

ΤΕΙ Κρήτης

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πτυχιακή εργασία:

**«Σχέση κόστους-οφέλους θερμομόνωσης κελύφους σε
συμβατική ελληνική κατοικία»**

Όνομα σπουδαστή: Δουλγεράκης Γιώργος

Υπεύθυνος καθηγητής: Σπανάκη Άρτεμη

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	σελ.5
Κεφάλαιο 1 ^ο Η θερμομονωτική επάρκεια των κτιρίων.....	σελ.8
1.1 Περίληψη - δομή κεφαλαίου.....	σελ.8
1.2 Κτιριακό δυναμικό σε Ε.Ε και Ελλάδα.....	σελ.8
1.3 Η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας σε ελληνικά κτίρια.....	σελ.12
1.4 Το κέλυφος του κτιρίου.....	σελ.15
1.5 Νομοθετικό πλαίσιο και θερμομονωτικές απαιτήσεις.....	σελ.16
1.5.1 Τα παθητικά συστήματα στον Κ.Εν.Α.Κ.....	σελ.19
1.5.2 Η έννοια της θερμογέφυρας.....	σελ.20
1.6. Κίνητρα για την Πραγματοποίηση Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	σελ.22
1.6.1. Πρόγραμμα εξοικονόμηση κατ'οίκον.....	σελ.22
1.6.2. Πρόγραμμα «Χτίζοντας το μέλλον».....	σελ.25
1.7. Θερμομονωτικά υλικά.....	σελ.26
1.8. Κουφώματα και υαλοπίνακες.....	σελ.30
1.9 Η σχέση θερμομόνωσης κελύφους και εξοικονομούμενης ενέργειας.....	σελ.33
1.10 Σύνοψη.....	σελ.37
Κεφάλαιο 2 ^ο : Η μελέτη εφαρμογής.....	σελ.39
2.1. Αντικείμενο διερεύνησης.....	σελ.39
2.2. Λογισμικό πακέτο προσομοίωσης Ecotect v.5.2.0.....	σελ.39
2.3. Κτίριο μελέτης.....	σελ.40
2.4. Εναλλακτικά σενάρια μόνωσης κελύφους.....	σελ.52
2.4.1. Επαρκής μόνωση κελύφους.....	σελ.52
2.4.2. Θερμομόνωση τοιχοποιίας και όχι σκελετού.....	σελ.59
2.4.3. Πλήρως αμόνωτο κέλυφος.....	σελ.63
2.4.4. Αμόνωτο κέλυφος και μονωμένο δώμα.....	σελ.68
2.4.5. Εφαρμογή υαλοστασίων μειωμένων θερμικών ιδιοτήτων.....	σελ.73
2.4.6. Βέλτιστη μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Β.....	σελ.78
2.4.7. Βέλτιστη μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Α.....	σελ.82
2.4.8. Βέλτιστη μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Δ.....	σελ.87
2.4.9. Βέλτιστη μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Δ.....	σελ.91
2.5. Συμπεράσματα.....	σελ.94
Κεφάλαιο 3 ^ο : Διερεύνηση οικονομικής σχέσης κόστους-οφέλους θερμομόνωσης.....	σελ.97
3.1. Οικονομικό μοντέλο.....	σελ.97

3.2. Ενεργειακές ανάγκες- κόστος θερμομόνωσης.....σελ.99	σελ.99
Κεφάλαιο 4 ^ο : Συμπεράσματα.....σελ.103	σελ.103
Βιβλιογραφία.....σελ.104	σελ.104

Πίνακας περιεχομένων εικόνων

Πίνακας 1.1: Κατανομή ρύπων ανά χρήση στην Ελλάδα.....8	8
Σχήμα 1.1: Κατανομή του ελληνικού κτιριακού δυναμικού ανά ηλικία και ανά χρήση.....10	10
Σχήμα 1.1: Ελληνικό κτιριακό απόθεμα στον οικιακό και τριτογενή τομέα ανά κλιματική ζώνη.....11	11
Σχήμα 1.3: Ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας τα έτη 1980 και 2005.....12	12
Σχήμα 1.4: Καταναλώσεις θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων στον ελλαδικό χώρο ανά κλιματική ζώνη.....15	15
Σχήμα 1.5: Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας.....18	18
Σχήμα 1.6: Συνήθεις θέσεις εμφάνισης θερμογεφυρών.....21	21
Πίνακας 1.2: Κίνητρα ένταξης ωφελουμένων στο Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον».....23	23
Σχήμα 1.7: Πλάκες (α) πετροβάμβακα και (β) υαλοβάμβακα.....27	27
Σχήμα 1.8: Πλάκες (α) εξηλασμένης και (β) διογκωμένης πολυστερίνης.....28	28
Σχήμα 1.9: Κατανομή της χρήσης των θερμομονωτικών υλικών στην Ευρωπαϊκή και Ελληνική αγορά.....29	29
Σχήμα 1.10: Επίδραση της χρήσης υαλοπινάκων διπλής υάλωσης χαμηλής ηλιακής εκπομπής (low-e) στη μείωση των ενεργειακών απωλειών.....32	32
Πίνακας 1.3: Σύγκριση τιμών συντελεστή θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τον Κ.Εν.Α.Κ.&τη βέλτιστη σχέση κόστους-οφέλους.....34	34
Σχήμα 1.11: Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια στον οικιακό Τομέα.....36	36
Σχήμα 2.1: Περιβάλλον εργασίας λογισμικού Ecotect v.5.20.....40	40
Σχήμα 2.2: Ρυθμίσεις μοντέλου για τη θέση «Αθήνα».....41	41
Σχήμα 2.3: Κτίριο μελέτης-ηλιακή πορεία κατά τη διάρκεια της χρονιάς, στο περιβάλλον Ecotect v.5.20 - βορειοδυτική όψη.....42	42
Σχήμα 2.4: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (νοτιοδυτική όψη).....43	43
Σχήμα 2.5: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (βορειοδυτική όψη).....44	44
Σχήμα 2.6: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (νοτιοανατολική όψη).....45	45
Σχήμα 2.7: Ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής πορείας για το κτίριο μελέτης.....46	46
Σχήμα 2.8: Ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής πορείας και της σκιάς που δημιουργείται στο πάτωμα λόγω των ανοιγμάτων, για το κτίριο μελέτης.....47	47
Σχήμα 2.9: Γενικές ρυθμίσεις ζώνης.....48	48
Σχήμα 2.10: Θερμικά χαρακτηριστικά ζώνης.....49	49
Σχήμα 2.11: Υπολογισμός επιφανείας και όγκου ζώνης.....49	49
Σχήμα 2.12: Στοιχεία για το σύστημα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού αέρα της ζώνης (HVAC-Heating, ventilation, air conditioning).....50	50
Πίνακας 2.1: Δομικά υλικά κτιρίου (λογισμικό Ecotect v.5.20).....52	52
Σχήμα 2.13: Διάγραμμα κέρδους/απώλειας ενέργειας.....55	55
Πίνακας 2.2: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας.....57	57
Πίνακας 2.3: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας.....57	57

Σχήμα 2.14: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	58
Πίνακας 2.4: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα	58
Σχήμα 2.15: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	60
Πίνακας 2.5: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας.....	61
Σχήμα 2.16: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	62
Πίνακας 2.6: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	63
Σχήμα 2.17: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	64
Πίνακας 2.7: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	66
Σχήμα 2.18: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	67
Πίνακας 2.8: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	67
Σχήμα 2.19: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	69
Πίνακας 2.9: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	71
Σχήμα 2.20: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	72
Πίνακας 2.10: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	72
Σχήμα 2.21: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	73
Πίνακας 2.11: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	76
Σχήμα 2.22: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	77
Πίνακας 2.12: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	77
Σχήμα 2.23: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	79
Πίνακας 2.13: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	80
Σχήμα 2.24: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	81
Πίνακας 2.14: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	81
Σχήμα 2.25: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	83
Πίνακας 2.15: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	85
Σχήμα 2.26: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	86
Πίνακας 2.16: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	86
Σχήμα 2.27: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	88
Πίνακας 2.17: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας	89
Σχήμα 2.28: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	90
Πίνακας 2.18: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	90
Σχήμα 2.29: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών.....	92
Πίνακας 2.19: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας.....	93
Σχήμα 2.30: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων.....	94
Πίνακας 2.20: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα.....	94
Πίνακας 2.21: Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση/κλιματισμό για την ίδια κλιματική ζώνη(B) για διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης.....	95
Πίνακας 2.22: Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση/κλιματισμό για διαφορετική κλιματική ζώνη για το ίδιο κτιριακό κέλυφος, για το βέλτιστο σενάριο θερμομόνωσης.....	95
Πίνακας 3.1: Υλικά κελύφους και θερμομόνωσης.....	98
Πίνακας 3.2: Ενεργειακή κατανάλωση και συνολικό κόστος θερμομόνωσης.....	103

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πολιτικοοικονομικές εξελίξεις που συνοδεύουν τη νέα χιλιετία έχουν οδηγήσει στη μεγιστοποίηση της παγκόσμιας κατανάλωσης πετρελαίου (φαινόμενο «peak oil») και στο ολοένα διογκούμενο περιβαλλοντικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα οποία και συνθέτουν το Ενεργειακό Ζήτημα. Η ανάγκη για αντιμετώπιση του Ζητήματος έχει στρέψει το παγκόσμιο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη υλικών και τεχνολογιών που θα συμβάλλουν αποτελεσματικά στην εξοικονόμηση ενέργειας .

Ο τομέας των κατασκευών κατέχει υψηλό μερίδιο ευθύνης στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για τη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης. Οι προσπάθειες αυτές επικεντρώνονται αφενός στην εξεύρεση και ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), των οποίων η ενσωμάτωση στο σχεδιασμό των νεόδμητων κτιρίων είναι πλέον επιβεβλημένη και αφετέρου στη μείωση των ποσοστών ενέργειας που καταναλώνουν οι υφιστάμενες κατασκευές.

Οι υφιστάμενες κτιριακές κατασκευές αποδεικνύεται ότι αποτελούν βασικό πυλώνα του προβλήματος δεδομένου ότι, σύμφωνα με εκτιμήσεις, στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι υπεύθυνες για το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ και στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα αυξημένο και υπολογίζεται στο 35%¹. Επισημαίνεται ότι η χώρα μας, αν και έχει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω του κλίματος, καταναλώνει το 70% της συνολικής ενέργειας για θέρμανση όταν το αντίστοιχο ποσοστό σε χώρες με δριμείς χειμώνες όπως η Δανία, η Σουηδία και η Γερμανία φτάνει στο 69%².

Στα πλαίσια της προσπάθειας μείωσης των ποσοστών αυτών, η πολιτεία σε συνεργασία με εγχώριους ενεργειακούς φορείς (ΚΑΠΕ κ.α.) διαμόρφωσε ένα

¹ Περδίοις Σ., (2006), «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων και Κατασκευή Κήπων σε Δώματα», Παρουσίαση στην έκθεση ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2006 (Αθήνα 25/11/2006), Διαθέσιμο στο http://www.adamsnet.gr/html/news/documents/keimeno_parousiasis_sthn_energy2006.pdf, σελ. 6, Νοέμβριος 2012

² ΚΑΠΕ , (2002), «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα», στα πλαίσια του έργου «RES DISSEMINATION», Διαθέσιμο στο <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, σελ. 1, Νοέμβριος 2012

θεσμικό πλαίσιο με κύριο άξονα την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ενεργειακής πιστοποίησης των κτιρίων και της βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης. Το εγχείρημα αυτό θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμο. Έτσι, έχει ήδη θεσπιστεί ο νέος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ³), ο οποίος αντικαταθιστά τον ισχύοντα κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων⁴ και έχει εφαρμογή στη μελέτη και κατασκευή των νεόδμητων κατασκευών, αλλά και στην ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, ο κανονισμός εισάγει την έννοια της Ενεργειακής Μελέτης (για τις νέες μελέτες) και καθιερώνει την Ενεργειακή Επιθεώρηση ως διαδικασία αξιολόγησης της ενεργειακής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων καταγράφοντας και ποσοτικοποιώντας τους παράγοντες που την επηρεάζουν.

ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση της σχέσης παραμέτρων που σχετίζονται με το κέλυφος του κτιρίου με την ενεργειακή του συμπεριφορά. Πιο αναλυτικά η εργασία απαρτίζεται από τρία μέρη:

Στο πρώτο μέρος επιχειρείται η παρουσίαση των κυριότερων παραμέτρων που καθορίζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Στο δεύτερο μέρος, περιγράφονται οι παρεμβάσεις που αφορούν στη θερμομόνωση του κελύφους, εξετάζοντας διαφορετικά σενάρια σε συγκεκριμένη κατοικία. Πραγματοποιείται υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για κάθε σενάριο με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Τέλος στο τρίτο μέρος, αναλύεται η σχέση κόστους – οφέλους των σεναρίων, όπως προκύπτει από υπολογισμούς σχετικά με τους χρόνους απόσβεσης των δαπανών που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των παρεμβάσεων αυτών.

³ Ο Κ.Εν.Α.Κ τέθηκε σε ισχύ με την Κ.Υ.Α., Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 ως κανονιστική ρύθμιση που απαιτείται για την εφαρμογή του Νόμου 3661/2008, (ΦΕΚ 89/Α/2010) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις».

⁴ Προεδρικό Διάταγμα Π.Δ. 1.6/4.7/1979, (ΦΕΚ 362/Δ'/4.7.1979) «Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωση των κτιρίων».

Στόχος της εργασίας είναι η εξέταση της αποτελεσματικότητας και η ιεράρχηση των παρεμβάσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την ενίσχυση της θερμομονωτικής ικανότητας των κτιρίων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα υπογραμμίζουν τη βαρύτητα των θερμικών ιδιοτήτων του κελύφους στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων.

Κεφάλαιο 1^ο: Η θερμομονωτική ικανότητα των κτιρίων

1.1. Περίληψη - δομή κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνονται στατιστικά στοιχεία που αφορούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελλάδα σχετικά με το υφιστάμενο κτιριακό δυναμικό και την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων. Αναπτύσσεται επίσης το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τις αρχές θερμικής προστασίας των κτιρίων στη χώρα μας και αναφέρονται οι παράμετροι που αυτό λαμβάνει υπόψη. Στη συνέχεια, περιγράφονται συνοπτικά τα κυριότερα υλικά που διατίθενται στο εμπόριο σήμερα για την θερμομονωτική θωράκιση του κτιριακού κελύφους. Στο τέλος, πραγματοποιείται διερεύνηση για το πως έχει διαμορφωθεί σήμερα η σχέση κόστους –οφέλους και σε ποια επίπεδα κυμαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με θερμομονωτικές παρεμβάσεις στο κέλυφος.

Πίνακας 1.1: Κατανομή ρύπων ανά χρήση στην Ελλάδα [#]

Κατανομή ρύπων CO ₂ eq (%)							
Τελική χρήση	1990	1995	2000	2005	2010 *	2015 *	2020 *
Κτιριακός τομέας	34%	37%	41%	44%	42%	43%	44%
Μεταφορές	19%	21%	20%	21%	20%	21%	22%
Βιομηχανία	39%	34%	31%	28%	31%	29%	27%
Λοιπές χρήσεις	8%	8%	8%	7%	7%	7%	7%

1.2. Κτιριακό δυναμικό σε Ε.Ε και Ελλάδα

Τα κτίρια συνδέονται με άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση πρωτογενών υλικών (κατασκευή, επισκευές), την κατανάλωση φυσικών πόρων (νερό, καύσιμα) καθώς και την παραγωγή ρύπων και οικιακών αποβλήτων (Πίνακας 1.1). Το κτιριακό δυναμικό των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 25 ευθύνεται για το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (το 25.9% αφορά κτίρια κατοικιών). Εκτιμάται επίσης ότι το κτιριακό δυναμικό είναι υπεύθυνο για το 1/3 περίπου των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, από τα οποία τα 2/3 οφείλονται σε κτίρια

κατοικιών⁵. Το κτιριακό απόθεμα κτιρίων με ηλικία που ξεπερνά τα 25 έτη υπολογίζεται στο 60%⁶, ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων για θέρμανση και ψύξη φτάνει στο 50%⁷. Τα παραπάνω στατιστικά δεδομένα αναδεικνύουν το μέγεθος του προβλήματος, αλλά παράλληλα αποτελούν ένδειξη για το μέγεθος της εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλα μέτρα και τεχνολογίες.

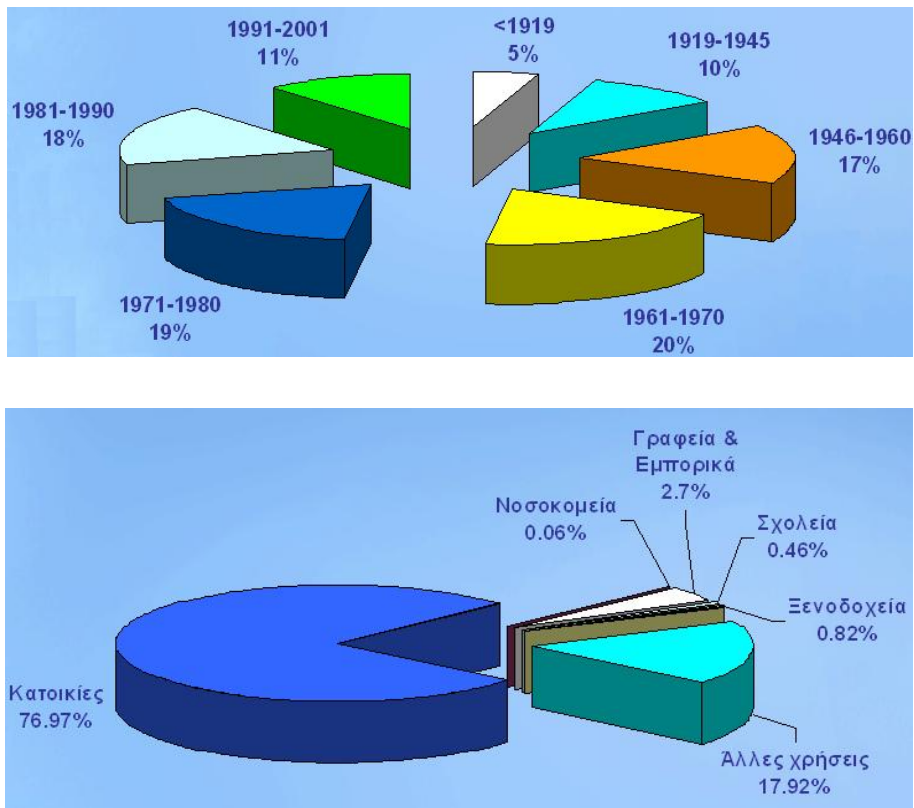
Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, υπάρχουν περίπου 4.000.000 κτίρια, συνολικής επιφάνειας 552.000.000 m², το 77% των οποίων είναι κατοικίες. Σημαντικό ποσοστό των κατοικιών βρίσκεται σε πολυκατοικίες και αρκετά κτίρια είναι μεγάλης ηλικίας, με παλιές εγκαταστάσεις και χαμηλές ενεργειακές αποδόσεις.

Το προφίλ ηλικίας και χρήσεων των ελληνικών κτιρίων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1. Το ελληνικό κτιριακό απόθεμα ανά κλιματική ζώνη για τα κτίρια κατοικίας και τριτογενή τομέα δίνονται στο Σχήμα 1.2. Παράλληλα, ο κτιριακός τομέας εμφανίζει σημαντικά αυξητικές τάσεις (κατά 14%) στην κατανάλωση ενέργειας (Σχήμα 1.3), σε αντίθεση με τις μειώσεις που παρουσιάζουν ο αγροτικός (κατά 3%) και ο βιομηχανικός τομέας (κατά 17%). Το γεγονός αποδίδεται στις ολοένα αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις των χρηστών του κτιρίου λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας και της παροχής ανέσεων (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κλιματιστικά, ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, κινητή τηλεφωνία κ.α.).

⁵ Δρούτσα Κ και Μπαλαράς Κ.Α., (2009), «Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Εξοικονόμηση Ενέργειας για Θέρμανση σε Ελληνικές Πολυκατοικίες», Πρακτικά 8ου Εθνικού Συνεδρίου του ΙΗΤ για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Αθήνα, Διαθέσιμο στο www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/030.doc, Νοέμβριος 2012

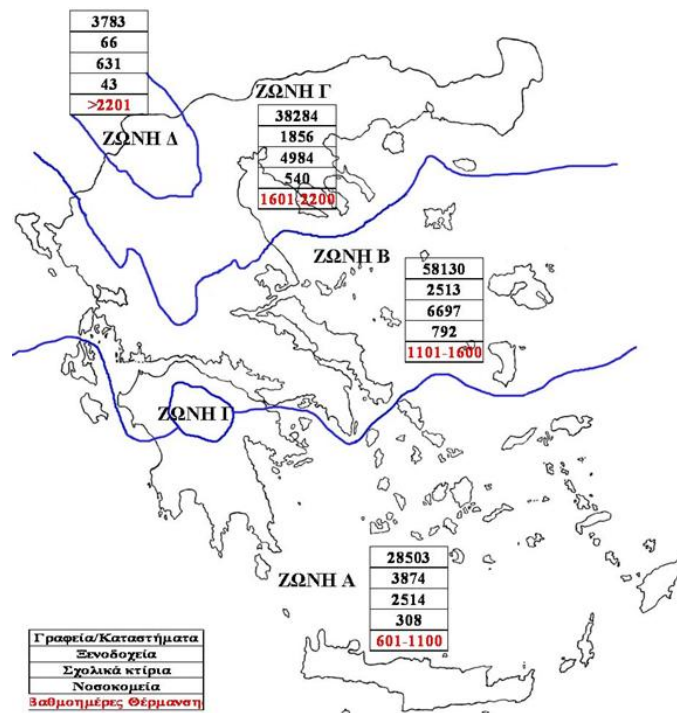
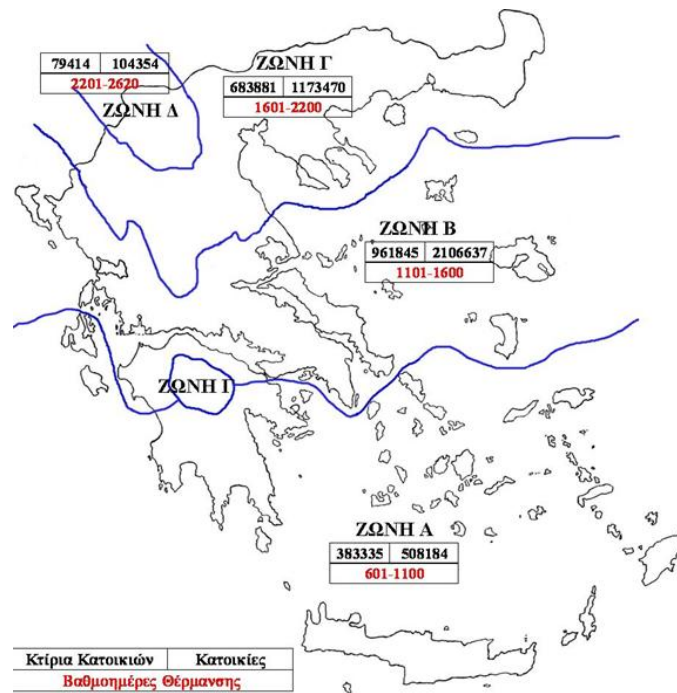
⁶ Norris M, and Shiels P., (2004), «Regular National Report on Housing Developments in European Countries: Synthesis Report». Dublin, Ireland: The Housing Unit, Διαθέσιμο στο www.environ.ie/en/Publications/DevelopmentandHousing/Housing/FileDownload,2453.en.pdf

⁷ Μπίκας Δ., (2011), «Εισαγωγή στο Θεσμικό Πλαίσιο», Εισηγήσεις Πενθήμερου Σεμιναρίου Κ.Εν.Α.Κ με τίτλο «Σύνταξη Ενεργειακής Μελέτης Κτιρίου Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης», Διαφάνεια 23, από www.tdm.tee.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=161:-10-03-2011&catid=46:2011-03-22-11-25-50&Itemid=93)



Σχήμα 1.1: Κατανομή του ελληνικού κτιριακού δυναμικού ανά ηλικία και ανά χρήση⁸

⁸ Γαγλία Αθ., (2009), «Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας – Υπολογιστικές Μέθοδοι Ενεργειακών Επιθεωρήσεων στα Κτίρια», Εισήγηση στην Ημερίδα του ΤΕΕ Βορειοανατολικού Αιγαίου με τίτλο: «Εξοικονόμηση ενέργειας Σημερινή κατάσταση και προοπτικές», Μυτιλήνη, Διαθέσιμο στο www.teelamia.tee.gr/EPIKAIROTHTA/Gaglia.pps, Διαφάνεια 4, Νοέμβριος 2012

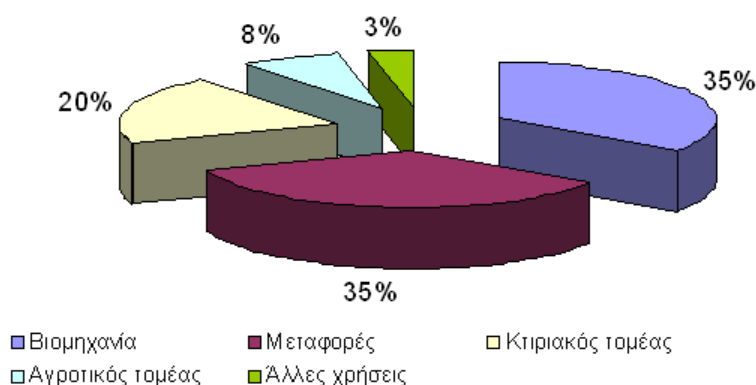


Σχήμα 1.2: Ελληνικό κτιριακό απόθεμα στον οικιακό και τριτογενή τομέα

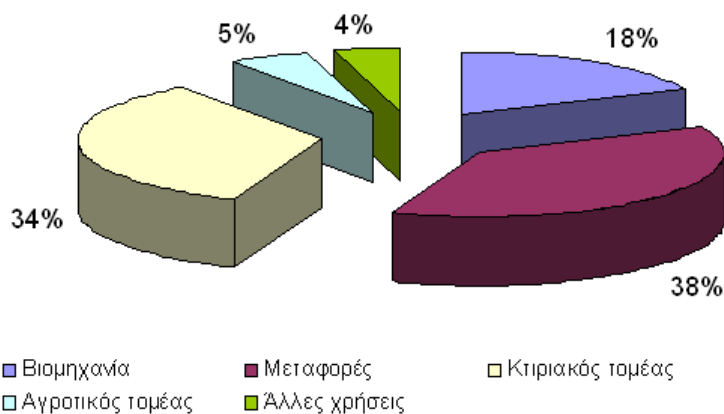
ανά κλιματική ζώνη⁹

⁹ Γαγλία Αθ., (2009), «Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας – Υπολογιστικές Μέθοδοι Ενεργειακών Επιθεωρήσεων στα Κτίρια», Εισήγηση στην Ημερίδα του ΤΕΕ Βορειοανατολικού Αιγαίου με τίτλο: «Εξοικονόμηση ενέργειας Σημερινή κατάσταση και προοπτικές», Μυτιλήνη, Διαθέσιμο στο www.teelamia.tee.gr/ΕΠΙΚΑΙΡΟΤΗΤΑ/Gaglia.pps, Διαφάνεια 6, Νοέμβριος 2012

Ενεργειακό Ισοζύγιο 1980



Ενεργειακό Ισοζύγιο 2005



Σχήμα 1.3: Ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας τα έτη 1980 και 2005¹⁰

1.3. Η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας σε ελληνικά κτίρια

Το ηλικιακό προφίλ των ελληνικών κτιρίων συνδέεται άμεσα με την ενεργειακή τους συμπεριφορά και την κατανάλωση θερμικής ενέργειας. Σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, το 2001 εκτιμάται ότι το 70% του κτιριακού δυναμικού της χώρας κατασκευάστηκε πριν την θέσπιση του Κανονισμού Θερμομόνωσης και δεν διαθέτει θερμομόνωση, το 20% εμφανίζει ελλιπή μόνωση, ενώ μόνο το 10% των κτιρίων

¹⁰ Γαγλία Αθ., (2009), «Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας – Υπολογιστικές Μέθοδοι Ενεργειακών Επιθεωρήσεων στα Κτίρια», Εισήγηση στην Ημερίδα του ΤΕΕ Βορειοανατολικού Αιγαίου με τίτλο: «Εξοικονόμηση ενέργειας Σημερινή κατάσταση και προοπτικές», Μυτιλήνη, Διαθέσιμο στο www.teelamia.tee.gr/EPIKAIROTHTA/Gaglia.pps, Διαφάνεια 7, Νοέμβριος 2012

διαθέτει πλήρη μόνωση. Σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα της δεκαετίας του 1990 σχετικά με τις ελληνικές κατοικίες προκύπτει ότι στην αρχή της δεκαετίας το 95% των εξωτερικών τοίχων, το 99% των δαπέδων, το 87% των πυλωτών και το 70% των δωματίων και στεγών δεν διέθεταν θερμομόνωση, ενώ το 98% των κουφωμάτων δεν ήταν διπλής υάλωσης.

Στα μέσα της δεκαετίας προήλθε μικρή βελτίωση, με τα ποσοστά των κατοικιών που διάθεταν εξωτερικές τοιχοποιίες με θερμομόνωση στον πυρήνα και διπλά υαλοστάσια να ανέρχεται στο 12% και 8%, αντίστοιχα. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών κτιρίων κατανέμεται ως εξής^{11,12}:

- Θέρμανση¹³: 61%
- μαγείρεμα: 13%,
- ζεστό νερό χρήσης: 10%,
- διατήρηση τροφίμων: 5%,
- φωτισμός: 3%,
- δροσισμός: 2%
- υπόλοιπες χρήσεις: 6%

Μεταξύ των αποτελεσμάτων έρευνας¹⁴ που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 14 χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρεται ότι το 17% κατά μέσο όρο των ιδιοκτητών αδυνατούν να ανταπεξέλθουν στο ενεργειακό κόστος των κτιρίων. Στις νότιες χώρες το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 45% για την Ελλάδα, 55% για την Ισπανία και 74% για την Πορτογαλία. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι τα αντίστοιχα ποσοστά στις βόρειες και ψυχρότερες χώρες κινούνται σε χαμηλότερα

¹¹ Μπαλαράς Κ., Δρούτσα Κ., Αργυρίου Α., (2000), «Αξιολόγηση Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Πολυκατοικίες και Κτίρια Γραφείων», Διημερίδα με τίτλο: «Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 18-19 Οκτωβρίου, Αθήνα

¹² σε 14 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης η συνολική κατανάλωση κατανέμεται κατά 70% σε θέρμανση, κατά 14% για ζεστό νερό χρήσης και κατά 12% στις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό

¹³ η κάλυψη των αναγκών θέρμανσης πραγματοποιείται κατά 46% με ηλεκτρικό ρεύμα, κατά 23% με πετρέλαιο, κατά 22% με υγραέριο και κατά 9% με άλλες πηγές

¹⁴ ENERDATA, (2003) «Energy efficiency in the European Union 1990–2001», SAVE-Odyssey project on energy efficiency indicators, Enerdata SA in collaboration with the Fraunhofer Institute Systems & Innovation Research.

επίπεδα, παρότι επικρατούν δριμείς χειμώνες και οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι σημαντικά υψηλότερες¹⁵, όπως προαναφέρθηκε. Πιθανότατα, αυτό οφείλεται σε αποτελεσματικές μεθόδους θερμομόνωσης.

