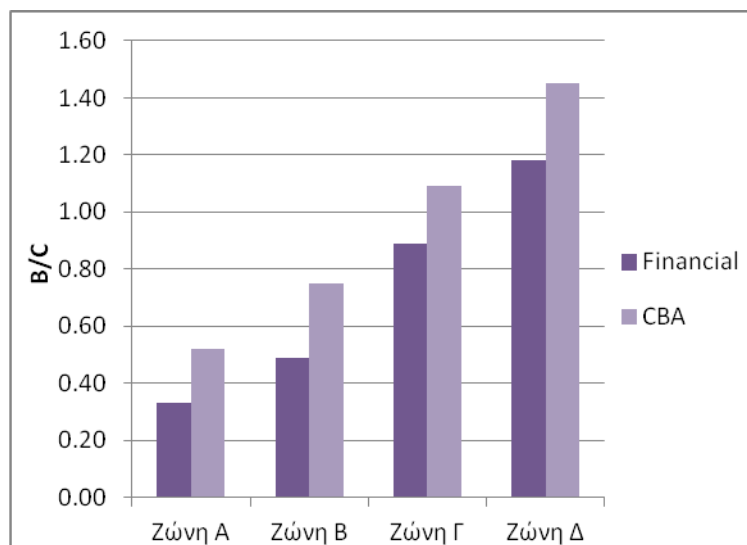
Διάγραμμα 7.20 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).



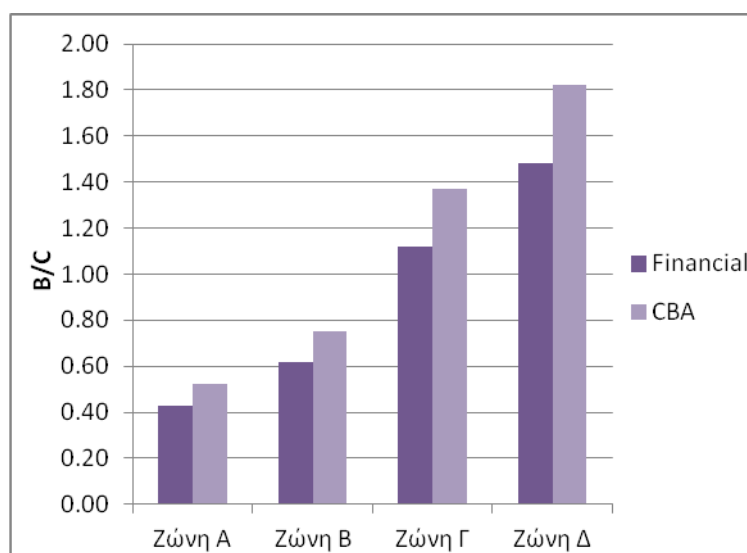
Διάγραμμα 7.21 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).

Ο λόγος Οφέλους-Κόστους δείχνει εάν τα Οφέλη υπερτερούν σε σχέση με το Κόστος και άρα, είναι επιθυμητό να είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Από την Ανάλυση Ευαισθησίας προκύπτει ότι όσο το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης αυξάνεται (4%) τόσο ο λόγος Οφέλους-Κόστους μειώνεται συνεπώς, είναι επιθυμητό ένα μικρό επιτόκιο. Παρατηρεί κανείς ότι η μεταβολή των τιμών των ενεργειακών προϊόντων έχει μεγαλύτερη επίδραση στην κοινωνική αποδοτικότητα της επένδυσης σε σχέση με την παροχή επιχορήγησης ή με τη μείωση του κόστους επένδυσης.

7.3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 7.22 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 1).



Διάγραμμα 7.23 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες (Σενάριο 2).

Και από τα δυο διαγράμματα συμπεραίνεται ότι η επέμβαση αντικατάστασης των κουφωμάτων συμφέρει περισσότερο περιβαλλοντικά παρά οικονομικά. Δηλαδή ευνοείται περισσότερο η εθνική οικονομία παρά ο ιδιώτης. Όμως, και από την πλευρά του επενδυτή-ιδιώτη συμφέρει αλλά μόνο στις ψυχρές ζώνες.

7.4 Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

7.4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα συστήματα που εγκαθίστανται στο κτίριο έχουν καλύτερες αποδόσεις, είναι διαστασιολογημένα για τις απαιτήσεις του κτιρίου και προπάντων δεν έχουν μεγάλες απώλειες. Σε κάθε κλιματική ζώνη εφαρμόζονται τα ίδια συστήματα (ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά) εκτός από το λέβητα θέρμανσης και παραγωγής ΖΝΧ που εφαρμόζεται ο ίδιος τύπος αλλά με διαφορετική ισχύ σε κάθε ζώνη αφού, εξαρτάται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες. Όμως, το κόστος επένδυσης δεν επηρεάζεται επειδή είναι ίδιο για ένα εύρος ισχύος. Επειδή στο πρότυπο κτίριο δεν υπήρχαν ηλιακοί συλλέκτες, προστίθεται εδώ ενδεικτικά κάποιο κόστος συντήρησης τους (2% του κόστους επένδυσης των ηλιακών).

Τα δεδομένα που εισήχθησαν στη χρηματοοικονομική ανάλυση είναι τα εξής:

Η επιφάνεια με την οποία υπολογίστηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (θερμαινόμενη επιφάνεια) είναι όπως και στις προηγούμενες επεμβάσεις 831 m².

Το κόστος επένδυσης των η/μ συστημάτων φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Τα ποσά περιλαμβάνουν ΦΠΑ (23%) και προέκυψαν μετά από έρευνα αγοράς.

Πίνακας 7.14 Κόστος Επένδυσης Η/Μ συστημάτων

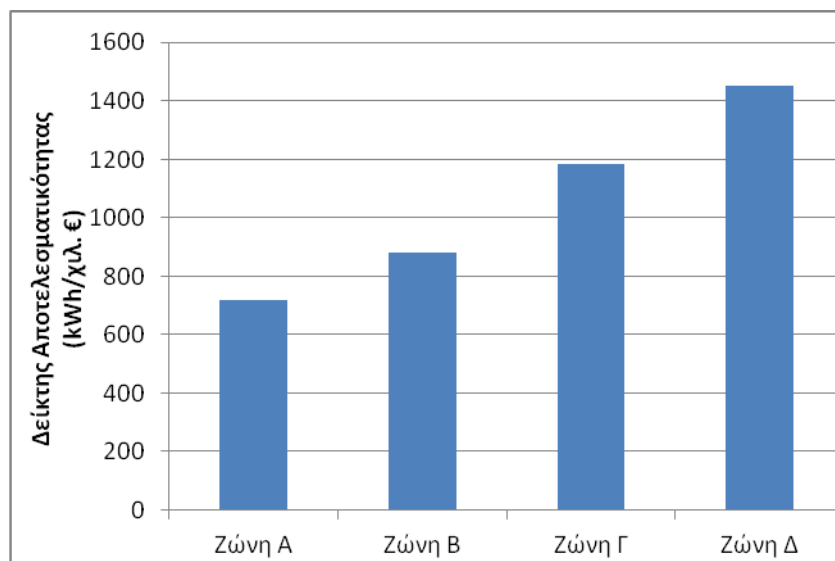
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΒΗΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ+ΖΝΧ (€)	
Λέβητας	1740
Καυστήρας	430
Κυκλοφορητής	550
Κόστος εγκατάστασης (λέβητα, καυστήρα, κυκλοφορητή, σωληνώσεις για ΖΝΧ)	2500
Συνολικό κόστος για θέρμανση:	5219
ΚΟΣΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (€)	
Κόστος μονάδας	529
Τεμάχια	20
Κόστος εγκατάστασης (για σωληνώσεις μέχρι 3m)	90
Συνολικό κόστος για ψύξη:	12380
ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ (€)	
Κόστος εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (πάνελ, σωληνώσεις, θερμοδοχείο, εργασία) (€/m ²)	738
Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m ²)	30
Συνολικό κόστος ηλιακών συλλεκτών	22140
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (€)	
39739	

Όσο αφορά το ποσό της εξοικονόμησης που προέκυψε από την ενεργειακή ανάλυση του τυπικού κτιρίου που εξετάζουμε με το λογισμικό KENAK (κεφ.6):

Πίνακας 7.15 Δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας για όλες τις κλιματικές ζώνες

Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Απόλυτη Εξοικονόμηση (KWh/m ²)	34,60	42,30	57,00	69,90
Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	28752,60	35151,30	47367,00	58086,90
Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	335,97	638,35	1965,45	3200,16
Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)	25428,60	28835,70	27921,60	26425,80

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα με το δείκτη αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων αντικατάστασης των η/μ συστημάτων που δείχνει το ενεργειακό όφελος (σε kWh) ανά 1000 €.



Διάγραμμα 7.24 Δείκτης αποτελεσματικότητας για την αντικατάσταση των η/μ συστημάτων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

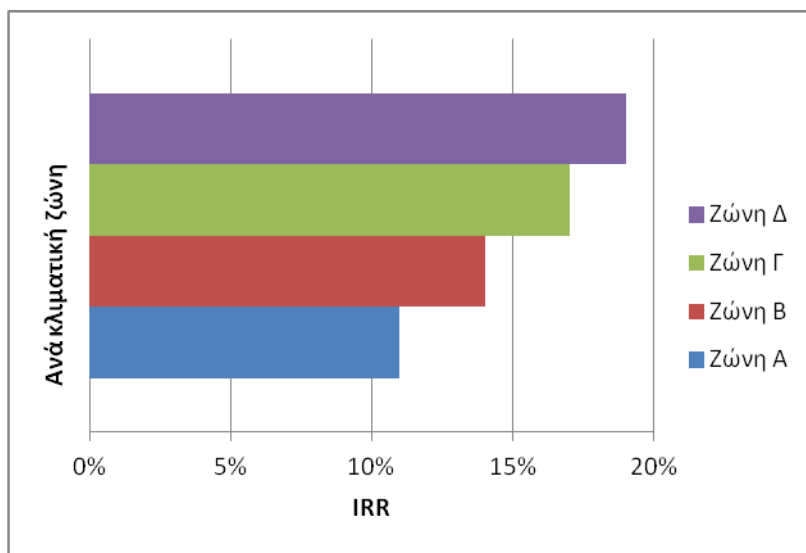
Από το Διάγραμμα φαίνεται ότι στη ζώνη Δ η αποδοτικότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στις άλλες ζώνες.

7.4.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στην παράγραφο αυτή μελετάται η χρηματοοικονομική ανάλυση της αναβάθμισης των η/μ συστημάτων του κτιρίου.

Πίνακας 7.16 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για κάθε κλιματική ζώνη για την επέμβαση της αλλαγής των η/μ συστημάτων

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	20255,5	11%	1,51
Ζώνη Β	77737,4	15%	2,57
Ζώνη Γ	74436,5	16%	2,55
Ζώνη Δ	91287,8	19%	2,96

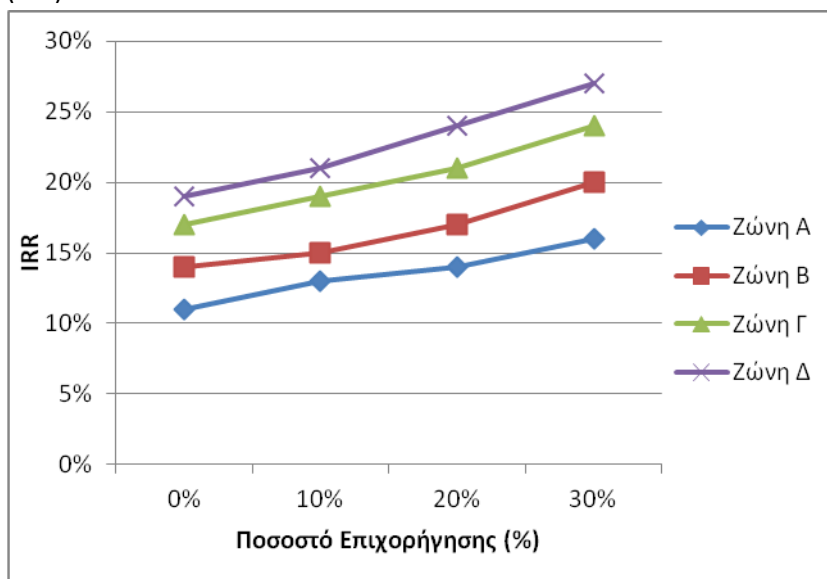


Διάγραμμα 7.25 Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για αντικατάσταση η/μ συστημάτων.

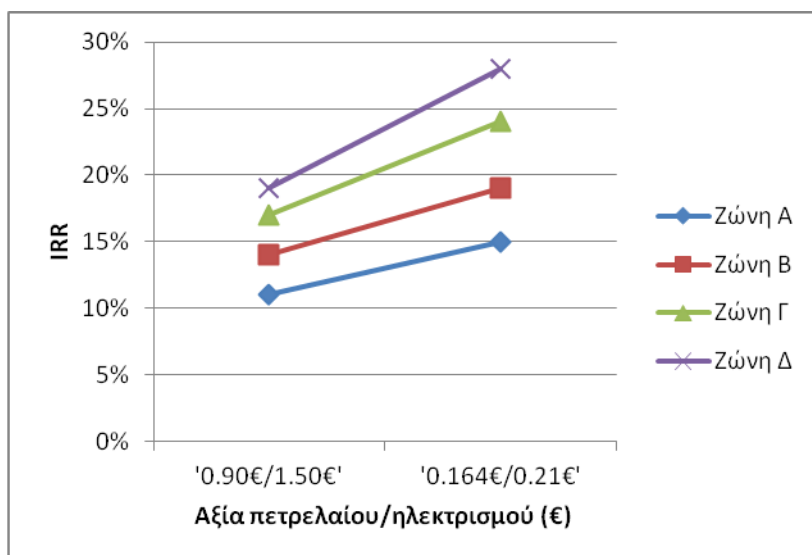
Με βάση το παραπάνω διάγραμμα γίνεται σαφές ότι η αλλαγή των η/μ συστημάτων συμφέρει οικονομικά σε κάθε κλιματική ζώνη αφού, ο δείκτης IRR είναι μεγαλύτερος από 6% (επιτόκιο αναφοράς) και άρα, και η ΚΠΑ είναι θετική. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση θα αποσβεθεί μέσα στα 20 χρόνια.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Παρακάτω, εξετάζονται τα πιθανά σενάρια επιχορήγησης επί του αρχικού κόστους επένδυσης (ή αντίστοιχης μείωσης του κόστους επένδυσης), καθώς και η αύξηση τιμών πετρελαίου και ηλεκτρισμού και αναλύεται η αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας που απολαμβάνει ο επενδυτής μέσω της μεταβολής του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR).



Διάγραμμα 7.26 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει του ποσοστού επιχορήγησης επί του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης για όλες τις κλιματικές ζώνες



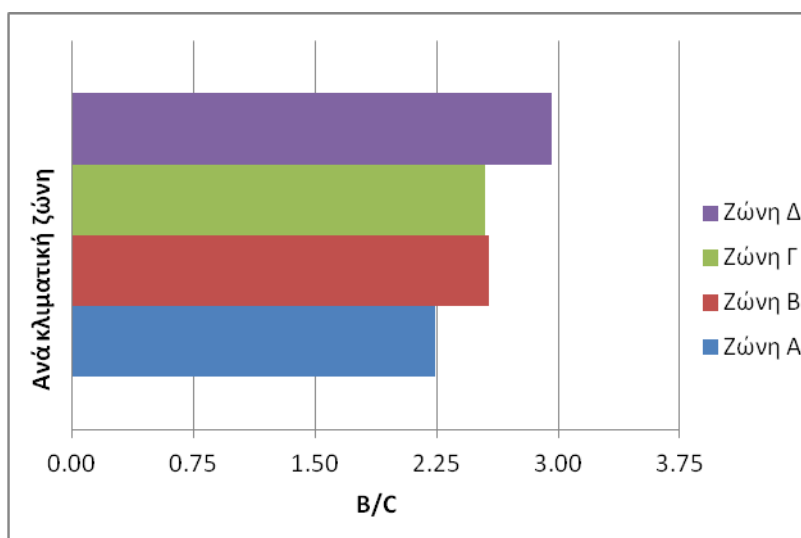
Διάγραμμα 7.27 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Από την Ανάλυση Ευαισθησίας εξάγεται το συμπέρασμα ότι η επέμβαση αναβάθμισης των η/μ συστημάτων είναι πολύ οικονομικά συμφέρουσα επένδυση καθώς ο δείκτης IRR είναι κατά πολύ μεγαλύτερος του 6%. Όσο αυξάνεται το ποσοστό επιχορήγησης και οι τιμές ηλεκτρισμού και πετρελαίου, τόσο πιο οικονομική εμφανίζεται η επέμβαση.

7.4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Πίνακας 7.17 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες για τα Η/Μ συστήματα

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	63674,3	13%	2,24
Ζώνη Β	77737,4	15%	2,57
Ζώνη Γ	74436,5	16%	2,55
Ζώνη Δ	91287,8	19%	2,96

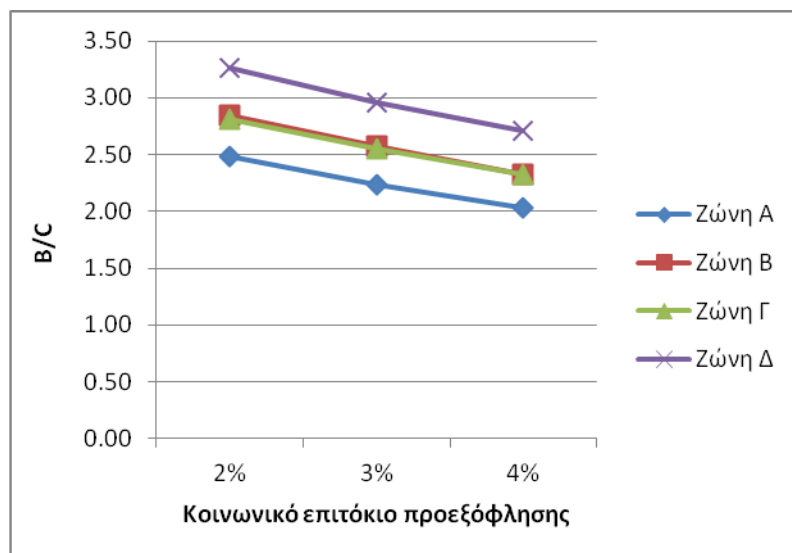


Διάγραμμα 7.28 Σύγκριση του λόγου Οφέλους-Κόστους στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

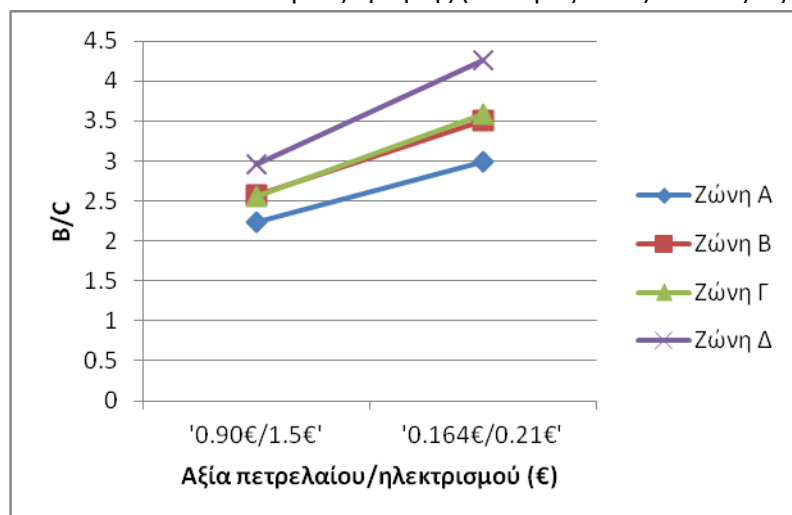
Για να είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδεκτή μια επέμβαση πρέπει ο λόγος B/C να είναι μεγαλύτερος της μονάδος. Εδώ παρατηρείται ότι σε κάθε κλιματική ζώνη είναι κατά πολύ μεγαλύτερος.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Στην ανάλυση Κόστους-Οφέλους μεταβλήθηκε το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης και η αξία του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου και καταγράφηκε η μεταβολή της απόδοσης της επένδυσης.



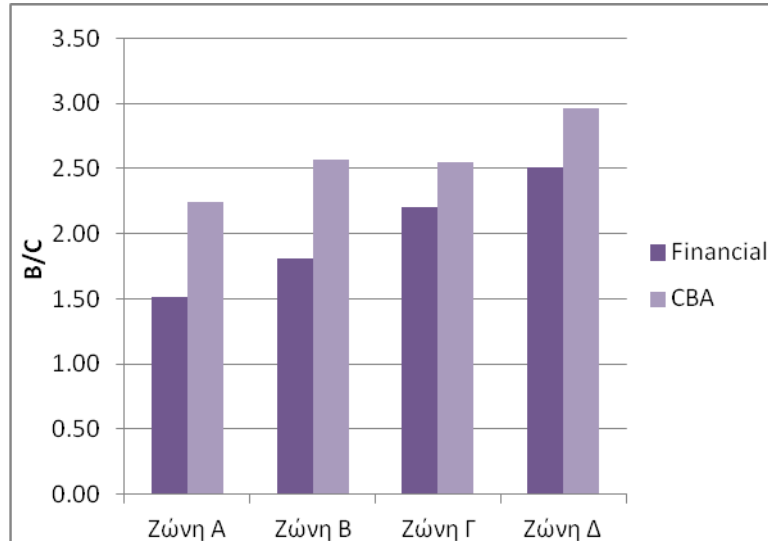
Διάγραμμα 7.29 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 7.30 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Από την Ανάλυση Ευαισθησίας συμπεραίνεται ότι το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης πρέπει να μειωθεί και η τιμή ηλεκτρισμού και πετρελαίου πρέπει να αυξηθεί για να είναι συμφέρουσα επέμβαση η αναβάθμιση των η/μ συστημάτων για την εθνική οικονομία. Η πιο ευαίσθητη παράμετρος είναι η αξία των ενεργειακών προϊόντων αφού, μια μικρή μεταβολή τους επιφέρει μεγάλη αποδοτικότητα.

