



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ
ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΔΡΥΟΠΗΣ ΔΗΜΟΥ
ΤΡΟΙΖΗΝΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ (ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ)

ΕΠΙΜΕΛΩΝ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 46742

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΔΡ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΥΡΝΙΑΤΗΣ

ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΤΣΟΥΚΑΤΟΥ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΕ
ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΔΡΥΟΠΗΣ
ΔΗΜΟΥ ΤΡΟΙΖΗΝΙΑΣ - ΑΤΤΙΚΗΣ**

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από τη κάτωθι τετραμελής επιτροπή:

| A/A | Όνοματεπώνυμο | Βαθμίδα / Ιδιότητα | Ψηφιακή υπογραφή |
|------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1 | Γεώργιος Σιπόπουλος | Πανεπιστημιακός υπότροφος | |
| 2 | Δρ. Νικόλαος Κουρνιατής | Επίκουρος Καθηγητής | |
| 3 | Στέλλα Τσουκάτου | Πανεπιστημιακός υπότροφος | |
| 4 | Φωτεινή Γεωργακοπούλου | Πανεπιστημιακός υπότροφος | |

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Γεώργιος Παπασωτηρίου** του **Αθανασίου**, με αριθμό μητρώου **46742**, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.»

Ο Δηλών



Copyright © 2021 Γεώργιος Παπασωτηρίου.

Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας με θέμα “Μελέτη κατασκευής παθητικής κατοικίας σε συγκεκριμένο οικόπεδο στον οικισμό Δρυόπης Δήμου Τροιζηνίας Αττικής”, αισθάνομαι την ανάγκη να εκδηλώσω τις ευχαριστίες μου προς τα πρόσωπα που με βοήθησαν να φέρω εις πέρας την «αποστολή» μου. Αρχικά, οφείλω θερμά να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, τον Δρ. Νικόλαο Κουρνιατή, Αρχιτέκτονα Μηχανικό Ε.Μ.Π., που με την φρόνηση και την εμπειρία του, με έκανε προσωπικά πλουσιότερο σε γνώσεις και με παρότρυνε να συνεχίσω την συγκεκριμένη εργασία, καθώς και την κυρία Στέλλα Τσουκάτου, Πολιτικό Μηχανικό Τ.Ε., που με τις υποδείξεις της υπήρξε σωστή καθοδήγηση στο θέμα της διπλωματικής. Στη συνέχεια, δε θέλω να ξεχάσω τη βοήθεια των συναδέλφων μου, ειδικότερα της Αλεξάνδρας Πραντίκου, τελειόφοιτο στην ομώνυμη σχολή, που με τις συμβουλές τους διεκπεραίωσα πιο ορθά τη δομή της εργασίας μου. Επίσης, τους «εξωτερικούς» συναδέλφους καθώς και τις αρμόδιες αρχές, που με τη συμβολή τους υπήρξε ανάλυση ειδικών θεμάτων και χρήση περαιτέρω πληροφοριών. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου που έδειξε κατανόηση και υπομονή ώστε ο υιός τους να τελειώσει επιτέλους τη σχολή φοίτησής του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία προσπαθεί να εισάγει το κόσμο στην έννοια του Παθητικού Κτιρίου, τόσο στο θεωρητικό κομμάτι όσο και στο πρακτικό, με τη μελέτη κατασκευής μιας παθητικής κατοικίας. Πρώτα απ’ όλα, στην εισαγωγή, εξιστορείται η χρονική εξέλιξη του ΠΚ από την εμφάνισή του πίσω στον Μεσαίωνα μέχρι το κτίριο του σήμερα. Επισημαίνονται, σε γενικές γραμμές, ο τρόπος λειτουργίας του με ειδικότερα τις πέντε βασικές αρχές που το καθιστούν ως πρότυπο κτιρίου και τα θερμικά κέρδη που προσφέρει στους ενοίκους. Αφορά αποκλειστικά σε οφέλη που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας, με επεμβάσεις κυρίως σε θέματα ψύξης και θέρμανσης. Ύστερα, παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα Παθητικών Κτιρίων, από την Ελλάδα και το εξωτερικό, μέσα από λεπτομερείς επισημάνσεις σε διάφορους τύπους κτιρίων, με τα υλικά κατασκευής, τα μηχανικά συστήματα και τις τιμές του λογισμικού PHPP (απόδοση και απαιτήσεις ενέργειας για το ΠΚ) να είναι στο επίκεντρο. Παράλληλα, γίνεται ειδική αναφορά στο υπολογιστικό μέρος που είναι απαραίτητο για το σχεδιασμό του ΠΚ, με την συνεργασία των λογισμικών PHPP και designPH να έχουν πρωταρχικό ρόλο, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παραμέτρους, όπως είναι τα κλιματικά δεδομένα. Επιπροσθέτως, δεν είναι όλα τα Παθητικά Κτίρια πιστοποιημένα, και γι’ αυτό το λόγο υπάρχουν κάποια κριτήρια που στοχεύουν στην πιστοποίηση ενός κτιρίου ως παθητικό, χωρίς βέβαια να πρέπει να τηρηθούν όλα. Επίσης, στη συνέχεια τονίζεται ο τρόπος κατασκευής του ΠΚ με αναφορά στο ίδιο το κτίριο και τα στοιχεία που το περικλείουν, με πιο σημαντικά τα κουφώματα, πιστοποιημένα ή μη, και την μόνωση που έχει τον πρώτο λόγο στην αποφυγή των θερμογεφυρών. Τέλος, στο πρακτικό μέρος, κατασκευάζεται μία παθητική κατοικία με ιδιαίτερος αναλυτικό τρόπο σε όλους τους τομείς της, με επεξήγηση των αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια υλοποίησής της καθώς και υπολογισμό του κόστους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

The present thesis tries to introduce the world to the concept of the Passive House, both in the theoretical part and in the practical part, with the study of the construction of a Passive House. First of all, in the introduction, the time evolution of the PH from its appearance back in the Middle Ages to the building of today is narrated. It is pointed out, in general, the way it operates with, in particular the five basic principles that make it a model building and the thermal gains it offers to the tenants. It concerns exclusively the benefits that are related to the energy saving, with interventions mainly in matters of cooling and heating. Then, some examples of Passive Houses are presented, from Greece and abroad, through detailed markings on various types of buildings with the construction materials, mechanical systems and prices of PHPP software (performance and energy requirements for PH) in focus. At the same time, special reference is made to the computer part that is necessary for the design of PH, with the cooperation of PHPP and designPH software to have a primary role, taking into account various parameters, such as climate data. In addition, not all Passive Houses are certified, and for this reason there are some criteria that aim to certify a building as passive, without of course having to comply with everything. Also, the way of construction of PH is emphasized with reference to the building itself and the elements that enclose it, with the most important, the frames, certified or not, and the insulation that has the first word in the avoidance of thermal bridges. Finally, in the practical part, a Passive House is constructed in a very detailed way in all its areas, by explaining the results during its implementation as well as calculating the cost.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|-----------|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 2 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ | 5 |
| ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ - ΠΙΝΑΚΩΝ | 8 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ | 13 |
| 1.1 Ιστορική αναδρομή..... | 13 |
| 1.2 Έννοια | 19 |
| 1.3 Οι πέντε βασικές αρχές | 19 |
| 1.4 Το Παθητικό Κτίριο είναι πλήρης..... | 21 |
| 1.5 Λειτουργία | 22 |
| 1.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα..... | 25 |
| 1.7 Η ταυτότητα του ΕΙΠΑΚ | 27 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ | 29 |
| 2.1 Παθητικά Κτίρια στο εξωτερικό..... | 29 |
| 2.1.1 Μονοκατοικία στην Αυστραλία | 29 |
| 2.1.2 Κτίριο γραφείων στη Γαλλία..... | 32 |
| 2.1.3 Γηροκομείο στη Γαλλία..... | 35 |
| 2.2 Παθητικά Κτίρια στην Ελλάδα | 37 |
| 2.2.1 Μονοκατοικία στην Ιπποκράτειο Πολιτεία..... | 38 |
| 2.2.2 Ξενοδοχειακές κατοικίες στον Κάτω Αλισσό Αχαΐας | 40 |
| 2.2.3 Πολυκατοικία στον Βόλο..... | 44 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ | 48 |
| 3.1 Λογισμικό RHPP..... | 48 |
| 3.1.1 Οριακές συνθήκες για τον υπολογισμό του RHPP | 51 |
| 3.2 Λογισμικό designPH | 54 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Διαδικασία πιστοποίησης | 56 |
| 4.2 Κριτήρια | 57 |
| 4.2.1 Πρότυπο Passive House (νέο παθητικό κτίριο) | 57 |
| 4.2.2 Πρότυπο EnerPHit | 60 |
| Εξαιρέσεις από EnerPHit | 66 |
| 4.2.3 RHI Πρότυπο κτιρίου χαμηλής ενέργειας | 67 |
| 4.3 Γενικά ελάχιστα κριτήρια για όλα τα Πρότυπα | 68 |
| 4.3.1 Συχνότητα υπερθέρμανσης | 69 |
| 4.3.2 Ελάχιστη θερμική προστασία | 69 |
| Θερμική άνεση | 70 |
| Προστασία από την υγρασία | 71 |
| 4.3.3 Ικανοποίηση των ενοίκων | 71 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ | 73 |
| 5.1 Κέλυφος κτιρίου | 74 |
| 5.1.1 Σκελετός κτιρίου | 75 |
| 5.2 Κουφώματα και υαλοπίνακες | 76 |
| 5.3 Μόνωση | 79 |
| 5.4 Έλεγχος αεροστεγανότητας (Blower Door Test) | 85 |
| 5.4.1 Λειτουργία | 87 |
| 5.5 Μηχανολογικός εξοπλισμός | 90 |
| 5.5.1 Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας | 90 |
| 5.5.2 Θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης (ZNX) | 93 |
| 5.6 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης | 94 |
| 5.7 Γεωθερμική αντλία θερμότητας | 95 |
| 5.8 Προσανατολισμός και σκίαση | 96 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ | 99 |
| 6.1 Βασικές πληροφορίες οικοπέδου | 99 |
| 6.2 Κλιματικά δεδομένα | 102 |
| 6.3 Λίγα λόγια για τον οικισμό και τη γύρω περιοχή | 102 |
| 6.3.1 Γεωλογία εδάφους | 104 |

| | |
|---|------------|
| ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ – ΠΑ.Δ.Α. ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2021 | |
| 6.3.2 Σεισμικότητα | 104 |
| 6.4 Κατασκευαστικό μέρος | 104 |
| 6.4.1 Δομικά χαρακτηριστικά κτιρίου | 105 |
| 6.4.2 Ανοίγματα κτιρίου | 111 |
| 6.4.3 Μηχανικά συστήματα κτιρίου | 112 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΧΕΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ..... | 113 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ | 127 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 130 |
| ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ | 132 |
| ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ..... | 134 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 136 |

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ – ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1.1 Βο Adamson & Wolfgang Feist | 13 |
| Εικόνα 1.2 Απεικόνιση δύο κτιρίων με φυτεμένο δώμα (turf house) στην Ισλανδία | 14 |
| Εικόνα 1.3 Το «DTH zero-energy house» στη Δανία | 14 |
| Εικόνα 1.4 Το Saskatchewan Conservation House στον Καναδά | 15 |
| Εικόνα 1.5 Όψη του πρώτου Παθητικού Κτιρίου στον κόσμο (Passivhaus Darmstadt Kranichstein)..... | 17 |
| Εικόνα 1.6 Το πρώτο Πιστοποιημένο Παθητικό Κτίριο στην Ελλάδα | 18 |
| Εικόνα 1.7 Οι πέντε βασικές αρχές του Παθητικού Κτιρίου..... | 19 |
| Εικόνα 1.8 Λειτουργία αερισμού με ανάκτηση θερμότητας | 20 |
| Εικόνα 1.9 Λογότυπο Ε.Ι.ΠΑ.Κ..... | 27 |
| Εικόνα 2.1 Όψη παθητικής μονοκατοικίας στην περιοχή Γουάνερου της Αυστραλίας..... | 29 |
| Εικόνα 2.2 Όψη υπηρεσίας τοπικής αυτοδιοίκησης στην πόλη Ρουέν της Γαλλίας.... | 32 |
| Εικόνα 2.3 Όψη παθητικού γηροκομείου στην Γαλλία..... | 35 |
| Εικόνα 2.4 Όψη παθητικής μονοκατοικίας στην περιοχή της Ιπποκράτειου Πολιτείας Αττικής | 38 |
| Εικόνα 2.5 Όψη παθητικής ξενοδοχειακής μονάδας στη περιοχή του Κάτω Αλισσού Αχαΐας..... | 40 |
| Εικόνα 2.6 Όψη παθητικής πολυκατοικίας στην περιοχή του Βόλου Μαγνησίας ... | 44 |
| Εικόνα 3.1 Λογότυπο λογισμικού RHPP..... | 48 |
| Εικόνα 3.2 Παράδειγμα υπολογιστικού φύλλου επαλήθευσης RHHP..... | 50 |
| Εικόνα 3.3 Λογότυπο λογισμικού designPH | 54 |
| Εικόνα 3.4 Λειτουργία λογισμικού designPH | 55 |
| Εικόνα 4.1 Διαδικασία πιστοποίησης..... | 56 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 5.1 Τα μέρη ενός «φακέλου» κτιρίου | 75 |
| Εικόνα 5.2 Τομή τυπικού αλουμινένιου κουφώματος με τριπλό υαλοπίνακα | 78 |
| Εικόνα 5.3 Προτεινόμενη κατασκευή εξωτερικού τοίχου για Παθητικό Κτίριο (δροσερό-μέτριο κλίμα)..... | 80 |
| Εικόνα 5.4 Παράδειγμα εφαρμογής γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης | 83 |
| Εικόνα 5.5 Διάφορα θερμομονωτικά υλικά ανά κατηγορία | 84 |
| Εικόνα 5.6 Παράδειγμα εφαρμογής της δοκιμής “blower door test” | 86 |
| Εικόνα 5.7 Βασικά μέρη της δοκιμής ελέγχου αεροστεγανότητας..... | 87 |
| Εικόνα 5.8 Χαρακτηριστικό παράδειγμα κατοικίας με μηχανισμό αερισμό..... | 91 |
| Εικόνα 5.9 Λειτουργία μηχανικού αερισμού..... | 92 |
| Εικόνα 5.10 Παράδειγμα λειτουργίας ΓΑΘ | 95 |
| Εικόνα 5.11 Σωστός προσανατολισμός κτιρίου στο χώρο | 96 |
| Εικόνα 5.12 Παράδειγμα εξωτερικής σκίασης με κινητές περσίδες..... | 97 |
| Εικόνα 6.1 Η θέση του οικοπέδου μέσω Google Earth..... | 99 |
| Εικόνα 6.2 Πανοραμική άποψη του οικισμού | 103 |
| Εικόνα 7.1 Τοπογραφικό διάγραμμα..... | 113 |
| Εικόνα 7.2 Περιβάλλον χώρος..... | 114 |
| Εικόνα 7.3 Κάτοψη υπογείου | 115 |
| Εικόνα 7.4 Κάτοψη ισογείου | 116 |
| Εικόνα 7.5 Αρχιτεκτονική κάτοψη ισογείου | 117 |
| Εικόνα 7.6 Κάτοψη Α’ ορόφου..... | 118 |
| Εικόνα 7.7 Αρχιτεκτονική κάτοψη Α’ ορόφου..... | 119 |
| Εικόνα 7.8 Κάτοψη στέγης..... | 120 |
| Εικόνα 7.9 Αρχιτεκτονική κάτοψη στέγης | 121 |
| Εικόνα 7.10 Βόρεια όψη..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.11 Νότια όψη..... | 122 |
| Εικόνα 7.12 Ανατολική όψη..... | 122 |
| Εικόνα 7.13 Δυτική όψη..... | 123 |
| Εικόνα 7.14 Τομή Α-Α΄..... | 123 |
| Εικόνα 7.15 Τομή Β-Β΄..... | 124 |
| Εικόνα 7.16 Λεπτομέρεια πλάκας δαπέδου – εδάφους..... | 124 |
| Εικόνα 7.17 Λεπτομέρεια πλάκας ισογείου & ορόφου..... | 125 |
| Εικόνα 7.18 Λεπτομέρεια στέγης..... | 125 |
| Εικόνα 7.19 Λεπτομέρεια εξωτερικής τοιχοποιίας..... | 126 |
| — — — — — | |
| Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους..... | 30 |
| Πίνακας 2.2 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 31 |
| Πίνακας 2.3 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου..... | 31 |
| Πίνακας 2.4 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους..... | 33 |
| Πίνακας 2.5 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 34 |
| Πίνακας 2.6 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου..... | 34 |
| Πίνακας 2.7 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους..... | 36 |
| Πίνακας 2.8 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 36 |
| Πίνακας 2.9 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου..... | 37 |
| Πίνακας 2.10 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους..... | 39 |
| Πίνακας 2.11 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 39 |
| Πίνακας 2.12 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου..... | 40 |
| Πίνακας 2.13 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους..... | 42 |
| Πίνακας 2.14 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 43 |