Ειδικότερα για την θέρμανση, η μέση τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση σε κτίρια κατοικίας στην Ελλάδα φτάνει στα 108 kWh/m², ενώ στην Ευρώπη η αντίστοιχη τιμή είναι ίση με 174,3 kWh/m²¹⁶. Η μικρότερη τιμή ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας που έχει καταγραφεί πανευρωπαϊκά σε σύνολο 193 κτιρίων κατοικίας αφορά σε κτίριο στη νότια Ελλάδα (30,6 kWh/m²). Στον Ελλαδικό χώρο, η μέση τιμή της ετήσιας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας εκτιμάται στα 150 kWh/m² για τη βόρεια, στα 70 kWh/m² για την κεντρική και στα 60 kWh/m² για τις περιοχές της νότιας Ελλάδας. Η αντίστοιχη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται στα 40 kWh/m² για όλες τις περιοχές της χώρας¹⁷.

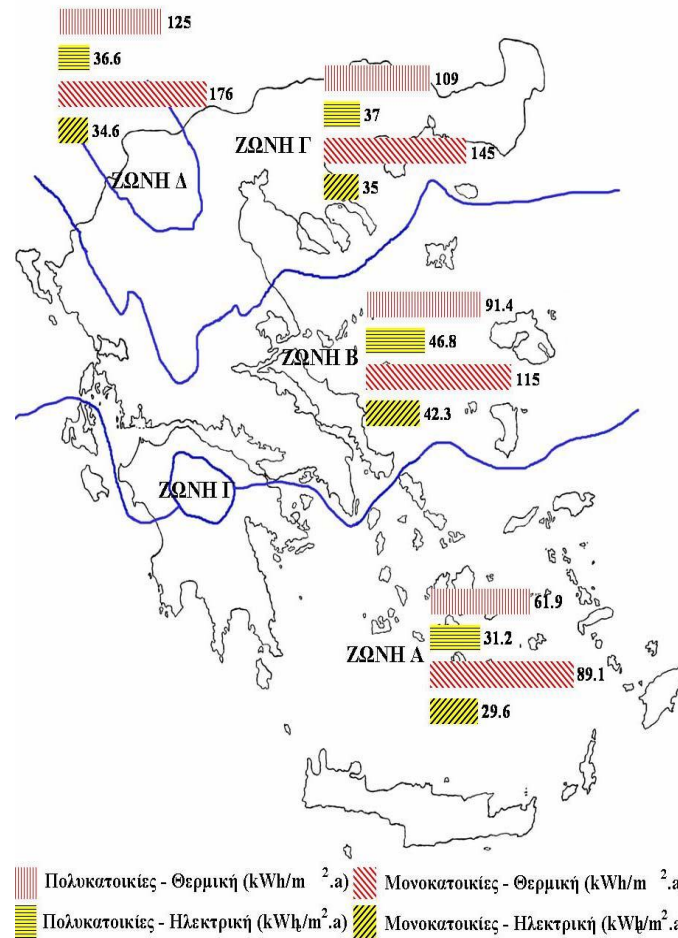
Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι το κλίμα μιας περιοχής αποτελεί καθοριστική παράμετρο ως προς την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ένα κτίριο. Για το λόγο αυτό, αναγκαία αποτελεί η διάκριση επιμέρους κλιματικών ζωνών για τον ορθολογικό υπολογισμό της ενέργειας που απαιτεί η ομαλή λειτουργία ενός κτιρίου. Στην Ελλάδα διακρίνονται 4 κλιματικές ζώνες (σύμφωνα με το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, που αναφέρεται στη συνέχεια).

Τέλος, η τυπική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση σε κτίρια κατοικιών που ανεγέρθησαν πριν το 1980, φτάνει στα 140 kWh/m² στις μονοκατοικίες και στα 96 kWh/m² στις πολυκατοικίες. Στα μεταγενέστερα κτίρια οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι ίσες με 92 kWh/m² έως 123 kWh/m² και 75 kWh/m² έως 94 kWh/m², αντίστοιχα.

¹⁵ Healy J., (2003) «Housing conditions, energy efficiency, affordability and satisfaction with housing: a pan-European analysis». *Housing Studies*, 18 (3), pp. 409–424

¹⁶ Balaras C., Droutsas K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S., (2005), «Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings», *Energy and Buildings*, 37 (5), pp. 429–442

¹⁷ Balaras C., Droutsas K., Argiriou A., Asimakopoulos D., (2000), «Potential for energy conservation in apartment buildings», *Energy and Buildings*, Vol. 31(2), p. 143-154., Διαθέσιμο στο (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778899000286>)



Σχήμα 1.4: Καταναλώσεις θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων στον ελλαδικό χώρο ανά κλιματική ζώνη¹⁸

1.4. Το κέλυφος του κτιρίου

Ως κέλυφος νοείται το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου. Διαμέσου της επιφάνειας του κελύφους το κτίριο προσλαμβάνει και αποβάλλει θερμική ενέργεια από και προς το περιβάλλον μέσω των μηχανισμών μεταφοράς της θερμότητας που είναι η αγωγή, η συναγωγή (μεταφορά) και η ακτινοβολία. Η δράση των μηχανισμών αυτών εξαρτάται άμεσα από τον τρόπο της κατασκευής και τις

¹⁸ Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D., (2007), «European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings», Building and Environment, Vol 42(3), p.1298-1314

ιδιότητες των δομικών υλικών που απαρτίζουν το κτιριακό κέλυφος καθορίζοντας επομένως σε μεγάλο βαθμό τη θερμική και κατ' επέκταση ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Επιπλέον, η ενεργειακή λειτουργία και η θερμική απόδοση του κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία βελτιώνεται με την ενσωμάτωση στο σχεδιασμό παθητικών τεχνολογιών και εξαρτάται από τις μικροκλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, την τυπολογία και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου¹⁹.

Ο βιοκλιματικός Σχεδιασμός στοχεύει στην εξοικονόμηση ενέργειας με σχεδιαστικές δράσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ο σωστός προσανατολισμός, η χωροθέτηση βοηθητικών ζωνών στο βορρά (ζώνες ανάσχεσης), η χρήση βλάστησης ως προστασία έναντι των ψυχρών ανέμων²⁰, η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων που λειτουργούν ως ηλιοπροστασία κατά τη διάρκεια του θέρους αλλά δεν αποτρέπουν τα ηλιακά οφέλη κατά το χειμώνα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα κ.α.

1.5. Νομοθετικό πλαίσιο και θερμομονωτικές απαιτήσεις

Ο πρώτος ελληνικός κανονισμός σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων ήταν ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ), ο οποίος θεσπίστηκε με Προεδρικό Διάταγμα το 1979 (Π.Δ. 1.6/4.7/1979). Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης αντιμετώπιζε το κτίριο μόνο από την πλευρά της θερμομονωτικής του προστασίας, αποσκοπώντας αποκλειστικά στον περιορισμό των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο. Συνεπώς, δεν λάμβανε μέριμνα για την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια του θέρους. Η μονοδιάστατη προσέγγιση που χαρακτήριζε τον εν λόγω κανονισμό διακρίνεται ακόμη στο ότι δεν ελάμβανε υπόψη τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας (π.χ. παθητικά συστήματα). Επιπλέον, ο

¹⁹ Λάζαρη Ευγ., (2006), «Ενεργειακή Απόδοση Συστημάτων Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Ελληνικό Κτίριο», Παρουσίαση σε Ημερίδα του ΚΑΠΕ-ΙΕΝΕ με τίτλο «Εφαρμογές Τεχνολογιών Εξοικονόμησης και Ηλιακής Ενέργειας στα Κτίρια», Αθήνα, 16-11-2006, Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60566/book_60566_lazari.pdf, Νοέμβριος 2012

²⁰ Τζανακάκη Εύη, (2006), «Βιοκλιματικά και Αποδοτικά Κτίρια στην Ελλάδα», Παρουσίαση από Ημερίδα ΕΔΕΜ - ΚΑΠΕ με τίτλο «Εξοικονόμηση Ενέργειας κατά τον Σχεδιασμό των Κτιρίων», Αθήνα, 1-2-2006, από: http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60757/book_60757_tzanakaki.pdf, Νοέμβριος 2012

Κανονισμός Θερμομόνωσης δεν εφαρμοζόταν πάντα, καθώς ακόμη και μετά τη θέσπισή του συνεχίστηκε η δόμηση κτιρίων χωρίς καθόλου θερμομόνωση.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), τέθηκε σε ισχύ την 1η Οκτωβρίου 2011 μετά από μακρόχρονη προσπάθεια συμμόρφωσης με τη σχετική Ευρωπαϊκή οδηγία, η οποία είχε ξεκινήσει με τον Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. (Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας²¹). Ο ΚΕΝΑΚ περιλαμβάνει σειρά μέτρων, όπως οι ενεργειακές επιθεωρήσεις και την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων²², αλλά και την προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ στη δόμηση²³.

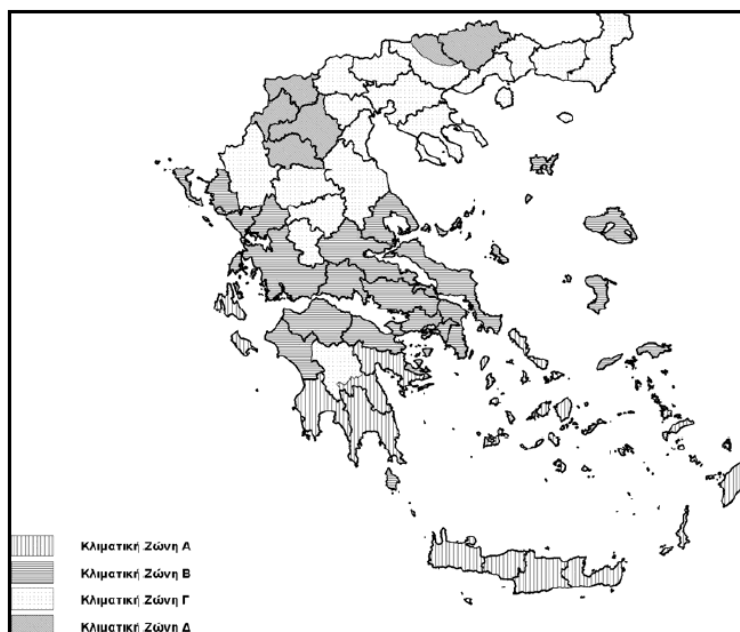
Σε αντίθεση με τον προηγούμενο κανονισμό, ο Κ.Εν.Α.Κ. εναρμονίζεται με την ευρωπαϊκή οδηγία²⁴ στον τομέα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, καθορίζοντας -μεταξύ άλλων- τη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τις κλιματικές ζώνες της χώρας (Σχήμα 1.5), τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τις ελάχιστες προδιαγραφές κατασκευής των κτιρίων. Οι ελάχιστες αυτές προδιαγραφές καθορίζονται με την έννοια του «κτιρίου αναφοράς» το οποίο έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις, την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης και το φωτισμό στο εσωτερικό του.

²¹ Υ.Α. 21475/4707/1998, ΦΕΚ 880/Β, 19.8.1998, «Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», Διαθέσιμο στο http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b880_1998.1129880169513.pdf

²² Υ.Α. 11038/1999, «Διαδικασίες, Απαιτήσεις και Κατευθύνσεις για την Διεξαγωγή Ενεργειακών Επιθεωρήσεων», Διαθέσιμο στο <http://www.enforce-eeen.eu/gre/legislation/11038-1999>, Νοέμβριος 2012

²³ Ν. 3212/03, (308/Α/31.12.03), 140/Α/13.6.2000, «Άδεια Δόμησης, Πολεοδομικές και άλλες Διατάξεις Θεμάτων Αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων», Διαθέσιμο στο http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?cat_id=842&item_id=2494

²⁴ ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», Διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EL:PDF>, Νοέμβριος 2012



Σχήμα 1.5: Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας (Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010)

Κατά την υπολογιστική διαδικασία, αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας

(α) των επί μέρους δομικών στοιχείων του κτιρίου από τους οποίους προκύπτει η εξασφάλιση συγκεκριμένου συντελεστή θερμοπερατότητας στα στοιχεία του κελύφους (δώμα, τοιχοποιία, δάπεδα κ.λ.π), αναλόγως της κλιματικής ζώνης όπου ανήκει το κτίριο και

(β) του κτιριακού κελύφους συνολικά εισάγοντας με αυτόν τον τρόπο την έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη και κατασκευή του κτιρίου.

Παράλληλα, ο Κ.Εν.Α.Κ διαφοροποιείται σημαντικά από τον Κ.Θ.Κ και όσον αφορά σε διατάξεις περί υφισταμένων κτιρίων καθώς προβλέπει την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) και για υφιστάμενα κτίρια²⁵. Οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία των προαναφερθέντων ελέγχων βασίζονται σε νεοεισερχόμενες σχεδιαστικές παραμέτρους (όπως τα

²⁵ απαραίτητως για ιδιοκτησίες επιφάνειας μεγαλύτερης των 50m² που πρόκειται να ενοικιαστούν ή να μεταβιβαστούν

παθητικά συστήματα και οι θερμογέφυρες), οι οποίες δεν λαμβάνονται υπ' όψιν από το προηγούμενο νομοθετικό καθεστώς (Κ.Θ.Κ.).

1.5.1. Τα παθητικά συστήματα στον Κ.Εν.Α.Κ

Ο Κ.Εν.Α.Κ επιτρέπει την ενσωμάτωση Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ) τα οποία διακρίνονται σε άμεσου κέρδους (π.χ. ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό), έμμεσου κέρδους (π.χ. τοίχοι θερμικής αποθήκευσης trombe, θερμοκήπια κ.α.) και απομονωμένου κέρδους (π.χ. ηλιακά πάνελ κλπ). Οι απλές αυτές οικοδομικές διατάξεις αξιοποιούν τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής κάνοντας χρήση των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών (π.χ. συντελεστής θερμοπερατότητας U-value) για την κάλυψη των θερμικών αναγκών ενός κτιρίου.

Τα ΠΗΣ έμμεσου ηλιακού κέρδους δεν λαμβάνονται υπ' όψιν στους υπολογισμούς για το κτήριο αναφοράς για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Σύμφωνα με τον κανονισμό, *«στο κτήριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των ΠΗΣ άμεσου κέρδους αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με δεδομένα θερμικά χαρακτηριστικά»*²⁶. Κατά συνέπεια, η ενσωμάτωση ενός ΠΗΣ στο σχεδιαζόμενο κτήριο συμβάλει στη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης έναντι του κτιρίου αναφοράς και επομένως σε καλύτερη βαθμολόγηση του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, ο Κ.Εν.Α.Κ. παρέχει ένα σημαντικό κίνητρο στο μελετητή για την ενσωμάτωση ενός ΠΗΣ στο σχεδιασμό²⁷. Εξάλλου η ενσωμάτωση ενός ΠΗΣ σε νεόδμητο κτήριο θεωρείται πλέον ελάχιστη απαίτηση κατά τον Έλεγχο

²⁶ Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Διαθέσιμο στο <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>

²⁷ Τσιπήρας και Ευθυμιάδης, (2010), «Το προποτατορικό αμάρτημα στον Κ.Εν.Α.Κ», Άρθρο για το Σύλλογο Ολιστικής Αρχιτεκτονικής, Διαθέσιμο στο <http://www.s-ol-ar.gr/index.php/artheta/olistiki-architektoniki/17-kenak>, Νοέμβριος 2012

Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού για νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ²⁸.

1.5.2. Η Έννοια της Θερμογέφυρας

Η θερμική προστασία του κελύφους των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, εξασφαλίζεται με τη χρήση κατάλληλων υλικών και συστημάτων (π.χ. συστήματα κουφωμάτων, σκίασης κ.α.) που εφαρμόζονται στο κέλυφος των κτιρίων, επικεντρώνοντας ιδιαίτερα στην επαρκή θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται η σωστή τοποθέτησή και η αποφυγή δημιουργίας θερμογεφυρών. Ως θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται εκείνα τα σημεία ή οι περιοχές στο κέλυφος του κτιρίου όπου η θερμική αντίσταση είναι μειωμένη σε σχέση με αυτή του υπόλοιπου περιβλήματος. Κατά συνέπεια στις περιοχές αυτές η ροή θερμότητας είναι αυξημένη και ο συντελεστής θερμοπερατότητας στη θέση της θερμογέφυρας αποκλίνει από την τιμή που παρουσιάζει το υπόλοιπο δομικό στοιχείο. Επιπλέον, οι θερμογέφυρες προκαλούν φαινόμενα υγρασίας ειδικά στο εσωτερικό του περιβλήματος του κτιρίου (λόγω συμπύκνωσης υδρατμών).

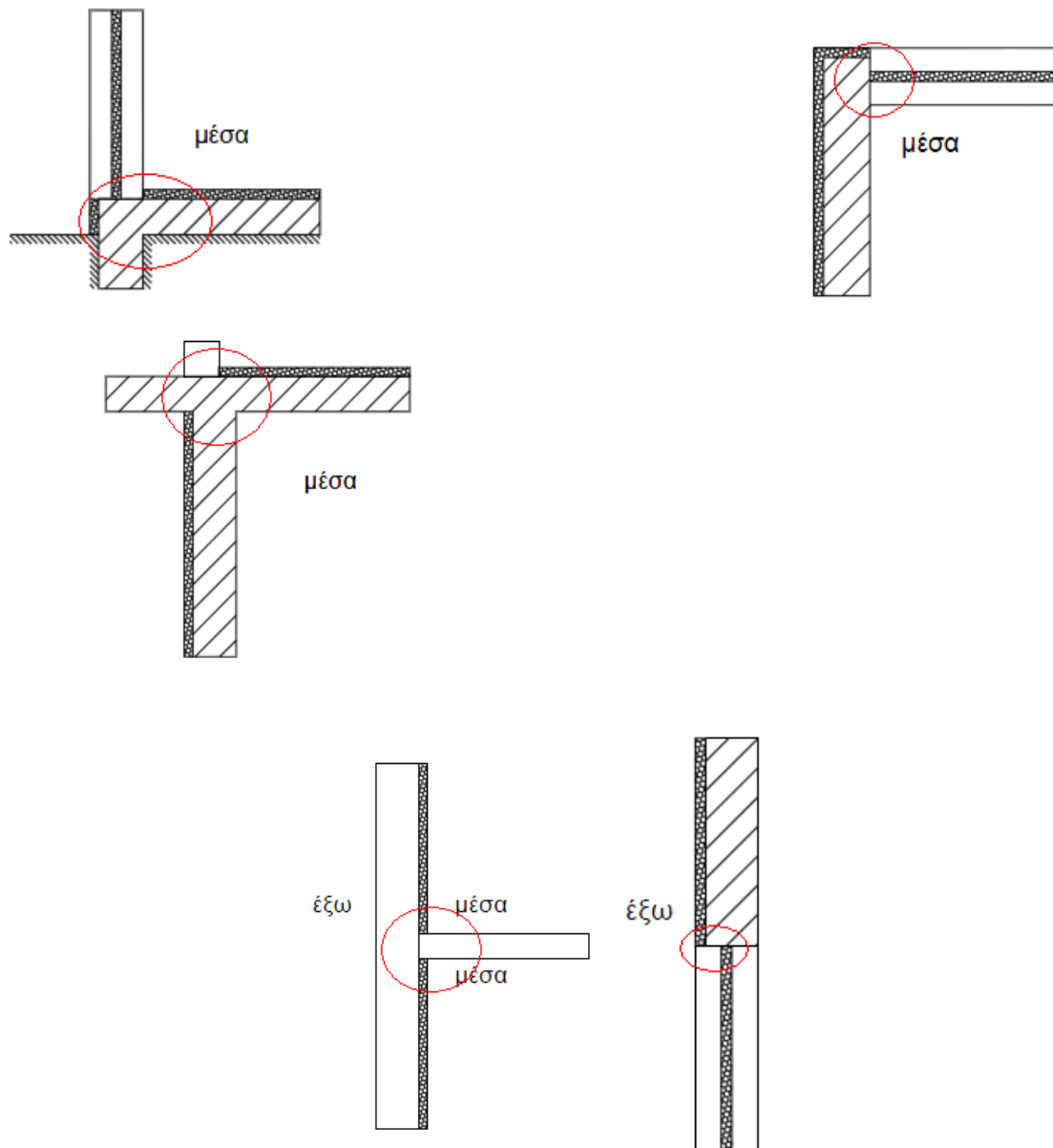
Τα αίτια εμφάνισης μιας θερμογέφυρας μπορεί να είναι κατασκευαστικά σφάλματα, κακοτεχνίες ή αστοχίες, γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του κτιρίου ή/και οικοδομικές φθορές οφειλόμενες στην πολυκαιρία κ.α. Τυπικές θέσεις θερμογεφυρών φαίνονται στο Σχήμα 1.6. Οι πιο συνήθεις περιπτώσεις θερμογεφυρών οφείλονται²⁹:

- στην κατασκευαστική αδυναμία (από τεχνικής άποψης) εφαρμογής πλήρους θερμομόνωσης,
- σε μεταβολές της σύνθεσης ή της διαστρωμάτωσης ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου,

²⁸ «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων : Κανονιστικές Διατάξεις για την εφαρμογή το Ν.3661/08», Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (ΚΕΝΑΚ) (ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ), Διαθέσιμο στο <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>

²⁹ Αραβαντινός Δ., (2011) «Οδηγός θερμομόνωσης & στεγανοποίησης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ.», Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Κτίριο. σελ. 28-29

- σε ασυνέχειες της θερμομονωτικής στρώσης,
- στην απουσία ή στη μείωση του πάχους της θερμομόνωσης σε κάποιες θέσεις του κελύφους,
- σε σημεία όπου συναντώνται δύο κάθετα μεταξύ τους δομικά στοιχεία όπου ή πλήρης θερμομόνωση είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη



Σχήμα 1.6: Συνήθεις θέσεις εμφάνισης θερμογεφυρών³⁰

³⁰ Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ, (2010), Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Α' Έκδοση

1.6. Κίνητρα για την Πραγματοποίηση Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Κατά την τρέχουσα χρονική περίοδο έχουν προκηρυχθεί Προγράμματα Κινήτρων για Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας με τα οποία η πολιτεία επιχειρεί την προσαρμογή των υφιστάμενων κτιρίων του οικιακού και τριτογενή τομέα στις επιταγές του νέου θεσμικού εθνικού και ευρωπαϊκού πλαισίου σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα προγράμματα αυτά είναι το «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» και το «Χτίζοντας το μέλλον».

1.6.1. Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον»

Πρόκειται για πρόγραμμα συγχρηματοδοτούμενο από εθνικούς και κοινοτικούς πόρους με το οποίο παρέχονται κίνητρα σε ιδιοκτήτες να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των κατοικιών τους εξοικονομώντας χρήματα και ενέργεια, αυξάνοντας ταυτόχρονα της αξία του ακινήτου. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα παρέχουν δάνεια ύψους έως 15.000€ με επιδοτούμενο επιτόκιο έως και 100%.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα, επιλέξιμα ακίνητα είναι το σύνολο των μονοκατοικιών, πολυκατοικιών και μεμονωμένων διαμερισμάτων (χωρίς επιπλέον προϋπόθεση) που βρίσκονται σε περιοχές με τιμή ζώνης όχι μεγαλύτερη των 2100 €/m², χρησιμοποιούνται ως κατοικίες και κατατάσσονται σε χαμηλή ενεργειακή κατηγορία (μικρότερη ή ίση με Δ σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ). Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό ιδιοκτησιών ανά πολίτη, ενώ στις πολυκατοικίες όσοι από τους ιδιοκτήτες δεν επιθυμούν να ενταχθούν στο πρόγραμμα μπορούν να συμμετέχουν με ίδια κεφάλαια. Επίσης, εντάσσονται κενά διαμερίσματα που κατοικούνταν εντός των τελευταίων τριών ετών.

Στα πλαίσια του προγράμματος χρηματοδοτούνται παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, που αντιστοιχούν είτε σε αναβάθμιση της κατοικίας κατά μια ενεργειακή κατηγορία (σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης κτιρίων του Κ.Εν.Α.Κ.) είτε στο 30% της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου αναφοράς. Οι

επιλέξιμες παρεμβάσεις αφορούν σε τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου συμπεριλαμβανομένου του δώματος/στέγης και της πιλοτής, αντικατάσταση κουφωμάτων και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης και αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού χρήσης

1.6.2. Πρόγραμμα «Χτίζοντας το Μέλλον»

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που φιλοδοξεί εντός της επόμενης δεκαετίας να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση των ελληνικών νοικοκυριών και των εμπορικών κτιρίων, μειώνοντας το ενεργειακό τους κόστος. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία του προγράμματος επιδιώκεται η συνειδητή συμμετοχή όλων των εμπλεκομένων (πολίτες, βιομηχανία, βιοτεχνία, έμποροι, εγκαταστάτες κ.α.) εξασφαλίζοντας στους επαγγελματίες συνθήκες υγιούς ανταγωνισμού και στους καταναλωτές πιστοποιημένα ποιοτικά αποτελέσματα που θα δικαιολογούν την επένδυσή τους. Το πρόγραμμα δεν προβλέπει την κλασική επιδότηση των καταναλωτών για την κάλυψη μέρους των δαπανών τους ή για φοροαπαλλαγές αλλά επιδιώκει μέσω εκστρατείας ενημέρωσης να ευαισθητοποιήσει το επενδυτικό κοινό για την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας, να προσφέρει τη δυνατότητα πιστοποίησης υλικών και διαδικασιών σε όσους επαγγελματίες το επιθυμούν και να δημιουργήσει γόνιμο επενδυτικό κλίμα μέσω εθελοντικών συμφωνιών και συμφερουσών οικονομικών προτάσεων.

Η διαδικασία υλοποίησης του προγράμματος αποτελεί μια σύμπραξη μεταξύ του δημόσιου τομέα, του τεχνικού κλάδου και των πολιτών. Ο τεχνικός κλάδος αναλαμβάνει να προσφέρει εκπτώσεις προς τους πολίτες για προκαθορισμένο αριθμό ή ποσότητα προϊόντων, να δεχτεί πλήρη έλεγχο των προσφερόμενων τιμολογίων, να διασφαλίσει την ποιότητα και τον ποιοτικό έλεγχο των προσφερόμενων υπηρεσιών και προϊόντων και, αν υπάρχει η δυνατότητα, να παρέχει προς όφελος του καταναλωτή συμβόλαια εγγυημένης απόδοσης.³¹

³¹ Αγερίδης Γ., (2011), «Το Πρόγραμμα «Χτίζοντας το Μέλλον», Παρουσίαση στη Διημερίδα «Ενεργειακά Κτίρια - Θεμέλιο για την Ενεργοποίηση των Κατασκευών», Έκθεση INFACOMA, Οργάνωση HELEXPO και Περιοδικό «ΚΤΙΡΙΟ», Δεκέμβριος 2012

1.7. Θερμομονωτικά υλικά

Η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους συνδέεται άμεσα με το κόστος λειτουργίας του κτιρίου, καθώς μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος για θέρμανση και ψύξη. Παράλληλα, εξασφαλίζει τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μειώνει σημαντικά την πιθανότητα συμπύκνωσης των υδρατμών στις επιφάνειες του κελύφους, με την προϋπόθεση ότι τα συστήματα θερμικής προστασίας έχουν εγκατασταθεί σωστά και δεν επιτρέπουν θερμικές απώλειες.

Οι θερμικές απώλειες σε ένα κτίριο οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας από ένα θερμό προς έναν ψυχρότερο σώμα (συνήθως από το εσωτερικού του κτιρίου στον εξωτερικό αέρα ή σε άλλο γειτονικό μη θερμαινόμενο χώρο). Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται από το μέγεθος της εξωτερικής επιφάνειάς του και τις ιδιότητες του κελύφους. Η ροή θερμότητας μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση υλικών μεγάλης θερμικής αντίστασης. Την απαίτηση αυτή καλύπτουν τα θερμομονωτικά υλικά.

Ως θερμομονωτικά καλούνται τα υλικά με συντελεστή θερμοαγωγιμότητας, λ , με τιμή μικρότερη ή ίση με $0,065 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ διακρίνονται στις εξής κύριες κατηγορίες, με βάση τη χημική τους σύσταση³²:

- **Ινώδη, ανόργανης σύστασης μονωτικά υλικά**

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ο πετροβάμβακας, ο υαλοβάμβακας, ο λιθοβάμβακας, ο ορυκτοβάμβακας κ.α. Είναι διαπνέοντα υλικά και λόγω αυτής της ιδιότητάς τους βρίσκουν εφαρμογή στη θερμομόνωση στοιχείων που η ορθή λειτουργία τους επιβάλλει επιτρεπόμενη ροή αέρα (π.χ. κεραμοσκεπές, τοιχοποιίες κ.α.) για την αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών στην οποία οφείλεται η εμφάνιση και ανάπτυξη μούχλας. Οι τιμές του συντελεστή λ κυμαίνονται μεταξύ 0.035 και 0.040 W/mK . Πρόκειται κατά κύριο λόγο για μαλακά υλικά οπότε αποφεύγεται η χρήση τους σε δώματα και δάπεδα. Έχουν πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες (ειδικά ως προς την αερόφερτη ηχορύπανση) και εμφανίζουν εξαιρετική αντίσταση έναντι φωτιάς (για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται για λόγους πυροπροστασίας και

³² Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές 03-06-02-02, (2006), «Θερμομονώσεις Εξωτερικών Τοίχων», Έκδοση 1.0,

για τη μόνωση τζακιών, καμινάδων και άλλων θερμαντικών μέσων). Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή ορισμένων εξ' αυτών έχει περιοριστεί σημαντικά λόγω των φαινομένων αλλεργίας και αναπνευστικών προβλημάτων που αποδίδονται σε αυτά (π.χ. υαλοβάμβακας).



(α)



(β)

Σχήμα 1.7: Πλάκες (α) πετροβάμβακα και (β) υαλοβάμβακα

- **Συνθετικά κυψελοειδή/αφρώδη, οργανικής σύστασης μονωτικά υλικά**
Στην κατηγορία αυτή υπάγονται η διογκωμένη (EPS) και εξηλασμένη (XPS) πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη (PUR), και το πολυισοκυανουρικό³³ (PIR). Τα τελευταία χρόνια η χρήση τους



(α)



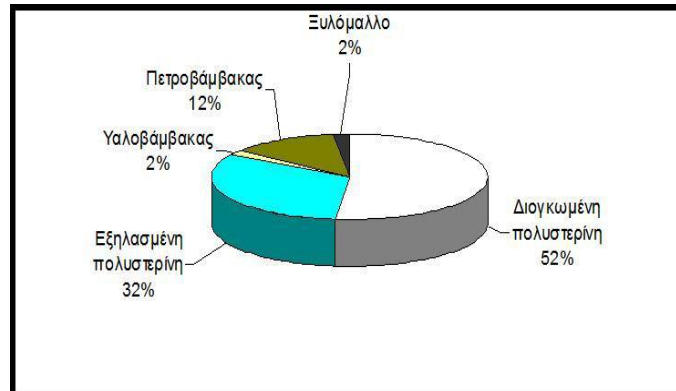
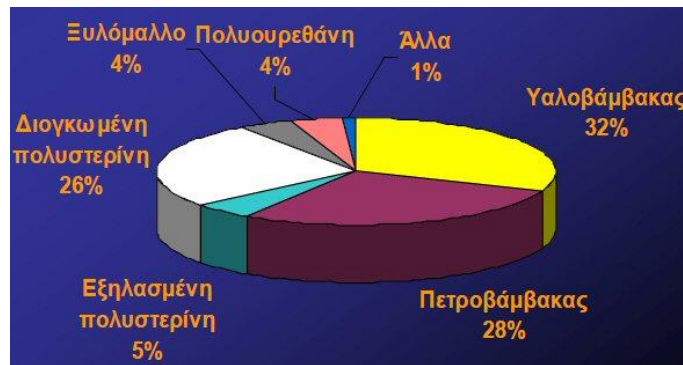
(β)

Σχήμα 1.8: Πλάκες (α) εξηλασμένης και (β) διογκωμένης πολυστερίνης

³³ Πρόκειται για θερμοπηκτικό υλικό (στερεοποιείται με την αύξηση της θερμοκρασίας), έχει αφρώδη υφή και ως προς τη χημική του σύσταση μοιάζει με την πολυουρεθάνη

έχει πολλαπλασιαστεί και εκτιμάται ότι πλέον καλύπτουν το 30% της ευρωπαϊκής αγοράς (Σχήμα 1.9). Ωστόσο στην ελλαδική αγορά το ποσοστό αυτό είναι συντριπτικά μεγαλύτερο και ξεπερνά (την τελευταία δεκαετία) το 84%³⁴. Συνίστανται για τη μόνωση δομικών στοιχείων σκυροδέματος σε δώματα και δάπεδα, καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλή θλιπτική αντοχή (ιδιαίτερα τα υλικά εξηλασμένης πολυστερίνης). Λόγω της πυκνής δομής τους (κλειστών κυψελών), είναι πρακτικά μη διαπερατά και για το λόγο αυτό θεωρούνται κατάλληλα σε ανεστραμμένα συστήματα θερμοϋγραμόνωσης δωματίων. Τα προϊόντα διογκωμένης πολυστερίνης και πολυουρεθάνης είναι διαπνέοντα υλικά και σε συνδυασμό με την ικανοποιητική τους αντοχή έναντι κρούσης και θλίψης θεωρούνται ιδανικά για εφαρμογές εξωτερικής θερμομόνωσης. Προτιμώνται επίσης λόγω του ότι παρουσιάζουν τις καλύτερες τιμές συντελεστή λ σε σχέση με άλλα ευρέως διαδεδομένα προϊόντα (από 0.028 έως 0.038 W/mK).

