

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΡΙΩΡΟΦΗ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ ΚΑΙ  
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ  
Καραγεώργη Γεώργιου  
Α.Μ. 4962

Επιβλέπων καθηγητής  
κ. Κατσαπρακάκης Δημήτριος



Ηράκλειο 23/1/2016



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Τίτλος:** Εισαγωγή και εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε τριώροφη πολυκατοικία και οικονομική αξιολόγηση.

**Υπότιτλος:** Μελέτη ανακαίνισης τριώροφης κατοικίας με στόχο τη μετατροπή της σε παθητικό κτίριο με τη βοήθεια του προγράμματος P.H.P.P.

**Περίληψη:** Στη παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται το παθητικό κτίριο ως μια λύση για τα ενεργειακά προβλήματα που παρουσιάζουν στο σύνολό τους τα κτίρια σε όλο το κόσμο και πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα. Στα εννιά πρώτα κεφάλαια της εργασίας εκτός από γενικά στοιχεία, όπως ιστορικά στοιχεία και οι τάσεις της αγοράς των παθητικών κτιρίων δίνονται και στοιχεία που αφορούν κάθε πτυχή του παθητικού κτιρίου, όπως για παράδειγμα το νομοθετικό πλαίσιο σε Ελλάδα και Ευρώπη, συνθήκες διαβίωσης και σύγκριση με υφιστάμενη κατοικία, μηχανολογικά και δομικά υλικά και συστήματα, οικονομικές πτυχές και παραδείγματα σε Ελλάδα και εξωτερικό. Στα επόμενα κεφάλαια αναλύεται η ενεργειακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε τριώροφη πολυκατοικία στη περιοχή του Ελληνικού με σκοπό τη ανακαίνιση και μετατροπή της σε παθητικό κτίριο. Επίσης αξιολογείται οικονομικά η προοπτική υλοποίησής της. Τέλος παραθέτονται τα συμπεράσματα της εργασίας και οι προοπτικές διάδοσης του παθητικού κτιρίου ως κτίριο του μέλλοντος.

**Υπόθεση:** Η προοπτική μετατροπής τριώροφης πολυκατοικίας στη περιοχή του Ελληνικού μέσω ανακαίνισης σε παθητικό κτίριο με τη βοήθεια του προγράμματος Passive House Planning Package και οικονομικής αξιολόγησής της.

**Μεθοδολογία και στοιχεία:** Αρχικά θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή μελέτη της πολυκατοικίας μέσω του προγράμματος P.H.P.P., όπου θα χρησιμοποιηθούν τα πιο πρόσφατα κλιματικά δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και θα εγκατασταθούν υψηλής ποιότητας υλικά και συστήματα. Στη πορεία θα ελεγχθεί αν πληρούνται οι απαραίτητες απαιτήσεις που ισχύουν για το παθητικό κτίριο και κατά πόσο είναι οικονομικά βιώσιμη η υλοποίησή του.

**Πιθανά αποτελέσματα:** Τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης είναι η ετήσια ζήτηση θέρμανσης σε ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ), η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας σε ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) και η ετήσια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα σε ( $\text{kg/m}^2\text{a}$ ). Επίσης θα παρουσιαστούν και τα οικονομικά αποτελέσματα της μελέτης όπως η κοστολόγηση της ανακαίνισης σε περίπτωση υλοποίησής της και το κόστος θέρμανσης σε βάθος χρόνου μετά το πέρας της ανακαίνισης και σύγκριση με συμβατική κατοικία.



## ABSTRACT

**Title:** Introduction and application of passive solar systems in a three-storey apartment building and economic evaluation.

**Subtitle:** Study refurbishment of a three storey dwelling with the aim of transforming it into a passive building with the help of the Passive House Planning Package.

**Summary:** In this thesis it is presented the passive house as a solution for energy problems of buildings all over the world and specifically in Greece. In the first nine chapters of the work, apart from general data, such as historical data and trends of the market of passive buildings. Are given informations related to every aspect of the passive house, such as, legislative framework in Greece and Europe, living conditions and a comparison with existing houses, mechanical and structural materials and systems, economic aspects and examples in Greece and abroad. In the next chapters analyse the energy study that carried out in a three-storey apartment building in the area of Elliniko, for the purpose of renovation and transformation into a passive building. Also evaluated the economic perspective implementation. The final chapter presents the conclusions of the work and the prospects for the dissemination of the passive house as a building of the future.

**Hypothesis:** The prospect of conversion of a three storey building in the area of Elliniko through renovation to passive house with the help of the Passive House Planning Package and economic assessment.

**Methodology:** Initially, an energy study of the building is carried out through the Passive House Planning Package, where will be used the most recent climate data from the National Weather Service and will be installed high quality materials and systems. The course will be checked if it fulfills the necessary requirements for the passive house and whether it is economically viable to be implemented.

**Expected Results:** The results of the energy study is the annual heating demand ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ), the annual consumption of primary electricity ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) and the annual emission of carbon dioxide ( $\text{kg/m}^2\text{a}$ ). The financial results of the study will also be presented. The results are, the cost of the renovation in the event of implementation, the cost of heating over time after the completion of the renovation and the comparison with conventional housing.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας μου θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές μου ευχαριστίες σε όσους με βοήθησαν καθ' όλη την πορεία της εργασίας, δίνοντας μου τα απαραίτητα εφόδια. Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ξεχωρίσω τη σημαντικότερη βοήθεια του αρχιτέκτονα κ. Κωνσταντίνου Κολέτσου, που με τις γνώσεις, τον εξοπλισμό αλλά και την καθοδήγησή του μπόρεσα να φέρω εις πέρας την συγκεκριμένη εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου κατά την πρακτική μου άσκηση, που με αγάπη και υπομονή με βοήθησαν με τις γνώσεις τους σε κάθε πρόβλημα που είχα με την εργασία μου. Τέλος ξεχωριστές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στους γονείς μου για την αγάπη, την κατανόηση και την γενικότερη στήριξή τους όλα τα χρόνια της φοιτητικής μου ζωής.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	<b>4</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>5</b>
<b>ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>9</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ</b> .....	<b>9</b>
1.1 ΟΡΕΣΜΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ .....	9
1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ .....	10
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ .....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>12</b>
<b>ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ</b> .....	<b>12</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>15</b>
<b>ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ</b> .....	<b>15</b>
3.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ .....	15
3.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>18</b>
<b>ΔΙΑΒΙΩΣΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ</b> .....	<b>18</b>
4.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΤΗΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ .....	18
4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ .....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>24</b>
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	<b>24</b>
5.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΝΕΟΔΜΗΤΗ ΚΤΙΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ PASSIVHAUS .....	25
5.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ PASSIVHAUS ....	26
5.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ Κ.ΕΝ.Α.Κ. ....	29
5.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....	<b>33</b>
<b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	<b>33</b>
6.1 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	33
6.2 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	40
6.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b> .....	<b>47</b>
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	<b>47</b>
7.1 ΚΕΡΔΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	47
7.2 ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	48
7.4 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	50
7.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	50



7.6 ΤΡΟΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	51
7.7 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	51
7.8 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΕΝΟΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ PASSIVE HOUSE STANDARD .....	51
7.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ ΧΡΟΝΟΥ.....	51
7.10 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ.....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .....</b>	<b>55</b>
<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ .....</b>	<b>55</b>
8.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	55
8.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ.....	60
8.2.1 Μονοκατοικίες .....	60
8.2.2 Πολυκατοικίες.....	63
8.2.3 Ανακαινίσεις .....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 .....</b>	<b>66</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....</b>	<b>66</b>
9.1 ΠΑΚΕΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (PHPP).....	66
9.1.1 Γενικό τυπολόγιο προγράμματος.....	67
9.1.2 Χρήση του προγράμματος σχεδιασμού και αναλυτική περιγραφή του .....	70
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 .....</b>	<b>82</b>
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΟ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ P.H.P.....</b>	<b>82</b>
10.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	82
10.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ .....	83
10.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΟ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ENERPHIT.....	84
10.4 ΓΕΝΙΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	84
10.4.1 Δομικά στοιχεία κελύφους υφιστάμενου κτιρίου .....	84
10.4.2 Ανοίγματα κελύφους κτιρίου.....	86
10.4.3 Σκίαση κτιρίου.....	86
10.4.4 Εξαερισμός κτιρίου .....	87
10.4.5 Θέρμανση κτιρίου .....	87
10.4.6 Ψύξη κτιρίου .....	90
10.4.7 Σύστημα Ζ.Ν.Χ.....	92
10.4.8 Ηλιοθερμικό σύστημα.....	93
10.4.9 Ηλεκτρική κατανάλωση κτιρίου.....	94
10.5 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	95
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 .....</b>	<b>97</b>
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ.....</b>	<b>97</b>
11.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ENERPHIT.....	97
11.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	97
11.2.1 Δεδομένα κελύφους .....	97
11.2.2 Δομικά στοιχεία κελύφους κτιρίου.....	98
11.2.3 Ανοίγματα κελύφους κατοικίας.....	100
11.2.4 Σκίαση κτιρίου.....	100
11.2.5 Εξαερισμός κατοικίας .....	101
11.2.6 Θέρμανση κτιρίου .....	102



11.2.7 Ψύξη κτιρίου .....	105
11.2.8 Σύστημα Ζ.Ν.Χ ανακαινισμένης κατοικίας.....	107
11.2.9 Ηλιοθερμικό σύστημα ανακαινισμένης κατοικίας .....	108
11.2.10 Ηλεκτρική κατανάλωση ανακαινισμένου κτιρίου.....	109
11.3 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ P.H.P.P.....	110
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 .....</b>	<b>112</b>
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....</b>	<b>112</b>
12.1 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	112
12.2 ΕΤΗΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ, ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑ Κ.ΕΝ.Α.Κ. ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	114
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 .....</b>	<b>122</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>122</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>123</b>
<b>ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>124</b>



## ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε αμόνωνη τριώροφη κατοικία στο Ελληνικό Αττικής, με τελικό αποτέλεσμα την μετατροπή της σε παθητικό κτίριο με το πρότυπο *Passivhaus* και τα οικονομικά οφέλη που ενδεχομένως να προκύψουν. Επίσης σκοπός της εργασίας είναι να δώσει στον αναγνώστη μια πιο ολοκληρωμένη γνώση επάνω στα παθητικά κτίρια και να δώσει στοιχεία και αποτελέσματα που θα βοηθήσουν σε περαιτέρω μελέτες, καθώς και πιθανή υλοποίησή της στο υπό μελέτη κτίριο. Η οικεία βρίσκεται στην περιοχή Σουρμένων του δήμου Ελληνικού-Αργυρούπολης στον νομό Αττικής. Είναι κατασκευής του 1970 και είναι αμόνωνη.

Στο *Κεφάλαιο 1* της πτυχιακής εργασίας δίνεται ο ορισμός των παθητικών κτιρίων και των παθητικών ηλιακών. Επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των παθητικών κτιρίων και γίνεται αναφορά στην ιστορία τους.

Στο *Κεφάλαιο 2* παρουσιάζονται οι τάσεις της αγοράς των παθητικών κτιρίων και η μελλοντική τους ανάπτυξη.

Στο *Κεφάλαιο 3* γίνεται αναφορά στην νομοθεσία που ισχύει σε Ευρώπη και Ελλάδα για περιβαλλοντικά θέματα, κατασκευαστικά και πιο συγκεκριμένα για τα ενεργειακά κτίρια.

Στο *Κεφάλαιο 4* αναλύονται οι συνθήκες άνετης διαβίωσης στο παθητικό κτίριο και γίνεται σύγκριση με ένα συμβατικό κτίριο μέσω διαγραμμάτων και εικόνων.

Στο *Κεφάλαιο 5* παρουσιάζονται τα κριτήρια ώστε να πιστοποιηθεί ένα κτίριο ως παθητικό μέσω του γερμανικού προτύπου *Passivhaus* και του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Στο *Κεφάλαιο 6* αναφέρονται αναλυτικά τα κατασκευαστικά μέρη που απαιτούνται για την κατασκευή ενός παθητικού κτιρίου.

Στο *Κεφάλαιο 7* γίνεται εξήγηση των οικονομικών πτυχών του παθητικού κτιρίου, όπως για παράδειγμα ο κύκλος ζωής του κτιρίου και τα οικονομικά οφέλη που θα έχει ο ιδιοκτήτης.

Στο *Κεφάλαιο 8* παρουσιάζονται παραδείγματα παθητικών κτιρίων σε Ελλάδα και Ευρώπη μέσω εικόνων και πινάκων με γενικές πληροφορίες που αφορούν το εκάστοτε κτίριο.

Στο *Κεφάλαιο 9* αναλύεται η μεθοδολογία της μελέτης και η χρήση του προγράμματος P.H.P.P. που θα χρησιμοποιηθεί για να ληφθούν τα απαραίτητα αποτελέσματα.

Στο *Κεφάλαιο 10* παρουσιάζεται η μελέτη και τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάστασης του υφιστάμενου κτιρίου.

Στο *Κεφάλαιο 11* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης για την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου μετά το πέρας της ανακαίνισης. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αποτελεί το σημαντικότερο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας καθώς παραθέτονται όλα τα απαραίτητα αποτελέσματα που χρειάζεται ένας ιδιοκτήτης κτιρίου ώστε να προχωρήσει στην ανακαίνιση της κατοικίας του.

Στο *Κεφάλαιο 12* δίνεται η οικονομική αξιολόγηση της ανακαίνισης σε περίπτωση εφαρμογής της καθώς και η κοστολόγησή της.

Στο *Κεφάλαιο 13* γίνεται σύνοψη των σημαντικότερων αποτελεσμάτων και δίνονται συμπεράσματα και προτάσεις. Επίσης παραθέτονται η βιβλιογραφία και λίστες πινάκων, διαγραμμάτων και εικόνων.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

#### 1.1 Ορισμός παθητικού κτιρίου και παθητικών ηλιακών

Το παθητικό κτίριο είναι ένα κτίριο στο οποίο επιτυγχάνεται η θερμική άνεση στο εσωτερικό του, μόνο μέσω προθέρμανσης ή πρόψυξης του φρέσκου αέρα που απαιτείται για την σωστή ατμόσφαιρα του χώρου, χωρίς την χρήση επιπλέον επανακυκλοφορίας του αέρα.<sup>1</sup>

Στα αγγλικά το παθητικό κτίριο ονομάζεται *Passive House* και στα γερμανικά *Passivhaus*

Όσο αναφορά τα **Παθητικά Ηλιακά**, ονομάζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου που αξιοποιούν τη μεταφορά θερμότητας ώστε να συλλέξουν την ηλιακή ενέργεια και να την διανεύουν στο χώρο του κτιρίου (Κ.Α.Π.Ε.).<sup>2</sup>

Επίσης για το σχεδιασμό των παθητικών κτιρίων κάνουμε χρήση της **Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής** όπου έχει ως κύριες αρχές της:

- Το σωστό προσανατολισμό του κτιρίου (για την Ελλάδα συνίσταται ο νότιος προσανατολισμός)
- Την ορθή σχεδίαση των ανοιγμάτων
- Τη μελέτη του κελύφους του κτιρίου μαζί με τη σωστή επιλογή των δομικών υλικών
- Την ηλιοπροστασία του κτιρίου μέσω διαφόρων συστημάτων σκίασης.

<sup>1</sup> <http://www.eipak.org/pathitiko-ktirio-passive-house>, το (2012)

<sup>2</sup> [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic.htm)



## 1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα παθητικών κτιρίων

### Πλεονεκτήματα <sup>3</sup>

- Μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων μεγαλύτερη από 80 και 90%
- Άμεσα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας
- Άριστη ποιότητα διαβίωσης των ενοίκων (εισαγωγή καθαρού αέρα με το σύστημα εξαερισμού, μείωση σκόνης, μικροβίων και οσμών)
- Μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα
- Μείωση της χρήσης πετρελαίου και φυσικού αερίου για την θέρμανση του κτιρίου
- Επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου λόγω της σταθερής θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται
- Χρήση οικονομικών και μικρών σε μέγεθος μηχανολογικών εγκαταστάσεων
- Υψηλό επίπεδο ηχομόνωσης
- Αύξηση του χρόνου ζωής του κτιρίου
- Χαμηλό κόστος συντήρησης
- Οικονομικά προσιτό (επιπλέον κόστος κατασκευής κυμαίνεται 5 με 10% παραπάνω από το κόστος κατασκευής ενός συμβατικού κτιρίου)

### Μειονεκτήματα <sup>4</sup>

- Κίνδυνος θερμικών απωλειών αλλά και ύπαρξη θορύβου στην περίπτωση κακής εγκατάστασης και κατασκευής.
- Περιορισμός του ωφέλιμου χώρου λόγω μεγαλύτερης τοιχοποιίας.
- Υψηλό κόστος θερμικών ηλιακών συστημάτων και παραθύρων
- Δυσκολία μετατροπής ενός παλαιού συμβατικού κτιρίου σε παθητικό λόγω οικονομικών ή και χωροταξικών περιορισμών.
- Είναι αναγκαία η ύπαρξη υψηλού αρχικού κεφαλαίου για τη κατασκευή του
- Έλλειψη έμπειρων σχεδιαστών και εργολάβων για την κατασκευή παθητικών κτιρίων

<sup>3</sup> [http://www.triedrasi.gr/index.php/pathitiko\\_ktirio.html](http://www.triedrasi.gr/index.php/pathitiko_ktirio.html)

<sup>4</sup> <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>



### 1.3 Ιστορική αναδρομή στα παθητικά κτίρια

#### Ιστορία των παθητικών κτιρίων στο εξωτερικό

Τα παθητικά κτίρια πρωτοεμφανίσθηκαν ως ορολογία και ιδέα πριν 20 χρόνια στο *Darmstadt* της Γερμανίας από τους καθηγητές (Wolfgang Feist και Bo Adamson 1990). Φυσικά τα παθητικά κτίρια υπήρχαν πολύ πριν πάρουν την τωρινή τους ονομασία και χαρακτηριστικά. Σε πολλές διαφορετικές κλιματικές περιοχές (πχ. Ιράν, Πορτογαλία και Κίνα) ανά τον κόσμο είχαν κατασκευαστεί κτίρια που μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία των παθητικών κτιρίων. Κατά των μεσαίωνων, στην Ισλανδία κατασκευάζονταν κτίρια τα λεγόμενα *turf houses* όπου είναι δομημένα με ξύλο. Αυτό τα τοποθετεί στην κατηγορία των παθητικών κτιρίων αν και δεν είχαν ούτε τα απαραίτητα παράθυρα ούτε τον σωστό εξαιρισμό. Τον περασμένο αιώνα έχουμε πιο συστηματικές μελέτες πάνω στα παθητικά κτίρια και πιο συγκεκριμένα το 1973 στη Κοπεγχάγη της Δανίας, όπου ο καθηγητής *Vagn Korsgaard* πραγματοποίησε προσομοιώσεις και βελτιστοποίησε σχέδια με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί το πρώτο μηδενική ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο ή αλλιώς *zero energy house*. Όπου στη συνέχεια έδωσε την θέση του στο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο ή αλλιώς *low energy house*. Εκτός από την Δανία οι μελέτες συνεχίστηκαν την δεκαετία του '70 στην Γερμανία και στις Η.Π.Α. Τελικά τα παθητικά κτίρια αρχίζουν να παίρνουν την σημερινή τους υπόσταση στα τέλη της δεκαετίας του '80 και την δεκαετία του '90. Όπου την πρωτοπορία στην μελέτη και την κατασκευή παθητικών κτιρίων την έχουν η Σουηδία και η Γερμανία με κατασκευές στο *Ingolstadt – Halmstadt* από τον αρχιτέκτονα *Hans Eek* το 1985.<sup>5</sup> Η κατασκευή του πρώτου παθητικού κτιρίου με τα σημερινά χαρακτηριστικά έγινε το 1991 στο *Kranichstein* από τους *Bo Adamson* και *Gerd Hauser* μαζί με ομάδα επιστημόνων του '*Passive House Preparatory Research Project*'. Αυτή τη στιγμή παγκοσμίως υπάρχουν πάνω από 40.000 παθητικά κτίρια.<sup>6</sup>

#### Ιστορία των παθητικών κτιρίων στη Ελλάδα

Στην Ελλάδα σε αντίθεση με το εξωτερικό, έχει να επιδείξει μόνο τρία πιστοποιημένα παθητικά κτίρια, όπου βρίσκονται και τα τρία στην περιοχή του Βόλου.<sup>7</sup> Τα τρία αυτά κτίρια είναι κατοικίες κατασκευασμένες το 2012. Επίσης στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί κατοικίες που πληρούν τα κριτήρια του παθητικού κτιρίου αλλά δεν έχουν λάβει την πιστοποίηση του παθητικού ινστιτούτου. Μόλις τα τελευταία δύο χρόνια έχουν αρχίσει να αναδεικνύονται τα παθητικά κτίρια. Κυρίως μέσω νομοθεσιών που έχουν κατατεθεί και γενικότερα από την είσοδο των παθητικών κτιρίων στην ενεργειακή πολιτική της κυβέρνησης. Τους τελευταίους μήνες του 2014 είχαν αρχίσει συνομιλίες μεταξύ του υπουργού περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής με τραπεζικούς οργανισμούς με στόχο την ευκολότερη και όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιδότηση ιδιοκτητών που θέλουν να αναβαθμίσουν ενεργειακά τα ακίνητά τους.

<sup>5</sup> [http://passipedia.passiv.de/passipedia\\_en/basics/the\\_passive\\_house\\_-\\_historical\\_review](http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/the_passive_house_-_historical_review)

<sup>6</sup> <http://zscience.gr/en/blog/88-to-pathitiko-ktirio>

<sup>7</sup> <http://passivhausprojekte.de/index.php?lang=en>



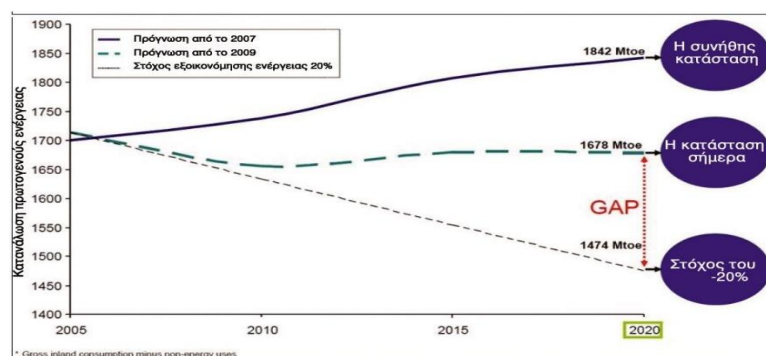
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η αγορά του παθητικού κτιρίου στα πρώτα της βήματα, αυξανόταν με πολύ χαμηλούς ρυθμούς κυρίως στη βόρεια Ευρώπη όπου δημιουργήθηκε η ιδέα. Τα τελευταία χρόνια όμως λόγω της αύξησης του κόστους της ενέργειας οι χώρες και οι κοινωνίες μεταστρέφονται όλο και περισσότερο στην κατασκευή κτιρίων σύμφωνα με το πρότυπο του passive house. Αυτή τη στιγμή με την οικονομική κρίση να μαστίζει σχεδόν όλο τον κόσμο και κυρίως την Ευρώπη, ο τομέας των παθητικών κτιρίων καταγράφει σημαντική άνοδο και είναι το μόνο κομμάτι του κατασκευαστικού κλάδου που παρατηρείται ανάπτυξη. Σε αυτή την ανάπτυξη έχουν συνεισφέρει η αύξηση του κόστους της ενέργειας, η πιθανή μελλοντική φορολόγηση της εκπομπής CO<sub>2</sub>, η σημαντική μείωση λογαριασμών ενέργειας (έως και 90%) και η αναζήτηση πιο άνετων συνθηκών διαβίωσης. Επίσης σημαντικό ρόλο έχει παίξει και η νομοθεσία που έχει επιβάλει η Ευρωπαϊκή Ένωση όπου αναγκάζει τα κράτη μέλη όλα τα νέα δημόσια κτίρια που κατασκευάζουν να είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2018 και όλα τα νέα κτίρια μέχρι το 2020.<sup>8</sup> Οπότε η ανάπτυξη του κλάδου των παθητικών κτιρίων θεωρείται σχεδόν δεδομένη τα επόμενα χρόνια. Στην Ελλάδα η εισαγωγή των παθητικών κτιρίων ξεκίνησε μόλις τα τελευταία 2 χρόνια με τις πρώτες κατασκευές να γίνονται το 2012. Η αγορά των παθητικών κτιρίων στην Ελλάδα αν και βρίσκεται σε πολύ νέο στάδιο, παρατηρείται μια μικρή άνοδος. Επίσης μελλοντικά διαφαίνεται ραγδαία ανάπτυξη στο τομέα, μιας και οι καλές κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας σε συνδυασμό με τους λόγους που αναφερθήκανε παραπάνω δίνουν το επιπλέον κίνητρο στη κοινωνία να εφαρμόσει το πρότυπο του παθητικού κτιρίου σε όλες τις κατασκευές της.

Στο *Διάγραμμα 1* παρουσιάζεται η πρόβλεψη για εξοικονόμηση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση με βάση την κοινοτική νομοθεσία του 2012 και το κενό που έχει να καλυφθεί.

*Διάγραμμα 1. Πρόβλεψη κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας<sup>9</sup>*



<sup>8</sup> <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>

<sup>9</sup> [http://www.europa.eu/rapid/press-release MEMO-11-440 en.htm?locale=en](http://www.europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-440_en.htm?locale=en)

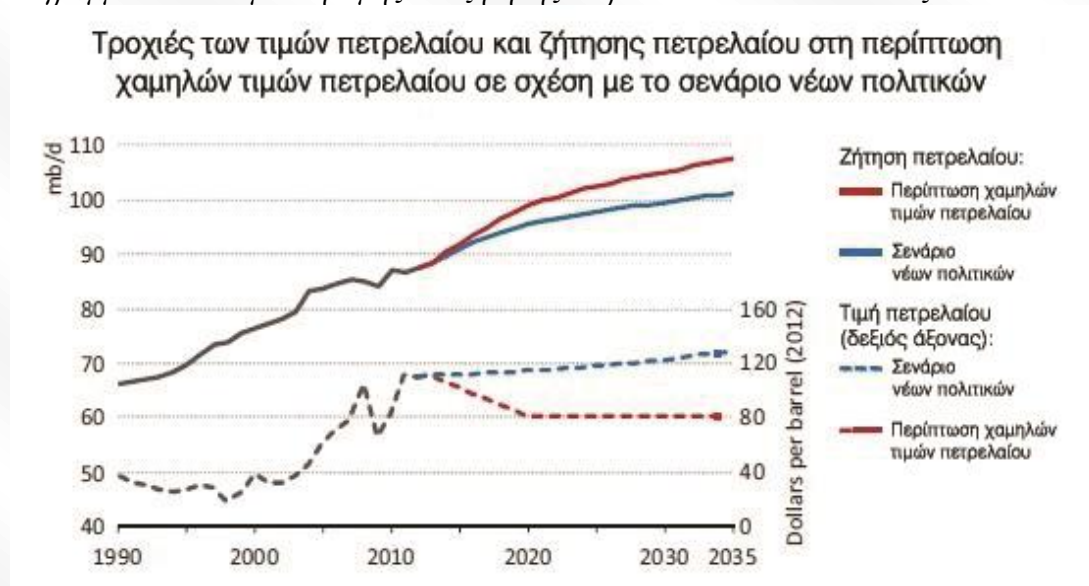


Στην *Εικόνα 1* παρουσιάζεται η διαμόρφωση των τιμών της ενέργειας από το 2005 μέχρι το 2012. Και παρατηρούμε την σημαντική αύξηση των τιμών της ενέργειας κυρίως στην Ευρώπη. Για αυτό και καθίσταται ένας από τους βασικότερους λόγους στην ταχύτατη εξάπλωση των παθητικών κτιρίων.

*Εικόνα 1. Διαμόρφωση τιμών ενέργειας σε Ε.Ε. και Η.Π.Α<sup>10</sup>*



*Διάγραμμα 2. Διακύμανση τιμής και ζήτησης πετρελαίου σε δύο υποθέσεις<sup>11</sup>*



Στο *Διάγραμμα 2* παρουσιάζεται μια πρόβλεψη για την πορεία της τιμής και ζήτησης του πετρελαίου από το 1990 μέχρι το 2035 και οι διαφορές μεταξύ της υπόθεσης χαμηλής τιμής πετρελαίου και σεναρίων νέων πολιτικών. Από τη συγκεκριμένη πρόβλεψη εξάγουμε τρία συμπεράσματα:

<sup>10</sup> [http://www.europa.eu/rapid/press-release\\_gr.htm?locale=gr](http://www.europa.eu/rapid/press-release_gr.htm?locale=gr)

<sup>11</sup> <http://www.slideshare.net/mobile/OrkestralVC/global-local-v2-35837146>



- Οι τιμές του πετρελαίου διαφαίνεται ότι θα συνεχίσουν να παίζουν σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό τομέα.
- Οι τιμές του πετρελαίου είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα παραμείνουν σε υψηλά επίπεδα.
- Οι τιμές θα καθορίζονται παγκόσμια σε διεθνές επίπεδο.

Από τα τρία συμπεράσματα διαφαίνεται αναγκαία η εύρεση τρόπων να μειωθεί η εξάρτηση της ανθρωπότητας από το πετρέλαιο. Το παθητικό κτίριο προσφέρει μια σημαντική λύση στο τρόπο κατασκευής των κτιρίων, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση πετρελαίου για θέρμανση μέσω της εφαρμογής ανανεώσιμων και παθητικών συστημάτων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

#### 3.1 Νομοθεσία στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω των οδηγιών και των κανονισμών που έχει θεσπίσει και έχει βάλει σε εφαρμογή για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και μείωση της εκπομπής των ρύπων. Έχει αναδείξει τα παθητικά κτίρια ως μια από τις καλύτερες λύσεις στην επίτευξη των στόχων αυτών, μιας και τα κτίρια καταναλώνουν πάνω από το 40% της ενέργειας στη Ευρωπαϊκή Ένωση. Γενικότερα οι στόχοι που έχουν οριστεί και πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2020 είναι<sup>12</sup>:

- ✓ 20% μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα επίπεδα τους το 1990.
- ✓ 20% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.
- ✓ 20% αύξηση στην παραγόμενη από Α.Π.Ε. ενέργεια.

##### *A) Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου*

Είναι η πρώτη οδηγία για τα κράτη-μέλη εκδόθηκε στις 16 Δεκεμβρίου του 2002 και αφορούσε την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Στόχος της ήταν με βάση τις κλιματικές συνθήκες κάθε χώρας μέλους να γίνει η απαραίτητη αναβάθμιση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων της.

##### *B) Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου*

Η συγκεκριμένη οδηγία αφορά και πάλι την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και ουσιαστικά είναι μια αναδιατύπωση της οδηγίας 2002/91/ΕΚ.

##### *Γ) Κανονισμός 244/2012/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου*

Ο κανονισμός συμπληρώνει την οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με την καθιέρωση συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου που θα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βέλτιστου κόστους των κατώτατων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των δομικών υλικών τους.

##### *Δ) Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου*

Αφορά την ενεργειακή απόδοση και καταργεί τις οδηγίες 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ και τροποποιεί τις 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ. Η οδηγία αναφέρει υποχρεωτικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας όπως για παράδειγμα:

ι) Κάθε κράτος μέλος θα πρέπει να αγοράζει ενεργειακά αποδοτικά κτίρια και προϊόντα για τις δημόσιες υπηρεσίες του, και να ανακαινίζουν το 3% των κτιρίων αυτών κάθε χρόνο.

<sup>12</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm)



ii) Οι δημόσιες επιχειρήσεις θα πρέπει να ενθαρρύνουν τους πολίτες να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας με την εφαρμογή βελτιώσεων στην ενεργειακή απόδοση (π.χ. εγκατάσταση μονωτικού υλικού στα κτίρια).

iii) Θα πραγματοποιείται ενεργειακός έλεγχος των μεγάλων επιχειρήσεων κάθε τρία χρόνια.

iv) Κάθε κράτος μέλος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κατά την κοστολόγηση της διανεμημένης ενέργειας προς τους πολίτες (Ενεργειακή ταυτότητα κτιρίων).

### 3.2 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα όπου το 60% της ενέργειας καταναλώνεται από κτίρια, η εφαρμογή των παθητικών κτιρίων κρίνεται αναγκαία. Για αυτό και η Ελλάδα ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούταν σύμφωνα με τον κανονισμό του 2010, τον Ιανουάριο του 2013 για τα δημόσια κτίρια και τον Ιούλιο του 2013 για τα ιδιωτικά, να θέσει προς έγκριση μελέτη που θα προσδιορίζει τις βέλτιστες τιμές στα μεγέθη των δομικών υλικών.

Υπόλοιπες νομοθεσίες που ίσχυαν ή ισχύουν ακόμα στην Ελλάδα είναι<sup>13</sup>:

*A) Ν. 1577/1985 (ΦΕΚ Α' 210/1985)*

Είναι ο γενικός οικοδομικός κανονισμός (Γ.Ο.Κ.) του 1985. Όπου καθορίζει όρους, περιορισμούς και προϋποθέσεις ώστε να πραγματοποιηθεί μια κατασκευή εντός ή εκτός του σχεδίου πόλης.

*B) Ν. 2831/2000 (ΦΕΚ Α' 140/2000)*

Ο συγκεκριμένος νόμος του 2000 τροποποιεί τον γενικό οικοδομικό κανονισμό. Πιο συγκεκριμένα τροποποιείται το άρθρο 9 που αφορά τα βιοκλιματικά κτίρια και το άρθρο 17 που αφορά εγκαταστάσεις παθητικών και ενεργειακών ηλιακών συστημάτων.

*Γ) Ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89/2008)*

Ο νόμος του 2008 όριζε μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Επίσης όριζε την ενεργειακή απόδοση και την ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων.

*Δ) Ν. 3818/2010 (ΦΕΚ Α' 17/2010)*

Στο άρθρο 6 του συγκεκριμένου νόμου οριζόταν η σύσταση ειδικής γραμματείας επιθεώρησης περιβάλλοντος και ενέργειας, όπου θα είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο και την διαδικασία έκδοσης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

*Ε) Ν. 3843/2010 (ΦΕΚ Α' 62/2010)*

<sup>13</sup> <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=u2VM2IzaXIc%3D&tabid=508>





Στον συγκεκριμένο νόμο του 2010 ορίζεται η ενεργειακή ταυτότητα των κτιρίων.

*Ζ) Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85/2010)*

Μέσω του νόμου 3851 αποσκοπείτε η αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των Α.Π.Ε. με στόχο την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Καθώς και αλλαγές σε θέματα που είναι στην ευθύνη του υπουργείου περιβάλλοντος και ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ορίστηκαν οι στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020, η εφαρμογή Α.Π.Ε. στα κτίρια καθώς και η κοστολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές.

*Η) Αριθμ.Δ6/Β/οικ. 5825 (ΦΕΚ Β' 407/2010)*

Ορισμός του κανονισμού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.). Νομοθετείται ο ενεργειακός σχεδιασμός για τα κτίρια, με στόχο την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους.

*Θ) Π.Δ. 72/10 (ΦΕΚ Α' 132/2010)*

Συγκρότηση της υπηρεσίας επιθεωρητών ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ.).

*Ι) Π.Δ. 100/2010 (ΦΕΚ Α' 177/2010)*

Ορισμός απαιτούμενων προσόντων και αδειών για ενεργειακούς επιθεωρητές.

*Κ) Υ.Α. οικ. 17178/2010 (ΦΕΚ Β' 1387/2010)*

Η υπουργική απόφαση του 2010 εγκρίνει τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.) για την βοήθεια στην εφαρμογή του κανονισμού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> <http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/nomoi-kai-protypa>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΔΙΑΒΙΩΣΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

#### 4.1 Συνθήκες άνετης διαβίωσης στο παθητικό κτίριο

Με τον όρο άνετη διαβίωση εννοούμε την διάθεση που δημιουργείται στον ή στους ενοίκους κυρίως από την θερμική άνεση που προσφέρει το κτίριο. Δηλαδή θα πρέπει το κτίριο να έχει μια συγκεκριμένη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου σε αναλογία με την θερμοκρασία που επικρατεί στο περιβάλλον. Στην περίπτωση των παθητικών κτιρίων υπάρχουν κάποια βασικά κριτήρια που πρέπει να πληρούνται. Τα βασικά κριτήρια είναι τρία:

- *Αερισμός*, όπου πρέπει να είναι  $30 \text{ m}^3$  ανά άτομο την ώρα και η μέγιστη ταχύτητα του αέρα να είναι  $0,1 \text{ m/s}$  ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία ρευμάτων αέρα και να μειωθεί η ενέργεια που χρειάζεται για να κινηθεί ο αέρας στο χώρο.
- *Ελάχιστη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας*, θα πρέπει να επιτυγχάνεται μια διαφορά στην θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου με αυτή του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα όταν έχουμε εξωτερική θερμοκρασία  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  θα πρέπει να επιτυγχάνεται θερμοκρασία άνω των  $17 \text{ }^\circ\text{C}$  στις εσωτερικές επιφάνειες.
- *Όριο υπερθέρμανσης*, σ' αυτό το κριτήριο δεν θα πρέπει η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου να ξεπερνάει τους  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  για περισσότερο από 10% ημερησίως το χρόνο.