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 2.15 Χαρακτηριστικές τιμές RHPP κτιρίου | 43 |
| Πίνακας 2.16 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους | 45 |
| Πίνακας 2.17 Μηχανικά συστήματα κτιρίου..... | 46 |
| Πίνακας 2.18 Χαρακτηριστικές τιμές RHPP κτιρίου | 47 |
| Πίνακας 4.1 Κριτήρια Passive House | 58 |
| Πίνακας 4.2 Κριτήρια EnerPHit για την μέθοδο αναβάθμισης με στοιχεία για Παθητικά Κτίρια | 61 |
| Πίνακας 4.3 Κριτήρια EnerPHit της μεθόδου απαίτησης θέρμανσης (εναλλακτικά στον πίνακα 4.2)..... | 64 |
| Πίνακας 4.4 Γενικά κριτήρια EnerPHit (εφαρμόσιμα πάντοτε, ανεξάρτητα από την επιλεγείσα μέθοδο)..... | 64 |
| Πίνακας 4.5 Γενικά κριτήρια EnerPHit (εφαρμόσιμα πάντοτε, ανεξάρτητα από την επιλεγείσα μέθοδο)..... | 67 |
| Πίνακας 4.6 Κριτήρια για προστασία από υγρασία | 71 |
| Πίνακας 5.1 Τιμές U-Value διαφόρων υαλοπινάκων..... | 76 |
| Πίνακας 5.2 Ενεργειακή απόδοση υαλοπινάκων | 77 |
| Πίνακας 5.3 Διάφορες ποσότητες για συγκεκριμένες τιμές θερμοπερατότητας | 81 |
| Πίνακας 5.4 Διάφορα υλικά (δομικά και μονωτικά) με βάση τις απαιτήσεις του Παθητικού Κτιρίου..... | 82 |
| Πίνακας 6.1 Στοιχεία δόμησης οικοπέδου..... | 100 |
| Πίνακας 6.2 Κλιματικά δεδομένα Δρυόπης για τη περίοδο 1971-2000..... | 102 |
| Πίνακας 6.3 Διαστάσεις και εμβαδόν κτιρίου | 105 |
| Πίνακας 6.4 Δομικά στοιχεία τοιχοποιίας | 105 |
| Πίνακας 6.5 Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946)..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 6.6 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ..... | 107 |
| Πίνακας 6.7 Δομικά στοιχεία πλάκας δαπέδου ισογείου – ορόφου..... | 108 |
| Πίνακας 6.8 Δομικά στοιχεία πλάκας δαπέδου/εδάφους..... | 109 |
| Πίνακας 6.9 Δομικά στοιχεία στέγης | 110 |
| Πίνακας 6.10 Κουφώματα κτιρίου..... | 111 |
| Πίνακας 6.11 Μηχανολογικός εξοπλισμός..... | 112 |
| Πίνακας 8.1 Κοστολόγηση δομικών υλικών | 127 |
| Πίνακας 8.2 Κοστολόγηση κουφωμάτων..... | 128 |
| Πίνακας 8.3 Κοστολόγηση μηχανικών συστημάτων | 128 |
| Πίνακας 8.4 Λοιπά κατασκευαστικά στοιχεία | 129 |
| Πίνακας 8.5 Συνολικό κόστος κατασκευής | 129 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Το πρότυπο Passive House εμφανίστηκε, επίσημα, σαν ορολογία έπειτα από μια συζήτηση που είχαν οι καθηγητές Dr. Wolfgang Feist της Γερμανίας και Dr. Bo Adamson της Σουηδίας το Μάιο του 1988. Αντιθέτως, ``τα ΠΚ υπήρχαν από πάντα σε διάφορα μέρη του πλανήτη, ανάλογα με τις συνθήκες και τα κλιματικά δεδομένα, απλώς δεν είχαν χαρακτηριστεί ως παθητικά``, όπως ειπώθηκε από τον τελευταίο. Σε πολλές κλιματικές περιοχές ανά το κόσμο, εάν τα κτίρια είναι «ορθώς» κατασκευασμένα, δεν απαιτείται ούτε θέρμανση ούτε ψύξη (π.χ. σε ορισμένα μέρη του Ιράν, στην ακτή της Πορτογαλίας, σε ορισμένα μέρη της Κίνας κ.λπ.). Τα «Παθητικά Κτίρια» ήταν πάντα χτισμένα εκεί, αν και δεν ήταν ευρέως γνωστά ως τέτοια. Ο Bo Adamson (1990) ήταν ο πρώτος που ταξινόμησε αυτά τα κτίρια ως παθητικά.



Εικόνα 1.1 Bo Adamson & Wolfgang Feist ^[1]

Το Μεσαίωνα, στην Ισλανδία οι άνθρωποι άρχισαν να χτίζουν τα turf houses (κοινώς γνωστά ως κτίρια με φυτεμένο δώμα), μετά τη σπανιότητα του ξύλου που οφειλόταν σε εκτεταμένη αποψίλωση των δασών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι Ισλανδοί να στραφούν στα καλά μονωμένα κτίρια τα οποία παραμένουν ζεστά από μόνα τους.

Παρόλο που υπήρχε ανεπάρκεια στον αριθμό παραθύρων και τον αερισμό, τα κτίρια αυτά ήταν παθητικά.



Εικόνα 1.2 Απεικόνιση δύο κτιρίων με φυτεμένο δώμα (turf house) στην Ισλανδία [2]

Τη περίοδο του 1973 στη Κοπεγχάγη της Δανίας, ο καθηγητής Vagn Korsgaard σχεδίασε και κατασκεύασε το «DTH zero-energy house», ένα επίσης Παθητικό Κτίριο. Στο Πολυτεχνείο της Δανίας, πραγματοποιήθηκαν συστηματικές προσομοιώσεις, ο σχεδιασμός βελτιώθηκε και ανεγέρθηκε το πρώτο κτίριο μηδενικής ενέργειας όπου χρησιμοποιήθηκε αργότερα ως ξενώνας για το πανεπιστήμιο. Ωστόσο, η ενεργή ηλιακή τεχνολογία δεν ανανεώθηκε αφού έγινε ελαττωματική, με αποτέλεσμα, το «low-energy house», το οποίο άνθισε στη Σουηδία, να προτιμηθεί από το «zero-energy house».



Εικόνα 1.3 Το «DTH zero-energy house» στη Δανία [3]

Παράλληλα με τις σκανδιναβικές και αμερικανικές εξελίξεις, η συστηματική μελέτη των ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων πραγματοποιήθηκε στη Γερμανία από ομάδα επιστημόνων, με χρηματοδότηση από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Έρευνας. Το 1974/75 στο Άαχεν, χτίστηκε ένα υπερ-μονωμένο πειραματικό κτίριο, εξοπλισμένο με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους, ελεγχόμενο εξαερισμό, τεχνολογία ηλιακής θερμότητας και αντλίας «κατοικημένο» από υπολογιστή, ενώ χρησίμευσε ως εργαστήριο δοκιμών και βαθμονόμησης για μοντέλα υπολογιστών που χρησιμοποιούνταν για να διερευνήσουν τις δυνατότητες της ενεργειακής απόδοσης και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτές οι μελέτες έδειξαν τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας για την Ευρώπη και την Αμερική χρησιμοποιώντας μόνο παθητικά μέτρα, αποδεικνύοντας έτσι ότι αυτά τα μέτρα είναι ένα σημαντικό βήμα στο δρόμο για τα ενεργειακά αποδοτικά κτίρια.

Από την άλλη, μια ολόκληρη σειρά από εξελίξεις στη Βόρεια Αμερική («σούπερ-μονωμένα κτίρια») στη δεκαετία του 70 και του 80 να είναι πολύ κοντά στο Παθητικό Κτίριο. Ένα από τα πρώτα παραδείγματα είναι το "Saskatchewan Conservation House" με κύρια χαρακτηριστικά το μεγάλο πάχος μόνωσης και την ηλιακή ενέργεια ως κύρια πηγή θέρμανσης, ένα ακόμη κατελιμμένο κτίριο που δείχνει τα οφέλη της υπερμόνωσης. Αυτό το έργο αποτέλεσε μια σημαντική βάση για τα παθητικά και χαμηλής ενέργειας κτίρια στην Ευρώπη.



Εικόνα 1.4 Το Saskatchewan Conservation House στον Καναδά [4]

Μια άλλη προσπάθεια αφορά στο «zero-energy house» του Erhard Wiers-Keizer και μιας οργάνωσης στη περιοχή Dörpe της Γερμανίας (1989). Σύμφωνα με αυτή, το συγκεκριμένο κτίριο υπολογίστηκε ότι είχε μικρότερες τιμές ζήτησης από ένα Παθητικό Κτίριο, αλλά δυστυχώς οι τιμές κατανάλωσης κατά τη λειτουργία του ήταν υψηλότερες. Τα προβλήματα οφείλονταν στη μειωμένη αεροστεγανότητα, στα μονωτικά ρολά στο εσωτερικό και στη τεχνολογία ηλιακής αποθήκευσης. Η ετήσια ηλιακή αποθήκευση επιφάνειας 10 m^3 αφαιρέθηκε αργότερα για να δημιουργηθεί χώρος για μια νέα πτέρυγα, αλλά το κτίριο εξακολουθούσε να χρησιμοποιείται ως «σχεδόν παθητικό κτίριο» όπως πριν.

Τα παραπάνω κτίρια παρουσίασαν σημαντικά προβλήματα όπως:

- Η έλλειψη ευαισθητοποίησης σχετικά με τη σημασία της μόνιμης αεροστεγανότητας (κυρίως στη Σουηδία).
- Η έλλειψη καλών λύσεων για παράθυρα υψηλής απόδοσης. Εξαιτίας αυτού του προβλήματος, τα παράθυρα ήταν συχνά μικρά ή έπρεπε να καλυφθούν περίτεχνα με προσωρινή μόνωση. Για τους λόγους αυτούς η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν έγινε ευρέως αποδεκτή.
- Η έλλειψη αξιοπιστίας ως προς την ενεργειακή απόδοση της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται. Σε πολλά έργα το αποτέλεσμα ήταν μια περίπλοκη τεχνολογία που είτε δεν λειτούργησε καθόλου, είτε δεν λειτούργησε για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στη συνέχεια, μια ομάδα επιστημόνων συμμετείχε στο "Passive House Preparatory Research Project" - μια διεθνή συνεργασία στην οποία συμμετείχαν οι Bo Adamson και Gerd Hauser. Με χρηματοδότηση από τη Πολιτεία της Έσσης, πραγματοποιήθηκε μια συστηματική έρευνα σχετικά με τις απαιτήσεις για ενεργειακά αποδοτικά κτίρια και αναπτύχθηκαν και κατασκευάστηκαν πρωτότυπα νέων κατασκευαστικών στοιχείων: συμπεριλαμβανομένων μονωμένων πλαισίων παραθύρων, μειωμένων θερμικών γεφυρών και αερισμού με ρύθμιση CO_2 . Το 1990/91 κατασκευάστηκε το πρώτο Παθητικό Κτίριο παγκοσμίως, το Passivhaus Darmstadt Kranichstein από τον Dr. Wolfgang Feist με βάση τα σχέδια των αρχιτεκτόνων Bott, Ridder και Westermeyer, ο οποίος αργότερα το 1996 ίδρυσε το Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (PHI) στο Ντάρμστατ της Γερμανίας. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι το κτίριο αυτό έχει καταληφθεί από το 1991 από τον ίδιο και την οικογένειά του μέχρι σήμερα ενώ

οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις δείχνουν τη σωστή λειτουργία του, σχετικά με τις μικρές αλλαγές σε υλικά.