³⁴ Παπαδόπουλος Άγ., (2010): «Θερμομονωτικά Υλικά», Παρουσίαση στην Ημερίδα Θερμομόνωσης κελύφους με τίτλο: «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», Λευκωσία, Διοργάνωση: Υπηρεσία Ενέργειας, Δημοσιογραφική Εστία, Διαφάνεια 4



Σχήμα 1.9: Κατανομή της χρήσης των θερμομονωτικών υλικών στην Ευρωπαϊκή και Ελληνική αγορά (Παπαδόπουλος Α., 2010)

- **Φυσικά, Οργανικής σύστασης μονωτικά υλικά**

Πρόκειται για υλικά φυσικής προέλευσης όπως ο φελλός (ICR) και το ξυλόμαλλο (WW). Έχουν αυξημένο κόστος, μεγαλύτερους συντελεστές θερμοαγωγιμότητας, λ (από 0.045 έως 0.050 W/mK), όμως ο οικολογικός τους χαρακτήρας – απαιτούν απλές διαδικασίες επεξεργασίας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον – έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση τους σε κατασκευές όπου επιθυμείται χαμηλό ενεργειακό αποτύπωμα. Λόγω των ρυθμίσεων που πρόκειται να εφαρμοστούν στο άμεσο μέλλον (κατοικίες «σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης» /"nearly zero energy buildings" από το 2020³⁵) η χρήση τους αναμένεται να αυξηθεί. Άλλα υλικά που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία είναι ο φοίνικας, τα λιναρόμαλλα κ.α.

³⁵ Η Ντιρεκτίβα EPBD 2010/31, (2009), «Commissioner Piebalgs Welcomes Political Agreement On Energy Performance Of Buildings, », Reference: IP/09/1733, καθορίζει ένα αυστηρό

Άλλου τύπου θερμομονωτικά υλικά, που δεν εντάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες είναι η σχετικά νέα τεχνολογία του διογκωμένου γυαλιού (CG), ο διογκωμένος περλίτης κ.α. Επισημαίνεται ότι «με την εφαρμογή των διατάξεων του Π.Δ. 334/1994 και σύμφωνα με την ΚΥΑ 9451/208 ΦΕΚ 815/2007, τα βιομηχανικώς παραγόμενα θερμομονωτικά προϊόντα που προορίζονται για κτίρια, τα οποία πωλούνται στην Ελλάδα, πρέπει να φέρουν σήμα CE και δήλωση συμμόρφωσης»³⁶.

1.8. Κουφώματα και υαλοπίνακες

Τα ανοίγματα (πόρτες και τα παράθυρα) ενός κτιρίου αποτελούν ευπαθή στοιχεία του κελύφους ως προς τις θερμικές απώλειες. Υαλοστάσια με προηγμένη τεχνολογία μπορούν να μειώσουν τις θερμικές απώλειες. Ενδεικτικά αναφέρεται σχετική μελέτη³⁷ σύμφωνα με την οποία οι απώλειες θερμότητας από μονό υαλοπίνακα είναι περίπου τριπλάσιες από τις αντίστοιχες μιας μπατικής αμόνωτης οπτοπλινθοδομής και σχεδόν εξαπλάσιες ως οκταπλάσιες από αντίστοιχη μονωμένη.

(α) Πλαίσια

Τα κουφώματα διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, βάσει του υλικού του πλαισίου:

- **Κουφώματα Αλουμινίου**

πλαίσιο υπό το οποίο στα Κράτη – Μέλη θα είναι υποχρεωτική η κατασκευή κτιρίων δημόσιου (από το 2018) και ιδιωτικού (από το 2020) χαρακτήρα «σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης».

³⁶ Παπαδόπουλος Άγ., (2010): «Θερμομονωτικά Υλικά», Παρουσίαση στην Ημερίδα Θερμομόνωσης κελύφους με τίτλο: «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», Λευκωσία, Διοργάνωση: Υπηρεσία Ενέργειας, Δημοσιογραφική Εστία, Διαφάνεια 18.

³⁷ Αραβαντινός Δ., (2009), «Οικοδομικές επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς», Παρουσίαση από Σεμινάριο ΤΕΕ με τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων», Τεύχος ΤΕΕ 2125. Από <http://www.tee.gr/online/afieromata/2000/2125/afirm107.shtml>, σελίδα 6, Νοέμβριος 2012

Θεωρούνται τα περισσότερο ανθεκτικά κουφώματα. Προτιμώνται σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων λόγω της ανθεκτικής κατασκευής τους. Μειονεκτούν στο ότι είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας, γεγονός που αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση θερμοδιακοπής (πλήρωση των θαλάμων του κουφώματος με θερμομονωτικό υλικό, συνήθως πολυουρεθάνη), η οποία όμως επιβαρύνει το κόστος. Σε κατασκευές που βρίσκονται κοντά σε θάλασσα πραγματοποιείται ειδική βαφή ώστε να αποφευχθεί μακροπρόθεσμα η οξείδωση του κουφώματος. Η ειδική αυτή βαφή συνήθως πραγματοποιείται με τη μέθοδο της ηλεκτροστατικής βαφής.

- **Συνθετικά – PVC Κουφώματα**

Είναι πιο οικονομικά από τα αντίστοιχα του αλουμινίου, και φιλικά προς το περιβάλλον, καθώς η διαδικασία παραγωγής τους χρειάζεται λιγότερη ενέργεια. Επίσης, μετά από την αφαίρεσή τους ανακυκλώνονται εξ ολοκλήρου και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην παραγωγή νέων συνθετικών προφίλ. Δεδομένου του ότι το πλαστικό είναι κακός αγωγός της θερμότητας, παρέχουν θερμομονωτική προστασία, σε πολύ χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα αντίστοιχα) κουφώματα αλουμινίου. Ως προς την ηχομόνωση δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά ανάμεσα στα κουφώματα αλουμινίου και τα συνθετικά.

Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγονται η ευαισθησία στην ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός που έχει αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά με την τοποθέτηση μεταλλικής ενίσχυσης θερμής γαλβάνισης με συγκεκριμένο πάχος που συντελεί στη βελτίωση της αντοχής κατά την στρέβλωση από καταπονήσεις και υπεριώδη ακτινοβολία.

- **Κουφώματα από Ξύλο**

Το ξύλο είναι ένα υλικό φιλικό προς το περιβάλλον, ανανεώσιμο, ανακυκλώσιμο, πλήρως βιοδιασπώμενο και εκ φύσεως θερμομονωτικό. Έπειτα από ειδική επεξεργασία (ανάμειξη με διάφορους τύπους ρητινών) από ξύλο μπορούν να κατασκευαστούν κουφώματα με καλές μηχανικές ιδιότητες, μικρή απορροφητικότητα στην υγρασία και εκτεταμένο χρόνο ζωής. Λόγω της αργής του καύσης προσφέρει επαρκή πυροπροστασία, ενώ και τα προϊόντα της καύσης είναι

αβλαβή για το περιβάλλον. Για να πληρούνται όμως τα παραπάνω απαιτούνται διαδικασίες (επεξεργασία – ξήρανση – ποιότητα ξύλου, ειδική περιποίηση – βαφές κ.α.) οι οποίες αυξάνουν το κοστολόγιο καθιστώντας τα λιγότερο ανταγωνιστικά σε σχέση με άλλα. Τα κουφώματα ξύλου χωρίς ειδική επεξεργασία απαιτούν συχνή συντήρηση και εμφανίζουν τα προβλήματα που διέπουν τα οργανικά υλικά (ευπαθή σε μύκητες, στην ηλιακή ακτινοβολία κ.α.).

(β) Ο ρόλος των υαλοπινάκων

Οι υαλοπίνακες καθορίζουν σε σημαντικό ποσοστό την θερμομονωτική ικανότητα του κτιρίου. Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι υπό προϋποθέσεις (προσανατολισμός, ποσοστό επιφάνειας ανοιγμάτων κ.ά.) μια τέτοια παρέμβαση μπορεί να οδηγήσει οι συνολικές θερμικές απώλειες ενός κτιρίου να μειωθούν έως και 50%, σύμφωνα με σχετική έρευνα³⁸.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με χρήση κρυστάλλων νέας γενιάς (υαλοπίνακες ελέγχου ηλιακής ακτινοβολίας και υαλοπίνακες χαμηλής ηλιακής εκπομπής) (Σχήμα 1.10). Οι εν λόγω υαλοπίνακες φέρουν ειδική ανακλαστική επίστρωση/μεμβράνη (σε σύστημα διπλής υάλωσης η επίστρωση τοποθετείται είτε στο εσωτερικό του εξωτερικού κρυστάλλου είτε στο εξωτερικό του εσωτερικού κρυστάλλου). Επιπλέον, αν στο διάκενο μεταξύ των κρυστάλλων ο αέρας αντικατασταθεί από κάποιο αέριο με καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες (συνήθως αργό ή κρυπτόν) το τελικό αποτέλεσμα βελτιώνεται ακόμη περισσότερο.

³⁸ Αραβαντινός Δ., (2009), «Οικοδομικές επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς», Παρουσίαση από Σεμινάριο ΤΕΕ με τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων», Τεύχος ΤΕΕ 2125. www.tee.gr/online/afieromata/2000/2125/afrm107.shtml, σελίδα 6, Νοέμβριος 2012

ΕΙΔΟΣ ΥΑΛΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜ/ΤΗΤΑΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΥΑΛΩΣΗΣ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡ/ ΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ/ ΜΗΝΑ
ΜΟΝΗ ΥΑΛΩΣΗ	5,7	30ΤΕΤ.Μ	20	3420 W	2462kwh
ΔΙΠΛΗ ΥΑΛΩΣΗ	2,9	30ΤΕΤ.Μ	20	1740W	1253kwh
ΔΙΠΛΗ ΥΑΛΩΣΗ (LOW-E)	1,1	30ΤΕΤ.Μ	20	660W	475kwh

Σχήμα 1.10: Επίδραση της χρήσης υαλοπινάκων διπλής υάλωσης χαμηλής ηλιακής εκπομπής (low-e) στη μείωση των ενεργειακών απωλειών (www.doubleglass.gr)

1.9. Η σχέση θερμομόνωσης κελύφους και εξοικονομούμενης ενέργειας

Η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους επιβαρύνει το κόστος κατασκευής, αλλά μειώνει το κόστος λειτουργίας και το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού γιατί προλαμβάνει τις ενεργειακές δαπάνες για ψύξη και θέρμανση του κελύφους ήδη από την κατασκευή. Παράλληλα, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, συνεπάγεται μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η αξιολόγηση της σχέσης κόστους-οφέλους και των τεχνοοικονομικών παραμέτρων που τη διέπουν, αποτελούν μεταξύ άλλων αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

- **Βέλτιστη τιμή συντελεστών θερμοπερατότητας**

Με την έκθεση του ECOFYS που τιτλοφορείται «U-values For Better Energy Performance Of Buildings» για την EURIMA³⁹ επιχειρήθηκε να απαντηθεί το

³⁹ ECOFYS, (2007) «U-values For Better Energy Performance Of Buildings», σελίδα 34, Διαθέσιμο στο http://www.eurima.org/uploads/pdf/EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-65.pdf, Νοέμβριος 2012

ερώτημα «Ποιο πάχος θερμομόνωσης αντιπροσωπεύει την βέλτιστη οικονομική λύση;». Η βέλτιστη οικονομική λύση ως συνάρτηση του συντελεστή θερμοπερατότητας (U , $W/m^2 K$) προέκυψε εξετάζοντας τις δύο επικρατέστερες τάσεις:

(α) την επίτευξη μέγιστου οικονομικού οφέλους ως διαφορά του οικονομικού κεφαλαίου που δαπανάται για τη θερμομόνωση και της εξοικονόμησης κόστους που επιτυγχάνεται μειώνοντας τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και

(β) τον καθορισμό του επιπέδου θερμομόνωσης ούτως ώστε να πληρούνται οι στόχοι που επιβάλλει η σχετική νομοθεσία σύμφωνα με τις δεσμεύσεις που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Η έρευνα έδειξε ότι οι βέλτιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας (U , W/m^2K) όπως προέκυψαν για κάθε ένα από τα δύο σενάρια συνάδουν.

Οι ελάχιστες προδιαγραφές του συντελεστή θερμοπερατότητας που απαιτούνται στους περισσότερους εθνικούς κανονισμούς διαφέρουν από τις τιμές που αναφέρει η έρευνα⁴⁰. Για παράδειγμα, ειδικά για τον Κ.Εν.Α.Κ, η έρευνα έδειξε ότι οι βέλτιστες τιμές του U για τοιχοποιία για την κλιματική ζώνη Β είναι $0.24 W/m^2$, ενώ σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η αντίστοιχη τιμή είναι $0.50 W/m^2K$. Ομοίως για την κλιματική ζώνη Γ η έρευνα δίνει βέλτιστη την τιμή $0.22 W/m^2K$, ενώ σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η αντίστοιχη τιμή είναι ίση με $0.44 W/m^2K$. Η απόκλιση αυτή συνδέεται άμεσα με το γεγονός ότι ο Κ.Εν.Α.Κ. προβλέπει μόνο μέγιστους επιτρεπόμενους συντελεστές θερμοπερατότητας οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με την κλιματική ζώνη και όχι με τα τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων θερμομόνωσης και συστημάτων θέρμανσης - ψύξης.

Αναλυτικότερα, οι επιμέρους τιμές για τοιχοποιία, οροφή (δώμα) και δάπεδο, όπως αυτές προέρχονται από την έκθεση του ECOFYS, τον Κ.Εν.Α.Κ και τον Κ.Θ.Κ, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

⁴⁰ Τζαχάνης Α., (2011), «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: διαχρονική εξέλιξη και παρουσίαση των γενικών αρχών».

Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας ($Wm^{-2}K^{-1}$)			
Πόλη	Κανονισμός Θερμομόνωσης	ΚΕΝΑΚ	Βέλτιστη οικονομική λύση
Τοιχοποιία			
Αθήνα	$\leq 0,70$	$\leq 0,50$	0,32
Βόλος	$\leq 0,70$	$\leq 0,50$	0,24
Θεσσαλονίκη	$\leq 0,70$	$\leq 0,44$	0,22
Οροφή			
Αθήνα	$\leq 0,50$	$\leq 0,40$	0,24
Βόλος	$\leq 0,50$	$\leq 0,40$	0,19
Θεσσαλονίκη	$\leq 0,50$	$\leq 0,38$	0,18
Λάπεδο			
Αθήνα	$\leq 1,90$	$\leq 1,00$	1,44
Βόλος	$\leq 1,90$	$\leq 1,00$	0,51
Θεσσαλονίκη	$\leq 0,70$	$\leq 0,38$	0,41

Πίνακας 1.3: Σύγκριση τιμών συντελεστή θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τον Κ.Εν.Α.Κ. και τη βέλτιστη σχέση κόστους-οφέλους⁴¹

Η βέλτιστη τεχνοοικονομικά τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η χρήση και η γεωμετρία του κτιρίου. Η αύξηση των επιπέδων θερμομόνωσης σε μια μονοκατοικία είναι περισσότερο ευεργετική σε σχέση με μεγαλύτερο κτίριο, λόγω μικρότερης τιμής στη σχέση όγκου/ επιφάνειας κελύφους.

Εν κατακλείδι η έρευνα του ECOFYS ανέδειξε ότι η βέλτιστη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από:

- το κόστος επένδυσης λόγω του επιπλέον πάχους της θερμομόνωσης ($\text{€}/\text{cm}$ και m^2),
- τις κλιματικές συνθήκες, οι οποίες καθορίζουν την εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιτευχθεί λόγω της τοποθέτησης της θερμομόνωσης, και
- το κόστος της εξοικονομούμενης ενέργειας ($\text{€}/\text{kWh}$).

⁴¹ Τζαχάνης Α., (2011), «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: διαχρονική εξέλιξη και παρουσίαση των γενικών αρχών»

- **Δυναμικό και επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια**

Το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια του οικιακού τομέα σε συνάρτηση με τα κυριότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στο Σχήμα 1.11. Η εξοικονόμηση ενέργειας που έχει επιτευχθεί λόγω τοποθέτησης θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία των κτιρίων είναι σημαντικότερη σε σύγκριση με άλλα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται λόγω της μόνωσης των εξωτερικών τοίχων εκτιμάται περίπου ίση με 13,5TWh όταν για το δεύτερο αποτελεσματικότερο μέτρο που είναι η αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι περίπου ίση με 6,5TWh. Στην ίδια μελέτη αναφέρεται ακόμη ότι η τοποθέτηση συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης σε εξωτερικούς τοίχους κτιρίου⁴² μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας από 33% έως και 60%, ενώ η τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή⁴³ μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας από 2% έως 14%, ανάλογα με την κλιματική ζώνη.

Τα παραπάνω αποτελέσματα πιθανότατα οφείλονται στο γεγονός ότι η τεχνική της θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας αποτελεί από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές (αν όχι την πιο δημοφιλή) εξοικονόμησης ενέργειας, με επόμενη την αντικατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοστασίων, γεγονός που αποδίδεται σε διάφορους λόγους: πιο συγκεκριμένα, τα μέτρα αυτά

(α) αποτελούν την ευκολότερη παρέμβαση σε μια κατοικία

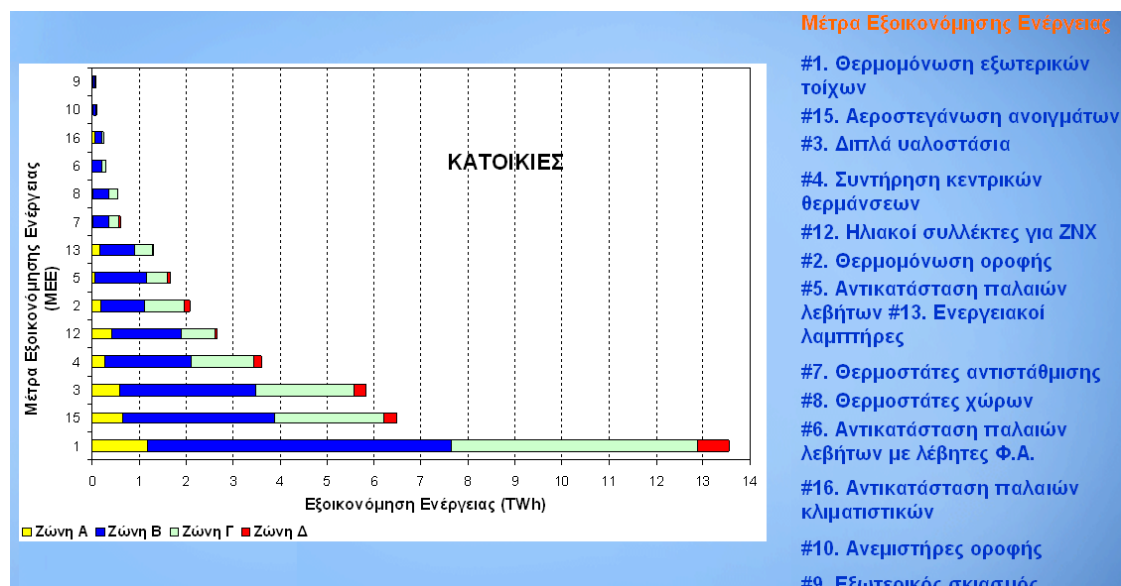
(β) αναβαθμίζουν την αισθητική των όψεων των ακινήτων, επομένως παράλληλα με τη θωράκιση του κελύφους οι ιδιοκτήτες βρίσκουν την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν εργασίες ανακαίνισης και

(γ) προωθούνται περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας από εμπορικής άποψης (σήμερα, αν και η μελέτη είναι του 2007) με την

⁴² Με μέσο κόστος 31.90€/m² και 33.0€/m² για τριτογενή και οικιακό τομέα, αντίστοιχα (κοστολόγιο για το έτος 2006)

⁴³ Με μέσο κόστος 27.19€/m² και 28.0€/m² για τριτογενή και οικιακό τομέα, αντίστοιχα (κοστολόγιο για το έτος 2006)

προκήρυξη προγραμμάτων επιδότησης όπως το «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» και το «Χτίζοντας το μέλλον».



Σχήμα 1.11: Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια στον οικιακό τομέα⁴⁴

Η σχέση κόστους θερμομόνωσης-εξοικονόμησης θέρμανσης στα ελληνικά κτίρια αποτέλεσε αντικείμενο παλαιότερης μελέτης του ΚΑΠΕ⁴⁵ στην οποία αναφέρονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης μειώνεται με τη θερμομόνωση. Σε μία πολυκατοικία η εν λόγω εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει έως και 17.5%.
- Σε συνηθισμένες πολυκατοικίες με μία αύξηση 3% των κτιριακών δαπανών για θερμομόνωση, επιτυγχάνεται 30% εξοικονόμηση στα καύσιμα και ο χρόνος απόσβεσης της επιπλέον δαπάνης υπολογίζεται σε 4 έως 8 χρόνια.

⁴⁴ Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D., (2007) «European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings», Building and Environment, Vol 42(3), p.1298-1314, Διαθέσιμο στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305004671>

⁴⁵ ΚΑΠΕ, (1999), «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης». Διαθέσιμο στο http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS_THERMOMONOSIS.pdf, σελίδα 17

- Η δαπάνη αυτή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% της συνολικής δαπάνης κατασκευής του κτιρίου και τα αποτελέσματα σε εξοικονόμηση ενέργειας είναι αξιόλογα, έχοντας ως κριτήριο τα ισχύοντα οικονομικά δεδομένα κατά το 1999.

Η παραπάνω μελέτη αναφέρει ότι τα συγκεκριμένα στοιχεία έχουν στατιστικό χαρακτήρα και δεν δίνει περαιτέρω πληροφορίες σχετικά π.χ. με τον τύπο, τα υλικά, το κόστος των συστημάτων θερμομόνωσης και τις κλιματικές ζώνες, ούτε παραθέτει στοιχεία ποσοτικοποίησης.

1.10. Σύνοψη

Το κέλυφος αποτελεί την διεπιφάνεια του κτιρίου μέσω της οποίας αυτό αλληλεπιδρά με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω μεταφοράς θερμικής ενέργειας από και προς το περιβάλλον. Ως εκ τούτου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου. Η εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων αποτελεί βασική προτεραιότητα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Η σημασία της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας υπογραμμίζεται στους σχετικούς κανονισμούς, και συγκεκριμένα στον Κ.Εν.Α.Κ. όσο και στο νέο κανονισμό δόμησης (Ν.ΓΟΚ, 2012) με τον οποίο παρέχονται κίνητρα (π.χ. αύξηση συντελεστή δόμησης) για την εφαρμογή «πράσινων» εφαρμογών όπως π.χ. φυτεμένα δώματα. Για την περαιτέρω διείσδυση της έννοιας της εξοικονόμησης ενέργειας στις συνειδήσεις των πολιτών παρέχονται από το 2010 έως και σήμερα επιδοτήσεις μέσω του προγράμματος «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» για την πραγματοποίηση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια κατοικίας.

Στατιστικά στοιχεία από εγχώριες και ευρωπαϊκές πηγές αποδεικνύουν ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων με επεμβάσεις που αφορούν στο κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση) και την υιοθέτηση σύγχρονων συστημάτων θέρμανσης. Οι δράσεις αυτές συνεπάγονται εξοικονόμηση ενέργειας, μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και εξοικονόμηση πόρων σε εθνικό και ατομικό επίπεδο.

Κεφάλαιο 2^ο: Η μελέτη εφαρμογής

2.1. Αντικείμενο διερεύνησης

Βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι η διερεύνηση δεδομένων εναλλακτικών σεναρίων θερμομόνωσης σε σχέση με τις τελικές ανάγκες σε φορτίο ψύξης και θέρμανσης μιας μονοκατοικίας, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό πακέτο προσομοίωσης (Ecotect v5.20). Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δυνατότητες του λογισμικού Ecotect v5.20, περιγράφονται τα αρχιτεκτονικά και δομικά χαρακτηριστικά του κτιρίου μελέτης και τα κλιματολογικά δεδομένα της ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής το κτίριο. Τέλος, παρουσιάζονται τα εναλλακτικά σενάρια που προβλέπονται για τη θερμομόνωση της κατοικίας, για κάθε ένα από τα οποία πρόκειται να αναλυθεί η σχέση κόστους-οφέλους της θερμομόνωσης.

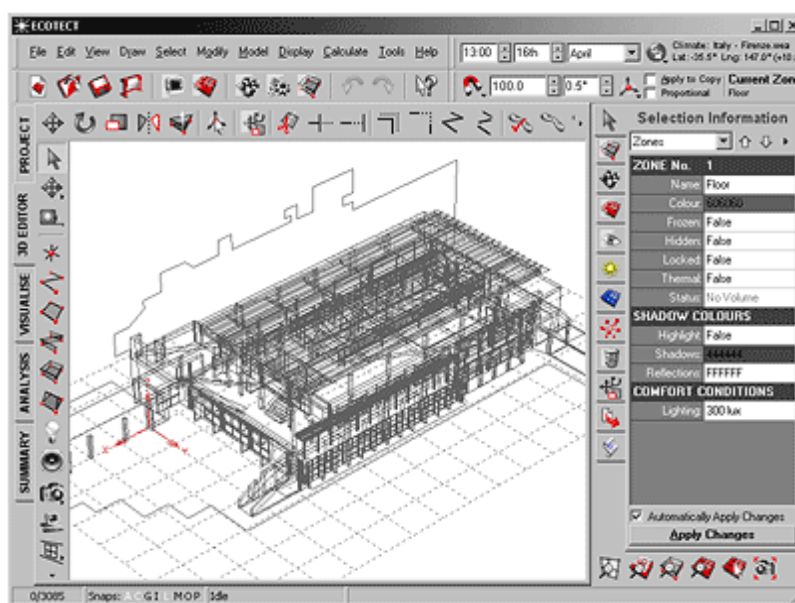
2.2. Λογισμικό πακέτο προσομοίωσης Ecotect v.5.20

Το λογισμικό Ecotect v5.20 (το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού φαίνεται στο Σχήμα 2.1) μπορεί να κάνει ανάλυση ηλιασμού και τεχνητού φωτισμού, μελέτη θερμικής άνεσης και αναγκών σε θέρμανση και ψύξη, ακουστική μελέτη και υπολογισμούς κόστους. Ως εκ τούτου, με τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού είναι δυνατή η αξιολόγηση διαφορετικών στρατηγικών ενεργειακού σχεδιασμού και η υιοθέτηση της βέλτιστης εξ αυτών.

Στην παρούσα εργασία το λογισμικό πακέτο Ecotect χρησιμοποιείται για την ανάλυση απόδοσης ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου μελέτης, αξιολογώντας την επίδραση διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμού.

2.2.1. Δυνατότητες λογισμικού Ecotect v.5.20

Η μελέτη ξεκινάει με την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων της περιοχής μελέτης και την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών παθητικού σχεδιασμού. Είναι δυνατή η ανάλυση της ηλιακής ακτινοβολίας, απεικονίζοντας την ηλιακή ενέργεια που δέχονται τα παράθυρα και οι επιφάνειες ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια διαφορετικών χρονικών περιόδων, εποχών, συντεταγμένων, ημερών και ωρών. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης της σκίασης και της ανακλαστικότητας της ηλιακής φωτεινότητας που υφίσταται το κτίριο. Επιπρόσθετα, μέσω της ενεργειακής ανάλυσης από το λογισμικό παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές CO₂ στο περιβάλλον. Τέλος, στις δυνατότητες του Ecotect συγκαταλέγονται η θερμική ανάλυση με ετήσια φορτία ψύξης και θέρμανσης, διασπορά θερμοκρασίας και θερμικά κέρδη και ο υπολογισμός των δαπανών των υλικών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

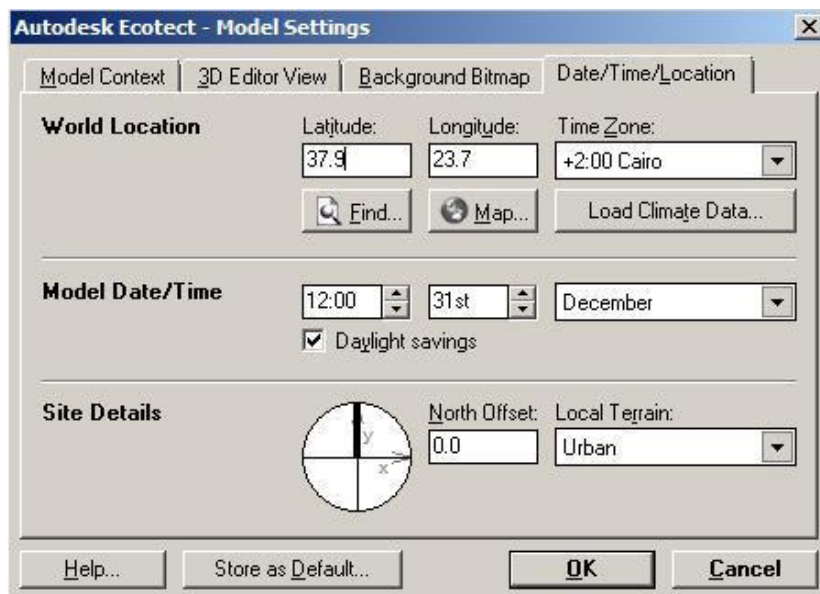


Σχήμα 2.1: Περιβάλλον εργασίας λογισμικού Ecotect v.5.20

2.3. Κτίριο μελέτης

Το κτίριο της παρούσας μελέτης είναι μια μονοκατοικία, η οποία αποτελείται από έναν μόνο όροφο (ισόγειο), η οποία βρίσκεται στην Αθήνα οπότε

ανήκει στην Κλιματική Ζώνη Β. Εφαρμόζονται οι τρέχοντες κανονισμοί σχετικά με τη θερμομόνωση.