Για να δεχθούμε ότι τα επίπεδα άνεσης είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα υπάρχει ένα μεγάλο εύρος συνδυασμών των τριών παραπάνω κριτηρίων. Αυτό το εύρος συνδυασμών ονομάζεται εύρος άνεσης. Οι βασικές προϋποθέσεις για να είμαστε μέσα σε αυτό το εύρος άνεσης είναι:

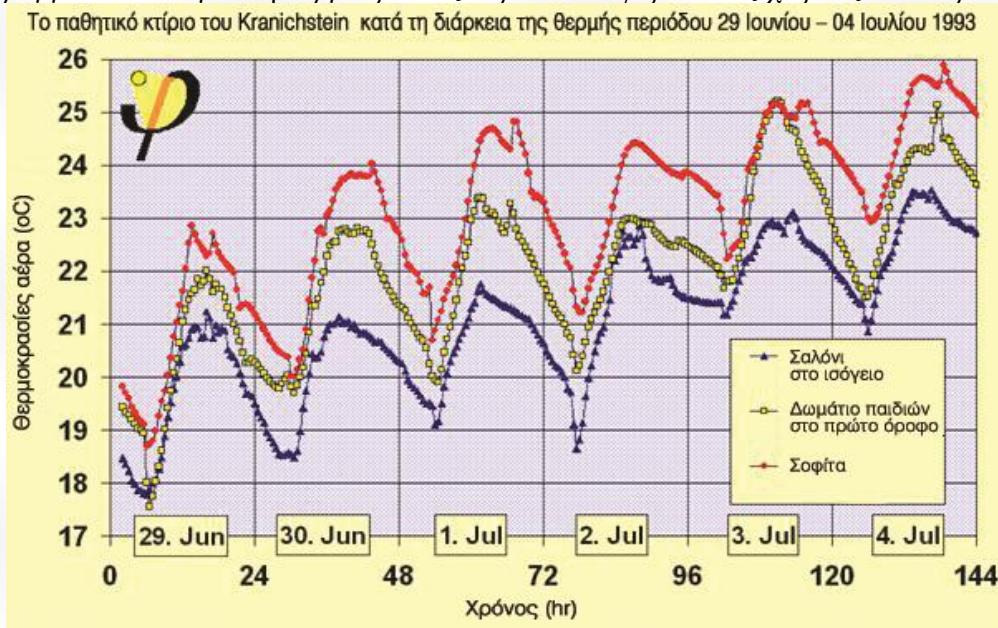
- Να μην έχουμε υπέρβαση του ορίου πνιγηρότητας σε σχέση με την υγρασία του αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.
- Η ταχύτητα του αέρα να μην ξεπερνάει τα προκαθορισμένα όρια.
- Η διαφορά της θερμοκρασίας ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας του αέρα να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.
- Η διαφορά της θερμοκρασίας ακτινοβολίας σε διάφορες κατευθύνσεις (γνωστή και ως ασυμμετρία θερμοκρασίας ακτινοβολίας) να παραμένει μικρή (κάτω από  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Η διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου να μην ξεπερνάει τους  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  μεταξύ της κεφαλής και των αστραγάλων ενός καθισμένου ατόμου.



ο Οι αισθητές θερμοκρασίες κατά την αλλαγή δωματίων να μην ξεπερνούν τους  $0,8^{\circ}\text{C}$  σε διαφορετικές θέσεις στον χώρο.<sup>15</sup>

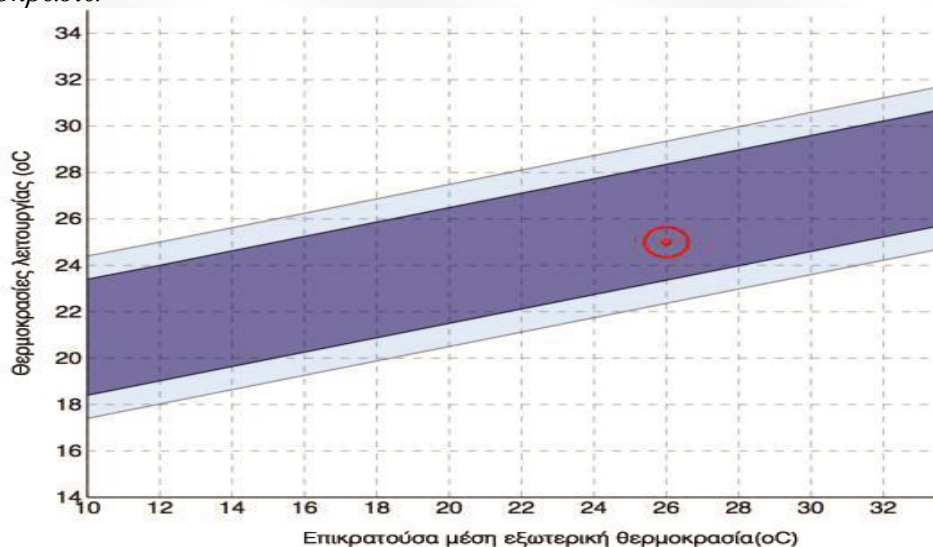
Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η θερμοκρασία του αέρα σε χρονικό διάστημα ωρών και ημερών. Επίσης παρατηρείται στο διάγραμμα η μικρή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των τριών χώρων του κτιρίου.

Διάγραμμα 3. Διακύμανση θερμοκρασίας αέρα σε διαφορετικούς χώρους του κτιρίου<sup>16</sup>



Στο Διάγραμμα 4 δίνεται το εύρος στο οποίο πρέπει να βρίσκεται η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου σε σχέση με την επικρατούσα μέση εξωτερική θερμοκρασία.

Διάγραμμα 4. Σχέση εσωτερικής θερμοκρασίας χώρου με την μέση εξωτερική θερμοκρασία<sup>17</sup>



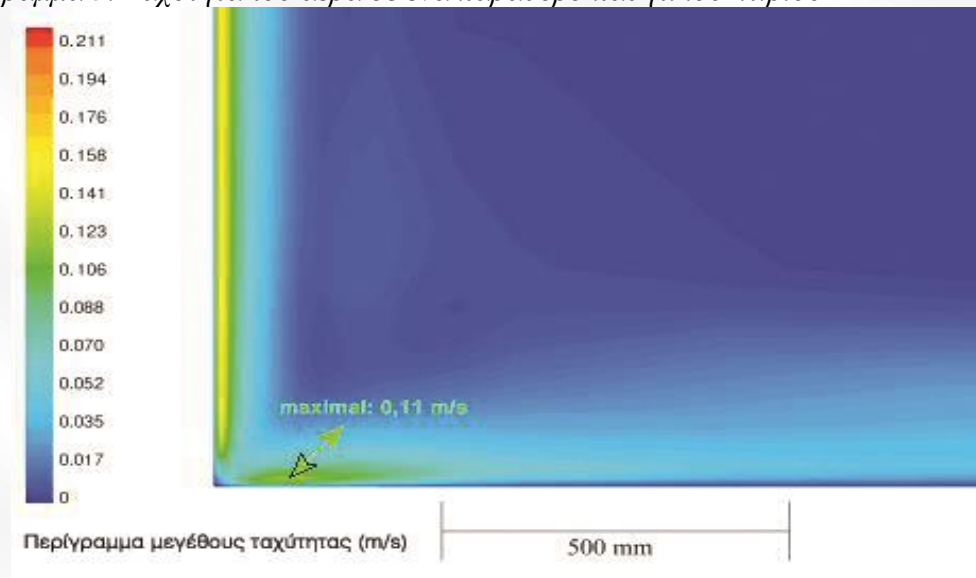
<sup>15</sup> [http://www.passipedia.org/basics/building\\_physics\\_-\\_basics/thermal\\_comfort](http://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/thermal_comfort)

<sup>16</sup> <http://www.passipedia.org/doku.php?id=basics:summer>

<sup>17</sup> <http://www.passipedia.org>



Διάγραμμα 5. Ταχύτητα του αέρα σε ένα παράθυρο παθητικού κτιρίου<sup>18</sup>



Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η ταχύτητα του αέρα δίπλα σε ένα παράθυρο παθητικού κτιρίου. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ταχύτητα του αέρα δημιουργείται στο πάτωμα όπου δεν ξεπερνάει τα 0,11 m/s.

Διάγραμμα 6. Διαστρωμάτωση θερμοκρασίας μονωμένου κουφώματος με τριπλά τζάμια<sup>19</sup>



Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας σε ένα δωμάτιο που χρησιμοποιούνται παράθυρα παθητικού κτιρίου. Παρατηρείται η μικρή θερμοκρασιακή διαφορά ανά διαστρωμάτωση που οφείλεται στην πολύ καλή μόνωση του.

<sup>18</sup> [http://www.passipedia.org/basics/building\\_physics\\_-\\_basics/thermal\\_comfort/local\\_thermal\\_comfort](http://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/thermal_comfort/local_thermal_comfort)

<sup>19</sup> [http://www.passipedia.org/basics/thermal\\_comfort/thermal\\_comfort\\_parameters](http://www.passipedia.org/basics/thermal_comfort/thermal_comfort_parameters)



#### 4.2 Σύγκριση παθητικού κτιρίου και συμβατικού σύμφωνα με το τρόπο λειτουργίας τους και διαφορές στις συνθήκες διαβίωσης

Όπως και στο υπό μελέτη κτίριο έτσι και σε ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων στην Ελλάδα ο τρόπος λειτουργίας τους είναι προβληματικός, πολύ ενεργοβόρος και κατά συνέπεια και πολύ κοστοβόρος. Αυτό ευθύνεται στη κακή αρχιτεκτονική των κτιρίων που δεν συνάδει με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, στην κακή μόνωση τους, στο υψηλό ποσοστό χρήσης ορυκτών καυσίμων για τη θέρμανση τους και στη χρήση πολύ ενεργοβόρων ηλεκτρικών συσκευών. Επίσης σημαντικό ρόλο στην κακή λειτουργία των κτιρίων παίζει και η χρήση κουφωμάτων, παραθύρων αλλά και πορτών που δεν προσφέρουν την απαραίτητη αεροστεγανότητα και θερμομόνωση. Στον αντίποδα το παθητικό κτίριο εκμεταλλεύεται τον έξυπνο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό με την δημιουργία μεγάλων ανοιγμάτων προς νότο και μικρών στο βορρά και συνδυάζοντας ένα πλήθος παθητικών συστημάτων όπως:

- 1) Υψηλής ποιότητας μόνωση τοιχοποιίας
- 2) Low-e παράθυρα και κουφώματα
- 3) Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας
- 4) Συστήματα σκίασης
- 5) Ηλιοθερμικό σύστημα

Η χρήση των παραπάνω συστημάτων προσφέρει στους ενοίκους του παθητικού κτιρίου:

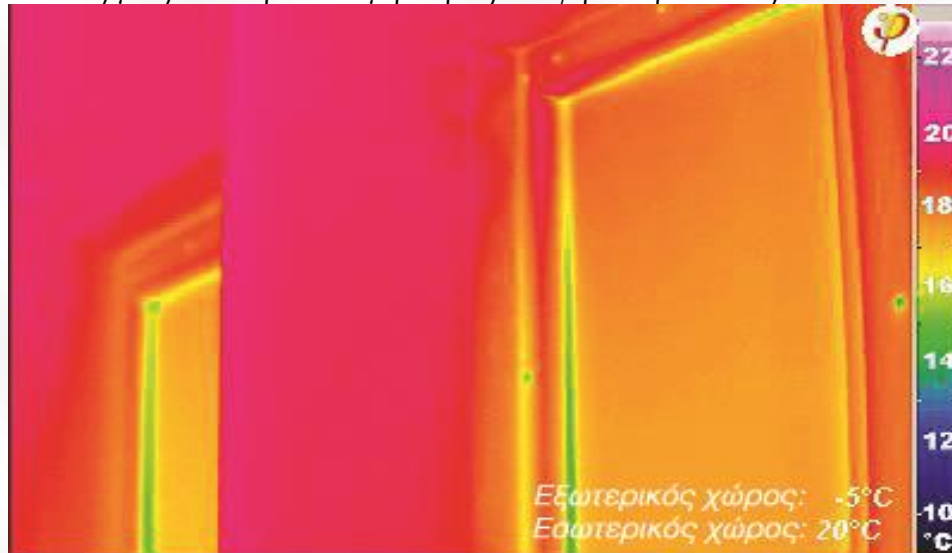
- Σταθερή και συνεχή ανανέωση του αέρα σε όλους του χώρους του κτιρίου.
- Αποφυγή οσμών εντός του κτιρίου λόγω της συνεχούς παροχής φρέσκου αέρα.
- Σταθερή εσωτερική θερμοκρασία χώρου και παράλληλα εύκολη και μη ενεργοβόρα θέρμανση του κτιρίου.
- Αισθητή μείωση της υγρασίας στον χώρο.

Στις παρακάτω εικόνες θα παρατηρήσουμε τις θερμοκρασίες που εμφανίζονται στα παράθυρα αλλά και στον χώρο τριών διαφορετικών κτιρίων.



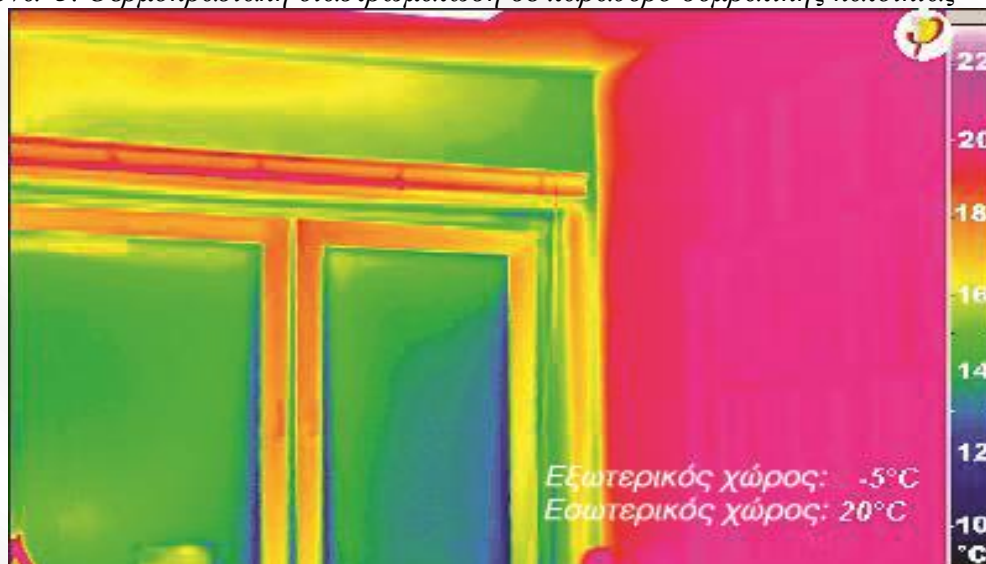
Στην *Εικόνα 2* έχουμε ένα παθητικό κτίριο και βλέπουμε τις θερμοκρασίες που υπάρχουν στα παράθυρα αλλά και στον χώρο του κτιρίου. Παρατηρείται η πολύ καλή θερμομόνωση και η μικρή θερμοκρασιακή διαφορά στις επιφάνειες με μέση θερμοκρασία επιφανειών λίγο πάνω από τους 17 °C.

*Εικόνα 2. Θερμοκρασιακή κατανομή στην πρόσοψη παθητικού κτιρίου<sup>20</sup>*



Στην *Εικόνα 3* έχουμε μια παλιά συμβατική κατασκευή που χρησιμοποιούνται διπλά τζάμια. Παρατηρείται η κακή μόνωση που προσφέρουν τα τζάμια και η χαμηλή μέση θερμοκρασία επιφανειών οπου βρίσκεται κάτω από τους 14 °C.

*Εικόνα 3. Θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση σε παράθυρο συμβατικής κατοικίας<sup>21</sup>*



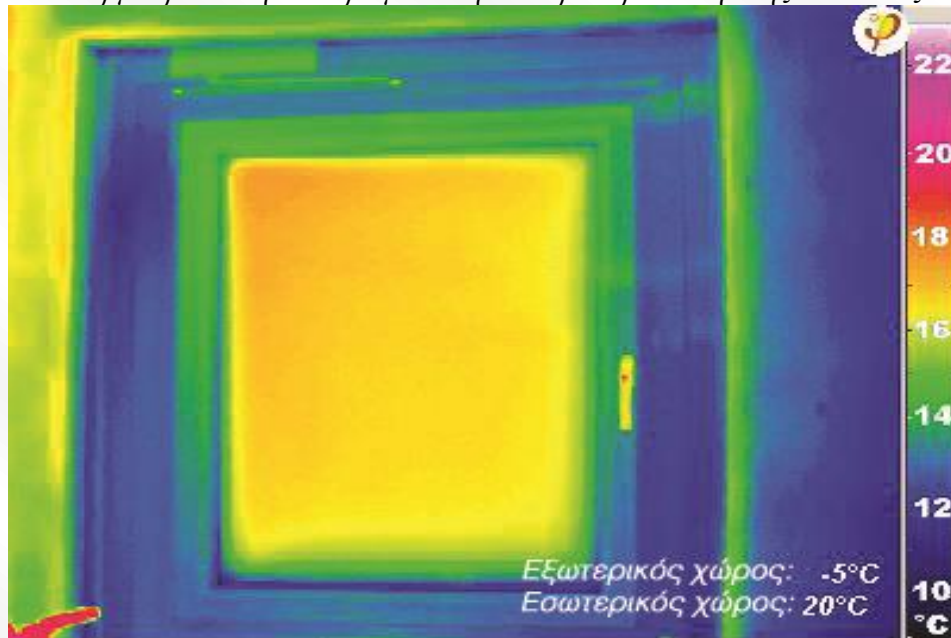
<sup>20</sup> [http://www.passipedia.org/basics/building\\_physics\\_-\\_basics/thermal\\_comfort](http://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/thermal_comfort)

<sup>21</sup> [http://www.passipedia.org/basics/building\\_physics\\_-\\_basics/thermal\\_comfort](http://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/thermal_comfort)



Στην *Εικόνα 4* έχουμε μια καινούργια εγκατάσταση παραθύρου με διπλό τζάμι low-e. Παρατηρείται η πολύ καλή μόνωση που προσφέρει το τζάμι με θερμοκρασίες επιφανειών που ξεπερνάνε τους 16 °C, αλλά παρατηρείται επίσης και η πολύ κακή μόνωση που προσφέρει το συμβατικό κούφωμα που έχει τοποθετηθεί.

*Εικόνα 4. Θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση σε παράθυρο παθητικής κατοικίας<sup>22</sup>*



<sup>22</sup> [http://www.passipedia.org/basics/building\\_physics\\_-\\_basics/thermal\\_comfort](http://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/thermal_comfort)



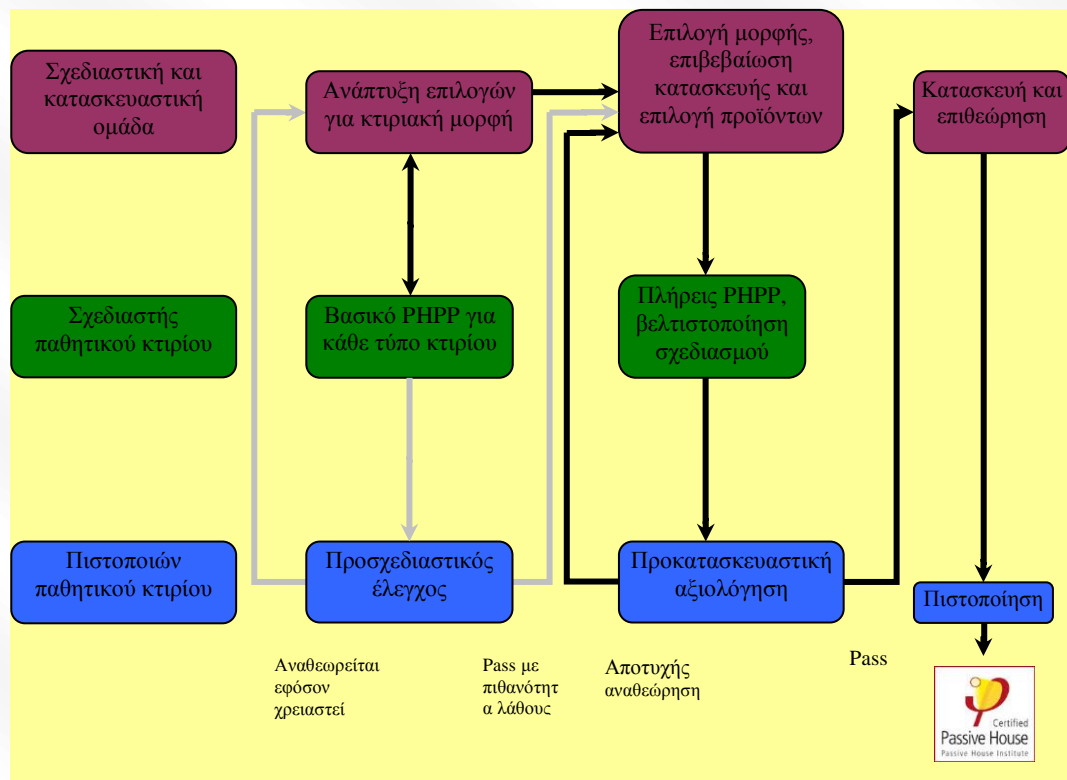
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Όλα τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης ή μη, για να αποκτήσουν και επισήμως τον τίτλο του παθητικού κτιρίου θα πρέπει να πληρούν κάποια κριτήρια. Τα κριτήρια για το παθητικό κτίριο έχουν δημιουργηθεί από το *Passive House Institute* που εδρεύει στην Γερμανία και έχουν υιοθετηθεί και από το *International Passive House Association*. Εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο με μικρές αλλαγές ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της κάθε χώρας. Στην Ελλάδα εφαρμόζονται τα κριτήρια του Κ.ΕΝ.Α.Κ. όπως έχουν ορισθεί από την νομοθεσία και σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της χώρας.

Εικόνα 5. Διαδικασία για κατασκευή και πιστοποίηση παθητικού κτιρίου

23







## 5.1 Κριτήρια για νεόδμητη κτιριακή κατασκευή σύμφωνα με το πρότυπο Passivhaus

Τα κριτήρια για νέα κατασκευή που πρέπει να πληρούνται για να δοθεί η πιστοποίηση παθητικού κτιρίου σύμφωνα με το (Passive House Institute) είναι:<sup>24</sup>

- Για θέρμανση

- Συγκεκριμένη ζήτηση θέρμανσης χώρου  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

ή εναλλακτικά - Φορτίο θέρμανσης  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$

- Για δροσισμό (συμπεριλαμβανομένης της αφύγρανσης)

- Συνολική ζήτηση ψύξης  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{aK}) * \text{DDH}$

ή εναλλακτικά

- Φορτίο ψύξης  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$  και

- Ζήτηση ψύξης  $\leq 4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{aK}) * \theta_e + 2 * 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{aK}) * \text{DDH} - 75 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

αλλά όχι μεγαλύτερη από:  $45 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{aK}) * \text{DDH}$

- ( $\theta_e$  ορίζεται ως η μέση ετήσια εξωτερική θερμοκρασία και μετράτε σε °C)

- (DDH ορίζονται ως βαθμοώρες ξηρότητας)

- Για κύρια ενέργεια

- Συγκεκριμένη κύρια ενέργεια για θέρμανση, δροσισμό, ζεστό νερό, βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια οικιακών και κοινών χώρων  $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- Για Αεροστεγανότητα

- αποτέλεσμα δοκιμής πίεσης,  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

<sup>24</sup> [http://www.passiv.de/en/02\\_passive-house-requirements.htm](http://www.passiv.de/en/02_passive-house-requirements.htm)



## 5.2 Κριτήρια για υφιστάμενο κτίριο με ανακαίνιση σύμφωνα με το πρότυπο Passivhaus

Για υπάρχοντα κτίρια για να μπορέσουν να γίνουν παθητικά θα πρέπει να γίνει ανακαίνιση (στα αγγλικά *refurbishment*), όπως και στο κτίριο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η μελέτη μας. Τα κριτήρια για να γίνει ένα κτίριο παθητικό μέσω ανακαίνισης διαφέρουν μόνο στην περίπτωση που το κτίριο δεν πληρεί τα κριτήρια που ισχύουν και για τα νεόδμητα. Σε αυτή την περίπτωση η πιστοποίηση θα γίνει σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζονται στο EnerPHit και του EnerPHit<sup>+</sup>. Το EnerPHit<sup>+</sup> χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση που παραπάνω από το 25 % της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου έχει εσωτερικά μόνωση.

Τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για να πιστοποιηθεί ένα υπάρχων κτίριο ως παθητικό σύμφωνα με το (Passive House Institute) χωρίζονται με βάση δύο κατηγορίες (η δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιείται ως εναλλακτική της πρώτης):<sup>25</sup>

*A) Πιστοποίηση βασισμένη στις απαιτήσεις ζήτησης θέρμανσης*

- Ζήτηση θέρμανσης:  $Q_H \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

*B) Πιστοποίηση βασισμένη στις απαιτήσεις για επιμέρους δομικά στοιχεία*

- Κέλυφος του κτιρίου

Για εξωτερική μόνωση:  $f_t * U \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Για εσωτερική μόνωση:  $f_t * U \leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

◦ Με συντελεστή θερμοκρασίας ( $f_t$ ):

Σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα:  $f_t = 1$

Σε επαφή με το έδαφος: γίνεται χρήση του συντελεστή μείωσης του εδάφους από το πρόγραμμα PHPP

◦ Η χρήση εσωτερικής μόνωσης χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση που η χρήση εξωτερικής μόνωσης είναι αδύνατη ή πολυέξοδη σε σύγκριση με το κόστος του κύκλου ζωής της.

- Παράθυρα

Για το παράθυρο ως σύνολο:  $U_{W,installed} \leq 0.85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Για  $U_g$ -τιμή των υαλοπινάκων:  $g * 1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \geq U_g$

- Εξωτερικές πόρτες

$f_t * U_{D,installed} \leq 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

<sup>25</sup> Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components, 2013, σελ. 1-4



◦ Με συντελεστή θερμοκρασίας ( $f_t$ ):  
Σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα:  $f_t = 1$   
Σε επαφή με το έδαφος: γίνεται χρήση του συντελεστή μείωσης του εδάφους από το πρόγραμμα PHPP.

- Εξαερισμός

$$\eta_{HR,eff} \geq 75 \%$$

Η ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με βάση τον μέσο όγκο ροής που μεταφέρονται:  $\leq 0.45 \text{ Wh/m}^3$

*Πίνακας 1. Δευτερεύουσες απαιτήσεις πιστοποίησης ανακαινισμένου κτιρίου<sup>26</sup>*

- *Ενεργειακό Ισοζύγιο*

Το ενεργειακό ισοζύγιο μιας ανακαίνισης θα πρέπει να επιβεβαιώνεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα *Passive House Planning Package (PHPP)*, ώστε να δίνεται η πιστοποίηση.

- *Περιορισμοί για παλαιά κτίρια*

Μόνο παλαιά κτίρια που είναι δαπανηρά να ανακαινιστούν ή είναι πρακτικός αδύνατο να εφαρμοσθεί το πρότυπο του παθητικού κτιρίου που ισχύει και για τα νεόδμητα, θα πιστοποιείται σύμφωνα με τα κριτήρια του *EnerPHit*.

- *Περιοχή όπου βρίσκεται το κτίριο*

Μέχρι στιγμής, μόνο κτίρια που βρίσκονται σε κρύα και εύκρατα κλίματα (π.χ. Κεντρική Ευρώπη) θα μπορούν να πιστοποιούνται.

- *Ζήτηση κύριας ενέργειας*

$$Q_P \leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a} + ((Q_H - 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}) * 1.2)$$

Στη ζήτηση κύριας ενέργειας περιλαμβάνονται και η θέρμανση, η ψύξη, το ζεστό νερό χρήσης, η βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια, φωτισμός και άλλες χρήσεις του ηλεκτρικού.

- *Αεροστεγανότητα*

Όριο τιμών:  $n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1}$

<sup>26</sup> Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components, 2013, σελ. 5-8



Βέλτιστες τιμές:  $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$

• Προστασία ενάντια στην υγρασία

Θα πρέπει απαραίτητος όλες οι διατομές και οι συνδέσεις να σχεδιαστούν και να εκτελεστούν άψογα ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση αυξημένης υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.

• Θερμική άνεση

Αν δεν είναι εφικτό να επιτευχθούν τα ελάχιστα πρότυπα για θερμική άνεση όπως τα έχει ορίσει το ινστιτούτο παθητικού κτιρίου. Τότε θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω απαιτήσεις θερμικής άνεσης:

◇ Εξωτερικός τοίχος

$$f_t * U \leq 0.85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Με συντελεστή θερμοκρασίας ( $f_t$ ):

Σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα:  $f_t = 1$

Σε επαφή με το έδαφος: γίνεται χρήση του συντελεστή μείωσης του εδάφους από το πρόγραμμα PHPP

◇ Στέγη ή ανώτατο όριο οροφής

$$U \leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

◇ Δάπεδο

Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του δαπέδου θα πρέπει να είναι το λιγότερο  $17 \text{ }^\circ\text{C}$  (σύμφωνα με το υπολογιστικό πρόγραμμα PHPP).

$$U \leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

◇ Δάπεδο

Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του δαπέδου θα πρέπει να είναι το λιγότερο  $17 \text{ }^\circ\text{C}$  (σύμφωνα με το υπολογιστικό πρόγραμμα PHPP).



Πίνακας 2. Απαραίτητα έγγραφα για την πιστοποίηση ανακαινισμένου κτιρίου σε παθητικό κτίριο<sup>27</sup>

◇ Υπογεγραμμένο ΡΗΡΡ με τους απαραίτητους υπολογισμούς
◇ Έγγραφα προγραμματισμού για την σχεδίαση, την κατασκευή και την πολεοδομία
◇ Δικαιολογητικά και τεχνικές πληροφορίες, με πληροφορίες για τα προϊόντα αν ισχύουν
◇ Επιβεβαίωση μέσω μετρήσεων για την αεροστεγανότητα του κελύφους του κτιρίου
◇ Μηχανολογική ελεγκτική έκθεση για τον εξαιριστήρα ανάκτησης θερμότητας
◇ Έγγραφο με την διαδικασία κατασκευής σύμφωνα με το ΡΗΡΡ υπογεγραμμένη από τον υπεύθυνο της κατασκευής
◇ Φωτογραφίες που θα εμφανίζεται η πορεία κατασκευής του κτιρίου

### 5.3 Κριτήρια για πιστοποίηση κτιρίου σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ.



Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην Ελλάδα εφαρμόζονται μέσω νομοθεσίας τα κριτήρια του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (αναμένεται μέσα στο 2016 να γίνει αναθεώρησή του με πιο αυστηρά κριτήρια). Τα *Passive Houses* κατατάσσονται στην κατηγορία A+ του πίνακα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.

Σύμφωνα με την νομοθεσία όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα ανακαινιζόμενα θα πρέπει να έχουν ενεργειακή απόδοση ίση ή μεγαλύτερη από την κατηγορία B. Οι κατηγορίες που κατατάσσονται τα κτίρια χωρίζονται σύμφωνα με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς ( $R_R$ ) όπου αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη τιμή τα κατηγορίας B του πίνακα (Πίνακας 3). Το κτίριο αναφοράς ανήκει στην κατηγορία B του πίνακα της ενεργειακής απόδοσης και έχει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά όπου θα είναι και το μέτρο σύγκρισης για τα νέα ή ανακαινιζόμενα κτίρια.

<sup>27</sup> Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components, 2013, σελ. 9

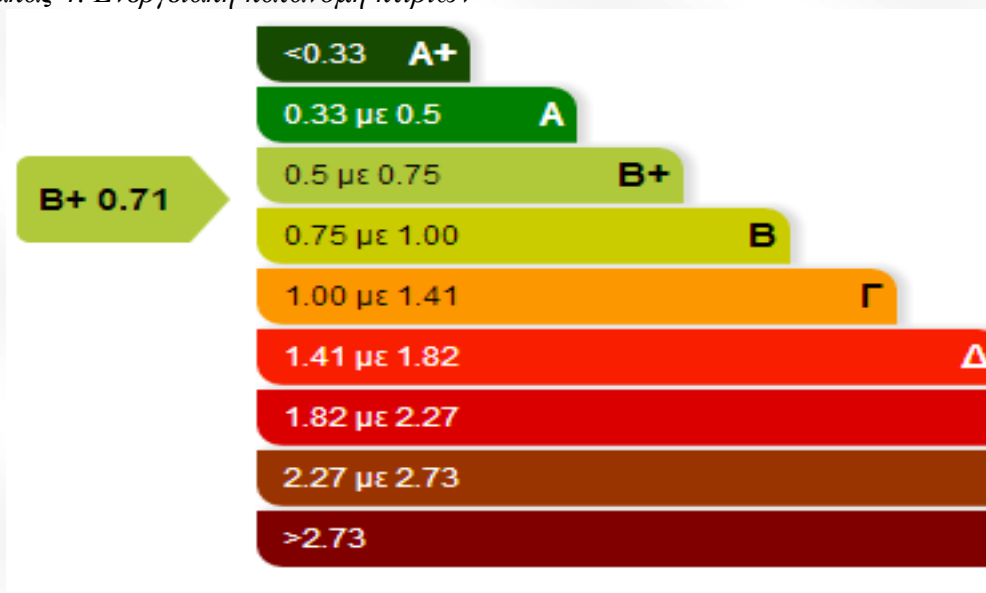


Πίνακας 3. Ενεργειακή απόδοση κτιρίων σύμφωνα με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας<sup>28</sup>

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,5R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,5R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,0R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,0R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Ο λόγος T είναι το πηλίκο της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (Πίνακας 3).

Πίνακας 4. Ενεργειακή κατανομή κτιρίων<sup>29</sup>



Τα κτίρια θα κατατάσσονται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες σύμφωνα με το χάρτη στην Εικόνα 5 και ανάλογα με την τοποθεσία όπου βρίσκονται ή πρόκειται να

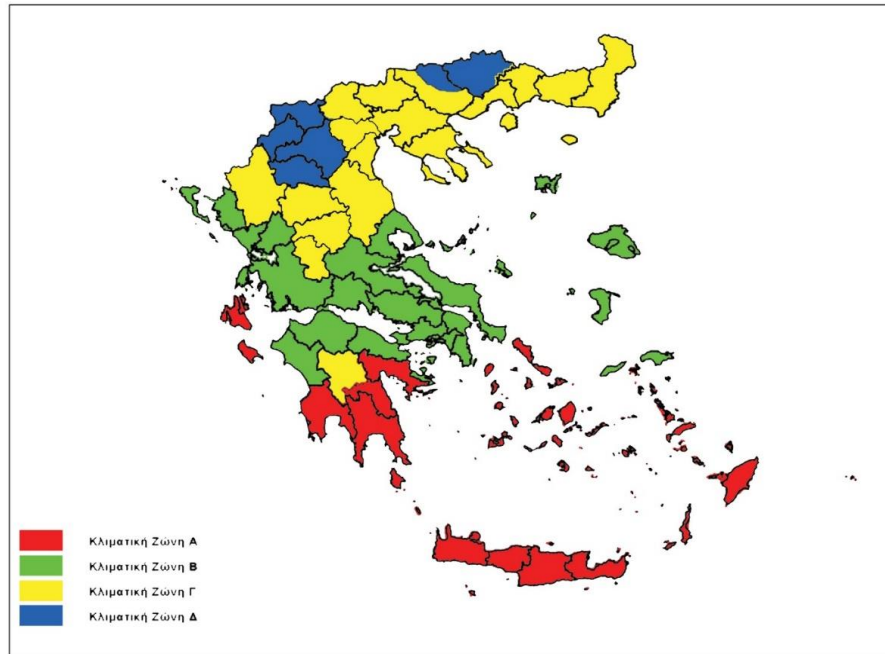
<sup>28</sup> Κ.ΕΝ.Α.Κ, 2010

<sup>29</sup> Κ.ΕΝ.Α.Κ, 2010



κτιστούν. Για τα κτίρια τα οποία θα κτιστούν ή βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500μ, έχει οριστεί ότι θα εντάσσονται στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή όπου βρίσκεται.

Εικόνα 5. Απεικόνιση κλιματικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.<sup>30</sup>



Σχήμα 1.1. Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

Επιπλέον ελάχιστες απαιτήσεις που έχουν οριστεί για να δίνεται πιστοποίηση σε ένα κτίριο από τους ενεργειακούς επιθεωρητές είναι:

#### 5.4 Κριτήρια για τον σχεδιασμό του κτιρίου

Πίνακας 5. Ελάχιστες απαιτήσεις σχεδιασμού κτιρίου για πιστοποίηση

- Θα πρέπει το κτίριο να έχει τη κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμό ώστε να αξιοποιεί στο μέγιστο τις τοπικές κλιματικές συνθήκες.
- Θα πρέπει να διαμορφωθεί ο περιβάλλοντας χώρος ώστε να βελτιωθεί το μικροκλίμα.
- Θα πρέπει να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις του ηλιασμού, του φυσικού φωτισμού και του φυσικού αερισμού.
- Κατάλληλη χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (π.χ. θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).

<sup>30</sup> Κ.ΕΝ.Α.Κ, 2010



- Ενσωμάτωση στο κτίριο τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος, όπως π.χ. άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος *Trombe*, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο).

- Ηλιοπροστασία κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

- Εισαγωγή τρόπων τεχνικού φωτισμού.

- Επίτευξη οπτικής άνεσης με τεχνικές και συστήματα φυσικού φωτισμού.

(Σε περίπτωση μη επίτευξης των ανωτέρω απαιτείται τεχνική τεκμηρίωση)

Πίνακας 6. Μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Πίνακας Γ.1: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, κατά κλιματική ζώνη

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U <sub>o</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U <sub>w</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (piloris)	U <sub>o</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>s</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U <sub>νε</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κτ)	U <sub>f</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U <sub>of</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

Για τα νέα ή ανακαινισμένα κτίρια θα πρέπει η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U<sub>m</sub> (W/(m<sup>2</sup>.K)) να μην ξεπερνά τα καθορισμένα όρια που δίνονται<sup>31</sup>. Είναι περίπου 10% πιο αυστηρά.

<sup>31</sup> Κ.ΕΝ.Α.Κ, 2010





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

#### 6.1 Δομικά υλικά κελύφους παθητικού κτιρίου

Το πρότυπο του παθητικού κτιρίου δεν ορίζει συγκεκριμένη μέθοδο κατασκευής και χρήσης δομικών υλικών για το κέλυφος του κτιρίου. Η επιλογή αυτή επαφίεται στους αρχιτέκτονες κατά τον σχεδιασμό. Η κατασκευή του κελύφους μπορεί να αποτελείται είτε από ξύλο, είτε από σκυρόδεμα είτε και από συνδυασμό υλικών.