Εικόνα 1.5 Όψη του πρώτου Παθητικού Κτιρίου στον κόσμο (Passivhaus Darmstadt Kranichstein) ^[5]

Με τη κανονική χρήση του κτιρίου, το έργο αυτό επιβεβαίωσε την άψογη λειτουργία όλων των βασικών εξαρτημάτων - χωρίς διακοπή μέχρι σήμερα. Είναι το καταλληλότερο παράδειγμα που αποδεικνύει ότι στο σχεδιασμό και την υλοποίηση παθητικών κτιρίων δεν υπάρχει “Performance gap”, ένας όρος που δηλώνει ότι η διαφορά απόδοσης ενός ΠΚ από τα σχέδια και τη μελέτη του μηχανικού έως την υλοποίησή τους είναι πολύ μικρή. Η μετρούμενη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση παρέμεινε λιγότερο από 10 kWh/(m²a) από το 1991 ενώ η εξοικονόμηση σε σύγκριση με τα παραδοσιακά κτίρια είναι υψηλότερη από 90%.

Τέλος, το 1988 δρομολογήθηκε το CEPHEUS Project (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) που έθεσε ως στόχο τη κατασκευή 250 παθητικών κατοικιών το διάστημα 1998-2001 σε Γαλλία, Ελβετία, Γερμανία, Αυστρία και Σουηδία. Το CEPHEUS Project ήταν ένα φιλόδοξο σχέδιο που στόχευε στο να αποδείξει πως είναι εφικτή η κατασκευή κτιρίων που θα επιτύγχαναν τις ενεργειακές απαιτήσεις του ΠΚ με προσεγγίσιμο επιπρόσθετο κόστος κατασκευής. Ένας από τους κύριους στόχους που έθεσε το συγκεκριμένο έργο ήταν να αποδείξει ότι τα Παθητικά Κτίρια χαρακτηρίζονται από μικρή διαφορά στο συνολικό κόστος του κύκλου ζωής τους σε

σχέση με τα συμβατικά κτίρια. Οι στόχοι επετεύχθηκαν και μέχρι το τέλος του 2001, 221 διαμερίσματα σε 14 κατασκευασμένα κτίρια παραδόθηκαν στους χρήστες τους, πιστοποιημένα ως παθητικά. ^[1]

Όσον αφορά την Ελλάδα σε σχέση με το εξωτερικό, η θεωρία του ΠΚ πρωτοεμφανίστηκε το 2010 και συγκεκριμένα στη περιοχή της Πεντέλης με τη κατασκευή του πρώτου πιστοποιημένου Παθητικού Κτιρίου (κατοικήσιμο) στην Ελλάδα από τη κατασκευαστική εταιρεία Project15 και με μελέτη από το κύριο Στέφανο Παλλαντζά, Πρόεδρο Δ.Σ. Ε.Ι.ΠΑ.Κ. - Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π.. Από την άλλη, όσον αφορά τις ανακαινίσεις, το πρώτο ΠΚ που προέκυψε από ανακαίνιση ολοκληρώθηκε το 2016 από τον ίδιο και την ομάδα Passivistas.



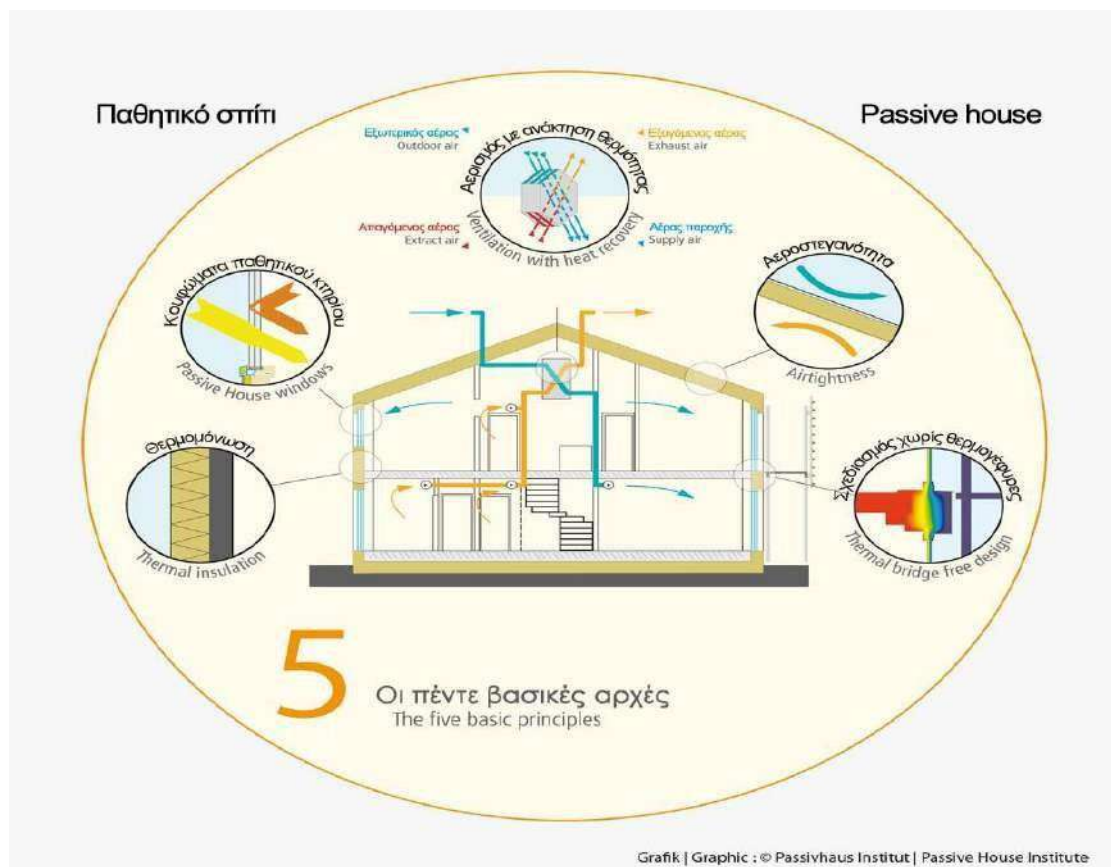
Εικόνα 1.6 Το πρώτο Πιστοποιημένο Παθητικό Κτίριο στην Ελλάδα ^[6]

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθεί το Παθητικό Κτίριο μέσα από διάφορες ενημερώσεις και σεμινάρια που γίνονται με θέμα αυτό. Επιπλέον υπάρχει και το πρόγραμμα «Εξοικονομώ κατ' οίκον» του ΥΠΕΝ το οποίο παροτρύνει τους ενδιαφερόμενους με τις απαιτούμενες επιδοτήσεις να μετατρέψουν τη κατοικία τους σε παθητική κι όχι μόνο, καθώς και να κατασκευάσουν ένα Παθητικό Κτίριο.

1.2 Έννοια

Το Παθητικό Κτίριο (Passive House στα αγγλικά και Passivhaus στα γερμανικά) είναι ένα κτίριο στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730) εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για τη σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας του αέρα. Είναι ένα πρότυπο κτιρίου το οποίο προσφέρει ταυτόχρονα υψηλή ενεργειακή απόδοση, άνεση, οικονομία και είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Το ΠΚ δεν είναι ένα εμπορικό σήμα, αλλά μια ιδέα κατασκευής που μπορεί να εφαρμοστεί από τον καθένα και που έχει αποδειχθεί στη πράξη. Παθητικά μπορούν να γίνουν όλα τα κτίρια (γραφεία, κατοικίες, σχολεία, νοσοκομεία, γυμναστήρια κ.ά.) υφιστάμενα και καινούρια, χωρίς να υπάρχει περιορισμός στην αρχιτεκτονική του κτιρίου. Ως εκ τούτου, το Παθητικό Κτίριο είναι κάτι περισσότερο από "απλώς" ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο. [7]

1.3 Οι πέντε βασικές αρχές

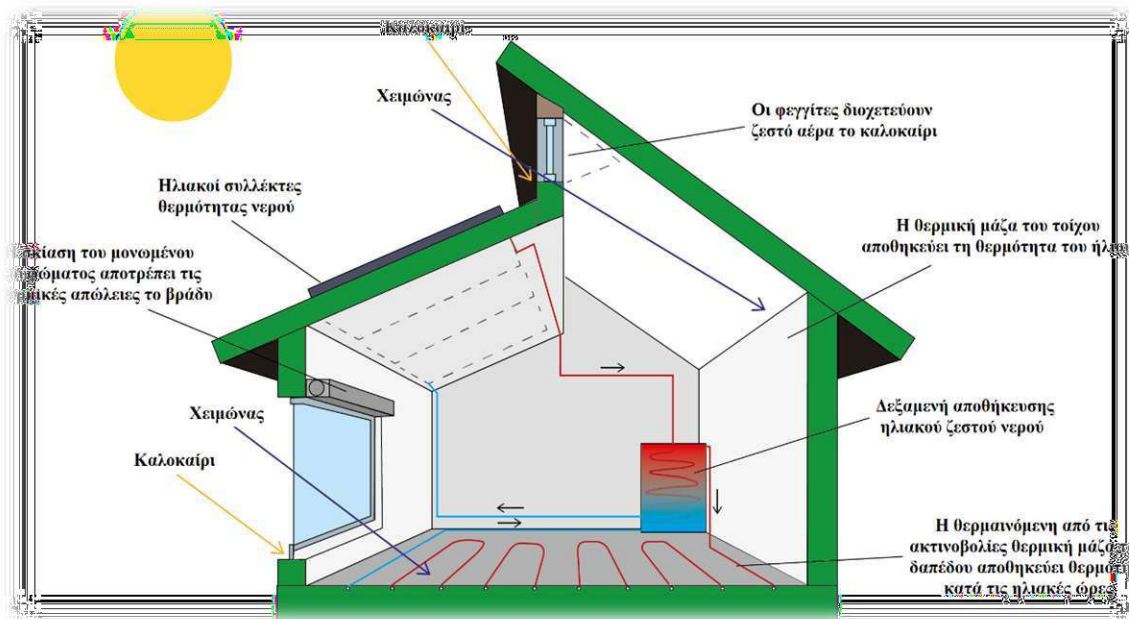


Εικόνα 1.7 Οι πέντε βασικές αρχές του Παθητικού Κτιρίου [8]

1. Μόνωση: Ύστερα από μελέτη κλιματολογικών συνθηκών περιοχής, προσανατολισμό κτιρίου κ.ά. καταλήγουμε στη σωστή επιλογή πάχους και υλικού θερμομόνωσης. Ένα σωστά μονωμένο κτιριακό κέλυφος, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, διατηρεί τη ζέστη μέσα στο κτίριο, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζει να εισέλθει μέσα σε αυτό.

2. Κουφώματα: Σε συνδυασμό με τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού όπως προσανατολισμός και σκιάσεις και με την σωστή τοποθέτηση επιτυγχάνουμε την σωστή μεταφορά θερμότητας κατά τους χειμερινούς μήνες στον εσωτερικό χώρο ώστε να κρατιέται παθητικά ζεστό το κτίριο. Ύστερα από ανάλογη μελέτη από πιστοποιημένο μελετητή παθητικών γίνεται η επιλογή των κατάλληλων συντελεστών για το κούφωμα, τα τζάμια, τον αποστάτη τζαμιών καθώς και τον τρόπο τοποθέτησης κ.ά.. Τα σωστά σχεδιασμένα, μονωμένα και τοποθετημένα κουφώματα συμμετέχουν στη βέλτιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών.

3. Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας: Τα συστήματα αερισμού των Παθητικών Κτιρίων παρέχουν καθαρό αέρα, απαλλαγμένο από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας και με έλεγχο της υγρασίας.



Εικόνα 1.8 Λειτουργία αερισμού με ανάκτηση θερμότητας [9]

4. Αεροστεγανότητα: Τα Παθητικά Κτίρια είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι διαρροές αέρα στο κτιριακό κέλυφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση και να εμποδίζεται η εμφάνιση ρευμάτων αέρα και φθορών από την υγρασία.

5. Θερμογέφυρες: Η ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών και ασθενών σημείων στο κτιριακό κέλυφος, συνεισφέρει στη δημιουργία ευχάριστης και σταθερής θερμοκρασίας, ενώ εξαλείφει τις φθορές από την υγρασία και αυξάνει την ενεργειακή απόδοση.

Σκίαση, νυχτερινός φυσικός αερισμός, ελαφρά γεωθερμία αέρα και σωστός σχεδιασμός της θερμικής μάζας συντελούν στην καλύτερη απόδοση των Παθητικών Κτιρίων στα μεσογειακά κλίματα.^[7]

1.4 Το Παθητικό Κτίριο είναι πλήρης^[7]

Αποδοτικότητα: Ανεξάρτητα από το κλίμα ή τη περιοχή, τα Παθητικά Κτίρια διατηρούν όλο το χρόνο μια άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια θερμαίνονται παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τα πιο κρύα βράδια του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, το ΠΚ χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό. Σε κάθε περίπτωση, τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο, σε σταθερά και ευχάριστα για τους ενοίκους / χρήστες επίπεδα.