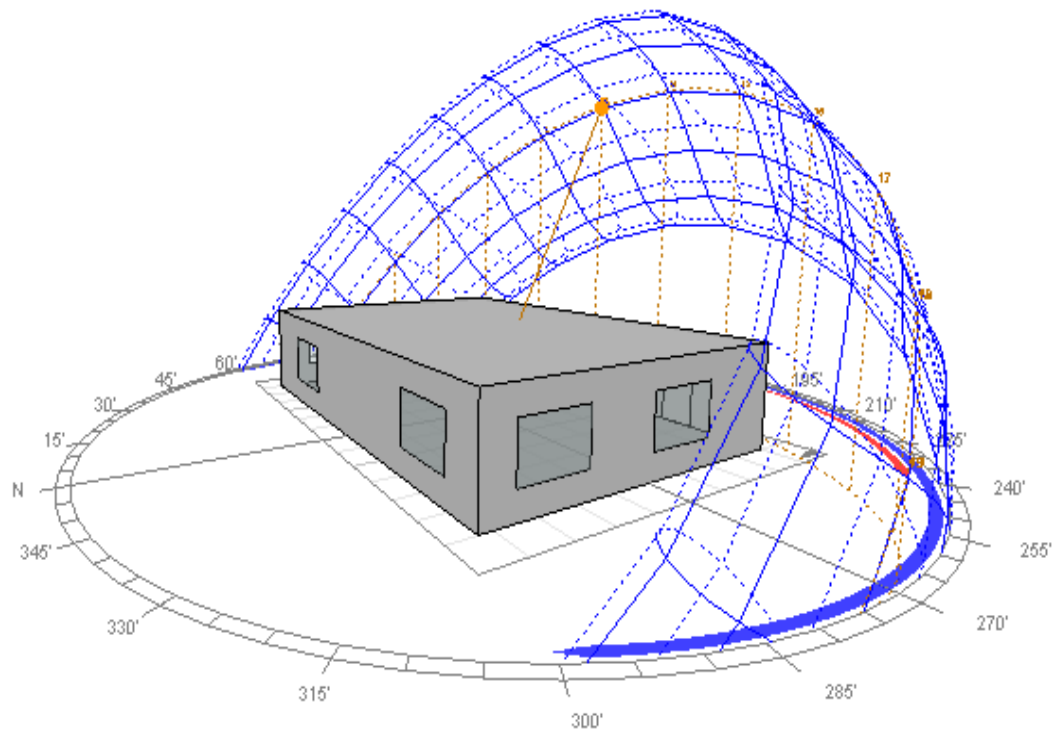


Σχήμα 2.2: Ρυθμίσεις μοντέλου για τη θέση «Αθήνα»

Το υπό εξέταση κτίριο είναι συνολικού εμβαδού 100τ.μ.(8,33x12x3μ). Η χρήση του κτιρίου είναι για κατοικία, με μέσο αριθμό χρηστών 1/20τ.μ. , δηλαδή 5 χρήστες σε σύνολο 100 τ.μ. Σύμφωνα με την οδηγία TOTEE-20701-1, για την χρήση κατοικίας, το τυπικό ωράριο λειτουργίας έγκειται σε 18 ώρες τη μέρα, 7 μέρες τη βδομάδα και 12 μήνες το χρόνο. Θα θεωρήσουμε ότι οι 18 ώρες, ξεκινούν από την 6^η πρωινή μέχρι την 12^η βραδινή, έπειτα της οποίας δεν γίνονται εργασίες μέσα στο σπίτι και δεν χρησιμοποιούνται συστήματα θέρμανσης/ψύξης.

- **Περιγραφή κελύφους**

Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους, το κτίριο είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο. Οι επιφάνειες των υαλοστασίων ανά προσανατολισμό φαίνονται στον πίνακα Α του Παραρτήματος.



Σχήμα 2.3: Κτίριο μελέτης-ηλιακή πορεία κατά τη διάρκεια της χρονιάς, στο περιβάλλον Ecotect v.5.20 - βορειοδυτική όψη

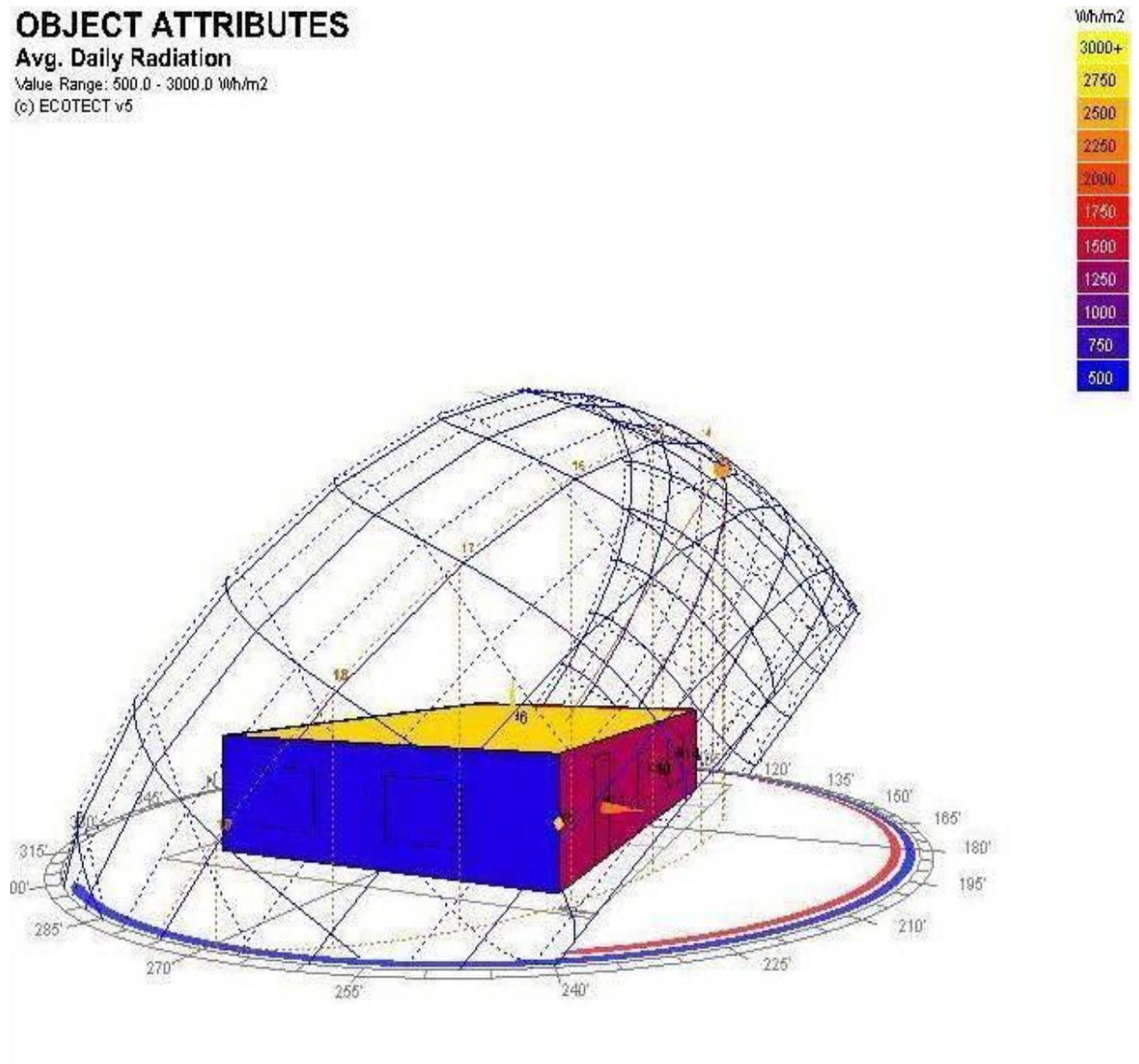
Ακολουθούν τα διαγράμματα-σχήματα που παρουσιάζουν χρωματικά την μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε πλευρά του κτιρίου.

OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Daily Radiation

Value Range: 500.0 - 3000.0 Wh/m²

(c) ECOTECH v6



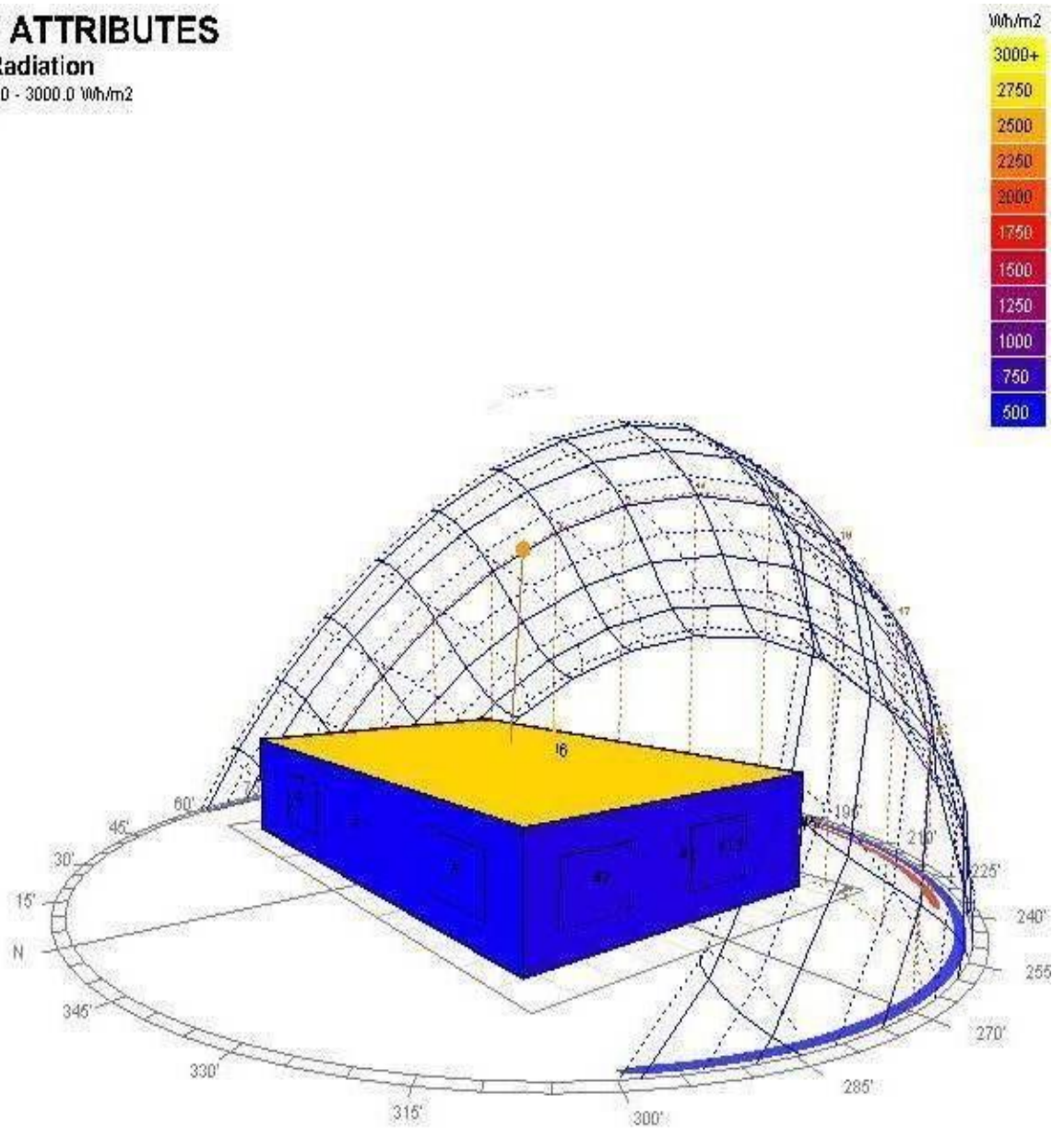
Σχήμα 2.4: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (νοτιοδυτική όψη)

OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Daily Radiation

Value Range: 500.0 - 3000.0 Wh/m²

(c) ECOTECT v5



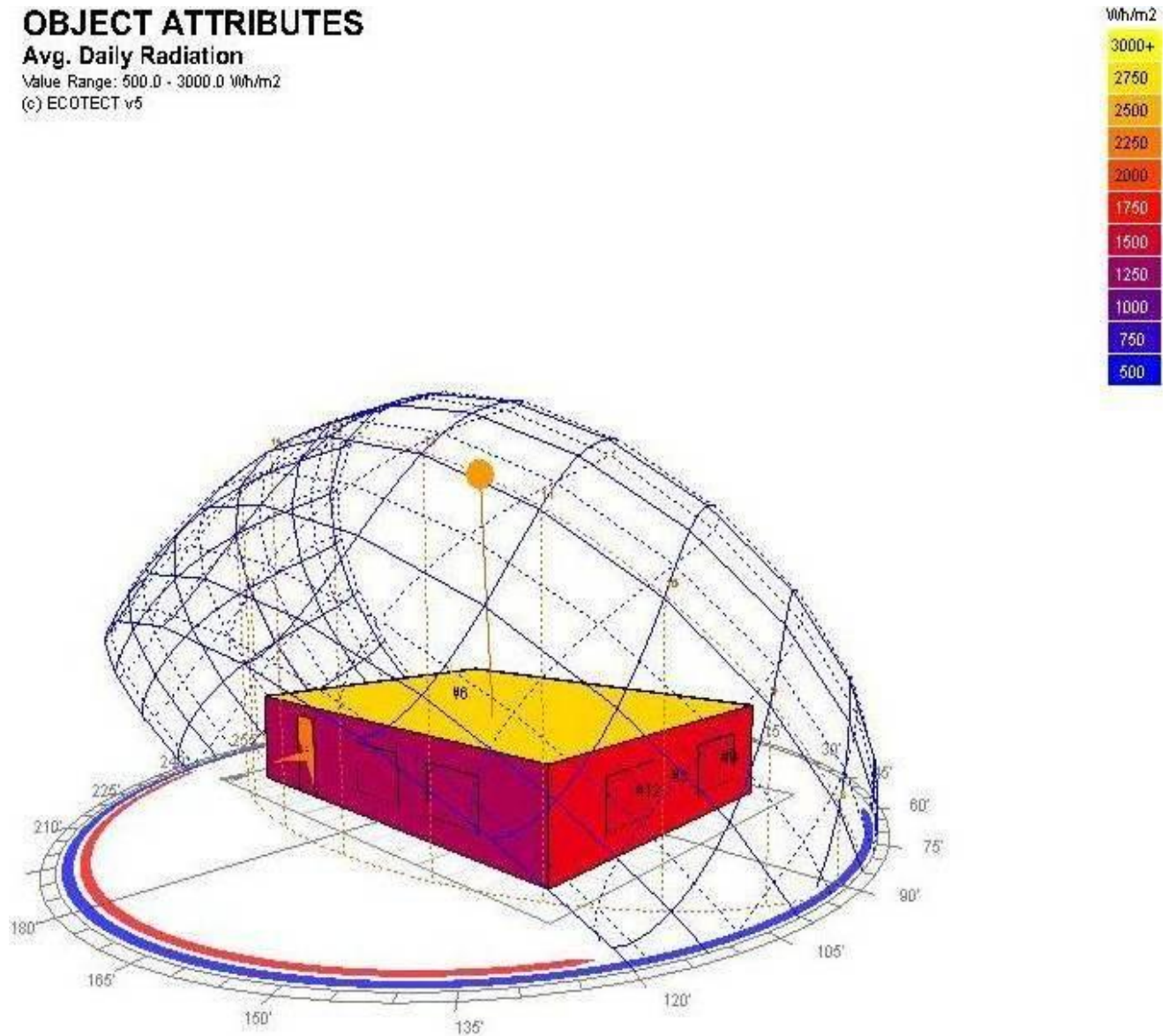
Σχήμα 2.5: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (βορειοδυτική όψη)

OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Daily Radiation

Value Range: 500.0 - 3000.0 Wh/m²

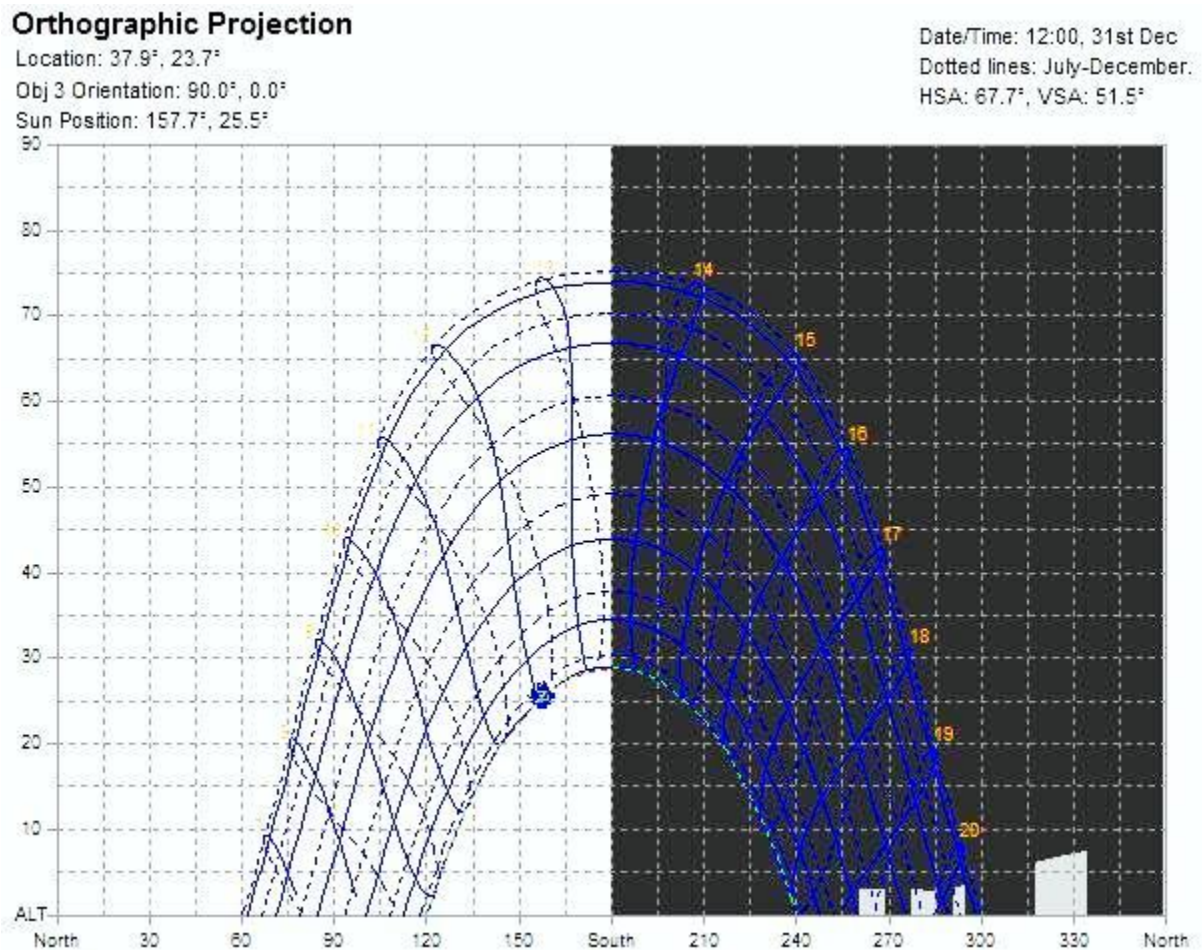
(c) ECOTECT v5



Σχήμα 2.6: Μέση ημερήσια ακτινοβολία (νοτιοανατολική όψη)

Όπως είναι αναμενόμενο, από τα παραπάνω σχήματα διακρίνουμε ότι η νότια και η ανατολική όψη δέχονται την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο μέσης ακτινοβολούμενης ηλιακής ενέργειας ανά ημέρα. Ο υπολογισμός που ακολουθεί το πρόγραμμα, υπολογίζει την ακτινοβολία σε επίπεδο χρονιάς και την διαιρεί με τις ημέρες για να προκύψει το παραπάνω αποτέλεσμα.

Ακολουθεί η ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής πορείας για την συγκεκριμένη θέση και της ορθογραφικής απεικόνισης⁴⁶ με τις σκιές λόγω της ύπαρξης των παραθύρων κατά τη διάρκεια της χρονιάς.



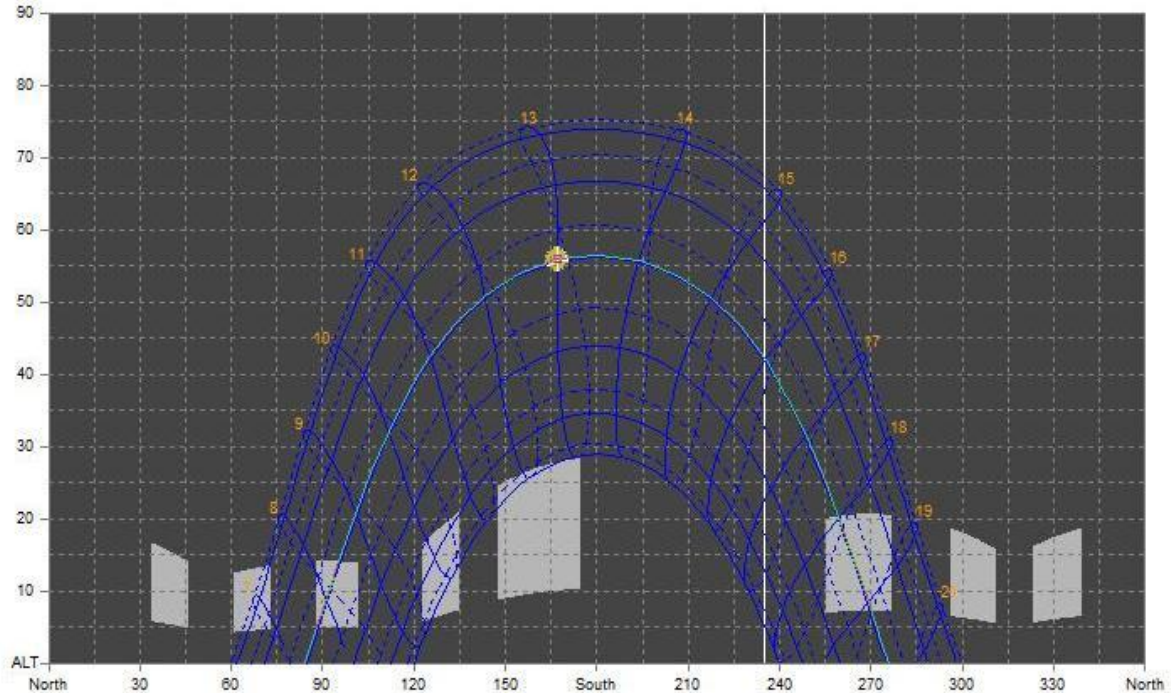
Σχήμα 2.7: Ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής πορείας για το κτίριο μελέτης

⁴⁶ Απεικόνιση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου σε 2 διαστάσεις. Είναι μία μορφή παράλληλης προβολής, όπου όλες οι γραμμές απεικόνισης είναι ορθογώνιες στο επίπεδο απεικόνισης.

Orthographic Projection

Location: 37.9°, 23.7°
Obj 0 Orientation: -0.0°, -90.0°
Sun Position: 167.1°, 55.9°

Date/Time: 13:00, 2nd Apr
Dotted lines: July-December
HSA: 167.1°, VSA: 123.4°



Σχήμα 2.8: Ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής πορείας στον ουράνιο θόλο και της ηλιακής πορείας που δημιουργείται στο δάπεδο λόγω των ανοιγμάτων⁴⁷, για το κτίριο μελέτης

Αφού δημιουργήθηκε το μοντέλο για το κτίριο μελέτης, όλα τα μέρη του κτιρίου εντάχθηκαν στην ίδια μία θερμική ζώνη ⁴⁸(Zone 1), η οποία έρχεται σε επαφή μόνο με το περιβάλλον.

- **Παράμετροι εσωτερικού αερισμού και εσωτερικών θερμικών φορτίων**

Με βάση τις οδηγίες ΤΟΤΕΕ οι βασικοί παράγοντες που ορίζουν το εσωτερικό της θερμικής ζώνης, δηλαδή οι κοινός και καθοριστικοί παράγοντες των χώρων που αποτελούν το κτίριο-θερμική ζώνη, είναι οι ακόλουθοι:

⁴⁷ Τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας εισέρχεται μέσω των ανοιγμάτων εσωτερικά

⁴⁸ Ορίζεται σαν το σύνολο των χώρων με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

- Ο απαραίτητος νωπός αέρας για 5 άτομα σε 100τ.μ. επιφάνεια δαπέδου, είναι 15 κυβικά μέτρα/ώρα και ανά άτομο ή 0,75 κυβικά μέτρα/ώρα και τετραγωνικό μέτρο σύμφωνα με το πρόγραμμα.
- Η στάθμη του φωτισμού είναι 200lux, η ισχύς για το κτήριο αναφοράς 6,4 W/τ.μ. με επίπεδο αναφοράς μέτρησης τα 0,8 μέτρα.
- Η θερμότητα που εκπέμπουν οι χρήστες υπολογίζεται σε 80W ανά άτομο, δηλαδή σε 4 W ανά τ.μ., με μέσο συντελεστή παρουσίας των χρηστών στο χώρο σε 0,75 σύμφωνα με το πρόγραμμα.
- Η θερμότητα που εκπέμπεται από τον εξοπλισμό⁴⁹ υπολογίζεται σε 4 W ανά τ.μ. με 0,5 μέσο συντελεστή ετεροχρονισμού, δηλαδή 2 W ανά τ.μ. ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού και μέσο συντελεστή λειτουργίας σε 0,75.

Τα γενικά χαρακτηριστικά που θεωρούνται δεδομένα για τους υπολογισμούς του προγράμματος και αποτελούν την βέλτιστη προσέγγιση των οδηγιών που αναφέρθηκαν, ακολουθούν στους Πίνακες του Παραρτήματος. Οι τιμές επιλέχθηκαν εντός του εύρους τιμών του προγράμματος.

Το θερμικό όφελος μέσα στη ζώνη⁵⁰ λόγω του φωτισμού και του τυχόν εξοπλισμού (sensible gain) δίνεται ίσο με $5W/m^2$ και το θερμικό όφελος λόγω της εξάτμισης της υγρασίας του αέρα (latent gain) δίνεται ίσο με $2 W/m^2$, ως συνήθεις τιμές για την οικιστική χρήση κτιρίου. Αντίστοιχα προκύπτουν και οι τιμές για το εσωτερικό ντύσιμο (clothing), την υγρασία (humidity), την δραστηριότητα των ενοίκων (sedentary) και τα στοιχεία για την εναλλαγή αέρα στο κτίριο (air change rate, wind sensitivity).

⁴⁹ Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009, υπολογίζεται η θερμότητα που εκπέμπεται σαν μέση τιμή ισχύος ηλεκτρικών συσκευών ανά μονάδα επιφανείας, ώστε να μπορούν να συγκριθούν διαφορετικά είδη κτιρίων ή θερμικών ζωνών και όχι ανά συσκευή όπου θα είχαμε διακυμάνσεις ανά κατασκευαστή κλπ

⁵⁰ Οι τιμές που ακολουθούν δίνονται αυτόματα από το πρόγραμμα για οικιστική χρήση κτιρίου

Όπως φαίνεται από τους Πίνακες Β έως Ε, όλοι οι συντελεστές υπολογίζονται για οικιστική χρήση του κτιρίου. Το σύστημα θέρμανσης/ψύξης του κτιρίου για όλα τα σενάρια που εξετάζουμε είναι το mixed-mode system, δηλαδή ένα μικτό σύστημα φυσικού αερισμού και χρήσης συστήματος HVAC όταν ο φυσικός αερισμός δεν επαρκεί για την θέρμανση/ψύξη του κτιρίου. Το σύστημα⁵¹ θέρμανσης, αερισμού, και κλιματισμού χρησιμοποιείται το πλέον σύνηθες στην Ελλάδα: κεντρική θέρμανση με χρήση νερού σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας και σώματα καλοριφέρ, κλιματισμός με χρήση νερού ως ψυκτικό μέσο.

- **Συντελεστές αναφορικά με το κέλυφος**

Όσων αφορά στα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους ακολουθούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας με βάση τη νομοθεσία: Με βάση τον ΚΕΝΑΚ, ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για την κλιματική ζώνη Β ισούται με $U_D = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ (εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα/οροφή και για ζώνη Α, Γ και Δ 0,50, 0,40 και 0,35 αντίστοιχα), $U_w = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και για ζώνη Α, Γ και Δ 0,60, 0,45 και 0,35 αντίστοιχα), $U_{wE} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους και για ζώνη Α, Γ και Δ 1,5, 0,80 και 0,70 αντίστοιχα), $U_G = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους και για ζώνη Α, Γ και Δ 1,20, 0,75 και 0,70 αντίστοιχα), $U_F = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ανοίγματα - παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α. και για ζώνη Α, Γ και Δ 3,20, 2,80 και 2,60 αντίστοιχα).

- **Μηχανικός αερισμός**

Όσων αφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού, για το κτίριο αναφοράς στις κατοικίες θεωρείται ότι εφαρμόζεται

⁵¹ Δεν είναι δεδομένο για όλα τα σενάρια. Όταν όμως επιλέγεται σύστημα θέρμανσης ή ψύξης, παίρνετε αυτό σαν δεδομένο

φυσικός αερισμός συνεχούς λειτουργίας, σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις όπως καθορίζονται στην οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1. Υπάρχουν 8 παράθυρα εμβαδού 2.16 m^2 το καθένα, δύο σε κάθε τοίχο/πλευρά του κτιρίου.

- **Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης**

Όσον αφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ορίζεται σε 50 λίτρα/άτομο/ημέρα δηλαδή 250 λίτρα ανά ημέρα. Για την παρούσα μελέτη, θα εξετάσουμε μόνο τα απαιτούμενα φορτία όσον αφορά την θέρμανση και την ψύξη του χώρου και όχι τα συνοδά φορτία (ζεστό νερό χρήσης, ενέργεια για μηχανικό αερισμό αν απαιτείται κλπ).

- **Παθητικά συστήματα**

Όσον αφορά τα παθητικά ηλιακά συστήματα, στο παρόν κτίριο χρησιμοποιούνται ΠΗΣ άμεσου ηλιακού κέρδους, συγκεκριμένα έχουν τοποθετηθεί 2 ανοίγματα στο νότο, επιφάνειας 2.16 m^2 έκαστο δηλαδή 5.32 m^2 συνολικά.

2.4. Εναλλακτικά σενάρια μόνωσης κελύφους

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται έξι διαφορετικά σενάρια μόνωσης κελύφους για το κτίριο μελέτης, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 2.3 και τρία διαφορετικά σενάρια για την βέλτιστη εκδοχή θερμομόνωσης οπού το ίδιο κτίριο μελέτης αλλάζει κλιματική ζώνη. Τα έξι πρώτα σενάρια περιλαμβάνουν:

- Επαρκή μόνωση κελύφους
- Θερμομόνωση τοιχοποιίας και όχι σκελετού
- Πλήρως αμόνωτο κέλυφος
- Αμόνωτο κέλυφος και μονωμένο δώμα
- Εφαρμογή υαλοστασίων μειωμένων θερμικών ιδιοτήτων και
- Βέλτιστη μόνωση κελύφους.

Για κάθε ένα από τα παραπάνω σενάρια, με την βοήθεια του λογισμικού Ecotect v.5.20 , υπολογίζονται τα θερμικά και ψυκτικά φορτία. Θεωρούμε θερμική ζώνη άνεσης⁵² για θερμοκρασίες 15-25°C.