Στην περίπτωση στιβαρής κατασκευής χρησιμοποιούνται συνήθως: υλικά τοιχοποιίας χωρίς μόνωση όπως για παράδειγμα ασβέστης, οπλισμένο σκυρόδεμα με εξωτερική μόνωση και τελικό σύστημα πολυστερίνης θερμικής αγωγιμότητας 0,032 με 0,04 (W/(mK) και πετροβάμβακας με θερμική αγωγιμότητα 0,04 (W/(mK). Σε μερικές περιπτώσεις η τοιχοποιία μπορεί να αποτελείται από πορώδες μπετόν. Το πάχος της μόνωσης του τελικού συστήματος κατά κανόνα είναι μεταξύ των 200 και 300mm αλλά μπορεί να θεωρηθεί και ως μια στρώση φτάνοντας μέχρι και τα 400mm. Τα μονολιθικά συστήματα με πορώδες σκυρόδεμα ή τούβλα έχουν εμφανισθεί πρόσφατα στην αγορά, γι' αυτό και ισχύουν μόνο για τις ανώτερες τιμές U-value του παθητικού κτιρίου.<sup>32</sup>

Για τα ξύλινης κατασκευής κελύφη χρησιμοποιούνται συχνά κόντρα πλακέ δομές ώστε να μειωθούν τα ποσοστά θερμογεφυρών στο ξύλο. Επίσης χρησιμοποιούνται και στέρρες κατασκευές από ξύλο διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ευρύτερο φάσμα τεχνιτών. Η χρήση αυτή γίνεται πιο συχνά με τη τοποθέτηση εγκάρσιου στρώματος ή σε συνδυασμό με EIFS ώστε να μειωθούν οι θερμογέφυρες. Το συνολικό πάχος της μόνωσης για αυτό το είδος κατασκευής κυμαίνεται στα 300 με 400mm. Εξίσου κοινή είναι και η χρήση συνδυασμένης κατασκευής, με σταθερή δομή αποτελούμενη από χωρίσματα οπλισμένου σκυροδέματος ή σκελετό με οπλισμένο σκυρόδεμα και ξύλινα πάνελ για τους εξωτερικούς τοίχους. Η χρήση συστημάτων τοιχοποιίας με πάνελ μόνωσης αέρα που χρησιμοποιούν φιλμ ή πλάκες γάλυβα χρησιμοποιούνται όλο και συχνότερα στις κατασκευές, αλλά λόγω τις τεχνικής και των απαιτούμενων ποιοτικών ελέγχων καθίσταται ιδιαίτερα ακριβή.

#### Βασικές τεχνικές μόνωσης τοιχοποιίας:

- ✓ Μόνωση με EPS Board
- ✓ Μόνωση με θερμοσοβά
- ✓ Μόνωση με γυψοσανίδα και πετροβάμβακα

<sup>32</sup> <http://ergorooft.gr/data/documents/To-Protupo-tou-Pathetikou-Ktiriou-Tekhnike-Parousiase..pdf>

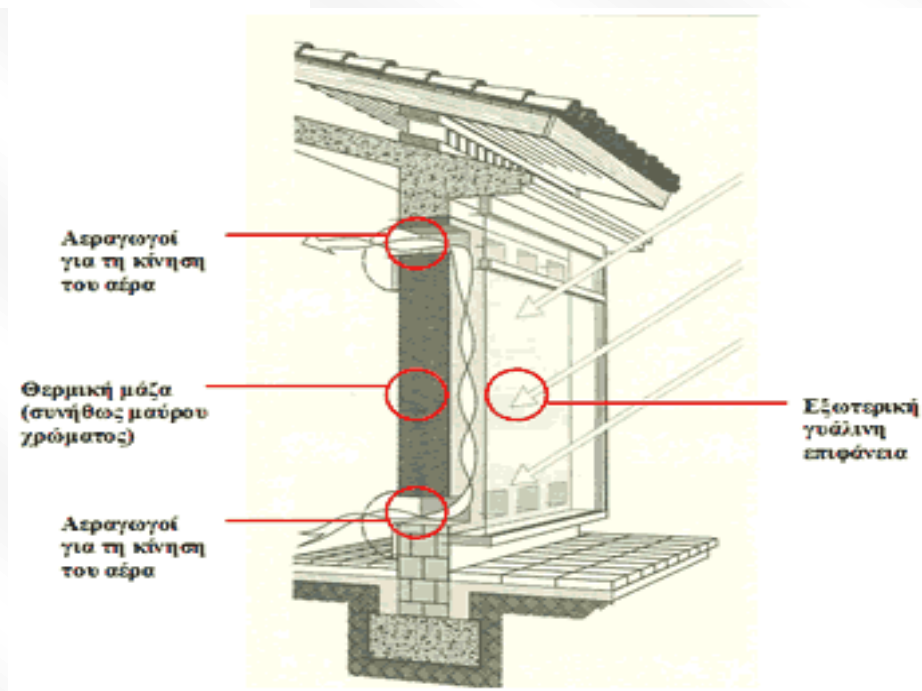


### Βασικές τεχνικές με διατάξεις έμμεσου κέρδους:<sup>33</sup>

- ✓ Ηλιακός τοίχος θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe)

Ο ηλιακός τοίχος θερμοσιφωνικής ροής ή κοινός τοίχος Trombe, είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από δομικά υλικά, με θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος του συμπαγούς τμήματος του, οπότε η μετάδοση της θερμότητας προς την πλευρά του εσωτερικού χώρου γίνεται εκτός της αγωγιμότητας και με θερμοσιφωνισμό. Ο αέρας που βρίσκεται μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου θερμαίνεται καθώς εφάπτεται στο θερμό τοίχο και από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου εισέρχεται στο κτίριο, ενώ ταυτόχρονα στη κάτω θυρίδα εισέρχεται ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου ο οποίος θερμαίνεται με τη σειρά του. Με αυτό τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου στις περιόδους ηλιοφάνειας.

Εικόνα 6. Τοίχος Trombe



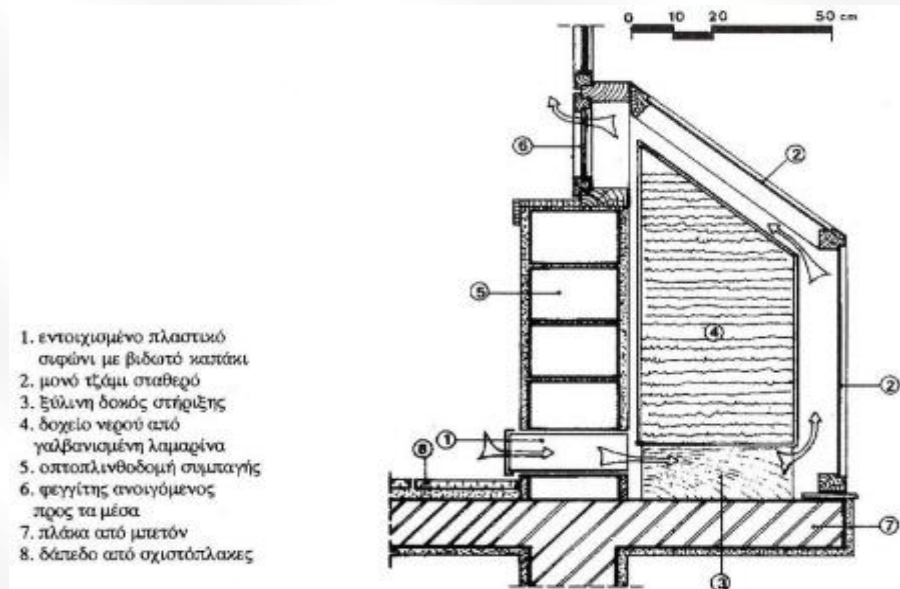
- ✓ Ηλιακός τοίχος νερού

Ο ηλιακός τοίχος νερού αποτελείται συνήθως από μαρμάρινη δεξαμενή που περιέχει νερό, τοποθετείται στα κτίρια κατά τη διάρκεια της κατασκευής αλλά και στην περίπτωση ανακαίνισης και αποτελεί τρόπο θέρμανσης για το κτίριο. Η μαρμάρινη δεξαμενή τοποθετείται στη νότια πλευρά του κτιρίου, η οποία δέχεται για μεγαλύτερο διάστημα τις ακτίνες του ηλίου, ζεσταίνει το νερό με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες θερμοκηπίου και στη συνέχεια να διαχέεται η θερμότητα στο κτίριο. Με τη συγκεκριμένη κατασκευή επιτυγχάνεται 25% εξοικονόμηση στις ετήσιες δαπάνες για θέρμανση του κτιρίου.

<sup>33</sup> <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>



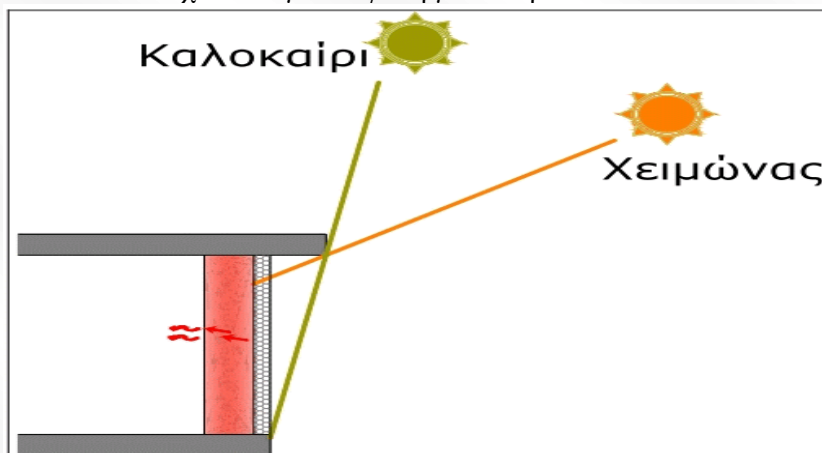
Εικόνα 7. Ηλιακός τοίχος νερού



✓ Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Η τοιχοποιία με διαφανή μόνωση είναι ένας τοίχος νοτίου προσανατολισμού με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ , με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), στο οποίο τοποθετείται εξωτερικά διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα. Η εξωτερική μεριά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Η συγκεκριμένη τοιχοποιία είναι ουσιαστικά ένας τοίχος μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται μεν ο συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού, αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας. Η διαφανής μόνωση που χρησιμοποιείται είναι θερμομονωτικό υλικό κυψελώδους δομής. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι αναγκαίο να σκιάζεται εξωτερικά ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου.

Εικόνα 8. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

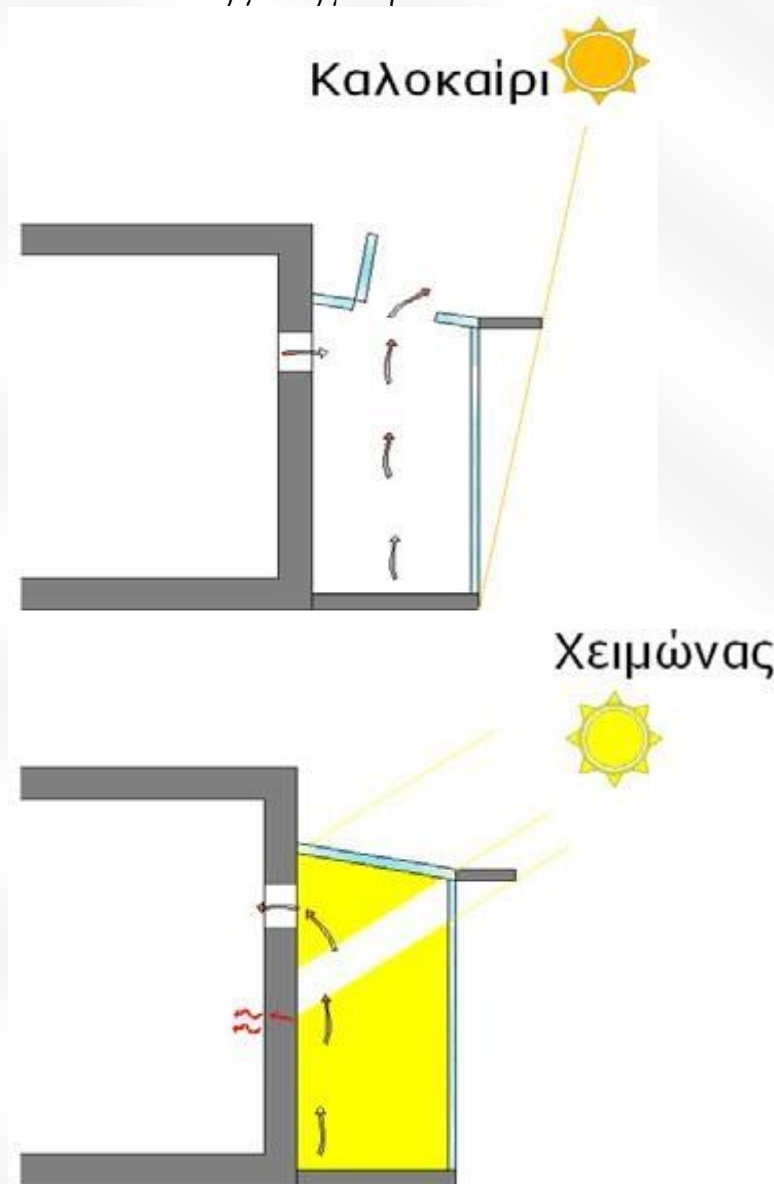




✓ Λειτουργία θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτίριο χωρίζεται σε δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτίριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και τον κυρίως χώρο του κτιρίου. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κυρίως χώρο. Ο ηλιακός χώρος μπορεί να συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτίριο ή να ενσωματώνεται σ' αυτό και να συνδέεται με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου. Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου πρέπει να είναι προς νότο και με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$  ώστε να μεγιστοποιείται η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.

Εικόνα 9. Λειτουργία θερμοκηπίου





✓ Ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα είναι μια κατασκευή καμινάδας που στη νότια πλευρά ( $\pm 30^\circ$  N) της έχει ενσωματωθεί υαλοπίνακας αντί της τοιχοποιίας. Ο τρόπος λειτουργίας της καμινάδας βασίζεται στο φαινόμενο venturi και βοηθάει στον αερισμό του κτιρίου καθώς και στην απομάκρυνση της υγρασίας.

Εικόνα 10. Τρόπος λειτουργίας ηλιακής καμινάδας



Εικόνα 11. Προτεινόμενες μέθοδοι κατασκευής τοιχοποιίας για το παθητικό κτίριο<sup>34</sup>

**PHI** Passive House-suitable external wall constructions

$U \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

i) Τοιχοποιία με EIFS (Πάχος > 250mm)

ii) Καλούπι από αφρό πολυστυρόλης (240 + 120 + 60mm)

iii) Ξύλινη ή κόντρα πλακέ δοκός, πλήρως μονωμένη (30 - 40mm)

iv) Ξύλινο στοιχείο επάνω σε διευρυμένη βάση από άργιλο (375mm)

v) Προκατασκευασμένο πορώδες μπετόν

vi) Ξύλινη τοιχοποιία μεγάλου πάχους

vii) Προκατασκευασμένα στοιχεία πολυουρεθάνης (200mm)

h) Hightech: VIP\* (25mm)

viii) Πορώδες ταϊμεντάλιθοι με μόνωση μεταλλικού αφρού

Επάνω και κάτω φύλλο (χάλυβας)  
Υαλοσανίδα/διαχωριστικό, λ περίπου 0,0022 W/(mK)

Passive House Institute, Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Feist, Innsbruck 2011

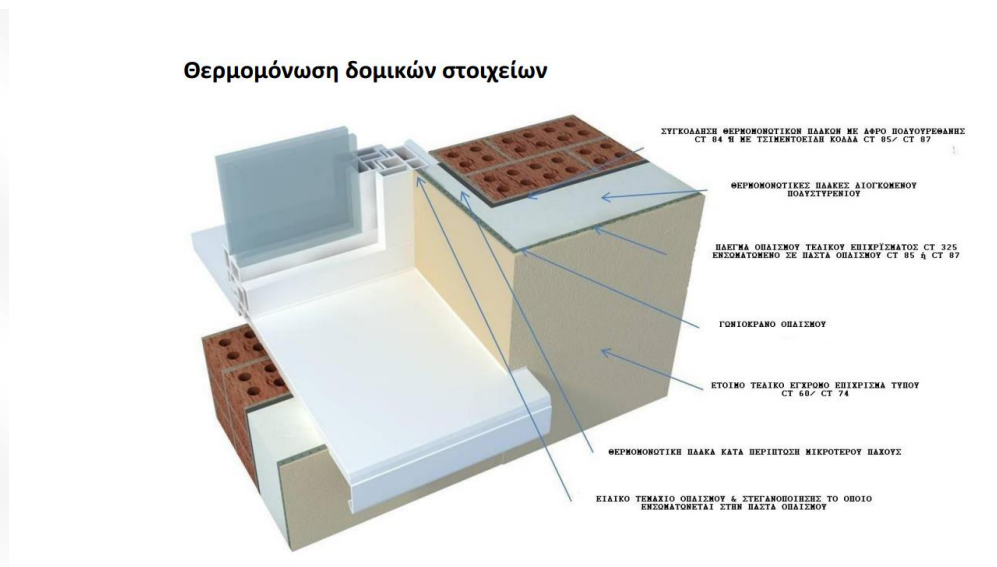
<sup>34</sup> [www.passipedia.org](http://www.passipedia.org)



## Δομικά υλικά θερμομόνωσης

Στη πρώτη κατηγορία είναι η θερμομόνωση του κελύφους για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιείται στο σύνολο του κελύφους του κτιρίου αλλά με μεγαλύτερη έμφαση στην οροφή του καθώς παρουσιάζονται μεγάλες θερμικές απώλειες λόγω της μεγάλης επαφής της με τις καιρικές συνθήκες, καθώς επίσης και στα εξωτερικά τοιχώματα. Η προστασία των εξωτερικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά.

Εικόνα 12. Θερμομόνωση δομικών στοιχείων



Όπως παρατηρούμε στην *Εικόνα 7*<sup>35</sup>, ένα παράδειγμα των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την θερμομόνωση είναι (*Πίνακας 7*):

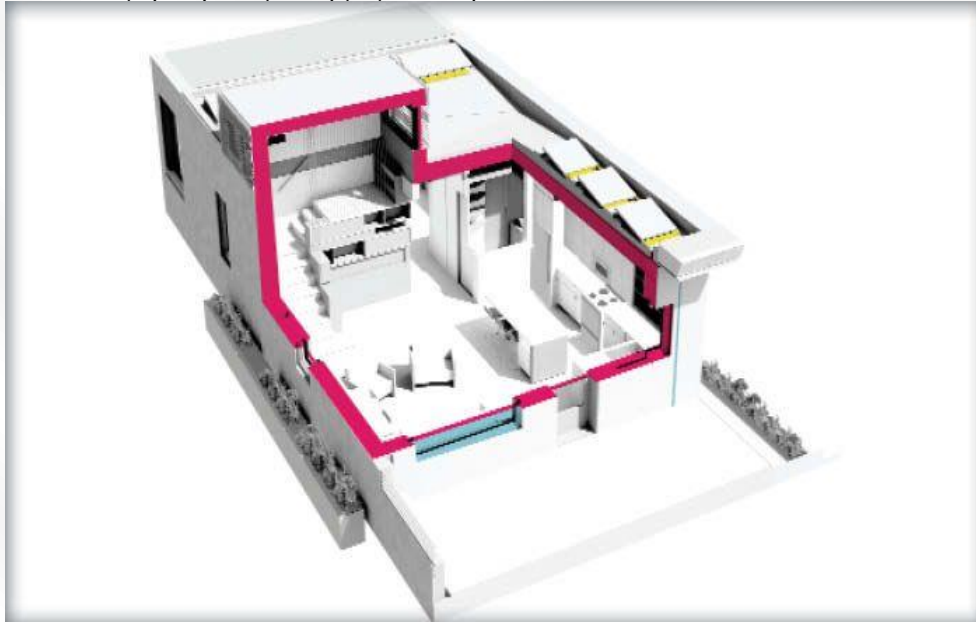
Πίνακας 7. Δομικά υλικά θερμομόνωσης

- α) Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένου πολυστυρενίου.
- β) Θερμομονωτική πλάκα μικρότερου πάχους.
- γ) Πλέγμα οπλισμού τελικού επιχρίσματος CT 325 ενσωματωμένο σε πάστα οπλισμού CT 85 ή CT 87.
- δ) Γωνιόκρανο οπλισμού.
- ε) Συγκόλληση θερμομονωτικών πλακών με αφρό πολυουρεθάνης CT 84 ή με τσιμεντοειδή κόλλα CT 85 ή CT 87.
- στ) Έτοιμο τελικό έγχρωμο επίχρισμα τύπου CT 60 ή CT 74.
- ζ) Ειδικό τεμάχιο οπλισμού και στεγανοποίησης που ενσωματώνεται στην πάστα οπλισμού.

<sup>35</sup> <http://www.ecoanaptiksi.blogspot>



*Εικόνα 13. Τομή κτιρίου με θερμομόνωση*



Στην *Εικόνα 8* έχουμε μια τομή κτιρίου που παρατηρείται η πλήρης κάλυψη του κελύφους με θερμομονωτικά υλικά που προσφέρουν πλήρη μόνωση του κτιρίου.

*Εικόνα 14. Παράδειγμα θερμομόνωσης*



Στην *Εικόνα 9* δίνεται ένα παράδειγμα θερμομόνωσης τοιχοποιίας σε οικεία όπου φαίνεται η πλήρης κάλυψή της.



## 6.2 Ανοίγματα κελύφους παθητικού κτιρίου

Η επόμενη κατηγορία είναι τα κουφώματα του κτιρίου, όπου ανήκουν στα πιο ευάλωτα στοιχεία του με μεγάλες θερμικές απώλειες. Γι' αυτό είναι επιτακτικό οι αρθρώσεις να είναι τέλεια αεροστεγείς. Υπάρχουν αρκετά είδη κουφωμάτων όπως από αλουμίνιο, μεταλλικά, ξύλινα, συνθετικά και πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας. Τα κουφώματα έχουν επίσης και διάφορους τύπους ανοίγματος όπως περιστρεφόμενα οριζόντια ή κατακόρυφα, επάλληλα, σταθερά και ανοιγόμενα. Μαζί με τα κουφώματα στα ανοίγματα του κελύφους τοποθετούνται και υαλοπίνακες όπου στην περίπτωση των παθητικών κτιρίων είναι διπλά ή ορισμένες φορές κυρίως στην βόρεια Ευρώπη και τριπλά, τα οποία θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και στο διάκενο τους να περιέχεται θερμομονωτικό αέριο. Επίσης στην ίδια κατηγορία εμπίπτουν και τα πατζούρια όπου έχουν ίδια δομικά στοιχεία με τα κουφώματα, δηλαδή είναι ξύλινα, αλουμινένια και συνθετικά.

Πίνακας 8. Τύποι υαλοπινάκων με τον βαθμό θερμοπερατότητας τους<sup>36</sup>

Window type	U-factor	T <sub>vis</sub>	SHGC	LSG
Single-pane clear glass, aluminum frame	1.25	0.71	0.72	0.99
Double-pane clear glass	0.60	0.63	0.60	1.05
Double pane, bronze tint	0.60	0.38	0.42	0.90
Double pane, reflective glazing	0.54	0.10	0.17	0.59
Double-pane clear glass, low-e coating	0.46	0.57	0.34	1.68
Double pane, bronze tint, low-e coating	0.49	0.36	0.39	0.92
Double pane, Solarban 70XL <sup>a</sup>	0.29	0.62	0.27	2.29
Triple-pane clear glass, two low-e layers, low-conductivity frame	0.14	0.34	0.20	1.70
Double pane, argon-filled, electrochromic (in tinted state)	0.29	0.04	0.09	0.39
Double pane, argon-filled, electrochromic (in clear state)	0.29	0.62	0.48	1.29

Notes: low-e = low emissivity;

SHGC = solar heat gain coefficient;

T<sub>vis</sub> = visible transmittance.

a. Solarban 70XL is a spectrally selective glass created by PPG Industries.

© E Source

Στον Πίνακα 8 δίνεται πίνακας με τύπους υαλοπινάκων και τους συντελεστές θερμοπερατότητας τους. Επίσης συμπεράνουμε από τους συντελεστές ότι η χρήση τριπλού υαλοπίνακα είναι η ιδανικότερη λύση για να επιτύχουμε τα κριτήρια θερμοπερατότητας που ορίζονται για το παθητικό κτίριο.

<sup>36</sup> [http://www.mge.com/saving-energy/business/bea/article\\_detail.htm?nid=1831](http://www.mge.com/saving-energy/business/bea/article_detail.htm?nid=1831)



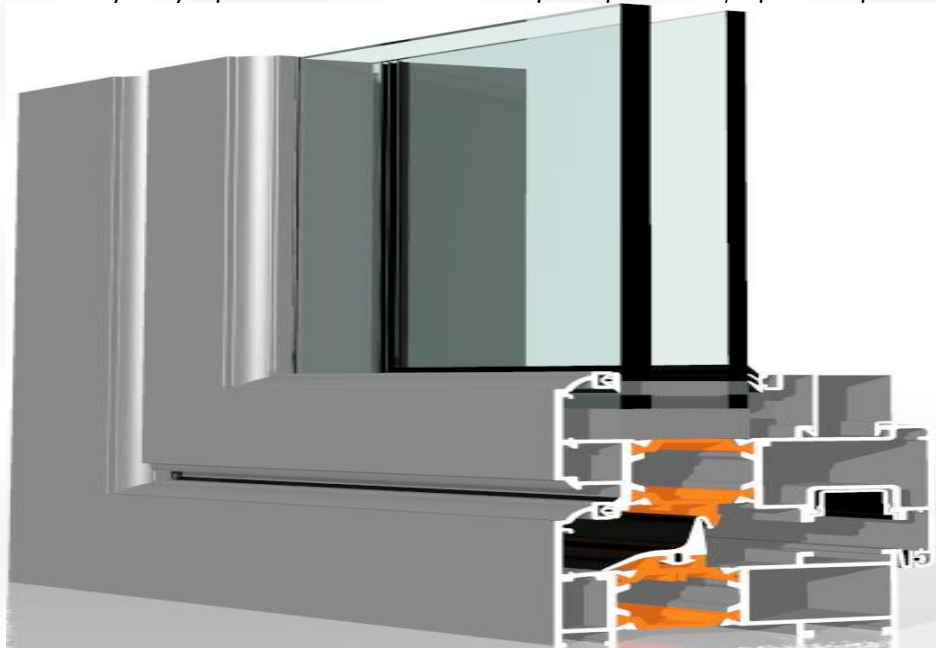


*Εικόνα 15. Παράθυρο με τριπλό υαλοπίνακα και μονωμένο κούφωμα<sup>37</sup>*



Στην *Εικόνα 10* παρουσιάζεται κούφωμα με οριζόντιο τύπο ανοίγματος και τριπλά τζάμια που προσφέρουν πλήρη αεροστεγανότητα αλλά και θερμομόνωση στο κτίριο.

*Εικόνα 16. Παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα και μονωμένο κούφωμα αλουμινίου*



<sup>37</sup> <https://www.energyguide.com/info/window2.asp>



### 6.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός παθητικού κτιρίου

Σκοπός των παθητικών κτιρίων εκτός από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι και η άνετη διαβίωση των ενοίκων τους. Για να επιτευχθεί η άνετη διαβίωση στο κτίριο θα πρέπει η ατμόσφαιρα που θα επικρατεί μέσα στο χώρο να είναι στην ιδανική θερμοκρασία αλλά και καθαρή μολυσματικούς ρύπους. Έτσι εκτός από τον φυσικό αερισμό καθίσταται απαραίτητη και η χρήση μηχανολογικών συστημάτων αερισμού. Επίσης μπορεί να κριθεί απαραίτητη και η χρήση συστημάτων θέρμανσης, δροσισμού του χώρου.

#### Μηχανολογικό σύστημα αερισμού

Στα παθητικά κτίρια χρησιμοποιούνται κατά κόρον συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Αυτά τα συστήματα διανέμουν φρέσκο αέρα στους χώρους του κτιρίου και αποβάλλουν την υγρασία και τον μολυσμένο αέρα όπου δημιουργείτε κυρίως στους χώρους της κουζίνας και στο w/c. Επίσης με την βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας επιτυγχάνουμε την ανάκτηση θερμότητας όπου φτάνει την τάξη του 75% με 90%.

Εικόνα 17. Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας<sup>38</sup>



Στην Εικόνα 12 δίνεται η λειτουργία ενός συστήματος αερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Παρατηρείται η πορεία του αέρα από τα δωμάτια διαμονής των ενοίκων όπου εισέρχεται ο φρέσκος αέρας και η εξαγωγή του με τον χρησιμοποιημένο αέρα από τους χώρους της κουζίνας και του μπάνιου.

<sup>38</sup> [http://passipedia.org/planning/building\\_services/compact\\_hvac\\_systems](http://passipedia.org/planning/building_services/compact_hvac_systems)



*Εξαρτήματα μηχανολογικού συστήματος αερισμού με ανάκτηση θερμότητας:*

■ **Κεντρική μονάδα:** αποτελείται από εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα, δύο ανεμιστήρες για την κίνηση του αέρα μέσα από το σύστημα, δύο κύρια φίλτρα αέρα για τον αέρα που εξάγεται από το κτίριο και αυτόν που εισάγεται από το περιβάλλον. Επίσης στην περίπτωση που είναι πιστοποιημένο προϊόν παθητικού κτιρίου πρέπει να είναι προ μονωμένη.

■ **Σωλήνας αποστράγγισης υδρατμών από τον εναλλάκτη θερμότητας:** οι υδρατμοί προέρχονται από τον ζεστό αέρα που βγαίνει από το κτίριο και στον εναλλάκτη χάνει την θερμότητα που είχε, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να συγκρατεί την ίδια ποσότητα υγρασίας δημιουργώντας τους υδρατμούς.

■ **Προστασία από τον παγετό:** Στις περισσότερες των περιπτώσεων το σύστημα της ανάκτησης θερμότητας τοποθετείται εντός της οικείας οπότε τοποθετείται ένα μικρό ηλεκτρικό στοιχείο μεταξύ της κεντρικής μονάδας και του θερμικού κελύφους. Επίσης θα πρέπει να τοποθετηθεί θερμοστατικός αισθητήρας στον αγωγό εισαγωγής ανάμεσα στο προστατευτικό στοιχείο για τον παγετό και την κεντρική μονάδα του συστήματος.

■ **Φίλτρα αέρα:** Εκτός από τα δύο κύρια φίλτρα αέρα της κύριας μονάδας, θα τοποθετηθούν στον χώρο της κουζίνας του κτιρίου. Ένα φίλτρο είναι για την αποφυγή εισόδου των υγρών της κουζίνας όπως για παράδειγμα τα λάδια, στους αγωγούς. Επίσης αντί για τη χρήση κοινού αποροφητήρα, θα γίνει χρήση αποροφητήρα ανακυκλοφορίας με αφαίρεση του άνθρακα.

■ **Αγωγοί εισαγωγής του αέρα περιβάλλοντος και εξαγωγής του αέρα των εσωτερικών χώρων:** Είναι σημαντικό οι αγωγοί να προσανατολιστούν προς την ίδια κατεύθυνση ώστε να μην υπάρξει διαφορά στις πιέσεις του αέρα. Επίσης θα πρέπει η απόσταση στις εξόδους των αγωγών να είναι πάνω από δύο μέτρα και στην περίπτωση που ο ένας είναι πάνω από τον άλλο είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί από πάνω η εξαγωγή. Στην περίπτωση που οι εξοδοί των αγωγών τοποθετηθούν σε οροφή ή στέγη θα πρέπει να τοποθετηθεί από πάνω μικρό σκέπαστρο για την προστασία από τη βροχή και το χιόνι.

■ **Αγωγοί τροφοδοσίας των χώρων του κτιρίου:** Οι συγκεκριμένοι αγωγοί συνδέουν την κεντρική μονάδα με όλους τους χώρους του κτιρίου μέσω του ταβανιού ή του πατώματος.

■ **Ηχομονωτές:** Τοποθετούνται κυρίως μεταξύ της κεντρικής μονάδας και των τερματικών των αγωγών εισαγωγής και εξαγωγής.

■ **Τερματικά εισαγωγής και εξαγωγής αέρα:** Τοποθετούνται στις εξόδους των αγωγών σε κάθε δωμάτιο του κτιρίου. Στα τερματικά υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθούν και ακροφύσια jet που τοποθετούνται σε ύψος 150mm με 200mm χαμηλότερα από το ταβάνι για καλύτερη ροή του αέρα.

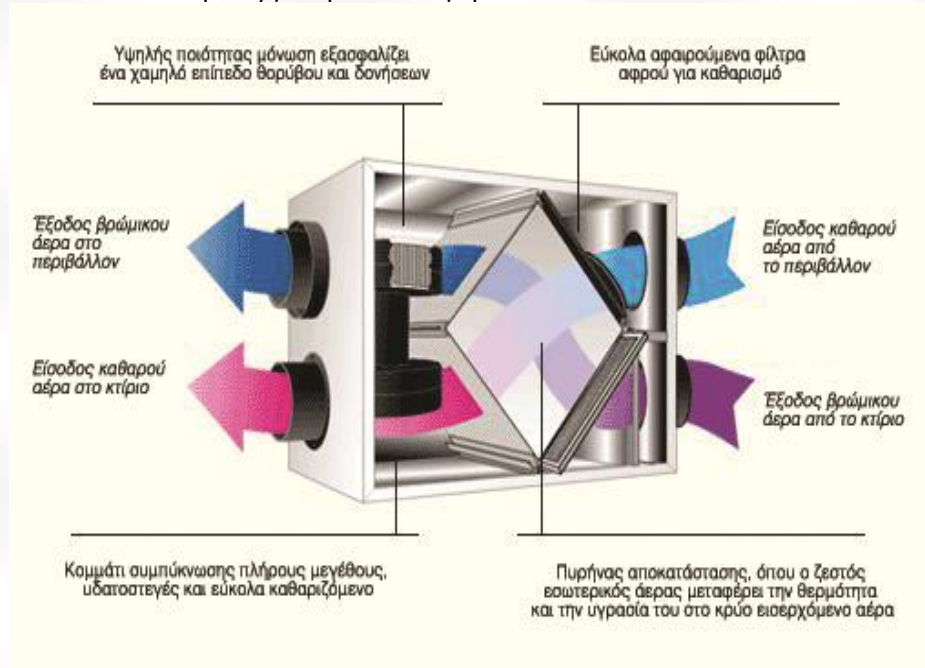
■ **Παράκαμψη για την καλοκαιρινή περίοδο:** Κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου έχουμε αρκετές ζεστές μέρες θα ήταν χρήσιμο να τοποθετηθεί παράκαμψη της



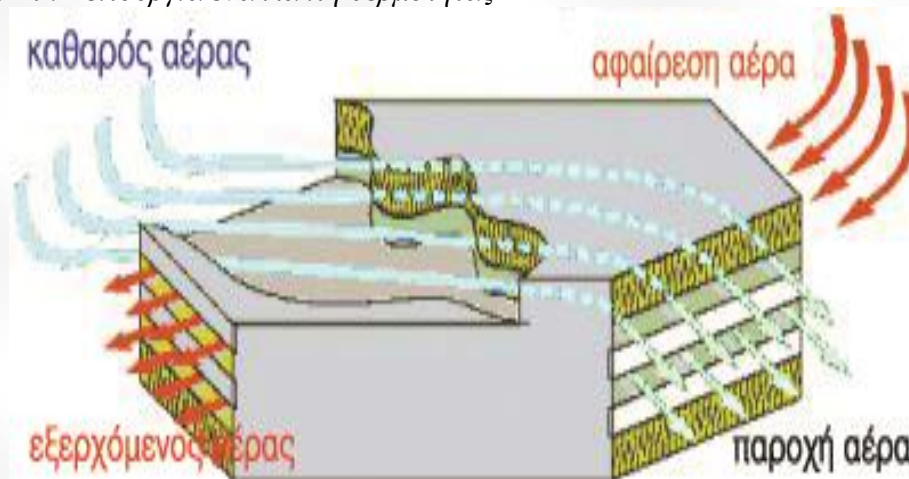
κεντρικής μονάδας ώστε ο αέρας του περιβάλλοντος που εισέρχεται να πηγαίνει κατευθείαν στους χώρους του κτιρίου.

■ *Κεντρική μονάδα ελέγχου:* Είναι μια απλή μονάδα όπου πρέπει να έχει μόνο πέντε βασικές ρυθμίσεις: κανονική λειτουργία, μειωμένη λειτουργία (30% χαμηλότερη), αυξημένη λειτουργία (30% περισσότερη), λειτουργία καλοκαιριού και εκτός λειτουργίας.

Εικόνα 18. Εναλλάκτης θερμότητας σε τομή<sup>39</sup>



Εικόνα 19. Λειτουργία εναλλάκτη θερμότητας<sup>40</sup>



Παρατηρούμε και στις δύο παραπάνω εικόνες, *Εικόνα 13* και *Εικόνα 14* την λειτουργία του εναλλάκτη θερμότητας στο σύστημα αερισμού με την είσοδο φρέσκου αέρα από το περιβάλλον και την εξαγωγή του αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου.

<sup>39</sup> [http://passipedia.org/planning/building\\_services/compact\\_hvac\\_systems](http://passipedia.org/planning/building_services/compact_hvac_systems)

<sup>40</sup> [http://passipedia.org/planning/building\\_services/ventilation/basics/types\\_of\\_ventilation](http://passipedia.org/planning/building_services/ventilation/basics/types_of_ventilation)



## Βοηθητικά μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης

Η θέρμανση του παθητικού κτιρίου επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων που έχουν εγκατασταθεί και του συστήματος αερισμού εφόσον χρησιμοποιεί ανάκτηση θερμότητας. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα βοηθητικής χρήσης μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης του κτιρίου, όπως και παροχής ζεστού νερού χρήσης σε περίπτωση που απαιτηθεί. Στα παθητικά κτίρια η ζήτηση θέρμανσης δεν πρέπει να ξεπερνάει τις  $15\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , όπως και το φορτίο θέρμανσης τα  $10\text{ W}/\text{m}^2$ . Επίσης η ζήτηση θερμότητας για ζεστό νερό χρήσης πρέπει να είναι μεταξύ των 12 και  $35\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  ανάλογα με τον αριθμό των ενοίκων του κτιρίου. Ο διαχωρισμός των συστημάτων θέρμανσης που γίνεται σύμφωνα με την τελική ενέργεια, έχει ως βάση του τον διαχωρισμό σε ηλεκτρική ενέργεια, ορυκτά καύσιμα και στην συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας.