Βιωσιμότητα: Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στη κεντρική Ευρώπη, ένα ΠΚ χρησιμοποιεί έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη σε σχέση με ένα συμβατικό, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερο από 1.5 λίτρο πετρελαίου ή 1.5 κυβικό μέτρο φυσικού αερίου το χρόνο, για τη θέρμανση ενός τετραγωνικού μέτρου κατοικήσιμου χώρου. Εξαιρετικά μεγάλη οικονομία, όμως, επιτυγχάνεται και στις θερμότερες περιοχές, όπου τα κτίρια χρειάζονται ψύξη. Ο

περιορισμός της χρήσης ενέργειας οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και έτσι το Παθητικό Κτίριο είναι μια πραγματικά αειφόρος επιλογή σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές.

Οικονομία: Όπως έχει αποδειχθεί από τον τρόπο λειτουργίας των κτιρίων (δηλαδή τον μόνο τρόπο καθορισμού του πραγματικού κόστους ενός κτιρίου), η λειτουργία των Παθητικών Κτιρίων έχει μειωμένες απαιτήσεις εξόδων, ενώ παράλληλα το κόστος κατασκευής τους είναι εκπληκτικά προσιτό. Η επένδυση σε υψηλής ποιότητας υλικά κατασκευής, βάσει των προδιαγραφών του Προτύπου Passive House, εξισορροπείται από την απουσία αναγκαιότητας αγοράς συμβατικών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης. Επιπρόσθετα, η επένδυση αυτή στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολλαπλά φθηνότερη και μακροπρόθεσμα αποδοτικότερη από την μονομερή επένδυση σε ΑΠΕ ή την εύκολη λύση της «αλλαγής καυσίμου».

Άνεση: Τα Παθητικά Κτίρια επιτυγχάνουν θερμική άνεση χώρου με πολύ χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Τα μηχανικά συστήματα αερισμού με ανάκτηση ενέργειας, παρέχουν συνέχεια τον απαιτούμενο καθαρό αέρα προσφέροντας άριστης ποιότητας ατμόσφαιρα, χωρίς να γίνονται αντιληπτά λόγω μειωμένης στάθμης θορύβου λειτουργίας. Ο συνδυασμός σταθερών θερμοκρασιών και σωστής εναλλαγής αέρα εμποδίζουν τις φθορές από υγρασία και την ανάπτυξη μούχλας.

1.5 Λειτουργία ^[7]

Ένας εύκολος τρόπος για να καταλάβουμε πως δουλεύει το Παθητικό Κτίριο είναι να σκεφτούμε τη διαφορά μεταξύ του θερμού και μιας καφετιέρας. Το θερμός βασιζόμενο στην μόνωση που περιέχει στα εξωτερικά του τοιχώματα και χωρίς καμία κατανάλωση ενέργειας διατηρεί παθητικά το περιεχόμενό του στη σωστή θερμοκρασία και δεν επιτρέπει εύκολα την αλλαγή θερμοκρασίας στο εσωτερικό της (κάπως έτσι δουλεύει το Παθητικό Κτίριο).

Σε αντίθεση η καφετιέρα (βλ. συμβατικά κτίρια που κατασκευάζονται μέχρι και σήμερα) χωρίς καμία μόνωση θερμαίνει το περιεχόμενό της και μόλις κρυώσει καταναλώνει επανειλημμένα ενέργεια για να διατηρεί τη θερμοκρασία στο εσωτερικό της.

Το Παθητικό Κτίριο λειτουργεί με την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας και τη μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών. Για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας χρειάζεται πρώτα απ' όλα καλή μόνωση (περίπου 15 cm +, ανάλογα με τη θέση σε κάθε μέρος της Ελλάδας). Μόνωση με θερμική αγωγιμότητα ≤ 0.1 W/(mK), με στόχο η τιμή U του κελύφους να κυμαίνεται μεταξύ 0.10 και 0.25 W/(m²K).

Όλα τα παράθυρα, επίσης, πρέπει να είναι πολύ καλά μονωμένα. Καλό θα είναι να μην είναι υπερμεγέθη (αύξηση του κόστους), να έχουν "ενεργειακούς υαλοπίνακες με τιμή $U_g < 0.80$ W/(m²K) και συνολική τιμή $U_w < 1.00$ W/(m²K). Όλα τα προφίλ των κουφωμάτων, εφόσον τηρούν τις προδιαγραφές αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Στη συνέχεια θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα αεροστεγές εσωτερικό φράγμα του στρώματος μόνωσης. Η αεροστεγανότητα του κτιρίου δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 0.6 αλλαγές αέρα/ώρα. Αυτό μπορεί να γίνει από οποιοδήποτε υλικό που είναι και παραμένει αεροστεγές. Χαρτί, φύλλο πολυαιθυλενίου, μοριοσανίδες ξύλου, σοβάς κλπ.. Απλά κατά την εφαρμογή δεν θα πρέπει να ξεχαστούν οι συνδέσεις. Θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα αεροστεγείς

Είναι προφανές ότι το σπίτι θα πρέπει να αερίζεται. Αλλά δεν θα πρέπει να χάνεται η εσωτερική ζεστασιά με αυτόν τον τρόπο το χειμώνα. Ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας είναι η λύση. Λειτουργεί καλά μόνο σε αεροστεγή σπίτια και προσφέρει ανάκτηση ενέργειας μέχρι και 90%. Το καλοκαίρι ο φυσικός νυχτερινός αερισμός και η χρήση ελαφράς γεωθερμίας δίνουν τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης.

Με την ελαχιστοποίηση των απωλειών μεγιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη. Τα θερμικά κέρδη προέρχονται από τον ήλιο, που πρέπει να μπαίνει πλούσιος το χειμώνα στο σπίτι, αλλά και να αποφεύγεται με σωστή σκίαση το καλοκαίρι, και από τις δραστηριότητες των χρηστών και τις συσκευές μέσα στο σπίτι. Το κτίριο χρειάζεται καλό προσανατολισμό προς το νότο και καλό βιοκλιματικό σχεδιασμό. Επικουρική θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης προέρχονται και αυτά από τον ήλιο ή από άλλα παθητικά ή και ενεργειακά συστήματα υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης.

Τελικό αποτέλεσμα, το κτίριο χρειάζεται μόλις 15 Kwh/m² το χρόνο για ψύξη ή θέρμανση και ΖΝΧ. Επιπλέον η πρωτεύουσα ενέργεια δεν ξεπερνά τις 120 Kwh/m² το χρόνο.

Περιγραφικά αυτό που συμβαίνει είναι το εξής:

- Ένα μηχανικό σύστημα εξαερισμού με έναν εναλλάκτη θερμότητας αέρα – αέρα, είναι εγκατεστημένο ώστε να μπορεί ταυτόχρονα να φέρνει καθαρό αέρα και να αφαιρεί αντίστοιχη ποσότητα «μπαγιάτικου» αέρα.
- Το χειμώνα ο ψυχρός εξωτερικός καθαρός αέρας εισέρχεται στον εναλλάκτη, λαμβάνει τη θερμότητα του αποβαλλόμενου χρησιμοποιημένου αέρα και εισέρχεται στο σπίτι.
- Το καλοκαίρι ο εξαγόμενος χρησιμοποιημένος αέρας ψύχει τον θερμότερο εισερχόμενο καθαρό αέρα.
- Το χειμώνα ο ζεστός χρησιμοποιημένος αέρας που φεύγει από το σπίτι, “φέρει” τη “δωρεάν” θερμότητα, η οποία μέσω του εναλλάκτη θερμαίνει τον καθαρό αέρα που μπαίνει στο σπίτι. Αντίστοιχα το καλοκαίρι ο ψυχρός από το εσωτερικό αποβαλλόμενος αέρας θα ψύξει στον εναλλάκτη τον θερμό καθαρό αέρα.
- Σε περίπτωση που το παραπάνω σύστημα συνδυαστεί με γεωθερμία (ο καθαρός αέρας να διαχέεται πρώτα από τη γη και έπειτα να πηγαίνει στον εναλλάκτη) τα κέρδη τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι πολλαπλασιάζονται.
- Η εγκατάσταση ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης μπορεί να αποφευχθεί.

1.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα ^{[10],[11]}

- Σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου (θερμική άνεση)
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Μειώνει το κόστος θέρμανσης κατά περισσότερο από 90%
- Υψηλό επίπεδο ηχομόνωσης.
- Μείωση των εκπομπών CO₂
- Υψηλή ποιότητα αέρα
- Εξοικονόμηση κόστους χρησιμοποιώντας την ενεργειακή απόδοση
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κτιρίου
- Φίλικό προς το περιβάλλον
- Αξία μεταπώλησης
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης
- Χρήση μη ακριβών και μεγάλων μηχανολογικών εγκαταστάσεων
- Ύπαρξη φυσικών μονωτών ανακύκλωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν
- Ρύθμιση υγρασίας αέρα στο επιθυμητό επίπεδο
- Εξαιρετική ποιότητα διαβίωσης (απουσία υγρασίας, μούχλας, σκόνης και ρευμάτων αέρα)
- Συνεισφορά στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής
- Η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη παντού (και δωρεάν), ακόμη και στα πιο απομακρυσμένα μέρη
- Το καλοκαίρι, τα θερμικά ηλιακά πάνελ καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες
- Το πλεόνασμα της ενέργειας που δημιουργείται μπορεί να επαναπωληθεί στο δίκτυο, σε υψηλότερη τιμή από άλλες εναλλακτικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας
- Είναι οικονομικά προσιτό τόσο στη φάση της κατασκευής όσο και της κατοίκησης. Η κατασκευή έχει ένα περιορισμένο επιπλέον κόστος της τάξης του 2 - 10% καθώς η χρήση ακριβών υλικών υψηλής απόδοσης

αντισταθμίζεται από το μικρότερο μέγεθος των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης

Μειονεκτήματα ^{[11],[12]}

- Ακριβή αρχική επένδυση. Κοστίζει λίγο περισσότερο από ένα παραδοσιακό σπίτι (επιστρέφεται εντός των 5 με 7 επόμενων ετών), ανάλογα με τα μονωτικά υλικά, τις συσκευές (που ανήκουν στο ΠΚ) και τη πρόσθετη ενέργεια
- Μεγαλύτερη προσοχή του κατασκευαστή στο σχεδιασμό, τη κατασκευή και τη λειτουργία
- Απαιτείται μεγαλύτερο πάχος τοιχωμάτων
- Ελλιπής παρουσία σχεδιαστών και εργολάβων στον τομέα των Παθητικών Κτιρίων (ειδικά στον Ελλαδικό χώρο)
- Κίνδυνος υπερθέρμανσης
- Ο αέρας είναι πολύ ξηρός εάν η υγρασία είναι κάτω από 30%
- Απαιτείται θερμικός εναλλάκτης ο οποίος χρειάζεται τακτική συντήρηση
- Η παραγωγή ορισμένων υλικών για τη σύλληψη, την ενίσχυση και την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας μερικές φορές δημιουργεί ρύπανση, ανάλογα με το είδος του χρησιμοποιημένου υλικού (ηλιακά και θερμικά πάνελ)
- Η υψηλή φωτεινότητα δεν είναι πάντα διαθέσιμη καθώς ο καιρός είναι απρόβλεπτος
- Είναι δύσκολο να αποθηκευτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας
- Για τα φωτοβολταϊκά πάνελ πρέπει να προστεθεί το κόστος ενός μετατροπέα και ενός μετρητή

1.7 Η ταυτότητα του Ε.Ι.ΠΑ.Κ. ^[7]

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (Ε.Ι.ΠΑ.Κ.) έχει ως σκοπό τη προώθηση στην Ελλάδα και στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, του πρότυπου Παθητικού Κτιρίου, ένα πρότυπο που μπορεί αποδεδειγμένα να συμβάλλει ουσιαστικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη περιβαλλοντική αναβάθμιση των κτιρίων στη περιοχή.



Εικόνα 1.9 Λογότυπο Ε.Ι.ΠΑ.Κ. ^[7]

Βασικός στόχος του Ε.Ι.ΠΑ.Κ. είναι να υποστηρίξει όλους τους εμπλεκόμενους στο τομέα της κατασκευής κτιρίων (αρχιτέκτονες μηχανικούς, πολιτικούς μηχανικούς και μηχανολόγους μηχανικούς, κατασκευαστές, εταιρείες παραγωγής και εμπορίες παθητικών συστημάτων), αλλά και το ευρύ κοινό, με πλούσια και αμερόληπτη πληροφόρηση για όλες τις πτυχές του σχεδιασμού και υλοποίησης Παθητικών Κτιρίων.

Αρχικές προτεραιότητες του Ε.Ι.ΠΑ.Κ. είναι:

- Διοργάνωση ενημερωτικών ημερίδων σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας, με αποκορύφωμα τα ετήσια συνέδρια για τα ΠΚ που γίνονται κάθε χρόνο.
- Ανάπτυξη σεμιναρίων για μηχανικούς που ενδιαφέρονται να έρθουν σε επαφή με το πρότυπο Passive House και να μάθουν τις βασικές αρχές σχεδιασμού και υλοποίησής τους.
- Συμβολή στην ενημέρωση και μεταφορά τεχνογνωσίας για τη παραγωγή παθητικών συστημάτων στην Ελλάδα.