Τα υλικά για κάθε δομικό στοιχείο που περιλαμβάνει το εξεταζόμενο κτίριο και περιλαμβάνει το πρόγραμμα είναι τα ακόλουθα:

Δομικό υλικό		Περιγραφή	U(W/m ² K)	Μέγιστη τιμή U βάσει κανονισμού ΚΕΝΑΚ
ΤΟΙΧΟΣ	BrickCavity ConcBlockPlaster	110mm επιπλέον τούβλο, 50mm κενό, 110mm τσιμεντένιο μπλοκ με 10mm σοβά στην εσωτερική πλευρά	1,720	0,50
	BrickConcBlockPlaster	110mm επιπλέον τούβλο, 220mm τσιμεντένιο μπλοκ με 10mm σοβά στην εσωτερική πλευρά	1,880	0,50
	BrickPlaster	110mm τούβλο με 10mm σοβά και από τις δύο πλευρές	2,620	0,50
	BrickTimberFrame	110mm επιπλέον τούβλο εξωτερικά, 75mm ξύλινο πλαίσιο με 10mm γυψοσανίδα εσωτερικά	1,770	0,50
	ConcBlockPlaster	110mm τσιμεντένιο μπλοκ με 10mm σοβά και από τις δύο πλευρές	1,800	0,50
	ConcBlockRender	Εξωτερική όψη 110mm τσιμεντένιο μπλοκ με 10mm σοβά εσωτερικά	1,830	0,50
	DoubleBrickCavityPlaster	110mm διπλό τούβλο συν 50mm κενό, με 10mm σοβά εσωτερικά	1,780	0,50
	DoubleBrickCavityRender	Εξωτερική όψη 110mm διπλό τούβλο συν 50mm κενό, με 10mm σοβά εσωτερικά	1,740	0,50
	DoubleBrickSolidPlaster	220mm στερεός τούβλινος τοίχος με 10mm σοβά εσωτερικά	1,950	0,50
	FramedPlasterboard	80mm πλασιωμένος τοίχος σαν κενός αέρα, με 10mm γυψοσανίδα σε κάθε πλευρά	2,200	0,50
	FramedTimberPlaster	80mm πλασιωμένος τοίχος σαν κενός αέρα, με 15mm ξύλο εξωτερικά και 10mm σοβά εσωτερικά	2,200	0,50

⁵² Θερμική άνεση ορίζεται μία υποκειμενική κατάσταση μέσα στην οποία οι χρήστες του κτιρίου νιώθουν άνετα θερμικά, δηλαδή δεν κρυώνουν ή ζεσταίνονται. Τα όρια της θερμικής ζώνης άνεσης είναι οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος που ορίζουμε στον εκάστοτε θερμοστάτη.

	RammedEarth_300m m	300mm σταθεροποιημένο πεπιεσμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές	2,860	0,50
	RammedEarth_500m m	500mm σταθεροποιημένο πεπιεσμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές	3,020	0,50
	ReverseBrickVeneer_ R15	Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R1.5 (50mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	0,490	0,50
	ReverseBrickVeneer_ R20	Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	0,390	0,50
	TimberCladMasonry	110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα	0,300	0,50
ΟΡΟΦΗ	AcousticTileSuspende d		5,160	0,45
	Ceiling		1,000	0,45
	Plaster_Insulation_Su spended	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα	0,500	0,45
	Plaster_Joists_Suspen ded	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, στηριγμένο σε δοκούς 200mm με κενό αέρα. Καμία μόνωση	4,320	0,45
	SuspendedConcreteC eiling		2,560	0,45
ΠΑΤΩΜΑ	ConcFlr_Carpeted_Su spended	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα με χαλί, υπόστρωμα και σοβάτινη οροφή αποκάτω.	2,560	0,90
	ConcFlr_Suspended	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα	3,000	0,90
	ConcFlr_Tiles_Suspen ded	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα με κεραμικά πλακάκια και σοβάτινη οροφή από κάτω	2,900	0,90
	ConcFlr_Timber_Susp ended	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα με ξύλινο τελείωμα και σοβάτινη οροφή από κάτω	2,160	0,90
	ConcSlab_Carpeted_ OnGround	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με χαλί και υπόστρωμα	0,920	0,90
	ConcSlab_OnGround	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος	0,880	0,90
	ConcSlab_Tiles_OnGr ound	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος και με κεραμικά πλακίδια	0,880	0,90
	ConcSlab_Timber_On Ground	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα	0,860	0,90
	ExposedGround	Εκτεθειμένο έδαφος με τα συστατικά ενός μέσου τύπου εδάφους στα 1500mm βάθος.	3,500	0,90
	ExternalPaving	Εξωτερικό πλακόστρωμα, συν 1500mm από κάτω	3,418	0,90
	PoolWater	1500mm βάθος πυθμένα πισίνας @ 20°C.	2,121	0,90
	TimberFlr_Suspended	Ξύλινο πάτωμα σε απόσταση με δοκούς και σοβάτινη οροφή από κάτω	2,160	0,90
	TimberFlrCarpeted_S uspended	Ξύλινο πάτωμα σε απόσταση με δοκούς και σοβάτινη οροφή από κάτω, με χαλί	1,720	0,90
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ- ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	DoubleGlazed_AlumF rame	Διπλός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή)	2.700	3,00
	DoubleGlazed_LowE_ AlumFrame	Διπλός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή), χαμηλής εκπεψιμότητας ($\epsilon=0.10$)	2.410	3,00
	DoubleGlazed_LowE_ AlumFrame	Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής	2.260	3,00

	TimberFrame	εκπεψιμότητας ($\epsilon=0.10$)		
	DoubleGlazed_TimberFrame	Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο	2.900	3,00
	SingleGlazed_AlumFrame	Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή)	6.000	3,00
	SingleGlazed_AlumFrame_Blinds	Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή)	6.000	3,00
	SingleGlazed_TimberFrame	Μονός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο	5.100	3,00
	Translucent_Skylight	Φεγγίτης	5.000	3,00
ΠΟΡΤΕΣ	FoamCore_Plywood	40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα	3,310	3,00
	GlassSlidingDoor	Συρόμενη γυάλινη πόρτα	5,356	3,00
	HollowCore_Plywood	40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με κενό τον πυρήνα	2,980	3,00
	SolidCore_OakTimber	40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα	2,260	3,00
	SolidCore_PineTimber	40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα πεύκου ξύλινη πόρτα	2,310	3,00

Πίνακας 2.1: Δομικά υλικά κτιρίου (λογισμικό Ecotect v.5.20)

Ακολουθεί η περιγραφή κάθε σεναρίου μαζί με τον αντίστοιχο υπολογισμό.

Κάθε ανάλυση σεναρίου απαρτίζεται από:

- Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών και υπολογισμού του δείκτη παθητικής απόδοσης του κτιρίου
- Πίνακα κατανομής θερμοκρασιών ετησίως και ποσοστό εντός ζώνης θερμικής άνεσης
- Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου (και αντίστοιχο πίνακα δεδομένων)
-

2.4.1. Επιλεγόμενες παράμετροι θερμομόνωσης κελύφους

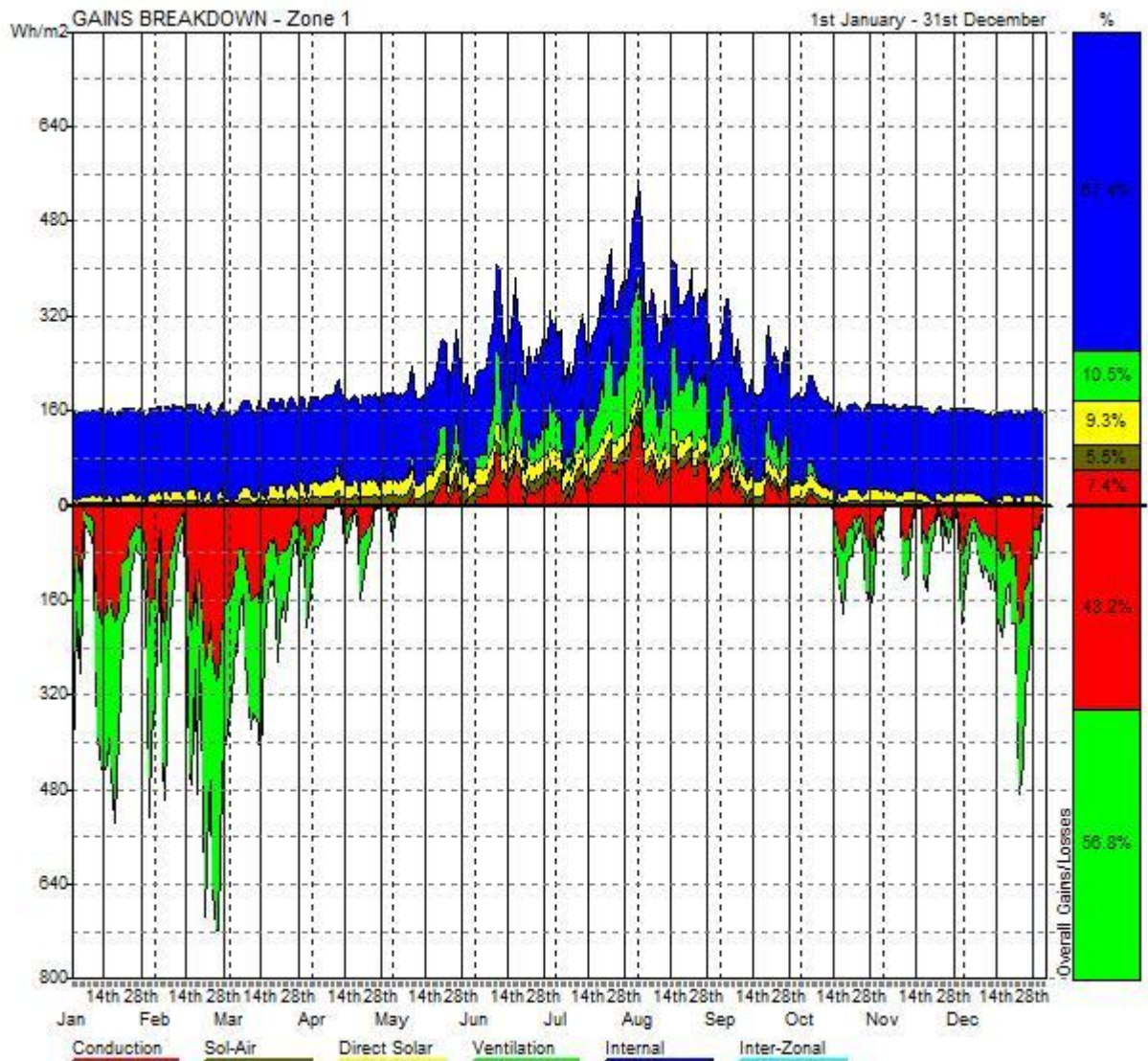
Για την επιλογή της μόνωσης του κελύφους, επιλέχθηκαν με βάση το Πρόγραμμα εκείνα τα δομικά υλικά που κάλυπταν τους περιορισμούς, που θέτει ο ΚΕΝΑΚ και η οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1 όπως αναθεωρήθηκε αργότερα, για τις μέγιστες τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας (βλέπε παράγραφο 2.3).

Έτσι, για :

- τους εξωτερικούς τοίχους επιλέχθηκε Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα($U=0,39<0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- για την οροφή επιλέχθηκε 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα($U=0,50\approx 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- για το πάτωμα επιλέχθηκε 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα($U=0,86<0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- για τα παράθυρα επιλέχθηκε Διπλός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή), χαμηλής εκπεμφιμότητας ($\epsilon= 0.10$) ($U=2,41<3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- για την πόρτα επιλέχθηκε 40mm πάχος, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα ($U=2,31<3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$).

- **Θερμική συμπεριφορά κτιρίου μελέτης**

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.13: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους /απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) αποτελούν το 67,4% των θερμικών κερδών ετησίως (internal heat-μπλε ζώνη διαγράμματος) στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου) ενώ οι θερμικές απώλειες αποτελούν το 56,8% των θερμικών απωλειών, ενώ το υπόλοιπο 43,2 αποτελούν οι απώλειες με αγωγιμότητα.

2. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 9,3% (direct solar heat- κίτρινη ζώνη διαγράμματος).

4. η συναγωγή (conduction heat- κόκκινη ζώνη) διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 43,2% απώλεια θερμότητας και σε 7,4% εισροή θερμότητας από το περιβάλλον και

5. Λιγότερο συνεισφέρει η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών κατά 5,5% (solar air heat- λαδί ζώνη) στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση τους υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,61 (adaptability index).

Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.2), το 37,2% των συνολικών ωρών ετησίως (2310 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου.

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	31	0.5%
4.0	45	0.7%
6.0	161	2.6%
8.0	351	5.7%
10.0	337	5.4%
12.0	528	8.5%
14.0	784	12.6%
16.0	591	9.5%
18.0	368	5.9%
20.0	393	6.3%
22.0	404	6.5%
24.0	554	8.9%
26.0	624	10.1%
28.0	567	9.1%
30.0	350	5.6%
32.0	85	1.4%
34.0	25	0.4%
36.0	7	0.1%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
-----	-----	-----
COMFORT	2310	37.2%

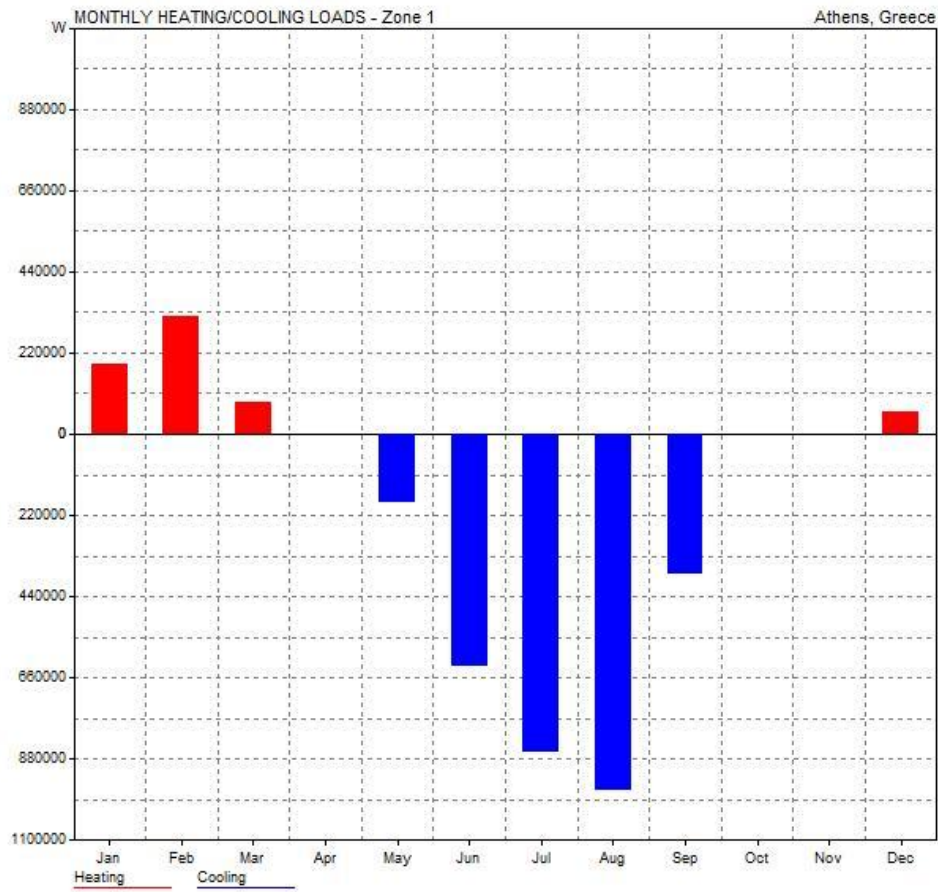
Πίνακας 2.2: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.2), το 65,4% των συνολικών ωρών ετησίως (4055 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης (15-25 °C).

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	2150	34.6%
16.0	690	11.1%
18.0	352	5.7%
20.0	342	5.5%
22.0	476	7.7%
24.0	2195	35.4%
26.0	0	0.0%
28.0	0	0.0%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
-----	-----	-----
COMFORT	4055	65.4%

Πίνακας 2.3: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.14: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 2569 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 4222 W at 13:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
-----	-----	-----	-----
Jan	189629	0	189629
Feb	317427	0	317427
Mar	85483	0	85483
Apr	0	0	0
May	0	183338	183338
Jun	0	627141	627141
Jul	0	859310	859310
Aug	0	966049	966049
Sep	0	377505	377505
Oct	1640	0	1640
Nov	156	0	156
Dec	59744	0	59744
-----	-----	-----	-----
TOTAL	654080	3013344	3667424
-----	-----	-----	-----
PER M ²	6541	30135	36676
Floor Area:	99.996 m2		

Πίνακας 2.4: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.14 και τον πίνακα 2.4, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι πάνω από 4,5 φορές η ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση. Επίσης, τον Απρίλιο, τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο δεν δαπανάται ενέργεια για θέρμανση/ψύξη του κτιρίου. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 3,667424 MWh. Το σενάριο της επαρκούς μόνωσης, θα αποτελεί το βέλτιστο ενεργειακά σενάριο καθώς σε αυτό υιοθετούνται όλα τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας όπως ορίζουν οι κανονισμοί για το κέλυφος του κτιρίου.

2.4.2. Θερμομόνωση τοιχοποιίας και όχι σκελετού

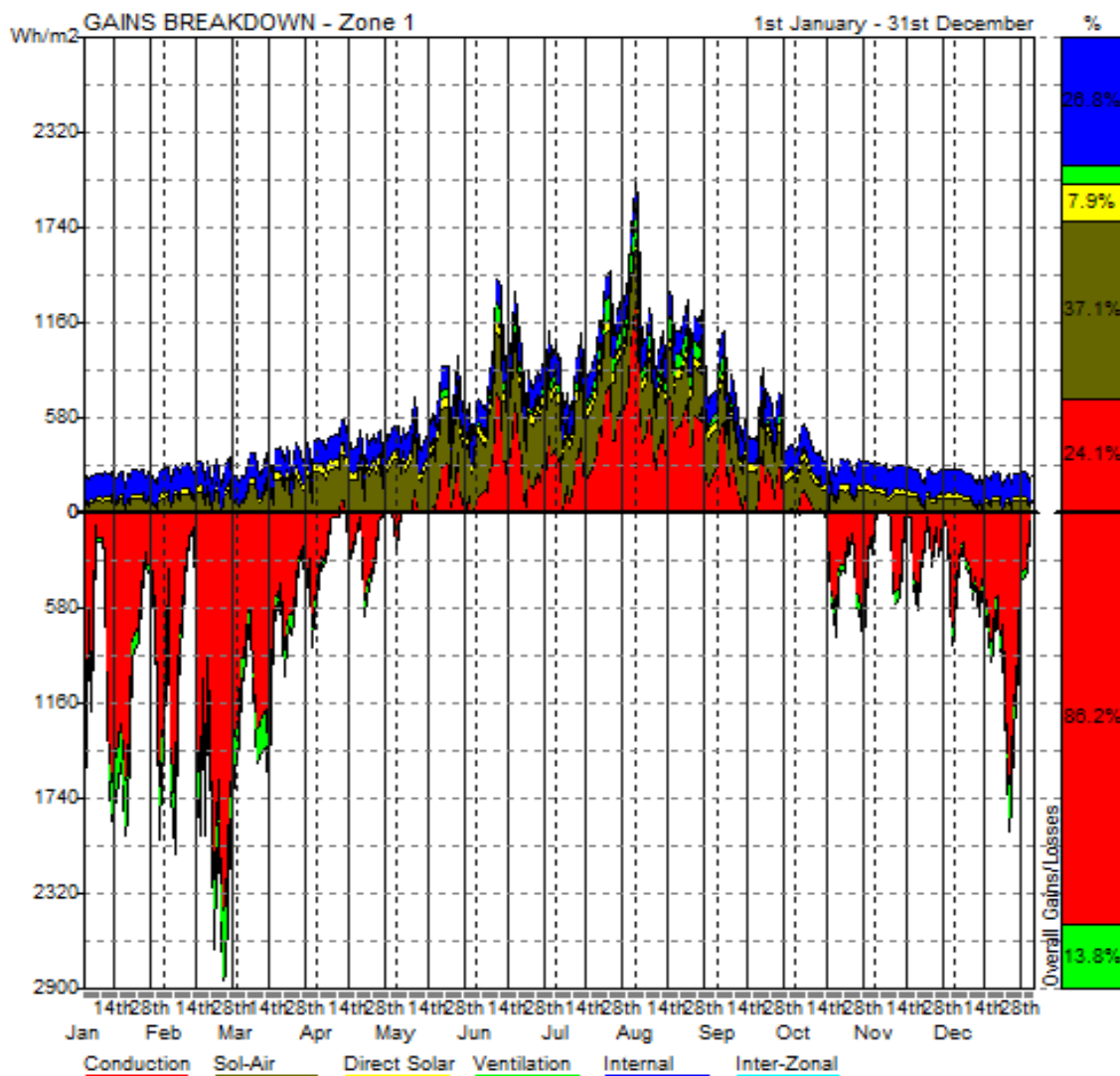
Αποτελεί το συνηθέστερο σενάριο στη μέχρι πρότινος κατασκευή.

Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε αμόνωτα όλα τα δομικά στοιχεία εκτός από τους τοίχους.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για το σενάριο αυτό είναι οι ακόλουθοι:

- τους εξωτερικούς τοίχους, Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα ($U=0,39 < 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, στηριγμένο σε δοκούς 200mm με κενό αέρα χωρίς καμία μόνωση ($U=4,32 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)- για το πάτωμα, 100mm πάχος, σε απόσταση τιμεντένιο πάτωμα ($U=3 > 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή, $U=6 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα ($U=3,31 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.15: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 86,2% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε 24,1% εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.

2. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά 37,1% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

3. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 26,8% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

4. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 4,2% απώλεια θερμότητας (συνεπώς συνεισφέρει κατά 56,8% στην ψύξη του κτιρίου) και 13,8% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

5. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 7,9%.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,64 (adaptability index). Είναι μεγαλύτερος από αυτόν του προηγούμενου σεναρίου καθώς μειώθηκαν τα θερμομονωτικά υλικά και άρα μειώθηκε η παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του.

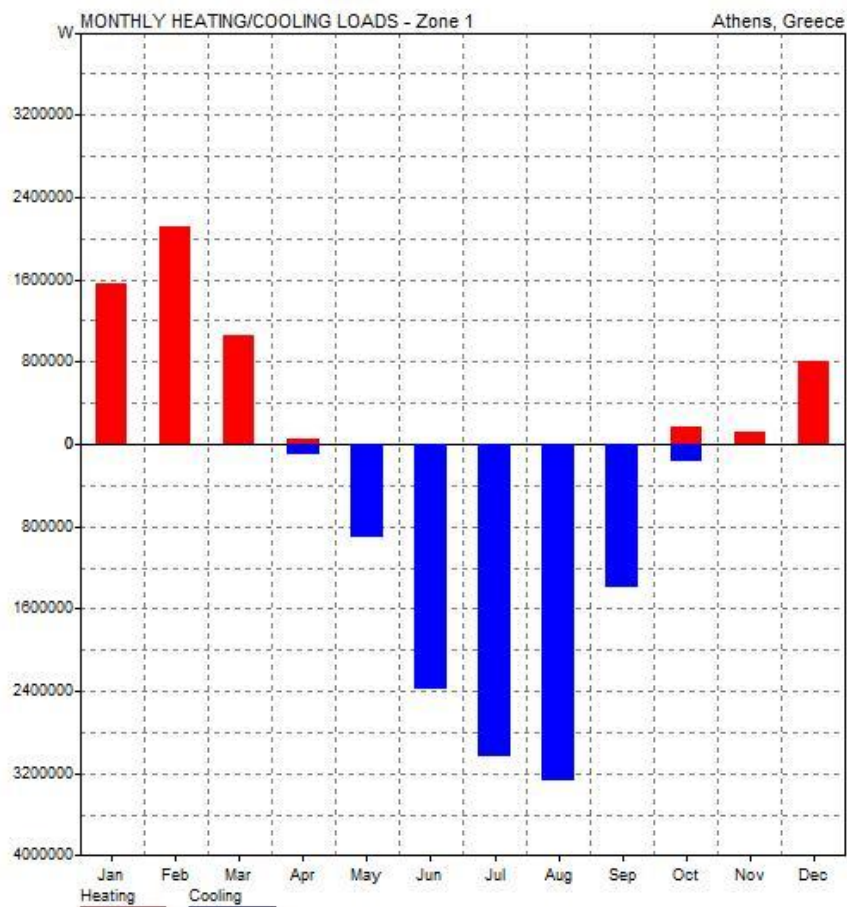
Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.2), το 35,1% των συνολικών ωρών ετησίως (2180 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

TEMP.	natural ventilation		mixed mode system	
	HOURS	PERCENT	HOURS	PERCENT
0.0	1	0.0%	0	0.0%
2.0	35	0.6%	0	0.0%
4.0	47	0.8%	0	0.0%
6.0	216	3.5%	0	0.0%
8.0	319	5.1%	0	0.0%
10.0	349	5.6%	0	0.0%
12.0	552	8.9%	0	0.0%
14.0	727	11.7%	2246	36.2%
16.0	546	8.8%	546	8.8%
18.0	387	6.2%	383	6.2%
20.0	358	5.8%	361	5.8%
22.0	374	6.0%	371	6.0%
24.0	515	8.3%	2298	37.0%
26.0	561	9.0%	0	0.0%
28.0	515	8.3%	0	0.0%
30.0	388	6.3%	0	0.0%
32.0	228	3.7%	0	0.0%
34.0	64	1.0%	0	0.0%
36.0	17	0.3%	0	0.0%
38.0	6	0.1%	0	0.0%
40.0	0	0.0%	0	0.0%
42.0	0	0.0%	0	0.0%
44.0	0	0.0%	0	0.0%
46.0	0	0.0%	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2180	35.1%	3959	63.8%

Πίνακας 2.5: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.5), το 63,8% των συνολικών ωρών ετησίως (3959 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης.

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.16: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 12453 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 17974 W at 13:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
-----	-----	-----	-----
Jan	1564395	0	1564395
Feb	2106852	0	2106852
Mar	1048886	0	1048886
Apr	57846	105139	162985
May	0	911682	911682
Jun	0	2376154	2376154
Jul	0	3032692	3032692
Aug	0	3263886	3263886
Sep	0	1396418	1396418
Oct	168083	172438	340521
Nov	117864	0	117864
Dec	800046	0	800046
-----	-----	-----	-----
TOTAL	5863972	11258409	17122382
-----	-----	-----	-----
PER M ²	58642	112589	171231
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.6: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.16 και τον πίνακα 2.6, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν διπλάσια της ενέργειας που δαπανάται για θέρμανση. Σ' αυτό το σενάριο σε όλους τους μήνες του χρόνου έχουμε θερμικά φορτία. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 17,122382 MWh. Συγκρίνοντας με το σενάριο 2.4.1. η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια είναι πενταπλάσια από το σενάριο της επαρκούς μόνωσης. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι η θερμομόνωση της τοιχοποιίας δεν επαρκεί αναφορικά με τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.

2.4.3. Πλήρως αμόνωτο κέλυφος

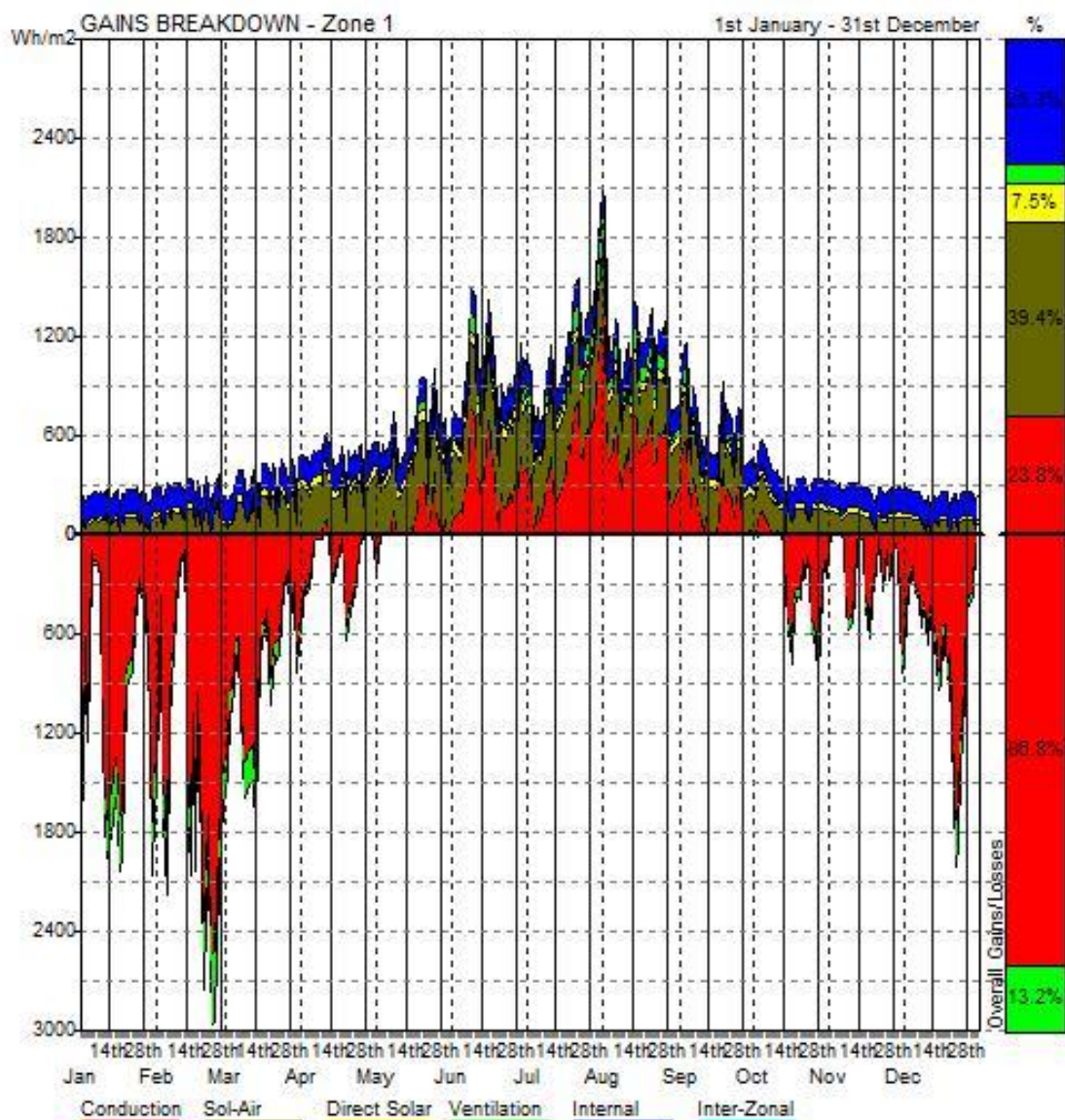
Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε αμόνωτα όλα τα δομικά στοιχεία.

Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, 500mm σταθεροποιημένο πεπιεσμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές ($U=3,020 > 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, στηριγμένο σε δοκούς 200mm με κενό αέρα χωρίς καμία μόνωση($U=4,32 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)- για το πάτωμα, 100mm πάχος, σε απόστασητσιμεντένιο πάτωμα($U=3 > 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή, $U=6 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα($U=3,31 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$) .

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.17: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 25,3% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 13,2% απώλεια θερμότητας (συνεπώς συνεισφέρει κατά 13,2% στην ψύξη του κτιρίου) και 3,9% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 86,8% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε 23,8% εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.

4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 7,5%.

Και 5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά 39,4% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,64 (adaptability index). Είναι μεγαλύτερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.1. καθώς μειώθηκαν τα θερμομονωτικά υλικά και άρα μειώθηκε η παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του, και ίσος με αυτόν του σεναρίου 2.4.2. καθώς η μόνη τους διαφορά ήταν η θερμομόνωση της τοιχοποιίας.