Πίνακας 9. Βοηθητικά συστήματα θέρμανσης<sup>41</sup>

Πηγή τελικής ενέργειας ή Συστήματος	Μετατροπή ή γεννήτρια θερμότητας
Ηλεκτρισμός	Συμπαγής μονάδα αντλίας θερμότητας, αέρα ή εδάφους με βάση το νερό αντλία θερμότητας, απευθείας ηλεκτρική ενέργεια (θέρμανση joule)
Ορυκτά καύσιμα	Αερίο: χαμηλή θερμοκρασία ή λέβητες συμπυκνωμάτων (φυσικό αέριο, υγραέριο), Πετρέλαιο: χαμηλή θερμοκρασία ή λέβητες συμπυκνωμάτων, άμεση ή on-site
Συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού	Μικρή CHP, κυψέλες καυσίμου, περιφερειακή ή τοπική θέρμανση με ή χωρίς συμπαραγωγή
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Θέρμανση με Βιομάζα ή συμπαραγωγή, ηλιακό θερμικό σύστημα ή φωτοβολταϊκά, καυσόξυλα, ροκανίδια, σφαιρίδια, υγροποιημένα αέρια βιοκαύσιμα

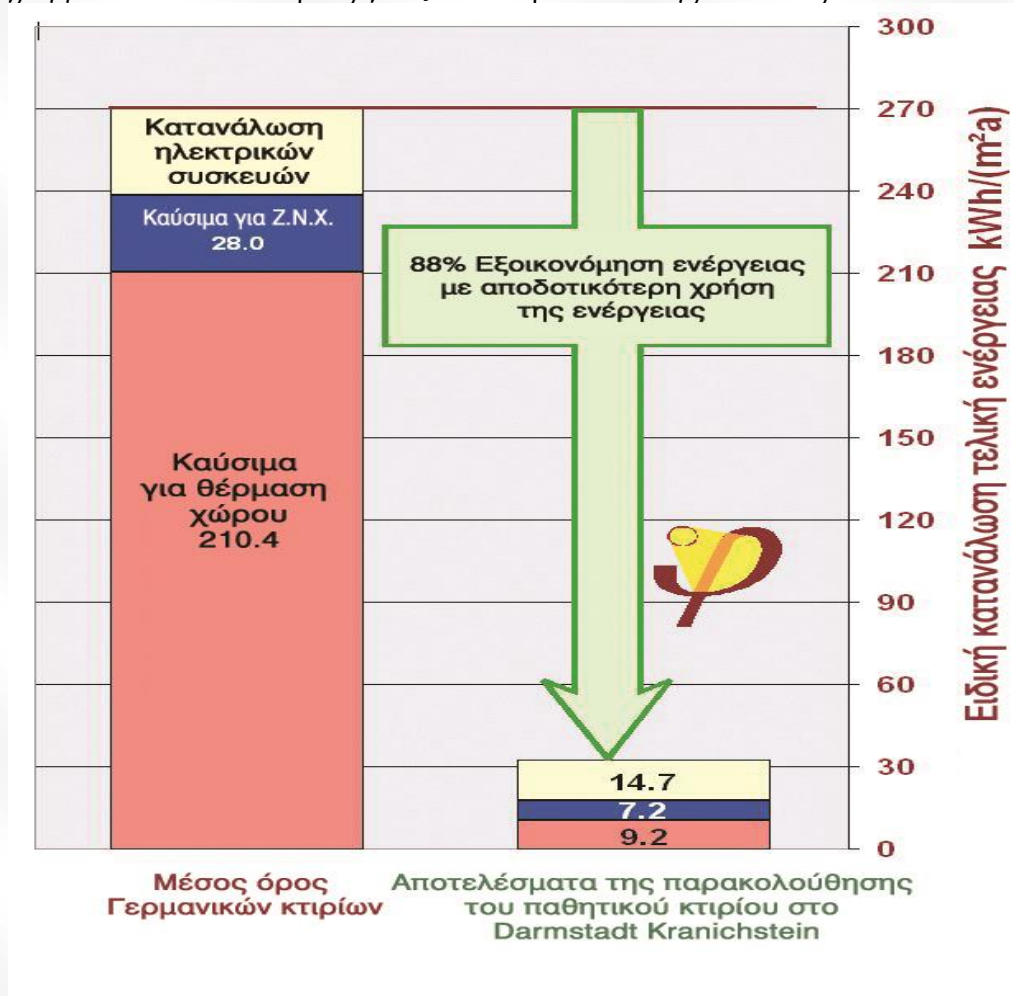
Στον Πίνακα 9 δίνεται ο πίνακας με τον διαχωρισμό των βοηθητικών συστημάτων θέρμανσης για ένα παθητικό κτίριο.

Κατά κύριο λόγο τα βοηθητικά συστήματα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης που εγκαθίστανται σε ένα παθητικό κτίριο είναι: μικρά καλοριφέρ (καλοριφέρ με αγωγό τροφοδοσίας ή καλοριφέρ με αγωγό γραμμής) με μέγεθος περίπου  $300\text{mm}^3$  και ολοκληρωμένο σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας που περιέχει και αποθηκευτή ζεστού νερού με την δυνατότητα σύνδεσης με ηλιακά πάνελ.

<sup>41</sup> [http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_HVAC.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_HVAC.pdf)



Διάγραμμα 7. Κατανάλωση ενέργειας σε παθητικό και συμβατικό κτίριο



Στο Διάγραμμα 7 παρατηρούμε την διαφορά στη τελική ενέργεια που καταναλώνει ένα παθητικό κτίριο με ένα συμβατικό και τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν τα συστήματα θέρμανσης και παροχής Z.N.X. του παθητικού κτιρίου στα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και το ζεστό νερό χρήσης σε σχέση με ένα συμβατικό.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το οικονομικό κομμάτι του παθητικού κτιρίου είναι ένα από τα βασικότερα σημεία όπου πρέπει να εξεταστούν σε μια μελέτη και ενδιαφέρουν άμεσα και σε μεγάλο βαθμό τον επενδυτή του project. Κύριες παράμετροι στο οικονομικό κομμάτι είναι το κόστος της κατασκευής και οι παράγοντες που το επηρεάζουν, ο κύκλος ζωής του κτιρίου και η αξιολόγηση της επένδυσης.

#### 7.1 Κέρδη από την επένδυση στην ενεργειακή αποδοτικότητα

Είναι σημαντικό για τον επενδυτή αλλά και για τον ένοικο ενός παθητικού κτιρίου, τι ακριβώς θα κερδίσει από την κατασκευή του. Μπορούμε έτσι να χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες (Πινάκας 10 και Πινάκας 11) τα οφέλη που θα αποκομίσουν αμφότεροι.

*Πινάκας 10. Οφέλη για τον ή τους ενοίκους του παθητικού κτιρίου<sup>42</sup>*

α) Άνετες συνθήκες διαβίωσης χάρη στην καλή ποιότητα του αέρα αλλά και στην ιδανική θερμοκρασία των χώρων του κτιρίου.

β) Ιδιαίτερα χαμηλή ζήτηση ενέργειας όπου θα μειώσει σημαντικά το ενεργειακό κόστος του κτιρίου ανεξαρτήτως αύξησης των τιμών της ενέργειας

*Πινάκας 11. Οφέλη για τον επενδυτή<sup>43</sup>*

α) Το κτίριο έχει αυξημένη κτηματομεσιτική δύναμη

β) Γρήγορη πώληση ή ενοικίασή του λόγω αυξημένης ζήτησης

γ) Προσφέρει ικανοποίηση στους ενοικιαστές με αποτέλεσμα να υπάρξει προέκταση του συμβολαίου ενοικίασης, άρα και περισσότερα χρήματα για τον επενδυτή

δ) Μειωμένος ρυθμός αλλαγής ενοικιαστών άρα και λιγότερο κόστος από τις αλλαγές

<sup>42</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 06

<sup>43</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 06



Μέσα από τα συγκεκριμένα οφέλη παρατηρούμε ότι και ο επενδυτής αλλά και οι ένοικοι μπορούν να λάβουν άμεσα οφέλη από την κατασκευή του παθητικού κτιρίου αλλά και μακροπρόθεσμα καθ' όλο τον κύκλο ζωής του κτιρίου.

## 7.2 Κύκλος ζωής του παθητικού κτιρίου

Μέσα από τον κύκλο ζωής του παθητικού κτιρίου παρατηρούμε τις κατηγορίες και της δραστηριότητες όπου γίνονται κατά την διάρκεια της ζωής του κτιρίου. Επίσης βλέπουμε το χρονικό κομμάτι που καταλαμβάνει η κάθε μια κατηγορία αλλά και την σειρά που ακολουθείτε. Οι κατηγορίες και οι δραστηριότητες είναι ως εξής:

Πίνακας 12. Κατηγορίες και δραστηριότητας κύκλου ζωής παθητικού κτιρίου<sup>44</sup>

Κατηγορίες	Δραστηριότητες
Ανάπτυξη του έργου:	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Τοποθεσία</li><li>2) Χρήση</li><li>3) Υπάρχον κτίριο (σε περίπτωση ανακαίνισης)</li><li>4) Χρηματοδότηση</li><li>5) Χρήσιμο διάστημα ζωής</li></ol>

<sup>44</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 07





Σχεδίαση:	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Προκαταρκτική σχεδίαση</li><li>2) Σχέδιο<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ελαχιστοποίηση της ενέργειας</li></ul></li><li>3) Επιλογή υλικών<ul style="list-style-type: none"><li>○ Παραγωγή υλικών</li><li>○ Ρύποι</li><li>○ Αντοχή</li><li>○ Αποδόμηση</li></ul></li><li>4) Σχέδιο εφαρμογής</li><li>5) Ελαχιστοποίηση υλικών</li><li>6) Τεχνικές προδιαγραφές</li><li>7) Προσφορά</li></ol>
Εκτέλεση του έργου:	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Επίβλεψη κατασκευής</li><li>2) Ανακύκλωση αποβλήτων</li><li>3) Ποιοτικός έλεγχος</li></ol>
Ανάθεση του έργου:	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Τελική αποδοχή</li><li>2) Έγγραφα ανάθεσης έργου</li><li>3) Επιβεβαίωση</li></ol>
Λειτουργία του κτιρίου:	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Κατανάλωση ενέργειας</li><li>2) Διαχείριση της εγκατάστασης</li><li>3) Συντήρηση</li><li>4) Εργασίες επισκευής</li></ol>



Εκσυγχρονισμός:	1) Μετασκευή 2) Προσαρμογές και επεκτάσεις 3) Αλλαγή της χρήσης του κτιρίου 4) Ανακαίνιση
Αποδόμηση:	1) Ανακύκλωση δομικών υλικών 2) Διάθεση άχρηστων δομικών υλικών

#### 7.4 Διακύμανση και επίδραση του κόστους στον κύκλο ζωής του παθητικού κτιρίου

Σκοπός του παθητικού κτιρίου είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με όσο το δυνατό λιγότερη χρήση ενεργητικού συστήματος θέρμανσης/ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού. Όπως παρατηρείται και στο παραπάνω πίνακα, όταν πραγματοποιείται μια καλή και προσεγμένη σχεδίαση του παθητικού κτιρίου κατά την πρώτη φάση του κύκλου ζωής του. Επιτυγχάνεται σταδιακή μείωση του κόστους καθ' όλο τον κύκλο ζωής του κτιρίου. Στον αντίποδα, εάν υπάρξουν λάθη στη σχεδίαση από τον αρχιτέκτονα ή επιπλέον προσθήκες και αλλαγές από τον επενδυτή μετά το πέρας της σχεδίασης του κτιρίου, τότε αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση του κόστους σε επόμενες φάσεις του κύκλου ζωής του κτιρίου.

#### 7.5 Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος κατασκευής του παθητικού κτιρίου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος της κατασκευής είναι<sup>45</sup>:

α) Η αγορά (οι τάσεις της αγοράς των παθητικών κτιρίων γενικότερα, αλλά και οι τάσεις των αγορών κάθε τομέα ξεχωριστά που αφορά την κατασκευή του κτιρίου).

β) Ο χρόνος κατασκευής του κτιρίου (θα πρέπει να έχει δημιουργηθεί ένα σωστό χρονοδιάγραμμα των εργασιών χωρίς περαιτέρω καθυστερήσεις).

γ) Το μέγεθος της κατασκευής.

δ) Η λειτουργικότητα του κτιρίου.

ε) Το επίπεδο της εγκατάστασης.

στ) Ο κυβισμός του κτιρίου (δηλαδή είναι ζητούμενο η ελαχιστοποίηση των επιφανειών και η δημιουργία μιας συμπαγούς κατασκευής).

<sup>45</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 09



ζ) Η ποιότητα της κατασκευής.

η) Η τοποθεσία όπου θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή του παθητικού κτιρίου.

### **7.6 Τρόποι σχεδιασμού του κελύφους για μείωση του κόστους κατασκευής**

Μια λύση για την επίτευξη μείωσης του κόστους κατασκευής είναι μέσω του τρόπου κατασκευής του κελύφους και πιο συγκεκριμένα για τρεις κατηγορίες που αφορούν το κέλυφος<sup>46</sup>:

α) Η κατανομή των χώρων του κτιρίου ώστε να είναι όσο γίνεται πιο συμπαγές το κέλυφος του.

β) Η τοποθέτηση και το πάχος της μόνωσης του κελύφους.

γ) Η τοποθέτηση των ανοιγμάτων του κελύφους.

### **7.7 Μείωση του κόστους κατασκευής μέσω του μηχανολογικού εξοπλισμού**

Για να επιτύχουμε περαιτέρω μείωση του κόστους κατασκευής θα πρέπει να εγκαταστήσουμε τον μηχανολογικό εξοπλισμό (εξαερισμού) με ιδανικό τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται κατευθυνόμενη ροή αέρα. Έτσι θα έχουμε ως αποτέλεσμα τον ιδανικό εξαερισμό του εσωτερικού χώρου του κτιρίου αλλά και την μείωση του κόστους της κατασκευής εφόσον δεν θα χρησιμοποιηθούν επιπλέον σωληνώσεις. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια ιδανική κατανομή του συστήματος εξαερισμού με την δημιουργία κατευθυνόμενης ροής αέρα.

### **7.8 Επιπλέον κόστος κατασκευής για την μετατροπή ενός συμβατικού κτιρίου σε παθητικό κτίριο σύμφωνα με το Passive House Standard**

Το επιπλέον κόστος που χρειάζεται για να μετατραπεί ένα συμβατικό κτίριο σε παθητικό σύμφωνα και με παράδειγμα κτιρίου στο Ανόβερο της Γερμανίας του 1995, αποτελείται από το κόστος του συστήματος εξαερισμού όπου είναι και το μεγαλύτερο και κυμαίνεται περίπου στα 2200 € αλλά θα υπάρξει και μια αφαίρεση του κέρδους από την θέρμανση περίπου 150 €. Επίσης μεγάλο κόστος σε σχέση με την επιφάνεια που θα πρέπει να καλύψουμε, έχουν τα παράθυρα όπου κυμαίνονται στα 110 €/m<sup>2</sup>. Έτσι καταλήγουμε σε ένα ποσοστό για το μέσο επιπλέον κόστος που πρέπει να δαπανηθεί για να γίνει ένα κτίριο παθητικό στο 8%.

### **7.9 Σύγκριση κόστους συμβατικής κατοικίας με παθητική κατοικία σε βάθος χρόνου**

Όπως έχει παρατηρηθεί το κόστος για μια παθητική κατοικία είναι χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος μιας νέας συμβατικής. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι ένας επενδυτής που θέλει να κατασκευάσει ένα παθητικό κτίριο, κυρίως σε χώρες του εξωτερικού (πχ Γερμανία) επιδοτείται με χαμηλότερα επιτόκια από τις τράπεζες για

<sup>46</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 11



δάνειο ώστε να ξεκινήσει το *project*. Επίσης σημαντική διαφορά παρατηρείται και κατά την φάση της ανακαίνισης του κτιρίου όπου υπολογίζεται ότι θα πραγματοποιηθεί λίγο μετά τα 30 χρόνια. Στη φάση αυτή το κόστος για την ανακαίνιση του παθητικού κτιρίου είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με του συμβατικού, μη τη διαφορά να φτάνει μέχρι και τα 1000 €.

### **7.10 Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης για κατασκευή παθητικού κτιρίου και σύγκριση ετήσιας εξοικονομούμενης ενέργειας παθητικού κτιρίου με συμβατικά**

Οι παράμετροι για την αξιολόγηση μιας επένδυσης για παθητικό κτίριο σε μερικές περιπτώσεις τους είναι δύσκολο να αξιολογηθούν με οικονομικούς όρους. Έτσι μπορούμε να διαχωρίσουμε αυτές τις παραμέτρους και να επιλέξουμε ορισμένες σημαντικές που μπορούν να μας βοηθήσουν να αξιολογήσουμε μια τέτοια επένδυση.

*Παράμετροι που είναι δύσκολο να αξιολογηθούν είναι:*<sup>47</sup>

- αισθητική των χώρων
- παραδοσιακά πρότυπα συμπεριφοράς
- αύξηση της άνεσης
- ποιότητα του αέρα
- ασφάλεια
- εκτίμηση και διατήρηση της αξίας του κτιρίου
- περιβαλλοντικά κριτήρια
- κοινωνικές επιπτώσεις

*Παράμετροι που μπορούν να αξιολογηθούν οικονομικά:*<sup>48</sup>

- το ποσό που θα χρειαστεί για την επένδυση
- το επιτόκιο του κεφαλαίου
- η ετήσια κατανάλωση ενέργειας
- η συντήρηση και η επισκευή
- η εξέλιξη των τιμών της ενέργειας
- και το προσδόκιμο της ωφέλιμης ζωής του κτιρίου

Έχοντας επιλέξει τις παραμέτρους που είναι οικονομικά αξιολογήσιμες, θα πρέπει να επιλέξουμε και τη μέθοδο αξιολόγησης της επένδυσης. Οι μέθοδοι αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις «**Στατικές Διαδικασίες**» και τις «**Δυναμικές Διαδικασίες**». Στις στατικές διαδικασίες εντάσσεται η στατιστική αποσβέσεων που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά σε οικονομικές αξιολογήσεις αν και δεν ενδείκνυται για εφαρμογή σε μακροπρόθεσμες επενδύσεις. Στις δυναμικές διαδικασίες εντάσσονται σε δύο υπό κατηγορίες, μαθηματικές και οικονομικές μέθοδοι όπου είναι ιδανικές για την αξιολόγηση μιας μακροπρόθεσμης επένδυσης όπως είναι το παθητικό κτίριο.

Από τις κυριότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην οικονομική αξιολόγηση με τις δυναμικές διαδικασίες είναι η μέθοδος προσόδου και ο ορισμός της τιμής των κιλοβατώραν ενέργειας που εξοικονομήθηκαν.

<sup>47</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 18

<sup>48</sup> CEPH Course (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών), 2014, σελ. E-E. 1 19



### *Μέθοδος προσόδου*

Η μέθοδος προσόδου όσο αναφορά το παθητικό κτίριο αναφέρεται στο μέγεθος του σταθερού ποσού που πρέπει να αποσυρθεί από το κεφάλαιο του επενδυτή ώστε να καλύψει συγκεκριμένες εργασίες και υποχρεώσεις (πχ επισκευές, δάνεια) κάθε τέλος του χρόνου που αφορούν το κτίριο.

Το ποσό της προσόδου βρίσκεται μέσω

$$\text{τύπου: } A = K_0 * \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p} = K_0 * \frac{p}{1 - (1 + p)^{-n}}$$

Όπου  $K_0$  είναι το κεφάλαιο μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, το  $p$  είναι το επιτόκιο και το  $\frac{p}{1 - (1 + p)^{-n}}$  είναι ο συντελεστής προσόδου.

### *Ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια*

Η ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια είναι ίσος η βασικότερη παράμετρος για την σύγκριση ενός συμβατικού κτιρίου με ένα παθητικό. Επίσης δίνει στο επενδυτή μια γενικότερη άποψη του πόσο θα κέρδος θα έχει από την κατασκευή ενός παθητικού κτιρίου. Για να μπορέσουμε να βρούμε την ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια θα πρέπει να έχουμε μερικές πληροφορίες για το κτίριο (πχ το τετραγωνικά του κτιρίου, την ζήτηση θέρμανσης, την αποδοτικότητα της διανομής και την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος). Επίσης θα πρέπει να ορίσουμε τη χρονική περίοδο για την οποία θα βγάλουμε το αποτέλεσμα, το επιτόκιο και την τιμή αναφοράς για την ωφέλιμη επιφάνεια του χώρου.

Καταλήγουμε λοιπόν σε ένα ετήσιο κόστος για την ενέργεια σε €/α. Επίσης μπορούμε να συγκρίνουμε το ετήσιο ενεργειακό κόστος μεταξύ του παθητικού κτιρίου και ενός συμβατικού και με την διαφορά που θα προκύψει να βρούμε το ποσό που θα εξοικονομήσει ο επενδυτής σε βάθος 30 χρόνων, εφόσον επιλέξει να δημιουργήσει ένα παθητικό κτίριο.



Εικόνα 20. Ετήσιο ενεργειακό κόστος για διάφορους τύπους κατοικιών





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

#### 8.1 Παραδείγματα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η κατασκευή αλλά και η φιλοσοφία του παθητικού κτιρίου είναι στα αρχικά στάδια ανάπτυξής της. Αναμένεται λόγω νομοθετικών πλαισίων που θα εφαρμοστούν να υπάρξει μια περαιτέρω άνοδος της αγοράς του παθητικού κτιρίου τα επόμενα χρόνια. Μόνο τα τελευταία τέσσερα χρόνια και από την εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. και μετά έχει αρχίσει η κτιριακή αγορά να κινείται προς το παθητικό κτίριο αλλά και γενικότερα προς τα σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης κτίρια. Αυτή τη στιγμή είναι καταχωρημένα στη βάση δεδομένων του παγκόσμιου ινστιτούτου παθητικού κτιρίου τρία πιστοποιημένα παθητικά κτίρια στην Ελλάδα και σύμφωνα με αναφορές του ελληνικού ινστιτούτου παθητικού κτιρίου το 2013 ήταν υπό κατασκευή αλλά δέκα παθητικά κτίρια. Τα τρία παραδείγματα (*Εικόνα 15, Εικόνα 16 και Εικόνα 17*) που είναι καταχωρημένα στην βάση δεδομένων του ινστιτούτου είναι:<sup>49</sup>

α)

*Εικόνα 21. Σύμπλεγμα τριών παραδοσιακών μονοκατοικιών στην Αγριά Βόλου του νομού Μαγνησίας*



<sup>49</sup> <http://www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en>



*Γενικές πληροφορίες*

Τύπος κτιρίου: Νεόδμητες μονοκατοικίες  
Έτος κατασκευής: 2012  
Αριθμός διαμερισμάτων: 3  
Συνολική επιφάνεια συμπλέγματος: 477 m<sup>2</sup>  
Τύπος κατασκευής: Κατασκευή τοιχοποιίας

β)

*Εικόνα 22. Οικογενειακό σπίτι στις Αλυκές Βόλου στο νομό Μαγνησίας*



*Γενικές πληροφορίες*

Τύπος κτιρίου: Μονοκατοικία  
Έτος κατασκευής: 2012  
Αριθμός διαμερισμάτων: 1  
Συνολική επιφάνεια συμπλέγματος: 193 m<sup>2</sup>  
Υλικό κατασκευής: Μικτής κατασκευής (ξύλο και τοιχοποιία)





γ)

Εικόνα 23. Οικογενειακό σπίτι στις Αλυκές Βόλου στο νομό Μαγνησίας<sup>50</sup>



### Γενικές πληροφορίες

Τύπος κτιρίου: Μονοκατοικία

Έτος κατασκευής: 2012

Αριθμός διαμερισμάτων: 1

Συνολική επιφάνεια συμπλέγματος: 123 m<sup>2</sup>

Τύπος κατασκευής: Κατασκευή τοιχοποιίας

### Πίνακας 13. Χαρακτηριστικά Κτιρίου<sup>51</sup>

Εξωτερική τοιχοποιία		
Τμηματική συναρμολόγηση / κατασκευή χάλυβα	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Μέγεθος (mm)
Εξωτερικός σοβάς:	0,350	3
Πάνελ ξηρού σκυροδέματος:	0,280	12
Πάνελ πολουρεθάνης:	0,022	100
Σταθερός αέρας:	0,540	100
Πετροβάμβακας:	0,041	100
Πάνελ osb-honeycomb-osb:	0,028	70
Πάνελ γύψου:	0,210	16

<sup>50</sup> <http://www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en>

<sup>51</sup> <http://www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en>



<b>Πλάκα δαπέδου</b>		
Διάφορα τμηματικά συγκροτήματα / κατασκευή χάλυβα		
Πλακίδια:	0,200	15
Κόλλα:	0,100	5
Ελαφρύ σκυρόδεμα:	0,300	30
EPS 150:	0,033	100
Σκυρόδεμα:	2,300	400
Συνολική θερμοπερατότητα:	0,213	
<b>Οροφή</b>		
Τμηματική συναρμολόγηση / κατασκευή χάλυβα		
Πάνελ πολυουρεθάνης:	0,022	150
Δοκοί χάλυβα:	50	120
Σταθερός αέρας:	0,540	100
Πετροβάμβακας:	0,041	100
Πάνελ γύψου:	0,210	16
Συνολική θερμοπερατότητα:	0,104	
<b>Πλαίσια</b>		
REHAU, GENE0 PHZ		
PVC Frame		
Θερμοπερατότητα κουφωμάτων:	0,79	
Θερμοπερατότητα ανοιγμάτων:	0,95	
<b>Τζάμια</b>		
	<b>Θερμοπερατότητα (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>Ηλιακός συντελεστής</b>
Τριπλά τζάμια με διπλό Low-E και Αργό	0,69	62%
4:/16/4/16/:4 Ar 90%		
<b>Πόρτα εισόδου</b>		
REHAU GENE0		
Μονωμένη PVC πόρτα		
Συνολική θερμοπερατότητα:	1,12	



<b>Μηχανικά συστήματα</b>		
• Εξαερισμός		
	<b>Παροχή (m<sup>3</sup>/hr)</b>	
WOLF, CWL 400		
Αέρας	100 - 300	
Ακριβές eHRE 80% συμπεριλαμβανομένων των απωλειών		
• Σύστημα θέρμανσης		
	<b>Ποσοστό (%)</b>	
Διαφορετικές πηγές θέρμανσης		
Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα (DAIKIN FTXR28E - COP 5.14 - EER 5.0) με λίγα καλοριφέρ:	85	
Τζάκι ξύλου:	10	
Ηλεκτρισμός (CWL με σπείρα θέρμανσης):	5	
<b>Ζεστό νερό χρήσης</b>	<b>Μέγεθος (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>
Επιφάνεια συλλέκτη (επίπεδη)	4,6	
Κάλυψη Z.N.X. με ηλιακούς συλλέκτες		86
Κάλυψη Z.N.X. από ηλεκτρική ενέργεια		14
<b>Τιμές προγράμματος PHPP</b>		
Αεροστεγανότητα:	0,75/h	
Θερμικό φορτίο:	14 W/m <sup>2</sup>	
<b>Ετήσια ζήτηση θέρμανσης:</b>	<b>13 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	



## 8.2 Παραδείγματα στο εξωτερικό

### 8.2.1 Μονοκατοικίες

α)

Εικόνα 24. Παθητικό κτίριο στο Darmstadt-Kranichstein της Γερμανίας<sup>52</sup>



Το πρώτο παθητικό κτίριο στο κόσμο, είναι τέσσερα διαμερίσματα στο Darmstadt-Kranichstein στη Γερμανία (Εικόνα 18).

Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά Κτιρίου<sup>53</sup>

	Βαθμός απόδοσης (%)
Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας	80
<b>Παράθυρα κτιρίου</b>	
• Από ξύλο με μόνωση αφρού πολυουρεθάνης και τριπλούς low-e υαλοπίνακες με ενδιάμεση στρώση κρυπτών:	
Αεροστεγανότητα κτιρίου:	0,3/h
<b>Κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	
Ετήσια ζήτηση θέρμανσης:	10
<b>Φορτίο (W/m<sup>2</sup>)</b>	
Μέγιστο θερμικό φορτίο το χειμώνα:	10

<sup>52</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

<sup>53</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>



β)

Εικόνα 25. Παθητικό κτίριο στο Wassenberg της Γερμανίας<sup>54</sup>



Το μικρότερο παθητικό κτίριο στο κόσμο, βρίσκεται στο Wassenberg της Γερμανίας (Εικόνα 19).

Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά κτιρίου<sup>55</sup>

	Βαθμός απόδοσης (%)	
Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας	92	
	Ηλιακός συντελεστής (%)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/(m <sup>2</sup> K))
<b>Παράθυρα κτιρίου</b>		
• Από ίνες υάλου και ξύλο με τριπλούς low-e υαλοπίνακες:	52	0,65
<b>Αεροστεγανότητα κτιρίου:</b>	0,3/h	
	Κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> a)	
<b>Ετήσια ζήτηση θέρμανσης:</b>	13,7	
<b>Ετήσια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας:</b>	112	

<sup>54</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

<sup>55</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>



γ)

Εικόνα 26. Παθητικό κτίριο της οικογένειας Hanssen-Horppener<sup>56</sup>



Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά κτιρίου<sup>57</sup>

	<b>Βαθμός απόδοσης (%)</b>
<b>Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας (*)</b>	95
	<b>Μέγεθος συστήματος (kWp)</b>
<b>Ηλεκτροδότηση</b>	
● Φωτοβολταϊκό σύστημα:	3,2
	<b>Κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Ετήσια ζήτηση θέρμανσης:</b>	<b>14,24</b>
(*) Επιπλέον γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας	

<sup>56</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

<sup>57</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>



## 8.2.2 Πολυκατοικίες

Εικόνα 27. Συγκρότημα παθητικών κτιρίων στη Δρέσδη της Γερμανίας<sup>58</sup>



Το έργο ονομάζεται *The Nestwerk Residential Project* (Εικόνα 21). Αποτελείται από δύο κτίρια που διαχωρίζονται σε εννέα συνολικά διαμερίσματα (Εικόνα 22). Στα διαμερίσματα διαμένουν εννέα οικογένειες.

Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά κτιρίων<sup>59</sup>

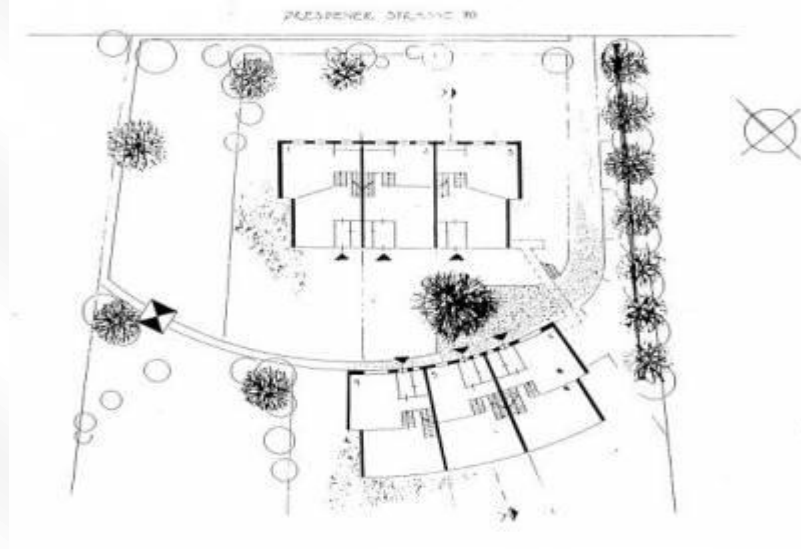
	Πάχος μόνωσης (cm)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/(m <sup>2</sup> K))
<b>Μόνωση κτιρίων</b>		
Μόνωση κελύφους κτιρίων: (*)	27	0,11
Μόνωση οροφής: (*)	34	0,12
	Ηλιακός συντελεστής	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/(m <sup>2</sup> K))
<b>Παράθυρα κτιρίων</b>		
● Ξύλινα με τριπλούς low-e υαλοπίνακες:	44 %	0,85
<b>Θέρμανση κτιρίων</b>		
● Αερόθερμα για κάθε διαμέρισμα		
● Φωτοβολταϊκό σύστημα 12 m <sup>2</sup> για κάθε κτίριο		
(*) Κυτταρίνη από ανακύκλωση εφημερίδων		

<sup>58</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

<sup>59</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

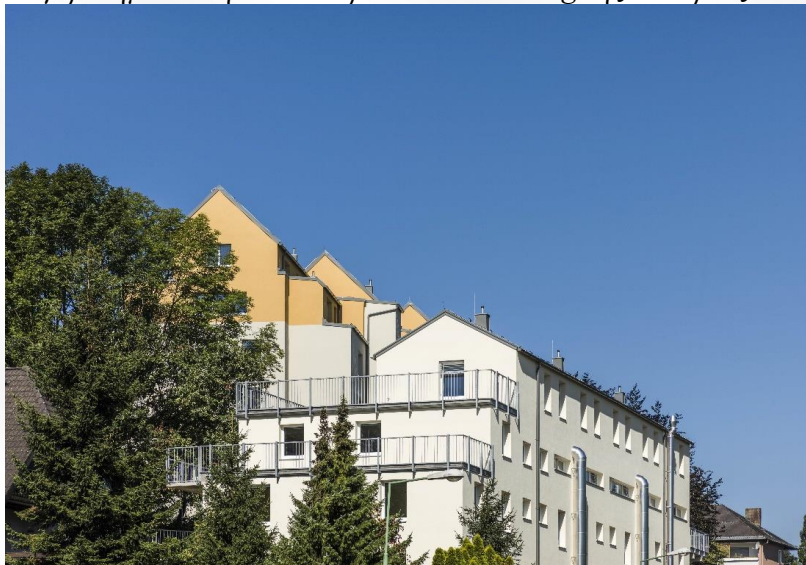


Εικόνα 28. Κάτοψη του συγκροτήματος των παθητικών κατοικιών<sup>60</sup>



### 8.2.3 Ανακαινίσεις

Εικόνα 29. Συγκρότημα παθητικών κτιρίων στο Kierling της Αυστρίας<sup>61</sup>



Ένα από τα ιδανικότερα παραδείγματα κτιρίων που μετατράπηκαν σε παθητικά μέσω ανακαίνισης ή μετασκευής είναι το συγκρότημα κατοικιών στο *Kierling* της Αυστρίας (Εικόνα 24). Το συγκρότημα ανακαινίστηκε το 2013 και προστέθηκαν σ' αυτό έξι νέα διαμερίσματα στην θέση που κατείχε η οροφή, καθώς και αλλά δεκατρία διαμερίσματα με την κατασκευή ενός νέου κτιρίου ακριβώς δίπλα στο παλιό. Η προγενέστερη ζήτηση για θέρμανση στο συγκρότημα ήταν στις 97 kWh/(m<sup>2</sup>a). Μετά την ανακαίνιση η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση μειώθηκε στις 9 kWh/(m<sup>2</sup>a). Επιτεύχθηκε δηλαδή μείωση σχεδόν 90% στη ζήτηση ενέργειας του συγκροτήματος. Επίσης το ανακαινισμένο αυτό συγκρότημα κατοικιών ξεπερνάει σε ενεργειακή

<sup>60</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>

<sup>61</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>





απόδοση σχεδόν το 90% των νέων διαμερισμάτων της Αυστρίας και παράλληλα επιτεύχθηκε η ριζική αλλαγή της αισθητικής του. Μερικές βασικές αλλαγές που διενεργήθηκαν μεταξύ άλλων για να επιτευχθούν τα κριτήρια του παθητικού κτιρίου είναι:<sup>62</sup>

- α) Η εγκατάσταση κεντρικού συστήματος εξαερισμού
- β) Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε θέρμανση με *pellet*
- γ) Εγκατάσταση θερμικών ηλιακών
- δ) Θερμική ανακαίνιση του κτιρίου με βάση το πρότυπο του παθητικού κτιρίου

---

<sup>62</sup> <http://www.passivehouse-international.org/>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

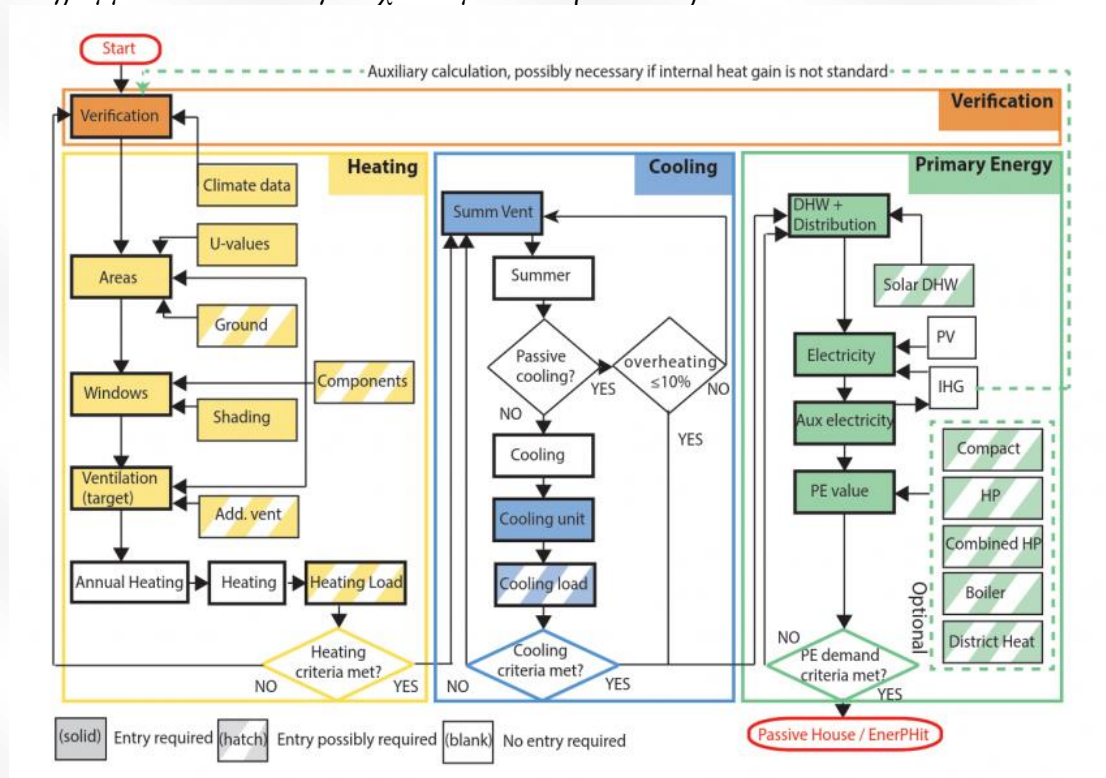
Η μελέτη για την πιστοποίηση μονοκατοικίας στα πρότυπα του παθητικού κτιρίου που θα πραγματοποιηθεί στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, θα γίνει με την βοήθεια του προγράμματος σχεδιασμού για τα παθητικά κτίρια (P.H.P.P).

#### 9.1 Πακέτο σχεδιασμού του παθητικού κτιρίου (PHPP)

*Γενική επισκόπηση του προγράμματος σχεδιασμού παθητικών κτιρίων*

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Διάγραμμα 8) παρουσιάζονται όλες οι πτυχές του κτιρίου που πρέπει να υπολογιστούν και η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, ώστε να επιτευχθούν τα κριτήρια του παθητικού κτιρίου.