- Υποστήριξη κάθε προσπάθειας υλοποίησης νέου ή υφιστάμενου κτιρίου, σύμφωνα με το πρότυπο Passive House στον Ελλαδικό χώρο και υποστήριξη της πιστοποίησής του.
- Συμμετοχή στη δημόσια συζήτηση, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, και η έμπρακτη συμβολή, μέσα από ποικίλες δράσεις, στην ανάπτυξη των νέων ευρωπαϊκών προτύπων κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, όπως επιτάσσει η ευρωπαϊκή οδηγία 31/2010.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 Παθητικά Κτίρια στο εξωτερικό

Η κατασκευή Παθητικών Κτιρίων, ειδικά τη τελευταία δεκαετία, έχει μεγάλη απήχηση σε χώρες του εξωτερικού όπως η Αυστραλία, αλλά πολύ περισσότερο στις ευρωπαϊκές χώρες με κυριότερες τη Γερμανία και την Αυστρία. Ο αριθμός των πιστοποιημένων κτιρίων έχει αυξηθεί, με τα αποτελέσματα στην απόδοση ενέργειας να είναι φανερά από τις πρώτες κιάλας ημέρες. Ο αριθμός των ΠΚ παγκοσμίως (προ 2016) ανέρχεται σε περισσότερα από 60.000 κτίρια από τα οποία όμως λίγα είναι αυτά με πιστοποίηση από το Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (PHI). Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων ΠΚ (αρχές Δεκεμβρίου 2021) στην οποία υφίστανται 5233 κτίρια, μόνο τα 1897 από αυτά είναι πιστοποιημένα. Παρακάτω ακολουθούν μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα Παθητικών Κτιρίων: ^[13]

2.1.1 Μονοκατοικία στην Αυστραλία



Εικόνα 2.1 Όψη παθητικής μονοκατοικίας στην περιοχή Γουάνερου της Αυστραλίας ^[14]

Περιγραφή: Βρίσκεται στο πολυσύχναστο βόρειο προάστιο του Γουάνερου στο Περθ της δυτικής Αυστραλίας με το ζεστό κλίμα να επικρατεί σε όλη τη περιοχή. ^[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2019

Επιφάνεια: 158 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 1

Κόστος κατασκευής: 1680 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το PHPP (κόστος ομάδας 200 – 700 €)

Αρχιτεκτονική: Kellett Design Group

Οικοδομικές υπηρεσίες: Stiebel Eltron

Ενεργειακή μελέτη: Kellett Design Group

Πιστοποίηση: Clare Parry (Hip V Hype)

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) |
|---|---|
| Εξωτερική τοιχοποιία Προκατασκευασμένο ξύλινο πάνελ τοίχου | 0.213 |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου Πλάκα σκυροδέματος στο έδαφος | 6.774 |
| Στέγη Ξύλινη δοκός με μόνωση από υαλοβάμβακα και εσωτερική επένδυση από γυψοσανίδες | 0.15 |
| Πλαίσιο | 1.44 |
| Υαλοπίνακες Διπλός υαλοπίνακας με | 1.1 |

| | |
|----------------------|-----|
| χαμηλή εκπομπή | |
| Πόρτα εισόδου | 1.2 |
| Ακαμπτο PVC πλαίσιο | |

Πίνακας 2.2 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| |
|--|
| Εξαερισμός |
| Εγκατεστημένος μέσα στο κτιριακό κέλυφος |
| Εγκατάσταση θέρμανσης |
| Σύστημα αντίστροφης διάσπασης κύκλου |
| ZNX |
| Αντλία θερμότητας |
| Περισυλλογή βρόχινου νερού |

Πίνακας 2.3 Χαρακτηριστικές τιμές PHPP κτιρίου ^[13]

| | |
|---|--------------------------------|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.56/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 14 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 12 W/m ² |
| Ζήτηση ψύξης και αφρύγανσης | 0 kWh/(m²a) |
| Φορτίο ψύξης | 15 W/m ² |
| Ζήτηση PE (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) | 67 kWh/(m ² a) |
| Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | |
| Ζήτηση PE (ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) | 30 kWh/(m ² a) |
| Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας | 56 kWh/(m ² a) Με βάση την προβαλλόμενη περιοχή |
|---------------------------------------|--|

2.1.2 Κτίριο γραφείων στη Γαλλία



Εικόνα 2.2 Όψη υπηρεσίας τοπικής αυτοδιοίκησης στην πόλη Ρουέν της Γαλλίας ^[15]

Περιγραφή: Τα κεντρικά γραφεία αυτοδιοίκησης της Ρουέν (Métropole Rouen Normandie), είναι το μεγαλύτερο δημόσιο κτίριο που έχει πιστοποιηθεί ποτέ στο Passive Standard στη Γαλλία. Το συγκεκριμένο έργο είναι αρκετά περίεργο, καθώς έχει αρχιτεκτονική διπλής σκάλας εμπνευσμένη από διάσημο πίνακα του Γάλλου Claude Monet. ^[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2018

Επιφάνεια: 6365 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 1

Αρχιτεκτονική: Jacques Ferrier

Οικοδομικές υπηρεσίες: Sogea Nord-Ouest

Πιστοποίηση: Propassif

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.4 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) | Διάμετρος (cm) |
|------------------------------|---|----------------|
| Εξωτερική τοιχοποιία | 0.163 | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 1.75$ (W/mK) | 20 |
| Συνθετικό μαλλί | $\lambda = 0.035$ (W/mK) | 30 |
| | | |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου | 0.106 | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.50$ (W/mK) | 20 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.022$ (W/mK) | 20 |
| Ταχύπηκτη κονία (Screed) | $\lambda = 1.40$ (W/mK) | 8 |
| | | |
| Στέγη | 0.094 | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 20 |
| Πολυουρεθάνη | $\lambda = 0.023$ (W/mK) | 24 |
| | | |
| Πλαίσιο | 0.80 | |
| | | |
| Υαλοπίνακες | 0.65 | |
| | | |
| Πόρτα εισόδου | 2.2 | |

Πίνακας 2.5 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| |
|---|
| Εξαερισμός |
| Εξοπλισμένο με πέντε μονάδες εξαερισμού |
| Εγκατάσταση θέρμανσης |
| Γεωθερμική αντλία θερμότητας |
| ZNX |
| Γεωθερμική αντλία θερμότητας |
| Ηλιακή κάλυψη λόγω αρχιτεκτονικής του κτιρίου |

Πίνακας 2.6 Χαρακτηριστικές τιμές PHPP κτιρίου ^[13]

| | |
|---|---|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.64/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 11 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 14 W/m ² |
| Ζήτηση ψύξης και αφρύγανσης | 3 kWh/(m²a) |
| Φορτίο ψύξης | 11 W/m ² |
| Ζήτηση PE (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 114 kWh/(m ² a) |
| Ζήτηση PE (ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 59 kWh/(m ² a) |
| Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας | 239 kWh/(m ² a) Με βάση τη προβαλλόμενη περιοχή |

2.1.3 Γηροκομείο στη Γαλλία



Εικόνα 2.3 Όψη παθητικού γηροκομείου στην Γαλλία ^[13]

Περιγραφή: Το γηροκομείο Résidence de Beaupré στη περιοχή La Gorgue της Γαλλίας διαθέτει 82 κρεβάτια για τη στέγαση των ηλικιωμένων καθώς και κουζίνα για τη σίτισή τους. ^[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2017

Επιφάνεια: 4438 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 82

Αρχιτεκτονική: Painsavoine Parmentier

Οικοδομικές υπηρεσίες: Projex Ingénierie

Ενεργειακή μελέτη: Diagobat

Πιστοποίηση: Propassif

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.7 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) | Διάμετρος (cm) |
|-----------------------------------|---|----------------|
| Εξωτερική τοιχοποιία | 0.121 | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.50$ (W/mK) | 20 |
| Πέτρινο μαλλί (μονωτικό υλικό) | $\lambda = 0.035$ (W/mK) | 28 |
| | | |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου | 0.122 | |
| Πλακάκι | $\lambda = 2.00$ (W/mK) | 1 |
| Επιδιόρθωση | $\lambda = 1.75$ (W/mK) | 2 |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 25 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.038$ (W/mK) | |
| | | |
| Στέγη | 0.075 | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.50$ (W/mK) | 20 |
| Πολυουρεθάνη | $\lambda = 0.023$ (W/mK) | 30 |
| Στεγανοποιητικό στρώμα | $\lambda = 1.00$ (W/mK) | 1 |
| | | |
| Πλαίσιο | 0.76 | |
| | | |
| Υαλοπίνακες | 0.50 | |
| | | |
| Πόρτα εισόδου | 1.5 | |

Πίνακας 2.8 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| |
|---|
| Εξαερισμός |
| Εγκαθίστανται πολλές μονάδες εξαερισμού |
| Εγκατάσταση θέρμανσης |
| Λέβητας φυσικού αερίου και θέρμανση με παροχή αέρα |
| ZNX |
| Λέβητας φυσικού αερίου σε συνδυασμό με τα ηλιακά πάνελ |
| Φωτοβολταϊκά πάνελ |
| 62 m ² |

Πίνακας 2.9 Χαρακτηριστικές τιμές PHPP κτιρίου [13]

| | |
|---|---|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.6/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 12 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 10 W/m ² |
| Ζήτηση PE (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 137 kWh/(m ² a) |
| Ζήτηση PE (ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 95 kWh/(m ² a) |
| Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας | 9 kWh/(m ² a) Με βάση τη προβαλλόμενη περιοχή |

2.2 Παθητικά Κτίρια στην Ελλάδα

Στον Ελλαδικό χώρο τα Παθητικά Κτίρια έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνισή τους, έστω και καθυστερημένα, σε διάφορες περιοχές εξαιτίας του ευνοϊκού κλίματος που επικρατεί. Πολλές είναι οι εταιρείες που σταδιακά αναλαμβάνουν κατασκευές, μελέτες, ανακαινίσεις ακόμα και πιστοποιήσεις ΠΚ. Παροτρυντική είναι και η προσπάθεια που κάνει το Ελληνικό κράτος με το ΥΠΕΝ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας) να προωθήσει την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων με σκοπό όλο και περισσότερος κόσμος να «αναπτύξει» την έννοια και τη σημασία του NZEB (κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης).

Αξίζει να αναφερθεί, ότι τον τελευταίο χρόνο έχουν σημειωθεί και δύο φοιτητικοί διαγωνισμοί, με θέμα “Αναβάθμιση κτιρίου γεωργικών αποθηκών με σκοπό το σχεδιασμό κόμβου φιλοξενίας νεοφυών επιχειρήσεων σύμφωνα με το πρότυπο του Παθητικού Κτιρίου” στο Δήμο Τρικκαίων και “Σχεδιασμός νηπιαγωγείου σύμφωνα με το πρότυπο του Παθητικού Κτιρίου” στο Δήμο Μοσχάτου-Ταύρου.

Ο αριθμός τους, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων (αρχές Δεκεμβρίου 2021) έχει φτάσει τα 22 κτίρια από τα οποία μόλις τα 7 έχουν πιστοποίηση. Ακολούθως, παρουσιάζονται μερικά από αυτά: ^[13]

2.2.1 Μονοκατοικία στην Ιπποκράτειο Πολιτεία



Εικόνα 2.4 Όψη παθητικής μονοκατοικίας στην περιοχή της Ιπποκράτειου Πολιτείας Αττικής ^[13]

Περιγραφή: Μονοκατοικία στο βόρειο τμήμα της Περιφέρειας Αττικής, σε υψόμετρο 550 μ., όπου είναι το πιο κρύο τμήμα της περιοχής, και με σχετικά ζεστό, εύκρατο κλίμα. ^[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2018

Επιφάνεια: 231 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 1

Κόστος κατασκευής: 1000 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το ΡΗΡΡ (κόστος ομάδας 200 – 700 €)

Αρχιτεκτονική: Ciaran O'Leary

Οικοδομικές υπηρεσίες: Στέφανος Παλλαντζάς

Ενεργειακή μελέτη: Αγγελική Σταθοπούλου

Στατικός έλεγχος: Φώτιος Χρυσσούλας

Πιστοποίηση: Στέφανος Παλλαντζάς (ΕΙΡΑΚ)

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.10 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) | Διάμετρος (cm) |
|--------------------------------------|---|----------------|
| Εξωτερική τοιχοποιία | 0.143 | |
| Σκυρόδεμα | | |
| Τούβλο | | |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | | 20 |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου | 0.476 | |
| Πλάκα σκυροδέματος | | 60 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | | 5 |
| Στέγη | 0.187 | |
| Κεκλιμένη πλάκα σκυροδέματος | | |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | | 20 |
| Πλαίσιο | 0.91 | |
| PVC Παράθυρα και συρόμενες πόρτες | | |
| Δύο πιστοποιημένοι φεγγίτες | | |
| Υαλοπίνακες | 0.64 | |
| 4:/18/4/18/:4 Ar 90% | | |
| Πόρτα εισόδου | 1 | |

Πίνακας 2.11 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| | |
|---|-------------------|
| Εξαερισμός | Ποσοστό 82% |
| Τυπικό σύστημα μηχανικού αερισμού με συντελεστή ανάκτησης θερμότητας | |
| Εγκατάσταση θέρμανσης | |
| Ενδοδαπέδια θέρμανση/ψύξη | |
| Αντλία θερμότητας αέρα-νερού | 9 KW |
| ZNX | |
| Ηλιακός συλλέκτης κενού | 6 m ² |
| Φωτοβολταϊκά πάνελ | 26 m ² |

Πίνακας 2.12 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου ^[13]

| | |
|---|--|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.6/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 7 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 11 W/m ² |
| Ζήτηση ψύξης και αφρύγανσης | 10 kWh/(m²a) |
| Φορτίο ψύξης | 9 W/m ² |
| Ζήτηση ΡΕ (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 56 kWh/(m ² a) |
| Ζήτηση ΡΕ (ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | 32 kWh/(m ² a) |
| Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας | 83 kWh/(m ² a) Με βάση τη προβαλλόμενη περιοχή |

2.2.2 Ξενοδοχειακές κατοικίες στον Κάτω Αλισσό Αχαΐας

Εικόνα 2.5 Όψη παθητικής ξενοδοχειακής μονάδας στην περιοχή του Κάτω Αλισσού Αχαΐας ^[13]

Περιγραφή: Οι Enervillas είναι το πρώτο Passive House τουριστικό κατάλυμα στην Ελλάδα και από τα ελάχιστα που έχουν κατασκευαστεί σε όλο το κόσμο. Πρόκειται για δύο τουριστικές κατοικίες όπου ο επισκέπτης μπορεί να διαπιστώσει εάν σχεδιάζετε ένα κτίριο σύμφωνα με τις αρχές της παθητικής κατοικίας και χρησιμοποιώντας ηλιακή και επίγεια ενέργεια (φωτοβολταϊκά και ηλιακά πάνελ, γεωθερμική ενέργεια). Επιτυγχάνει τη μέγιστη θερμική άνεση και τη ποιότητα του αέρα σε συνδυασμό με το ελάχιστο κόστος συντήρησης, προστατεύοντας το περιβάλλον. Το BMS (Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου) παρέχει αυτόματο έλεγχο φωτισμού και σκίασης με βάση τη παρουσία, το χρόνο και τη πραγματική εξωτερική ένταση του φυσικού φωτός. Όλες οι μετρήσεις αισθητήρων πεδίου (μετεωρολογικός σταθμός, αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ.) θα αποθηκευτούν στο BMS και θα παρουσιαστούν σε πραγματικό χρόνο και ιστορικά μέσω διαδικτύου μόνο για σκοπούς παρακολούθησης και για την επικύρωση του χαρακτηριστικού Energy Plus κάθε κτιρίου. Οι απαιτήσεις φωτισμού καλύπτονται χρησιμοποιώντας λαμπτήρες LED υψηλής απόδοσης και φωτιστικά. ^[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2016