7.4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 7.31 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Κόστους-Οφέλους για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Από το διάγραμμα συμπεραίνεται ότι η αναβάθμιση των η/μ συστημάτων συμφέρει περισσότερο κοινωνικά. Δηλαδή ευνοείται περισσότερο η εθνική οικονομία παρά ο ιδιώτης. Ακόμη, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

7.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.5.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν ταυτόχρονα όλες οι επεμβάσεις (θερμομόνωση, κουφώματα και η/μ συστήματα). Η ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων (αλλιώς συνέργεια) θα δείξει εάν η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αθροιστική ή όχι και υπό ποιες συνθήκες είναι οικονομικά βιώσιμη μια τέτοια μεγάλη επένδυση. Σύμφωνα με το δείκτη αποτελεσματικότητας, που θα δειχθεί παρακάτω, θα εξεταστούν μόνο τα διπλά low-e τζάμια επειδή είναι πιο αποδοτικά και από την πλευρά της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και από οικονομικής απόψεως.

Τα δεδομένα που εισήχθησαν στη χρηματοοικονομική ανάλυση είναι τα εξής:

Η επιφάνεια με την οποία υπολογίστηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (θερμαινόμενη επιφάνεια) είναι η ίδια, 831 m². Όπως επίσης και οι επιφάνειες στις οποίες εφαρμόστηκε η εξωτερική θερμομόνωση και η επιφάνεια των κουφωμάτων.

Πίνακας 7.18 Κόστη ανά κλιματική ζώνη

Κλιματικές Ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Συνολικό Κόστος Εξωτερικής Θερμομόνωσης (€):	26251	29585	32919	32919
Συνολικό Κόστος Κουφωμάτων (€):	47093	47093	47093	47093

Συνολικό Κόστος η/μ Συστημάτων(€):	39739	39739	39739	39739
Συνολικό Κόστος Επεμβάσεων (€):	113083	116417	119751	119751

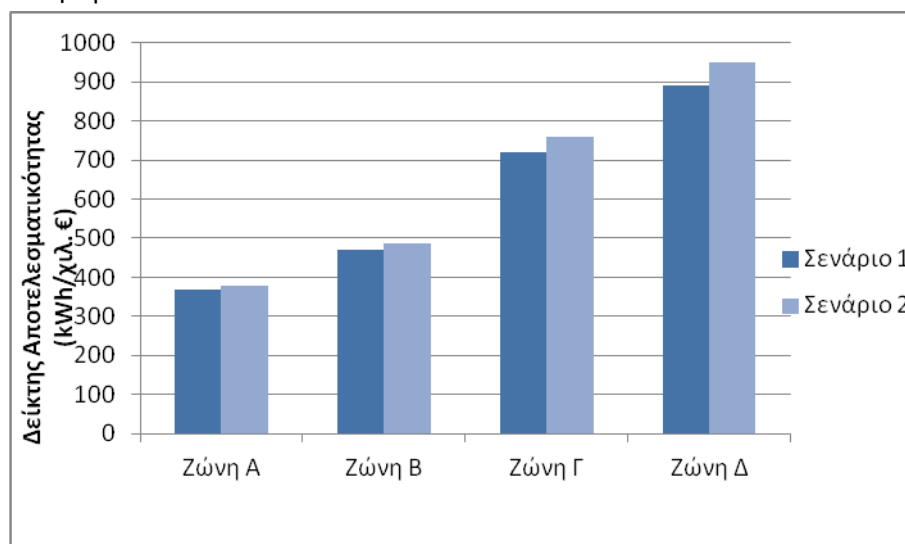
Όσο αφορά το ποσό της εξοικονόμησης που προέκυψε από την ενεργειακή ανάλυση του τυπικού κτιρίου που εξετάζουμε με το λογισμικό KENAK (κεφ.6):

Πίνακας 7.19 Δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε κλιματική ζώνη

Δεδομένα	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Απόλυτη Εξοικονόμηση (KWh/m ²)	51,50	68,10	109,70	136,90
Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	42796,50	56591,10	91160,70	113763,90
Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	1637,88	2696,20	6324,73	8844,54
Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)	26675,10	29916,00	28586,40	26425,80

Από τον Πίνακα φαίνεται καθαρά ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων δεν είναι αθροιστική σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας από την κάθε επέμβαση ξεχωριστά. Εν αντιθέσει, η εξοικονόμηση που προκύπτει από τη συνέργεια είναι μικρότερη εάν αθροίσουμε τις αντίστοιχες εξοικονομήσεις από κάθε επέμβαση και αυτό είναι λογικό αφού, οι επεμβάσεις αλληλεπικαλύπτονται, π.χ. και η θερμομόνωση και τα κουφώματα δρουν προς μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση. Παρόλα αυτά η απόδοση της συνέργειας είναι σαφώς βελτιωμένη σε σχέση με την απόδοση της κάθε επέμβασης.

Παρακάτω ακολουθεί ο δείκτης αποτελεσματικότητας της εφαρμογής όλων των επεμβάσεων και εδώ θα δειχθεί γιατί επιλέχθηκε να παρουσιαστεί μόνο το σενάριο 2 των κουφωμάτων.



Διάγραμμα 7.32 Δείκτης αποτελεσματικότητας για το σύνολο των επεμβάσεων σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

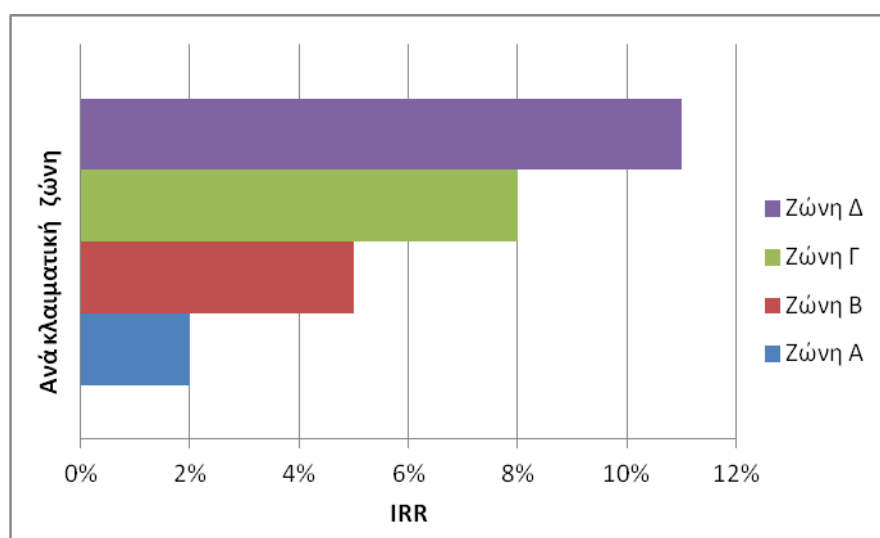
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, τα διπλά low-e τζάμια είναι πιο αποδοτικά και για αυτό επιλέγονται προς περαιτέρω ανάλυση και στις ζώνες Γ και Δ έχουμε σχεδόν υπερδιπλάσια αποτελεσματικότητα από ότι στις ζώνες Α και Β.

7.5.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο υπό εξέταση κτίριο, αφού μελετήθηκαν όλες οι επεμβάσεις ξεχωριστά, μελετήθηκε επίσης, με τη χρήση του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., η συνέργεια της θερμομόνωσης, των κουφωμάτων και των Η/Μ συστημάτων. Επειδή ο φωτισμός εξαρχής δε μπορεί να εισαχθεί στο λογισμικό δε θα μελετηθεί ούτε τώρα ως συνέργεια με τις άλλες επεμβάσεις.

Πίνακας 7.20 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες για την συνέργεια επεμβάσεων

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	-33052,6	2%	0.71
Ζώνη Β	-14784,4	5%	0.87
Ζώνη Γ	26262,5	8%	1.22
Ζώνη Δ	54130,6	11%	1.45

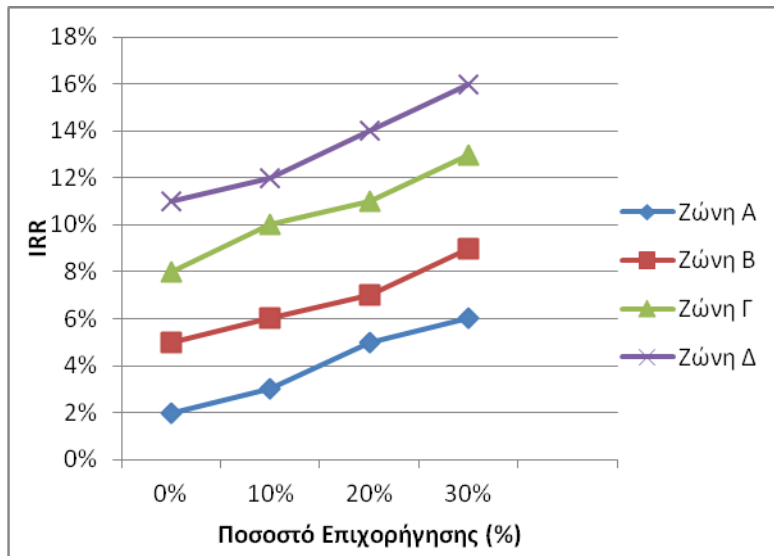


Διάγραμμα 7.33 Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για την ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων.

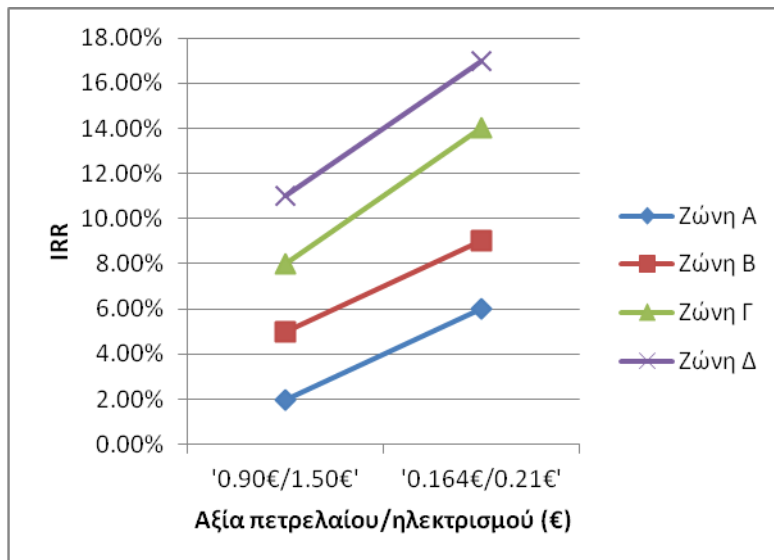
Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η παράλληλη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων ευνοεί μόνο τις ζώνες Γ και Δ. κάτι ανάλογο παρατηρήθηκε και στην εφαρμογή της θερμομόνωσης και της αντικατάστασης των κουφωμάτων ξεχωριστά.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Παρακάτω, εξετάζονται τα πιθανά σενάρια επιχορήγησης επί του αρχικού κόστους επένδυσης (ή αντίστοιχης μείωσης του κόστους επένδυσης), καθώς και η αύξηση τιμών πετρελαίου και ηλεκτρισμού και αναλύεται η αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας που απολαμβάνει ο επενδυτής μέσω της μεταβολής του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR).



Διάγραμμα 7.34 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει του ποσοστού επιχορήγησης επί του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης για όλες τις κλιματικές ζώνες.



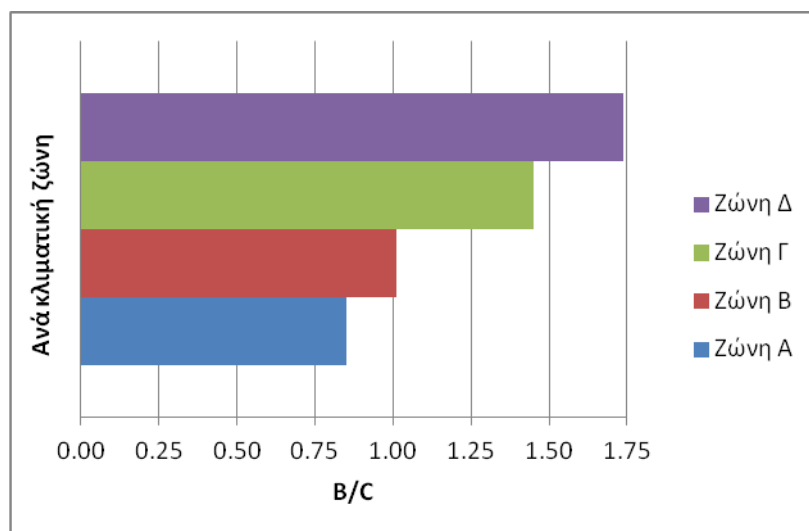
Διάγραμμα 7.35 Μεταβολή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες

Από την Ανάλυση Ευαισθησίας προκύπτει ότι η πιο ευαίσθητη παράμετρος είναι η αύξηση τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου και αυτό φαίνεται από την κλίση της γραφικής παράστασης που είναι αρκετά απότομη.

7.5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Πίνακας 7.21 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Οφέλους-Κόστους για όλες τις κλιματικές ζώνες για τη συνέργεια επεμβάσεων

	NPV	IRR	B/C
Ζώνη Α	12997,8	1%	0.85
Ζώνη Β	32602,1	3%	1.01
Ζώνη Γ	87166,0	7%	1.45
Ζώνη Δ	123716,9	10%	1.74

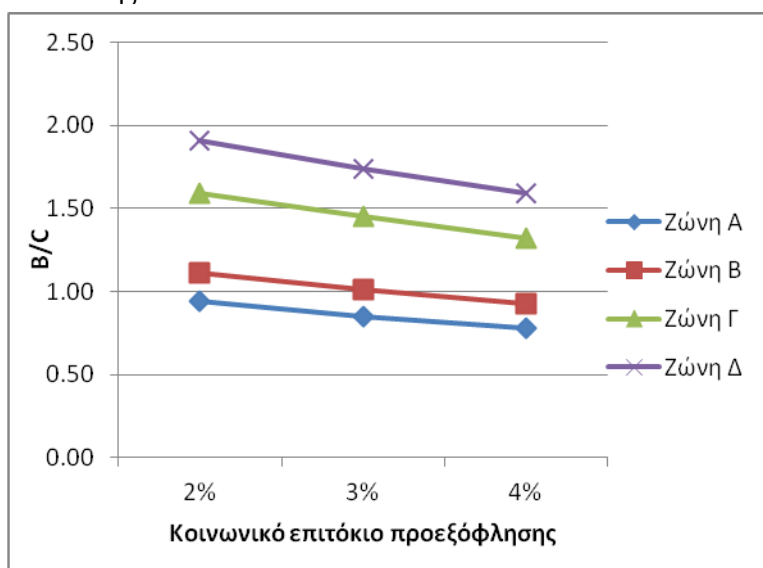


Διάγραμμα 7.36 Σύγκριση του λόγου Οφέλους-Κόστους στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

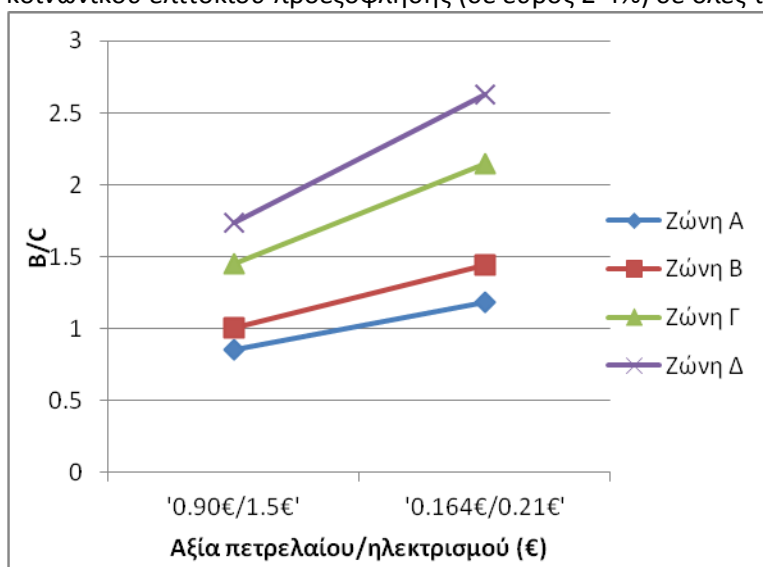
Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι στις ζώνες Γ και Δ η συνέργεια όλων των επεμβάσεων οδηγεί σε περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη προς την εθνική οικονομία λόγω του λόγου Οφέλους-Κόστους που είναι μεγαλύτερος της μονάδος.

Ανάλυση Ευαισθησίας

Στην ανάλυση Κόστους-Οφέλους μεταβλήθηκε το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης και η αξία του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου και καταγράφηκε η μεταβολή της απόδοσης της επένδυσης.



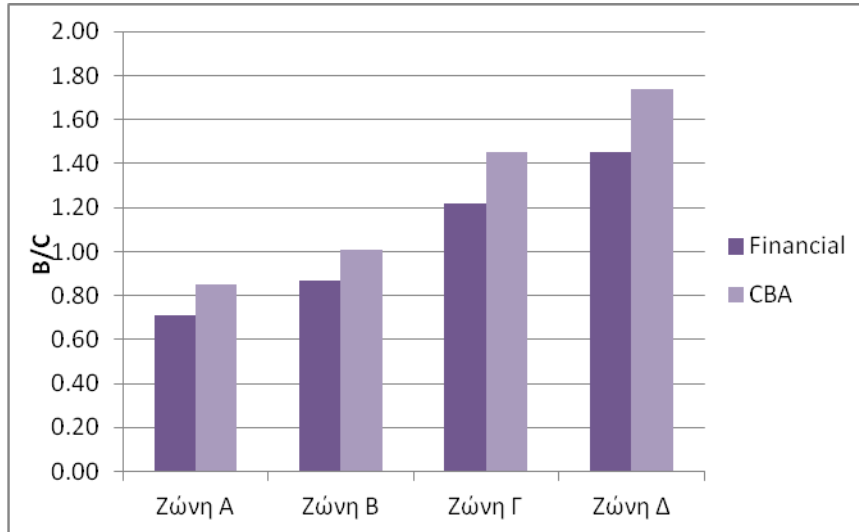
Διάγραμμα 7.37 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 7.38 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Τα αποτελέσματα από την Ανάλυση Ευαισθησίας από την παράλληλη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων δείχνουν ότι όλες οι επεμβάσεις μαζί ευνοούν περισσότερο τις ψυχρές κλιματικές ζώνες εκεί δηλαδή που προκύπτει και μεγάλη εξοικονόμηση της ενέργειας. Η πιο ευαίσθητη παράμετρος είναι και πάλι η αύξηση των τιμών ηλεκτρισμού και πετρελαίου, σενάριο πολύ ρεαλιστικό αφού, η εφαρμογή αυτού του μέτρου θα ξεκινήσει πολύ σύντομα.

7.5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 7.39 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Κόστους-Οφέλους για όλες τις κλιματικές ζώνες.

Και πάλι συμπεραίνει κανείς ότι η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών στις κατοικίες για πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας συμβάλει περισσότερο περιβαλλοντικά και οικονομικά για την εθνική οικονομία παρά για τον ιδιώτη στις ζώνες Α και Β. Γιατί στις ζώνες Γ και Δ συμφέρει και για τους δυο, βέβαια και πάλι η εθνική οικονομία θα έχει μεγαλύτερο κέρδος από τον ιδιώτη επενδυτή.

7.6 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

7.6.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Ο φωτισμός δεν επηρεάζεται από τις διάφορες κλιματικές ζώνες, επομένως η χρηματοοικονομική ανάλυση της επέμβασης αυτής είναι ενιαία. Από την άλλη, επειδή ο φωτισμός δεν ήταν δυνατόν να συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων έπρεπε να υπολογιστεί διαφορετικά.

Η επένδυση προβλέπει την αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού. Η αντικατάσταση αυτή πραγματοποιείται σε όλο το κτίριο και συγκεκριμένα περιλαμβάνει τους εξής χώρους:

- i. Τα διαμερίσματα της πολυκατοικίας συμπεριλαμβανομένου και των μπαλκονιών.
- ii. Το κλιμακοστάσιο όλων των ορόφων, μαζί με το δώμα στην οροφή και τον κοινόχρηστο χώρο του ισογείου.
- iii. Την πυλωτή.

Για να γίνει η αντικατάσταση ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως από ένα λαμπτήρα φθορισμού είναι απαραίτητο οι λαμπτήρες να είναι της ίδιας φωτεινότητας (lumen). Επιπλέον, επειδή δεν είναι γνωστό πόσους ακριβώς λαμπτήρες διαθέτει η πολυκατοικία, αλλά και επειδή αυτή η πληροφορία διαφοροποιείται από κατοικία σε κατοικία και είναι απόφαση υποκειμενική, ο αριθμός των λαμπτήρων υπολογίστηκε με βάση την απαιτούμενη

φωτεινότητα ανά τετραγωνικό που είναι απαραίτητη ώστε να είναι ανεκτός ο φωτισμός σε ένα χώρο.