Διάγραμμα 8. Μεθοδολογία σχεδιασμού παθητικού κτιρίου<sup>63</sup>



Η διαδικασία πρέπει να ακολουθηθεί κατά γράμμα, ώστε στο τέλος κάθε ενότητας θα πρέπει να γίνεται επαλήθευση των αποτελεσμάτων και έλεγχος ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις του παθητικού κτιρίου. Σε περίπτωση μη εναρμόνισης με τα κριτήρια του παθητικού κτιρίου, ο σχεδιαστής θα πρέπει να προβεί σε διορθωτικές αλλαγές έως ότου γίνει εφικτή η πλήρωση των κριτηρίων.

<sup>63</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 26-27



### 9.1.1 Γενικό τυπολόγιο προγράμματος

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο το πρόγραμμα σχεδιασμού παθητικού κτιρίου αποτελείται από υπολογιστικά φύλλα. Ο σχεδιαστής καταχωρεί κτιριακά και κλιματικά δεδομένα στα υπολογιστικά φύλλα, στη συνέχεια το πρόγραμμα πραγματοποιεί υπολογισμούς μέσω τύπων και παρουσιάζει τα αποτελέσματα που χρειάζεται ο σχεδιαστής ώστε να καταφέρει να δημιουργήσει ένα κτίριο που θα πληροί τις προϋποθέσεις του παθητικού κτιρίου. Μερικοί τύποι που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα είναι:<sup>64</sup>

1) Απώλειες από μετάδοση θερμότητας (για υπολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου)<sup>65</sup>

$$Q_T = A * U * b_j * G_t$$

όπου  $Q_t \rightarrow$  Μετάδοση θερμότητας (kWh/a)

$A \rightarrow$  Περιοχή θερμικού κελύφους ( $m^2$ )

$U \rightarrow$  Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $W/(m^2K)$ )

$b_j \rightarrow$  Συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας

$G_t \rightarrow$  Βαθμοώρες θέρμανσης (kKh/a)

2) Βαθμοώρες θέρμανσης

$$G_t = \int \Delta T dt \approx \sum_1^{12} \Delta T_{Month} * t_{Month}$$

όπου  $G_t \rightarrow$  Βαθμοώρες θέρμανσης

$t_{Month} \rightarrow$  χρονική περίοδος σε μέρες ή ώρες

3) Ειδική απώλεια θερμότητας κατά την μετάδοση

$$H_T = \sum b_j A_j U_j + \sum b_j \Psi_j I_j + \sum b_j X_j$$

όπου  $H_T \rightarrow$  Ειδική απώλεια θερμότητας κατά την μετάδοση

$\sum b_j A_j U_j \rightarrow$  Περιοχές θερμικού κελύφους

$\sum b_j \Psi_j I_j \rightarrow$  Γραμμικές θερμογέφυρες

$\sum b_j X_j \rightarrow$  Σημειακές θερμογέφυρες

4) Κατασκευή χωρίς θερμογέφυρες

$$H_{regular} = \sum b_j A_j U_j \geq H_T$$

5) Απώλειες από εξαερισμό (για υπολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου)<sup>66</sup>

$$Q_V = V * n_{equiv.} * c_p \rho * G_t$$

<sup>64</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013

<sup>65</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 114

<sup>66</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 118



όπου  $V \rightarrow$  Όγκος αέρα

$n_{equiv.} \rightarrow$  Ισοδύναμη αλλαγή του αέρα

$c_p \rho \rightarrow$  Θερμοχωρητικότητα του αέρα

$G_t \rightarrow$  Βαθμώρες θέρμανσης

6) Κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία (για υπολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου)<sup>67</sup>

$$Q_S = r * g * A * G$$

όπου  $Q_S \rightarrow$  Ηλιακό όφελος

$r \rightarrow$  Συντελεστής μείωσης

$g \rightarrow$  Συντελεστής θερμοπερατότητας

$A \rightarrow$  Επιφάνεια του παραθύρου (όχι η επιφάνεια του υαλοπίνακα)

$G \rightarrow$  Παγκόσμια ακτινοβολία

7) Κέρδη από την εσωτερική θερμότητα (για υπολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου)<sup>68</sup>

$$Q_I = t_{Heat} * q_i * A_{TFA}$$

όπου  $Q_I \rightarrow$  Κέρδη από εσωτερική θερμότητα

$t_{Heat} \rightarrow$  χρόνος περιόδου θέρμανσης

$q_i \rightarrow$  ακριβή κέρδη εσωτερικής θερμότητας

$A_{TFA} \rightarrow$  Εμβαδόν ωφέλιμης επιφάνειας

8) Εσωτερικές πηγές θερμότητας (για υπολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου)<sup>69</sup>

$$Q_H = Q_T + Q_V - \eta * (Q_S + Q_I)$$

όπου  $Q_H \rightarrow$  Εναπομένουσα ζήτηση θερμότητας

$Q_T \rightarrow$  Απώλειες από μετάδοση θερμότητας

$Q_V \rightarrow$  Απώλειες από εξαερισμό

$\eta \rightarrow$  Συντελεστής χρήσης της θερμότητας

$Q_S \rightarrow$  Κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία

$Q_I \rightarrow$  Κέρδη από την εσωτερική θερμότητα

9) Συντελεστής θερμοπερατότητας παραθύρων<sup>70</sup>

$$U_{Window} = 1/A_{Window} \times [U_{Glazing} \times A_{Glazing} + U_{Frame} \times A_{Frame} + l_{Glazing} \times \Psi_{Glazing\ edge} + l_{Frame} \times \Psi_{Installation}]$$

όπου:  $A_{Window} \rightarrow$  Συνολική επιφάνεια παραθύρου

$A_{Glazing} \rightarrow$  Συνολική επιφάνεια υαλοπίνακα

$A_{Frame} \rightarrow$  Συνολική επιφάνεια κουφώματος

$U_{Glazing} \rightarrow$  Θερμοπερατότητα υαλοπίνακα

$U_{Frame} \rightarrow$  Μέση θερμοπερατότητα κουφώματος

$l_{Glazing} \rightarrow$  Περίμετρος υαλοπίνακα

<sup>67</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 120

<sup>68</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 121

<sup>69</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 121

<sup>70</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 86



$I_{Frame}$  → Περίμετρος κουφώματος  
 $\Psi_{Glazing\ edge}$  → Μέση σταθερά απωλειών επιφάνειας υαλοπίνακα λόγω θερμογεφυρών  
 $\Psi_{Installation}$  → Μέση σταθερά απωλειών της εγκατάστασης λόγω θερμογεφυρών

10) Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος<sup>71</sup>

$$E_{el} = s \times V_{norm} \times f_{use} \times h \times G \times f_{el}$$

όπου:  $s$  → Στήλη 1: Δηλώνει εάν η συσκευή υπάρχει ή όχι  
 $s$  → Στήλη 2: Δηλώνει εάν η συσκευή βρίσκεται μέσα ή έξω από το κέλυφος του κτιρίου  
 $V_{norm}$  → Η στάνταρ ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής  
 $f_{use}$  → Παράμετρος διόρθωσης της στάνταρ κατανάλωσης ενέργειας  
 $h$  → Η συχνότητα της χρήσης ανά χρόνο και ανά μέγεθος αναφοράς  
 $G$  → Τιμή αναφοράς για την συχνότητα χρήσης, είναι ο αριθμός των ενοίκων ή των κατοικιών  
 $f_{el}$  → Ηλεκτρικό κομμάτι της διαδικασίας, για τις περισσότερες διαδικασίες είναι 1

11) Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας<sup>72</sup>

$$e_{Primary} = \frac{E_{el} \times p_{el} + E_{other} \times p_{other}}{A_{TFA}}$$

12) Ζήτηση τελικής ενέργειας<sup>73</sup>

$$Q_{final} = e_{distribution} \times e_{heat\ production} \times Q_{use}$$

όπου:  $Q_{use}$  → Το άθροισμα της ετήσιας ζήτησης θέρμανσης με τη ζήτηση Ζ.Ν.Χ.  
 $e_{distribution}$  → Ποσοστό λειτουργίας του συστήματος διανομής θερμότητας  
 $e_{heat\ production}$  → Ποσοστό λειτουργίας γεννήτριας θέρμανσης

13) Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα<sup>74</sup>

$$u_{CO_2} = \frac{U_{CO_2}}{A_{TFA}}$$

όπου:  $U_{CO_2} = x_{CO_2} * E_{H+w}$   
 $u_{CO_2}$  → Ειδική τιμή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα  
 $U_{CO_2}$  → Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα  
 $x_{CO_2}$  → Παράμετρος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

<sup>71</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 165

<sup>72</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 166

<sup>73</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 189

<sup>74</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 192



### 9.1.2 Χρήση του προγράμματος σχεδιασμού και αναλυτική περιγραφή του

Η χρήση του προγράμματος σχεδιασμού παθητικού κτιρίου ξεκινάει με την ανάγνωση σύντομων οδηγιών που υπάρχουν κατά την εκκίνηση του προγράμματος και δίνουν ορισμένες σημαντικές συμβουλές για τον τρόπο χρήσης του. Στη συνέχεια ξεκινάει η συμπλήρωση δεδομένων για κάθε μια κατηγορία που περιέχει το πρόγραμμα. Η σειρά συμπλήρωσης των δεδομένων σε κάθε κατηγορία πραγματοποιείται όπως παρατέθηκε και στο παραπάνω σχηματικό διάγραμμα. Πιο αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής:

■ Το πρώτο φύλλο εργασίας ονομάζεται **“Verification”** και εκεί καταχωρούνται γενικότερες πληροφορίες για το κτίριο και την μελέτη όπως για παράδειγμα η ονομασία του κτιρίου/μελέτης, η περιοχή όπου βρίσκεται το κτίριο, η χώρα, ο τύπος του κτιρίου, οι πελάτες για τους οποίους πραγματοποιείται η μελέτη, το όνομα του σχεδιαστέ, ο αριθμός των ενοίκων και η εσωτερική θερμοκρασία που θέλουμε να έχει. Επίσης επιλέγεται η μέθοδος των υπολογισμών και δίνεται μια σύντομη περίληψη των αποτελεσμάτων.

■ Στο επόμενο φύλλο εργασίας που ονομάζεται **“Overview”** δίνεται μια εις βάθος περιγραφή του έργου, με επισκόπηση όλων των αποτελεσμάτων και των μεταβλητών που θα εισαχθούν. Καθώς επίσης και ειδικές λεπτομέρειες που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου, συστήματά του κτιρίου και γενικότερες πληροφορίες.

■ Στη συνέχεια πραγματοποιείται η καταχώρηση των κλιματικών δεδομένων στο φύλλο εργασίας **“Climate”**, που θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενα φύλλα εργασίας που αφορούν την ετήσια θέρμανση, τα παράθυρα, το φορτίο θέρμανσης, την θέρμανση, τη περίοδο καλοκαιριού, την ψύξη, τις μονάδες ψύξης και το φορτίο ψύξης. Τα κλιματικά δεδομένα της παρούσας μελέτης πάρθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.).

■ Το φύλλο εργασίας **“U-Values”** αφορά τους συντελεστές θερμοπερατότητας και τον υπολογισμό τους για μια πρότυπη κτιριακή κατασκευή. Η συντελεστές θερμοπερατότητας καταχωρούνται εφόσον επιλεγούν τα κατάλληλα συστατικά για το κτίριο. Στην πορεία εφόσον καταχωρηθούν οι συντελεστές, συνοψίζονται αυτόματα και στο φύλλο εργασίας **“Components”** που θα αναφερθεί παρακάτω. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θερμοπερατότητας είναι:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 + R_{se}}$$
, ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με το

EN ISO 6946.

όπου  $\lambda$  → η θερμική αγωγιμότητα του υλικού κατά DIN 4108-4

$d_1, d_2, d_3$  → τα πάχη των υλικών

$R_{si}$  και  $R_{se}$  → θερμική αντίσταση στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες σε ( $m^2K/W$ ) κατά EN ISO 6946, (στην περίπτωση αεριζόμενης όψης ή σκεπής τότε →  $R_{si} = R_{se}$ ).

Στη παρακάτω εικόνα δίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού θερμοπερατότητας οροφής υπογείου. Επίσης δίνεται ένας ενδεικτικός πίνακας με τις θερμικές



αγωγιμότητες ορισμένων υλικών (Πίνακας 19) και πίνακας με την θερμική ροή στις εσωτερικές επιφάνειες (Πίνακας 20).

Πίνακας 18. Θερμικές αγωγιμότητες υλικών

Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ [W/(mK)]
Σκυρόδεμα (Οπλισμένο)	2,1
Ελαφρύ Σκυρόδεμα	0,15 - 0,3
Καουτσούκ	0,17
Τάπητας	0,06
Μουσαμάς	0,17
Γυαλί Επίπλευσης	1
Αλουμίνιο	160
Χαλυβδοσίδηρος	50
Ανοξείδωτος Χάλυβας	17
Στερεό Πλαστικό	0,17 - 0,3
Γύψος	0,18 - 0,56
Γυψοσανίδα	0,25
Τσιμεντοκονίαμα	1,4
Φυσική Πέτρα	1,5 - 3,5
Τοιχοποιία Από Άμμο-Ασβέστη	1
Μαλακό Ξύλο	0,13
Σκληρό Ξύλο	0,18
Μοριοσανίδες	0,1 - 0,18
Ξυλόπλακα Με Προσανατολισμένα Ξυλοτεμαχίδια	0,13
Ξύλο ινοσανίδες, Μεσαίας Πυκνότητας Ινοσανίδες	0,07 - 0,18
Εκτεταμένο Άκαμπτο Αφρώδες Πολυστυρένιο	0,035 - 0,04
Διελασμένο Άκαμπτο Αφρώδες Πολυστυρένιο	0,030 - 0,04
Πετροβάμβακας	0,035 - 0,045
Τοιχοποιία Από Τούβλα	0,8 - 1,2
Κάθετα Διάτρητη Ελαφριά Τοιχοποιία	0,3 - 0,45
Ελαφριά Σανίδα Από Ξύλο-Μαλλί	0,065 - 0,09
Άκαμπτος Αφρός Πολυουρεθάνης	0,025 - 0,04
Ινώδες μονωτικό υλικό	0,035 - 0,05
Κυψελωτό Γυαλί	0,045 - 0,06
Ξύλινη Μαλακή Σανίδα	0,04 - 0,07



Πίνακας 19. Ροή θερμότητας

	Προς τα πάνω	Οριζοντίως	Προς τα κάτω
<b>R<sub>si</sub></b> [m <sup>2</sup> K/W]: Θερμική Αντίσταση της Εσωτερικής Επιφάνειας	0,10	0,13	0,17
<b>R<sub>se</sub></b> [m <sup>2</sup> K/W]: Θερμική Αντίσταση της Εξωτερικής Επιφάνειας	0,04		
<b>R<sub>se</sub></b> [m <sup>2</sup> K/W]: Θερμική Αντίσταση της Εξωτερικής Επιφάνειας Κάτω Από το Έδαφος	0,0		

■ Στη κατηγορία “**Areas**” καταγράφονται όλοι οι χώροι του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα καταχωρούνται οι χώροι συγκέντρωσης των ενοίκων με τις διαστάσεις τους, οι θερμογέφυρες και ο ωφέλιμος χώρος του δαπέδου. Για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών που υπάρχουν στο κτίριο σύμφωνα με το EN ISO 10211, οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι:

- Για μονοδιάστατη θερμογέφυρα  $\Phi_{1D} = U[W/(m^2K)] * A[m^2] * \Delta T[K]$ , μονάδα [W]

- Για δισδιάστατη θερμογέφυρα  $\Phi_{2D} = (U_1 * A_1 + U_2 * A_2 + \Psi * I) * \Delta T$ , μονάδα [W]

- Για αξιολόγηση αναδιατάσσουμε τον τύπο ως προς  $\Psi$  άρα έχουμε  $\Psi = (\Phi_{2D} - A_1 * U_1 * \Delta T - A_2 * U_2 * \Delta T) / I / \Delta T$ , μονάδα [W/(mK)]

■ Για το φύλλο εργασίας “**Ground**” πραγματοποιούνται ακριβείς υπολογισμοί για τον καθορισμό των θερμικών απωλειών από το έδαφος.

■ Η κατηγορία “**Components**” αφορά τα συστατικά του κτιρίου. Υπάρχει βάση δεδομένων με πιστοποιημένα συστατικά για παθητικά κτίρια όπως δομικά στοιχεία κελύφους, υαλοπίνακες, κουφώματα παραθύρων και μονάδες εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Από τις συγκεκριμένες βάσεις δεδομένων καλείται ο σχεδιαστής να επιλέξει τα συστατικά που θέλει να εγκαταστήσει ή να προσθέσει συστατικά εφόσον γνωρίζει τις ιδιότητές τους. Για τον υπολογισμό της αποδοτικότητας ανάκτησης θερμότητας χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$\eta_{HR} = \frac{\theta_{ETA} - \theta_{EHA} + P_{el} / (mc_p)}{\theta_{ETA} - \theta_{ODA}}$$

■ Στο φύλλο εργασίας “**Windows**” γίνεται προσδιορισμός της θερμοπερατότητας των παραθύρων που θα χρησιμοποιηθούν. Πιο συγκεκριμένα στο φύλλο εισάγονται: η γεωμετρία, ο προσανατολισμός, το μήκος και πλάτος των πλαισίων, οι τιμές θερμοπερατότητας τους καθώς και οι συντελεστές θερμικών απωλειών των θερμογεφυρών στις ενώσεις. Έτσι από τα δεδομένα αυτά που καταχωρήθηκαν γίνεται τελικώς ο καθορισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας και της ολικής ακτινοβολίας.





■ Στη πορεία πραγματοποιείται ο προσδιορισμός των συντελεστών σκίασης στο φύλλο **“Shading”**. Αρχικά εισάγουμε τις παραμέτρους σκίασης όπου χωρίζονται σε τρία είδη:

- δέντρα, σπίτια, βουνά κλπ.
- προεξοχές, μπαλκόνια
- ανοίγματα

και στη πορεία γίνεται ο υπολογισμός των συντελεστών. Στη περίπτωση διαφορετικού είδους σκίασης των παραθύρων θα πρέπει να καταχωρούνται μαζί με τα προηγούμενα δεδομένα και η παρέκκλιση από τον βορρά, η γωνία κλίσης από τον ορίζοντα και ο προσανατολισμός για κάθε ένα ξεχωριστά. Επιπλέον γίνεται ο υπολογισμός των κερδών από την ηλιακή ενέργεια μέσω του τύπου

$$Q_s = r * g * A_f * G$$

όπου  $r \rightarrow$  συντελεστής μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, λαμβάνει υπ' όψιν τα ποσοστά του πλαισίου, της σκίασης, της σκόνης και τη γωνία της ηλιακής ακτινοβολίας

$g \rightarrow$  συνολικός συντελεστής μετάδοσης της ηλιακής ενέργειας του υαλοπίνακα στο κάθετο ηλιακό φως

$G \rightarrow$  παγκόσμια ακτινοβολία κατά την περίοδο θέρμανσης (καλοκαιρινή περίοδος)

■ Για τον αερισμό του κτιρίου υπάρχει το φύλλο εργασίας **“Ventilation”**, όπου καταχωρούνται οι ταχύτητες ροής του αέρα, γίνεται η εξισορρόπηση μεταξύ του αέρα παροχής και εξαγωγής και δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών συμπίεσης. Επίσης καθορίζονται: το μέγεθος του συστήματος εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας ανάλογα με τις απαιτήσεις παροχής και εξαγωγής αέρα και το ποσοστό αλλαγής της διείσδυσης του αέρα.

■ Στη κατηγορία του πρόσθετου εξαερισμού **“Additional Vent”** πραγματοποιείται ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός συστημάτων εξαερισμού με διαφορετικές μονάδες εξαερισμού. Πιο συγκεκριμένα το φύλλο εργασίας πρόσθετου εξαερισμού είναι μια επέκταση του προηγούμενου φύλλου εργασίας με σκοπό τη διαστασιολόγηση των ροών αέρα για ειδικές κτιριακές εφαρμογές και συστήματα που κάνουν χρήση διαφόρων μονάδων εξαερισμού.

■ Η ετήσια θέρμανση του κτιρίου υπολογίζεται στο φύλλο εργασίας **“Annual Heating”**. Πιο συγκεκριμένα διενεργείται ο υπολογισμός της ετήσιας ζήτησης θέρμανσης του κτιρίου, με τη μέθοδο του ενεργειακού ισοζυγίου σύμφωνα με το EN 13790 όπου ισχύει:

Απώλειες μετάδοσης θερμότητας + Απώλειες εξαερισμού – h (Ηλιακά κέρδη + Εσωτερικά κέρδη)

■ Στο φύλλο εργασίας **“Heating”**, υπολογίζεται το διάστημα ζήτησης θέρμανσης με την μηνιαία μέθοδο σύμφωνα με το EN 13790.

■ Στο **“Heating Load”** ή αλλιώς θερμικό φορτίο, υπολογίζουμε το ονομαστικό θερμικό φορτίο του κτιρίου χρησιμοποιώντας μια ισορροπημένη διαδικασία για την ημέρα του σχεδιασμού, όπου ισχύει:



Μέγιστη μετάδοση + Μέγιστος Εξαερισμός – η (ελάχιστα ηλιακά κέρδη + εσωτερικά θερμικά κέρδη)

Μετάδοση θερμικού φορτίου:  $P_T = A * U * f_T * D_{q1,2}$

Θερμικό φορτίο εξαερισμού:  $P_V = V_V * n_V * c_p * \rho * D_{q1,2}$

Ηλιακό φορτίο:  $P_S = A_F * g * r * G_{1,2}$

Εσωτερικό θερμικό φορτίο:  $P_I = p_i * A_{TFA}$

■ **“SummVent”** είναι το φύλλο εργασίας που αφορά τον προσδιορισμό του εξαερισμού του κτιρίου την καλοκαιρινή περίοδο. Στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας πραγματοποιείται μελέτη του εξαερισμού με σκοπό την ψύξη του κτιρίου και επίσης γίνεται εκτίμηση των ρυθμών ροής του αέρα για φυσικό αερισμό την καλοκαιρινή περίοδο.

■ Στη κατηγορία **“Summer”** αξιολογείται το κλίμα το καλοκαίρι και γίνεται υπολογισμός της συχνότητας υπερθέρμανσης, όπου λαμβάνεται υπόψη ως μέτρο για την άνεση την καλοκαιρινή περίοδο. Το όριο άνεσης την περίοδο εκείνη είναι 25 με 26 °C. Στο φύλλο γίνεται καταχώρηση της συγκεκριμένης χωρητικότητας αποθήκευσης όπου γίνεται εκτίμηση για ελαφριά και στιβαρή κατασκευή, της ημερήσιας μεταβολής του αέρα είτε μηχανικά είτε μέσω παραθύρων, καθώς και οποιαδήποτε πρόσθετη μεταβολή του αέρα τη νύχτα ομοίως μηχανικά ή μέσω παραθύρων. Επίσης στα αποτελέσματα του συγκεκριμένου φύλλου λαμβάνουμε και την διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας λόγω του ηλιακού φορτίου.

■ Στο φύλλο εργασίας **“Cooling”** υπολογίζεται η ζήτηση ψύξης μηνιαία αλλά και ετήσια.

■ Στη συνέχεια στη κατηγορία **“Cooling units”** ή αλλιώς μονάδες ψύξης, υπολογίζονται η λανθάνουσα ενέργεια ψύξης καθώς και η ενεργειακή ζήτηση για αφύγρανση. Επίσης γίνεται η επιλογή της μεθόδου ψύξης.

■ Η κατηγορία **“Cooling load”** αναφέρεται φορτίο ψύξης και ως αποτελέσματα των υπολογισμών λαμβάνουμε το συνολικό φορτίο ψύξης του κτιρίου αλλά και τον ημερήσιο μέσο όρο του φορτίου ψύξης.

■ Το φύλλο εργασίας **“DHW+Distribution”** αφορά το ζεστό νερό χρήσης και τη διανομή του. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας κατά την διανομή, η απαίτηση θερμότητας για το ζεστό νερό χρήσης ανά άτομο και οι απώλειες για την αποθήκευσή του. Για τις σωληνώσεις που θα χρησιμοποιηθούν εισάγουμε το μήκος τους και τον συντελεστή θερμικών απωλειών. Ενώ για την αποθήκευση του Ζ.Ν.Χ. παίρνουμε τις απώλειες της δεξαμενής αποθήκευσης από τον ενδεικτικό πίνακα που υπάρχει παρακάτω, ανάλογα με τον όγκο της και την μόνωση που έχει. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία της δεξαμενής είναι υψηλότερη ή η θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου που βρίσκεται η δεξαμενή διαφέρει από τις



τιμές που χρησιμοποιούνται στον πίνακα, τότε οι απώλειες της δεξαμενής μπορούν να μετατραπούν χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:<sup>75</sup>  $Q_{New} = Q_{S,55/20} * \frac{\theta_{HW} - \theta_{Amb}}{(55 - 20)K}$

όπου  $\theta_{HW} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{amb} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Πίνακας Τιμών Θερμικών Απωλειών Δεξαμενής Z.N.X. σε Watts (Πίνακας 21), με  $\theta_{HW} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{amb} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Πίνακας 20. Πίνακας τιμών θερμικών απωλειών δεξαμενής Z.N.X.

Όγκος Αποθήκευσης	Κακός Μονωμένο (περίπου 2 cm)	Μέτρια Μονωμένο (περίπου 5 cm)	Καλά Μονωμένο (περίπου 10 cm)
Litres	Watt	Watt	Watt
25	54	30	20
50	83	45	29
75	107	57	37
100	128	68	43
150	165	86	54
200	199	103	64
300	257	131	80
500	357	180	108
750	464	231	137
1000	559	276	162
1500	727	356	207
2000	877	427	247

■ Στο φύλλο “SolarDHW” υπολογίζεται η συνεισφορά του ηλιακού συλλέκτη στη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης και των χώρων του κτιρίου. Ο υπολογισμός της ηλιακής θερμικής συνεισφοράς γίνεται μέσω αλγορίθμου και τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για τον υπολογισμό του Z.N.X. από ηλιακά είναι:<sup>76</sup>

#### Εισαγωγή δεδομένων

- Επιλογή τύπου του συλλέκτη
- Άνοιγμα
- Προσανατολισμός
- Επιλογή του τύπου αποθήκευσης
- Μέγεθος αποθηκευτικού χώρου

#### Αποτελέσματα

- Εκτιμώμενο ποσοστό συνεισφοράς ηλιακού συλλέκτη στη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης
- Απώλειες από την αποθήκευση
- Γραφική απεικόνιση των μέσων μηνιαίων τιμών

■ Στη κατηγορία “PV” υπολογίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκό σύστημα (στην περίπτωση που υπάρχει ή πρόκειται να εγκατασταθεί).

<sup>75</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 155

<sup>76</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 157



Επίσης για τον υπολογισμό των αποδόσεων μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας λαμβάνονται από τον κατασκευαστή οι παρακάτω παράμετροι:<sup>77</sup>

- Ονομαστικό Ρεύμα ( $I_{MMP}$  σε A) και Ονομαστική Τάση ( $U_{MMP}$  σε V)
- Το συντελεστή θερμοκρασίας του ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $\alpha$  σε %K)
- Το συντελεστή θερμοκρασίας της τάσης του ανοιχτού κυκλώματος ( $\beta$  σε %K)

Πίνακας τυπικών συντελεστών θερμοκρασιών ανάλογα με το τύπο της μονάδας (Πίνακας 22).

Πίνακας 21. Συντελεστές θερμοκρασιών για διάφορους τύπους φωτοβολταϊκών<sup>78</sup>

Τύπος Μονάδας	Amorph-Si	CIGS	Mono-Si	Poly-Si
$\alpha$ σε %K	+0,1	+0,04	+0,02...+0,08	+0,03...+0,07
$\beta$ σε %K	-0,27...-0,38	-0,26...-0,29	-0,21...-0,48	-0,29...-0,42

■ **“Electricity”** στο συγκεκριμένο φύλλο υπολογίζεται η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των παθητικών κτιρίων οικιστικής χρήσης. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι:<sup>79</sup>

$$- \text{Για την ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας } E_{el} = s * V_{norm} * f_{use} * h * G * f_{el}$$

όπου (s) → Στήλη 1: Υποδεικνύει αν υπάρχουν συσκευές ή πραγματοποιούνται εργασίες σε μια μονοκατοικία ή πολυκατοικία. Όταν  $s = 1 = \text{Ναι}$  και όταν  $s = 0 = \text{Όχι}$ .

Στήλη 2: Υποδεικνύει αν οι συσκευές ή οι εργασίες βρίσκονται-γίνονται εντός θερμικού κελύφους του κτιρίου. Η συγκεκριμένη στήλη μπορεί να επηρεάσει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των ψυγείων και των καταψυκτών.

( $V_{norm}$ ) → Στήλη 3: Τυπική κατανάλωση ενέργειας της συσκευής.

( $f_{use}$ ) → Στήλη 4: Παράγοντας χρησιμοποίησης για τη διόρθωση της πρότυπης κατανάλωσης ενέργειας.

(h) → Στήλη 5: Συχνότητα χρήσης ανά έτος και ανά μέγεθος αναφοράς. Τα μεγέθη αυτά είναι κύριες τιμές στη διαδικασία επαλήθευσης και δεν πρέπει να τροποποιούνται.

(G) → Στήλη 6: Τιμή αναφοράς για το (h). Δηλαδή ο αριθμός των ενοίκων ή ο αριθμός των νοικοκυριών (για τυπική πληρότητα: 1).

( $f_{el}$ ) → Το κομμάτι της ηλεκτρικής ενέργειας για το κτίριο, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για Ζ.Ν.Χ. Για τα περισσότερα κτίρια είναι ένα (1). Σε αυτή την περίπτωση, η υπολογισμένη ωφέλιμη ενέργεια στην στήλη 7 είναι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην τελευταία σειρά του φύλλου εργασίας υπολογίζεται η ειδική ζήτηση ηλεκτρικής

ενέργειας από τον παρακάτω τύπο: 
$$e_{el} = \frac{E_{el}}{A_{TFA}}$$

όπου ( $A_{TFA}$ ) → Σειρά 6: Ωφέλιμη επιφάνεια δαπέδου (θερμαινόμενος χώρος συχνής χρήσης από τους ενοίκους)

<sup>77</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 161

<sup>78</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 161

<sup>79</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 165



Στη περίπτωση που όλες οι εργασίες και οι συσκευές στο κτίριο καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, τότε οι υπολογισμοί έχουν ολοκληρωθεί κατά το μεγαλύτερο μέρος τους στην στήλη 9. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια και η τελική ζήτηση ενέργειας είναι το άθροισμα όλων των εργασιών και συσκευών μαζί. Η συγκεκριμένη τιμή πολλαπλασιάζοντας τη με τον παράγοντα πρωτογενούς ενέργειας, μας καθορίζει τη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές. Σε αντίθετη περίπτωση όμως, εάν ένα μέρος των εργασιών πραγματοποιείται εν μέρει ή ολόκληρο από μη ανανεώσιμη ενέργεια (πχ πλύσιμο και στέγνωμα ρούχων, πλύσιμο πιάτων, ή μαγείρεμα). Τότε υπολογίζεται σαν μη ηλεκτρική ενέργεια ( $E_{other}$ ) στην στήλη 13 με το παρακάτω τύπο:

$$E_{other} = s * V_{norm} * f_{use} * h * G * f_{other} * (1 + v_{additional}) * e_{sys} * (1 - f_{solar})$$

όπου ( $f_{other}$ ) → Στήλη 8a:  $(1 - f_{el})$ : Το τμήμα της ενέργειας που δεν παρέχεται από την ηλεκτρική ενέργεια.

( $v_{additional}$ ) → Στήλη 10: Επιπλέον ωφέλιμη ζήτηση ενέργειας λόγω της υποκατάστασης από μη ηλεκτρική ενέργεια (υπάρχει η πιθανότητα η τιμή να βγαίνει αρνητική).

( $e_{sys}$ ) → Στήλη 11: Οριακό ποσοστό απόδοσης για την ωφέλιμη ενέργεια που παράγεται από τη τελική ενέργεια που χρησιμοποιείται. Βλέπε φύλλο εργασίας “**PE Value**”.

( $f_{solar}$ ) → Στήλη 12: Θερμική συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε εργασία ( $E_{primary}$ ) και η συγκεκριμένη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζονται με τον εξής τύπο:<sup>80</sup>

$$e_{primary} = \frac{E_{el} * p_{el} + E_{other} * p_{other}}{A_{TFA}}$$

όπου: ( $p_{el}$ ) και ( $p_{other}$ ) → Παράγοντες πρωτογενούς ενέργειας.

$$(p_{el}) = 2.6 \text{ kWh/kWh}$$

$$(p_{natural \text{ gas}}) = 1.1 \text{ kWh/kWh}$$

$$(p_{fuel \text{ oil}}) = 1.1 \text{ kWh/kWh}$$

Η ζήτηση συγκεκριμένης πρωτογενούς ενέργειας για την ηλεκτροδότηση κατοικίας περιλαμβάνει όλες τις εργασίες που απαιτούν ενέργεια εκτός του Ζ.Ν.Χ. και της θέρμανσης του χώρου. Η ζήτηση αυτή υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$e_{Primary} = \sum_{Service,i} e_{Primary,i}$$

$$e_{Primary} = e_{el} * p_{el} + \sum_{Energysource,j} e_{Energysource,j} * p_{other,j}$$

■ Στο φύλλο εργασίας “**Use non-res**” γίνεται η είσοδος ή η επιλογή προτύπων για χρήση σε μη οικιστικά κτίρια, ώστε να σχεδιαστεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και τα οφέλη από την εσωτερική θερμότητα που θα έχει το κτίριο. Στη παρούσα μελέτη δεν χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας.

<sup>80</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 166



■ Στο φύλλο “**Electricity non-res**” γίνεται ο υπολογισμός της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για μη οικιστική χρήση. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό, τις ηλεκτρικές συσκευές και την κουζίνα για μη οικιστικά κτίρια. Όπως και το προηγούμενο φύλλο εργασίας έτσι και το αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε.

■ Στη κατηγορία “**Aux electricity**” υπολογίζεται η ζήτηση βοηθητικής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο όρος βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια περιγράφει όλη την ηλεκτρική ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία και τον έλεγχο των μηχανικών συστημάτων του κτιρίου. Το φύλλο εργασίας είναι οργανωμένο σε τρεις κατηγορίες εγκαταστάσεων του κτιρίου. Οι κατηγορίες αυτές είναι: αερισμός, θέρμανση χώρου και ζεστό νερό χρήσης. Επίσης στο φύλλο περιλαμβάνονται και οι παρακάτω υποκατηγορίες:

- Ανεμιστήρες και συστήματα ελέγχου εξαερισμού
- Απόψυξη του εναλλάκτη θερμότητας
- Κυκλοφορητές συστήματος θέρμανσης ακτινοβολίας
- Μπόιλερ βοηθητικής ηλεκτρικής ενέργειας
- Αντλία κυκλοφορίας Ζ.Ν.Χ.
- Αντλία φορτίου αποθήκευσης Ζ.Ν.Χ
- Λέβητας Ζ.Ν.Χ. με βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια
- Ηλιοθερμικό σύστημα με βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια
- Διάφορα μηχανολογικά συστήματα με βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια

Πρότυπες τιμές καταχωρούνται για τα ηλεκτρικά εξαρτήματα από τις τιμές που έχουν δώσει οι κατασκευαστές τους. Οπότε σε γενικές γραμμές, η χαμηλότερη κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας υπολογίζεται από τη χρήση συγκεκριμένων δεδομένων των ηλεκτρικών εξαρτημάτων.

■ Το φύλλο εργασίας “**IHG**” αφορά τα οφέλη από την εσωτερική θερμότητα για τις κατοικίες και των υπολογισμό τους. Τα οφέλη από την εσωτερική θερμότητα για να υπολογιστούν θα πρέπει αρχικά να έχουν συμπληρωθεί τα φύλλα “**Electricity non-res**” και “**Aux Electricity**”, και να έχει υπολογιστεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και των δύο. Η διαθέσιμη ελεύθερη θερμική ενέργεια προσδιορίζεται με την

$$\text{παρακάτω εξίσωση: } Q_t = \frac{E_{Use} * V_1 * V_2}{t} q$$

όπου ( $E_{Use}$ ) → Στήλη 6: Η ζήτηση χρήσιμης ενέργειας, όπως υπολογίστηκε πρωτότερα .

( $V_1$ ) → Στήλη 2: Προσδιορίζει εάν η συσκευή βρίσκεται εντός ή εκτός του θερμικού κελύφους. Οι τιμές είναι 0 ή 1 και προέρχονται από το φύλλο εργασίας “**Electricity**”.

( $V_2$ ) → Στήλη 8: Η χρησιμότητα καθορίζει πιο κλάσμα της θερμότητας των αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο κτίριο ως πραγματική παροχή θερμότητας. Η χρησιμότητα υπολογίζεται στο φύλλο εργασίας “**Annual heating**”.

( $t$ ) → Στήλη 9: Η διάρκεια λειτουργίας της συσκευής. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι 8760 ώρες.



Επίσης η ειδική ελεύθερη θερμική ενέργεια υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:<sup>81</sup>

$$q_I = \frac{Q_I}{A_{TFA}}$$

■ Το φύλλο **“IHG non-res”**, αφορά τα οφέλη από την εσωτερική θερμότητα για κτίρια μη οικιστικά. Όπως και τα προηγούμενα φύλλα εργασίας που αφορούν μη οικιστικά κτίρια έτσι και το συγκεκριμένο δεν χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη.

■ Στο φύλλο εργασίας **“PE-value”** υπολογίζονται οι απαιτήσεις ειδικής πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub>. Η ειδική πρωτογενής ενέργεια είναι το άθροισμα των απαιτήσεων πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ζεστό νερό χρήσης, βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια και ηλεκτρική ενέργεια του νοικοκυριού. Επίσης η ειδική πρωτογενής ενέργεια περιγράφει το ποσό της μη ανανεώσιμης πρωτογενούς ενέργειας που είναι απαραίτητο για τη παροχή του φορέα ενέργειας. Στο φύλλο γίνεται επιλογή των συστημάτων θέρμανσης από ένα πλήθος διαφόρων κατηγοριών.

*Κατηγορίες Συστημάτων Θέρμανσης:*

- Ηλεκτρική θέρμανση χώρου και ηλεκτρικοί λέβητες Z.N.X.
- Αντλίες θερμότητας
- Compact μονάδες με ηλεκτρική αντλία θερμότητας
- Λέβητες πετρελαίου, φυσικού αερίου ή ξύλου
- Τηλεθέρμανση
- Άλλα συστήματα θέρμανσης (Για τέτοια συστήματα, θα πρέπει ο σχεδιαστής να γνωρίζει από πριν το συντελεστή απόδοσής τους).