Επιφάνεια: 210 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 2

Κόστος κατασκευής: 1700 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το PHPP (κόστος ομάδας 200-700)

Κόστος δομής κτιρίου (μικτό): 1200 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το PHPP (κόστος ομάδας 300 – 400 €)

Αρχιτεκτονική: Ανάπτυξη Κατασκευαστική

Οικοδομικές υπηρεσίες: Δημόπουλος Δημήτριος

Ενεργειακή μελέτη: Δημόπουλος Δημήτριος

Στατικός έλεγχος: Ανάπτυξη Κατασκευαστική

Πιστοποίηση: Στέφανος Παλλαντζάς (ΕΠΙΑΚ)

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.13 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) | Διάμετρος (cm) |
|------------------------------|---|----------------|
| Εξωτερική τοιχοποιία | 0.23 | |
| Σοβάς | | 1 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | | 25 - 35 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.033$ (W/mK) | 5 - 15 |
| Σοβάς | | 1 |
| Σοβάς | | 1 |
| Διάτρητα τούβλα | | 14 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.033$ (W/mK) | 15 |
| Σοβάς | | 1 |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου | 2.77 | |
| Σοβάς | | 1 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | | 25 |
| Στέγη | 0.14 | |
| Σοβάς | | 1 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | | 20 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.033$ (W/mK) | 20 |
| Κόλλα | | 2 |
| Πλακάκι | | 2 |
| Εύλο | | 5 |
| Κόλλα | | 2 |
| Κεραμίδια | | 2 |
| Πλαίσιο | 0.73 | |
| Υαλοπίνακες | 0.50 | |
| 4:/18/4/18/:4 Ατ 90% | | |
| Πόρτα εισόδου | 0.87 | |

Πίνακας 2.14 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| | |
|---|--|
| Εξαερισμός* | |
| Σύστημα μηχανικού αερισμού με συντελεστή ανάκτησης θερμότητας | |
| Σχεδιασμός ροής αέρα | 270 m ³ /h |
| Απόδοση ανάκτησης θερμότητας | Ποσοστό 74% |
| Εύρος εφαρμογής | 0 – 700 m ³ /h |
| Ηλεκτρική απόδοση | 0.38 Wh/ m ³ |
| | |
| Εγκατάσταση θέρμανσης** | |
| Αντλία θερμότητας αέρα | Ποσοστό 100% |
| | |
| ZNX | |
| Αντλία θερμότητας | Ποσοστό 33% |
| Όγκος αποθήκευσης | 300 lt |
| Ηλιακό θερμικό σύστημα | Ποσοστό 67% |
| Όγκος αποθήκευσης | 100 lt |
| Ηλιακός συλλέκτης | 4 m ² |
| Σύστημα διανομής | Συσσωρευμένο μήκος 60 m Διάμετρος εξωτ. σωλήνα 0.02 m |
| | |
| Πολυκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ (αρ. 38)*** | 12800 kWh/a |

* Οι αγωγοί εξαερισμού αέρα θα υπερβούν έτσι ώστε να είναι σε θέση να χειριστούν τη ροή όγκου για ψύξη πάνω από τον εξαερισμό.

** Το κάτω μισό του υπογείου δεν είναι θερμομονωμένο επειδή βρίσκεται κάτω από τη στάθμη του υπόγειου νερού (-2.5m) και το φυσικό γεωθερμικό αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για δωρεάν ψύξη.

*** Καλύπτουν τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου.

Πίνακας 2.15 Χαρακτηριστικές τιμές PHPP κτιρίου ^[13]

| | |
|--|--------------------------------|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.6/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 7 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 11 W/m ² |
| Ζήτηση ψύξης και αφρύγανσης | 13 kWh/(m²a) |
| Φορτίο ψύξης | 12 W/m ² |
| Ζήτηση PE (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) | 64 kWh/(m ² a) |

| | |
|---|--|
| Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | |
| Ζήτηση PE (ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) | 36 kWh/(m ² a) |
| Εγκατάσταση θέρμανσης, ZNX, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | |
| Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας | 153 kWh/(m ² a) Με βάση τη προβαλλόμενη περιοχή |

2.3.3 Πολυκατοικία στο Βόλο



Εικόνα 2.6 Όψη παθητικής πολυκατοικίας στην περιοχή του Βόλου Μαγνησίας ^[13]

Περιγραφή: Το κτίριο βρίσκεται στο κέντρο του Βόλου. Πρόκειται για ένα εξαώροφο κτίριο με υπόγειο. Αποτελείται από 11 διαμερίσματα, που όλα διαθέτουν θέσεις στάθμευσης και επιπλέον αποθήκες στο υπόγειο. Ολόκληρο το κτίριο έχει σχεδιαστεί μέσα στο κτιριακό κέλυφος, με εξαίρεση τις αποθήκες στο υπόγειο που είναι σχεδιασμένες έξω από αυτό και το χώρο στάθμευσης που βρίσκεται στο ισόγειο.

[13]

Γενικές πληροφορίες ^[13]

Έτος: 2016

Επιφάνεια: 999 m²

Αριθμός διαμερισμάτων/μονάδων: 11

Κόστος κατασκευής: 1400 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το PHPP (κόστος ομάδας 200 – 700 €)Κόστος δομής κτιρίου (μικτό): 900 €/m² επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου σύμφωνα με το PHPP (κόστος ομάδας 300 – 400 €)

Αρχιτεκτονική: XG group of engineers

Οικοδομικές υπηρεσίες: XG group of engineers

Ενεργειακή μελέτη: XG group of engineers

Στατικός έλεγχος: XG group of engineers

Πιστοποίηση: Μη πιστοποιημένο

Ακολουθούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου:

Πίνακας 2.16 Χαρακτηριστικά κτιριακού κελύφους ^[13]

| | Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K) | Διάμετρος (cm) |
|------------------------------|---|----------------|
| Εξωτερική τοιχοποιία | 0.161 | |
| Τούβλο | $\lambda = 0.51$ (W/mK) | 10 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.033$ (W/mK) | 30 |
| | | |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 25 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.033$ (W/mK) | 15 |
| | | |
| Υπόγειο/πλάκα δαπέδου | 0.203 | |
| Αεριζόμενη πλάκα | $\lambda = 2.0$ (W/mK) | 1 |
| Ελαφροσκυρόδεμα | $\lambda = 0.64$ (W/mK) | 5.5 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 15 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.0334$ (W/mK) | 15 |
| Κόλλα | $\lambda = 0.87$ (W/mK) | 1 |
| Εξωτερικός σοβάς | $\lambda = 0.35$ (W/mK) | 0.5 |
| | | |
| Στέγη | 0.14 | |
| Εσωτερικός σοβάς | $\lambda = 0.35$ (W/mK) | 1.5 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 15 |

| | | |
|--------------------------|---------------------------|-----|
| Διογκωμένη πολυστερίνη | $\lambda = 0.0334$ (W/mK) | 35 |
| Ελαφροσκυρόδεμα | $\lambda = 0.64$ (W/mK) | 5.5 |
| Μεμβράνη PVC | $\lambda = 1.10$ (W/mK) | 0.2 |
| Σκυρόδεμα | $\lambda = 2.30$ (W/mK) | 10 |
| Εξωτερικός σοβάς | $\lambda = 0.35$ (W/mK) | 0.5 |
| Θερμαινόμενο υπόγειο | 0.091 | |
| Πλαίσιο | 0.87 | |
| Τριπλός υαλοπίνακας | | |
| 1 ^η επίστρωση | | 0.4 |
| 2 ^η επίστρωση | | 0.4 |
| 3 ^η επίστρωση | | 0.4 |
| Υαλοπίνακες | 0,50 | |
| 4:/18/4/18/:4 Ar 90% | | |
| Πόρτα εισόδου | 0.73 | |
| Τριπλός υαλοπίνακας | | |

Πίνακας 2.17 Μηχανικά συστήματα κτιρίου ^[13]

| | |
|------------------------------|---|
| Εξαερισμός | Αεραγωγοί εξαγωγής αέρα, ένας σε κάθε μπάνιο και ένας στη κουζίνα |
| Εγκατάσταση θέρμανσης | Βελτιωμένος λέβητας συμπύκνωσης αερίου |
| ZNX | Βελτιωμένοι ηλιακοί συλλέκτες, ένα μεμονωμένο σύστημα για κάθε διαμέρισμα, λέβητες συμπύκνωσης βελτιωμένου αερίου, ένα μεμονωμένο σύστημα για κάθε διαμέρισμα |

Πίνακας 2.18 Χαρακτηριστικές τιμές ΡΗΡΡ κτιρίου ^[13]

| | |
|---|--------------------------------|
| Στεγανότητα αέρα | $n_{50} = 0.6/\text{ώρα}$ |
| Ετήσια ζήτηση θέρμανσης | 15 kWh/(m²a) |
| Φορτίο θέρμανσης | 13 W/m ² |
| Ζήτηση ψύξης και αφρύγανσης | 7 kWh/(m²a) |
| Φορτίο ψύξης | 9 W/m ² |
| Ζήτηση ΡΕ (μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια) | 43 kWh/(m²a) |
| Εγκατάσταση θέρμανσης, ΖΝΧ, οικιακό και βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα | |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 Λογισμικό PHPP



Εικόνα 3.1 Λογότυπο λογισμικού PHPP [16]

Το PHPP (Passive House Planning Package) είναι ένα υπολογιστικό εργαλείο, στο οποίο περιέχεται οτιδήποτε είναι απαραίτητο ως προς το σχεδιασμό ενός λειτουργικού ΠΚ. Παράλληλα, υπολογίζει το ενεργειακό ισοζύγιο και την ετήσια απαίτηση ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τα στοιχεία που του δίνει ο χρήστης. Τα κυριότερα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- 1) Η ετήσια απαίτηση ενέργειας για θέρμανση kWh/(m²a) και η μέγιστη θερμική ισχύς W/m².
- 2) Η καλοκαιρινή θερμική άνεση με χρήση ενεργητικής ψύξης: ετήσια απαίτηση ενέργειας για ψύξη kWh/(m²a) και μέγιστη ψυκτική ισχύς W/m².
- 3) Η καλοκαιρινή θερμική άνεση μέσω παθητικών συστημάτων ψύξης: πιθανότητα υπερθέρμανσης %.
- 4) Η ετήσια απαίτηση πρωτεύουσας ενέργειας για ολόκληρο το κτίριο kWh/(m²a).

Το RHPP αποτελείται από ένα τυπωμένο εγχειρίδιο και ένα αντίστοιχο CD. Το εγχειρίδιο εκτός του ότι διευκρινίζει τις μεθόδους υπολογισμού που χρησιμοποιούνται στο RHPP, εξηγεί και άλλα σημαντικά σημεία στη κατασκευή των ΠΚ. Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται σε ένα αρχείο Excel (ή ισοδύναμο πρόγραμμα λογισμικού υπολογιστικού φύλλου) με διαφορετικά φύλλα εργασίας που περιέχουν τις αντίστοιχες εισροές και υπολογισμούς για διάφορες μεταβλητές. Μεταξύ άλλων, το RHPP παρέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Διαστασιολόγηση μεμονωμένων εξαρτημάτων (συγκροτήματα δομικών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένου του υπολογισμού των τιμών U, ποιότητας παραθύρων, σκίαση, αερισμός κ.λπ.) και η επίδρασή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου το χειμώνα, καθώς και το καλοκαίρι.
- Διαστασιολόγηση φορτίου θέρμανσης και φορτίου ψύξης.
- Διαστασιολόγηση των μηχανικών συστημάτων για ολόκληρο το κτίριο: θέρμανση, ψύξη, παροχή ZNX.
- Επαλήθευση της ενεργειακής απόδοσης της ιδέας του κτιρίου στο σύνολό του.

Οι υπολογισμοί είναι στιγμιαίοι, δηλαδή μετά την αλλαγή μιας καταχώρησης ο χρήστης μπορεί να δει αμέσως την επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Αυτό καθιστά δυνατή τη σύγκριση εξαρτημάτων/υλικών διαφορετικών ιδιοτήτων χωρίς μεγάλη προσπάθεια με σκοπό να βελτιστοποιηθεί το συγκεκριμένο κατασκευαστικό έργο - είτε πρόκειται για νέα κατασκευή είτε για ανακαίνιση - με βήμα προς βήμα σε σχέση με την ενεργειακή απόδοση. Τυπικές μηνιαίες κλιματολογικές συνθήκες για τη τοποθεσία του κτιρίου επιλέγονται ως υποκείμενες οριακές συνθήκες (ιδιαίτερα θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία). Με βάση αυτό, το RHPP υπολογίζει τη μηνιαία ζήτηση θέρμανσης ή ψύξης για το εγγεγραμμένο κτίριο, όπου με αυτό το τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικές κλιματικές περιοχές σε όλο τον κόσμο.

Όλοι οι υπολογισμοί στο RHPP βασίζονται αυστηρά στους νόμους της φυσικής. Όπου είναι δυνατόν, συγκεκριμένοι αλγόριθμοι καταφεύγουν στα τρέχοντα διεθνή πρότυπα (π.χ. EN, DIN, ISO). Οι γενικεύσεις είναι απαραίτητες σε ορισμένα σημεία και μερικές φορές μπορεί να είναι αναγκαίες αποκλίσεις (λόγω της εξαιρετικά χαμηλής ζήτησης ενέργειας των ΠΚ), καθώς δεν υπάρχουν διεθνώς συναφή πρότυπα (π.χ.