Με βάση βιβλιογραφικές πηγές, θεωρήθηκε ότι η απαιτούμενη φωτεινότητα είναι 150 lumen/m² και ότι η φωτεινότητα ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως των 60W είναι 750 lumen. Από το σημείο αυτό και έπειτα, η επιλογή της ισχύος του λαμπτήρα αντικατάστασης ήταν εύκολη καθώς ο λαμπτήρας φθορισμού πρέπει να έχει την ίδια φωτεινότητα με αυτόν που αντικαθιστά. Βρέθηκε λοιπόν ότι στα 750 lumen αντιστοιχεί ένας λαμπτήρας φθορισμού των 15W. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώθηκε και από βιβλιογραφικές πηγές. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, υπολογίστηκε η συνολική απαιτούμενη φωτεινότητα του κτιρίου και ο αριθμός των λαμπτήρων.[45, 46, 51]

Πίνακας 7.22 Δεδομένα επιφάνειας πρότυπου κτιρίου

Φωτιζόμενη Επιφάνεια Κτιρίου (m ²)	1206,08
Φωτεινότητα ανά τετραγωνικό (lumen/ m ²)	150
Συνολική φωτεινότητα κτιρίου (lumen)	180912
Φωτεινότητα ενός λαμπτήρα (lumen)	750
Αριθμός λαμπτήρων	241

Για να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την αντικατάσταση λαμπτήρων, θεωρήθηκε ότι ένας λαμπτήρας λειτουργεί κατά μέσο όρο 2 ώρες την ημέρα για όλο το έτος. Μετατράπηκε έτσι η ισχύς του λαμπτήρα από Watt σε kWh/ημέρα, έπειτα πολλαπλασιάστηκε με το σύνολο των λαμπτήρων και ανάχθηκε σε ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα,

Πίνακας 7.23 Αποτελέσματα εξοικονόμησης από την αντικατάσταση λαμπτήρων

Λαμπτήρες	Watt	Wh	kWh/ ημέρα	kWh/έτος	Απόλυτη Εξοικονόμηση ανά έτος (kWh/έτος)	Για όλους τους λαμπτήρες συνολικά (kWh/έτος)
Πυρακτώσεως	60	120,00	0,12	43,80	32,85	7916,85
Φθορισμού	15	30,00	0,03	10,95		

Το αρχικό κόστος επένδυσης που εισάγεται στο παρόν είναι η διαφορά του κόστους αγοράς των λαμπτήρων πυρακτώσεως από το κόστος αγοράς των λαμπτήρων φθορισμού. Επειδή ο χρόνος ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι 6 χρόνια, αυτό το κόστος επένδυσης επιβαρύνει ξανά τις ετήσιες χρηματοροές του 6^{ου}, 12^{ου} και 18^{ου} έτους. Επίσης, επειδή αντικαθίστανται λαμπτήρες που έχουν χρόνο ζωής 2 χρόνια, στο 2^ο, 4^ο, 6^ο, 8^ο, 10^ο, 12^ο, 14^ο, 16^ο, 18^ο και 20^ο έτος εισάγουμε στις αντίστοιχες χρηματοροές σαν έσοδο το κόστος αγοράς των λαμπτήρων πυρακτώσεως.

Τα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων είναι τα εξής:

Πίνακας 7.24 Αποτελέσματα κόστους από την αντικατάσταση λαμπτήρων

Λαμπτήρες	Watt	Μοναδιαίο κόστος (€)	Χρόνος Ζωής	Χρόνος Ζωής	Συνολικό Κόστος Αγοράς	Κόστος αντικατάστασης

			(ώρες)	(έτη)	για το κτίριο (€)	λαμπτήρων στο κτίριο (€)
Πυρακτώσεως	60	0,828	1000	2	199,548	1003,94
Φθορισμού	15	4,99	6000	6	1203	

Να σημειωθεί ότι το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδιο όπως σε όλες τις επεμβάσεις και ότι η εξοικονόμηση πετρελαίου είναι μηδενική επειδή δεν υπάρχει κατανάλωση αυτού του καυσίμου.

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας, σαν αρχικός δείκτης εκτίμησης της επένδυσης έχει τιμή 7885 και άρα δείχνει ότι η αντικατάσταση λαμπτήρων θα επέφερε πολύ μεγάλο όφελος.

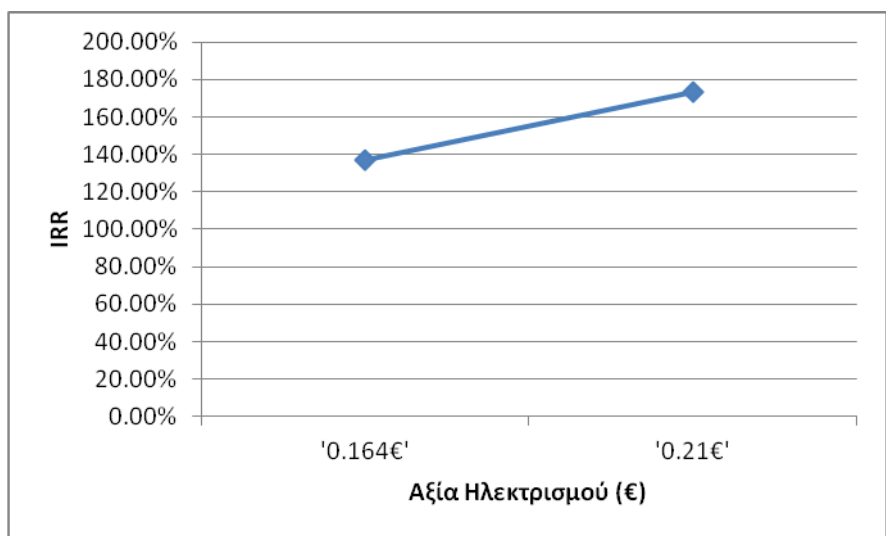
7.6.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 7.25 Αποτελέσματα ΚΠΑ, Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και λόγου Κόστους-Οφέλους για την επέμβαση του φωτισμού

Επέμβαση	NPV	IRR	B/C
Φωτισμός	17127,9	137%	18,06

Τα παραπάνω αποτελέσματα καθιστούν σαφές ότι ο φωτισμός είναι μία πολύ οικονομικά αποδοτική επένδυση. Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης είναι μεγαλύτερος από το ιδιωτικό επιτόκιο προεξόφλησης (6%) και ο λόγος Κόστους-Οφέλους είναι πολύ μεγαλύτερος από τη μονάδα. Οι δύο αυτοί δείκτες επισημαίνουν λοιπόν την υψηλή αποδοτικότητα που θα είχε η αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού.

Στον φωτισμό δε μελετάται η μεταβολή της οικονομικής αποδοτικότητας της επένδυσης συναρτήσει της λήψης ποσοστού επιχορήγησης γιατί η συγκεκριμένη επέμβαση είναι ιδιαίτερα αποδοτική και δεν απαιτείται η περαιτέρω βελτίωση της αποδοτικότητάς της. Πέραν τούτου, έγιναν οι παρακάτω αναλύσεις.



Διάγραμμα 7.40 Μεταβολή του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης (IRR) συναρτήσει της μεταβολής της τιμής του ηλεκτρισμού σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Όπως για όλες τις επεμβάσεις, έτσι και στον φωτισμό, η συμπεριφορά του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης (IRR) είναι ίδια στις διακυμάνσεις των τιμών των ενεργειακών προϊόντων. Στην προκειμένη περίπτωση όμως, οποιεσδήποτε αλλαγές δεν αλλάζουν τη γενική εικόνα του φωτισμού με βάση την οποία η επέμβαση είναι η πιο αποδοτική από όλες.

7.6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

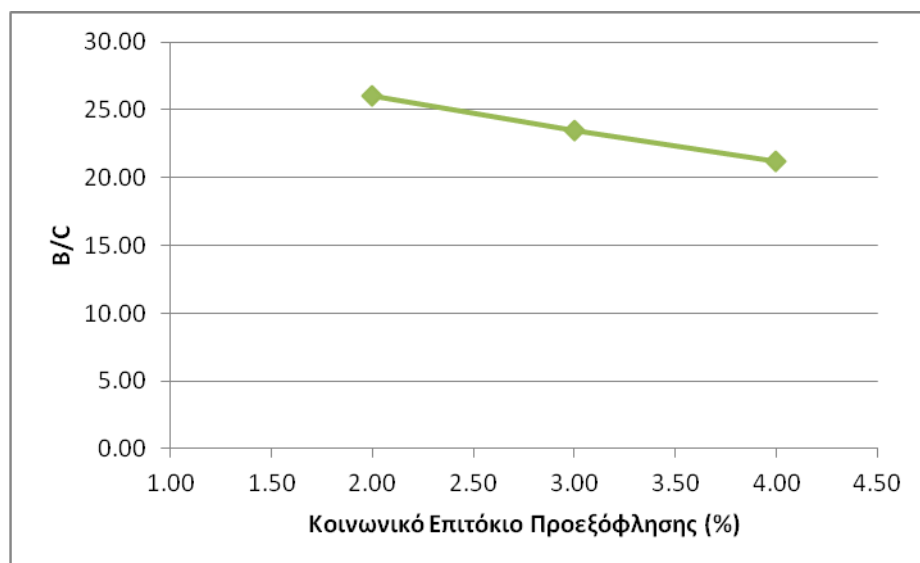
Ο φωτισμός προκαλεί εκπομπές CO₂ και λοιπών αέριων ρύπων εξ ολοκλήρου από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση λοιπόν με άλλες επεμβάσεις, τα κοινωνικά έσοδα από την εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ αλλά και των λοιπών ρύπων υπολογίζονται μόνο με βάση το κόστος του ηλεκτρισμού για αυτά.

Να σημειωθεί επίσης ότι επειδή ο φωτισμός είναι ενιαίος σε όλες τις κλιματικές ζώνες, το εξωτερικό κόστος των λοιπών αερίων ρύπων λόγω του ηλεκτρισμού θεωρήθηκε ίσος με τον μέσο όρο της τιμής τους στο διασυνδεδεμένο δίκτυο και στα νησιά (0.0094 €/kWh).

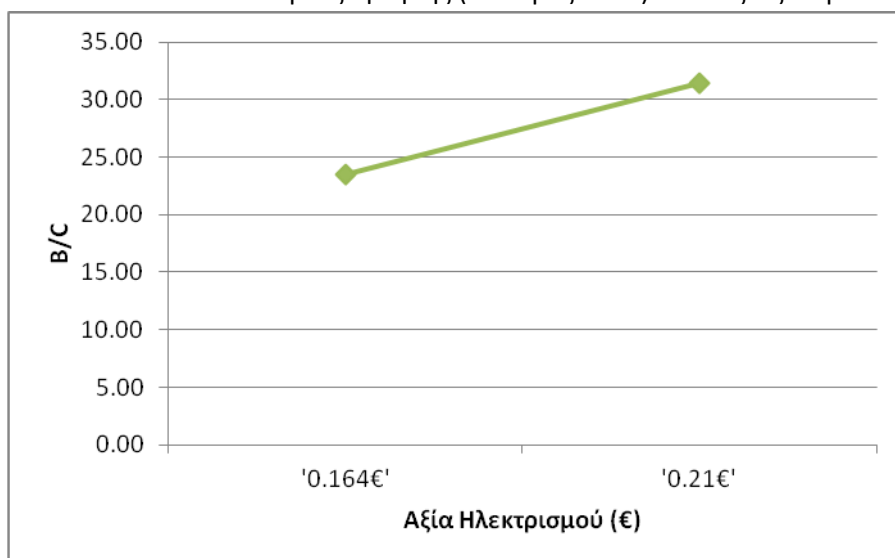
Για τον υπολογισμό του κόστους- οφέλους από την αντικατάσταση λαμπτήρων απαιτήθηκε ο υπολογισμός των εκπομπών CO₂ που αποφεύγονται. Ο υπολογισμός αυτός έγινε με χρήση ενός διαδικτυακού λογισμικού με το οποίο μετατράπηκε η εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ από kWh σε μονάδες τόνων. Η απόλυτη συνολική εξοικονόμηση υπολογίστηκε με βάση τον πίνακα 7.26. [53]

Πίνακας 7.26 Αποτελέσματα Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους για την επέμβαση του φωτισμού

Επέμβαση	NPV	IRR	B/C
Φωτισμός	24261.4	121%	23.45



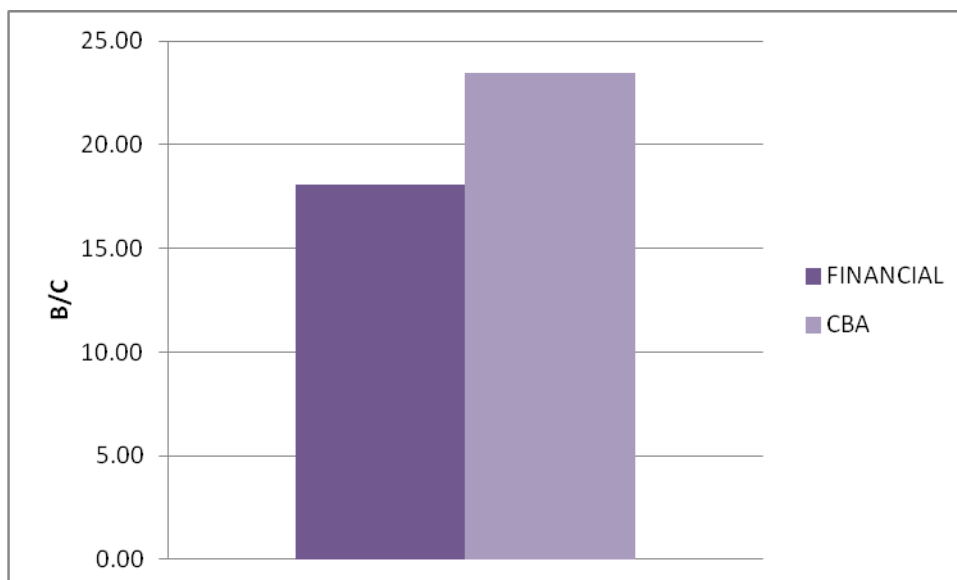
Διάγραμμα 7.41 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους συναρτήσει της μεταβολής του κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης (σε εύρος 2-4%) σε όλες τις κλιματικές ζώνες.



Διάγραμμα 7.42 Μεταβολή του λόγου Οφέλους-Κόστους της ΑΚΟ συναρτήσει της μεταβολής των τιμών των καυσίμων (ηλεκτρισμού) σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

Οι παραπάνω διακυμάνσεις δεν ανατρέπουν την κοινωνική αποδοτικότητα της αντικατάστασης των λαμπτήρων, αντιθέτως οι θετικές μεταβολές όπως η αύξηση των τιμών ενέργειας απλά βελτιώνουν ακόμα πιο έντονα το κοινωνικό όφελος.

7.2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 7.43 Σύγκριση ιδιωτικής και κοινωνικής απόδοσης μέσω του λόγου Οφέλους-Κόστους.

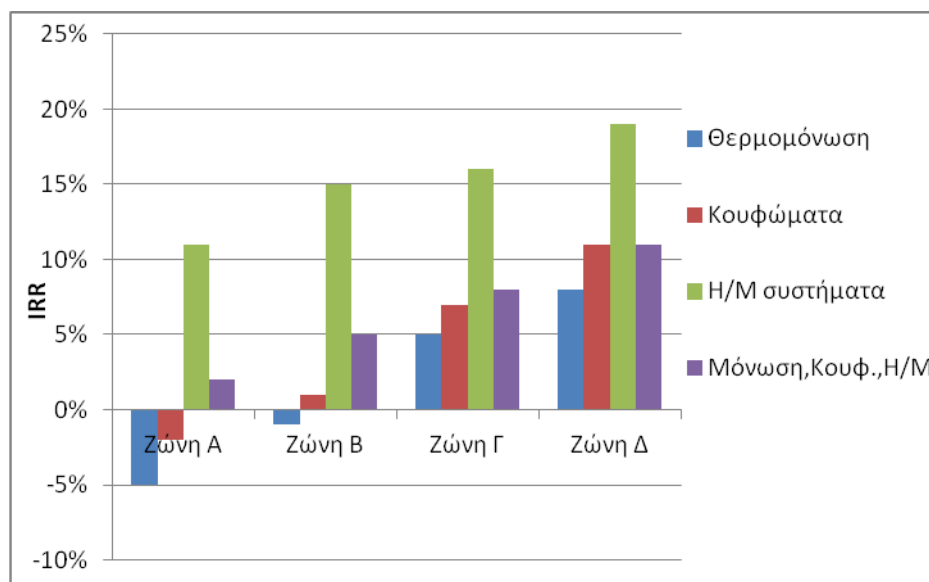
Με βάση το διάγραμμα 7. φαίνεται πως η κοινωνική αποδοτικότητα της επένδυσης είναι μεγαλύτερη από την ιδιωτική. Αν και αυτό ισχύει και σε όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις, στην προκειμένη περίπτωση δεν αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός αφού τόσο ιδιωτικά όσο και κοινωνικά η αντικατάσταση λαμπτήρων αποτελεί άκρως αποδοτική επένδυση.

7.7 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

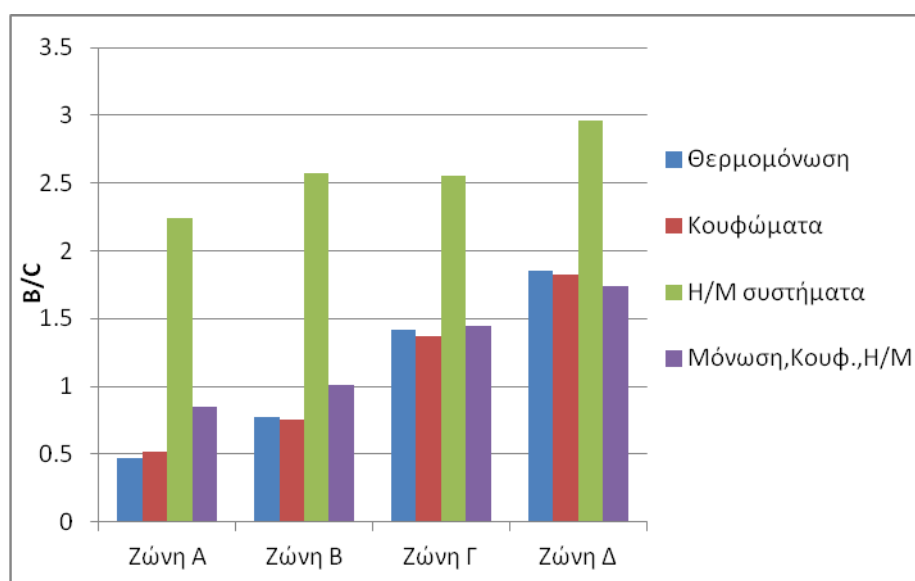
Στο παρόν υποκεφάλαιο θα γίνει:

- i. μία συνοπτική επισκόπηση των αποτελεσμάτων όλων των ενεργειακών επεμβάσεων
- ii. μία πιο συγκεκριμένη ανάλυση των οικονομικών και κοινωνικών ωφελειών των επεμβάσεων στη κλιματική ζώνη Β.

i. Για να εξαχθούν συμπεράσματα για όλες τις επεμβάσεις και όλες τις κλιματικές ζώνες παρατίθενται παρακάτω διαγράμματα με συγκεντρωτικά στοιχεία:



Διάγραμμα 7.44 Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης ανά επέμβαση και ανά ζώνη



Διάγραμμα 7.45 Λόγος Οφέλους-Κόστους ανά επέμβαση και ανά ζώνη

Στο Διάγραμμα 7.44 απεικονίζεται ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) για κάθε επέμβαση και ανά κλιματική ζώνη. Ο δείκτης αυτός δείχνει την οικονομική αποδοτικότητα μιας επένδυσης και πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 6%. Από το διάγραμμα συμπεραίνεται ότι η επέμβαση αναβάθμισης των η/μ συστημάτων ενός κτιρίου αποτελεί μια οικονομικά συμφέρουσα επιλογή και μάλιστα, κάνει και καλή εξοικονόμηση ενέργειας. Όσο αφορά στη συνέργεια της θερμομόνωσης, των κουφωμάτων και των η/μ συστημάτων παρατηρείται ότι αυξάνεται βαθμιαία από τη ζώνη Α προς τη ζώνη Δ αλλά όπως και οι επεμβάσεις κελύφους στις ζώνες Α και Β είναι οικονομικά ασύμφωρες επενδύσεις.

Στο Διάγραμμα 7.45 απεικονίζεται ο λόγος Κόστους-Οφέλους για κάθε επέμβαση και ανά κλιματική ζώνη. Ο λόγος αυτός πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από τη μονάδα για να συμφέρει μια επένδυση. Στις ζώνες Γ και Δ όλες οι επεμβάσεις είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά συμφέρουσες εν αντιθέσει, με τις ζώνες Α και Β όπου μόνο η αντικατάσταση των η/μ συμφέρει. Σκοπίμως στα διαγράμματα 7.2 και 7.3 δεν έχει παρουσιαστεί και ο φωτισμός γιατί σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις η αποδοτικότητα του είναι κατά πολύ μεγαλύτερη, αν όχι και ασύγκριτη.

ii. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα για τη ζώνη Β μιας που περιέχει και το μεγάλο αστικό κέντρο την Αθήνα. Σκοπός είναι να φανεί ποια/ες επεμβάσεις είναι αποδοτικές από ενεργειακής, οικονομικής και περιβαλλοντικής πλευράς. Να σημειωθεί ότι θα εξεταστεί μόνο η περίπτωση των διπλών low-e υαλοπινάκων. Επομένως, θα ακολουθήσουν πίνακες με στοιχεία εξοικονόμησης ενέργειας, στοιχεία κόστους και αποτελέσματα χρηματοοικονομικής και ανάλυσης κόστους-οφέλους που αναφέρονται σε ένα τυπικό 5όροφο κτίριο, όπως αυτό προσδιορίζεται στο λογισμικό του KENAK.