Στην περίπτωση που ο σχεδιαστής επιλέξει να τοποθετήσει συνδυασμό διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης, τότε θα πρέπει να δηλώσει το ποσοστό θέρμανσης του χώρου όπου παρέχεται από το κάθε σύστημα. Επίσης στο φύλλο εργασίας, η ζήτηση ενέργειας για ψύξη του χώρου από ηλεκτρική αντλία θερμότητας μπορεί να ληφθεί υπόψη στη περίπτωση που μπορεί να εφαρμοστεί.

Για τον υπολογισμό της τελικής ζήτησης ενέργειας χρησιμοποιείται ο παρακάτω

τύπος:  $Q_{final} = e_{distribution} * e_{heatproduction} * Q_{use}$

όπου (**Q<sub>use</sub>**) → Αποτελεσματικά χρησιμοποιήσιμη θερμότητα.

(**e<sub>distribution</sub>**) → Αναλογία απόδοσης του συστήματος διανομής θερμότητας

(**e<sub>heat production</sub>**) → Αναλογία απόδοσης της γεννήτριας θερμότητας (διαφέρει για κάθε σύστημα).

Ο υπολογισμός της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας πραγματοποιείται με τον κάτωθι

τύπο:  $Q_P = p * Q_{final}$

όπου (**p**) → Παράγοντας πρωτογενούς ενέργειας μη ανανεώσιμων πηγών του φορέα ενέργειας (υπολογίζεται αυτόματα).

(**Q<sub>fuel</sub>**) → Τελική ζήτηση ενέργειας.

<sup>81</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 185



Η ζήτηση ειδικής πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται από:<sup>82</sup>  $q_p = Q_p / A_{TFA}$

όπου ( $Q_p$ ) → Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας.

( $A_{TFA}$ ) → Ωφέλιμη επιφάνεια δαπέδου.

Ο υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται από το παρακάτω

τύπο:  $u_{CO_2} = \frac{U_{CO_2}}{A_{TFA}}$

όπου ( $U_{CO_2}$ ) =  $x_{CO_2} * E_{H+W}$

( $u_{CO_2}$ ) → Ειδική εκπομπή CO<sub>2</sub> – Ισοδύναμες εκπομπές αερίων [kg/(m<sup>2</sup>a)]

( $U_{CO_2}$ ) → Ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub> – Ισοδύναμες εκπομπές αερίων [kg/a]

( $x_{CO_2}$ ) → Εκπομπή CO<sub>2</sub> – Συντελεστής ισοδύναμων εκπομπών αερίων [kg/kWh<sub>Final</sub>] (οι τιμές του  $x_{CO_2}$  μπορούν να βρεθούν στο πίνακα 10).

■ **“Compact”** είναι το φύλλο εργασίας στο οποίο υπολογίζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας για θέρμανση του κτιρίου και για ζεστό νερό χρήσης με τη βοήθεια μόνο μιας ενιαίας μονάδας αντλίας θερμότητας. Όπως στο φύλλο εργασίας *Ventilation* έτσι και σ’ αυτό υπάρχει μια λίστα με προτεινόμενες μονάδες όπου μπορεί να επιλέξει ο σχεδιαστής. Είναι σύνηθες οι ενιαίες μονάδες να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η θερμική απόδοση της αντλίας θερμότητας κατά το σχεδιασμό να μη καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις για Z.N.X. και θέρμανση του χώρου. Έτσι κατά τις περιόδους που υπάρχουν υψηλά φορτία οι απαιτήσεις καλύπτονται κατά ένα ποσοστό από άμεση ηλεκτρική θέρμανση. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 5 % μέχρι 10 %, ώστε να διατηρηθεί η ζήτηση κύριας ενέργειας όσο πιο χαμηλά είναι εφικτό.

■ Στο φύλλο εργασίας **“HP”** υπολογίζεται η αποδοτικότητα της παραγωγής θερμότητας από αντλία θερμότητας που λειτουργεί με ηλεκτρισμό. Ο υπολογισμός της συγκεκριμένης απόδοσης δεν εξαρτάται μόνο από την αντλία θερμότητας αυτή καθ’ αυτή, αλλά και από θερμικό φορτίο του κτιρίου. Για την επιλογή της αντλίας θερμότητας το πρόγραμμα περιέχει δεδομένα για τρεις αντλίες θερμότητας μέσης αποδοτικότητας. Επίσης ο μελετητής έχει την επιλογή να δώσει δικά του δεδομένα για την προσθήκη αντλιών θερμότητας που δεν υπάρχουν στη λίστα του προγράμματος. Το φύλλο **“HP”** συνδέεται άμεσα με τα φύλλα εργασίας **“PE Value”** και **“DHW+Distribution”**. Η συσχέτιση μεταξύ του **“HP”** και **“PE Value”** έχει να κάνει με το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης θέρμανσης και Z.N.X. από αντλίες θερμότητας, όπου υπολογίζεται στο **“PE Value”** και μεταφέρεται αυτομάτως στο **“HP”**. Αυτό το ποσοστό μας δίνει την αντίστοιχη λειτουργία της αντλίας θερμότητας και στην πορεία επιλέγεται ο αριθμός τους. Ο σκοπός αυτής της συσχέτισης είναι η επιλογή και το κατά πόσο μπορεί να καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης και Z.N.X. με μια ή δύο αντλίες θέρμανσης. Στον αντίποδα η σύνδεση που υπάρχει μεταξύ του **“HP”** και του **“DHW+Distribution”** έχει να κάνει με την επιλογή του συστήματος θέρμανσης και με την δεξαμενή αποθήκευσης Z.N.X. Οι υπολογισμοί για τις

<sup>82</sup> Energy balance and Passive House Design Tool, 2013, σελ 191





απώλειες του συστήματος αλλά και της δεξαμενής. Καθώς επίσης και ο χώρος τοποθέτησης τους (εσωτερικά του κτιριακού κελύφους ή εξωτερικά) πραγματοποιούνται στο φύλλο “*DHW+Distribution*” . Στην περίπτωση που η τοποθέτηση του συστήματος γίνει εκτός του κελύφους, τότε αυτομάτως υιοθετείται και στο φύλλο “*HP*” και παράλληλα χρησιμοποιείται για το σύστημα μια θερμοκρασία κατά τη σχεδίαση της τάξεως των 55 °C. Επίσης στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας επιλέγεται μια εκ’ των δύο στρατηγικών ελέγχου των αντλιών θερμότητας. Το πιο σύνηθες που χρησιμοποιείται είναι το “*On/Off*”. Ενώ το δεύτερο ονομαζόμενο “*Ideal*”, δίνει την δυνατότητα πρόβλεψης της χαμηλότερης δυνατής ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας. Στην περίπτωση επιλογής μιας αντλίας θερμότητας για το σύστημα, δίνεται μόνο η επιλογή της “*On/Off*” στρατηγικής ελέγχου διότι η απαιτούμενη θερμοκρασία ζεστού νερού παραμένει σταθερή (π.χ. 55 °C).

■ Φύλλο εργασίας “*HP ground*”. Το συγκεκριμένο φύλλο χρησιμοποιείται για την επιλογή συστήματος αντλιών θερμότητας σε συνδυασμό με την αξιοποίηση της θερμότητας του εδάφους. Συμπληρώνεται μόνο στην περίπτωση που έχουν επιλεγεί γεωθερμικοί ανιχνευτές ή οριζόντιος υπόγειος εναλλάκτης θερμότητας ως πηγή θερμότητας στο φύλλο εργασίας “*HP*”. Στην περίπτωση γεωθερμίας θα πρέπει αρχικά να επιλεγεί ο αριθμός των γεωτρήσεων που θα υπάρξουν , στη συνέχεια θα ληφθεί το βάθος των γεωθερμικών ανιχνευτών (τυπικά 100m) από το φύλλο “*HP*”, ο τύπος των ανιχνευτών και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους.

■ “*Boiler*” είναι το φύλλο εργασίας στο οποίο καθορίζονται η απόδοση του λέβητα για την υπολειπόμενη θέρμανση των χώρων του κτιρίου και η υπολειπόμενη παροχή ζεστού νερού χρήσης. Ο υπολογισμός της απόδοσης του λέβητα γίνεται κατά DIN V 4701-10. Επίσης γίνεται επιλογή του λέβητα από λίστα που χωρίζεται ανάλογα με καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί (φυσικό αέριο, πετρέλαιο και ξύλο) και τις απαιτήσεις για θέρμανση.

■ Στο τελευταίο φύλλο εργασίας που καταχωρούνται δεδομένα είναι το “*District Heat*”, που αφορά την θέρμανση του κτιρίου αλλά και το Z.N.X. μέσω τηλεθέρμανσης. Στο φύλλο πραγματοποιείται η επιλογή του τύπου τηλεθέρμανσης εφόσον είναι εφικτή, δίνεται η αναλογία απόδοσης του σταθμού μεταφοράς της θερμότητας και καταχωρείται το ποσοστό της ηλιακής συνεισφοράς για την θέρμανση των χώρων του κτιρίου (γίνεται χωριστά ο υπολογισμός της). Επίσης πραγματοποιείται ο υπολογισμός της τελικής ζήτησης ενέργειας και της ετήσιας ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΟ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Ρ.Η.Ρ.Ρ.

#### 10.1 Βασικές πληροφορίες κτιρίου

Πίνακας 22. Βασικές πληροφορίες υφιστάμενης κατοικίας

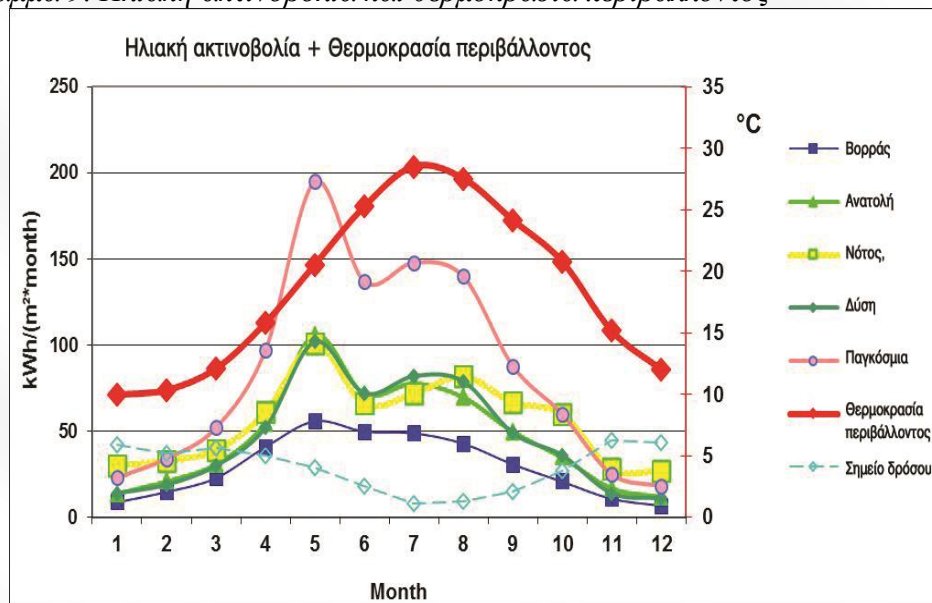
Κτίριο:	Ανακαινισμένη πολυκατοικία
Οδός:	Κολοκοτρώνη 3
Ταχ. Κώδικας:	16777
Χώρα/Περιοχή:	Ελλάδα/Αθήνα
Τύπος κτιρίου παρούσα κατάσταση:	Πολυκατοικία
Τύπος κτιρίου μετά την ανακαίνιση:	Ανακαινισμένη παθητική πολυκατοικία
Ενεργειακή κατηγορία κτιρίου:	EnerPhit
Πλαίσιο της αστικής ανάπτυξης:	Προάστια
Κλιματικά δεδομένα:	Μετεωρολογικός σταθμός Ελληνικού
Υψόμετρο κτιρίου από επίπεδο θάλασσας:	80
Έτος κατασκευής:	1980
Αριθμός κατοικιών:	3
Αριθμός ενοίκων:	7
Προβλεπόμενο ποσοστό πληρότητας:	44 m <sup>2</sup> /P
Προβλεπόμενη κατανάλωση:	204 Wh/K per m <sup>2</sup> TFA
Εσωτερική θερμοκρασία τη χειμερινή περίοδο:	20 °C
Εσωτερική θερμοκρασία τη καλοκαιρινή περίοδο:	25 °C
Εσωτερικές πηγές θερμότητας τη χειμερινή περίοδο:	2.1 W/m <sup>2</sup>
Εσωτερικές πηγές θερμότητας τη καλοκαιρινή περίοδο:	6.5 W/m <sup>2</sup>
Όγκος του κτιρίου:	958.4 m <sup>3</sup>
Ψύξη με μηχανικά μέσα:	x
<b>Στοιχεία ιδιοκτήτη</b>	
Ιδιοκτήτης:	Κολέτσος Στέργιος
<b>Στοιχεία σχεδιαστή</b>	
Σχεδιαστής:	Καραγεώργης Γεώργιος



## 10.2 Κλιματικά δεδομένα περιοχής Ελληνικού

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη έχουν ληφθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, από τον υποσταθμό Ελληνικού. Τα δεδομένα αφορούν μια περίοδο ενός έτους και περιέχουν γεωγραφικές πληροφορίες για τον υποσταθμό (βρίσκεται σε υψόμετρο 43m και με συντεταγμένες γεωγραφικό πλάτος 37,9 και γεωγραφικό μήκος 23,7), την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, σημείο δρόσου, την θερμοκρασία του εδάφους, την μέση αυξομείωση της θερμοκρασίας ανά ημέρα, την ηλιακή ακτινοβολία, το θερμικό φορτίο και το φορτίο ψύξης.

Διάγραμμα 9. Ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία περιβάλλοντος





### 10.3 Ενεργειακή κατάσταση κτιρίου προ ανακαίνισης σε σύγκριση με τις απαιτήσεις του EnerPhit

Πίνακας 23. Χαρακτηριστικά δεδομένα υφιστάμενου κτιρίου σε σχέση με τις απαιτήσεις του EnerPhit

Ωφέλιμος χώρος κτιρίου:	309.3 m <sup>2</sup>	
Εξωτερικός όγκος κτιρίου:	958.4 m <sup>3</sup>	
	<b>Τιμές υφιστάμενου κτιρίου</b>	<b>Απαιτήσεις EnerPhit</b>
Ζήτηση θέρμανσης χώρου:	<b>99 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>25 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Θερμικό φορτίο κατοικίας:	92 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Συχνότητα υπερθέρμανσης:	28,4 %	-
Ζήτηση ψύξης χώρου:	33 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Φορτίο ψύξης κατοικίας:	<b>13 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>10 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Ποσοστό αεροστεγανότητας με αέρα υπό πίεση:	<b>0.9 1/h</b>	<b>1 1/h</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας:	<b>273 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>124 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας για μηχανολογικό εξοπλισμό:	160 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα:	45 kg/(m <sup>2</sup> a)	-

### 10.4 Γενικά ενεργειακά χαρακτηριστικά υφιστάμενου κτιρίου

#### 10.4.1 Δομικά στοιχεία κελύφους υφιστάμενου κτιρίου

Πίνακας 24. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων τοιχοποιίας

<b>Εξωτερικός τοίχος</b>		
	<b>Εσωτερική R<sub>si</sub></b>	<b>Εξωτερική R<sub>se</sub></b>
Θερμική αντίσταση [m <sup>2</sup> K/W]	0,13	0,04
<b>Μέρη εξωτερικού τοίχου</b>		
	<b>λ [W/(mK)]</b>	<b>Πάχος [mm]</b>
Εξωτερικός σοβάς:	1,300	20
Εξωτερικό τούβλο:	2,500	65
Διάκενο με αέρα:	0,600	30
Εσωτερικό τούβλο:	2,500	65
Εσωτερικός σοβάς:	1,300	20
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>3,303 W/(m<sup>2</sup>K)</b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>20,0 cm</b>	



Πίνακας 25. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων οροφής κτιρίου

<b>Οροφή κτιρίου</b>		
	<b>Εσωτερική <math>R_{si}</math></b>	<b>Εξωτερική <math>R_{se}</math></b>
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,13	0,04
<b>Μέρη οροφής κτιρίου</b>		
	<b><math>\lambda</math> [<math>W/(mK)</math>]</b>	<b>Πάχος [<math>mm</math>]</b>
Τσιμέντο:	2,100	400
Μόνωση:	0,080	50
Βιτουμένη:	0,250	5
Ελαφρύ σκυρόδεμα:	0,300	100
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>0,725 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>55,5 cm</b>	

Πίνακας 26. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων υπογείου

<b>Οροφή υπογείου</b>		
	<b>Εσωτερική <math>R_{si}</math></b>	<b>Εξωτερική <math>R_{se}</math></b>
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,13	0,04
<b>Μέρη οροφής υπογείου</b>		
	<b><math>\lambda</math> [<math>W/(mK)</math>]</b>	<b>Πάχος [<math>mm</math>]</b>
Τσιμέντο:	2,100	100
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>2,580 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>10,0 cm</b>	

Πίνακας 27. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων πλάκας δαπέδου

<b>Πλάκα δαπέδου</b>		
	<b>Εσωτερική <math>R_{si}</math></b>	<b>Εξωτερική <math>R_{se}</math></b>
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,17	0,17
<b>Μέρη πλάκας δαπέδου</b>		
	<b><math>\lambda</math> [<math>W/(mK)</math>]</b>	<b>Πάχος [<math>mm</math>]</b>
Τσιμέντο:	2,100	100
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>2,580 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>10,0 cm</b>	



### 10.4.2 Ανοίγματα κελύφους κτιρίου

Πίνακας 28. Ανοίγματα κελύφους

	Ηλιακός συντελεστής		Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	
Υαλοπίνακες				
Μονός υαλοπίνακας :	1,20		5,70	
Διπλός υαλοπίνακας :	0,78		3,30	
	Πλάτος κουφώματος		Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Θερμογέφυρες εγκατάστασης (W/mK)
Κουφώματα				
Κούφωμα από ξύλο:	0,060 m		7,8	0,035
Κούφωμα από αλουμίνιο	0,067 m (αριστερά, δεξιά και άνω πλευρά)	0,345 m (κάτω πλευρά)	6,2	0,060

### 10.4.3 Σκίαση κτιρίου

Πίνακας 29. Σκίαση κτιρίου

Παράγοντες μείωσης σκίασης:	Προσανατολισμός			
	Βορράς	Ανατολή	Νότος	Δύση
Παράγοντας μείωσης την χειμερινή περίοδο:	36 %	33 %	48 %	24 %
Παράγοντας μείωσης την καλοκαιρινή περίοδο:	9 %	32 %	11 %	14 %



#### 10.4.4 Εξαερισμός κτιρίου

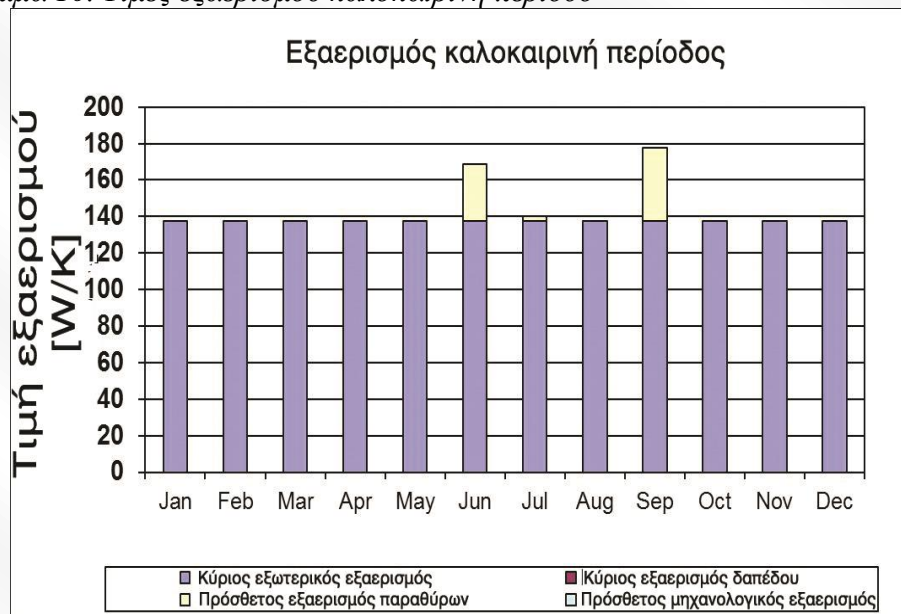
Πίνακας 30. Εξαερισμός την καλοκαιρινή περίοδο

Μεταφορά αέρα μέσω εξαερισμού από παράθυρα:	<b>0,36 1/h</b>
Μεταφορά αέρα μέσω εξαερισμού από παράθυρα νυχτερινές ώρες:	<b>0,16 1/h</b>

Πίνακας 31. Συχνότητα υπερθέρμανσης την καλοκαιρινή περίοδο

Συχνότητα υπερθέρμανσης:	<b>28,4 %</b>
Χρήσιμη ζήτηση ψύξης:	<b>37,4 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Διάγραμμα 10. Τιμές εξαερισμού καλοκαιρινή περίοδο



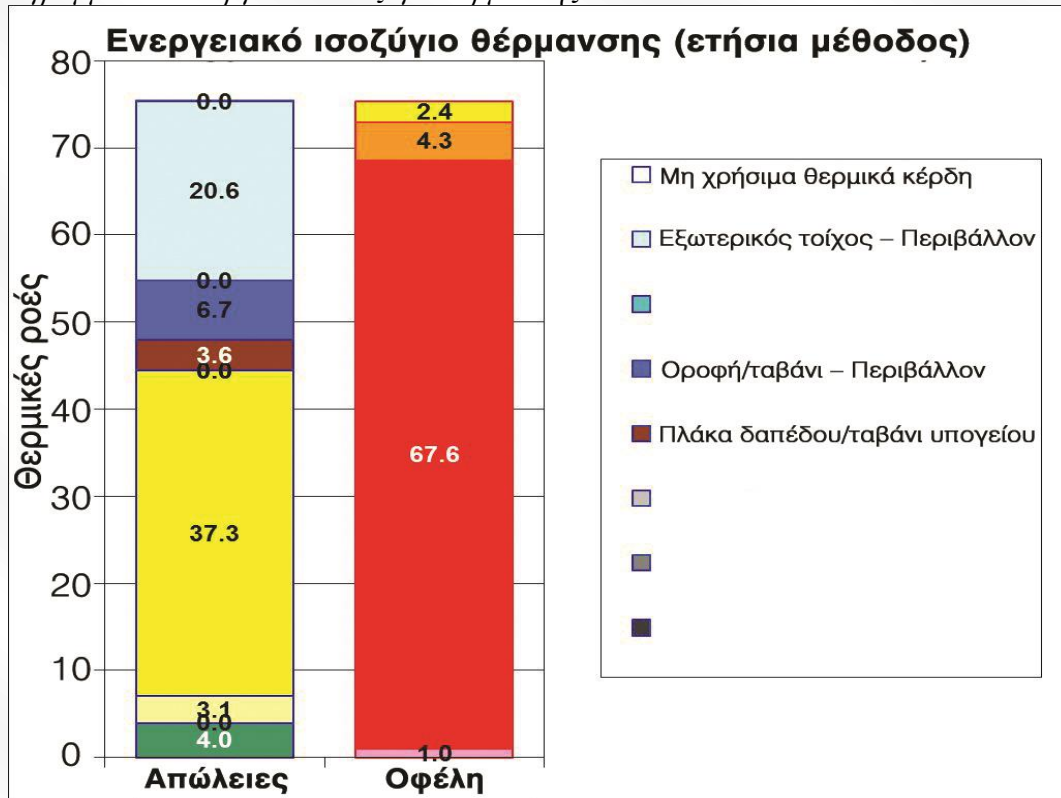
#### 10.4.5 Θέρμανση κτιρίου

Πίνακας 32. Θέρμανση κτιρίου

Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (Q <sub>H</sub> ) με την ετήσια μέθοδο:	<b>22486 kWh/a</b>	<b>Q<sub>H</sub> = 73 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
Q <sub>L</sub> (Συνολικές απώλειες θερμότητας):	24566 kWh/a	79,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>G</sub> (Θερμικά κέρδη):	2080 kWh/a	6,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>T</sub> (Απώλειες από μετάδοση θερμότητας):	23,342 kWh/a	75,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>N</sub> (Απώλειες θερμότητας εξαερισμού):	1224 kWh/a	4,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>S</sub> (Διαθέσιμα ηλιακά κέρδη από ηλιακή ενέργεια):	738 kWh/a	2,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>I</sub> (Εσωτερικά θερμικά κέρδη):	1342 kWh/a	4,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)



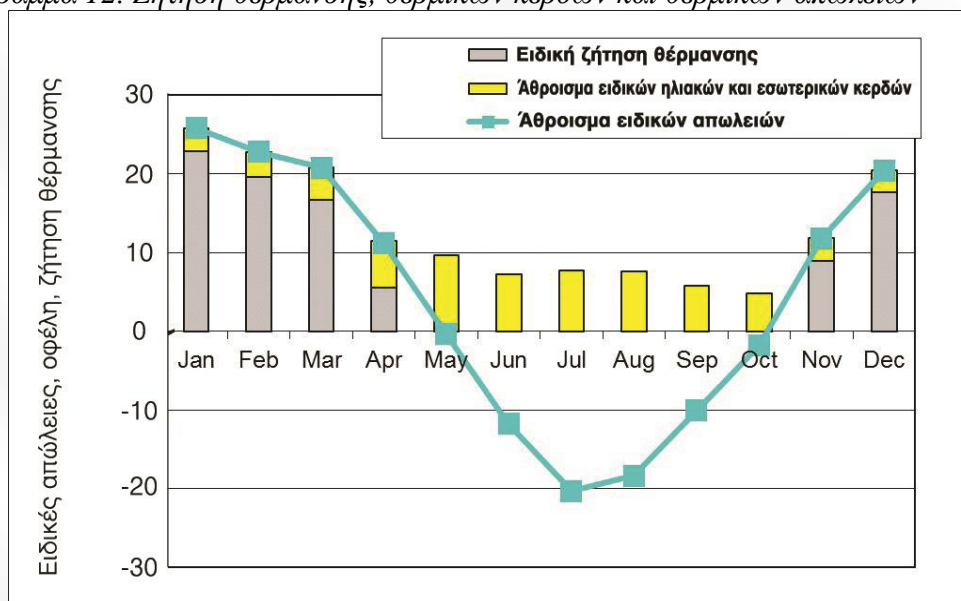
Διάγραμμα 11. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης



Πίνακας 33. Θέρμανση κτιρίου

Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (Q <sub>H</sub> ) με την μηνιαία μέθοδο:	30482 kWh/a	99 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>L</sub> (Συνολικές απώλειες θερμότητας):	37184 kWh/a	120,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>G</sub> (Θερμικά κέρδη):	6702 kWh/a	21,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)

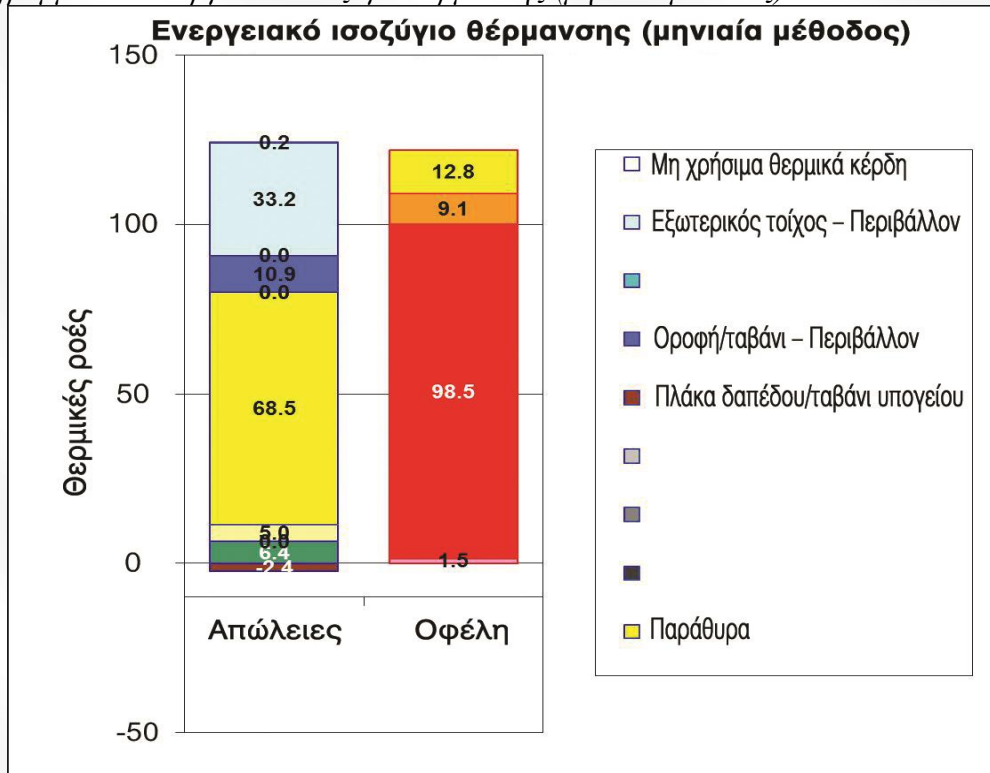
Διάγραμμα 12. Ζήτηση θέρμανσης, θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών







Διάγραμμα 13. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος)



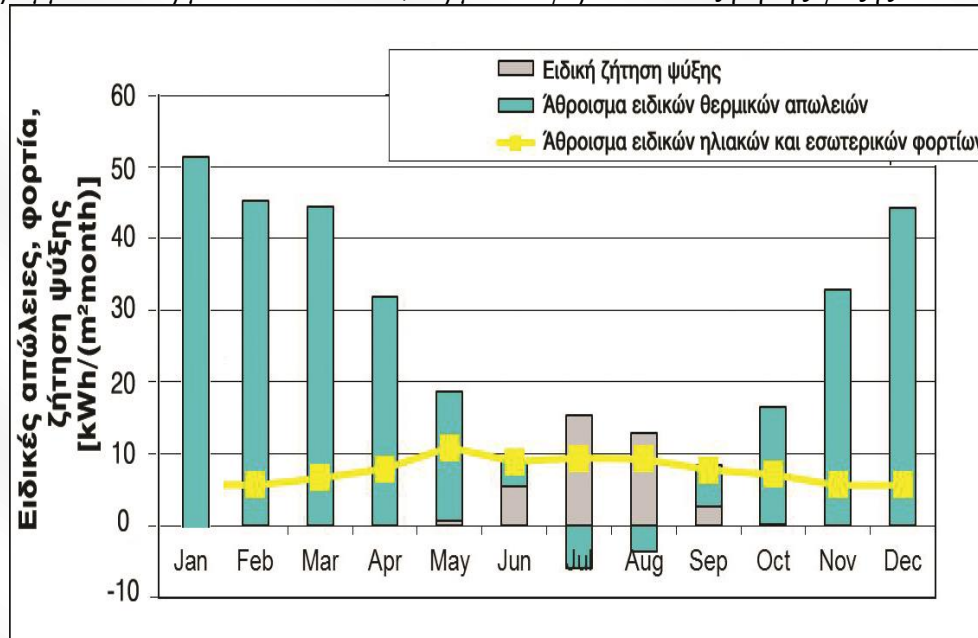
Πίνακας 34. Θερμικό φορτίο κτιρίου

$P_T$ (Μετάδοση θερμικού φορτίου)	27059 W
$P_V$ (Θερμικό φορτίο εξαερισμού)	2393 W
<b>Συνολικό θερμικό φορτίο (<math>P_L</math>)</b>	<b>29452 W</b>
$P_S$ (Ηλιακή θερμική ενέργεια)	346 W
$P_I$ (Εσωτερικό θερμικό φορτίο)	495 W
$P_G$ (Θερμική ισχύς κέρδη)	841 W
<b>Θερμικό φορτίο <math>P_H</math></b>	<b>28611 W</b>
<b>Θερμικό φορτίο χώρου</b>	<b>92,5 W/m<sup>2</sup></b>



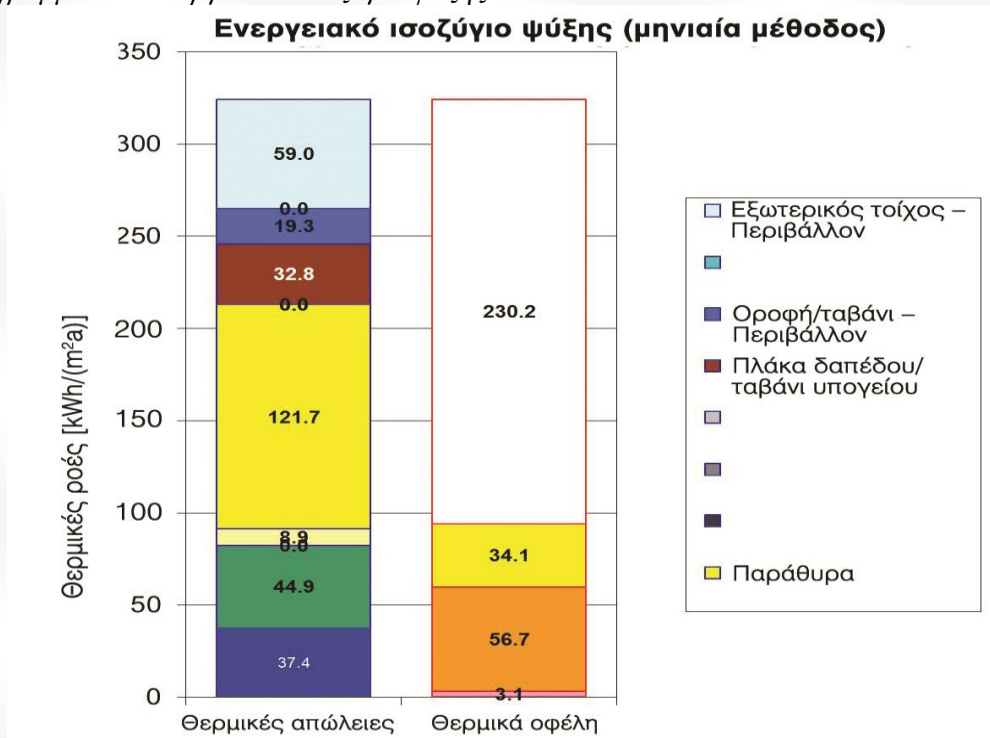
### 10.4.6 Ψύξη κτιρίου

Διάγραμμα 14. Θερμικών απωλειών, θερμικών φορτίων και ζήτησης ψύξης

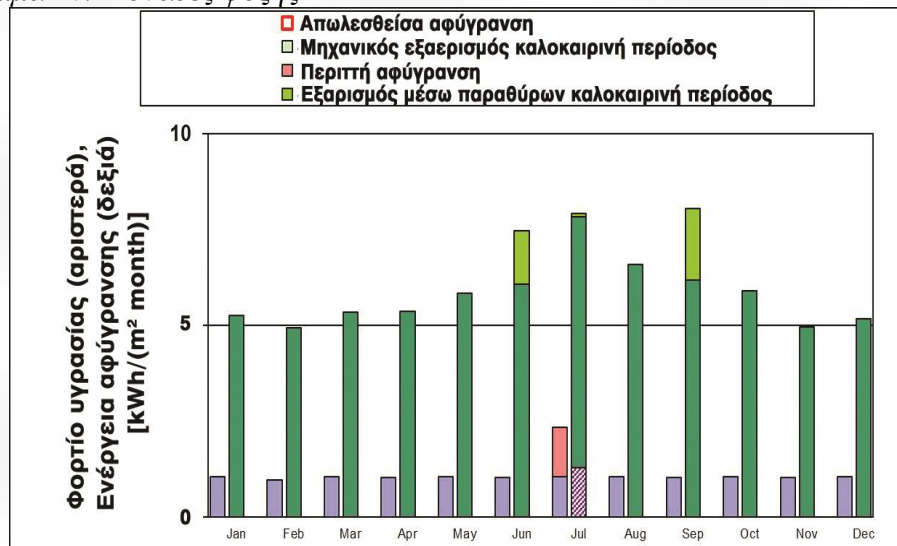




Διάγραμμα 15. Ενεργειακό ισοζύγιο ψύξης



Διάγραμμα 16. Μονάδες ψύξης





Πίνακας 35. Φορτίο ψύξης

$P_T$ (Μετάδοση θερμικού φορτίου):	- 946 W
$P_V$ (Θερμικό φορτίο εξαερισμού):	- 89 W
$P_S$ (Ηλιακό φορτίο):	3494 W
$P_I$ (Εσωτερικό θερμικό φορτίο):	2002 W
Φορτίο ψύξης $P_C$ (*)	
$P_C$ :	4461

(\*)  $P_C = P_T + P_V + P_S + P_I$

#### 10.4.7 Σύστημα Ζ.Ν.Χ.

Πίνακας 36. Κατανομή της θερμότητας και σύστημα Ζ.Ν.Χ.