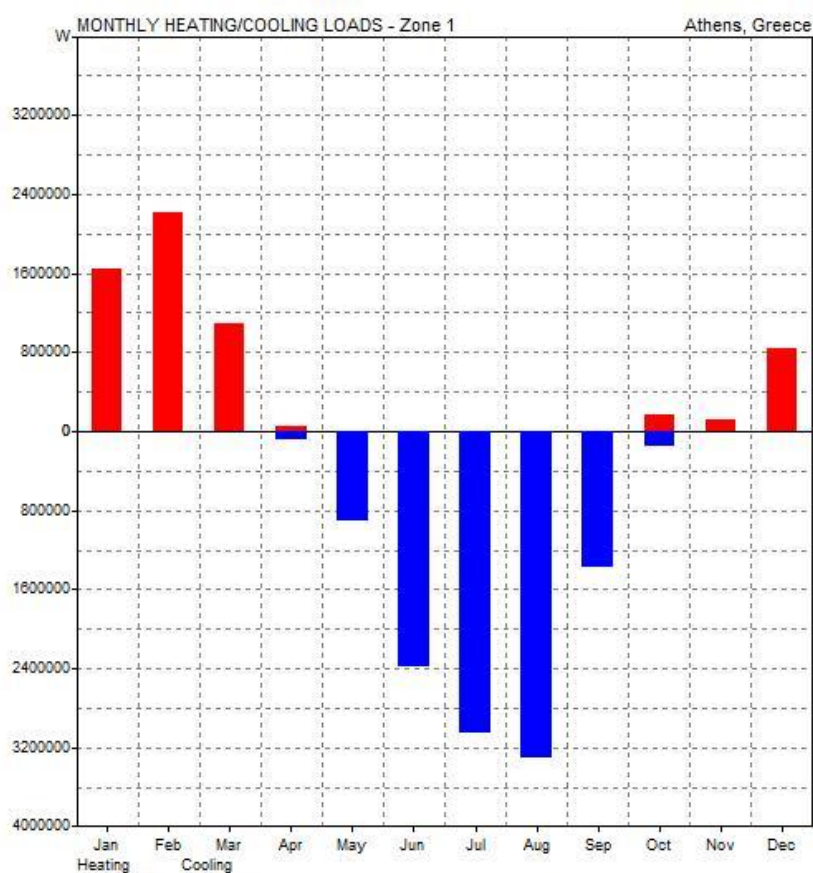
Με την παρούσα κατάσταση του κελύφους, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.7), το 34,9% των συνολικών ωρών ετησίως (2166 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

TEMP.	natural ventilation		mixed mode system	
	HOURS	PERCENT	HOURS	PERCENT
0.0	1	0.0%	0	0.0%
2.0	37	0.6%	0	0.0%
4.0	49	0.8%	0	0.0%
6.0	228	3.7%	0	0.0%
8.0	332	5.4%	0	0.0%
10.0	349	5.6%	0	0.0%
12.0	577	9.3%	0	0.0%
14.0	732	11.8%	2305	37.1%
16.0	535	8.6%	535	8.6%
18.0	367	5.9%	364	5.9%
20.0	364	5.9%	362	5.8%
22.0	375	6.0%	373	6.0%
24.0	525	8.5%	2266	36.5%
26.0	568	9.2%	0	0.0%
28.0	555	8.9%	0	0.0%
30.0	345	5.6%	0	0.0%
32.0	203	3.3%	0	0.0%
34.0	44	0.7%	0	0.0%
36.0	16	0.3%	0	0.0%
38.0	3	0.0%	0	0.0%
40.0	0	0.0%	0	0.0%
42.0	0	0.0%	0	0.0%
44.0	0	0.0%	0	0.0%
46.0	0	0.0%	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2166	34.9%	3900	62.9%

Πίνακας 2.7: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.7), ότι το 62,9% των συνολικών ωρών ετησίως (3900 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Οι ώρες εντός θερμικής ζώνης άνεσης αυτού του σεναρίου είναι σχεδόν ίσες και λίγο λιγότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.2. λόγω της διαφοράς της μόνωσης στην τοιχοποιία στο σενάριο 2.4.2.

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.18: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 12896 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 17944 W at 13:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
-----	-----	-----	-----
Jan	1646192	0	1646192
Feb	2209256	0	2209256
Mar	1093461	0	1093461
Apr	52791	84648	137438
May	0	906443	906443
Jun	0	2380656	2380656
Jul	0	3058132	3058132
Aug	0	3298766	3298766
Sep	0	1377285	1377285
Oct	170026	156932	326958
Nov	119701	0	119701
Dec	843920	0	843920
-----	-----	-----	-----
TOTAL	6135348	11262862	17398210
-----	-----	-----	-----
PER M ²	61356	112633	173989
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.8: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.18 και τον πίνακα 2.8, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν διπλάσια της ενέργειας που δαπανάται για θέρμανση. Επίσης, σε όλους τους μήνες του χρόνου έχουμε θερμικά φορτία. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 17,398210 MWh. Συγκρίνοντας με το σενάριο 2.4.1. η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια είναι πενταπλάσια από το σενάριο της επαρκούς μόνωσης και ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτήν του σεναρίου 2.4.2. για τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Όπως είναι αναμενόμενο, το παρόν σενάριο αποτελεί το χειρότερο ενεργειακά.

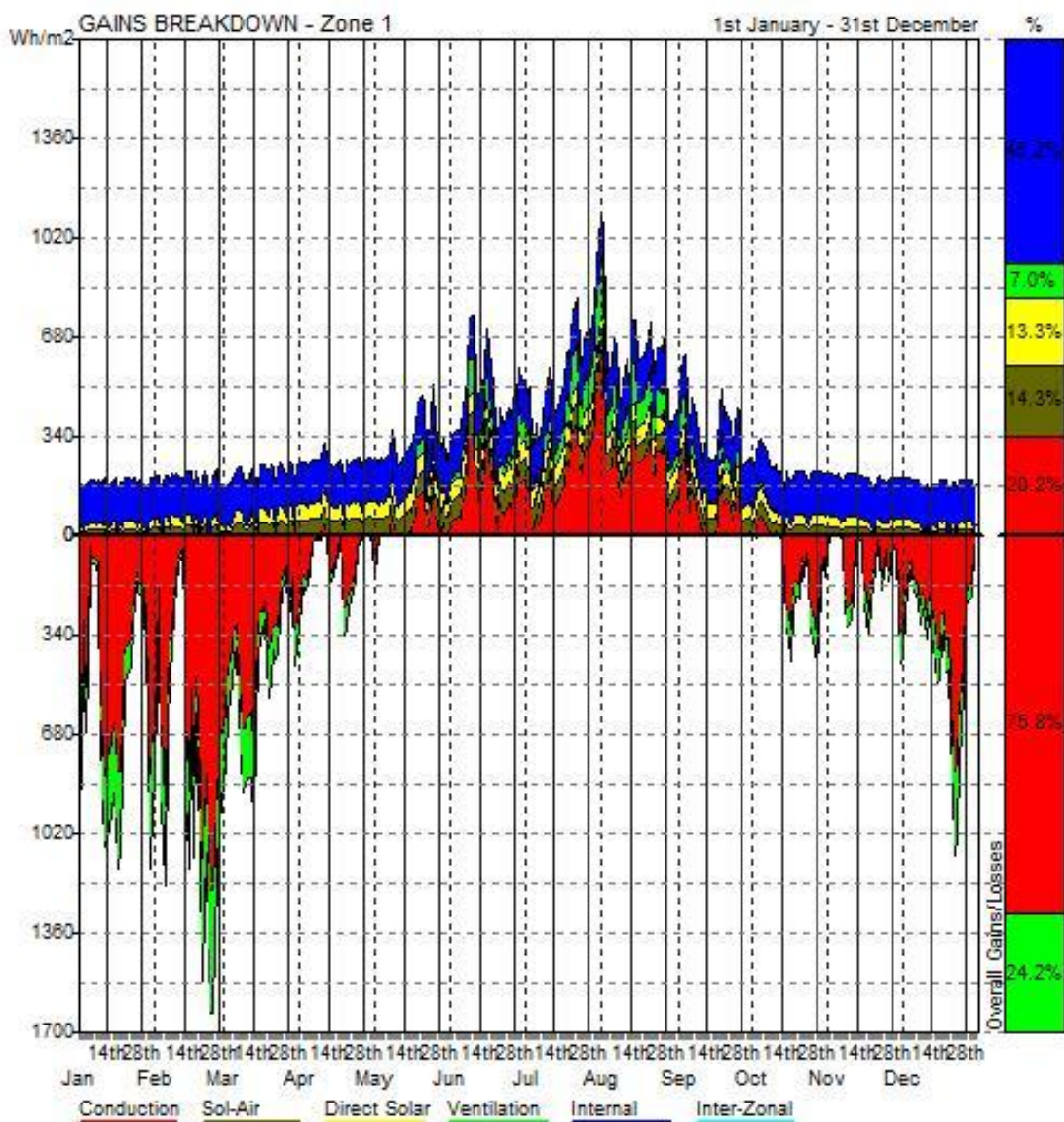
2.4.4. Αμόνωτο κέλυφος και μονωμένο δώμα

Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε αμόνωτα όλα τα δομικά στοιχεία εκτός από το δώμα, δηλαδή την οροφή.

Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, 500mm σταθεροποιημένο πεπαισμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές ($U=3,020 > 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα ($U=0,5 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα ($U=3 > 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή, $U=6 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα ($U=3,31 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$) .

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.19: Διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 45,2% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 24,2% των απωλειών θερμότητας (συνεπώς συνεισφέρει κατά 24,2% στην ψύξη του κτιρίου) και 7% στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 75,8% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε 20,2% εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.

4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 13,3% και

5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά 14,3% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,63 (adaptability index). Είναι μεγαλύτερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.1. καθώς μειώθηκαν τα θερμομονωτικά υλικά και άρα μειώθηκε η παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του, και λίγο μικρότερος (κατά 0,01) από τον αντίστοιχο δείκτη του σεναρίου 2.4.2. και 2.4.3. καθώς η μόνη τους διαφορά ήταν η θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου (του δώματος).

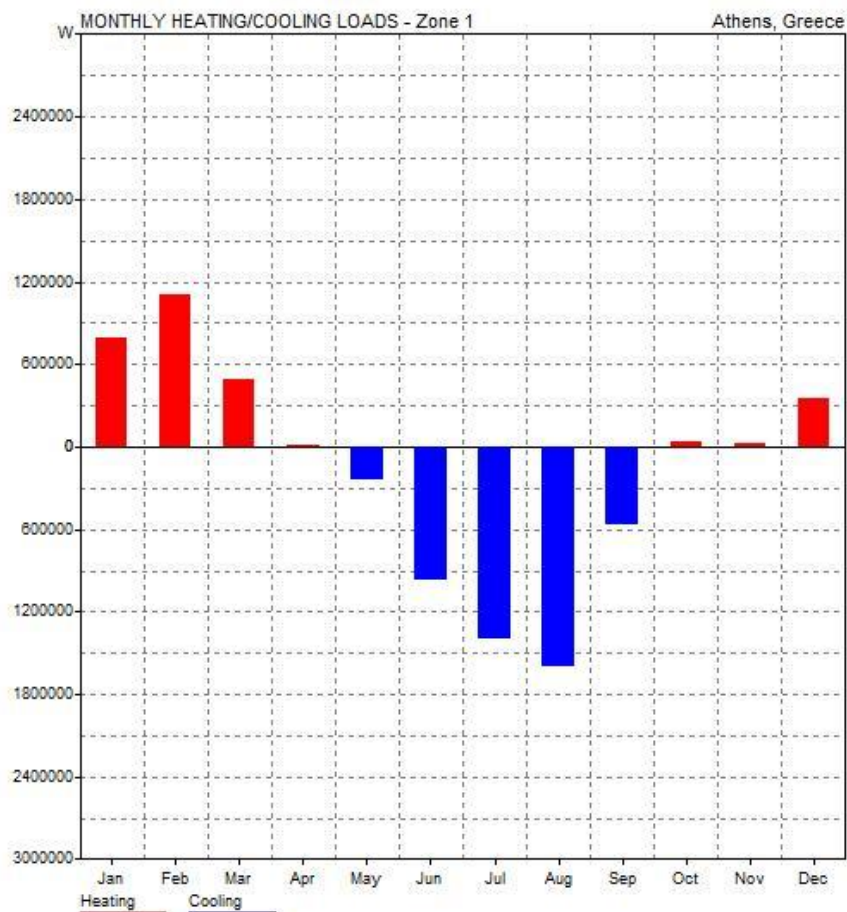
Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.9), το 36,2 % των συνολικών ωρών ετησίως (2249 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

TEMP.	natural ventilation		mixed mode system	
	HOURS	PERCENT	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%	0	0.0%
2.0	35	0.6%	0	0.0%
4.0	57	0.9%	0	0.0%
6.0	198	3.2%	0	0.0%
8.0	362	5.8%	0	0.0%
10.0	342	5.5%	0	0.0%
12.0	616	9.9%	0	0.0%
14.0	846	13.6%	2455	39.6%
16.0	516	8.3%	514	8.3%
18.0	317	5.1%	315	5.1%
20.0	389	6.3%	385	6.2%
22.0	454	7.3%	456	7.3%
24.0	573	9.2%	2080	33.5%
26.0	658	10.6%	0	0.0%
28.0	575	9.3%	0	0.0%
30.0	211	3.4%	0	0.0%
32.0	44	0.7%	0	0.0%
34.0	12	0.2%	0	0.0%
36.0	0	0.0%	0	0.0%
38.0	0	0.0%	0	0.0%
40.0	0	0.0%	0	0.0%
42.0	0	0.0%	0	0.0%
44.0	0	0.0%	0	0.0%
46.0	0	0.0%	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2249	36.2%	3750	60.4%

Πίνακας 2.9: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.9), ότι το 60,4% των συνολικών ωρών ετησίως (3750 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Οι ώρες εντός θερμικής ζώνης άνεσης αυτού του σεναρίου είναι σχεδόν λιγότερες από τις αντίστοιχες όλων των προηγούμενων σεναρίων για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τελικά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μόνωση της τοιχοποιίας επηρεάζει περισσότερο την θερμομόνωση του κτιρίου από ότι η μόνωση του δώματος.

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.20: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 6664 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 7612 W at 15:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	791060	0	791060
Feb	1110305	0	1110305
Mar	495859	0	495859
Apr	13728	0	13728
May	0	235484	235484
Jun	0	963708	963708
Jul	0	1396134	1396134
Aug	0	1603672	1603672
Sep	0	566277	566277
Oct	43443	0	43443
Nov	25480	0	25480
Dec	348467	0	348467
-----	-----	-----	-----
TOTAL	2828343	4765273	7593616
PER M²	28285	47655	75939
Floor Area:	99.996 m²		

Πίνακας 2.10: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.20 και τον πίνακα 2.10, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν 1,7 φορές η ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση. Συγκριτικά με όλα τα προηγούμενα σενάρια, είναι η μικρότερη αναλογία ενέργειας για ψύξη στο συνολικό ποσό ενέργειας. Επίσης, σε όλους τους μήνες του χρόνου έχουμε θερμικά φορτία. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 7,593616 MWh. Συγκρίνοντας με το σενάριο 2.4.1. η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια είναι σχεδόν διπλάσια από το σενάριο της επαρκούς μόνωσης και σαφώς μικρότερη από αυτήν του σεναρίου 2.4.2. και του 2.4.3.

Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι, η μόνωση του δώματος/οροφής αποτελεί κομβικής σημασίας παράμετρο για την θερμομόνωση του κτιρίου και την ενεργειακή εξοικονόμηση.

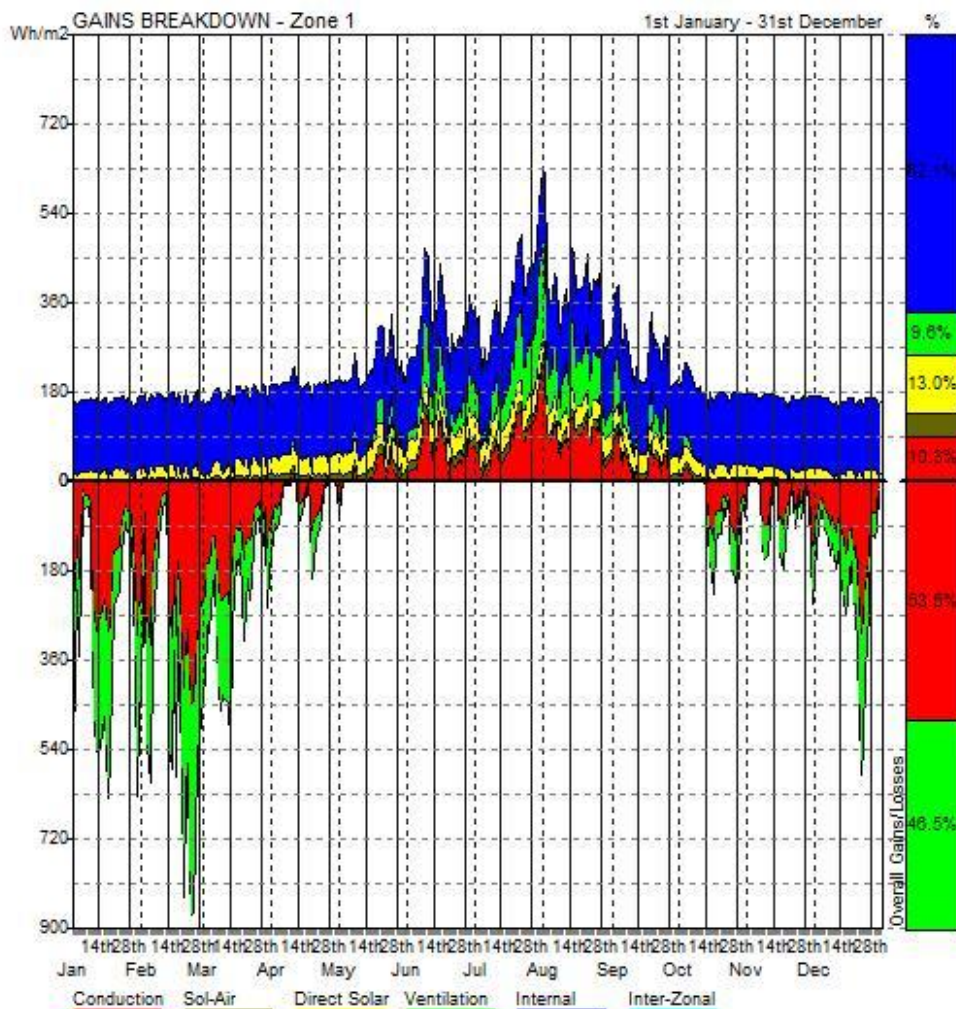
2.4.5. Εφαρμογή υαλοστασίων μειωμένων θερμικών ιδιοτήτων

Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε μονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία εκτός από τα παράθυρα, τα οποία θεωρούμε μειωμένων θερμικών ιδιοτήτων.

Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα ($U=0,39 < 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα ($U=0,5 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα ($U=0,86 < 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Μονός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο ($U=5,1 > 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχος, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα ($U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.21: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 62,1 % στα θερμικά κέρδη (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).
2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 46,5 % απώλεια θερμότητας και 9,6% στην εισροή θερμότητας.
3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 53,5% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε 10,3% εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.
4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 13% και

5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά 5% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,62 (adaptability index). Είναι μεγαλύτερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.1. καθώς μειώθηκαν τα θερμομονωτικά υλικά όσον αφορά την θερμομονωτική ικανότητα των κουφωμάτων και άρα μειώθηκε η παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του, και λίγο μικρότερος από τους αντίστοιχους δείκτες των σεναρίων 2.4.2., 2.4.3. και 2.4.4.

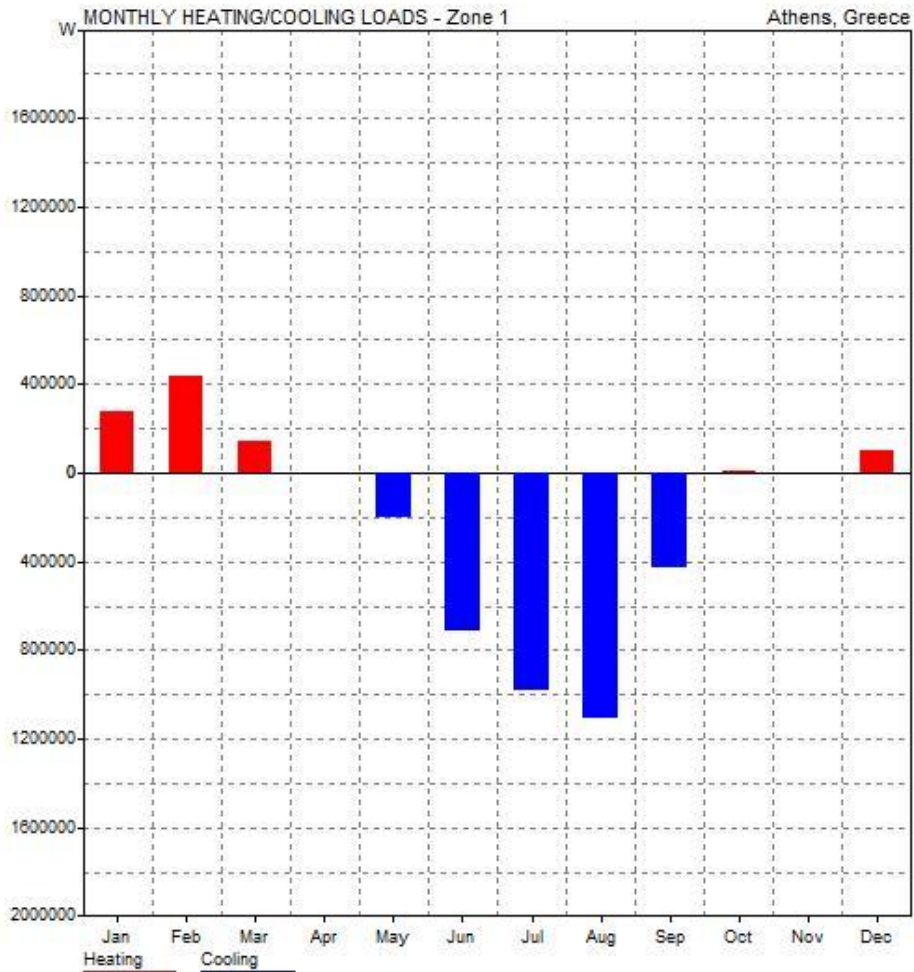
Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.11), το 37,1 % των συνολικών ωρών ετησίως (2304 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

TEMP.	natural ventilation		mixed mode system		
	HOURS	PERCENT	TEMP.	HOU	PERCENT
0.0	0	0.0%	0.0	0	0.0%
2.0	11	0.2%	2.0	0	0.0%
4.0	49	0.8%	4.0	0	0.0%
6.0	80	1.3%	6.0	0	0.0%
8.0	397	6.4%	8.0	0	0.0%
10.0	340	5.5%	10.0	0	0.0%
12.0	474	7.6%	12.0	0	0.0%
14.0	872	14.1%	14.0	2219	35.8%
16.0	653	10.5%	16.0	651	10.5%
18.0	341	5.5%	18.0	338	5.4%
20.0	358	5.8%	20.0	353	5.7%
22.0	490	7.9%	22.0	484	7.8%
24.0	462	7.4%	24.0	2160	34.8%
26.0	726	11.7%	26.0	0	0.0%
28.0	569	9.2%	28.0	0	0.0%
30.0	307	4.9%	30.0	0	0.0%
32.0	56	0.9%	32.0	0	0.0%
34.0	20	0.3%	34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%	36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%	38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%	40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%	42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%	44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%	46.0	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2304	37.1%	COMFORT	3986	64.2%

Πίνακας 2.11: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.11), ότι το 64,2% των συνολικών ωρών ετησίως (3986 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Οι ώρες εντός θερμικής ζώνης άνεσης αυτού του σεναρίου είναι οι αμέσως περισσότερες ώρες μετά το σενάριο της επαρκούς μόνωσης 2.4.1.

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.22: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 3220 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 5007 W at 13:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	278905	0	278905
Feb	438915	0	438915
Mar	144175	0	144175
Apr	158	0	158
May	0	204347	204347
Jun	0	712030	712030
Jul	0	981887	981887
Aug	0	1104188	1104188
Sep	0	429243	429243
Oct	6030	0	6030
Nov	2213	0	2213
Dec	97805	0	97805
TOTAL	968202	3431696	4399898
PER M ²	9682	34318	44001
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.12: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.22 και τον πίνακα 2.12, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν 3,5 φορές η ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 4,399898 MWh. Συγκρίνοντας με το σενάριο 2.4.1. η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια είναι σχεδόν αυξημένη μόλις 20% από το σενάριο της επαρκούς μόνωσης και σαφώς μικρότερη από αυτήν του σεναρίου 2.4.2., 2.4.3. και 2.4.4.

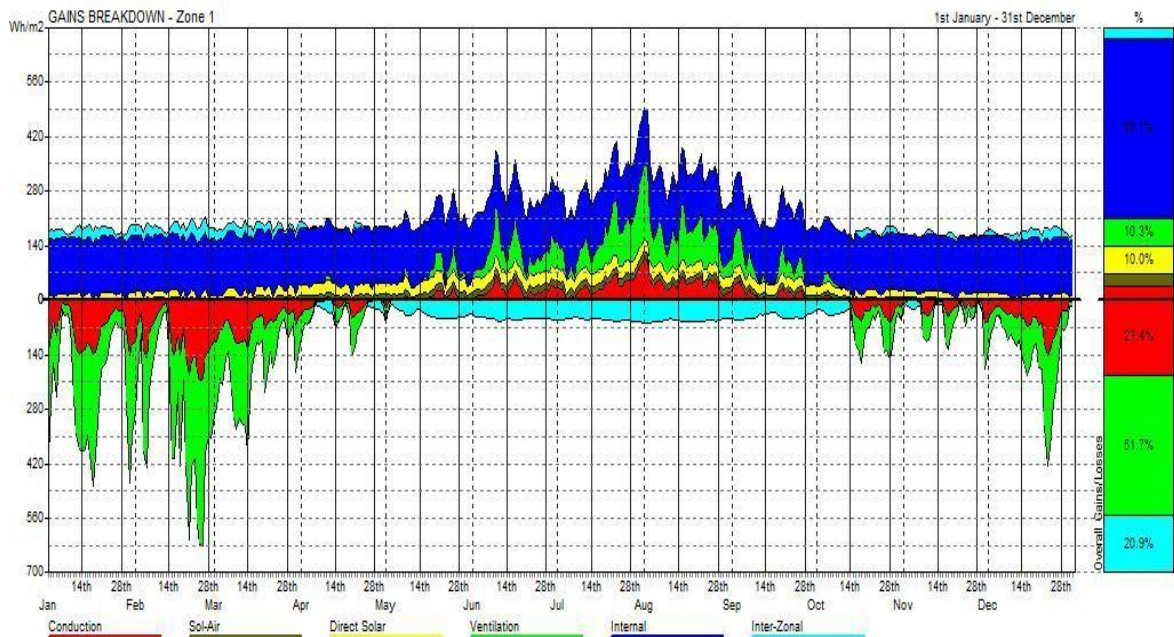
Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, ότι η αλλαγή στην θερμομονωτική ικανότητα των κουφωμάτων όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση έχει μικρή επίδραση σε σχέση με τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά του κελύφους.

2.4.6. Βέλτιστη μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Β

Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε μονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία και επιλέγουμε τα υλικά που έχουν τις καλύτερες μονωτικές ιδιότητες, σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια. Οι τιμές που αφορούν στο κέλυφος είναι οι εξής:

- Στους εξωτερικούς τοίχους, 110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα($U=0,3 < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα($U=0,5 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα ($U=0,86 < 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής εκπεψιμότητας ($\epsilon=0.10$, $U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα($U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.23: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 66,1 % στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 51,7 % απώλεια θερμότητας και 10,3% στην εισροή θερμότητας.

3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 27,4% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε μικρή εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.

4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 10%.

Και 5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά ποσοστό κάτω του 5% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,60 (adaptability index). Είναι μικρότερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.1. που μέχρι τώρα είναι βέλτιστο καθώς βελτιώθηκαν τα θερμομονωτικά υλικά όσον αφορά την θερμομονωτική ικανότητα των τοίχων και

των κουφωμάτων άρα αυξήθηκε η παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του.

Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.13), το 40,6 % των συνολικών ωρών ετησίως (2517 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μεγαλύτερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

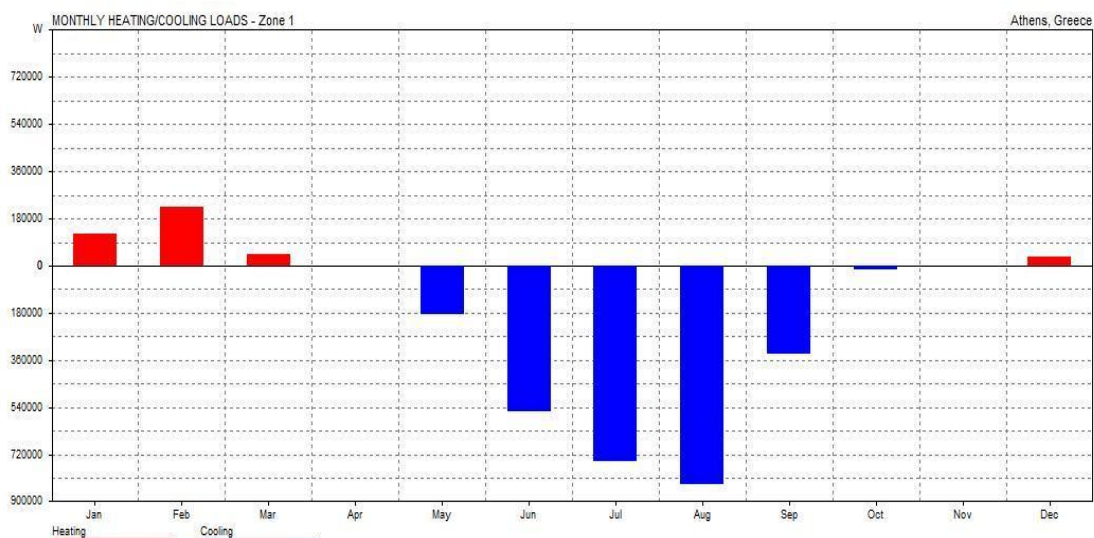
natural ventilation			mixed mode_system		
TEMP.	HOURS	PERCENT	TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%	0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%	2.0	0	0.0%
4.0	35	0.6%	4.0	0	0.0%
6.0	84	1.4%	6.0	0	0.0%
8.0	196	3.2%	8.0	0	0.0%
10.0	376	6.1%	10.0	0	0.0%
12.0	369	5.9%	12.0	0	0.0%
14.0	763	12.3%	14.0	1820	29.3%
16.0	884	14.2%	16.0	870	14.0%
18.0	441	7.1%	18.0	447	7.2%
20.0	315	5.1%	20.0	301	4.9%
22.0	461	7.4%	22.0	449	7.2%
24.0	416	6.7%	24.0	2318	37.4%
26.0	690	11.1%	26.0	0	0.0%
28.0	589	9.5%	28.0	0	0.0%
30.0	474	7.6%	30.0	0	0.0%
32.0	70	1.1%	32.0	0	0.0%
34.0	42	0.7%	34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%	36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%	38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%	40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%	42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%	44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%	46.0	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2517	40.6%	COMFORT	4385	70.7%

Πίνακας 2.13: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.13), ότι το 70,7% των συνολικών ωρών ετησίως (4385 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Οι ώρες εντός

Θερμικής ζώνης άνεσης αυτού του σεναρίου είναι οι αμέσως περισσότερες ώρες μετά το σενάριο της επαρκούς μόνωσης 2.4.1 άρα αποτελεί το βέλτιστο σενάριο.

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.24: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 2107 W at 07:00 on 25th February			
Max Cooling: 3783 W at 13:00 on 1st August			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	121649	0	121649
Feb	224008	0	224008
Mar	43994	0	43994
Apr	0	0	0
May	0	184378	184378
Jun	0	556104	556104
Jul	0	746712	746712
Aug	0	835514	835514
Sep	0	334629	334629
Oct	360	16776	17136
Nov	0	0	0
Dec	34801	0	34801
TOTAL	424812	2674114	3098926
PER M ²	4248	26742	30991
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.14: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.24 και τον πίνακα 2.14, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο πάνω από έξι φορές η ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 3,098926 MWh. Συγκρίνοντας με το σενάριο 2.4.1. η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια είναι μειωμένη κατά 16,6% από το σενάριο της επαρκούς μόνωσης και σαφώς μικρότερη από αυτήν των άλλων σεναρίων.

Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, ότι καθοριστική είναι η επίδραση της μόνωσης της τοιχοποιίας που αποτελεί και τη μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με τα κουφώματα, άρα σε αυτήν οφείλεται η βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

2.4.7. Επαρκής μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Α⁵³

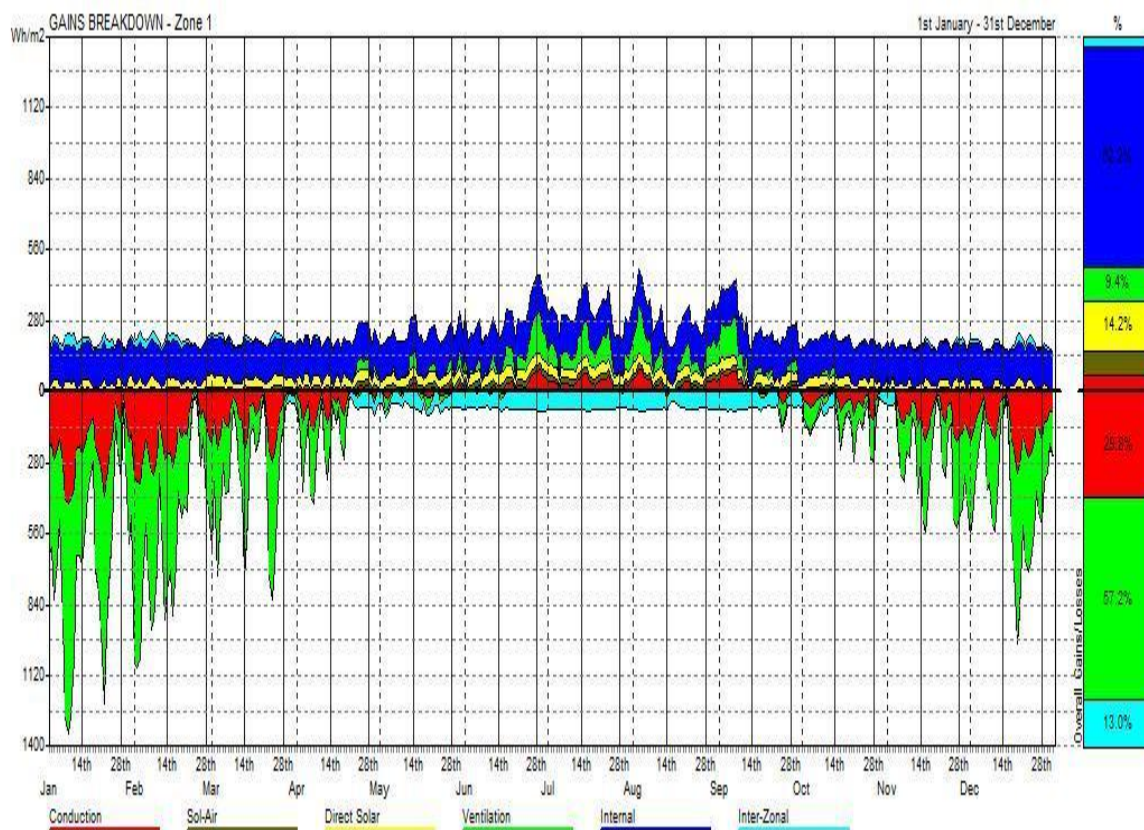
Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε μονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία και επιλέγουμε τα υλικά που έχουν τις βέλτιστες μονωτικές ιδιότητες όπως και στο σενάριο 2.4.5. Η διαφορά σε αυτό το σενάριο έγκειται στην αλλαγή κλιματικής ζώνης.

Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, 110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα($U=0,3 < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα($U=0,5 > 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα ($U=0,86 < 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής εκπεψιμότητας ($\epsilon=0.10$, $U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα($U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

⁵³ Δεδομένου ότι το πρόγραμμα Ecotect δεν έχει μετεωρολογικά δεδομένα όσον αφορά την Ελλάδα, παρά μόνο για την Αθήνα (περιοχή ζώνης Β), χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα-συντεταγμένες περιοχών με το πλησιέστερο γεωγραφικό πλάτος για την ζώνη Α, Γ και Δ.

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.25: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 62,2 % στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).
2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 57,2 % απώλεια θερμότητας και 9,4% στην εισροή θερμότητας.
3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 29,8% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε μικρή εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.
4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 14,2% και

5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά ποσοστό κάτω του 5% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,49 (adaptability index)⁵⁴. Είναι μικρότερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.6. καθώς τα θερμομονωτικά υλικά αύξησαν την παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του περισσότερο σε συνάρτηση με τα κλιματολογικά δεδομένα και τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής (ζώνη Α- νοτιότερα γεωγραφικά της ζώνης Β που εξετάστηκε προηγουμένως, πιο κοντά στον ισημερινό, θερμότερο κλίμα).

Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.13), το 40,6 % των συνολικών ωρών ετησίως (2517 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μεγαλύτερες από αυτές του σεναρίου 2.4.1. ακριβώς για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

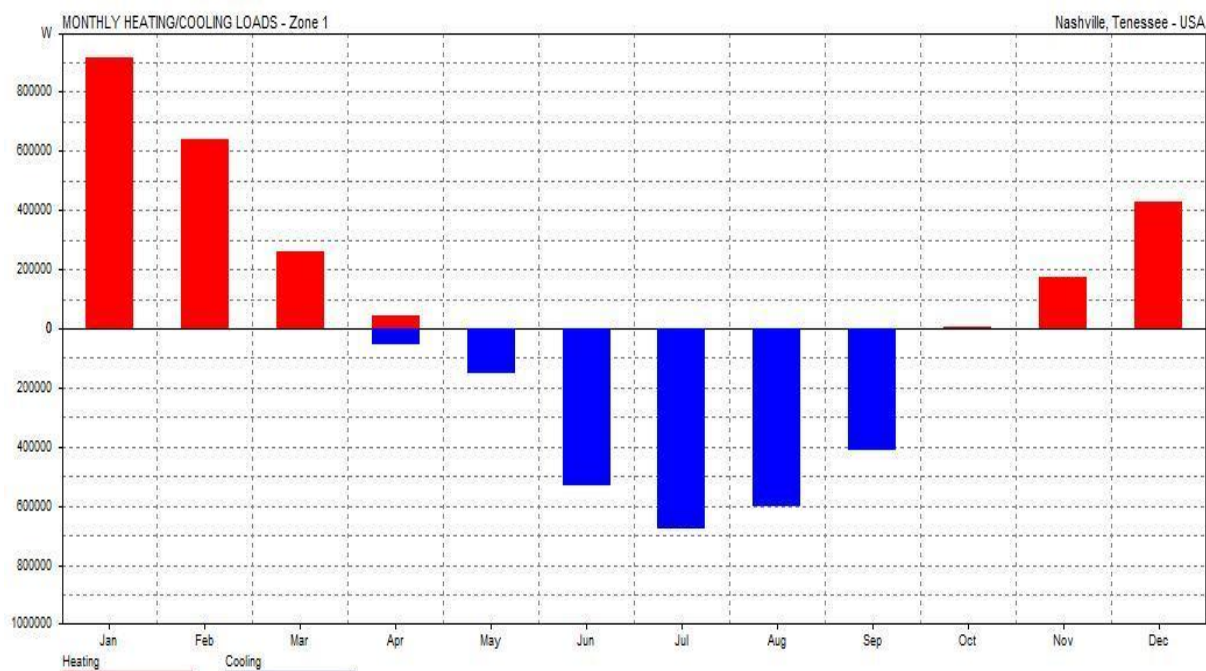
⁵⁴ Ο δείκτης παθητικής ικανότητας του κτιρίου είναι αντιστρόφος ανάλογος της παθητικής ικανότητας του κτιρίου να διατηρεί εντός του τη θερμοκρασία σταθερή

natural ventilation			mixed mode		
TEMP.	HOURS	PERCENT	TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	242	4.0%	0.0	0	0.0%
2.0	224	3.7%	2.0	0	0.0%
4.0	169	2.8%	4.0	0	0.0%
6.0	380	6.3%	6.0	0	0.0%
8.0	285	4.7%	8.0	0	0.0%
10.0	300	5.0%	10.0	0	0.0%
12.0	404	6.7%	12.0	0	0.0%
14.0	424	7.0%	14.0	2591	41.8%
16.0	333	5.5%	16.0	338	5.4%
18.0	343	5.7%	18.0	338	5.4%
20.0	411	6.8%	20.0	402	6.5%
22.0	450	7.5%	22.0	438	7.1%
24.0	608	10.1%	24.0	2098	33.8%
26.0	483	8.0%	26.0	0	0.0%
28.0	491	8.1%	28.0	0	0.0%
30.0	315	5.2%	30.0	0	0.0%
32.0	154	2.6%	32.0	0	0.0%
34.0	14	0.2%	34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%	36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%	38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%	40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%	42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%	44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%	46.0	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2145	35.6%	COMFORT	3614	58.2%

Πίνακας 2.15: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.15), ότι το 58,2% των συνολικών ωρών ετησίως (3614 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Παρόλο που το ποσοστό μπορεί να φαντάζει μικρό, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι 41,8% των ωρών η εσωτερική θερμοκρασία είναι 14°C, δηλαδή η αμέσως κατώτερη τιμή από την κάτω τιμή του ορίου θερμικής ζώνης που θέσαμε αρχικά (15°C).

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.26: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 5332 W at 07:00 on 11th January			
Max Cooling: 3872 W at 14:00 on 20th July			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	680708	0	680708
Feb	278870	0	278870
Mar	80595	0	80595
Apr	641	0	641
May	0	167539	167539
Jun	0	614741	614741
Jul	0	906352	906352
Aug	0	767602	767602
Sep	0	374087	374087
Oct	2910	0	2910
Nov	116064	0	116064
Dec	378149	0	378149
TOTAL	1537937	2830321	4368258
PER M ²	15380	28304	43684
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.16: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.25 και τον πίνακα 2.16, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν η διπλάσια ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση. Η συνολική ενέργεια που θα

καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 4,368258 MWh, σχεδόν 40% παραπάνω από την αντίστοιχη του σεναρίου 2.1.6.

Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, ότι η αλλαγή στην κλιματική ζώνη, επιδρά καθοριστικά στο ποσοστό ενεργειακής αξιοποίησης των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούμε για την κατοικία.

2.4.8. Επαρκής μόνωση με βάση τους κανονισμούς, κατοικία εντός ζώνης Δ⁵⁵

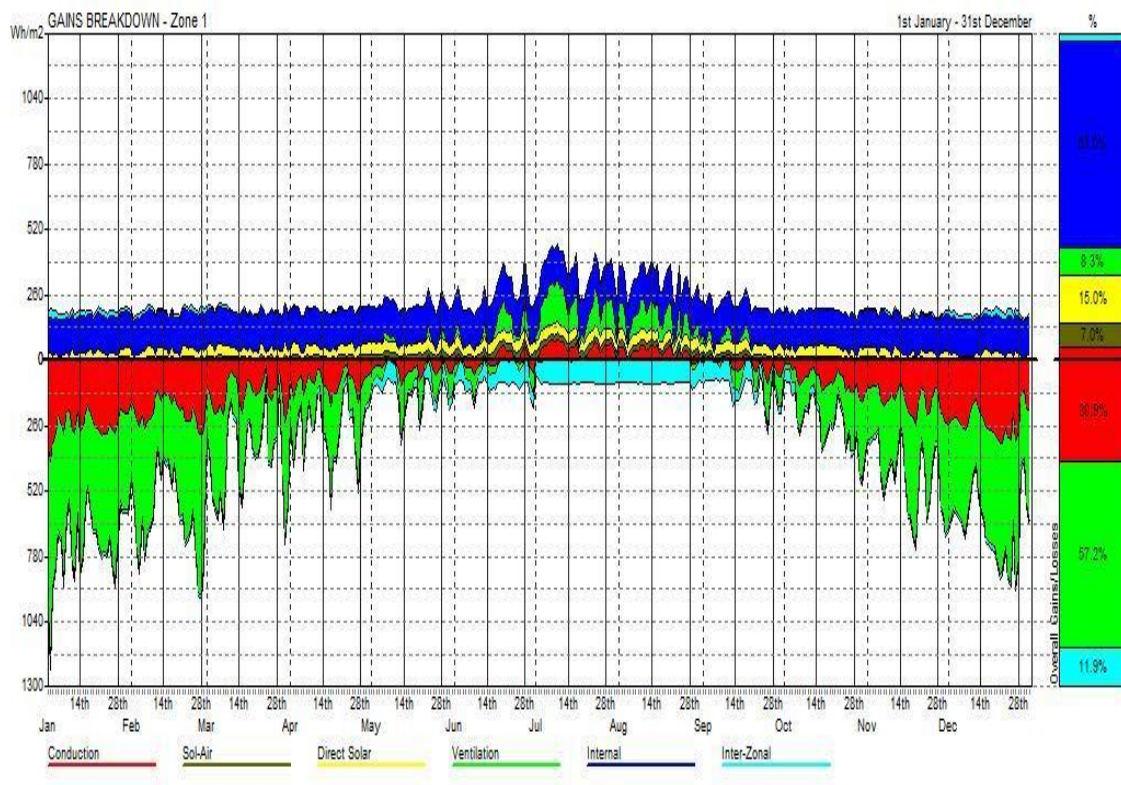
Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε μονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία και επιλέγουμε τα υλικά με επαρκείς μονωτικές ιδιότητες όπως και στο σενάριο 2.4.5. Η διαφορά σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο είναι η διαφορετική κλιματική ζώνη.

Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, 110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα ($U=0,3<0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα ($U=0,5\approx 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα ($U=0,86<0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής εκπεμπιμότητας ($\epsilon=0.10$, $U=2,26<3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την πόρτα, 40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα ($U=2,26<3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.

⁵⁵ Δεδομένου ότι το πρόγραμμα Ecotect δεν έχει μετεωρολογικά δεδομένα όσον αφορά την Ελλάδα, παρά μόνο για την Αθήνα (περιοχή ζώνης Β), χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα-συντεταγμένες περιοχών με το πλησιέστερο γεωγραφικό μήκος για την ζώνη Α, Γ και Δ.



Σχήμα 2.27: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 63 % στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).
2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 57,2 % απώλεια θερμότητας και 8,3% στην εισροή θερμότητας.
3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 30,9% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε μικρή εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.
4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 15% και
5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά ποσοστό 7% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,47 (adaptability index). Είναι μικρότερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.6. καθώς τα θερμομονωτικά υλικά αύξησαν την παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του περισσότερο σε συνάρτηση με τα κλιματολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, βροχοπτώσεις κλπ) και τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής.

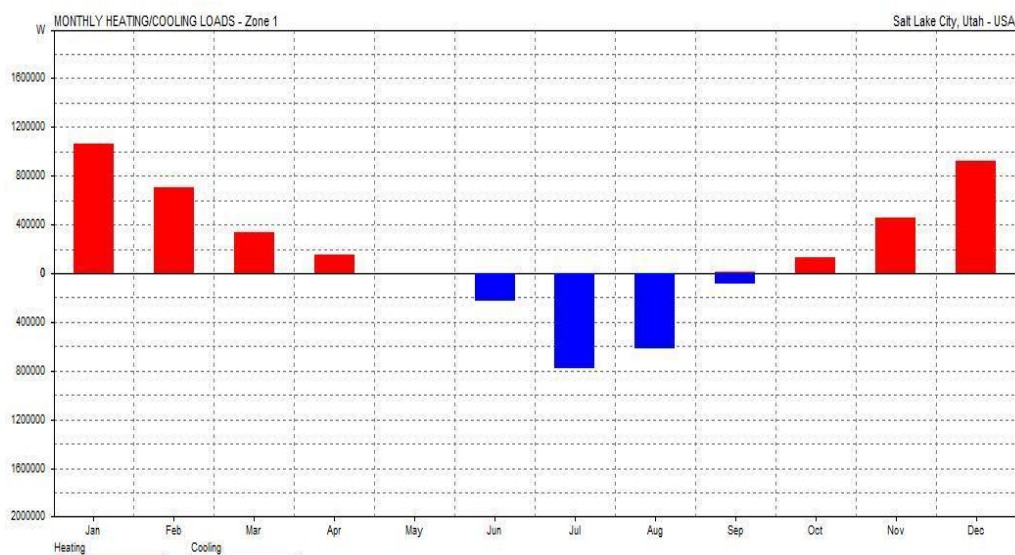
Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.17), το 27,3 % των συνολικών ωρών ετησίως (1667 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.6 λόγω της μεγάλης διακύμανσης στις θερμοκρασίες κάτω των 15°C και άνω των 25°C.

natural ventilation			mixed mode		
TEMP.	HOURS	PERCENT	TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	620	10.2%	0.0	0	0.0%
2.0	426	7.0%	2.0	0	0.0%
4.0	344	5.6%	4.0	0	0.0%
6.0	367	6.0%	6.0	0	0.0%
8.0	504	8.3%	8.0	0	0.0%
10.0	417	6.8%	10.0	0	0.0%
12.0	392	6.4%	12.0	0	0.0%
14.0	395	6.5%	14.0	3560	57.4%
16.0	409	6.7%	16.0	407	6.6%
18.0	304	5.0%	18.0	298	4.8%
20.0	318	5.2%	20.0	310	5.0%
22.0	328	5.4%	22.0	315	5.1%
24.0	308	5.0%	24.0	1315	21.2%
26.0	370	6.1%	26.0	0	0.0%
28.0	371	6.1%	28.0	0	0.0%
30.0	189	3.1%	30.0	0	0.0%
32.0	45	0.7%	32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%	34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%	36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%	38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%	40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%	42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%	44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%	46.0	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	1667	27.3%	COMFORT	2645	42.6%

Πίνακας 2.17: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.17), ότι το 42,6% των συνολικών ωρών ετησίως (2645 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Παρόλο που το ποσοστό μπορεί να φαντάζει μικρό, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι και πάλι ένα μεγάλο ποσοστό (57,4%) των ωρών η εσωτερική θερμοκρασία είναι 14°C, δηλαδή η αμέσως κατώτερη τιμή από την κάτω τιμή του ορίου θερμικής ζώνης που θέσαμε αρχικά (15°C).

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.28: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 5479 W at 07:00 on 2nd January			
Max Cooling: 3828 W at 15:00 on 7th July			
MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	1059951	0	1059951
Feb	705521	0	705521
Mar	330665	0	330665
Apr	154920	0	154920
May	2563	0	2563
Jun	0	222408	222408
Jul	0	781370	781370
Aug	0	614526	614526
Sep	6223	84278	90501
Oct	129879	0	129879
Nov	455311	0	455311
Dec	925208	0	925208
TOTAL	3770242	1702581	5472824
PER M ²	37704	17026	54730
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.18: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.28 και τον πίνακα 2.18, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο σχεδόν το 45% της ενέργειας που δαπανάται για θέρμανση. Η συνολική ενέργεια που θα καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 5,472824 MWh, σχεδόν 76% παραπάνω από την αντίστοιχη του σεναρίου 2.1.6.

Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, ότι η αλλαγή στην κλιματική ζώνη, επιδρά καθοριστικά στο ποσοστό ενεργειακής αξιοποίησης των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούμε για την κατοικία. Σ' αυτή την περίπτωση είναι η πρώτη φορά που η ενέργεια για θέρμανση είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη, πράγμα λογικό καθώς ανεβαίνουμε στο γεωγραφικό πλάτος και πάμε σε «ψυχρότερες» περιοχές.

2.4.9. Επαρκής μόνωση με βάση τους κανονισμούς, για κατοικία εντός ζώνης Γ⁵⁶

Για την επιλογή της μόνωσης σε αυτό το σενάριο, θεωρούμε μονωμένα όλα τα δομικά στοιχεία και επιλέγουμε τα υλικά που έχουν επαρκείς μονωτικές ιδιότητες όπως και στο σενάριο 2.4.5. Η διαφορά σε αυτό το σενάριο είναι επίσης η κλιματική ζώνη.

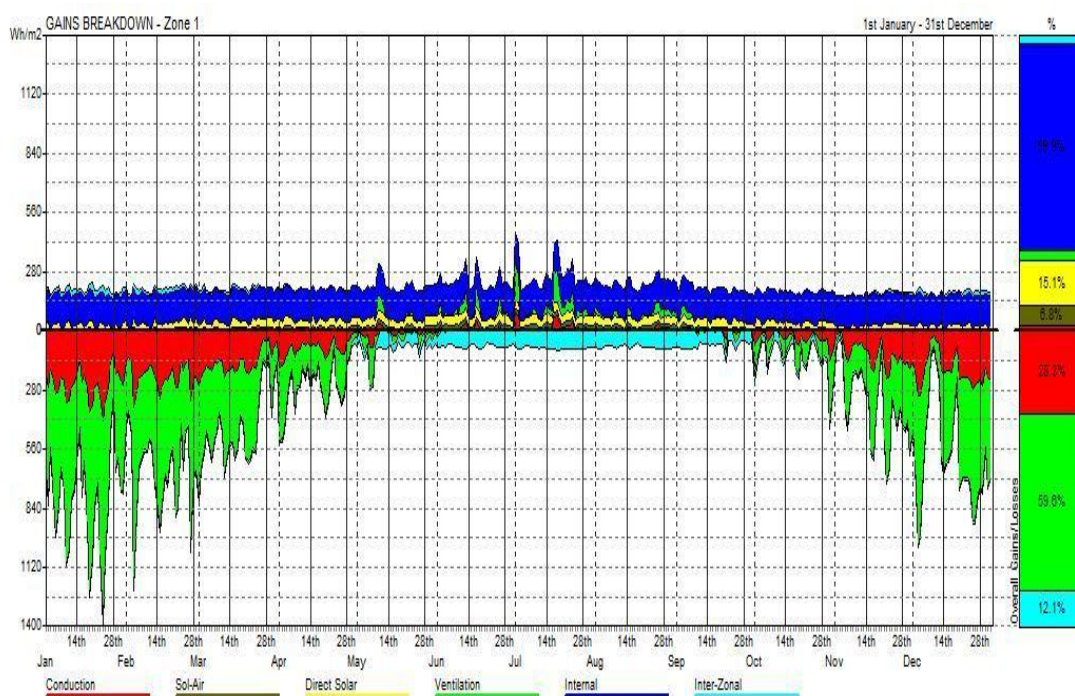
Άρα, τελικά θα έχουμε για:

- τους εξωτερικούς τοίχους, 110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα ($U=0,3<0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για την οροφή, 10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα ($U=0,5\approx 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για το πάτωμα, 100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα ($U=0,86<0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- για τα παράθυρα, Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής εκπομπής ($\epsilon=0.10, U=2,26<3 \text{ W/m}^2\text{K}$)

⁵⁶ Δεδομένου ότι το πρόγραμμα Ecotect δεν έχει μετεωρολογικά δεδομένα όσον αφορά την Ελλάδα, παρά μόνο για την Αθήνα (περιοχή ζώνης Β), χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα-συντεταγμένες περιοχών με το πλησιέστερο γεωγραφικό μήκος για την ζώνη Α, Γ και Δ.

- για την πόρτα, 40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα($U=2,26 < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Ακολουθεί το διάγραμμα ενεργειακού οφέλους/απωλειών για την περίπτωση του κτιρίου μελέτης, όπως προέκυψε από το λογισμικό Ecotect v.5.20, ανεξαρτήτως του τρόπου θέρμανσης/κλιματισμού.



Σχήμα 2.29: Διάγραμμα ενεργειακού κέρδους/απωλειών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συνάγεται ότι:

1. τα εσωτερικά φορτία (φωτισμός, άνθρωποι, εξοπλισμός) συνεισφέρουν κατά 68,9 % στην εισροή θερμότητας (άρα στη θέρμανση του κτιρίου).

2. ο αερισμός και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων και πιθανών ρωγμών οδηγεί σε 59,6 % απώλεια θερμότητας και ελάχιστα στην εισροή θερμότητας.

3. η συναγωγή διαμέσου των δομικών υλικών οδηγεί σε 28,3% απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον και σε μικρή εισροή θερμότητας από το περιβάλλον.

4. η άμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφανών υαλοπινάκων συνεισφέρει στην εισροή θερμότητας κατά 15,1%.

Και 5. η έμμεση ηλιακή ακτινοβολία μέσω του ηλιακού οφέλους των αδιαφανών επιφανειών συνεισφέρει κατά ποσοστό 6,8% στην εισροή θερμότητας από το περιβάλλον στο κτίριο.

Αντίστοιχα, με βάση υπολογισμούς του προγράμματος ο δείκτης παθητικής απόδοσης του κτιρίου είναι 0,52 (adaptability index). Είναι μικρότερος από αυτόν του σεναρίου 2.4.6. καθώς τα θερμομονωτικά υλικά αύξησαν την παθητική ικανότητα του κτιρίου να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του περισσότερο σε συνάρτηση με τα κλιματολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, βροχοπτώσεις κλπ) και τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής.

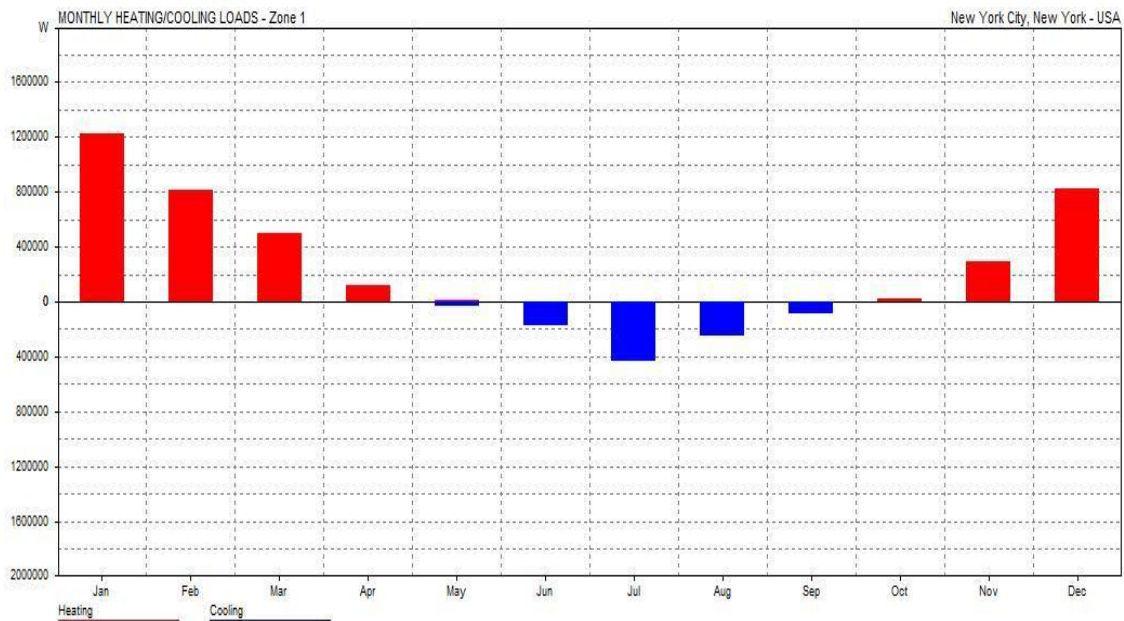
Με την παρούσα θερμομόνωση, όπως προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.19), το 36,4 % των συνολικών ωρών ετησίως (2213 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης, χωρίς καμία διάταξη θέρμανσης/ψύξης πέραν της ίδιας της παθητικής μόνωσης του κτιρίου. Οι τιμές είναι μικρότερες από αυτές του σεναρίου 2.4.6. λόγω της μεγάλης διακύμανσης στις θερμοκρασίες κάτω των 15°C και άνω των 25°C.

natural ventilation			mixed mode		
TEMP.	HOURS	PERCENT	TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	428	7.0%	0.0	0	0.0%
2.0	415	6.8%	2.0	0	0.0%
4.0	425	7.0%	4.0	0	0.0%
6.0	493	8.1%	6.0	0	0.0%
8.0	266	4.4%	8.0	0	0.0%
10.0	291	4.8%	10.0	0	0.0%
12.0	411	6.8%	12.0	0	0.0%
14.0	401	6.6%	14.0	3249	52.4%
16.0	443	7.3%	16.0	420	6.8%
18.0	373	6.1%	18.0	372	6.0%
20.0	334	5.5%	20.0	327	5.3%
22.0	528	8.7%	22.0	508	8.2%
24.0	535	8.8%	24.0	1329	21.4%
26.0	509	8.4%	26.0	0	0.0%
28.0	188	3.1%	28.0	0	0.0%
30.0	42	0.7%	30.0	0	0.0%
32.0	4	0.1%	32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%	34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%	36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%	38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%	40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%	42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%	44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%	46.0	0	0.0%
-----	-----	-----	-----	-----	-----
COMFORT	2213	36.4%	COMFORT	2956	47.6%

Πίνακας 2.19: Ετήσια κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας

Για mixed mode system, δηλαδή, φυσικό αερισμό σε συνδυασμό με σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC), προκύπτει από την ανάλυση της ετήσιας κατανομής θερμοκρασίας (πίνακας 2.19), ότι το 47,6% των συνολικών ωρών ετησίως (2956 ώρες) είναι εντός της θερμικής ζώνης άνεσης. Παρόλο που το ποσοστό μπορεί να φαντάζει μικρό και η διαφορά με το να μην υπάρχει μονάδα θέρμανσης/ψύξης είναι μόλις 10%, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι και πάλι ένα μεγάλο ποσοστό (52,4%) των ωρών η εσωτερική θερμοκρασία είναι 14°C, δηλαδή η αμέσως κατώτερη τιμή από την κάτω τιμή του ορίου θερμικής ζώνης που θέσαμε αρχικά (15°C).

Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων (για θέρμανση/ψύξη) του κτιρίου και ο πίνακας δεδομένων.



Σχήμα 2.30: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

Max Heating: 6024 W at 08:00 on 23rd January			
Max Cooling: 3165 W at 15:00 on 1st July			
	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	1228258	0	1228258
Feb	817289	0	817289
Mar	500720	0	500720
Apr	122945	0	122945
May	6565	31730	38295
Jun	0	177746	177746
Jul	0	432828	432828
Aug	0	250381	250381
Sep	0	84237	84237
Oct	21387	0	21387
Nov	296079	0	296079
Dec	824155	0	824155
TOTAL	3817398	976923	4794320
PER M ²	38176	9770	47945
Floor Area:	99.996 m ²		

Πίνακας 2.20: Καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση/ψύξη ανά μήνα

Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς από το σχήμα 2.30 και τον πίνακα 2.20, η ενέργεια που δαπανάται για ψύξη είναι σε αυτό το σενάριο το ένα τέταρτο της ενέργειας που δαπανάται για θέρμανση. Η συνολική ενέργεια που θα

καταναλώνεται ετησίως για θέρμανση και ψύξη ισούται με 4,794320 MWh, 54% παραπάνω από την αντίστοιχη του σεναρίου 2.1.6.

Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, ότι η αλλαγή στην κλιματική ζώνη, επιδρά καθοριστικά στο ποσοστό ενεργειακής αξιοποίησης των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούμε για την κατοικία. Στην περίπτωση αυτή, η ενέργεια για θέρμανση είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη καθώς αφορά σε ψυχρότερη περιοχή.

2.5. Συμπεράσματα

Παραθέτουμε στον πίνακα 2.21 τα αποτελέσματα σε ενεργειακές ανάγκες για κάθε σενάριο.