Πίνακας 7.27 Δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας για όλες τις επεμβάσεις για τη ζώνη Β.

Είδος επέμβασης	Απόλυτη Εξοικονόμηση (kWh/m ²)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ενεργειακό ισοδύναμο πετρελαίου (L)	Ενεργειακό ισοδύναμο ηλεκτρισμού (kWh)
Θερμομόνωση	12,50	10387,50	949,13	997,20
Κουφώματα	25,20	20941,20	1957,05	1495,80
Η/Μ συστήματα	42,30	35151,30	638,35	28835,70
Συνέργεια	68,10	56591,10	2696,20	29916,00
Φωτισμός	32,85	7916,85		

Πίνακας 7.28 Δεδομένα κόστους για όλες τις επεμβάσεις για τη ζώνη Β.

Είδος επέμβασης	Κόστος επέμβασης (€)
Θερμομόνωση	29585,00
Κουφώματα	47093,00
Η/Μ συστήματα	39739,00
Συνέργεια	116417,00
Φωτισμός	1003,94

Πίνακας 7.29 Δείκτης αποτελεσματικότητας για όλες τις επεμβάσεις για τη ζώνη Β.

Είδος επέμβασης	Δείκτης αποτελεσματικότητας (kWh/χλ €)
Θερμομόνωση	351
Κουφώματα	446
Η/Μ συστήματα	879
Συνέργεια	488
Φωτισμός	7885

Πίνακας 7.30 Αποτελέσματα Χρηματοοικονομικής Ανάλυσης για όλες τις επεμβάσεις στη ζώνη Β.

Είδος επέμβασης	NPV	IRR	B/C
Θερμομόνωση	-14767,1	-1%	0,5
Κουφώματα	-17876,2	1%	0,62
Η/Μ συστήματα	77737,4	15%	2,57
Συνέργεια	-14784,4	5%	0.87
Φωτισμός	17127,9	137%	18,06

Πίνακας 7.31 Αποτελέσματα Ανάλυσης Κόστους-Οφέλους για όλες τις επεμβάσεις στη ζώνη Β.

Είδος επέμβασης	NPV	IRR	B/C
Θερμομόνωση	1277.2	0%	0.77
Κουφώματα	145,8	0%	0,75
Η/Μ συστήματα	77737,4	15%	2,57
Συνέργεια	32602,1	3%	1.01
Φωτισμός	24261.4	121%	23.45

Μελετήθηκε ξεχωριστά η Β κλιματική ζώνη που περιλαμβάνει την Αττική ακριβώς για το λόγο ότι έχει πολύ μεγαλύτερο πληθυσμό και συνεπώς και μεγαλύτερο κτιριακό απόθεμα, σε σχέση με τις άλλες κλιματικές ζώνες και όπως έχει φανεί σε όλη την εργασία ακολουθείται αυτή η προσέγγιση καθώς σε κάθε κλιματική ζώνη έχει επιλεγεί εκείνη η πόλη με το μεγαλύτερο πληθυσμό ανάμεσα στις όμοιες της. Τα συμπεράσματα από τους παραπάνω πίνακες είναι:

- Όσο αφορά την εξοικονόμηση της ενέργειας είναι λογικό και έχει ειπωθεί και παραπάνω ότι με την παράλληλη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων προκύπτει η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας αφού μειώνονται ταυτόχρονα και οι απαιτήσεις σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ. Αρκετά ικανοποιητική εξοικονόμηση προσφέρει και η επέμβαση στα συστήματα του κτιρίου καθώς γίνεται μια πλήρης αναβάθμιση όλων των η/μ συστημάτων με πιο καινούργιες τεχνολογίες αλλά και εισάγονται και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που ειδικά στη ζώνη Β παίζουν σημαντικό ρόλο.
- Ο Δείκτης Αποτελεσματικότητας συνδέει την εξοικονόμηση ενέργειας και το κόστος των επεμβάσεων. Ο μεγαλύτερος δείκτης εμφανίζεται στον φωτισμό και στα

συστήματα αφού έχουν μεγάλο ενεργειακό όφελος για μικρό σχετικά κόστος επένδυσης.

- Από οικονομικής και περιβαλλοντικής απόψεως, οι δείκτες IRR και B/C δείχνουν ότι η αναβάθμιση των η/μ συστημάτων ευνοείται περισσότερο από την ταυτόχρονη εφαρμογή των τριών κτιριακών επεμβάσεων. Αυτό φυσικά δεν ισχύει για τον φωτισμό ο οποίος υπερσχύει όλων των υπολοίπων επεμβάσεων.
- Συνεπώς, οι επεμβάσεις κελύφους (θερμομόνωση και κουφώματα) παρόλο που προστατεύουν ικανοποιητικά το κτίριο από τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές, με τα σημερινά δεδομένα κόστους των επεμβάσεων και τιμών της ενέργειας δεν αποτελούν ακόμη ελκυστικές επενδύσεις για τον ιδιώτη, και παρά τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά τους οφέλη, δεν ανατρέπουν αυτή την αρνητική εικόνα.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

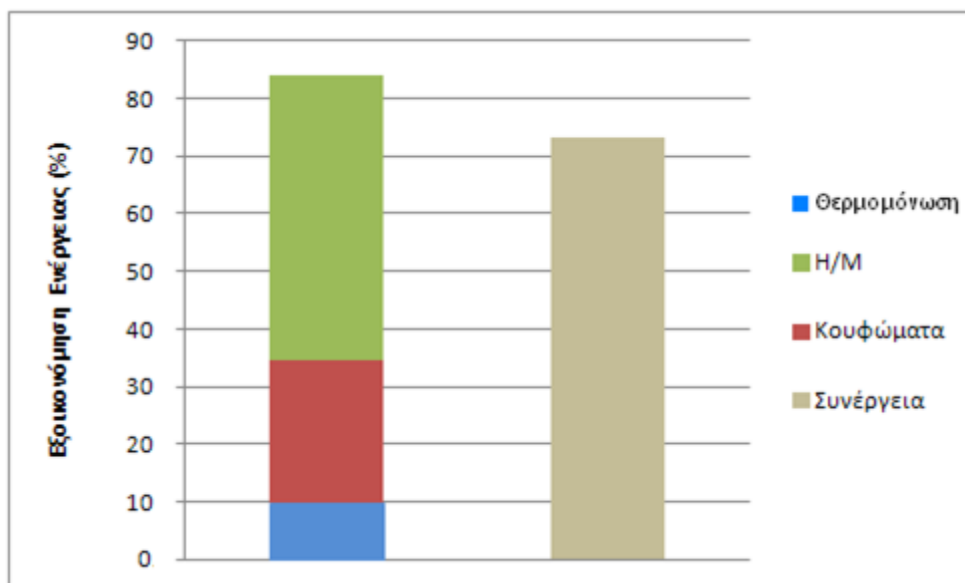
Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι κρίσιμος παράγοντας για την επίτευξη των Ευρωπαϊκών στόχων για την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή. Στην Ελλάδα, τα κτίρια καταναλώνουν ένα πολύ μεγάλο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και τα αίτια αυτού είναι:

1. Το μεγάλο απόθεμα κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980. Τα κτίρια αυτά είναι ως επί το πλείστον ανεπαρκώς θερμομονωμένα και χρησιμοποιούν συστήματα και συσκευές χαμηλής απόδοσης και αυξημένης κατανάλωσης.
2. Η συνεχής προσφορά συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν μεγάλα ποσά ηλεκτρικής κυρίως ενέργειας.
3. Η έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για την εξοικονόμηση ενέργειας στις κατασκευές.

Τα αίτια αυτά οδήγησαν στη θέσπιση των στόχων της παρούσας εργασίας. Πρώτος στόχος τέθηκε η καταγραφή των σημαντικότερων ενεργειακών επεμβάσεων στα κτίρια κατοικιών, δηλαδή η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης, η αντικατάσταση κουφωμάτων, η αναβάθμιση των η/μ συστημάτων και η αντικατάσταση των λαμπτήρων φωτισμού.

Δεύτερος στόχος είναι η εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται σε ένα τυπικό κτίριο κατοικιών και προκύπτει από την εξοικονόμηση πετρελαίου και ηλεκτρισμού και από την παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Η εκτίμηση έγινε μέσω του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. το οποίο για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε επέμβαση υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμων και τις εκπομπές CO₂ από τις οποίες εξήχθησαν η απόλυτη εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/m² και η απόλυτη εξοικονόμηση CO₂ σε kg/m². Συμπερασματικά για την εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτουν τα εξής:

- Οι επεμβάσεις κελύφους (δηλαδή η θερμομόνωση και τα κουφώματα) εξοικονομούν στις ζώνες Α και Β περίπου 19% ενέργεια και στις ζώνες Γ και Δ περίπου 23%. Η αύξηση της εξοικονόμησης στις ψυχρές κλιματικές ζώνες συμβαίνει επειδή οι επεμβάσεις κελύφους μειώνουν τις απαιτήσεις σε θέρμανση, που είναι αρκετά αυξημένες στις ζώνες αυτές.
- Τα η/μ συστήματα εξοικονομούν στις ζώνες Α και Β περίπου 47% ενέργεια ενώ, στις ζώνες Γ και Δ περίπου 34%. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα η/μ συστήματα καταναλώνουν περισσότερο ηλεκτρισμό από ότι πετρέλαιο και έτσι, συμβάλουν στις απαιτήσεις σε ψύξη που είναι αυξημένες στις θερμές κλιματικές ζώνες.
- Η παράλληλη εφαρμογή των επεμβάσεων της θερμομόνωσης, των κουφωμάτων και των η/μ συστημάτων εξοικονομεί περίπου 70% ενέργεια σε όλη την Ελλάδα.
- Το ποσοστό εξοικονόμησης από τη συνολική εφαρμογή δεν είναι αθροιστικό των μεμονωμένων ποσοστών εξοικονόμησης αντίθετα, είναι μικρότερο από το άθροισμα των μεμονωμένων ποσοστών των επεμβάσεων. Εντούτοις, η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την εφαρμογή των τριών επεμβάσεων είναι σχεδόν διπλάσια από την εξοικονόμηση της κάθε επέμβασης ξεχωριστά. Ενδεικτικά, στη ζώνη Β ισχύει:



Διάγραμμα

α 8.1 Εξοικονόμηση ενέργειας (%) όλων των επεμβάσεων στη ζώνη Β.

- Η αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού αποτελεί την πιο αποδοτική ενεργειακή επέμβαση καθώς εξοικονομεί σε όλες τις ζώνες 75% ενέργεια.
- Οι πιο ενεργειακά συμφέρουσες επεμβάσεις είναι ο φωτισμός, η ταυτόχρονη εφαρμογή των τριών επεμβάσεων και τα η/μ συστήματα. Τελευταίες σε ενεργειακή αποδοτικότητα ακολουθούν οι επεμβάσεις κελύφους.

Τρίτος στόχος είναι η εκτίμηση της ελκυστικότητας των παραπάνω επεμβάσεων για τον ιδιώτη-επενδυτή όπως και για το σύνολο της κοινωνίας. Η οικονομική αποδοτικότητα μιας επένδυσης σχετίζεται άμεσα με την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς τα έσοδα από μια επέμβαση προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας. Για τις εκτιμήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν δυο εργαλεία οικονομικής αξιολόγησης, η Χρηματοοικονομική Ανάλυση και η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα εξής:

- Οι επεμβάσεις κελύφους δεν αποτελούν αποδεκτές οικονομικά επεμβάσεις στις ζώνες Α και Β καθώς εμφανίζουν κατά μέσο όρο $IRR = -2\%$ (και $KPA < 0$). Αντίθετα, στις ζώνες Γ και Δ, παρουσιάζουν $IRR = 8\%$ που σημαίνει ότι είναι οικονομικά αποδεκτές επενδύσεις. Όσον αφορά την κοινωνική αποδοτικότητα, οι επεμβάσεις κελύφους συμφέρουν μόνο στις ζώνες Γ και Δ.
- Τα η/μ συστήματα αποτελούν οικονομικά αποδεκτές επεμβάσεις για τον ιδιώτη-επενδυτή καθώς εμφανίζουν διπλάσιο IRR από τις επεμβάσεις κελύφους (13% στις ζώνες Α και Β και 18% στις ζώνες Γ και Δ). Κοινωνικά, συμφέρουν 2,5 φορές περισσότερο.
- Η παράλληλη εφαρμογή της θερμομόνωσης, των κουφωμάτων και των η/μ συστημάτων δεν αποτελεί οικονομικά αποδεκτή επέμβαση στις ζώνες Α και Β ενώ, στις ζώνες Γ και Δ εμφανίζει μία αποδεκτή τιμή του δείκτη IRR . Και πάλι πρέπει να τονιστεί ότι παρόλο που η αποδοτικότητα της συνολικής εφαρμογής των τριών επεμβάσεων στις ζώνες Α και Β είναι χαμηλή ($IRR = 4\%$) εντούτοις, είναι υψηλότερη από ότι τις επεμβάσεις κελύφους ($IRR = -2\%$) αλλά χαμηλότερη των η/μ συστημάτων ($IRR = 13\%$). Αυτό δείχνει μεταξύ άλλων την αλληλοεπικάλυψη της αποδοτικότητας

των επεμβάσεων όταν εφαρμόζονται συνολικά στο κτίριο. Κοινωνικά, η παράλληλη εφαρμογή συμφέρει οριακά στη ζώνη Α ενώ στις υπόλοιπες είναι αποδεκτή.

- Ο φωτισμός εκτός από ενεργειακά συμφέρουσα επένδυση είναι και οικονομικά αποδοτική αφού, ο ιδιώτης αποσβένει την επένδυσή του ήδη από τον πρώτο χρόνο (IRR=137%). Τέλος, αποτελεί την πιο κοινωνικά αποδοτική επένδυση με λόγο B/C δεκαπλάσιο από το λόγο των υπολοίπων επεμβάσεων.

Με βάση τα παραπάνω προτείνουμε:

1. Στις θερμές περιοχές της Ελλάδας, οι ριζικές επεμβάσεις δεν είναι ενεργειακά επιβεβλημένες. Ταυτόχρονα, το κόστος των επεμβάσεων δε συντελεί ούτε στην οικονομική απόσβεσή τους. Παρόλα αυτά, με βάση το σημερινό οικοδομικό πλαίσιο, μία ριζική ανακαίνιση βελτιώνει την ποιότητα του κτιρίου και αυξάνει την αξία του. Επομένως, προτείνεται είτε η συμβολή του κράτους για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου είτε η συμβολή των Α.Π.Ε. που αποδίδουν σε θερμά κλίματα.
2. Στις ψυχρές περιοχές της Ελλάδας, είναι απαραίτητες οι ριζικές επεμβάσεις στα κτίρια καθώς οι ενεργειακές ανάγκες είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Αυτό υποστηρίζεται και από το γεγονός ότι οικονομικά οι επεμβάσεις αποσβένονται σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Φυσικά, μία κρατική επιχορήγηση θα ήταν επίσης ωφέλιμη για την προώθηση αυτού του σκοπού.
3. Το κτίριο που μελετήθηκε είναι κατασκευασμένο μετά το '80 και για αυτό έχει σχετικά μέτριες ενεργειακές αποδόσεις. Παρόλα αυτά, από τη μελέτη που διεξήχθη στην παρούσα εργασία, είναι αρκετά πιθανό παλαιότερα κτίρια να παρουσιάζουν μεγαλύτερες ενεργειακές αποδόσεις όσο αφορά τις εφαρμοζόμενες επεμβάσεις.
4. Σύμφωνα με το κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας, τα περισσότερα κτίρια είναι κατασκευές προ του '80. Συμπερασματικά, το περιθώριο βελτίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι υψηλό, καθιστώντας την ενεργειακή τους αναβάθμιση άμεση προτεραιότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Energy Efficiency Policies and Measures in Greece- Monitoring of Energy Efficiency in EU 27, Norway and Croatia (ODYSSEE-MURE), CRES, Athens, September 2009
- [2] Eurostat (excel)
- [3] Energy, Transport and Environmental Indicators, Eurostat, ed.2010
- [4] Risø Energy Report 6, Energy efficiency policy, Danish Energy Association, ch.6
- [5] Ετήσια Έκθεση 2009, ΚΑΠΕ
- [6] Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση σε ελληνικές πολυκατοικίες, Δρούτσα Κ., Μπαλαράς Κ.Α., Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
- [7] http://climate.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=131
- [8] <http://europa.eu>
- [9] http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&type_doc=Directive&an_doc=93&nu_doc=76&lg=el
- [10] Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Παρόν και Μέλλον, Νίκος Χατζηνικολάου, Υπηρεσία Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού
- [11] Ένωση Διπλωματούχων Ελληνίδων Μηχανικών(ΕΔΕΜ) Ημερίδα: «Εξοικονόμηση ενέργειας κατά το σχεδιασμό κτιρίων»
- [12] <http://www.minenv.gr/4/41/g41071.html>
- [13] Νόμος υπ' αριθμόν 3661 ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 89, 2008
- [14] Νόμος υπ' αριθμόν 3855 ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 95, 2008
- [15] Αριθμ. Δ6/Β/οικ.5825 ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 407, 2010
- [16] Προεδρικό Διάταγμα 100 ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 177, 2010
- [17] ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 1387, 2009
- [18] portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE_EVOIAS/KENAK.pdf
- [19] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=525&language=el-GR>
- [20] http://www.ypan.gr/docs/ANAKOINOSI_EXOIKONOMO.pdf
- [21] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=526&language=el-GR>

- [22] <http://exoikonomisi.ypeka.gr/>
- [23] http://www.cres.gr/kape/XTIZONTAS_TO_MELLON.pdf
- [24] http://www.cres.gr/kape/Presentation_1.pdf
- [25] Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Α΄ Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [26] Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, Α΄ Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [27] Οικονομική Ανάλυση Βιομηχανικών Αποφάσεων, Δ. Διακουλάκη, 2010, ΕΜΠ
- [28] Διαχείριση Έργων: Διαχείριση, Μεθοδολογία και Τεχνικοοικονομική Ανάλυση, A. Shtub, J.F. Bard, S.Globerson, 2^η έκδοση, εκδ. Επίκεντρο, 2008
- [29] <<Θεωρίες για τη σχέση οικονομίας και περιβάλλοντος. Μια κριτική προσέγγιση.>>, Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π. <<Περιβάλλον και Ανάπτυξη>>
- [30] Report 'Development of a set of full cost estimates of the use of different energy sources and its comparative assessment in EU countries', CASES - Cost Assessment of Sustainable Energy Systems, European Commission, 2008
- [31] <http://www.biokas.gr/files/biokas.pdf>
- [32] <<Αλουμίνιο & σύγχρονες εφαρμογές>>, περιοδικό Ecoθέματα
- [33] <http://www.enforce-een.eu/eng/>
- [34] Τεχνικά Υλικά τομ.2, Αιμ.Γ.Κορωναίος, καθ.ΕΜΠ, Γ.Ι.Πουλάκος, καθ.ΕΜΠ, Αθήνα 2005
- [35] Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, Α΄ Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [36] ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ ΚΑΙ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ Καραμάνος Α.Κ.*, Γιαμά Ε., Χαδιαράκου Σ., Παπαδόπουλος Α.Μ. Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
- [37] Οδηγός Εφαρμογής ΘΗΡΑΚΟΝ
- [38] <http://www.monotech.gr/exoterikh-thermomonomosi-toixon.html>
- [39] Ολοκληρωμένο Σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης Διακοσμητικά επιχρίσματα – Χρώματα KNAUF
- [40] <http://www.moma1.gr/efarmoges.htm>

[41] Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων-Εφαρμογή στο κτίριο γενικών αποθηκών Ελλάδος στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης, Μεταπτυχιακή εργασία ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2010

[42] http://www.eu-greenbuilding.org/fileadmin/Greenbuilding/gb_redaktion/modules/BuildingEnvelope_Module_GB.pdf

[43] Διευκρινήσεις-Προσθήκες Τεχνικής Οδηγίας, Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Έκδοση ΔΠ1/(20701-1/2010), Αθήνα, Φεβρουάριος 2011

[44] <http://physics.teiath.gr/physics/pdf/O8.pdf>

[45] <http://ec.europa.eu/energy/lumen/editorial/>

[46] <http://home.howstuffworks.com/question236.htm>

[47] http://www.garyfallidou.org/energeia4/level_1/light_bulb.html

[48] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos_lamptires.htm

[49] http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb

[50] <http://el.wikipedia.org/wiki/ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ>

[51] <http://home.wlv.ac.uk/~in6840/Lightinglevels.htm>

[52] Σεμινάριο Εκπαίδευσης ενεργειακών επιθεωρητών, Παράδειγμα Εφαρμογής λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., Κ. Λάσκος, Πολιτικός μηχανικός, Α. Γαγλία, Μηχανολόγος μηχανικός, Δ. Μαντάς, Μηχανολόγος μηχανικός, Αθήνα, Νοέμβριος 2010

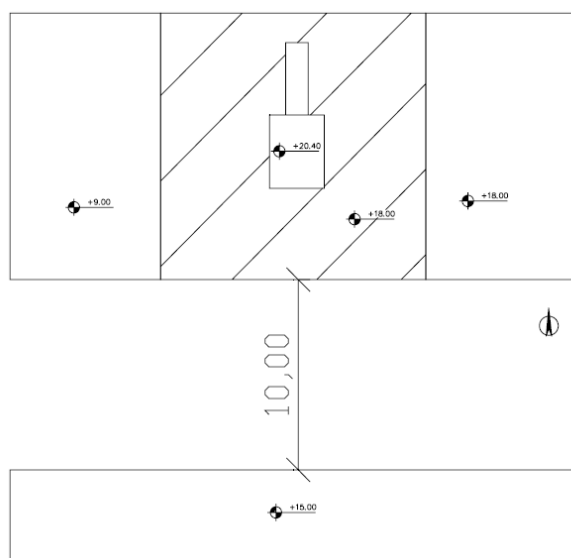
[53] www.carbonfootprint.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ [52]

1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για τη χρήση του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιήθηκε ένα κτίριο που κατασκευάστηκε το 1982. Το κτίριο αυτό χρησιμοποιήθηκε στο σεμινάριο εκπαίδευσης των ενεργειακών επιθεωρητών στο ΤΕΕ.