<i>Διανομή ζεστού νερού χρήσης και αποθήκευση</i>	
Μήκος σωληνώσεων κυκλοφορίας:	75 m
Συντελεστής απωλειών θερμότητας ανά μέτρο σωλήνα:	0,134
Θερμοκρασία μηχανολογικού χώρου:	20 °C
Σχεδιασμένη θερμοκρασία ροής:	60 °C
Ημερήσια περίοδος κυκλοφορίας κατά τη λειτουργία:	18 h/d
Ετήσιες απώλειες θερμότητας από τις γραμμές κυκλοφορίας:	1976 kWh/a
<b>Συνολικές απώλειες θερμότητας του συστήματος Ζ.Ν.Χ. :</b>	<b>3741 kWh/a</b>
<b>Συνολική ζήτηση θέρμανσης του συστήματος Ζ.Ν.Χ. :</b>	<b>7618 kWh/a</b>

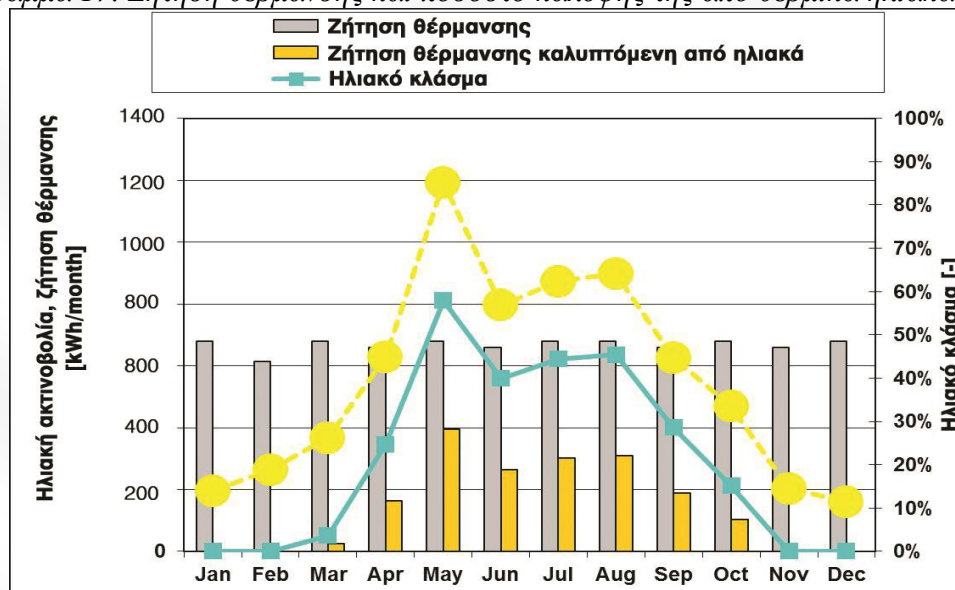


### 10.4.8 Ηλιοθερμικό σύστημα

Πίνακας 37. Ηλιοθερμικό σύστημα

Συλλέκτης:	Στάνταρ επίπεδος συλλέκτης		
Μέγεθος συλλέκτη:	5,98 m <sup>2</sup>		
Απόκλιση από βορρά:	180°		
Γωνία κλίσης από τον ορίζοντα:	32°		
<b>Εκτιμώμενο ποσοστό Ζ.Ν.Χ. από ηλιακά:</b>	<b>22 %</b>	<b>1747 kWh/a</b>	<b>6 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
Δεξαμενή αποθήκευσης ηλιακών:	Απλή δεξαμενή ηλιακού		
Συνολικός όγκος αποθήκευσης:	120 lt		
Συνολικές απώλειες δεξαμενής:	112 W		

Διάγραμμα 17. Ζήτηση θέρμανσης και ποσοστό κάλυψης της από θερμικά ηλιακά





#### 10.4.9 Ηλεκτρική κατανάλωση κτιρίου

Πίνακας 38. Ηλεκτρισμός κτιρίου

Εφαρμογές	Κατανάλωση (kWh/a)
Πλυντήριο πιάτων (Z.N.X.):	1750
Πλυντήριο ρούχων (Z.N.X.):	2841
Στέγνωμα ρούχων:	- (άπλωμα ρούχων)
Ψυγείο	
Ψύξη:	1246
Κατάψυξη:	1340
Κουζίνα (ηλεκτρισμό):	4805
Φωτισμός:	3056
Ηλεκτρονικά είδη:	4119
Μικροσυσκευές:	850
Συνολικός βοηθητικός ηλεκτρισμός:	1506
<b>Συνολική κατανάλωση ρεύματος:</b>	<b>30591 kWh/a</b>
<b>Ειδική ζήτηση:</b>	<b>35,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Πίνακας 39. Βοηθητικός ηλεκτρισμός

	Κατανάλωση (kWh/a)
<i>Σύστημα θέρμανσης</i>	
Boiler θέρμανσης:	1016
<i>Σύστημα ζεστού νερού χρήσης</i>	
Boiler Z.N.X.:	217
Θερμικά ηλιακά:	158
<i>Διάφορα βοηθητικά συστήματα:</i>	115
<b>Συνολικός βοηθητικός ηλεκτρισμός:</b>	<b>1506 kWh/a</b>



### 10.5 Τελική κατανάλωση ενέργειας υφιστάμενου κτιρίου

Πίνακας 40. Ζήτηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

	Τελική ενέργεια kWh/(m <sup>2</sup> a)	Πρωτογενής ενέργεια kWh/(m <sup>2</sup> a)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> kg/(m <sup>2</sup> a)
<b>Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (χωρίς αντλία θερμότητας)</b>			
Για οικιακές συσκευές:	30,7	79,9	20,9
Για βοηθητικά συστήματα:	4,9	12,7	3,3
<b>Συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας</b>	<b>35,6</b>	<b>92,6</b>	<b>24,2</b>
<b>Ζήτηση ενέργειας για boiler</b>			
Ετήσια ζήτηση ενέργειας (χωρίς Ζ.Ν.Χ. πλύσιμο πιάτων):	131,3	144,5	40,7
Ζήτηση μη ηλεκτρικής ενέργειας Ζ.Ν.Χ. για πλύσιμο πιάτων	4,1	4,6	1,3
<b>Συνολική θέρμανση από πετρέλαιο, φυσικό αέριο και ξύλο</b>	<b>135,5</b>	<b>149</b>	<b>42</b>
<b>Ψύξη με ηλεκτρική αντλία θερμότητας</b>			
Καλυπτόμενο ποσοστό ζήτησης ψύξης:	100%	2,6 kWh/kWh	680 g/kWh
Πηγή θερμότητας: Ηλεκτρισμός			
Δείκτης αποτελεσματικότητας εποχιακής ενέργειας ψύξης: 3,0			
<b>Ζήτηση ενέργειας για ψύξη χώρου:</b>	<b>11,1</b>	<b>28,8</b>	<b>7,5</b>
<b>Συνολική τιμή πρωτογενούς ενέργειας:</b>			
	<b>273 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>		
<b>Συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>:</b>	<b>73,7 kg/(m<sup>2</sup>a)</b>		



Πίνακας 41. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας υφιστάμενης κατοικίας

<b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας</b>	
	<b>Κατανάλωση</b>
Θέρμανση χώρων	99 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Ζεστό νερό χρήσης	7921 kWh/a
Τελική ενέργεια	182,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Πρωτογενής ενέργεια</b>	<b>273 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub></b>	<b>73,7 kg/(m<sup>2</sup>a)</b>





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ

#### 11.1 Ενεργειακή κατάσταση ανακαινισμένου κτιρίου σε σύγκριση με τις απαιτήσεις του EnerPhit

Πίνακας 42. Χαρακτηριστικές τιμές κτιρίου μετά το πέρας της ανακαίνισης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EnerPhit

Ωφέλιμος χώρος κτιρίου:	309.3 m <sup>2</sup>	
Εξωτερικός όγκος κτιρίου:	958.4 m <sup>3</sup>	
	<b>Τιμές υφιστάμενου κτιρίου</b>	<b>Απαιτήσεις EnerPhit</b>
Ζήτηση θέρμανσης χώρου:	<b>22 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>25 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Θερμικό φορτίο κατοικίας:	27 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Συχνότητα υπερθέρμανσης:	26,4 %	-
Ζήτηση ψύξης χώρου:	19 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Φορτίο ψύξης κατοικίας:	<b>8 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>10 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Ποσοστό αεροστεγανότητας με αέρα υπό πίεση:	<b>0.6 1/h</b>	<b>1 1/h</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας:	<b>124 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>124 kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας για μηχανολογικό εξοπλισμό:	64 kWh/m <sup>2</sup> a	-
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα:	17 kg/(m <sup>2</sup> a)	-

#### 11.2 Γενικά χαρακτηριστικά ανακαινισμένου κτιρίου

##### 11.2.1 Δεδομένα κελύφους

Πίνακας 43. Δεδομένα κελύφους κατοικίας

	<b>Εμβαδό (m<sup>2</sup>)</b>
Κέλυφος κτιρίου:	421
Ωφέλιμος χώρος κτιρίου:	309
Παράθυρα:	67
Ποσοστό κάλυψης κελύφους από τα παράθυρα:	15,8 %
Ποσοστό ηλιακών ανοιγμάτων:	2,8 %
Παθητική ηλιακή θέρμανση:	600 kWh/a



## 11.2.2 Δομικά στοιχεία κελύφους κτιρίου

Πίνακας 44. Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοποιίας

Τοιχοποιία		
	Εσωτερική $R_{si}$	Εξωτερική $R_{se}$
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,13	0,14
<i>Μέρη τοίχου</i>		
	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]	Πάχος [mm]
Εσωτερικός σοβάς:	0,460	20
Εσωτερικό τούβλο:	1,333	65
Διάκενο με αέρα:	0,600	30
Εξωτερικό τούβλο:	1,333	65
Εξωτερικός σοβάς:	0,460	20
Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης:	0,034	30
Ειδική κόλλα σοβατίσματος:	0,076	20
Πλέγμα ενίσχυσης:		10
Τελικό επίχρισμα:	0,870	20
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>0,616 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>30,0 cm</b>	

Πίνακας 45. Συντελεστής θερμοπερατότητας υπογείου

Οροφή υπογείου		
	Εσωτερική $R_{si}$	Εξωτερική $R_{se}$
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,17	0,17
<i>Μέρη οροφής υπογείου</i>		
	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]	Πάχος [mm]
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα:	0,870	20
Οπλισμένο σκυρόδεμα:	2,030	230
Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη:	0,041	30
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα:	0,870	20
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>0,812 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>30,0 cm</b>	



Πίνακας 46. Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής

Οροφή κτιρίου		
	Εσωτερική $R_{si}$	Εξωτερική $R_{se}$
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,17	0,04
<i>Μέρη οροφής υπογείου</i>		
	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]	Πάχος [mm]
Ασβεστοκονίαμα:	0,870	20
Οπλισμένο σκυρόδεμα:	2,030	150
Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη:	0,041	30
Φύλλο πολυαιθυλενίου:	0,041	10
Κισσηρόδεμα κλίσεων:	0,290	80
Τσιμεντοκονίαμα:	1,490	30
Στεγάνωση:	-	-
Φράγμα υδρατμών:	-	-
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>0,634 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>32,0 cm</b>	

Πίνακας 47. Συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου

Πλάκα δαπέδου		
	Εσωτερική $R_{si}$	Εξωτερική $R_{se}$
Θερμική αντίσταση [ $m^2K/W$ ]	0,17	0,17
<i>Μέρη πλάκας δαπέδου</i>		
	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]	Πάχος [mm]
Πλακίδιο:	0,064	10
Τσιμεντοκονίαμα:	1,490	30
Κισσηρόδεμα:	0,290	80
Οπλισμένο σκυρόδεμα:	2,030	150
Αφρώδης διογκωμένη πολυστερίνη:	0,041	30
Ασβεστοκονίαμα:	0,870	20
<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας:</b>	<b>0,617 <math>W/(m^2K)</math></b>	
<b>Συνολικό πάχος:</b>	<b>32,0 cm</b>	



### 11.2.3 Ανοίγματα κελύφους κατοικίας

Το κέλυφος του κτιρίου καθώς και τα ανοίγματα που υπάρχουν σ αυτό παραμένουν ως έχουν ως προς το μέγεθος τους.

Πίνακας 48. Ανοίγματα κελύφους

<u>Υαλοπίνακες</u>		
	<b>Ηλιακός συντελεστής</b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας</b>
Alumil MII500:	0,72	1,90 W/(m <sup>2</sup> K)
<u>Κουφώματα</u>		
	<b>Θερμογέφυρες εγκατάστασης</b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας</b>
Alumil MII500:	0,005 W/(mK)	1,90 W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Πλάτος κουφώματος:</b>	0,155 m (αριστερά, δεξιά και άνω πλευρά) και 0,175 m (κάτω πλευρά)	

### 11.2.4 Σκίαση κτιρίου

Πίνακας 49. Σκίαση κατοικίας

Παράγοντες μείωσης σκίασης:	Προσανατολισμός			
	Βορράς	Ανατολή	Νότος	Δύση
Παράγοντας μείωσης την χειμερινή περίοδο:	49 %	35 %	61 %	53 %
Παράγοντας μείωσης την καλοκαιρινή περίοδο:	31 %	49 %	72 %	57 %



### 11.2.5 Εξαερισμός κατοικίας

Πίνακας 50. Σύστημα εξαερισμού

Τύπος εξαερισμού:	Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας
Υπολογιζόμενη ζήτησης προσφερόμενου αέρα:	210 m <sup>3</sup> /h
Αέρα προσαγωγής ανά άτομο:	30 m <sup>3</sup> /h
Υπολογιζόμενη ζήτηση αέρα εξαγωγής:	320 m <sup>3</sup> /h
Αριθμός δωματίων με εξαγωγή αέρα:	9 pcs
Σχεδιασμένος ρυθμός ροής του αέρα (μέγιστο):	375 m <sup>3</sup> /h
Μέση τιμή σε σχέση με τη μέγιστη:	77%
Μέσος ρυθμός ροής:	288 m <sup>3</sup> /h
Μέση ανταλλαγή αέρα:	0,30 1/h
Δοκιμή αεροστεγανότητας με πίεση n <sub>50</sub> :	0,60 1/h
Αεροδιαπερατότητα:	1,21 1/h
Καθαρή ροή αέρα για τον έλεγχο συμπίεσης:	850 m <sup>3</sup>
Ροή διείσδυσης:	0,04 1/h
<b>Απόδοση ανάκτησης θερμότητας συστήματος εξαερισμού:</b>	<b>83%</b>
<b>Ηλεκτρική απόδοση συστήματος εξαερισμού:</b>	<b>0,40 Wh/m<sup>3</sup></b>

Πίνακας 51. Εξαερισμός καλοκαιρινή περίοδος

Εναλλαγή του αέρα μέσω του συστήματος εξαερισμού (χωρίς ανάκτηση θερμότητας):	0,90 1/h
Μεταφορά αέρα μέσω εξαερισμού από παράθυρα:	0,89 1/h
Μεταφορά αέρα μέσω εξαερισμού από παράθυρα νυχτερινές ώρες:	0,81 1/h

Πίνακας 52. Συχνότητα υπερθέρμανσης

Συχνότητα υπερθέρμανσης:	26,4 %
Χρήσιμη ζήτηση ψύξης:	18,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)



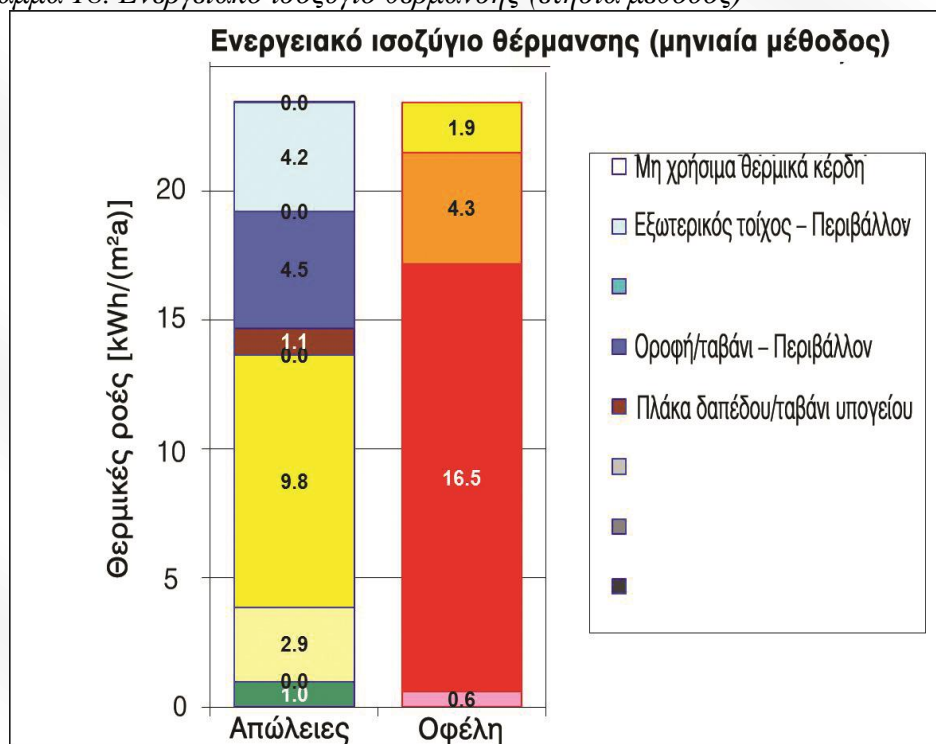
### 11.2.6 Θέρμανση κτιρίου

Πίνακας 53. Ετήσια ζήτηση θέρμανσης ανακαινισμένης κατοικίας

Q <sub>L</sub> (Συνολικές απώλειες θερμότητας)	7414 kWh/a	24 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>G</sub> (Θερμικά κέρδη)	2006 kWh/a	6,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>T</sub> (Απώλειες από μετάδοση θερμότητας)	7102 kWh/a	23 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>V</sub> (Απώλειες θερμότητας εξαερισμού)	312 kWh/a	1,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>S</sub> (Διαθέσιμα ηλιακά κέρδη από ηλιακή ενέργεια)	666 kWh/a	2,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>I</sub> (Εσωτερικά θερμικά κέρδη)	1342 kWh/a	4,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (Q<sub>H</sub>) με την ετήσια μέθοδο (*)</b>	<b>5409 kWh/a</b>	<b>17 Wh/(m<sup>2</sup>a)</b>

\*  $Q_H = Q_L - Q_G$

Διάγραμμα 18. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (ετήσια μέθοδος)



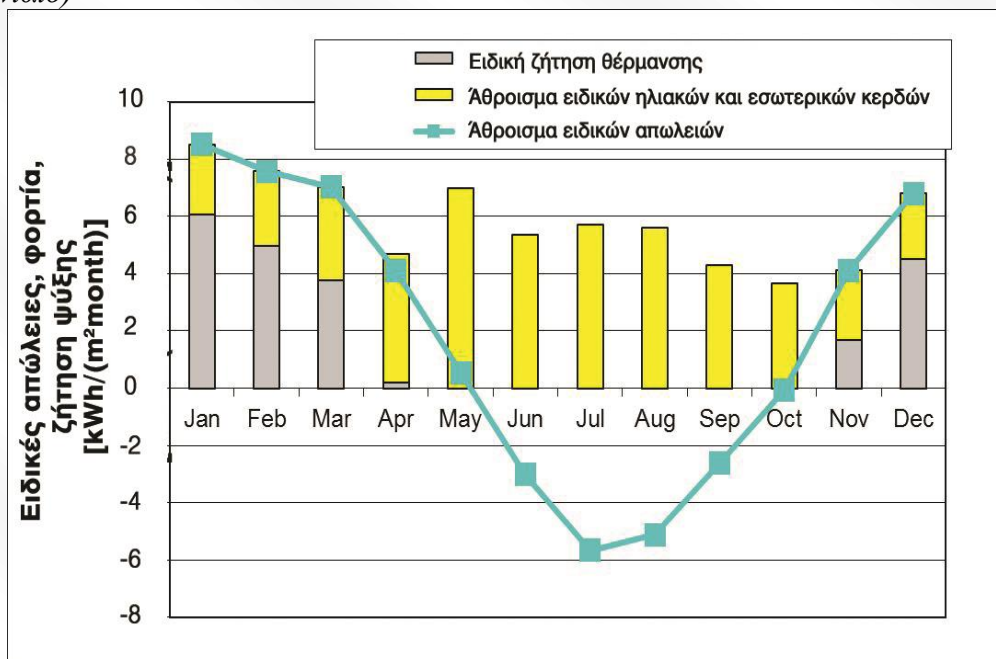


Πίνακας 54. Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος)

Θέρμανση (Heating)		
$Q_L$ (Συνολικές απώλειες θερμότητας)	12288 kWh/a	39,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
$Q_G$ (Θερμικά κέρδη)	5417 kWh/a	17,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (<math>Q_H</math>) (με την μηνιαία μέθοδο)</b>	<b>6871 kWh/a</b>	<b>22 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

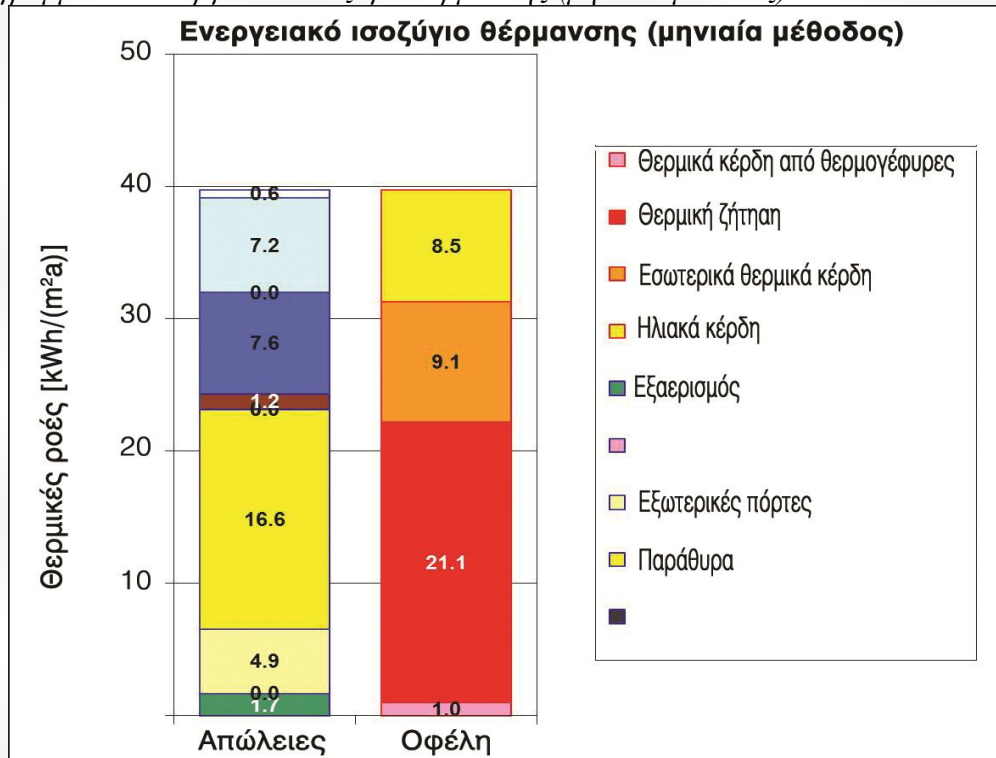
- $Q_H = Q_L - Q_G$

Διάγραμμα 19. Ζήτησης θέρμανσης, θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών (μηνιαίο)





Διάγραμμα 20. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος)



Πίνακας 55. Θερμικό φορτίο κατοικίας

$P_T$ (Μετάδοση θερμικού φορτίου)	8273 W
$P_V$ (Θερμικό φορτίο εξαερισμού)	816 W
<b>Συνολικό θερμικό φορτίο (<math>P_L</math>)</b>	<b>9089 W</b>
$P_S$ (Ηλιακή θερμική ενέργεια)	295 W
$P_I$ (Εσωτερικό θερμικό φορτίο)	495 W
$P_G$ (Θερμική ισχύς κέρδη)	790 W
<b>Θερμικό φορτίο <math>P_H</math></b>	<b>8298 W</b>
<b>Θερμικό φορτίο χώρου</b>	<b>26,8 W/m<sup>2</sup></b>

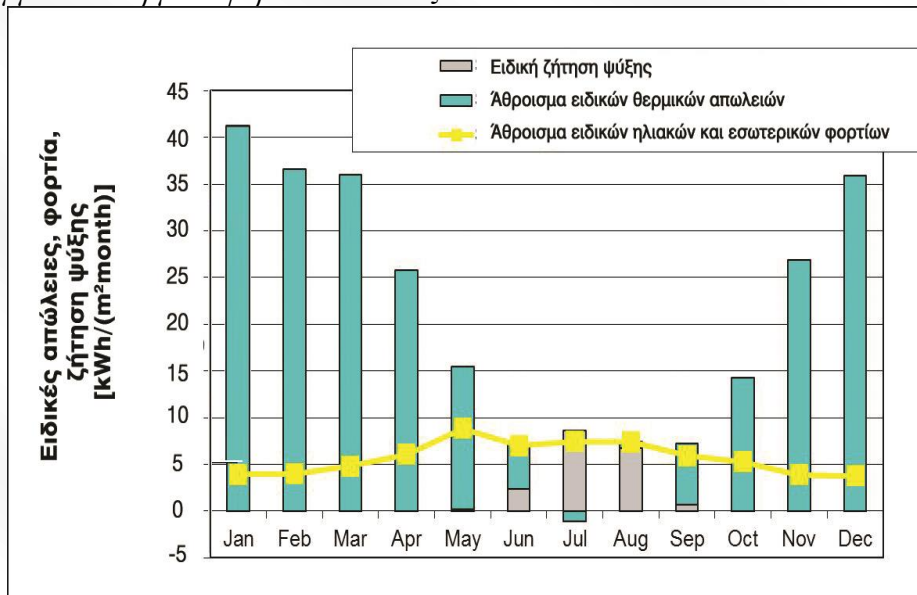
- $P_L = P_T + P_V$
- $P_G = P_S + P_I$
- $P_H = P_L - P_G$
- $P_H / A_{TFA}$



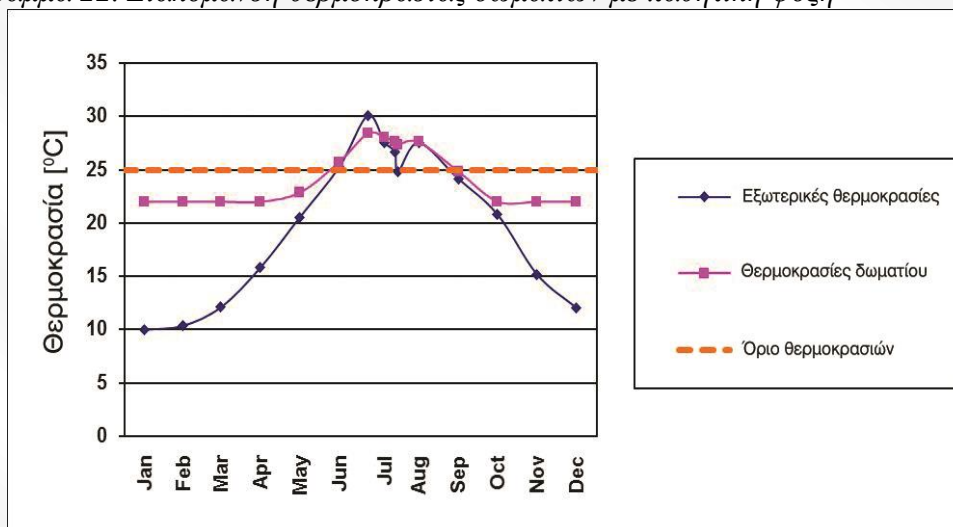


### 11.2.7 Ψύξη κτιρίου

Διάγραμμα 21. Θερμικό φορτίο κατοικίας

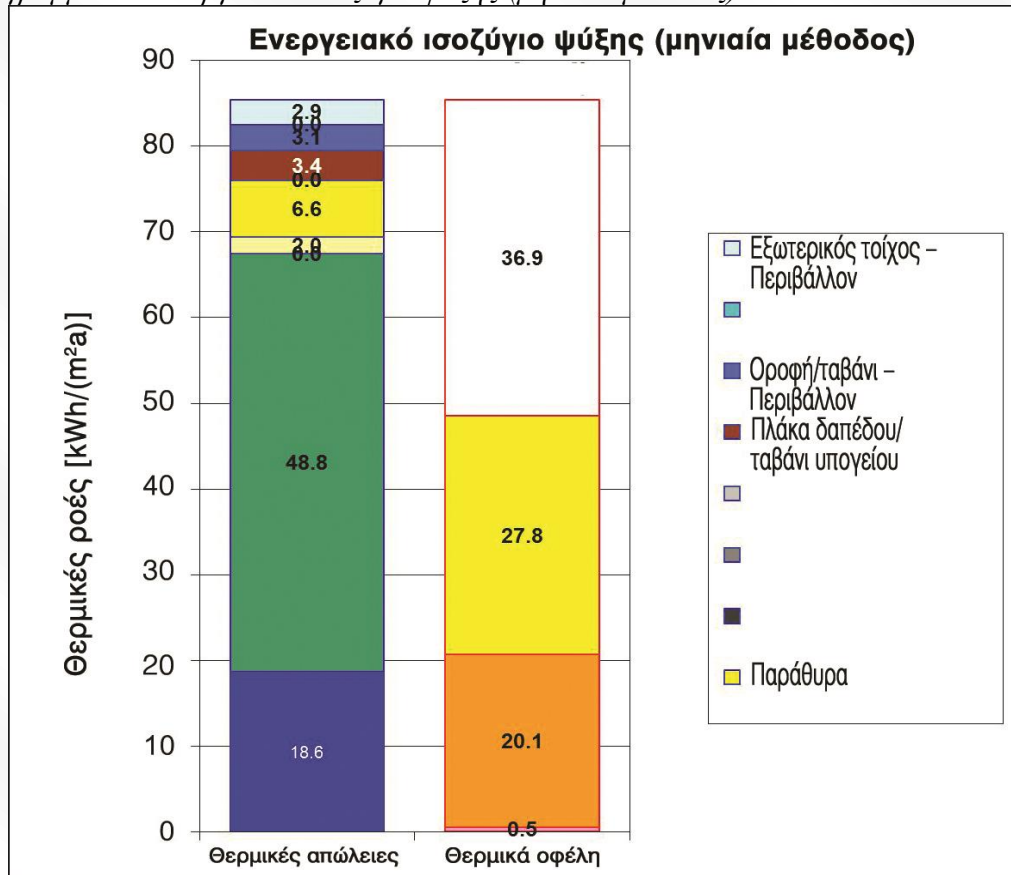


Διάγραμμα 22. Διακύμανση θερμοκρασίας δωματίων με παθητική ψύξη





Διάγραμμα 23. Ενεργειακό ισοζύγιο ψύξης (μηνιαία μέθοδος)

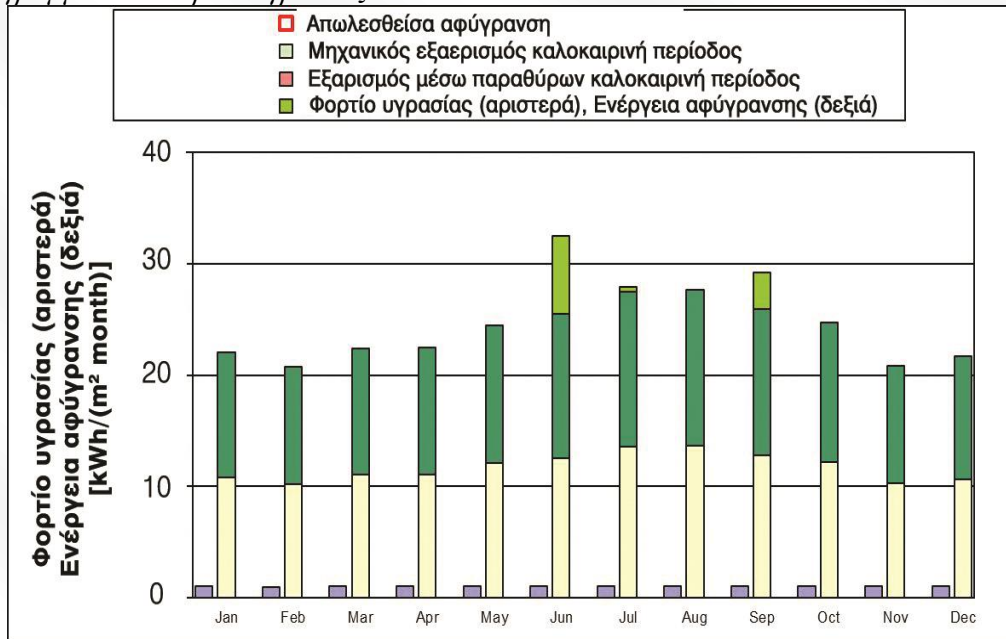


Πίνακας 56. Φορτίο ψύξης

$P_T$ (Μετάδοση θερμικού φορτίου) :	- 402 W
$P_V$ (Θερμικό φορτίο εξαερισμού) :	- 1799 W
$P_S$ (Ηλιακό φορτίο) :	3755 W
$P_I$ (Εσωτερικό θερμικό φορτίο) :	1052 W
<b>Φορτίο ψύξης <math>P_C</math></b>	
$P_C = P_T + P_V + P_S + P_I$	2606 W
<b>Φορτίο ψύξης χώρου</b>	
$P_C / A_{TFA}$ :	8,4 W/m <sup>2</sup>



Διάγραμμα 24. Φορτίο υγρασίας



### 11.2.8 Σύστημα Ζ.Ν.Χ ανακαινισμένης κατοικίας

Πίνακας 57. Κατανομή θερμότητας και σύστημα Ζ.Ν.Χ.

Διανομή ζεστού νερού χρήσης και αποθήκευση	
Μήκος σωληνώσεων κυκλοφορίας:	55 m
Συντελεστής απωλειών θερμότητας ανά μέτρο σωλήνα:	0,134
Θερμοκρασία μηχανολογικού χώρου:	20 °C
Σχεδιασμένη θερμοκρασία ροής:	60 °C
Ημερίσια περίοδος κυκλοφορίας κατά τη λειτουργία:	18 h/d
Ετήσιες απώλειες θερμότητας από τις γραμμές κυκλοφορίας:	1474 kWh/a
<b>Συνολικές απώλειες θερμότητας του συστήματος Ζ.Ν.Χ. :</b>	<b>3208 kWh/a</b>
<b>Συνολική ζήτηση θέρμανσης του συστήματος Ζ.Ν.Χ. :</b>	<b>6712 kWh/a</b>

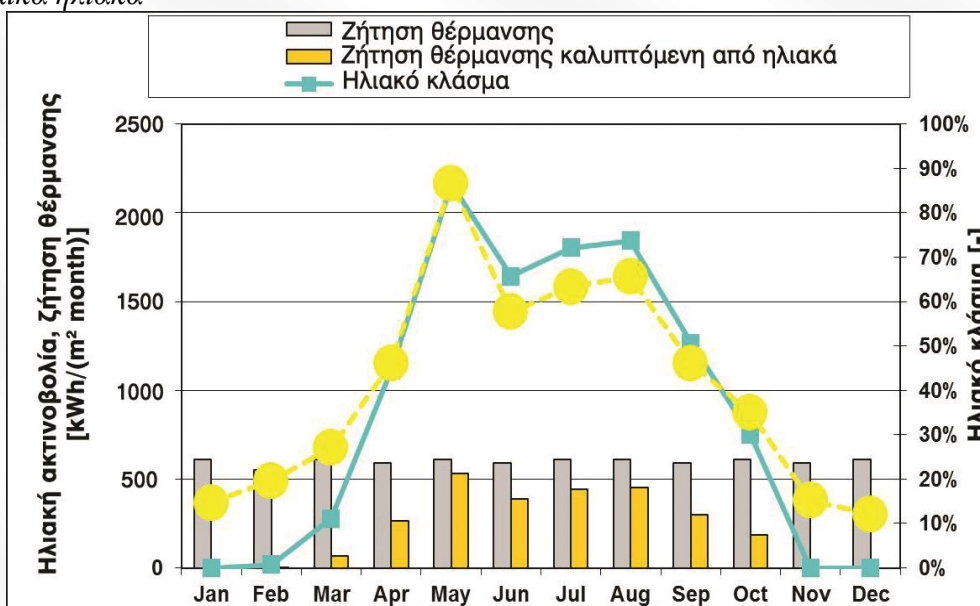


### 11.2.9 Ηλιοθερμικό σύστημα ανακαινισμένης κατοικίας

Πίνακας 58. Ηλιοθερμικό σύστημα

Συλλέκτης:	Ηλιακός θερμοσίφωνας MALTEZOS Sunpower		
Μέγεθος συλλέκτη:	8.4 m <sup>2</sup>		
Απόκλιση από βορρά:	180°		
Γωνία κλίσης από τον ορίζοντα:	35°		
<b>Εκτιμώμενο ποσοστό Ζ.Ν.Χ. από ηλιακά:</b>	<b>39 %</b>	<b>2617 kWh/a</b>	<b>8 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
Δεξαμενή αποθήκευσης ηλιακών:	Απλή δεξαμενή ηλιακού		
Συνολικός όγκος αποθήκευσης:	400 lt		
Συνολικές απώλειες δεξαμενής:	118 W		

Διάγραμμα 25. Ηλιακή ακτινοβολία, ζήτηση θέρμανσης και κάλυψη ζήτησης από θερμικά ηλιακά





### 11.2.10 Ηλεκτρική κατανάλωση ανακαινισμένου κτιρίου

Πίνακας 59. Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος

Εφαρμογές	Κατανάλωση (kWh/a)
Πλυντήριο πιάτων (Z.N.X.):	250
Πλυντήριο ρούχων (Z.N.X.):	208
Στέγνωμα ρούχων:	- (άπλωμα ρούχων)
Ψυγείο	
Ψύξη:	102
Κατάψυξη:	181
Κουζίνα (ηλεκτρισμός):	745
Φωτισμός:	920
Ηλεκτρονικά είδη:	1908
Μικροσυσκευές:	350
Συνολικός βοηθητικός ηλεκτρισμός:	2134
<b>Συνολική κατανάλωση ρεύματος:</b>	<b>6798 kWh/a</b>
<b>Ειδική ζήτηση:</b>	<b>21,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Πίνακας 60. Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος βοηθητικών μονάδων

	Κατανάλωση (kWh/a)
<b>Σύστημα εξαερισμού</b>	
Εξαερισμός χειμερινή περίοδος:	167
Εξαερισμός καλοκαιρινή περίοδος:	1618
<b>Σύστημα θέρμανσης</b>	
Αντλία θερμότητας:	32
Boiler θέρμανσης:	52
<b>Σύστημα ζεστού νερού χρήσης</b>	
Αντλία κυκλοφορίας:	154
Boiler Z.N.X.:	3
Θερμικά ηλιακά:	79
<b>Διάφορα βοηθητικά συστήματα:</b>	<b>30</b>
<b>Συνολικός βοηθητικός ηλεκτρισμός:</b>	<b>2134 kWh/a</b>



### 11.3 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανακαινισμένου κτιρίου σύμφωνα με το πρόγραμμα P.H.P.P.

Πίνακας 61. Τελική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO<sub>2</sub>