όσον αφορά τη διαστασιολόγηση των συστημάτων αερισμού). Αυτή η προσέγγιση έχει οδηγήσει σε ένα διεθνώς αξιόπιστο εργαλείο υπολογισμού με το οποίο η αποτελεσματικότητα ενός έργου κατασκευής μπορεί να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με συμβατικές μεθόδους υπολογισμού. Το RHPP αποτελεί τη βάση για τη διασφάλιση της ποιότητας, τη μείωση του “Performance Gap” και τη πιστοποίηση ενός κτιρίου ως ΠΚ ή ανακαίνισης EnerPHit. Τέλος, τα αποτελέσματα του υπολογισμού RHPP συγκεντρώνονται σε ένα καλά δομημένο φύλλο επαλήθευσης.

| Specific building demands with reference to the treated floor area | | | |
|--|---|---------------------------|----------------------------|
| | | 156,0 m ² | |
| Space heating | Treated floor area | 156,0 m ² | |
| | Heating demand | 14 kWh/(m ² a) | 15 kWh/(m ² a) |
| | Heating load | 10 W/m ² | 10 W/m ² |
| Space cooling | Overall specif. space cooling demand | kWh/(m ² a) | - |
| | Cooling load | W/m ² | - |
| | Frequency of overheating (> 25 °C) | 1,6 % | - |
| Primary energy | Heating, cooling, dehumidification, DHW, auxiliary electricity, lighting, electrical appliances | 60 kWh/(m ² a) | 120 kWh/(m ² a) |
| | DHW, space heating and auxiliary electricity | 33 kWh/(m ² a) | - |
| | Specific primary energy reduction through solar electricity | 25 kWh/(m ² a) | - |
| Airtightness | Pressurization test result n ₅₀ | 0,2 1/h | 0,6 1/h |

* empty field: data missing; '-': no requirement

Εικόνα 3.2 Παράδειγμα υπολογιστικού φύλλου επαλήθευσης RHPP [1]

Όσον αφορά την αξιοπιστία του συγκεκριμένου λογισμικού, μία μελέτη της ASHRAE έδειξε ότι είναι αξιόπιστο με μοναδικό σημείο απόκλισης (9.8%) την επίδραση της όποιας προεξοχής πάνω από τα κουφώματα στη νότια πλευρά του κτιρίου. Το πιο σημαντικό όμως είναι η εμπειρία από τις ήδη υπάρχουσες κατασκευές παγκοσμίως, οι οποίες έχουν μελετηθεί με το RHPP και τα αποτελέσματα είναι εξαιρετικά.

Συνοψίζοντας, το RHPP είναι ένα εργαλείο σχεδιασμού που επιτρέπει στους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς να σχεδιάσουν και να βελτιστοποιήσουν τη κατασκευή ενός ΠΚ. Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει εργαλεία διαστασιολόγησης για τα παράθυρα (όσον αφορά τη βέλτιστη θερμική άνεση), τον αερισμό (όσον αφορά τη βέλτιστη ποιότητα αέρα με επαρκή υγρασία αέρα) και την τεχνολογία των κτιρίων, ενώ αντιμετωπίζει ολόκληρο το κτίριο ως μία μονάδα, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αερισμού και άλλων μηχανολογικών συστημάτων. Συνεπώς, δεν υπάγεται αυστηρά σε θεωρήσεις και τοπικούς κανονισμούς (π.χ. απαίτηση για μόνωση 5 cm του ΚΘΚ/ΚΕΝΑΚ), αλλά δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να

καθορίσει τις τιμές των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου ανάλογα με την απαίτηση για θέρμανση και ψύξη. [1],[18]

3.1.1 Οριακές συνθήκες για τον υπολογισμό του PHPP

Κατά την επαλήθευση των κριτηρίων χρησιμοποιώντας το Εργαλείο Σχεδιασμού Παθητικών Κτιρίων (Passive House Planning Package - PHPP), πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες οριακές συνθήκες:

➤ Ζώνη

Το σύνολο του μονωμένου και αεροστεγούς κελύφους του κτιρίου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό των συγκεκριμένων τιμών π.χ. μια σειρά μονοκατοικιών, ένα συγκρότημα διαμερισμάτων ή ένα κτίριο γραφείων με αρκετές θερμικά συνδεδεμένες μονάδες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας γενικός υπολογισμός για να αποδειχθεί αυτό. Εάν όλες οι ζώνες έχουν την ίδια ρυθμισμένη θερμοκρασία, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σταθμισμένος μέσος όρος βάσει του TFA από τους μεμονωμένους υπολογισμούς PHPP αρκετών υποζώνων. Δεν επιτρέπεται συνδυασμός θερμικά διαχωρισμένων κτιρίων. Τα κτίρια που είναι γειτονικά με άλλα κτίρια (π.χ. συνεχής ανάπτυξη περιμετρικών όγκων, κατοικίες με ταράτσα, επεκτάσεις υφιστάμενων κτιρίων) πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα εξωτερικό τοίχο, μια επιφάνεια στέγης και μια πλάκα δαπέδου ή και υπόγειο για να είναι επιλέξιμες για χωριστή πιστοποίηση. Δεν επιτρέπεται να αποκλείονται από το ενεργειακό ισοζύγιο τμήματα ενός κτιρίου (π.χ. ένας ή περισσότεροι όροφοι ή τμήματα ορόφων).

➤ Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Το PHPP περιέχει πρότυπες τιμές για εσωτερικά θερμικά κέρδη σε μια σειρά τύπων χρήσης κτιρίου. Αυτά πρέπει να χρησιμοποιούνται εκτός εάν το PHPP έχει καθορίσει άλλες τιμές (π.χ. εθνικές τιμές). Η χρήση των μεμονωμένων υπολογιζόμενων εσωτερικών θερμικών κερδών στο PHPP επιτρέπεται μόνο εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι η πραγματική χρήση θα πρέπει να διαφέρει σημαντικά από τη χρήση στην οποία βασίζονται οι τυποποιημένες τιμές.

➤ **Εσωτερικά κέρδη υγρασίας**

Μέση τιμή για όλες τις ετήσιες ώρες (και εκτός της περιόδου χρήσης): οικιστικά κτίρια: 100 g/(άτομο*h). Μη οικιστικά κτίρια χωρίς σημαντικές πηγές υγρασίας πέρα από την υγρασία που απελευθερώνουν άτομα (π.χ. γραφείο, εκπαιδευτικά κτλ.): 10 g/(άτομο*h). Μη οικιστικά κτίρια με σημαντικές πηγές υγρασίας πέρα από την υγρασία που απελευθερώνεται από άτομα: αξιόπιστα τεκμηριωμένη εκτίμηση βάσει της αναμενόμενης χρήσης.

➤ **Ποσοστά κατοχής**

Οικιστικά κτίρια: τυπικό ποσοστό πληρότητας στο PHPP. εάν ο αναμενόμενος αριθμός ατόμων είναι σημαντικά υψηλότερος από τον τυπικό ρυθμό πληρότητας, τότε συνιστάται να χρησιμοποιηθεί η υψηλότερη τιμή. Μη οικιστικά κτίρια: τα ποσοστά κατοχής και οι περίοδοι κατοχής πρέπει να καθορίζονται βάσει συγκεκριμένου έργου και να συντονίζονται με το προφίλ χρήσης.

➤ **Θερμοκρασία εσωτερικού σχεδιασμού**

Θέρμανση, οικιστικά κτίρια: 20 °C χωρίς νυχτερινή ανάκαμψη, μη οικιστικά κτίρια: ισχύουν οι τυπικές εσωτερικές θερμοκρασίες βάσει του EN 12831. Για απροσδιόριστες χρήσεις ή αποκλίνουσες απαιτήσεις, η εσωτερική θερμοκρασία πρέπει να καθορίζεται βάσει συγκεκριμένης μελέτης. Για διακοπή θέρμανσης (νυχτερινή καθυστέρηση), η εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού ενδέχεται να μειωθεί κατά την επαλήθευση. Ψύξη και αφύγρανση: 25 °C και 12 g/kg απόλυτη υγρασία αέρα εσωτερικού χώρου.

➤ **Κλιματικά δεδομένα**

Πρέπει να χρησιμοποιηθούν σύνολα δεδομένων κλιματικών συνθηκών (με επταψήφιο αριθμό ταυτότητας) που έχουν εγκριθεί από το Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου. Το επιλεγμένο σύνολο δεδομένων πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό για το κλίμα της θέσης του κτιρίου. Εάν δεν υπάρχει ακόμη εγκεκριμένο σύνολο δεδομένων για την τοποθεσία του κτιρίου, τότε μπορεί να ζητηθεί ένα νέο σύνολο δεδομένων από έναν διαπιστευμένο Πιστοποιητή Παθητικών Κτιρίων.

➤ **Μέση Ογκομετρική ροή αερισμού**

Οικιστικά κτίρια: 20-30 m³/h ανά άτομο στο νοικοκυριό, αλλά τουλάχιστον 0.30 φορές αλλαγή αέρα σε σχέση με την θερμαινόμενη επιφάνεια του δαπέδου (TFA) πολλαπλασιασμένη με ύψος δωματίου 2.5 m. Μη οικιστικά κτίρια: η μέση ογκομετρική ροή αερισμού πρέπει να προσδιορίζεται για το συγκεκριμένο έργο με βάση τη ζήτηση για καθαρό αέρα 15-30 m³/h ανά άτομο (επιτρέπονται υψηλότερες ογκομετρικές ροές σε περίπτωση χρήσης για αθλήματα κ.λπ. από τις ισχύουσες υποχρεωτικές απαιτήσεις σχετικά με την εργατική νομοθεσία). Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι διαφορετικές ρυθμίσεις λειτουργίας και οι χρόνοι του συστήματος εξαερισμού. Κατά το κλείσιμο του συστήματος εξαερισμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι χρόνοι λειτουργίας για τον προθερμαντήρα και τον εξαερισμό. Για οικιστικά και μη οικιστικά κτίρια, οι ροές αέρα που χρησιμοποιούνται πρέπει να αντιστοιχούν στις πραγματικές προσαρμοσμένες τιμές.

➤ **Ζήτηση ζεστού νερού οικιακής χρήσης**

Οικιστικά κτίρια: 25 λίτρα νερού 60 °C ανά άτομο ημερησίως εκτός εάν ο ΡΗΙ έχει καθορίσει άλλες εθνικές τιμές. Κτίρια μη οικιστικής χρήσης: η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης σε λίτρα νερού 60 °C ανά άτομο ανά ημέρα πρέπει να προσδιορίζεται ξεχωριστά για κάθε συγκεκριμένο έργο.

➤ **Όριο ισοζυγίου για ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας**

Όλες οι χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκονται εντός του θερμικού περιβλήματος του κτιρίου λαμβάνονται υπόψη στο ενεργειακό ισοζύγιο. Οι χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στο κτίριο ή στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται εκτός του θερμικού φακέλου δεν λαμβάνονται γενικά υπόψη. Κατ'εξαίρεση, λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και αν βρίσκονται εκτός του θερμικού φακέλου:

- Ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή και διανομή θέρμανσης, ζεστού νερού οικιακής χρήσης και ψύξης, καθώς και για τον εξαερισμό, υπό τον όρο ότι αυτό εξυπηρετεί κατασκευαστικά μέρη που βρίσκονται εντός του θερμικού φακέλου.

- Ανελκυστήρες και κυλιόμενες σκάλες που βρίσκονται εξωτερικά, οι οποίες χρησιμεύουν ως πρόσβαση στο κτίριο.
- Τεχνολογία υπολογιστών και επικοινωνιών (διακομιστής συμπεριλαμβανομένου του UPS, τηλεφωνικού συστήματος κ.λπ.), συμπεριλαμβανομένης της ψύξης που απαιτείται για αυτά, στο βαθμό που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες στο κτίριο.
- Οικιακές συσκευές όπως πλυντήρια ρούχων, στεγνωτήρια, ψυγεία, καταψύκτες εάν χρησιμοποιούνται από τους ίδιους τους κατοίκους του κτιρίου.
- Προσωρινό φωτισμό του εσωτερικού χώρου από εξωτερικές φωτεινές πηγές. ^[17]

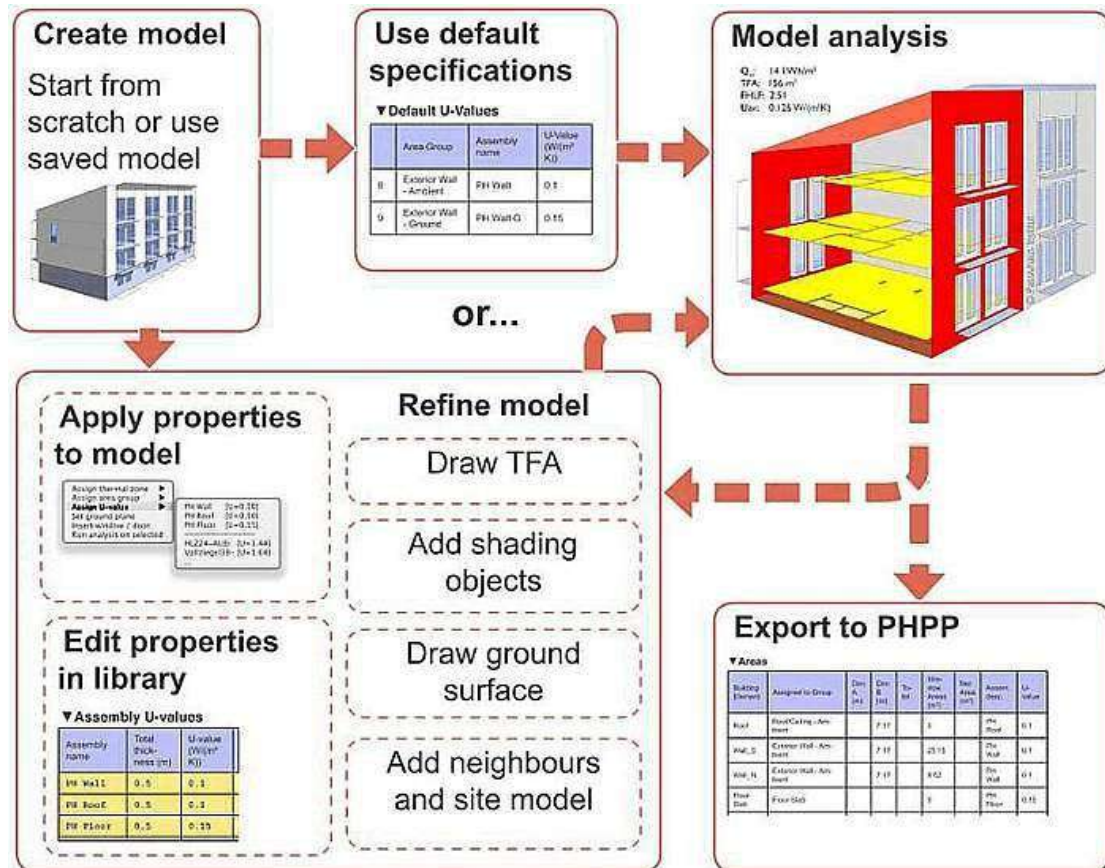
3.2 Λογισμικό designPH



Εικόνα 3.3 Λογότυπο λογισμικού designPH ^[17]