Το κτίριο διαθέτει δυο ελεύθερες πλευρές, τη βόρεινή και τη νότια, ενώ η δυτική πλευρά εφάπτεται με κτίριο ύψους 9m και η ανατολική πλευρά εφάπτεται με κτίριο ύψους 18m. Στη νότια πλευρά του κτιρίου υπάρχει κτίριο ύψους 15m σε απόσταση 10m όπως φαίνεται και στο παρακάτω τοπογραφικό σκαρίφημα.



Εικόνα 1: Τοπογραφικό σκαρίφημα πρότυπου κτιρίου

Αποτελείται από 5 ορόφους, το ισόγειο και το υπόγειο με ύψος ορόφου από πλάκα σε πλάκα 3m. Ο μεγάλος άξονας του κτιρίου είναι προσανατολισμένος κατά τον άξονα Β-Ν ενώ η πρόσοψή του είναι προσανατολισμένη προς το νότο. Όλοι οι όροφοι του κτιρίου είναι ίδιοι και αποτελούνται από δύο διαμερίσματα έκαστος, όπως φαίνεται και από την τυπική κάτοψη ορόφων. Στο ισόγειο λειτουργεί μικρό κατάστημα. Το κτίριο διαθέτει πυλωτή ενώ στο υπόγειο υπάρχει ο χώρος του λεβητοστασίου και οι αποθήκες. Όλοι οι χώροι των διαμερισμάτων είναι θερμαινόμενοι καθώς επίσης και το μικρό κατάστημα του ισογείου. Το κλιμακοστάσιο και το υπόγειο είναι μη θερμαινόμενοι χώροι.

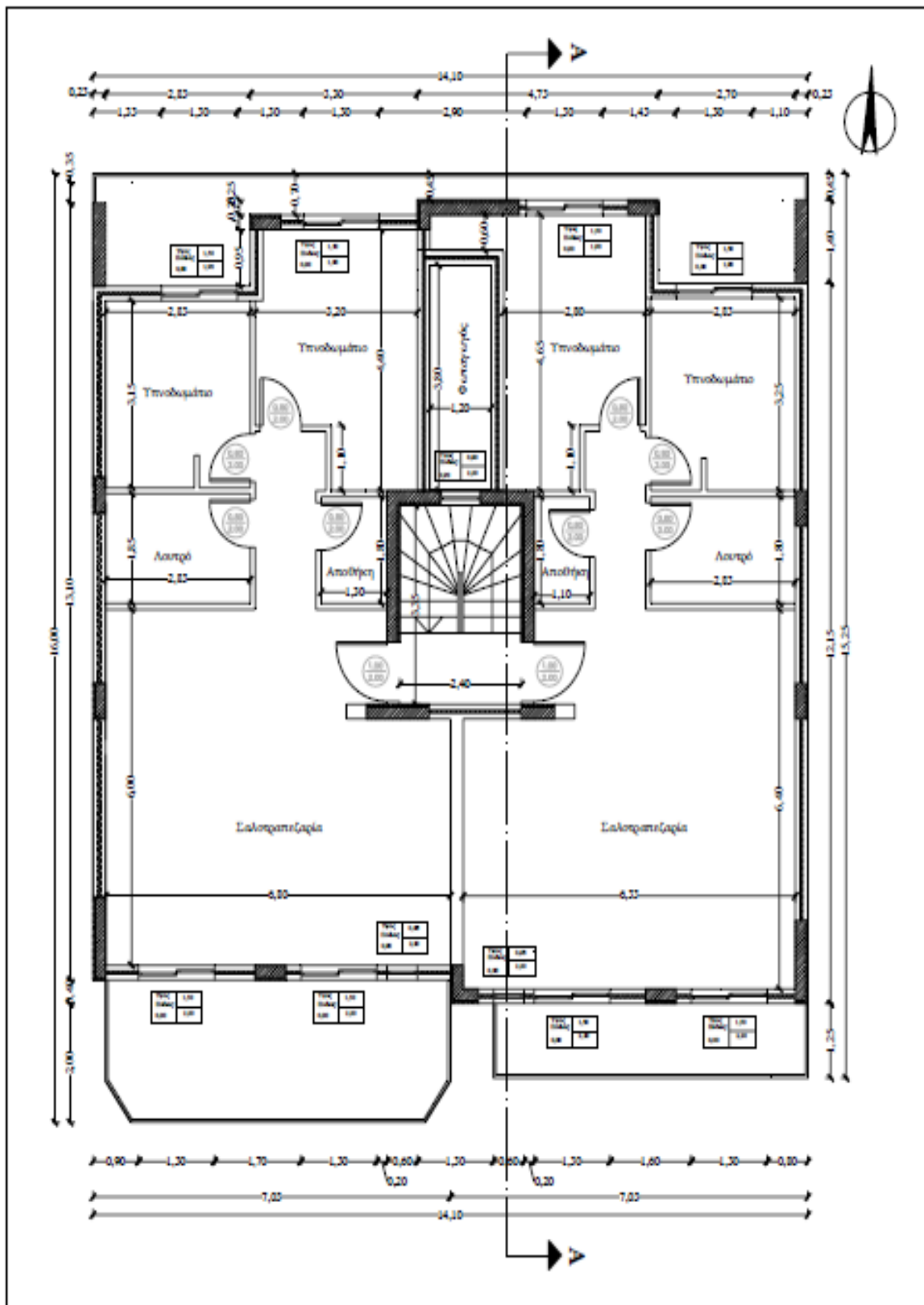
Πίνακας 1: Γενικά γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου

Αριθμός ορόφων	5
Συνολική επιφάνεια κτιρίου (m ²)	988
Θερμαινόμενη επιφάνεια (m ²)	831
Ψυχόμενη επιφάνεια (m ²)	415,5
Μέσο ύψος τυπικού ορόφου (m)	3

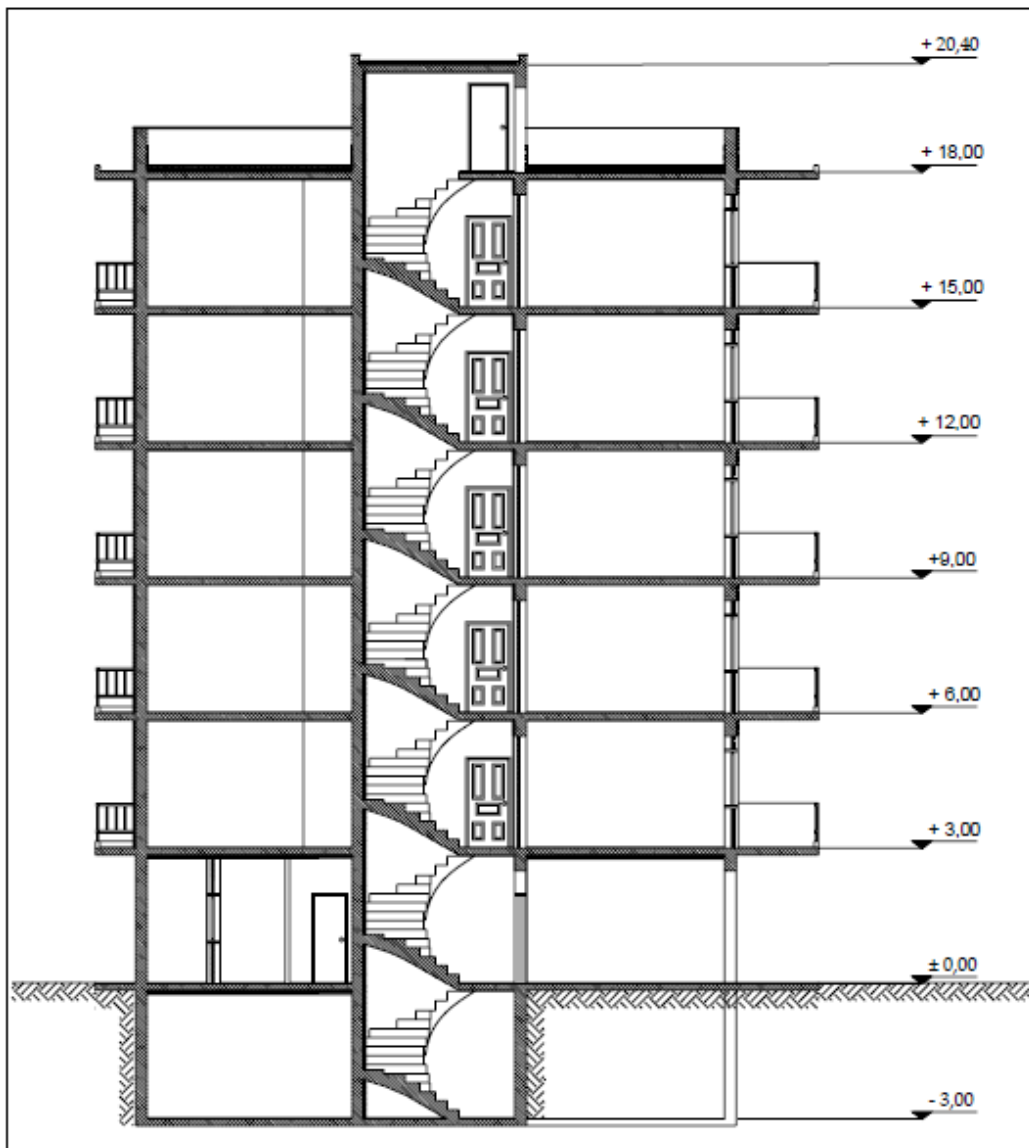
Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και τις επιφάνειες των επιμέρους χώρων του κτιρίου, παρατίθεται παρακάτω και η φωτιζόμενη επιφάνεια του κτιρίου.

Πίνακας 2:

Φωτιζόμενη Επιφάνεια (κάτοψη)	m ²
Διαμερίσματα ανα όροφο (συνολικά)	166.2
Κλιμακοστάσιο ορόφων	8.04
Μπαλκόνια (κάθε ορόφου)	35
Δώμα	8.04
Είσοδος Πολυκατοικίας (κλιμακοστάσιο ισογείου)	8.04
Πυλωτή	143.8
Συνολικά	1206.8



Εικόνα 2: Τυπική κάτοψη ορόφων

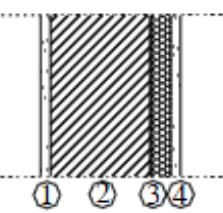
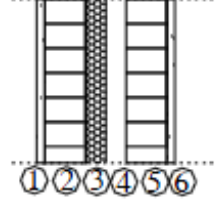
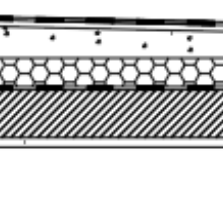
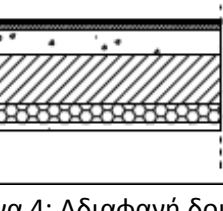


Εικόνα 3: Τομή κτιρίου A-A'

2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Αν και δε θα γίνει καμία παρέμβαση στην ήδη υπάρχουσα εσωτερική δομή της τοιχοποιίας, παρακάτω παρουσιάζονται οι διατομές των βασικών δομικών στοιχείων του κτιρίου, τα υλικά που τα αποτελούν καθώς και οι αρχικοί συντελεστές θερμοπερατότητας που προήλθαν από αυτή την εσωτερική δομή.

Σχηματική παράσταση	Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας
	<p>Φέρον οργανισμός κτιρίου (δοκοί, υποστυλιώματα, τοιχώματα)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm 2. Οπλισμένο σκυρόδεμα 25cm 3. Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη 4cm 4. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm 	<p>Σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$ μη θερμαινόμενο χώρο → $U=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p> <p>Στοιχείο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=3,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ με έδαφος → $U=4,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (από Γ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)</p>
	<p>Τοιχοποιίες πλήρωσης (σπτοπλινθοδομή)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm 2. Σπτοπλινθοδομή 9cm 3. Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη 3cm 4. Διάκενο 8cm 5. Σπτοπλινθοδομή 9cm 6. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm 	<p>Σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$ μη θερμαινόμενος χώρος → $U=0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p> <p>Στοιχείο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)</p>
	<p>Δώμα</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ασβεστοκονίαμα 2cm 2. Οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm 3. Φράγμα υδρατμών 4. Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη 6cm 5. Φύλλο πολυαιθυλενίου 6. Κίσηροδεμα κλίσεων 8cm 7. Τσιμεντοκονίαμα 3cm 8. Στεγάνωση 	<p>Σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p> <p>Στοιχείο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=3,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)</p>
	<p>Δάπεδο</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Πλακίδιο 0,5cm 2. Τσιμεντοκονίαμα 2cm 3. Κίσηροδεμα 8cm 4. Οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm 5. Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη 6cm 6. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm 	<p>Σε επαφή με: εξωτερικό αέρα → $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p> <p>Στοιχείο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με: έδαφος → $U=3,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)</p>

Εικόνα 4: Αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου

Πίνακας 3: Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου ανά όροφο και θερμικές ζώνες.

	Όροφος	Επιφάνεια	A [m]	U [W/(m ² K)]
Θερμαινόμενος χώρος	1 ^{ος} -2 ^{ος}	Νότια	27,5	0,66
		Ανατολική	4,2	0,63
		Βόρεια	30,9	0,65
		Δυτική	5,6	0,65
		Σε επαφή με φωταγωγό	26,4	0,63
		Σε επαφή με κλιμακοστάσιο	30,9	1,01
	3 ^{ος} -5 ^{ος}	Νότια	27,5	0,66
		Ανατολική	4,2	0,63
		Βόρεια	30,9	0,65
		Δυτική	40,7	0,64
		Σε επαφή με φωταγωγό	26,4	0,63
	Σε επαφή με κλιμακοστάσιο	30,9	1,01	
	1 ^{ος}	Δάπεδο	143,8	0,44
6 ^{ος}	Δώμα	166,2	0,44	
Μη θερμαινόμενος χώρος (κλιμακοστάσιο)	1 ^{ος} - 5 ^{ος}	Σε επαφή με φωταγωγό	3,6	3,40
	Απόληξη κλιμακοστασίου στο δώμα	Νότια	7,0	3,85
		Ανατολική	9,2	3,13
		Βόρεια	7,0	3,40
		Δυτική	9,2	3,13
	Είσοδος πολυκατοικίας	Δώμα	8,0	3,05
		Συνολική επιφάνεια	33,6	3,35
	Απόληξη κλιμακοστασίου στο υπόγειο	Συνολική επιφάνεια	40,5	4,30
		Δάπεδο	8,0	3,10

Τα χαρακτηριστικά που καταγράφονται στον Πίνακα 3 είναι τα εξής:

- ✓ **Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m² K)**
- ✓ **Εμβαδόν, A (m²):** Εισάγεται το συνολικό εμβαδό της αδιαφανούς επιφάνειας (δεν περιλαμβάνονται τα ανοίγματα), λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές διαστάσεις της κατασκευής.

Πίνακας 4: Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου, συνολικά

	Επιφάνεια	A [m]	U [W/(m ² K)]	γ	β	α	ε
Θερμαινόμενος χώρος	Νότια	137,5	0,66	180	90	0,40	0,80
	Ανατολική	21,0	0,63	90	90	0,40	0,80
	Βόρεια	154,5	0,65	0	90	0,40	0,80
	Δυτική	133,2	0,64	270	90	0,40	0,80
	Σε επαφή με Φωταγωγό	132,0	0,63	0	90	0,40	0,80
	Δάπεδο	143,8	0,44	0	180	0,40	0,80
	Οροφή	166,2	0,44	0	0	0,90	0,80
Διαχωριστική επιφάνεια	Σε επαφή με κλιμακοστάσιο	154,5	1,01	0	90	0,40	0,80
Μη θερμαινόμενος χώρος (κλιμακοστάσιο)	Σε επαφή με φωταγωγό	18,0	3,40	0	90	0,40	0,80
	Νότια απόληξη κλιμακοστασίου	7,0	3,85	180	90	0,40	0,80
	Ανατολική απόληξη κλιμακοστασίου	9,2	3,13	90	90	0,40	0,80
	Βόρεια απόληξη κλιμακοστασίου	7,0	3,40	0	90	0,40	0,80
	Δυτική απόληξη κλιμακοστασίου	9,2	3,13	270	90	0,40	0,80
	Δώμα	8,0	3,05	0	0	0,90	0,80
	Είσοδος πολυκατοικίας	33,6	3,35	0	90	0,40	0,80
	Απόληξη κλιμακοστασίου στο υπόγειο	40,5	4,30	-	-	-	-
	Δάπεδο	8,0	3,10	-	-	-	-

Τα επιπλέον χαρακτηριστικά που καταγράφονται στον Πίνακα 4.4 είναι τα εξής:

- ✓ *Προσανατολισμός, γ (deg):* Εισάγεται ο προσανατολισμός του δομικού στοιχείου. Σύμφωνα με τη σύμβαση, επιφάνεια με προσανατολισμό προς Βορρά έχει τιμή 0°, προς Ανατολή 90°, προς Νότο 180° και προς Δύση 270°.
- ✓ *Κλίση, β (deg):* Εισάγεται η κλίση του δομικού στοιχείου, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου. Ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση 90°, μια επίπεδη οροφή 0°, ενώ μια πυλωτή 180°.
- ✓ *Απορροφητικότητα, α :* Καθορίζεται ο συντελεστής απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας του δομικού στοιχείου. Εξαρτάται από τον τύπο του δομικού στοιχείου, το υλικό και το χρώμα των τελικών επιστρώσεων, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010α. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από έναν κατάλογο, ο οποίος εμφανίζεται με δεξί κλικ πάνω στο συγκεκριμένο πεδίο. Σε περίπτωση που υπάρχει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο φορέα σχετικά με την απορροφητικότητα του δομικού στοιχείου τότε καταγράφεται η συγκεκριμένη τιμή.
- ✓ *Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, ϵ :* Καθορίζεται ο συντελεστής εκπομπής για τη θερμική ακτινοβολία στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας του δομικού στοιχείου σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010α. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από έναν κατάλογο, ο οποίος εμφανίζεται με δεξί κλικ πάνω στο συγκεκριμένο πεδίο. Σε περίπτωση που υπάρχει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο φορέα σχετικά με την *εκπεμπτικότητα* του δομικού στοιχείου τότε καταγράφεται η συγκεκριμένη τιμή.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Περιλαμβάνει δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου που βρίσκονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Τα κουφώματα του κτιρίου είναι τριών διαφορετικών τύπων όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5. Τα κουφώματα τύπου Α βρίσκονται στη βόρεια όψη του κτιρίου, ενώ οι τύποι κουφωμάτων Β και Γ βρίσκονται στη νότια όψη του κτιρίου. Όλα τα κουφώματα είναι ανοιγόμενα με μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία
	<p>Τύπος Α: Βόρεια όψη</p> <p>$A_w = 1,50 \cdot 1,90 = 2,85 \text{ m}^2$ $A_g = 2 \cdot (0,60 \cdot 1,70) = 2,04 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 0,81 \text{ m}^2$ $F_f = A_f / A_w = 0,284$ $L_g = 2 \cdot [2 \cdot (0,60 + 1,70)] = 9,20 \text{ m}$ $L_g / A_w = 3,228 \text{ m}^{-1}$</p>

	<p>Τύπος Β: Νότια όψη</p> <p> $A_w=1,50*2,20= 3,30 \text{ m}^2$ $A_g=2*(0,60*2,00)= 2,40 \text{ m}^2$ $A_f=A_w-A_g= 0,90 \text{ m}^2$ $F_f=A_f/A_w= 0,273$ $L_g=2*[2*(0,60+2,00)]= 10,40 \text{ m}$ $L_g/A_w= 3,152 \text{ m}^{-1}$ </p>
	<p>Τύπος Γ: Νότια όψη</p> <p> $A_w=0,60*1,30= 0,78 \text{ m}^2$ $A_g=0,50*1,20= 0,60 \text{ m}^2$ $A_f=A_w-A_g= 0,18 \text{ m}^2$ $F_f=A_f/A_w= 0,231$ $L_g=2*(0,50+1,20)= 3,40 \text{ m}$ $L_g/A_w= 4,359 \text{ m}^{-1}$ </p>

Εικόνα 5: Γεωμετρία κουφωμάτων κτιρίου

Στη συνέχεια ακολουθούν κάποια συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κουφώματα που έχει το κτίριο. Η γεωμετρία και το υλικό του πλαισίου των κουφωμάτων δεν αλλάζει σε όλη την εργασία. Αυτό που μεταβάλλεται είναι ο τύπος του υαλοπίνακα.