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΣΕΝΑΡΙΑ/ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(Wh/m ²)	(Wh/m ²)	(Wh/m ²)
σενάριο 2.4.1.	6541	30135	36676
σενάριο 2.4.2.	58642	112589	171231
σενάριο 2.4.3.	61356	112633	173989
σενάριο 2.4.4.	28285	47655	75939
σενάριο 2.4.5.	9682	34318	44001
σενάριο 2.4.6.-B	4248	26742	30991

Πίνακας 2.21: Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση/κλιματισμό για την ίδια κλιματική ζώνη(B) για διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΣΕΝΑΡΙΑ/ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(Wh/m ²)	(Wh/m ²)	(Wh/m ²)
σενάριο 2.4.7.-A ΖΩΝΗ	15380	28304	43684
σενάριο 2.4.6.-B ΖΩΝΗ	4248	26742	30991
σενάριο 2.4.9.-Γ ΖΩΝΗ	38176	9770	47945
σενάριο 2.4.8.-Δ ΖΩΝΗ	37704	17026	54730

Πίνακας 2.22: Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση/κλιματισμό για διαφορετική κλιματική ζώνη για το ίδιο κτιριακό κέλυφος, για το βέλτιστο σενάριο θερμομόνωσης

Συγκρίνοντας τα σενάρια 2.4.1. έως και 2.4.9. μπορούμε να καταλήξουμε σε ορισμένα συμπεράσματα σε σχέση με την ενεργειακή σημασία της θερμομόνωσης του κελύφους σαν όλο αλλά και τα επιμέρους μέρη της, σε μία συμβατική κατοικία όπως ορίστηκε στην παράγραφο 2.3.

Στην περίπτωση της επαρκούς μόνωσης για συγκεκριμένη ζώνη, σύμφωνα με τους κανονισμούς, εξοικονομούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Πρόκειται για τα σενάρια 2.4.1. και 2.4.6.

Σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας έχουν οι ακόλουθες παράμετροι, με σειρά ιεράρχησης:

- α) η μόνωση του δώματος/οροφής (περιλαμβάνεται και στα τρία ενεργειακά καλύτερα σενάρια, δηλαδή στα 2.4.1., 2.4.5. και 2.4.6.),
- β) η μόνωση του δαπέδου (περιλαμβάνεται στα δύο ενεργειακά καλύτερα σενάρια, δηλαδή στα 2.4.1. και 2.4.6.),
- γ) η μόνωση των τοίχων (η μόνωση αποκλειστικά των τοίχων αποτελεί το 5^ο ενεργειακά καλύτερο σενάριο, το προτελευταίο σε σχέση με το σενάριο που αφορά σε πλήρως αμόνωτο κέλυφος) και
- δ) η μόνωση των κουφωμάτων (μικρή επίδραση έχει υπέρ της αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας).

Συγκρίνοντας τα σενάρια 2.4.6., 2.4.7., 2.4.8. και 2.4.9. όπως είναι αναμενόμενο παρατηρούμε ότι: η κατοικία εντός ζώνης Β έχει την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, ακολουθεί η κατοικία εντός ζώνης Α (λόγω της αυξημένης υγρασίας παρά της αυξημένης θερμοκρασίας της έναντι της ζώνης Β), έπεται η κατοικία εντός ζώνης Γ και τελευταία η κατοικία εντός ζώνης Δ. Όσο μικραίνει το γεωγραφικό μήκος, τόσο αυξάνονται και οι ενεργειακές ανάγκες συνολικά αλλά και ειδικά αυτές για θέρμανση πολλαπλάσια της μείωσης των αντίστοιχων για ψύξη.

Κεφάλαιο 3^ο: Σχέση κόστους-οφέλους θερμομόνωσης σε συμβατική κατοικία

3.1. Οικονομικό μοντέλο

Στη συνέχεια, για κάθε σενάριο όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 2.4., γίνεται η οικονομική ανάλυση του ενεργειακού οφέλους που κομίζει με το εκάστοτε σενάριο θερμομόνωσης.

Θεωρούμε δεδομένη την τιμή της ηλεκτρικής κιλοβατώρας για οικιακό καταναλωτή στην σημερινή της τιμή 0,07793 €/kWh (για καταναλώσεις 0-800kWh/τετράμηνο) και 0,09460 €/kWh (για καταναλώσεις 801-2000kWh/τετράμηνο).

Επίσης, η τιμή αυτή τη στιγμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι στα 0,178€/kWh. Πιθανή⁵⁷ μελλοντική διακύμανση της τιμής του πετρελαίου μπορεί να διαφοροποιήσει τα στοιχεία της παρούσας μελέτης.

Εξετάζονται δύο σενάρια:

1. για θέρμανση θα χρησιμοποιείται υπάρχον σύστημα λέβητα καύσης πετρελαίου με χρήση ζεστού νερού (σώματα καλοριφέρ εντός του κτιρίου μελέτης) και για ψύξη θα χρησιμοποιείται κλιματιστικό σώμα βαθμού απόδοσης 95%, όπως αναφέρθηκαν στην εργασία και

2. για θέρμανση και για ψύξη θα χρησιμοποιούνται κλιματιστικά σώματα.

Υπολογίζεται το συνολικό ενεργειακό και οικονομικό κόστος για 6 χρόνια. Οι τιμές των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για τα σενάρια 2.4.1. έως και 2.4.9. περιλαμβάνονται στον ακόλουθο πίνακα (σε €/τ.μ). Τα σενάρια 2.4.6. έως 2.4.9. περιλαμβάνουν τα ίδια υλικά, γι' αυτό και αναφέρονται μόνο μία φορά στον ακόλουθο πίνακα.

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΥΛΙΚΟ	ΤΙΜΗ
--------------	-----------	-------	------

⁵⁷ Είναι βέβαιη η διαφορά της τιμής του πετρελαίου ανά περιοχή ακόμα και εντός της ίδιας ζώνης (Α, Β, Γ ή Δ). Παρόλα αυτά, επειδή αποτελεί κυμαινόμενη τιμή η οποία αυξάνεται ανά κλιματική ζώνη, θα χρησιμοποιήσουμε σταθερή τιμή χωρίς να προξενήσουμε βλάβη της γενικότητας στη μελέτη.

	(Τ.Μ.)		ΥΛΙΚΟΥ(€/Τ.Μ.)
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.1.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	34
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα	18,7
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Διπλός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή), χαμηλής εκπεψιμότητας ($\epsilon = 0.10$)	129,2
ΠΟΡΤΑ	1,89	πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα	130
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	47,66
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.2.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα	21,5
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, στηριγμένο σε δοκούς 200mm με κενό αέρα χωρίς καμία μόνωση	13,09
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή)	75
ΠΟΡΤΑ	1,89	40mm πάχος, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα	65
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	, Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	47,66
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.3.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα	21,5
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, στηριγμένο σε δοκούς 200mm με κενό αέρα χωρίς καμία μόνωση	13,09
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή)	75
ΠΟΡΤΑ	1,89	40mm πάχος, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα	65
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	500mm σταθεροποιημένο πεπιεσμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές	47,66
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.4.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	100mm πάχος, σε απόσταση τσιμεντένιο πάτωμα	21,5
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα	18,7

ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Μονός υαλοπίνακας με πλαίσιο αλουμινίου (χωρίς θερμοδιακοπή	75
ΠΟΡΤΑ	1,89	40mm πάχους, πόρτα κοντραπλακέ, με εσωτερικό γέμισμα αφρού στον πυρήνα	65
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	500mm σταθεροποιημένο πεπιεσμένο έδαφος, εκτεθειμένο και από τις δυο πλευρές	47,66
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.5.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα	34
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα	18,7
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Μονός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο	150
ΠΟΡΤΑ	1,89	40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα	130
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	Ξύλο επενδεδυμένο εξωτερικά με R2.0 (75mm) μόνωση και εσωτερικά με τούβλα	47,66
ΣΕΝΑΡΙΟ 2.4.6.-2.4.9.			
ΠΑΤΩΜΑ	100	100mm πάχος, τσιμεντένια πλάκα στο έδαφος με ξύλινο τελείωμα	34
ΟΡΟΦΗ	100	10mm κρεμάμενο σοβάτινο ταμπλό ταβανιού, με 50mm μόνωση, με δοκούς (150mm) με κενό αέρα	18,7
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	17,28	Διπλός υαλοπίνακας με ξύλινο πλαίσιο, χαμηλής εκπεψιμότητας	203,58
ΠΟΡΤΑ	1,89	40mm πάχους, συμπαγούς πυρήνα βελανιδιάς ξύλινη πόρτα	130
ΤΟΙΧΟΙ	80,32	110mm τούβλα εξωτερικά επενδεδυμένα με ξύλο και εσωτερικά με 10mm γυψοσανίδα	52,65

Πίνακας 3.1.: Υλικά κελύφους και θερμομόνωσης

3.2. Ενεργειακές ανάγκες- κόστος θερμομόνωσης

Στους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι υπολογισμοί:

Αρχικό Κόστος θερμομόνωσης = Σ (τιμές υλικών x επιφάνεια κάθε υλικού)(3.1)

Κόστος θέρμανσης 6 ετών (για θέρμανση με λέβητα πετρελαίου) = συνολικές Wh για heating x τιμή πετρελαίου ανά Wh x 6 (3.2)

Κόστος θέρμανσης 6 ετών (για θέρμανση με κλιματιστικό) = συνολικές Wh για heating x τιμή ηλεκτρικού ρεύματος ανά Wh x 6 (3.3)

Κόστος ψύξης 6 ετών (για ψύξη με κλιματιστικό) = συνολικές Wh για cooling x τιμή ηλεκτρικού ρεύματος ανά Wh x 6 (3.4)

Τα αποτελέσματα από την χρήση του παραπάνω οικονομικού μοντέλου για το κάθε σενάριο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)	ΚΟΣΤΟΣ (ευρώ)	ΓΙΑ ΛΕΒΗΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ(ΘΕΡΜΑΝΣΗ)/ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ(ΨΥΞΗ)	ΜΟΝΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ
654080	3013344	3.667.424	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	11576,02108	11576,02108
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	698,55744	371,255808
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	1710,374054	1710,374054
			συνολικό κόστος(2.4.1)	13984,95257	13657,65094
5863972	11258409	17.122.382	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	8705,66752	8705,66752
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	6262,722096	3328,390507
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	6390,272948	6390,272948
			συνολικό κόστος(2.4.2)	21358,66256	18424,33098
6135348	11262862	17.398.210	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	8705,66752	8705,66752
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	6552,551664	3482,423525
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	6392,800471	6392,800471
			συνολικό κόστος(2.4.3)	21651,01966	18580,89152
2828343	4765273	7.593.616	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	9266,64508	9266,64508
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	3020,670324	1605,367487
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	2704,768955	2704,768955
			συνολικό κόστος(2.4.4)	14992,08436	13576,78152
968202	3431696	4.399.898	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	11935,44508	11935,44508
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	1034,039736	549,5514552
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	1947,83065	1947,83065

			συνολικό κόστος(2.4.5)	14917,31547	14432,82718
424.812	2.674.114	3.098.926	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	13.262,0943	13.262,0943
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	453,699216	198,633595
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	1.517,827106	1.517,827106
			συνολικό κόστος(2.4.6)	15.233,62062	14.711,09012
1.537.937	2.830.321	4.368.258	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	13.262,0943	13.262,0943
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	1.642,516716	719,1085825
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	1.323,401493	1.323,40293
			συνολικό κόστος(2.4.7)	16.228,01251	15304,60438
3.770.242	1.702.581	5.472.824	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	13.262,0943	13.262,0943
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	4026,618456	2139,9894
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	966,3849756	966,3849756
			συνολικό κόστος(2.4.8)	18.255,09733	16.368,469
3.817.398	976.923	4.794.320	κόστος εγκατάστασης θερμομόνωσης	13.262,0943	13.262,0943
			κόστος για θέρμανση για 6 χρόνια	4.076,981064	2.166,76
			κόστος για ψύξη για 6 χρόνια	554,5014948	554,5014948
			συνολικό κόστος(2.4.9)	17.983,57686	15.983,3509

Πίνακας 3.2.: Ενεργειακή κατανάλωση και συνολικό κόστος θερμομόνωσης

Από τα παραπάνω μπορούμε άμεσα να συγκρίνουμε το ενεργειακό κόστος και το οικονομικό κόστος μεταξύ των σεναρίων. Συνδυάζοντας το ενεργειακό και οικονομικό όφελος, τα σεναρία θερμομόνωσης που αποτελούν βέλτιστη λύση είναι τα εξής:

1. το σενάριο 2.4.1. δηλαδή η επαρκής μόνωση του κελύφους
2. το σενάριο 2.4.5. δηλαδή η εφαρμογή υαλοστασίων μειωμένων θερμικών απωλειών
3. το σενάριο 2.4.4. δηλαδή το αμόνωτο κέλυφος και μονωμένο δώμα
4. το σενάριο 2.4.6. δηλαδή τα βέλτιστα θερμομονωτικά υλικά
5. το σενάριο 2.4.2. δηλαδή η θερμομόνωση της τοιχοποιίας και μόνο και τελευταίο
6. το σενάριο 2.4.3. δηλαδή το πλήρως αμόνωτο κέλυφος, όπως ήταν αναμενόμενο.

Συνεπώς, η βέλτιστη λύση είναι η επαρκής μόνωση του κελύφους σύμφωνα με τους κανονισμούς με οφέλη τα οποία αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη θερμικής άνεσης. Η βέλτιστη ενεργειακά λύση (σενάριο 2.4.6.) με τη χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση έχει υψηλότερο κόστος. Όσον αφορά το σενάριο 2.4.1. και συγκεκριμένα, σε σύγκριση με το σενάριο 2.4.3. και το πλήρως αμόνωτο κέλυφος παρατηρούμε ότι είτε χρησιμοποιήσουμε λέβητα πετρελαίου και κλιματιστικό είτε μόνο κλιματιστικό, θα εξοικονομήσουμε 25-30% των συνολικών χρημάτων που θα δίνουμε στην περίπτωση του πλήρως αμόνωτου κελύφους ενώ η ενεργειακή κατανάλωση είναι μειωμένη κατά 83%, με σαφές περιβαλλοντικό όφελος.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα σενάρια και το ρόλο της εκάστοτε θερμομόνωσης ισχύουν τα ίδια συμπεράσματα που προέκυψαν για τις ενεργειακές καταναλώσεις και για τα οικονομικά μεγέθη, όπως παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.5. Με την αλλαγή κλιματικής ζώνης και με σταθερή παράμετρο το κόστος των υλικών, βλέπουμε ότι με κάθε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, έχουμε αύξηση του κόστους η οποία για τις δύο ακραίες ενεργειακά περιπτώσεις (2.6 και 2.8 σενάριο) συνεπάγεται σε διαφορά στο κόστος 16,6% όταν η ενεργειακή διαφορά είναι 43,4%.

Κεφάλαιο 4^ο : Συμπεράσματα

Η θερμομόνωση του κελύφους έχει καθοριστική σημασία στην ενεργειακή συμπεριφορά αναφορικά με τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων. Στην παρούσα πτυχιακή, αναλύθηκαν έξι διαφορετικά σενάρια όσον αφορά μία συγκεκριμένη ζώνη καθώς και το βέλτιστο σενάριο για τις υπόλοιπες τρεις ζώνες και η σχέση κόστους - οφέλους θερμομόνωσης κελύφους για μια συμβατική κατοικία 100τ.μ.

Η ενεργειακή και η οικονομική αξιολόγηση έδειξε ότι όσο βελτιώνεται η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου, τόσο μεγαλύτερο ποσό ενέργειας εξοικονομείται. Επιπρόσθετα, σε βάθος 6 ετίας μπορεί να γίνει απόσβεση του κόστους της θερμομόνωσης από τη μείωση του κόστους θέρμανσης και ψύξης. Η διαφορετική κλιματική ζώνη διαφοροποιεί τις ενεργειακές ανάγκες.

Η εφαρμογή των ισχυόντων νομικών κανονισμών συνεπάγεται οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη καθώς επίσης και θερμική άνεση που συνεπάγεται αξιοπρεπή διαβίωση. Το θέμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην παρούσα συγκυρία που το ενεργειακό κόστος για θέρμανση συνεχώς αυξάνεται.

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Αγερίδης Γ., (2011), «Το Πρόγραμμα «Χτίζοντας το Μέλλον», Παρουσίαση στη Διημερίδα «Ενεργειακά Κτίρια - Θεμέλιο για την Ενεργοποίηση των Κατασκευών», Έκθεση INFACOMA, Οργάνωση HELEXPO και Περιοδικό «ΚΤΙΡΙΟ», Δεκέμβριος 2012
- Αραβαντινός Δ., (2009), «Οικοδομικές επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς», Παρουσίαση από Σεμινάριο ΤΕΕ με τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων», Τεύχος ΤΕΕ 2125. Από <http://www.tee.gr/online/afieromata/2000/2125/afrm107.shtml>, σελίδα 6, Νοέμβριος 2012
- Αραβαντινός Δ., (2011) «Οδηγός θερμομόνωσης & στεγανοποίησης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ.», Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Κτίριο. σελ. 28-29
- Γαγλία Αθ., (2009), «Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας – Υπολογιστικές Μέθοδοι Ενεργειακών Επιθεωρήσεων στα Κτίρια», Εισήγηση στην Ημερίδα του ΤΕΕ Βορειοανατολικού Αιγαίου με τίτλο: «Εξοικονόμηση ενέργειας Σημερινή κατάσταση και προοπτικές», Μυτιλήνη, Διαθέσιμο στο www.teelamia.tee.gr/ΕΠΙΚΑΙΡΟΤΗΤΑ/Gaglia.pps, Νοέμβριος 2012
- Δρούτσα Κ και Μπαλαράς Κ.Α., (2009), «Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Εξοικονόμηση Ενέργειας για Θέρμανση σε Ελληνικές Πολυκατοικίες», Πρακτικά 8ου Εθνικού Συνεδρίου του ΙΗΤ για τις "Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Αθήνα, Διαθέσιμο στο www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/030.doc, Νοέμβριος 2012
- ΚΑΠΕ, (1999), «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης». Διαθέσιμο στο http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS_THERMOMONOSIS.pdf , σελίδα 17
- ΚΑΠΕ, (2002), «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα» <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>

ΚΑΠΕ, (2006) «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια».
http://www.cres.gr/kape/pdf/download/03_esinbuildings_gr.pdf

Λάζαρη Ευγ., (2006), «Ενεργειακή Απόδοση Συστημάτων Εξοικονόμησης Ενέργειας στο Ελληνικό Κτίριο», Παρουσίαση σε Ημερίδα του ΚΑΠΕ-ΙΕΝΕ με τίτλο «Εφαρμογές Τεχνολογιών Εξοικονόμησης και Ηλιακής Ενέργειας στα Κτίρια», Αθήνα, 16-11-2006, Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60566/book_60566_lazari.pdf, Νοέμβριος 2012

Μπαλαράς Κ., Δρούτσα Κ., Αργυρίου Α., (2000), «Αξιολόγηση Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Πολυκατοικίες και Κτίρια Γραφείων», Διημερίδα με τίτλο: «Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 18-19 Οκτωβρίου, Αθήνα

Μπίκας Δ., (2011), «Εισαγωγή στο Θεσμικό Πλαίσιο», Εισηγήσεις Πενθήμερου Σεμιναρίου Κ.Εν.Α.Κ με τίτλο «Σύνταξη Ενεργειακής Μελέτης Κτιρίου Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης», Διαφάνεια 23, Διαθέσιμο στο http://www.tdm.tee.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=161:-10-03-2011&catid=46:2011-03-22-11-25-50&Itemid=93

Ν. 3212/03, (308/Α/31.12.03), 140/Α`/13.6.2000, «Άδεια Δόμησης, Πολεοδομικές και άλλες Διατάξεις Θεμάτων Αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων», Διαθέσιμο στο http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?cat_id=842&item_id=2494

ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων», Διαθέσιμο στο <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EL:PDF>, Νοέμβριος 2012

Παπαδόπουλος Αγ., (2010): «Θερμομονωτικά Υλικά», Παρουσίαση στην Ημερίδα Θερμομόνωσης κελύφους με τίτλο: «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», Λευκωσία, Διοργάνωση: Υπηρεσία Ενέργειας, Δημοσιογραφική Εστία, Διαφάνεια 4

- Περδίας Σ., (2006), «Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας». Αθήνα: Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ.
- Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές 03-06-02-02, (2006), «Θερμομονώσεις Εξωτερικών Τοίχων», Έκδοση 1.0
- Τ.Ε.Ε., (2010), Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Διαθέσιμο στο <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>
- Τζανακάκη Εύη, (2006), «Βιοκλιματικά και Αποδοτικά Κτίρια στην Ελλάδα», Παρουσίαση από Ημερίδα ΕΔΕΜ - ΚΑΠΕ με τίτλο «Εξοικονόμηση Ενέργειας κατά τον Σχεδιασμό των Κτιρίων», Αθήνα, 1-2-2006, Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60757/book_60757_tzanakaki.pdf, Νοέμβριος 2012
- Τζαχάνης Α., (2011), «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: διαχρονική εξέλιξη και παρουσίαση των γενικών αρχών».
- Τσιπήρας και Ευθυμιάδης, (2010), «Το προπατορικό αμάρτημα στον Κ.Εν.Α.Κ», Άρθρο για το Σύλλογο Ολιστικής Αρχιτεκτονικής, Διαθέσιμο στο <http://www.s-ol-ar.gr/index.php/arhtra/olistiki-arxitektoniki/17-kenak>, Νοέμβριος 2012
- Υ.Α 11038/1999, «Διαδικασίες, Απαιτήσεις και Κατευθύνσεις για την Διεξαγωγή Ενεργειακών Επιθεωρήσεων», Διαθέσιμο στο <http://www.enforce-eeen.eu/gre/legislation/11038-1999>, Νοέμβριος 2012
- Υ.Α. 21475/4707/1998, ΦΕΚ 880/Β, 19.8.1998, «Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», Διαθέσιμο στο http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b880_1998.1129880169513.pdf
- Υ.Π.Ε.ΚΑ., (2010), «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων : Κανονιστικές Διατάξεις για την εφαρμογή το Ν.3661/08», Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (ΚΕΝΑΚ) (ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ), Διαθέσιμο στο

<http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>

Υ.ΠΕ.ΚΑ., (2012), «Οδηγός Εφαρμογής Προγράμματος «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον»,

Διαθέσιμο

στο

<http://exoikonomisi.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=3f2pnA6B0Vw%3d&tabid=690&language=el-GR>

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Balaras C, Droutsas K., Argiriou A., Asimakopoulos D., (2000) «Potential for energy conservation in apartment buildings», *Energy and Buildings*, Vol. 31(2), p. 143-154, Διαθέσιμο στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778899000286>
- Balaras C., Droutsas K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S., (2005) «Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings», *Energy and Buildings*, 37 (5), pp. 429–442.
- Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D., (2007) «European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings», *Building and Environment*, Vol 42(3), p.1298-1314, διαθέσιμο στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305004671>
- ECOFYS, (2007) «U-values For Better Energy Performance Of Buildings». http://www.eurima.org/uploads/pdf/EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-65.pdf
- EEA, (2007) «Annual European Community greenhouse gas Inventory 1990-2005 and Inventory Report 2007». Technical Report, Copenhagen.
- ENERDATA, (2003) «Energy efficiency in the European Union 1990–2001», SAVE-Odyssey project on energy efficiency indicators, Enerdata SA in collaboration with the Fraunhofer Institute Systems & Innovation Research.
- European Commission, (2004) «European Union energy & transport in figures – 2004 edition, Part 2: Energy. Directorate General for Energy and Transport», European Commission, Brussels.
- Healy J., (2003) «Housing conditions, energy efficiency, affordability and satisfaction with housing: a pan-European analysis». *Housing Studies*, 18 (3), pp. 409–424
- Norris M, Shiels P., (2004) «Regular national report on housing developments in European countries». Synthesis report. Dublin, Ireland: The Housing Unit.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ(m ²)	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.7	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΔΥΣΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.8	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΒΟΡΑΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.9	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΑΝΑΤΟΛΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΝΟΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.11	ΠΟΡΤΑ	1,89	ΝΟΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.12	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΑΝΑΤΟΛΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.13	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΔΥΣΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.14	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΝΟΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟ.15	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	2,16	ΒΟΡΑΣ
ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ(m ²)	
	ΒΟΡΑΣ	4,32	
	ΝΟΤΟΣ	4,32	
	ΑΝΑΤΟΛΗ	4,32	
	ΔΥΣΗ	4,32	

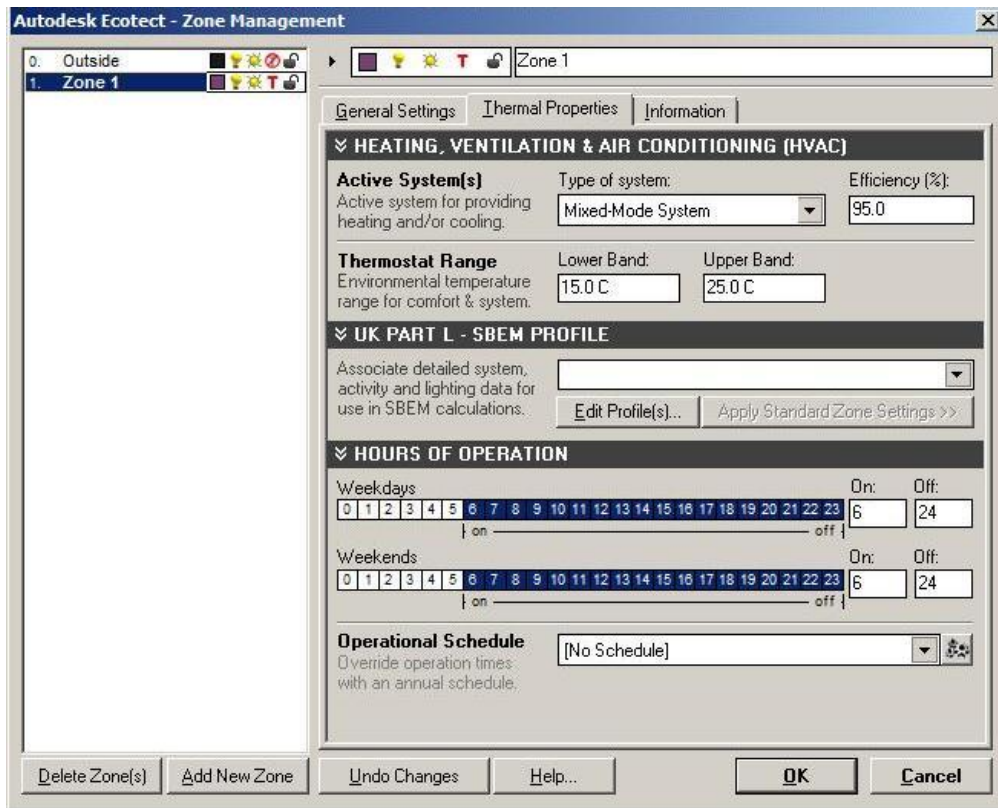
Πίνακας Α: Υαλοστάσια- Κουφώματα

The screenshot shows the 'Autodesk Ecotect - Zone Management' dialog box for 'Zone 1'. The 'General Settings' tab is active, displaying the following configurations:

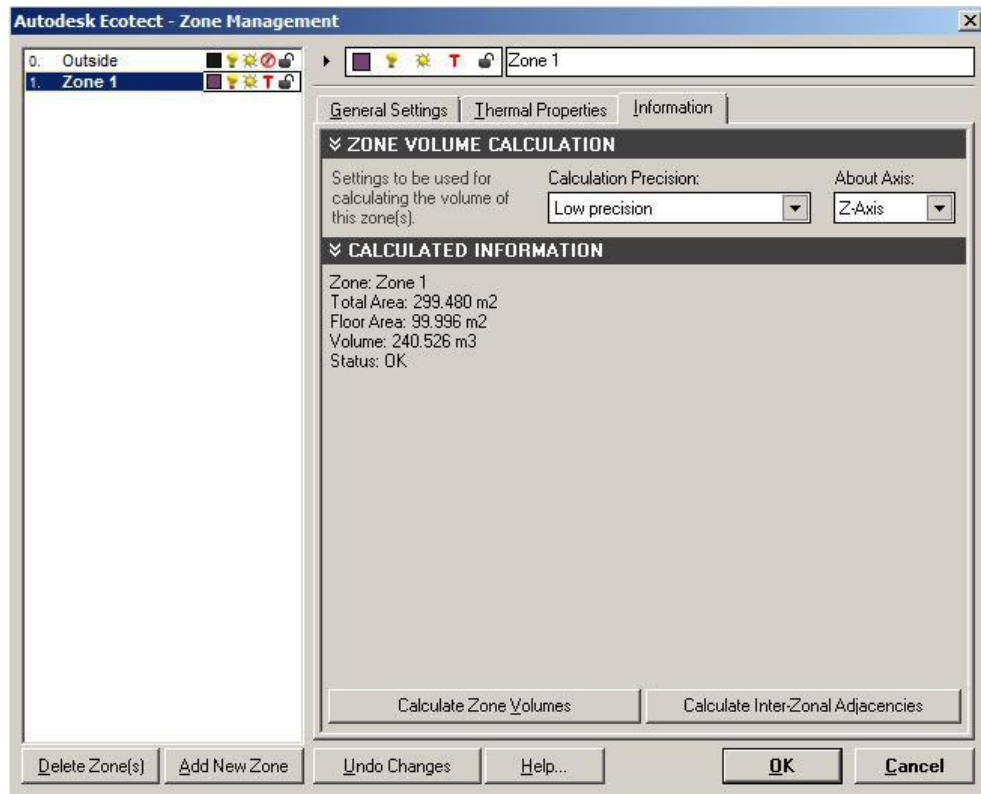
- SHADOW AND REFLECTION SETTINGS:**
 - Display Shadows: Highlighting the shadows of individual zones.
 - Shadow Color: [Default]
 - Reflection Color: [Default]
 - Highlight shadows/reflections from this zone
- INTERNAL DESIGN CONDITIONS:**
 - Clothing (clo): 0.60
 - Humidity (%): 60.0
 - Air Speed: 0.50 m/s
 - Lighting Level: 300 lux
- OCCUPANCY AND OPERATION:**
 - Occupancy:** No. of People and Activity: 5, Sedentary - 70 W, [No Schedule]
 - Internal Gains:** Sensible Gain: 5, Latent Gain: 2 W/m², [No Schedule]
 - Infiltration Rate:** Air Change Rate: 0.50, Wind Sensitivity: 0.25 Air changes / hr, [No Schedule]

Buttons at the bottom include: Delete Zone(s), Add New Zone, Undo Changes, Help..., OK, and Cancel.

Πίνακας Β: Γενικές ρυθμίσεις θερμικής ζώνης



Πίνακας Γ: Θερμικά χαρακτηριστικά ζώνης



Πίνακας Δ: Υπολογισμός επιφανείας και όγκου ζώνης

Autodesk Ecotect - Systems Export Settings...

Model

- Comb. Heat and Powers
- Domestic Hot Waters
- HVAC Systems**
 - New_Zone_Profile
- Zone Profiles**
 - New_Zone_Profile

Library Item Type: HVAC System

Library Item Name: New_Zone_Profile

SBEM HVAC SYSTEM

Information on the kind of system and some global operating characteristics.

HVAC System Type: Central heating using water: radiators

Fuel Type: Oil

System includes operational metering to warn about out-of-range values.

Auxiliary Energy Consumption: 0.564 kWh/m2

HEATING SYSTEM

Specifications of the heating components within the system.

Heat Source: Radiant heater

Heat Recovery System: No heat recovery

System includes a CHP-GENERATOR to provide a proportion of its heat.

Seasonal energy efficiency ratio: 2.206

Seasonal efficiency of heating: 2.141

Ratio of radiant heat output to energy input: 0.653

COOLING SYSTEM

Specifications of the cooling components within the system.

Chiller Type: Water cooled chiller

Seasonal energy efficiency ratio: 1.180

Seasonal efficiency of cooling: 1.430

FAN POWER

Specify the fan power used within the system. User-defined Specific Fan Power of the air distribution system.

11.000 W/l.s.

Delete Item... Add New Item << Add to Global Library Undo Changes Help ▶ Apply Changes Close

Πίνακας Ε: Στοιχεία για το σύστημα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού αέρα της ζώνης (HVAC-Heating, ventilation, air conditioning)