<b>Ζήτηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση</b>			
	<b>Τελική ενέργεια kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>Πρωτογενής ενέργεια kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> kg/(m<sup>2</sup>a)</b>
<i>Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (χωρίς αντλία θερμότητας)</i>			
Για οικιακές συσκευές:	14,9	38,8	10,2
Για βοηθητικά συστήματα:	6,9	17,9	4,7
<b>Συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας</b>	<b>21,8</b>	<b>56,8</b>	<b>14,8</b>
<i>Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (με αντλία θερμότητας)</i>			
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για αντλία θερμότητας (χωρίς Z.N.X. για πλύσιμο πιάτων)	8,7	22,7	5,9
Ζήτηση μη ηλεκτρικής ενέργειας Z.N.X. για πλύσιμο πιάτων:	0,5	1,3	0,3
<b>Συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας:</b>	<b>9,2</b>	<b>24,0</b>	<b>6,3</b>
<i>Ζήτηση ενέργειας για boiler</i>			
Ετήσια ζήτηση ενέργειας (χωρίς Z.N.X. πλύσιμο πιάτων):	21,2	23,3	6,6
Ζήτηση μη ηλεκτρικής ενέργειας Z.N.X. για πλύσιμο πιάτων	0,1	0,1	0,0
<b>Συνολική θέρμανση από πετρέλαιο, φυσικό αέριο και ξύλο</b>	<b>21,3</b>	<b>23,4</b>	<b>6,6</b>
<i>Ψύξη με ηλεκτρική αντλία θερμότητας</i>			
Καλυπτόμενο ποσοστό ζήτησης ψύξης:	100%	2,6 kWh/kWh	680 g/kWh
Πηγή θερμότητας:	<i>Ηλεκτρισμός</i>		



Δείκτης αποτελεσματικότητας εποχιακής ενέργειας ψύξης: 2,0			
<b>Ζήτηση ενέργειας για ψύξη χώρου:</b>	<b>9,3</b>	<b>24,3</b>	<b>6,3</b>
<b>Συνολική τιμή πρωτογενούς ενέργειας:</b>	<b>124 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>		
<b>Συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>:</b>	<b>34,1 kg/(m<sup>2</sup>a)</b>		

*Πίνακας 62. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανακαινισμένης κατοικίας*

	<b>Κατανάλωση</b>	
Θέρμανση χώρων	22 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Ζεστό νερό χρήσης	2205 kWh/a	
Τελική ενέργεια	6798 kWh/a	21,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Πρωτογενής ενέργεια</b>	<b>124 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
<b>Ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub></b>	<b>34,1 kg/(m<sup>2</sup>a)</b>	



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

#### 12.1 Κοστολόγηση ανακαίνισης κτιρίου

Πίνακας 63. Κοστολόγηση παραθύρων

Προϊόν: Alumil S440	Μέγεθος παραθύρων (m)		Αριθμός παραθύρων	Κόστος παραθύρων (€)
<b>Τύπος παραθύρων:</b> Συρόμενα low-e διπλά τζάμια				
	Πλάτος: 0,8	Ύψος: 0,7	6	900
	Πλάτος: 0,8	Ύψος: 2,0	3	714
	Πλάτος: 1,5	Ύψος: 1,0	10	2190
	Πλάτος: 1,5	Ύψος: 2,0	5	1580
	Πλάτος: 1,0	Ύψος: 2,0	5	1300
	Πλάτος: 2,0	Ύψος: 2,0	2	746
	Πλάτος: 2,0	Ύψος: 1,5	1	321
<b>Σύνολο παραθύρων</b>			32	
<b>Συνολικό κόστος παραθύρων</b>				<b>€ 8151</b>

Πίνακας 64. Κοστολόγηση συστήματος εξαερισμού

		Κόστος (€)
Κεντρική μονάδα	300 kWh	650
Σωληνώσεις	55 m (15 m για κάθε όροφο)	245
Εγκατάσταση		450
<b>Συνολικό κόστος</b>		<b>€ 895</b>

Πίνακας 65. Κοστολόγηση θερμομόνωσης κτιρίου

	Κόστος (€)
Εξωτερική θερμομόνωση:	9912
Μόνωση υπογείου:	500
Μόνωση οροφής:	2000
<b>Συνολικό κόστος</b>	<b>€ 12412</b>





Πίνακας 66. Κοστολόγηση συστήματος θερμικών ηλιακών

Προϊόν	Green Line 270
Αριθμός συλλεκτών	2
Χωρητικότητα	400 lt (200 lt x 2)
Μέγεθος πλαισίων	8,4 m <sup>2</sup>
Τιμή μονάδας	1408 €
Εγκατάσταση	450 €
<b>Συνολικό κόστος</b>	<b>3266 €</b>

Πίνακας 67. Κοστολόγηση συστήματος αντλίας θερμότητας (αέρος - νερού)

		<b>Κόστος (€)</b>
Προϊόν	Daikin Altherma	
Τιμή μονάδας		3240
Παρελκόμενα συστήματος:		
Κιτ για Z.N.X.		520
Υδραυλικό κύκλωμα		245
Ηλεκτρικό κύκλωμα		215
Εγκατάσταση		147
<b>Συνολικό κόστος</b>		<b>4220 €</b>

Πίνακας 68. Κόστος νέων ηλεκτρικών συσκευών ενεργειακής κλάσης (A+)

	<b>Αριθμός Συσκευών</b>	<b>Κόστος (€)</b>
Κουζίνα Ενεργειακής Κλάσης (A+)	3	420
Ψυγείο Ενεργειακής Κλάσης (A+)	3	495
Πλυντήριο Ενεργειακής Κλάσης (A+)	2	373
Πλυντήριο Πιάτων Ενεργειακής Κλάσης (A+)	2	504
Τηλεόραση LED	3	606
<b>Συνολικό Κόστος</b>		<b>6317 €</b>

Πίνακας 69. Τελικό κόστος ανακαίνισης

Παράθυρα	8151 €
Σύστημα εξαερισμού	895 €
Θερμικά ηλιακά	3266 €
Σύστημα αντλίας θερμότητας	4220 €
Θερμομόνωση	12412 €
Ηλεκτρικές συσκευές ενεργειακής κλάσης (A+)	6317 €
<b>Συνολικό κόστος ανακαίνισης</b>	<b>35281 €</b>



## 12.2 Ετήσιο ενεργειακό κόστος κατοικίας, απόσβεση ανακαίνισης και σύγκριση κόστους κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ. και Παθητικού κτιρίου

Πίνακας 70. Ετήσιο ενεργειακό κόστος και σύγκριση ετήσιου κόστους ανακαινισμένης κατοικίας σύμφωνα με Κ.ΕΝ.Α.Κ και πρότυπο παθητικού κτιρίου

Επιφάνεια Θερμαινόμενου Χώρου Α <sub>ΕΒ</sub>	309	m <sup>2</sup>
<b>Αρχικά κοινά δεδομένα</b>		
Τιμή Ενέργειας (Θέρμανση) τον πρώτο χρόνο	0.108	€/kWh
Ετήσια αύξηση τιμής ενέργειας	6.50	%/έτος
Πληθωρισμός	-1.00	%/έτος
Πραγματική αύξηση τιμής ενέργειας	<b>7,58</b>	%/έτος
Περίοδος Επένδυσης= Περίοδος Πίστωσης	25	Έτη
<b>Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας υφιστάμενης κατοικίας ανά m<sup>2</sup></b>	99	kWh/(m <sup>2</sup> έτος)
Συνολική κατανάλωση κατοικίας	<b>30,621</b>	kWh/έτος
Κόστος ενέργειας τον πρώτο χρόνο (αυξάνεται προοδευτικά)	<b>3,307</b>	€/έτος
<b>Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανακαινισμένης κατοικίας ανά m<sup>2</sup></b>	22	kWh/(m <sup>2</sup> έτος)
Συνολική κατανάλωση κτιρίου	<b>7,114</b>	kWh/έτος
Κόστος ενέργειας τον πρώτο χρόνο (αυξάνεται προοδευτικά)	<b>768</b>	€/έτος
<b>Πρόσθετο κόστος κατασκευής ΡΗ ανά m<sup>2</sup></b>	114	€/m <sup>2</sup>
Συνολικό πρόσθετο κόστος κατασκευής ΡΗ	<b>35,281</b>	€
<b>Χρηματοδότηση πρόσθετου κόστους ΡΗ</b>		
Περίοδος	25	Έτη
Ονομαστικό ετήσιο επιτόκιο	4.50	%/έτος
Πραγματικό ετήσιο επιτόκιο	<b>3.47</b>	%/έτος
Τοκοχρεολύσιο α	<b>6.04</b>	%/έτος
Τοκοχρεωλυτική Ετήσια δόση (παραμένει αμετάβλητη)	<b>2,644.45</b>	€/έτος



Κατά το πέρας της μελέτης πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με τους ενοίκους της υφιστάμενης κατοικίας ώστε να ερευνηθεί ο τρόπος λειτουργίας του κτιρίου, ο τρόπος ζωής των ενοίκων ώστε να ενημερωθούν για τα οφέλη που θα αποκομίσουν από την ανακαίνιση σε παθητικό κτίριο. Επίσης εξακριβώθηκαν οι καταναλώσεις του κτιρίου ώστε να υπολογιστούν τα τρέχοντα λειτουργικά κόστη της κατοικίας καθώς και τα λειτουργικά κόστη της κατοικίας μετά το πέρας της ανακαίνισης. Τα αποτελέσματα για τα λειτουργικά κόστη παρατίθενται παρακάτω:

*Πίνακας 71. Ετήσια λειτουργικά κόστη υφιστάμενης και ανακαινισμένης κατοικίας*

Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας υφιστάμενης κατοικίας ανά m <sup>2</sup>	99	kWh/(m <sup>2</sup> έτος)
Συνολική κατανάλωση κατοικίας	30591	kWh/έτος
<b>Ετήσια λειτουργικά κόστη</b>	<b>3303</b>	<b>€/έτος</b>
Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανακαινισμένης κατοικίας ανά m <sup>2</sup>	22	kWh/(m <sup>2</sup> έτος)
Συνολική κατανάλωση κτιρίου	6798	kWh/έτος
<b>Ετήσια λειτουργικά κόστη</b>	<b>734</b>	<b>€/έτος</b>
* (Ετήσια λειτουργικά κόστη = Συνολική κατανάλωση κτιρίου ανά έτος * 0,108 €/kWh)		
* (Στη συνολική κατανάλωση της κατοικίας περιλαμβάνονται η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη)		

*Πίνακας 72. Απόσβεση κόστους ανακαίνισης*

Κόστος ανακαίνισης	<b>35,281 €</b>
Ετήσιο ενεργειακό κόστος κατοικίας προ ανακαίνισης	<b>3,303 €</b>
Ετήσιο ενεργειακό κόστος ανακαινισμένης κατοικίας	<b>734 €</b>
<b>Απόσβεση κόστους ανακαίνισης</b>	<b>13,5 Έτη</b>



Πίνακας 73. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά ΚΕΝΑΚ

<b>ΚΕΝΑΚ</b>	
(η αντίστοιχο)	
<b>Κόστος Ενέργειας</b>	<b>Συνολικό κόστος Σωρευτικά</b>
<b>€/α</b>	<b>€</b>
3,015.68	3,015.68
3,181.54	6,197.21
3,356.52	9,553.73
3,541.13	13,094.86
3,735.89	16,830.76
3,941.37	20,772.12
4,158.14	24,930.27
4,386.84	29,317.10
4,628.12	33,945.22
4,882.66	38,827.88
5,151.21	43,979.09
5,434.53	49,413.62
5,733.42	55,147.04
6,048.76	61,195.80
6,381.44	67,577.25
6,732.42	74,309.67
7,102.71	81,412.38
7,493.36	88,905.73
7,905.49	96,811.22
8,340.29	105,151.51
8,799.01	113,950.52
9,282.95	123,233.48
9,793.52	133,026.99
10,332.16	143,359.15
10,900.43	154,259.58
11,499.95	165,759.53
12,132.45	177,891.98
12,799.73	190,691.72
13,503.72	204,195.44
14,246.42	218,441.86
15,029.98	233,471.84
15,856.63	249,328.46
16,728.74	266,057.20
17,648.82	283,706.03
18,619.51	302,325.53
19,643.58	321,969.11
20,723.98	342,693.09
21,863.79	364,556.88
23,066.30	387,623.19
24,334.95	411,958.14
25,673.37	437,631.51
27,085.41	464,716.92
28,575.11	493,292.02



30,146.74	523,438.76
31,804.81	555,243.56
33,554.07	588,797.63
35,399.54	624,197.18
37,346.52	661,543.70
39,400.58	700,944.28
41,567.61	742,511.89
43,853.83	786,365.72
46,265.79	832,631.51
48,810.41	881,441.91
51,494.98	932,936.89
54,327.20	987,264.10
57,315.20	1,044,579.30
60,467.54	1,105,046.84
63,793.25	1,168,840.09
67,301.88	1,236,141.97
71,003.48	1,307,145.45

Πίνακας 74. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά Passivhaus

<b>Passivhaus</b>	
χωρίς χρηματοδότηση πρόσθετου κόστους	
<b>Κόστος Ενέργειας</b>	<b>Συνολικό κόστος Σωρευτικά</b>
€/a	€
462.40	462.40
487.84	950.24
514.67	1,464.91
542.97	2,007.88
572.84	2,580.72
604.34	3,185.06
637.58	3,822.64
672.65	4,495.29
709.64	5,204.93
748.67	5,953.61
789.85	6,743.46
833.29	7,576.75
879.12	8,455.88
927.48	9,383.36
978.49	10,361.84
1,032.30	11,394.15
1,089.08	12,483.23
1,148.98	13,632.21
1,212.18	14,844.39
1,278.84	16,123.23
1,349.18	17,472.41
1,423.39	18,895.80
1,501.67	20,397.47



1,584.26	21,981.74
1,671.40	23,653.14
1,763.33	25,416.46
1,860.31	27,276.77
1,962.63	29,239.40
2,070.57	31,309.97
2,184.45	33,494.42
2,304.60	35,799.02
2,431.35	38,230.36
2,565.07	40,795.44
2,706.15	43,501.59
2,854.99	46,356.58
3,012.02	49,368.60
3,177.68	52,546.27
3,352.45	55,898.72
3,536.83	59,435.56
3,731.36	63,166.91
3,936.58	67,103.50
4,153.10	71,256.59
4,381.52	75,638.11
4,622.50	80,260.61
4,876.74	85,137.35
5,144.96	90,282.30
5,427.93	95,710.23
5,726.47	101,436.70
6,041.42	107,478.12
6,373.70	113,851.82
6,724.25	120,576.08
7,094.09	127,670.16
7,484.26	135,154.43
7,895.90	143,050.32
8,330.17	151,380.50
8,788.33	160,168.83
9,271.69	169,440.51
9,781.63	179,222.15
10,319.62	189,541.77
10,887.20	200,428.97



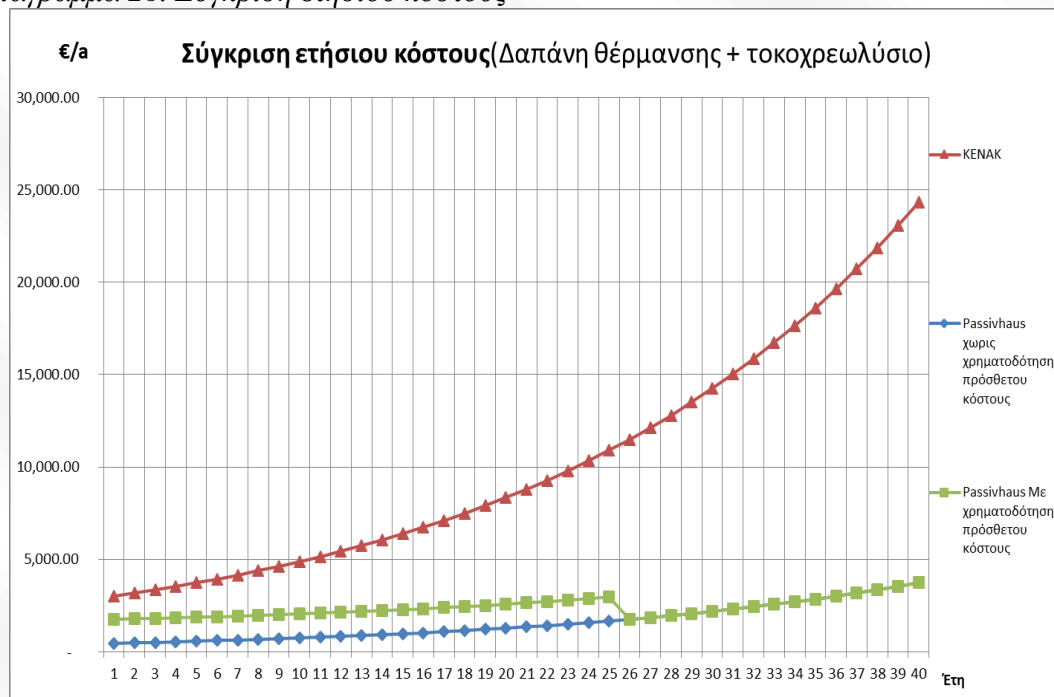
Πίνακας 75. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά Passivhaus

<b>Passivhaus</b>			
Με χρηματοδότηση πρόσθετου κόστους			
<b>Κόστος Ενέργειας</b>	<b>Τοκοχρ/σιο</b>	<b>Συνολικό κόστος</b>	<b>Συνολικό κόστος Σωρευτικά</b>
€/α	€/α	€/α	€
462.40	3,739.19	4,201.60	4,201.60
487.84	3,739.19	4,227.03	8,428.63
514.67	3,739.19	4,253.86	12,682.49
542.97	3,739.19	4,282.17	16,964.65
572.84	3,739.19	4,312.03	21,276.68
604.34	3,739.19	4,343.54	25,620.22
637.58	3,739.19	4,376.78	29,997.00
672.65	3,739.19	4,411.84	34,408.84
709.64	3,739.19	4,448.84	38,857.68
748.67	3,739.19	4,487.87	43,345.54
789.85	3,739.19	4,529.05	47,874.59
833.29	3,739.19	4,572.49	52,447.08
879.12	3,739.19	4,618.32	57,065.40
927.48	3,739.19	4,666.67	61,732.07
978.49	3,739.19	4,717.68	66,449.75
1,032.30	3,739.19	4,771.50	71,221.25
1,089.08	3,739.19	4,828.28	76,049.52
1,148.98	3,739.19	4,888.17	80,937.70
1,212.18	3,739.19	4,951.37	85,889.07
1,278.84	3,739.19	5,018.04	90,907.10
1,349.18	3,739.19	5,088.37	95,995.48
1,423.39	3,739.19	5,162.58	101,158.06
1,501.67	3,739.19	5,240.87	106,398.92
1,584.26	3,739.19	5,323.46	111,722.38
1,671.40	3,739.19	5,410.59	117,132.98
1,763.33	-	1,763.33	118,896.30
1,860.31	-	1,860.31	120,756.61
1,962.63	-	1,962.63	122,719.24
2,070.57	-	2,070.57	124,789.81
2,184.45	-	2,184.45	126,974.26
2,304.60	-	2,304.60	129,278.85
2,431.35	-	2,431.35	131,710.20
2,565.07	-	2,565.07	134,275.28
2,706.15	-	2,706.15	136,981.43
2,854.99	-	2,854.99	139,836.42
3,012.02	-	3,012.02	142,848.44
3,177.68	-	3,177.68	146,026.11
3,352.45	-	3,352.45	149,378.56
3,536.83	-	3,536.83	152,915.39



3,731.36	-	3,731.36	156,646.75
3,936.58	-	3,936.58	160,583.34
4,153.10	-	4,153.10	164,736.43
4,381.52	-	4,381.52	169,117.95
4,622.50	-	4,622.50	173,740.45
4,876.74	-	4,876.74	178,617.19
5,144.96	-	5,144.96	183,762.14
5,427.93	-	5,427.93	189,190.07
5,726.47	-	5,726.47	194,916.54
6,041.42	-	6,041.42	200,957.96
6,373.70	-	6,373.70	207,331.66
6,724.25	-	6,724.25	214,055.92
7,094.09	-	7,094.09	221,150.00
7,484.26	-	7,484.26	228,634.27
7,895.90	-	7,895.90	236,530.16
8,330.17	-	8,330.17	244,860.33
8,788.33	-	8,788.33	253,648.67
9,271.69	-	9,271.69	262,920.35
9,781.63	-	9,781.63	272,701.99
10,319.62	-	10,319.62	283,021.61
10,887.20	-	10,887.20	293,908.81

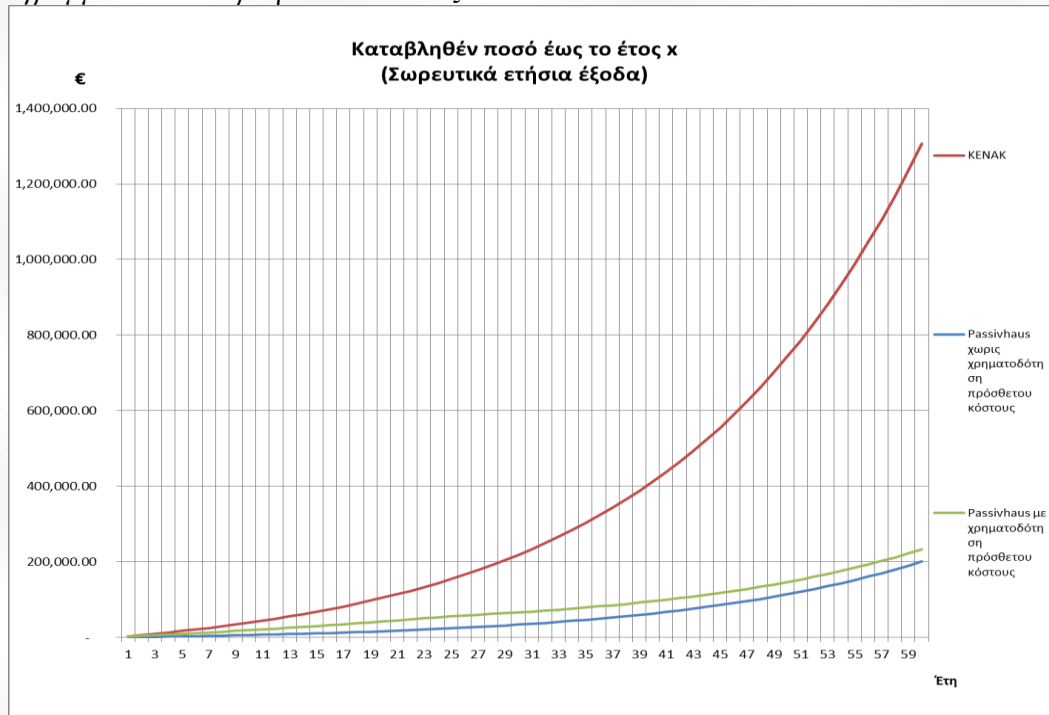
Διάγραμμα 26. Σύγκριση ετήσιου κόστους







Διάγραμμα 27. Καταβληθέντα ποσά εξόδων



Από τα Διάγραμμα 26 και Διάγραμμα 27 καθώς επίσης και από την κοστολόγηση της ανακαίνισης συμπεραίνουμε ότι η μετατροπή της υφιστάμενης πολυκατοικίας σε παθητικό κτίριο μέσω ανακαίνισης, θα προσφέρει σε βάθος χρόνου αρκετά οικονομικά οφέλη όπως μεγάλη μείωση των εξόδων για θέρμανση και ηλεκτρισμό, μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ώστε να συμβαδίζει το κτίριο με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και καλύτερες συνθήκες διαβίωσης για τους ενοίκους. Το μόνο αρνητικό για τον επενδυτή είναι η εύρεση του κεφαλαίου για την επίτευξη της ανακαίνισης όπου λόγω των οικονομικών δυσκολιών την παρούσα χρονική περίοδο καθίσταται αρκετά δύσκολη. Το τελικό συμπέρασμα για την μετατροπή της υφιστάμενης κατοικίας σε παθητική είναι ότι ο επενδυτής θα πρέπει να κάνει προσεκτικό σχεδιασμό ώστε να υλοποιηθεί η ανακαίνιση χωρίς να υπάρξουν καθυστερήσεις και εκτροχιασμός του προϋπολογισμού του έργου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία μέσα από τα αποτελέσματα της μελέτης και της οικονομικής αξιολόγησης του έργου καταλήγει στα παρακάτω συμπεράσματα:

Το γενικότερο συμπέρασμα της πτυχιακής είναι ότι το παθητικό κτίριο είτε για νέα κατασκευή είτε για ανακαίνιση, προσφέρει έναν συνδυασμό καλής ποιότητας ζωής και μεγάλα οικονομικά οφέλη σε ένα βάθος χρόνου σαράντα ετών, όμως για την επίτευξη του έργου οι επενδυτές θα χρειαστούν ένα αρχικό κεφάλαιο όπου λόγω της πολύ κακής οικονομικής κατάστασης που επικρατεί είναι δύσκολο να εξοικονομηθεί. Γι' αυτό θα πρέπει το κράτος σε συνεργασία με τις τράπεζες και την Ευρωπαϊκή Ένωση να προσφέρουν κατάλληλα κίνητρα, ώστε να γίνει το παθητικό κτίριο προσιτό σε ακόμα μεγαλύτερη μερίδα του πληθυσμού. Τα οφέλη από την εξάπλωση του παθητικού κτιρίου θα είναι άμεσα ορατά όχι μόνο στους επενδυτές αλλά και στην οικονομία της χώρας όπως επίσης και στο περιβάλλον με τη ραγδαία μείωση της εκπομπής ρύπων. Αυτά τα οφέλη καθιστούν το παθητικό κτίριο το μέλλον των κατοικιών αλλά και γενικότερα των κατασκευών.

Επίσης από τη μελέτη εξάγουμε πιο ειδικά συμπεράσματα για τις διαφορές του παθητικού κτιρίου με ένα συμβατικό. Πρώτο συμπέρασμα είναι ότι το παθητικό κτίριο σε βάθος χρόνου προσφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη στον επενδυτή σε σύγκριση με μια συμβατική κατοικία που τα έξοδα συντήρησης λόγω φθοράς σε βάθος χρόνου ανεβαίνουν ραγδαία. Δεύτερον το κόστος της θέρμανσης του κτιρίου μειώνεται σε μεγάλο βαθμό από τον πρώτο κιόλας χρόνο κατασκευής του παθητικού κτιρίου και η αύξησή του σε βάθος χρόνου είναι ελάχιστη σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο που οι απώλειες θερμότητας λόγω κακής μόνωσης είναι πολύ μεγάλες. Τρίτον παρόμοιες διαφορές παρατηρούμε και στη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του κτιρίου όπου σε συνδυασμό και με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνουν τη κατανάλωση σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τέλος μια μεγάλη διαφορά που παρατηρήθηκε στη μελέτη, μεταξύ του παθητικού κτιρίου και ενός συμβατικού είναι η ραγδαία μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Και αυτό διότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο παθητικό κτίριο είναι των υψηλότερων επιδόσεων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cotterell J., Dadeby A.,: The Passivhaus Handbook. United Kingdom, 2012.

Dr. Wolfgang F.,: Passive House Planning Package (Version 8). Darmstadt, 2013.

Dr. Wolfgang F.,: Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components. Darmstadt, 2013.

ΤΟΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ 20701 – 1, 2, 3. Τεχνικοί κανονισμοί για την ενέργεια του Επιμελητηρίου της Ελλάδας. Αθήνα, 2010.

Παλλαντζάς Σ., Δρ. Παππάς Ι.,: CEPH COURSE (1ο Σεμινάριο Πιστοποίησης Σχεδιαστών). Αθήνα, 2014.

Μαυρούδης Ι.,: Αντλίες και Σωληνώσεις. Αθήνα, 2000.

Φραγκιαδάκης Ι.,: Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Θεσσαλονίκη, 2009.



## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ

Πίνακας 1. Δευτερεύουσες απαιτήσεις πιστοποίησης ανακαινισμένου κτιρίου .....	27
Πίνακας 2. Απαραίτητα έγγραφα για την πιστοποίηση ανακαινισμένου κτιρίου σε παθητικό κτίριο.....	29
Πίνακας 3. Ενεργειακή απόδοση κτιρίων σύμφωνα με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	30
Πίνακας 4. Ενεργειακή κατανομή κτιρίων.....	30
Πίνακας 5. Ελάχιστες απαιτήσεις σχεδιασμού κτιρίου για πιστοποίηση .....	31
Πίνακας 6. Μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων .....	32
Πίνακας 7. Δομικά υλικά θερμομόνωσης .....	38
Πίνακας 8. Τύποι υαλοπινάκων με τον βαθμό θερμοπερατότητας τους.....	40
Πίνακας 9. Βοηθητικά συστήματα θέρμανσης .....	45
Πίνακας 10. Οφέλη για τον ή τους ενοίκους του παθητικού κτιρίου.....	47
Πίνακας 11. Οφέλη για τον επενδυτή.....	47
Πίνακας 12. Κατηγορίες και δραστηριότητας κύκλου ζωής παθητικού κτιρίου .....	48
Πίνακας 13. Χαρακτηριστικά Κτιρίου .....	57
Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά Κτιρίου .....	60
Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά κτιρίου .....	61
Πίνακας 16. Χαρακτηριστικά κτιρίου .....	62
Πίνακας 17. Χαρακτηριστικά κτιρίων .....	63
Πίνακας 18. Θερμικές αγωγιμότητες υλικών .....	71
Πίνακας 19. Ροή θερμότητας.....	72
Πίνακας 20. Πίνακας τιμών θερμικών απωλειών δεξαμενής Z.N.X. ....	75
Πίνακας 21. Συντελεστές θερμοκρασιών για διάφορους τύπους φωτοβολταϊκών.....	76
Πίνακας 22. Βασικές πληροφορίες υφιστάμενης κατοικίας .....	82
Πίνακας 23. Χαρακτηριστικά δεδομένα υφιστάμενου κτιρίου σε σχέση με τις απαιτήσεις του EnerPhit.....	84
Πίνακας 24. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων τοιχοποιίας .....	84
Πίνακας 25. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων οροφής κτιρίου.....	85
Πίνακας 26. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων υπογείου.....	85
Πίνακας 27. Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων πλάκας δαπέδου .....	85
Πίνακας 28. Ανοίγματα κελύφους.....	86
Πίνακας 29. Σκίαση κτιρίου .....	86
Πίνακας 30. Εξαερισμός την καλοκαιρινή περίοδο .....	87
Πίνακας 31. Συχνότητα υπερθέρμανσης την καλοκαιρινή περίοδο .....	87
Πίνακας 32. Θέρμανση κτιρίου .....	87
Πίνακας 33. Θέρμανση κτιρίου .....	88
Πίνακας 34. Θερμικό φορτίο κτιρίου.....	89
Πίνακας 35. Φορτίο ψύξης.....	92
Πίνακας 36. Κατανομή της θερμότητας και σύστημα Z.N.X. ....	92
Πίνακας 37. Ηλιοθερμικό σύστημα .....	93
Πίνακας 38. Ηλεκτρισμός κτιρίου .....	94
Πίνακας 39. Βοηθητικός ηλεκτρισμός .....	94
Πίνακας 40. Ζήτηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση .....	95
Πίνακας 41. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας υφιστάμενης κατοικίας .....	96
Πίνακας 42. Χαρακτηριστικές τιμές κτιρίου μετά το πέρας της ανακαίνισης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EnerPhit.....	97



Πίνακας 43. Δεδομένα κελύφους κατοικίας.....	97
Πίνακας 44. Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοποιίας .....	98
Πίνακας 45. Συντελεστής θερμοπερατότητας υπογείου.....	98
Πίνακας 46. Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής.....	99
Πίνακας 47. Συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου .....	99
Πίνακας 48. Ανοίγματα κελύφους.....	100
Πίνακας 49. Σκίαση κατοικίας .....	100
Πίνακας 50. Σύστημα εξαερισμού .....	101
Πίνακας 51. Εξαερισμός καλοκαιρινή περίοδος.....	101
Πίνακας 52. Συχνότητα υπερθέρμανσης .....	101
Πίνακας 53. Ετήσια ζήτηση θέρμανσης ανακαινισμένης κατοικίας.....	102
Πίνακας 54. Ετήσια ζήτηση θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος) .....	103
Πίνακας 55. Θερμικό φορτίο κατοικίας.....	104
Πίνακας 56. Φορτίο ψύξης.....	106
Πίνακας 57. Κατανομή θερμότητας και σύστημα Z.N.X. ....	107
Πίνακας 58. Ηλιοθερμικό σύστημα .....	108
Πίνακας 59. Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος .....	109
Πίνακας 60. Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος βοηθητικών μονάδων .....	109
Πίνακας 61. Τελική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO <sub>2</sub> .....	110
Πίνακας 62. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανακαινισμένης κατοικίας.....	111
Πίνακας 63. Κόστοςλόγηση παραθύρων .....	112
Πίνακας 64. Κόστοςλόγηση συστήματος εξαερισμού.....	112
Πίνακας 65. Κόστοςλόγηση θερμομόνωσης κτιρίου.....	112
Πίνακας 66. Κόστοςλόγηση συστήματος θερμικών ηλιακών.....	113
Πίνακας 67. Κόστοςλόγηση συστήματος αντλίας θερμότητας (αέρος - νερού) .....	113
Πίνακας 68. Κόστος νέων ηλεκτρικών συσκευών ενεργειακής κλάσης (A+).....	113
Πίνακας 69. Τελικό κόστος ανακαίνισης.....	113
Πίνακας 70. Ετήσιο ενεργειακό κόστος και σύγκριση ετήσιου κόστους ανακαινισμένης κατοικίας σύμφωνα με Κ.ΕΝ.ΑΚ και πρότυπο παθητικού κτιρίου .....	114
Πίνακας 71. Ετήσια λειτουργικά κόστη υφιστάμενης και ανακαινισμένης κατοικίας .	115
Πίνακας 72. Απόσβεση κόστους ανακαίνισης.....	115
Πίνακας 73. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά ΚΕΝΑΚ.....	116
Πίνακας 74. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά Passivhaus.....	117
Πίνακας 75. Κόστος ενέργειας και σωρευτικά κόστη κατά Passivhaus.....	119
Διάγραμμα 1. Πρόβλεψη κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.....	12
Διάγραμμα 2. Διακύμανση τιμής και ζήτησης πετρελαίου σε δύο υποθέσεις .....	13
Διάγραμμα 3. Διακύμανση θερμοκρασίας αέρα σε διαφορετικούς χώρους του κτιρίου	19
Διάγραμμα 4. Σχέση εσωτερικής θερμοκρασίας χώρου με την μέση εξωτερική θερμοκρασία.....	19
Διάγραμμα 5. Ταχύτητα του αέρα σε ένα παράθυρο παθητικού κτιρίου .....	20
Διάγραμμα 6. Διαστρωμάτωση θερμοκρασίας μονωμένου κουφώματος με τριπλά τζάμια .....	20
Διάγραμμα 7. Κατανάλωση ενέργειας σε παθητικό και συμβατικό κτίριο.....	46
Διάγραμμα 8. Μεθοδολογία σχεδιασμού παθητικού κτιρίου .....	66
Διάγραμμα 9. Ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	83
Διάγραμμα 10. Τιμές εξαερισμού καλοκαιρινή περίοδο.....	87
Διάγραμμα 11. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης .....	88



Διάγραμμα 12. Ζήτηση θέρμανσης, θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών.....	88
Διάγραμμα 13. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος) .....	89
Διάγραμμα 14. Θερμικών απωλειών, θερμικών φορτίων και ζήτησης ψύξης.....	90
Διάγραμμα 15. Ενεργειακό ισοζύγιο ψύξης .....	91
Διάγραμμα 16. Μονάδες ψύξης .....	91
Διάγραμμα 17. Ζήτηση θέρμανσης και ποσοστό κάλυψης της από θερμικά ηλιακά.....	93
Διάγραμμα 18. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (ετήσια μέθοδος) .....	102
Διάγραμμα 19. Ζήτησης θέρμανσης, θερμικών κερδών και θερμικών απωλειών (μηνιαίο).....	103
Διάγραμμα 20. Ενεργειακό ισοζύγιο θέρμανσης (μηνιαία μέθοδος) .....	104
Διάγραμμα 21. Θερμικό φορτίο κατοικίας.....	105
Διάγραμμα 22. Διακύμανση θερμοκρασίας δωματίων με παθητική ψύξη.....	105
Διάγραμμα 23. Ενεργειακό ισοζύγιο ψύξης (μηνιαία μέθοδος) .....	106
Διάγραμμα 24. Φορτίο υγρασίας .....	107
Διάγραμμα 25. Ηλιακή ακτινοβολία, ζήτηση θέρμανσης και κάλυψη ζήτησης από θερμικά ηλιακά.....	108
Διάγραμμα 26. Σύγκριση ετήσιου κόστους.....	120
Διάγραμμα 27. Καταβληθέντα ποσά εξόδων.....	121
Εικόνα 1. Διαμόρφωση τιμών ενέργειας σε Ε.Ε. και Η.Π.Α.....	13
Εικόνα 2. Θερμοκρασιακή κατανομή στην πρόσοψη παθητικού κτιρίου .....	22
Εικόνα 3. Θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση σε παράθυρο συμβατικής κατοικίας.....	22
Εικόνα 4. Θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση σε παράθυρο παθητικής κατοικίας .....	23
Εικόνα 5. Απεικόνιση κλιματικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. ....	31
Εικόνα 6. Προτεινόμενες μέθοδοι κατασκευής τοιχοποιίας για το παθητικό κτίριο ....	37
Εικόνα 7. Θερμομόνωση δομικών στοιχείων .....	38
Εικόνα 8. Τομή κτιρίου με θερμομόνωση .....	39
Εικόνα 9. Παράδειγμα θερμομόνωσης .....	39
Εικόνα 10. Παράθυρο με τριπλό υαλοπίνακα και μονωμένο κούφωμα.....	41
Εικόνα 11. Παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα και μονωμένο κούφωμα αλουμινίου .....	41
Εικόνα 12. Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.....	42
Εικόνα 13. Εναλλάκτης θερμότητας σε τομή .....	44
Εικόνα 14. Λειτουργία εναλλάκτη θερμότητας.....	44
Εικόνα 15. Ετήσιο ενεργειακό κόστος για διάφορους τύπους κατοικιών.....	54
Εικόνα 16. Σύμπλεγμα τριών παραδοσιακών μονοκατοικιών στην Αγριά Βόλου του νομού Μαγνησίας .....	55
Εικόνα 17. Οικογενειακό σπίτι στις Αλυκές Βόλου στο νομό Μαγνησίας.....	56
Εικόνα 18. Οικογενειακό σπίτι στις Αλυκές Βόλου στο νομό Μαγνησίας.....	57
Εικόνα 19. Παθητικό κτίριο στο Darmstadt-Kranichstein της Γερμανίας .....	60
Εικόνα 20. Παθητικό κτίριο στο Wassenberg της Γερμανίας.....	61
Εικόνα 21. Παθητικό κτίριο της οικογένειας Hanssen-Horppener.....	62
Εικόνα 22. Συγκρότημα παθητικών κτιρίων στη Δρέσδη της Γερμανίας .....	63
Εικόνα 23. Κάτοψη του συγκροτήματος των παθητικών κατοικιών .....	64
Εικόνα 24. Συγκρότημα παθητικών κτιρίων στο Kierling της Αυστρίας.....	64