Πίνακας 5: Όλα τα κουφώματα του κτιρίου

	Κουφώμα	γ	β	A	U	g_w	$F_{hor_heat_ing}$	$F_{hor_cool_ing}$	$F_{ov_heat_ing}$	$F_{ov_cool_ing}$	$F_{fin_heat_ing}$	$F_{fin_cool_ing}$
1ος όροφος	N1 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,40	0,95	0,58	0,43	1	1
	N2 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,40	0,95	0,58	0,43	1	1
	N3 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,40	0,95	0,47	0,38	1	1
	N4 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,40	0,95	0,69	0,52	1	1
	N5 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,40	0,95	0,76	0,60	1	1
	N6 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,40	0,95	0,76	0,60	1	1
	B1 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
	B2 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B3 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B4 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
2ος	N1 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,49	0,98	0,58	0,43	1	1
	N2 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,49	0,98	0,58	0,43	1	1
	N3 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,49	0,98	0,47	0,38	1	1
	N4 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,49	0,98	0,69	0,52	1	1

	N5 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,49	0,98	0,76	0,60	1	1
	N6 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,49	0,98	0,76	0,60	1	1
	B1 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
	B2 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B3 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B4 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
3 ^{ος} όροφος	N1 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,76	1	0,58	0,43	1	1
	N2 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,76	1	0,58	0,43	1	1
	N3 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,76	1	0,47	0,38	1	1
	N4 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,76	1	0,69	0,52	1	1
	N5 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,76	1	0,76	0,60	1	1
	N6 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,76	1	0,76	0,60	1	1
	B1 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
	B2 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B3 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B4 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
4 ^{ος} όροφος	N1 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,96	1	0,58	0,43	1	1
	N2 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,96	1	0,58	0,43	1	1
	N3 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,96	1	0,47	0,38	1	1
	N4 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	0,96	1	0,69	0,52	1	1
	N5 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,96	1	0,76	0,60	1	1
	N6 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	0,96	1	0,76	0,60	1	1
	B1 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
	B2 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B3 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B4 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
5 ^{ος} όροφος	N1 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	1	1	0,58	0,43	1	1
	N2 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	1	1	0,58	0,43	1	1
	N3 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	1	1	0,47	0,38	1	1
	N4 1ος	180	90	0,78	6,0	0,62	1	1	0,69	0,52	1	1
	N5 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	1	1	0,76	0,60	1	1
	N6 1ος	180	90	3,30	6,1	0,54	1	1	0,76	0,60	1	1
	B1 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85
	B2 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B3 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,83	0,86	1	1
	B4 1ος	0	90	2,85	6,1	0,54	1	1	0,65	0,69	1	0,85

Τα χαρακτηριστικά που καταγράφονται στον Πίνακα 5 είναι τα εξής:

- ✓ γ (deg), Προσανατολισμός: όπως εξηγήθηκε και στην ενότητα “Δεδομένα Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων του κτιρίου-Θερμομόνωση”.
- ✓ β (deg), Κλίση: εισάγεται η κλίση του δομικού στοιχείου, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ περιοχής). Ένα κατακόρυφο άνοιγμα έχει κλίση 90° και ένας φεγγίτης σε μια επίπεδη οροφή 0° .
- ✓ A (m^2), Εμβαδόν: εισάγεται το συνολικό εμβαδό της διαφανούς επιφάνειας συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου.
- ✓ U ($W/m^2 K$), Συντελεστής θερμοπερατότητας ανοίγματος: εμφανίζεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος (για τον υαλοπίνακα μαζί με το

πλαίσιο), ανάλογα με τον “τύπο ανοίγματος” σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α. Σε περίπτωση που υπάρχει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο φορέα σχετικά με τον “Συντελεστή θερμοπερατότητας ανοίγματος” τότε εισάγεται η συγκεκριμένη τιμή για τον συντελεστή θερμοπερατότητας.

- ✓ g_w , Διαπερατότητα: εμφανίζεται ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς επιφάνειας, ανάλογα με τον “τύπο ανοίγματος” σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α. Σε περίπτωση που υπάρχει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο φορέα σχετικά με τον “Συντελεστή θερμοπερατότητας ανοίγματος” τότε εισάγεται η συγκεκριμένη τιμή για τον συντελεστή διαπερατότητας.
- ✓ F_{hor_w} , Συντελεστής σκίασης-Ορίζοντα: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τον ορίζοντα κατά τη χειμερινή περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη τη σκίαση από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, λόγω φυσικών (π.χ. λόφοι) ή τεχνητών (π.χ. ψηλά γειτονικά κτίρια) εμποδίων, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α. Σε περίπτωση ελεύθερου ορίζοντα ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση ισούται με μηδέν (0).
- ✓ F_{hor_s} , Συντελεστής σκίασης-Ορίζοντα: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τον ορίζοντα κατά τη θερινή περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη τη σκίαση από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, λόγω φυσικών (π.χ. λόφοι) ή τεχνητών (π.χ. ψηλά γειτονικά κτίρια) εμποδίων, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α. Σε περίπτωση ελεύθερου ορίζοντα ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση ισούται με μηδέν (0).
- ✓ F_{on_w} , Συντελεστής σκίασης – Πρόβολοι/Τέντες/Περσίδες: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τα οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (πρόβολοι, σκέπαστρα ανοιγμάτων, προεξοχές, μπαλκόνια, κ.α.) κατά τη χειμερινή περίοδο, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α βάσει του προσανατολισμού και της γεωμετρίας του σκιάστρου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση με μηδέν (0).
- ✓ F_{on_s} , Συντελεστής σκίασης – Πρόβολοι/Τέντες/Περσίδες: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τα οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (πρόβολοι, σκέπαστρα ανοιγμάτων, προεξοχές, μπαλκόνια, κ.α.) κατά τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α βάσει του προσανατολισμού και της γεωμετρίας του σκιάστρου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση με μηδέν (0).
- ✓ F_{fin_w} , Συντελεστής σκίασης – Πλευρικές προεξοχές: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τα πλευρικά κατακόρυφα σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (πτερύγια, πλευρικές εσοχές ή εξοχές ανοιγμάτων κ.α.) κατά τη χειμερινή περίοδο, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010^α βάσει του προσανατολισμού και της γεωμετρίας του σκιάστρου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση ισούται με μηδέν (0).
- ✓ F_{fin_s} , Συντελεστής σκίασης – Πλευρικές προεξοχές: εισάγεται ο μερικός συντελεστής σκίασης από τα πλευρικά κατακόρυφα σταθερά εξωτερικά σκίαστρα

(πτερύγια, πλευρικές εσοχές ή εξοχές ανοιγμάτων κ.α.) κατά τη θερινή περίοδο, σύμφωνα με τις τυπικές τιμές από την TOTEE 2010α βάσει του προσανατολισμού και της γεωμετρίας του σκιάστρου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα (1), ενώ για πλήρη σκίαση ισούται με μηδέν (0).

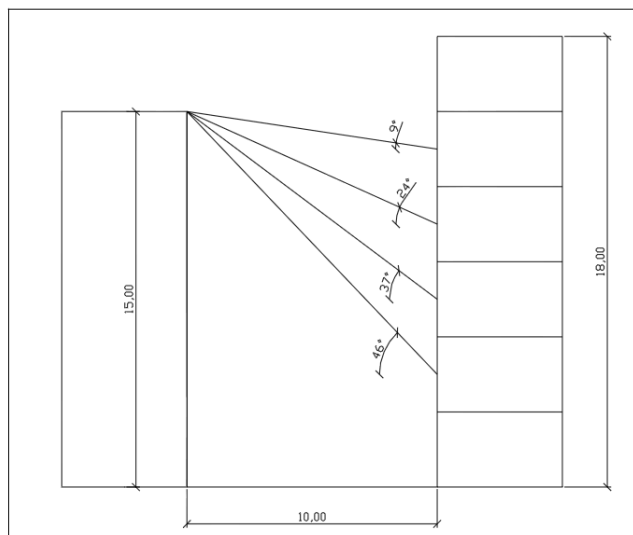
Επιπλέον χαρακτηριστικά των κουφωμάτων που εισάγονται στο λογισμικό είναι τα εξής:

- ✓ *Τύπος:* καθορίζεται ο τύπος του δομικού στοιχείου. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από τον διαθέσιμο κατάλογο μεταξύ των εξής: Ανοιγόμενο κούφωμα, Μη ανοιγόμενο κούφωμα, Ανοιγόμενη πρόσοψη, Μη ανοιγόμενη πρόσοψη.
- ✓ *Περιγραφή:* εισάγεται μια σύντομη περιγραφή.
- ✓ *Τύπος ανοίγματος:* καθορίζεται ο τύπος του ανοίγματος ανάλογα με τον τύπο πλαισίου, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το υλικό του υαλοπίνακα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από έναν κατάλογο, ο οποίος εμφανίζεται με δεξί κλικ πάνω στο συγκεκριμένο πεδίο. Η επιλογή γίνεται σε τρία στάδια: Τύπος πλαισίου, Ποσοστό πλαισίου, Τύπος υαλοπίνακα και πατώντας το κουμπί <<Επιλογή>>. Σε περίπτωση που υπάρχει πιστοποιητικό από αναγνωρισμένο φορέα σχετικά με τον “Συντελεστή Θερμοπερατότητας ανοίγματος” τότε εισάγεται η περιγραφή του τύπου ανοίγματος.
- ✓ Τα αδιαφανή τμήματα που αποτελούνται από πετάσματα και δεν έχουν επιπλέον θερμομόνωση, λαμβάνονται σαν “Μη ανοιγόμενη πρόσοψη” με συντελεστή διαπερατότητας ίση με το μηδέν.
- ✓ Σε περίπτωση εξωτερικού κινητού σκιάστρου, π.χ. τέντες και εξωτερικές περσίδες, ο συντελεστής σκίασης κατά τη θερινή περίοδο, προσδιορίζεται σύμφωνα με την TOTEE 2010^α και εισάγεται στη θέση του F_ον_s.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

✓ *Συντελεστές σκίασης λόγω οριζοντα:*

Η νότια πρόσοψη του κτιρίου σκιάζεται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 4.6.



Εικόνα 6: Γωνίες σκίασης νότιας όψης από μακρινά εμπόδια

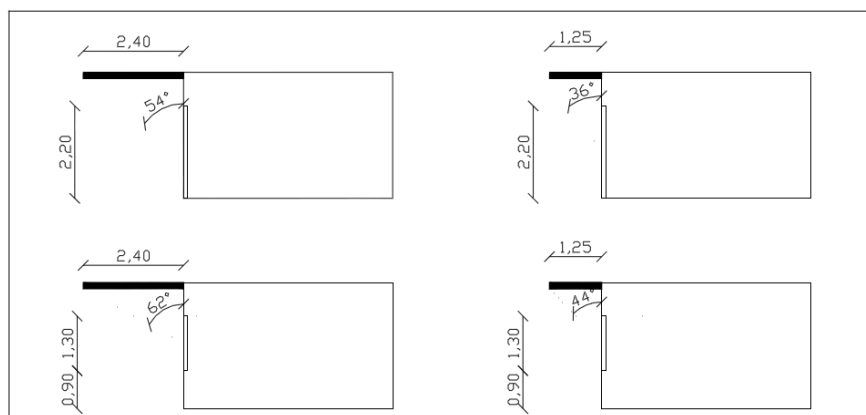
Στον Πίνακα 6 δίνονται οι γωνίες σκίασης από οριζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκιασμού από οριζοντα για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

Πίνακας 6: Γωνίες και συντελεστές σκίασης οριζοντα για τη νότια πρόσοψη ανά όροφο

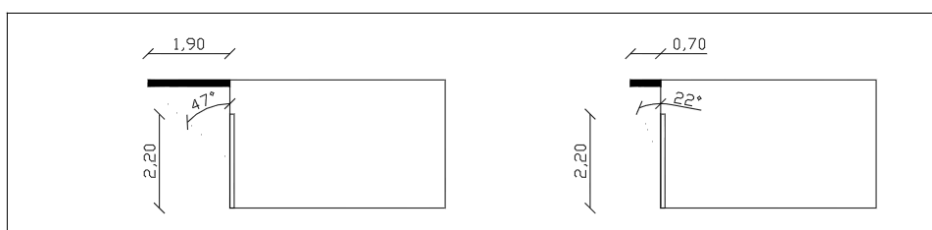
Όροφος	Γωνία α	$F_{hor_heating}$	$F_{hor_cooling}$
1 ^{ος}	46	0,40	0,95
2 ^{ος}	37	0,49	0,98
3 ^{ος}	24	0,76	1,00
4 ^{ος}	9	0,96	1,00
5 ^{ος}	0	1,00	1,00

✓ *Συντελεστές σκίασης οριζόντιων σκιάστρων:*

Οι νότιες και βόρειες όψεις του κτιρίου σκιάζονται από προβόλους. Στο σχήμα δίνονται οι γωνίες σκίασης από προβόλους των κουφωμάτων του κτιρίου για το νότιο προσανατολισμό και στο σχήμα για το βόρειο προσανατολισμό.



Εικόνα 7: Γωνίες σκίασης νότιας όψης από πρόβολο



Εικόνα 8: Γωνίες σκίασης βόρειας όψης από πρόβολο

Στον Πίνακα 7 δίνονται οι γωνίες σκιασμού για τα κουφώματα του κτιρίου ανά πρόβολο και οι συντελεστές σκιασμού από πρόβολο.

Πίνακας 7: Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για τη νότια και βόρεια πρόσοψη
Νότιες προσόψεις

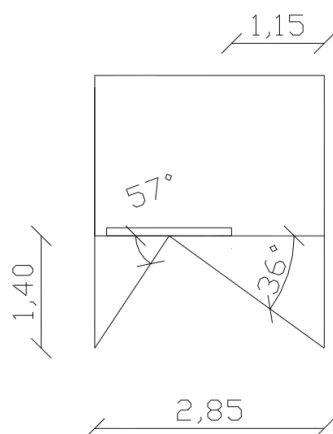
Πρ.	Γωνία β	$F_{ov_heating}$	$F_{ov_cooling}$
1	54	0,58	0,43
	62	0,47	0,38
2	36	0,76	0,60
	44	0,69	0,52

Βόρειες προσόψεις

Πρ.	Γωνία β	$F_{ov_heating}$	$F_{ov_cooling}$
1	47	0,65	0,69
2	22	0,83	0,86

✓ Συντελεστές σκίασης πλευρικών σκιάστρων:

Δυο βορεινά ανοίγματα σε κάθε όροφο σκιάζονται από πλευρικές προεξοχές. Οι γωνίες σκίασης από πλευρικά δίνονται στην Εικόνα 4.9. Στον Πίνακα 4.8 δίνονται οι γωνίες σκίασης και οι συντελεστές σκιασμού από πλευρικά.



Εικόνα 9: Γωνίες σκίασης βόρειου ανοίγματος από πλαϊνά

Πίνακας 8: Γωνίες και συντελεστές σκίασης πλαϊνού, βόρεια πρόσοψη

	γ αριστερά	γ δεξιά	F_{fin_left}	F_{fin_right}	F_{fin}
Χειμερινή περίοδο	57	36	1	1	1
Θερινή περίοδο			0.92	0.92	0.85

Οι συντελεστές σκίασης του κτιρίου φαίνονται συνολικά στον προηγούμενο Πίνακα 4.5 μαζί με τα κουφώματα του κτιρίου.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

- Σύστημα Θέρμανσης Χώρων

Στο κτίριο υπάρχει κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση χώρων. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει μονάδα λέβητα-καυστήρα πετρελαίου (υψηλής θερμοκρασίας 85/70 °C), με κεντρικό δισωλήνιο δίκτυο διανομής με μόνωση πάχους 6mm, μικρότερη δηλαδή από την ελάχιστη απαιτούμενη σύμφωνα με την οδηγία ΤΟΤΕΕ-20701-1. Οι τερματικές μονάδες θέρμανσης για την απόδοση θέρμανσης στους χώρους είναι κλασικά σώματα καλοριφέρ.

Μονάδα Παραγωγής Θέρμανσης

Η ισχύς του λέβητα-καυστήρα, σύμφωνα με την ανάλυση καυσαερίων εκτιμήθηκε και είναι σχεδόν ίδια με αυτή του κατασκευαστή και ίση με 95.000kcal/h ή 110kW. Στο φύλλο ελέγχου ανάλυσης καυσαερίων, η θερμική απόδοση του λέβητα-καυστήρα μετρήθηκε σε $\eta_{gm}=88\%$. Η θερμική ισχύς του λέβητα P_{gen} υπολογίζεται πως έπρεπε να είναι 40 kW. Συνεπώς, η πραγματική εγκατεστημένη ισχύς του λέβητα είναι υπερδιπλάσια της μέγιστης υπολογιζόμενης P_{gen} . Για το λόγο αυτό λαμβάνουμε συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης, $\eta_{g1}=0,75$. Αντίστοιχα, ο συντελεστής η_{g2} (κατάσταση λέβητα), λαμβάνεται $\eta_{g2}=1$, δεδομένου πως ο λέβητας βρίσκεται σε σχετικά καλή κατάσταση.

Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος παραγωγής θέρμανσης είναι 66%.

Η τελική πραγματική θερμική ισχύς του λέβητα που πηγαίνει και στο δίκτυο διανομής θερμότητας είναι 72,6 kW.

Δίκτυο διανομής

Το δίκτυο διανομής διέρχεται μέσα από τους εσωτερικούς θερμαινόμενους και μη χώρους του κτιρίου. Η θερμομόνωση των κατακόρυφων σωλήνων είναι 6mm. Η ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής υπολογίστηκε από την πραγματική (από ανάλυση καυσαερίων) ισχύ του λέβητα 110 kW και το συνολικό βαθμό απόδοσης του λέβητα 66% (λόγω υπερδιαστασιολόγησης) στα 72,6 kW. Από την οδηγία TOTEE-20701-1, για ισχύ 72,6 kW και υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος, λαμβάνουμε ποσοστό θερμικών απωλειών δικτύου διανομής 11% ή αλλιώς θερμική απόδοση 0,89.

Τερματικές μονάδες

Βάσει της οδηγίας TOTEE-20701-1, λαμβάνουμε απόδοση σωμάτων καλοριφέρ 0,89.

Βοηθητικά συστήματα θέρμανσης

Ο κυκλοφορητής που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του θερμού νερού είναι το μόνο στοιχείο βοηθητικών συστημάτων δικτύου θέρμανσης και έχει ισχύ 0,5kW.

- *Σύστημα Ψύξης Χώρων*

Στα διαμερίσματα του κτιρίου υπάρχουν αυτόνομες τοπικές αντλίες θερμότητας, δύο σε κάθε διαμέρισμα με ψυκτική ισχύ 12000 btu/h έκαστη (3,52kWh), οι οποίες καλύπτουν περίπου το 50% των συνολικών ψυκτικών φορτίων της θερμικής ζώνης. Δεν υπάρχει κεντρικό δίκτυο διανομής ψύξης οπότε δεν υπάρχουν και απώλειες διανομής.

Μονάδα Παραγωγής Θέρμανσης

Το σύνολο της εγκατεστημένης ψυκτικής ισχύος είναι 70,4 kWh.

Δεδομένου πως δεν υπάρχουν τεχνικά χαρακτηριστικά και προδιαγραφές για τις μονάδες, ο δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας των αντλιών θερμότητας λαμβάνεται EER=1,5, σύμφωνα με την οδηγία TOTEE 20701-1.

Δίκτυο διανομής

Δεν υπάρχει δίκτυο διανομής αφού, γίνεται τοπική παραγωγή και απόδοση ψύξης.

Τερματικές μονάδες

Σύμφωνα με την οδηγία TOTEE 20701-1, λαμβάνεται βαθμός απόδοσης των αντλιών θερμότητας 0,93.

Βοηθητικά συστήματα θέρμανσης

Δεν υπάρχουν βοηθητικά συστήματα.

- *Σύστημα Παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης*

Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, χρησιμοποιούνται τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες, 80l, ένας σε κάθε διαμέρισμα του κτιρίου. Η θερμική ισχύς των θερμαντήρων

είναι 4kW έκαστος. Βάσει της οδηγίας TOTEE 20701-1, η θερμική απόδοση των μονάδων παραγωγής είναι 100%. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής 100% αφού, το δίκτυο είναι τοπικό και οι απώλειες του δοχείου αποθήκευσης είναι μόνο πλευρικές και λαμβάνονται ίσες με 2%.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το σύστημα φωτισμού δε λαμβάνεται υπόψη σε κτίρια κατοικιών στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ, U , ΤΩΝ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα εξής στοιχεία:

1. Αρχικός συντελεστής θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$: πρόκειται για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας μιας τοιχοποιίας του κτιρίου πριν την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης. Η τιμή έχει θεωρηθεί δεδομένη και έχει υπολογιστεί σε πλαίσιο σεμιναρίου από το ΤΕΕ, με βάση τη θεωρία του Κεφαλαίου 5.
2. Αρχική ολική αντίσταση τοιχοποιίας, $R_{αρχ.}$: υπολογίζεται ως το αντίστροφο του αρχικού συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$.
3. Λόγος d/λ του εφαρμοζόμενου υλικού: πρόκειται για την αντίσταση που προσφέρει θερμικά το υλικό εξωτερικής θερμομόνωσης και που υπολογίζεται ως ο λόγος του πάχους του υλικού, d , προς τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητάς του, λ .
4. Αντίσταση σοβά, $R_{σοβά.}$: θεωρούμε ότι μετά την εφαρμογή του υλικού εξωτερικής θερμομόνωσης, η τοιχοποιία σοβατίζεται.
5. Νέα ολική αντίσταση, $R_{νέα.}$: υπολογίζεται ως το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων της τοιχοποιίας, δηλαδή $R_{νέα.} = R_{αρχ.} + d/\lambda + R_{σοβά.}$
6. Νέος συντελεστής θερμοπερατότητας, $U_{νέο.}$: είναι το αντίστροφο της νέα ολικής αντίστασης της τοιχοποιίας.

ΖΩΝΗ Α

Πάχος θερμομονωτικού υλικού $d = 3 \text{ cm}$

Θερμομονωτικό υλικό: διογκωμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.037$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{αρχ.} = 1/U_{αρχ.}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{σοβά.}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{νέα.}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{νέο.} = 1/R_{νέα.}$
0.65	1.54	0.81	0.02	2.37	0.42
0.63	1.59	0.81	0.02	2.42	0.41
0.66	1.52	0.81	0.02	2.35	0.43
0.64	1.56	0.81	0.02	2.39	0.42
0.44	2.27	0.81	0.02	3.10	0.32
3.40	0.29	0.81	0.02	1.12	0.89
3.85	0.26	0.81	0.02	1.09	0.92
3.13	0.32	0.81	0.02	1.15	0.87
3.05	0.33	0.81	0.02	1.16	0.86
3.35	0.30	0.81	0.02	1.13	0.89
1.00	1.00	0.81	0.02	1.83	0.55

Θερμομονωτικό υλικό: εξηλασμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.029$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{αρχ.} = 1/U_{αρχ.}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{σοβά}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{νέα}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{νέο} = 1/R_{νέα}$
0.65	1.54	1.03	0.02	2.59	0.39
0.63	1.59	1.03	0.02	2.64	0.38
0.66	1.52	1.03	0.02	2.57	0.39
0.64	1.56	1.03	0.02	2.62	0.38
0.44	2.27	1.03	0.02	3.33	0.30
3.4	0.29	1.03	0.02	1.35	0.74
3.85	0.26	1.03	0.02	1.31	0.76
3.13	0.32	1.03	0.02	1.37	0.73
3.05	0.33	1.03	0.02	1.38	0.72
3.35	0.30	1.03	0.02	1.35	0.74
1	1	1.03	0.02	2.05	0.49

Θερμομονωτικό υλικό: πετροβάμβακας, $\lambda = 0.033$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{αρχ.} = 1/U_{αρχ.}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{σοβά}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{νέα}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{νέο} = 1/R_{νέα}$
0.65	1.54	0.91	0.02	2.47	0.41
0.63	1.59	0.91	0.02	2.52	0.40
0.66	1.52	0.91	0.02	2.44	0.41
0.64	1.56	0.91	0.02	2.49	0.40
0.44	2.27	0.91	0.02	3.20	0.31
3.4	0.29	0.91	0.02	1.22	0.82
3.85	0.26	0.91	0.02	1.19	0.84
3.13	0.32	0.91	0.02	1.25	0.80
3.05	0.33	0.91	0.02	1.26	0.80
3.35	0.30	0.91	0.02	1.23	0.81
1	1.00	0.91	0.02	1.93	0.52

ΖΩΝΗ Β

Πάχος θερμομονωτικού υλικού $d = 5 \text{ cm}$

Θερμομονωτικό υλικό: διογκωμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.037$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{αρχ.}}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{\text{αρχ.}} = 1/U_{\text{αρχ.}}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{\text{σοβά}}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{\text{νέα}}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{νέο}} = 1/R_{\text{νέα}}$
0.65	1.54	1.35	0.02	2.91	0.34
0.63	1.59	1.35	0.02	2.96	0.34
0.66	1.52	1.35	0.02	2.89	0.35
0.64	1.56	1.35	0.02	2.93	0.34
0.44	2.27	1.35	0.02	3.64	0.27
3.4	0.29	1.35	0.02	1.67	0.60
3.85	0.26	1.35	0.02	1.63	0.61
3.13	0.32	1.35	0.02	1.69	0.59
3.05	0.33	1.35	0.02	1.70	0.59
3.35	0.30	1.35	0.02	1.67	0.60
1	1.00	1.35	0.02	2.37	0.42

Θερμομονωτικό υλικό: εξηλασμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.029$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{αρχ.}}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{\text{αρχ.}} = 1/U_{\text{αρχ.}}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{\text{σοβά}}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{\text{νέα}}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{νέο}} = 1/R_{\text{νέα}}$
0.65	1.54	1.72	0.02	3.28	0.30
0.63	1.59	1.72	0.02	3.33	0.30
0.66	1.52	1.72	0.02	3.26	0.31
0.64	1.56	1.72	0.02	3.31	0.30
0.44	2.27	1.72	0.02	4.02	0.25
3.4	0.29	1.72	0.02	2.04	0.49
3.85	0.26	1.72	0.02	2.00	0.50
3.13	0.32	1.72	0.02	2.06	0.48
3.05	0.33	1.72	0.02	2.07	0.48
3.35	0.30	1.72	0.02	2.04	0.49
1	1.00	1.72	0.02	2.74	0.36

Θερμομονωτικό υλικό: πετροβάμβακας, $\lambda = 0.033$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{αρχ.}}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{\text{αρχ.}} = 1/U_{\text{αρχ.}}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{\text{σοβά}}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{\text{νέα}}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{νέο}} = 1/R_{\text{νέα}}$
0.65	1.54	1.52	0.02	3.07	0.33

0.63	1.59	1.52	0.02	3.12	0.32
0.66	1.52	1.52	0.02	3.05	0.33
0.64	1.56	1.52	0.02	3.10	0.32
0.44	2.27	1.52	0.02	3.81	0.26
3.4	0.29	1.52	0.02	1.83	0.55
3.85	0.26	1.52	0.02	1.79	0.56
3.13	0.32	1.52	0.02	1.85	0.54
3.05	0.33	1.52	0.02	1.86	0.54
3.35	0.30	1.52	0.02	1.83	0.55
1	1.00	1.52	0.02	2.54	0.39

ΖΩΝΗ Γ και Δ

Επειδή το πάχος της εφαρμοζόμενης εξωτερικής θερμομόνωσης είναι το ίδιο και για τις δύο ζώνες, οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι ίδιες για κάθε υλικό εφαρμογής.

Πάχος θερμομονωτικού υλικού $d = 7 \text{ cm}$

Θερμομονωτικό υλικό: διογκωμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.037$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{αρχ.}}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{\text{αρχ.}} = 1/U_{\text{αρχ.}}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{\text{σοβά}}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{\text{νέα}}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{νέο}} = 1/R_{\text{νέα}}$
0.65	1.54	1.89	0.02	3.45	0.29
0.63	1.59	1.89	0.02	3.50	0.29
0.66	1.52	1.89	0.02	3.43	0.29
0.64	1.56	1.89	0.02	3.47	0.29
0.44	2.27	1.89	0.02	4.18	0.24
3.4	0.29	1.89	0.02	2.21	0.45
3.85	0.26	1.89	0.02	2.17	0.46
3.13	0.32	1.89	0.02	2.23	0.45
3.05	0.33	1.89	0.02	2.24	0.45
3.35	0.30	1.89	0.02	2.21	0.45
1	1.00	1.89	0.02	2.91	0.34

Θερμομονωτικό υλικό: εξηλασμένη πολυστερίνη, $\lambda = 0.029$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{αρχ.}}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{\text{αρχ.}} = 1/U_{\text{αρχ.}}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{\text{σοβά}}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{\text{νέα}}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{\text{νέο}} = 1/R_{\text{νέα}}$
0.65	1.54	2.41	0.02	3.97	0.25
0.63	1.59	2.41	0.02	4.02	0.25
0.66	1.52	2.41	0.02	3.95	0.25
0.64	1.56	2.41	0.02	4.00	0.25
0.44	2.27	2.41	0.02	4.71	0.21
3.4	0.29	2.41	0.02	2.73	0.37

3.85	0.26	2.41	0.02	2.69	0.37
3.13	0.32	2.41	0.02	2.75	0.36
3.05	0.33	2.41	0.02	2.76	0.36
3.35	0.30	2.41	0.02	2.73	0.37
1	1.00	2.41	0.02	3.43	0.29

Θερμομονωτικό υλικό: πετροβάμβακας, $\lambda = 0.033$

Αρχικός Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{αρχ.}$	Αρχική ολική Αντίσταση, $R_{αρχ.} = 1/U_{αρχ.}$	d/λ	Αντίσταση Σοβά, $R_{σοβά}$	Νέα ολική Αντίσταση, $R_{νέα}$	Νέος Συντ. Θερμοπερατότητας, $U_{νέο} = 1/R_{νέα}$
0.65	1.54	2.12	0.02	3.68	0.27
0.63	1.59	2.12	0.02	3.73	0.27
0.66	1.52	2.12	0.02	3.66	0.27
0.64	1.56	2.12	0.02	3.70	0.27
0.44	2.27	2.12	0.02	4.41	0.23
3.40	0.29	2.12	0.02	2.44	0.41
3.85	0.26	2.12	0.02	2.40	0.42
3.13	0.32	2.12	0.02	2.46	0.41
3.05	0.33	2.12	0.02	2.47	0.41
3.35	0.30	2.12	0.02	2.44	0.41
1.00	1.00	2.12	0.02	3.14	0.32

2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ

Ισχύς λέβητα-καυστήρα για θέρμανση των χώρων

Γίνεται αντικατάσταση του παλιού λέβητα πετρελαίου θέρμανσης με καινούργιο λέβητα πετρελαίου. Αρχικά, θα βρεθεί η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης με βάση τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (επιφάνεια, A) και των κλιματικών συνθηκών στις οποίες βρίσκεται το κτίριο (U_m , ΔT).

$$P_{gen} = A * U_m * \Delta T * 1,8 \text{ [W]}$$

Όπου A [m^2] η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους (τοιχοί, οροφές, πυλωτή, ανοίγματα), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ή σε επαφή με όμορα κτίρια, όπως λαμβάνονταν υπόψη στον Κανονισμό Θερμομόνωσης και όπως λαμβάνεται υπόψη πλέον κατά τον Έλεγχο Θερμομονωτικής Επάρκειας. Για το συγκεκριμένο κτίριο είναι $A=1020m^2$.

U_m [$W/(m^2K)$] ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A. Ανάλογα με την ηλικία του κτιρίου ο U_m λαμβάνει τις τιμές: $2,5W/(m^2K)$, για κτίρια πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (οικοδομικές άδειες πριν από το 1979), $1,55 W/(m^2K)$ για την Α κλιματική ζώνη, $1,20 W/(m^2K)$ για τη Β κλιματική ζώνη και $0,95 W/(m^2K)$ για τη Γ κλιματική ζώνη, για κτίρια μετά την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (έγκριση οικοδομικής άδειας μετά το 1980) καθώς και για κτίρια πριν από την ισχύ του κανονισμού, τα οποία πιστοποιημένα έχουν εφαρμόσει θερμομόνωση σε όλο το κτιριακό κέλυφος και σύμφωνα με τη μελέτη θερμομόνωσης (ενεργειακή μελέτη) για κτίρια μετά την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ.

ΔT [K] η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος: $18^\circ C$ για την Α, $20^\circ C$ για τη Β, $23^\circ C$ για τη Γ και $28^\circ C$ για τη Δ κλιματική ζώνη. Αυτές οι θερμοκρασιακές διαφορές εκτιμήθηκαν βάσει των ελάχιστων θερμοκρασιών αέρα που παρατηρούνται στις αντίστοιχες κλιματικές ζώνες.

1,8 συντελεστής που περιλαμβάνει τα φορτία λόγω αερισμού και τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής, κτλ.

Πίνακας Μέγιστη υπολογιζόμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης για κάθε κλιματική ζώνη.

Κλιματικές ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
A [m^2]	1020	1020	1020	1020
$U_m[W/(m^2K)]$	1,55	1,20	0,95	0,95
ΔT [K]	18	20	23	28
συντελεστής	1,8	1,8	1,8	1,8

Pgen [W]	51224,4	44064	40116,6	48837,6
Pgen [kW]	51,22	44,06	40,12	48,84
Pgen [kcal/h]	44045,1	37888,2	34494,1	41992,8

Αξίζει να τονιστεί εδώ ότι η ζώνη Δ είναι νέα κλιματική ζώνη (KENAK) και προήλθε από τις δυσμενέστερες - κλιματικά - περιοχές της παλαιάς (ΚΘΚ = Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων) ζώνης Γ. Συνεπώς, επειδή το κτίριο είναι κατασκευασμένο το 1982 δηλαδή για προϋφιστάμενο της νομοθεσίας KENAK κτίριο, ο U_m της ζώνης Δ είναι ο $U_{m,max}$ της παλιάς ζώνης Γ, ο συντελεστής U_m είναι $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Επίσης, στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται και η μετατροπή των kW σε kcal/h σύμφωνα με τη σχέση $1\text{kW} = 859,8452 \text{ kcal/h}$.

Ισχύς λέβητα-καυστήρα για παραγωγή ZNX

Αφού, η μονάδα λέβητα-καυστήρα θα καλύπτει παράλληλα και τις ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης, πρέπει να προστεθεί και το θερμικό φορτίο του ZNX. Η θερμική ισχύς P_n , ενός τοπικού θερμαντήρα παραγωγής ZNX συνήθως υπολογίζεται για μέσο χρόνο απόδοσης της συνολικής ημερήσιας θερμικής ενέργειας σε 5 ώρες από την εξής σχέση:

$$P_n = \frac{Q_d}{5}$$

Για μονάδες με λέβητα και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση θερμαντήρων ZNX στην πιο πάνω σχέση λαμβάνεται για τον υπολογισμό της ονομαστικής θερμικής ισχύος προσαύξηση 20% (για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής, κ.α.). Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d σε (kWh/day) για ZNX δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d * \frac{c}{3600} * \rho * \Delta T$$

Όπου V_d [l/day] το ημερήσιο φορτίο

ρ [kg/l] η πυκνότητα του νερού, $\rho = 1 \text{ kg/l}$

c [kJ/(kg K)] η ειδική θερμότητα, $c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg K})$

ΔT [K] η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου (Πίνακας 5.24 κεφάλαιο 5.4.6) και της θερμοκρασίας του ZNX (50°C).

Το ημερήσιο φορτίο υπολογίζεται ως εξής:

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.24 του υποκεφαλαίου 5.4.6 η κατανάλωση ZNX στις μονοκατοικίες και στις πολυκατοικίες είναι $50 \text{ l}/(\text{άτομο ημέρα})$ και ο αριθμός ατόμων ανά υπνοδωμάτιο είναι 1,5. Το κτίριο διαθέτει 20 υπνοδωμάτια και συνεπώς, 30 άτομα. Άρα, το ημερήσιο φορτίο είναι $50 \text{ l}/(\text{άτομο ημέρα}) * 30 \text{ άτομα} = 1500 \text{ l/day}$.

Ακολουθεί πίνακας με αναλυτικά στοιχεία για κάθε κλιματική ζώνη.

Πίνακας Ισχύς λέβητα παραγωγής ZNX σε κάθε κλιματική ζώνη

Κλιματικές ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
------------------	--------	--------	--------	--------

Vd [l/day]	1500	1500	1500	1500
c [kJ/(kg K)]	4,18	4,18	4,18	4,18
ρ [kg/l]	1	1	1	1
T _{νερού δικτύου} [°C]	12,8	10,1	6,5	4,2
T _{ZNX} [°C]	50	50	50	50
ΔT [K]	37,2	39,9	43,5	45,8
Qd [kWh/day]	64,79	69,49	75,76	79,77
Pn=Qd/5+20% [kW]	13,16	14,10	15,35	16,15
Pn [kcal/h]	11314	12123	13201	13890

Συνολική ισχύς λέβητα για θέρμανση και παραγωγή ZNX:

Συνεπώς, η συνολική ισχύς του λέβητα είναι $P_{gen}^* = P_{gen} + P_n$

Πίνακας Συνολική ισχύς λέβητα-καυστήρα σε κάθε κλιματική ζώνη

Κλιματικές ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
P _{gen} [kW]	51,22	44,06	40,12	48,84
P _n [kW]	13,16	14,10	15,35	16,15
P_{gen}[*] [kW]	64,38	58,16	55,47	64,99
P_{gen}[*] [kcal/h]	55360	50012	47692	55879

Επειδή στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη εγκατάστασης των η/μ συστημάτων είναι επιθυμητό ο καινούργιος λέβητας να έχει 25% μεγαλύτερη ονομαστική ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη και αυτό προήλθε ύστερα από τη γενικότερη τάση στις νέες εγκαταστάσεις. Επομένως, η πραγματική θερμική ισχύς του λέβητα-καυστήρα (ονομαστική ισχύς, ισχύς από τον κατασκευαστή) υπολογίζεται ως εξής:

$$P_m = 1,25 * P_{gen}^*$$

Για κάθε κλιματική ζώνη η πραγματική ισχύς του λέβητα είναι:

Πίνακας Ονομαστική θερμική ισχύς λέβητα σε κάθε κλιματική ζώνη

Κλιματικές ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
P_m [kW]	80,5	72,7	69,3	81,2
P_m [kcal/h]	69201	62515	59616	69849

Βαθμός απόδοσης μονάδας λέβητα-καυστήρα για θέρμανση των χώρων

Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης της μονάδας λέβητα-καυστήρα, όπως προκύπτει από τον κατασκευαστή, είναι $\eta_{gm}=0,93$. Κατά τη μελέτη χρησιμοποιείται βαθμός απόδοσης, η_{gen} , που προκύπτει από τον πραγματικό βαθμό απόδοσης μειωμένος κατά το συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης, η_{g1} και το συντελεστή μόνωσης του λέβητα, η_{g2} . Ο συντελεστής

υπερδιαστασιολόγησης είναι σύμφωνα με τον Πίνακα 5.11 του υποκεφαλαίου 5.4.1 $n_{g1}=0,95$ και ο συντελεστής μόνωσης του λέβητα είναι $n_{g2}= 1$ σύμφωνα με τον Πίνακα 5.12 του υποκεφαλαίου 5.4.1. Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης προκύπτει:

$$n_{gen} = n_{gm} * n_{g1} * n_{g2}$$

και είναι ίσος με $n_{gen}= 0,88$ και είναι σταθερός σε κάθε κλιματική ζώνη.

Το σύστημα λέβητα-καυστήρα για τη θέρμανση των χώρων χρησιμοποιείται από το μήνα Ιανουάριο μέχρι και τον Απρίλιο σε όλες τις κλιματικές ζώνες και ξαναρχίζει η λειτουργία του για τις ζώνες Α και Β το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο ενώ, στις ζώνες Γ και Δ ξεκινάει πάλι τον Οκτώβριο μέχρι και το Δεκέμβριο λόγω δυσμενέστερων κλιματικών συνθηκών. Αντίθετα, ο λέβητας για παραγωγή ζεστού νερού χρησιμοποιείται σε όλες τις κλιματικές ζώνες μόνο από τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο και από το Νοέμβριο μέχρι τον Δεκέμβριο. Τους υπόλοιπους μήνες χρησιμοποιούνται οι ηλιακοί συλλέκτες.

Βαθμός απόδοσης μονάδας λέβητα-καυστήρα για παραγωγή ΖΝΧ

Επειδή η λειτουργία του λέβητα για την παραγωγή του ΖΝΧ είναι ανεξάρτητη της λειτουργίας του λέβητα για θέρμανση, ο βαθμός απόδοσης αλλάζει και μάλιστα, είναι μικρότερος αφού, χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή ζεστού νερού. Ο βαθμός απόδοσης προκύπτει από τον πραγματικό βαθμό του λέβητα μειωμένο κατά το συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης, που τώρα είναι σαφώς μεγαλύτερος, και το συντελεστή κατάστασης του λέβητα. Δηλαδή,

$$n_{gen} = n_{gm} * n_{g1} * n_{g2}$$

με $n_{gm}= 0,93$ (πραγματικός βαθμός λέβητα)

$$n_{g1}= 0,75 \text{ (λέβητας με διπλάσια ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη, } P_m=2P_{gen}^*)$$

$$n_{g2}= 1 \text{ (λέβητας σε καλή κατάσταση μόνωσης)}$$

Συνεπώς, ο βαθμός απόδοσης του λέβητα για την παραγωγή ζεστού νερού είναι $n_{gen}= 0,70$ και είναι ίδιος για κάθε κλιματική ζώνη.

Δίκτυο διανομής θερμού μέσου

Η πραγματική τελική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής προκύπτει από την ονομαστική ισχύ πολλαπλασιασμένη με τον τελικό βαθμό απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης. Δηλαδή, $P = P_m * n_{gen}$ και σε κάθε κλιματική ζώνη είναι:

Πίνακας Ισχύς δικτύου διανομής σε κάθε κλιματική ζώνη

Κλιματικές ζώνες	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
P δικτύου διανομής [kW]	70,8	64	61	71,5

Το δίκτυο διανομής διέρχεται από εσωτερικούς κυρίως χώρους και 20% το πολύ από εξωτερικούς χώρους. Επειδή η μόνωση των κατακόρυφων σωλήνων είναι 6mm, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.13 η μόνωση αυτή χαρακτηρίζεται ως ανεπαρκής και έτσι, οι θερμικές απώλειες του δικτύου διανομής προκύπτουν, για εγκατεστημένη ισχύ ανάμεσα από 20 και 100 kWh, 11% από τον Πίνακα 5.14 του υποκεφαλαίου 5.4.1.

Τερματικές μονάδες θέρμανσης (καλοριφέρ)

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας του δικτύου θέρμανσης υπολογίζεται βάσει της ακόλουθης σχέσης και είναι ίδιος σε κάθε κλιματική ζώνη:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{rad} * f_{im} * f_{hydr}}$$

όπου:

n_{em} (άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο)	0,89
f_{rad}	1
f_{im} (διακοπτόμενη λειτουργία)	0,97
f_{hydr} (υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα)	1
$n_{em,t}$ (τελικός βαθμός απόδοσης)	0,92

Βοηθητικές μονάδες παραγωγής θέρμανσης:

Κυκλοφορητής ισχύος 0,4kW

Σύστημα αποθήκευσης ZNX:

Κεντρικός Θερμαντήρας με βαθμό απόδοσης 0,93 (πλευρικές θερμικές απώλειες των θερμαντήρων 2% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για τοποθέτηση σε εσωτερικό θερμαινόμενο ή μη χώρο και 7% θερμικές απώλειες για τοποθέτηση σε εξωτερικό χώρο)

Ηλιακοί Συλλέκτες:

Επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες μόνο για την παραγωγή ZNX με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας στις κατοικίες για κάθε πόλη ανά ζώνη προκύπτει από τον Πίνακα 5.27 του υποκεφαλαίου 5.4.7.

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό οι τιμές του συντελεστή α είναι οι εξής:

Πόλη	Συντελεστής α
Ηράκλειο	0,364
Αθήνα	0,369
Θεσσαλονίκη	0,358
Καστοριά	0,344

Παρόλο που στο λογισμικό εισήχθη στη ζώνη Δ η Κοζάνη εδώ, γίνεται η παραδοχή ότι ο συντελεστής α είναι ίδιος στις δυο πόλεις (Κοζάνη και Καστοριά).

Συνολική επιφάνεια πάνελ: 30m²

Αριθμός πάνελ: 15 των 2 m² ο καθένας

Νότιος προσανατολισμός όλων των πάνελ: γ=180°

Κλίση των πάνελ: β=30°

Καθόλου σκίαση των πάνελ από εμπόδια του περιβάλλοντα χώρου: F_s =1

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Αντικαθίστανται οι τοπικές αντλίες θερμότητας με τοπικές κλιματιστικές μονάδες με ονομαστικό δείκτη αποδοτικότητας EER=3,30.

Για να υπολογιστεί η συνολική ψυκτική ισχύς των κλιματιστικών μονάδων ακολουθήθηκε μια προσέγγιση των απαιτήσεων σε ψύξη σύμφωνα με τις παλαιές απαιτήσεις του κτιρίου. Συγκεκριμένα, τα ανοίγματα έχουν συνολική επιφάνεια 225m² από τα 1020 m² επομένως, αποτελούν το 22% της συνολικής πραγματικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους, όπως ορίστηκε στο σύστημα θέρμανσης, ενώ, το κέλυφος αποτελεί το 78%. Οι παλιότερες ανάγκες ενός διαμερίσματος σε ψύξη ήταν 24000btu. Συνεπώς, οι απαιτήσεις ψύξης που προκύπτουν λόγω των ανοιγμάτων είναι 5280 btu ενώ, του κελύφους 18720 btu. Θεωρείται ότι τα ανοίγματα παραμένουν ίδια ενώ, έχει αναβαθμιστεί το 40% του κελύφους. Επομένως, οι νέες απαιτήσεις ψύξης του κτιρίου είναι (5280+11232) btu= 16512 btu, δηλαδή το κάθε διαμέρισμα χρειάζεται περίπου 16000 btu. Χρησιμοποιούνται 2 κλιματιστικά σε κάθε διαμέρισμα, άρα, 2 των 9000 btu (επειδή δεν κυκλοφορούν με 8000 btu). Τελικά, η συνολική ψυκτική ισχύς και των 10 διαμερισμάτων είναι 160000 btu ή 52,8kWh (αφού, 9000 btu= 2,64 kWh).

Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται στις ζώνες Α και Β από το Μάιο μέχρι και το Σεπτέμβριο και στις ζώνες Γ και Δ από τον Ιούνιο μέχρι και το Σεπτέμβριο.

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων ψύξης (κλιματιστικές μονάδες) προκύπτει από τον τύπο:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{im} * f_{hydr}}$$

όπου:

n _{em} (άμεσα συστήματα)	0,93
f _{im} (συνεχή λειτουργία)	1
f _{hydr} (υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα)	1
n _{em,t} (τελικός βαθμός απόδοσης)	0,93

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Υπάρχον κτίριο: εσωτερική μόνωση, Σενάριο 1: Διογκωμένη Πολυστερίνη (EPS), Σενάριο 2: Εξηλασμένη Πολυστερίνη (XPS), Σενάριο 3: Πετροβάμβακας

ΖΩΝΗ Α: ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 3cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Σενάριο 3	Ποσοστά 3
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	38,3	37,7	1,6	37,6	1,8	37,7	1,6
Πετρέλαιο	31,5	26,2	16,8	25,4	19,4	25,8	18,1
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	63,9	8,5	63,0	9,7	63,5	9,0
Κατάταξη	Z	E		E		E	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO2 (%)	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO2 (%)	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO2 (%)
Ηλεκτρισμός	37,9	37,3	1,6	37,2	1,8	37,3	1,6
Πετρέλαιο	8,3	6,9	16,9	6,7	19,3	6,8	18,1
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	46,2	44,2	4,3	43,9	5,0	44,1	4,5

ΖΩΝΗ Β: ΑΘΗΝΑ (Ελληνικό)

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 5cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Σενάριο 3	Ποσοστά 3
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	43,1	42	2,6	41,9	2,8	42	2,6
Πετρέλαιο	49,8	39,7	20,3	38,5	22,7	39,2	21,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	92,9	81,7	12,1	80,4	13,5	81,2	12,6
Κατάταξη	Z	Z		E		Z	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	42,6	41,5	2,6	37,2	2,8	37,3	2,6
Πετρέλαιο	13,1	10,5	19,8	6,7	22,1	6,8	21,4
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	55,7	52	6,6	43,9	7,4	44,1	7,0

ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μίκρα)

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 7cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Σενάριο 3	Ποσοστά 3
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	41,3	40,5	1,9	40,4	2,2	40,4	2,2
Πετρέλαιο	118,1	95	19,6	92,3	21,8	93,7	20,7
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	159,4	135,5	15,0	132,7	16,8	134,1	15,9
Κατάταξη	Z	Z		E		Z	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	40,3	40,1	0,5	40,0	0,7	40,0	0,7
Πετρέλαιο	31,2	25,1	19,6	24,4	21,8	24,7	20,8
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	71,5	65,2	8,8	64,4	9,9	64,7	9,5

ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 7cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Σενάριο 3	Ποσοστά 3
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	36,8	36,6	0,5	36,6	0,5	36,6	0,5
Πετρέλαιο	174,1	142,8	18,0	139,2	20,0	141,1	19,0
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	210,9	179,4	14,9	175,8	16,6	177,7	15,7
Κατάταξη	Z	Z		Z		Z	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	36,4	36,2	0,5	36,2	0,5	36,2	0,5
Πετρέλαιο	46,0	37,7	18,0	36,7	20,2	37,3	18,9
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	82,4	73,9	10,3	72,9	11,5	73,5	10,8

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

ΖΩΝΗ Α: ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Υπάρχον Κτίριο: Μονά τζάμια, Σενάριο 1: Διπλά τζάμια, Σενάριο 2: Διπλά ενεργειακά τζάμια

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	38,3	37,9	1,04	37,3	2,6
Πετρέλαιο	31,5	18,9	40,0	15,1	52,1
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	56,8	18,6	52,5	24,8
Κατάταξη	Ζ	Ε		Ε	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	37,9	37,5	1,1	36,9	2,6
Πετρέλαιο	8,3	5,0	39,8	4,0	51,8
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	46,2	42,5	8,0	40,9	11,5

ΖΩΝΗ Β: ΑΘΗΝΑ (Ελληνικό)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	43,1	42,1	2,3	41,3	4,2
Πετρέλαιο	49,8	32,0	35,7	26,5	46,8
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,
Σύνολο	93,0	74,1	20,3	67,8	27,1
Κατάταξη	Ζ	Ε		Ε	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	42,6	41,6	2,3	40,8	4,2
Πετρέλαιο	13,1	8,4	35,9	7,0	46,6
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	55,8	50,1	10,2	47,8	14,3

ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μίκρα)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	41,3	40,8	1,2	40,3	2,4
<i>Πετρέλαιο</i>	118,1	83,3	29,5	71,9	39,1
<i>Ηλιακή</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	159,4	124,2	22,1	112,2	29,6
<i>Κατάταξη</i>	Z	E		E	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	40,8	40,4	1,0	39,9	2,2
<i>Πετρέλαιο</i>	31,2	22,0	29,5	19,0	39,1
<i>Ηλιακή</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	72,0	62,3	13,5	58,8	18,3

ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	36,8	37,3	0,0	37,1	0,0
<i>Πετρέλαιο</i>	174,1	126,6	27,3	110,7	36,4
<i>Ηλιακή</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	210,9	163,9	22,3	147,8	29,9
<i>Κατάταξη</i>	Ζ	Ε		Ε	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	36,4	36,9	0,0	36,7	0,0
<i>Πετρέλαιο</i>	46,0	33,4	27,4	29,2	36,5
<i>Ηλιακή</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	82,4	70,3	14,7	65,9	20,0

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

ΖΩΝΗ Α: ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Σενάριο 1: Μεταλλικά με διπλά τζάμια, Σενάριο 2: Μεταλλικά με ενεργειακά τζάμια

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 3cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ EPS	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	38,3	37,3	2,6	36,8	3,9	37,9	36,9	2,6	36,4	4,0
Πετρέλαιο	31,5	14,1	55,2	10,6	66,3	8,3	3,7	55,4	2,8	66,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	51,4	26,4	47,4	32,1	46,2	40,6	12,1	39,2	15,2
Κατάταξη	Z	E		E						

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ XPS	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	38,3	37,2	2,9	36,7	4,2	37,9	36,8	2,9	36,3	4,2
Πετρέλαιο	31,5	13,4	57,5	9,9	68,6	8,3	3,5	57,8	2,6	68,7
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	50,6	27,5	46,6	33,2	46,2	40,3	12,8	38,9	15,8
Κατάταξη	Z	E		E						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	38,3	37,3	2,6	36,7	4,2	37,9	36,9	2,6	36,3	4,2
Πετρέλαιο	31,5	13,7	56,5	10,3	67,3	8,3	3,6	56,6	2,7	67,5
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	51	26,9	47	32,7	46,2	40,5	12,3	39,0	15,6
Κατάταξη	Z	E		E						

ΖΩΝΗ Β: ΑΘΗΝΑ (Ελληνικό)

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 5cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ EPS	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	43,1	41,0	4,9	40,2	6,7	42,6	40,5	4,9	39,8	6,6
Πετρέλαιο	49,8	22,5	54,8	17,3	65,3	13,1	5,9	55,0	4,6	64,9
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	92,9	63,5	31,6	57,5	38,1	55,7	46,4	16,7	44,4	20,3
Κατάταξη	Z	E		E						

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΧΡΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	43,1	40,8	5,3	40,0	7,2	42,6	40,4	5,2	39,6	7,0
Πετρέλαιο	49,8	21,3	57,2	16,2	67,5	13,1	5,6	57,3	4,3	67,2
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	92,9	62,1	33,2	56,2	39,5	55,7	46	17,4	43,9	21,2
Κατάταξη	Z	E		E						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	43,1	40,9	5,1	40,1	7,0	42,6	40,5	4,9	39,7	6,8
Πετρέλαιο	49,8	22	55,8	16,8	66,3	13,1	5,8	55,7	4,4	66,4
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	92,9	62,9	32,3	56,9	38,8	55,7	46,3	16,9	44,1	20,8
Κατάταξη	Z	E		E						

ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μίκρα)

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 7cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ EPS	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	41,3	40,0	3,1	39,4	4,6	40,8	39,6	2,9	39,0	4,4
Πετρέλαιο	118,1	60,6	48,7	49,3	58,3	31,2	16,0	48,7	13,0	58,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Σύνολο	159,4	100,6	36,9	88,7	44,4	72,0	55,6	22,8	52,0	27,8
Κατάταξη	Ζ	Ε		Δ						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΧΡS	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	41,3	39,9	3,4	39,3	4,8	40,8	39,5	3,2	38,9	4,7
Πετρέλαιο	118,1	58,0	50,9	46,8	60,4	31,2	15,3	51,0	12,4	60,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	159,4	97,9	38,6	86,1	46,0	72	54,8	23,9	51,3	28,8
Κατάταξη	Ζ	Ε		Δ						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	41,3	40,0	3,1	39,4	4,6	40,8	39,6	2,9	39,0	4,4
Πετρέλαιο	118,1	59,4	49,7	48,1	59,3	31,2	15,7	49,7	12,7	59,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	159,4	99,4	37,6	87,5	45,1	72	55,3	23,2	51,7	28,2
Κατάταξη	Ζ	Ε		Δ						

ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

Πάχος θερμομονωτικού υλικού: 7cm

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ EPS	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	37,0	36,9	0,3	37,4	0,0	36,6	36,5	0,3	37	0,0
Πετρέλαιο	163,2	86,6	46,9	84,1	48,5	43,1	22,9	46,9	18,3	57,5
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	200,2	123,5	38,3	121,5	39,3	79,7	59,4	25,5	55,3	30,6
Κατάταξη	Z	E		Δ						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΧΡΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	37	37,5	0,0	37,4	0,0	36,6	37,1	0,0	37	0,0
Πετρέλαιο	162,3	80,9	50,2	65,1	59,9	42,8	21,4	50,0	17,2	59,8
Ηλιακή	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	199,3	118,4	40,6	102,5	48,6	79,4	58,5	26,3	54,2	31,7
Κατάταξη	Z	Δ		Δ						
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
Ηλεκτρισμός	37,0	37,5	0,0	37,4	0,0	36,6	37,1	0,0	37,0	0,0
Πετρέλαιο	162,8	83,3	48,8	67,5	58,5	43	22	48,8	17,8	58,6
Ηλιακή	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	199,8	120,8	39,5	104,9	47,5	79,6	59,1	25,8	54,8	31,2
Κατάταξη	Z	Δ		Δ						

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΘΕΡΜΑΝΣΗ, ΨΥΞΗ, ΖΝΧ)

ΖΩΝΗ Α: ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	38,3	7,7	79,9
Πετρέλαιο	31,5	27,5	12,7

Ηλιακή	0,0	23,2	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	69,8	35,2	49,6
Κατάταξη	Z	B	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO2 (%)
Ηλεκτρισμός	37,9	7,6	79,9
Πετρέλαιο	8,3	7,3	12,0
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	46,2	14,9	67,7

ΖΩΝΗ Β: ΑΘΗΝΑ (Ελληνικό)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1
		Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m2)
Ηλεκτρισμός	44,1	9,4	78,7

Πετρέλαιο	49,5	41,9	15,4
Ηλιακή	0,0	22,8	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	93,6	51,3	45,2
Κατάταξη	Ζ	Β	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Εκπομπές CO2 (kg/m2)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO2 (%)
Ηλεκτρισμός	43,6	9,3	78,7
Πετρέλαιο	13,1	11,1	15,3
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	56,7	20,4	64,0

ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μίκρα)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1
	Κατανάλωση	Κατανάλωση	Ποσοστιαία

	Καυσίμων (kWh/m ²)	Καυσίμων (kWh/m ²)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	41,3	7,7	81,4
Πετρέλαιο	118,1	94,7	19,8
Ηλιακή	0,0	20,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	159,4	102,4	35,8
Κατάταξη	Ζ	Γ	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	40,8	7,6	81,4
Πετρέλαιο	31,2	25,0	19,9
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	72,0	32,6	54,7

ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	36,8	5,0	86,4
<i>Πετρέλαιο</i>	174,1	136,0	21,9
<i>Ηλιακή</i>	0,0	19,7	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	210,9	141,0	33,1
<i>Κατάταξη</i>	Ζ	Δ	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
<i>Ηλεκτρισμός</i>	36,4	4,9	86,5
<i>Πετρέλαιο</i>	46,0	35,9	22,0
<i>Ηλιακή</i>	0,0	0,0	0,0
<i>Άλλα</i>	0,0	0,0	0,0
<i>ΑΠΕ</i>	0,0	0,0	0,0
<i>Σύνολο</i>	82,4	40,8	50,5

ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ (XPS), ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ (σενάριο 1 και 2) και Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΖΩΝΗ Α: ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	39,1	7,3	81,33	7	82,1
Πετρέλαιο	31,2	14,2	54,49	11,7	62,5
Ηλιακή	0,0	23,2	0,0	23,2	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	70,3	21,5	69,42	18,8	73,26
Κατάταξη	Z	B+		B+	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	38,7	7,2	81,40	6,9	82,17
Πετρέλαιο	8,2	3,7	54,88	3,1	62,20
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	46,9	11,0	76,55	10,0	78,68

ΖΩΝΗ Β: ΑΘΗΝΑ (Ελληνικό)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	44,1	8,5	80,73	8,1	81,63
Πετρέλαιο	49,5	21,2	57,17	17,4	64,85
Ηλιακή	0,0	22,8	0,0	22,8	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	93,6	29,6	68,38	25,5	72,76
Κατάταξη	Z	B+		B+	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	43,6	8,4	80,73	8,0	81,65
Πετρέλαιο	13,1	5,6	57,25	4,6	64,89
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	56,7	14,0	75,31	12,6	77,78

ΖΩΝΗ Γ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μίκρα)

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	41,3	7,1	82,81	6,9	83,29
Πετρέλαιο	118,1	51,0	56,82	42,8	63,76
Ηλιακή	0,0	20,0	0,0	20,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	159,4	58,1	63,55	49,7	68,82
Κατάταξη	Z	B		B+	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	40,8	7,0	82,84	6,8	83,33
Πετρέλαιο	31,2	13,5	56,76	11,3	63,78
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	72,0	20,5	71,53	18,1	74,86

ΖΩΝΗ Δ: ΚΟΖΑΝΗ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Ποσοστά 1	Σενάριο 2	Ποσοστά 2
	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Ηλεκτρισμός	37,0	5,3	85,68	5,2	85,95
Πετρέλαιο	163,2	68,5	57,79	57,0	64,88
Ηλιακή	0,0	19,7	0,0	19,7	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	199,2	73,8	62,95	62,3	62,95
Κατάταξη	Z	B		B+	
ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση CO ₂ (%)
Ηλεκτρισμός	36,6	5,2	85,79	5,1	86,07
Πετρέλαιο	42,8	18,1	57,71	15,0	64,95
Ηλιακή	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Άλλα	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΑΠΕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	79,4	23,3	70,65	20,2	74,56

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ- ΟΦΕΛΟΥΣ

ΖΩΝΗ Α

Επεμβάσεις	Χρηματοοικονομική Ανάλυση			Ανάλυση Κόστους- Οφέλους			Κόστος Επένδυσης (ευρώ)
	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C	
Θερμομόνωση XPS	-18148.4	-5%	0.31	-7072.8	-4%	0.47	26251
Κουφώματα 1	-29505.2	-4%	0.33	-9766.8	-3%	0.52	44168
Κουφώματα 2	-27057.7	-2%	0.43	-11103.1	-3%	0.52	47093
ΗΜ Συστήματα	20255.5	11%	1.51	63674.3	13%	2.24	39739
Φωτισμός	6235.8	29%	7.21	346.7	3%	1.04	1003.94
Συνέργεια 1	-33474.3	2%	0.70	36649.4	3%	1.04	110158
Συνέργεια 2	-33052.6	2%	0.71	12997.8	1%	0.85	113083

ΖΩΝΗ Β

Επεμβάσεις	Χρηματοοικονομική Ανάλυση			Ανάλυση Κόστους- Οφέλους			Κόστος Επένδυσης (ευρώ)
	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C	
Θερμομόνωση XPS	-14767.1	-1%	0.5	1277.2	0%	0.77	29585
Κουφώματα 1	-22591.6	-1%	0.49	1345.9	0%	0.75	44168
Κουφώματα 2	-17876.2	1%	0.62	145.8	0%	0.75	47093
ΗΜ Συστήματα	32347.3	14%	1.81	77737.4	15%	2.57	39739
Φωτισμός	6235.8	29%	7.21	346.7	3%	1.04	1003.94
Συνέργεια 1	-16835.4	4%	0.85	61373.7	5%	1.24	113492
Συνέργεια 2	-14784.4	5%	0.87	32602.1	3%	1.01	116417

ΖΩΝΗ Γ

Επεμβάσεις	Χρηματοοικονομική Ανάλυση			Ανάλυση Κόστους- Οφέλους			Κόστος Επένδυσης (ευρώ)
	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C	
Θερμομόνωση XPS	-2734.7	5%	0.92	24335.8	7%	1.42	32919
Κουφώματα 1	-4869.9	5%	0.89	15764.6	4%	1.09	44168
Κουφώματα 2	5745.2	7%	1.12	30517.1	7%	1.37	47093
ΗΜ Συστήματα	47558.5	17%	2.20	74436.5	16%	2.55	39739
Φωτισμός	6235.8	29%	7.21	346.7	3%	1.04	1003.94
Συνέργεια 1	19764.7	8%	1.17	77507.1	7%	1.38	116826
Συνέργεια 2	26262.5	8%	1.22	87166	7%	1.45	119751

ΖΩΝΗ Δ

Επεμβάσεις	Χρηματοοικονομική Ανάλυση			Ανάλυση Κόστους- Οφέλους			Κόστος Επένδυσης (ευρώ)
	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C	
Θερμομόνωση XPS	5894.4	8%	1.18	39339.1	10%	1.85	32919
Κουφώματα 1	8118.5	8%	1.18	32514.2	7%	1.46	44168
Κουφώματα 2	22695.8	11%	1.48	52523.9	11%	1.82	47093
ΗΜ Συστήματα	60170.9	19%	2.51	91287.8	19%	2.96	39739
Φωτισμός	6235.8	29%	7.21	346.7	3%	1.04	1003.94
Συνέργεια 1	44198.5	10%	1.38	109670.8	9%	1.65	116826
Συνέργεια 2	54130.6	11%	1.45	123716.9	10%	1.74	119751