Το εργαλείο “designPH” δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου (PHI) με σκοπό τη παροχή ενός τρισδιάστατου μοντέλου ικανό να παρουσιάσει και να εισάγει δεδομένα στο PHPP - ουσιαστικά «συνεργάζονται» μεταξύ τους. Υπάγεται στη πλατφόρμα του σχεδιαστικού προγράμματος Sketchup και χρησιμοποιείται, κυρίως από αρχιτέκτονες, στη φάση του σχεδιασμού. Τα οφέλη του συγκεκριμένου εργαλείου είναι ότι απλοποιεί την εισαγωγή δεδομένων στο PHPP (γεωμετρία κτιρίου, σκιάσεις, κ.λπ.) και ότι παρέχει μια αρχική ανάλυση απόδοσης του κτιρίου

εντός του Sketchup. Η γεωμετρία του μοντέλου επισημαίνεται με θερμικές ιδιότητες, με τη βοήθεια ορισμένων λειτουργιών αυτόματης ανάλυσης.



Εικόνα 3.4 Λειτουργία λογισμικού designPH [19]

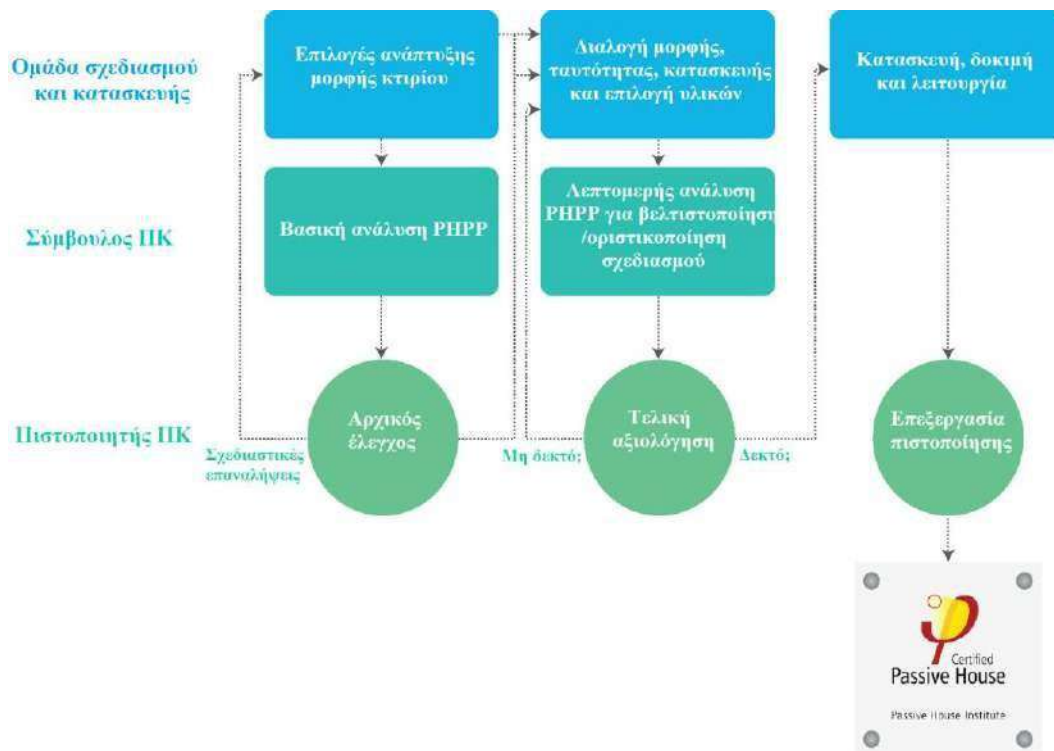
Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να συναγάγει τους τύπους στοιχείων, τις ζώνες θερμοκρασίας και τις ομάδες περιοχών, προκειμένου να εξοικονομήσει χρόνο εισόδου, αν και αυτές μπορούν να αντικατασταθούν από τον χρήστη εάν απαιτείται. Οι εξωτερικές περιοχές απώλειας θερμότητας και η θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου συλλέγονται και διαμορφώνονται για εξαγωγή σε PHPP. Κάθε παράθυρο αναλύεται ως προς τον εντοπισμό εξωτερικών αντικειμένων σκίασης και αυτά εξαγονται ως παράμετροι εισόδου για καθέναν από τους τρεις βασικούς τύπους σκίασης στο PHPP (λαμπάς, προεξοχή και οριζόντια αντικείμενα). Τέλος, λόγω του ότι το “Performacne Gap” είναι πολύ μικρό, γίνονται προσπάθειες ώστε να απλοποιηθούν οι μέθοδοι εισαγωγής δεδομένων και να εξοικονομηθεί χρόνος. [18]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

4.1 Διαδικασία πιστοποίησης

Το ΡΗΙ συνιστά στο κόσμο να επικοινωνεί με έναν πιστοποιητή κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Ο εντοπισμός τυχόν προβλημάτων, σε αυτό το χρονικό σημείο, μπορεί να διευκολύνει την αντιμετώπισή τους. Παρόλο αυτά, η πιστοποίηση μπορεί επίσης να ζητηθεί μετά τη κατασκευή ή ανακαίνιση του κτιρίου. Κατά κανόνα, όλα τα ενεργειακά έγγραφα σχεδιασμού και τα τεχνικά δεδομένα των δομικών προϊόντων υποβάλλονται πριν από την έναρξη των κατασκευαστικών εργασιών. Μετά από επιμέρους έλεγχο και σύγκριση με τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου, ο πιστοποιητής θα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τυχόν απαραίτητες διορθώσεις. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, οι όποιες αλλαγές προκύψουν στον σχεδιασμό θα ενημερωθούν και τα έγγραφα που σχετίζονται με την κατασκευή (έλεγχος αεροστεγανότητας, τεκμηρίωση της ρύθμισης του ρυθμού ροής, δήλωση του υπεύθυνου της κατασκευής) θα ελεγχθούν κατά τη τελική επιθεώρηση. ^[17]



Εικόνα 4.1 Διαδικασία πιστοποίησης ^[16]

Στην Ελλάδα τον τελευταίο λόγο για τη πιστοποίηση των κτιρίων ως ΠΚ την έχει το Ε.Ι.ΠΑ.Κ., το οποίο είναι διαπιστευμένο από το Γερμανικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου ως φορέας πιστοποίησης Παθητικών Κτιρίων και παρέχει υπηρεσίες σε πελάτες που αναπτύσσουν ευρύ φάσμα έργων σε όλο τον κόσμο. Το Ε.Ι.ΠΑ.Κ. πιστοποιεί κτίρια σε Ελλάδα, Γερμανία, Ιταλία, Τουρκία, Βουλγαρία και Κύπρο. ^[7]

Εάν πληρούνται όλα τα κριτήρια, ο ιδιοκτήτης του κτιρίου θα λάβει τα ακόλουθα:

- το πιστοποιητικό,
- ένα συμπληρωματικό φυλλάδιο με τεκμηρίωση του υπολογισμού του ενεργειακού ισοζυγίου και όλων των σχετικών χαρακτηριστικών τιμών του κτιρίου, και
- μια πλακέτα τοίχου (προαιρετικά). ^[17]

4.2 Κριτήρια

4.2.1 Πρότυπο Passive House (νέο παθητικό κτίριο)

Τα Παθητικά Κτίρια χαρακτηρίζονται από ένα ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο θερμικής άνεσης με ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση. Γενικά το πρότυπο του ΠΚ παρέχει εξαιρετική οικονομική απόδοση ιδιαίτερα στην περίπτωση των νέων κτιρίων. Οι κατηγορίες του Classic, Plus ή Premium Παθητικού Κτιρίου μπορούν να επιτευχθούν με βάση την απαίτηση πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης από ανανεώσιμες πηγές (ΠΕΑ) και την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές.

Πίνακας 4.1 Κριτήρια Passive House ^[17]

| | | | | Κριτήρια ¹ | | | Εναλλακτικά Κριτήρια ² |
|---|---|--|---|-----------------------|------|--|------------------------------------|
| Θέρμανση | | | | | | | |
| Απαίτηση Θέρμανσης [kWh/(m ² a)] | ≤ | | 15 | | | | - |
| Θερμικό φορτίο ³ [W/m ²] | ≤ | | - | | | | 10 |
| Ψύξη | | | | | | | |
| Απαίτηση Ψύξης+Αφύγρανσης [kWh/(m ² a)] | ≤ | | 15 + συνεισφορά αφύγρανσης ⁴ | | | | μεταβλητή οριακή τιμή ⁵ |
| Ψυκτικό Φορτίο ⁶ [W/m ²] | ≤ | | - | | | | 10 |
| Αεροστεγανότητα | | | | | | | |
| Αποτέλεσμα ελέγχου συμπίεσης n ₅₀ [1/h] | ≤ | | 0.6 | | | | |
| Πρωτογενής Ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές (ΠΕΑ)⁷ | | | | Classic | Plus | Premium | |
| Απαίτηση ΠΕΑ ⁸ [kWh/(m ² a)] | ≤ | | 60 | 45 | 30 | ±15 kWh/(m ² a) απόκλιση από τα κριτήρια... | |
| Παραγωγή ενέργειας ΑΠΕ ⁹ (σε σχέση με το προβαλλόμενο κτιριακό αποτύπωμα) [kWh/(m ² a)] | ≥ | | - | 60 | 120 | ...με αντιστάθμιση της παραπάνω απόκλισης από διαφορετική ποσότητα παραγωγής | |

1 Τα κριτήρια και τα εναλλακτικά κριτήρια εφαρμόζονται παγκοσμίως για όλα τα κλίματα. Η επιφάνεια αναφοράς για όλες τις οριακές τιμές είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια (treated floor area-TFA) υπολογισμένη σύμφωνα με την τελευταία έκδοση του εγχειριδίου PHPP (εξαιρέσεις αποτελούν: η παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με αναφορά στο προβαλλόμενο αποτύπωμα του κτιρίου και η αεροστεγανότητα με αναφορά στον καθαρό όγκο αέρα) .

2 Δύο εναλλακτικά κριτήρια που περικλείονται από μια διπλή γραμμή μπορούν να αντικατασταθούν από τα όμορά τους κριτήρια στην αριστερή στήλη που επίσης περικλείονται από μια διπλή γραμμή.

3 Το σταθερό θερμικό φορτίο υπολογισμένο στο PHPP είναι εφαρμόσιμο. Φορτία για θέρμανση μετά από θερμοκρασιακές υποτροπές δε λαμβάνονται υπόψη.

4 Η μεταβλητή οριακή τιμή αφύγρανσης που βασίζεται στα κλιματικά δεδομένα, τις απαραίτητες εναλλαγές αέρα και τα εσωτερικά φορτία υγρασίας (υπολογισμένα στο PHPP).

5 Η μεταβλητή οριακή τιμή απαίτησης για ψύξη και αφύγρανση που βασίζεται στα κλιματικά δεδομένα, τις απαραίτητες εναλλαγές αέρα και τα εσωτερικά θερμικά φορτία και φορτία υγρασίας (υπολογισμένα στο PHPP).

6 Εφαρμόζεται το σταθερό ψυκτικό φορτίο υπολογισμένο στο PHPP. Στην περίπτωση κατά την οποία θερμικά εσωτερικά κέρδη είναι μεγαλύτερα από 2.1 W/m², το όριο θα αυξηθεί κατά τη διαφορά της πραγματικής τιμής του εσωτερικού θερμικού κέρδους και του 2.1 W/m².

7 Οι απαιτήσεις για την απαίτηση ΠΕΑ και την παραγωγή από ΑΠΕ εισήχθη πρώτη φορά το 2015. Ως μια εναλλακτική σε αυτά τα δύο κριτήρια, στοιχεία από το Passive House Classic Standard μπορούν να συνεχίσουν να παρέχονται σε ένα μεταβατικό στάδιο αποδεικνύοντας μια συμφωνία με τις προηγούμενες απαιτήσεις για τη ζήτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (PE) του $QP \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Η επιθυμητή μέθοδος έγκρισης μπορεί να επιλεγεί στην καρτέλα “Verification” (επαλήθευση). Ο πρωτογενής συντελεστής παραγωγής ενέργειας στο profile 1 του PHPP πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως έχει, εκτός και αν το PHI έχει καθορίσει άλλες εθνικές τιμές.

8 Περιλαμβάνεται η ενέργεια για θέρμανση, κλιματισμό, αφύγρανση, ZNX, φωτισμό, βοηθητικό ηλεκτρισμό και ηλεκτρικές συσκευές. Τα όρια εφαρμόζονται για τα κτίρια κατοικίας και τα τυπικά κτίρια εκπαίδευσης και γραφείων. Σε περίπτωση εφαρμογής σε κτίρια άλλων χρήσεων, εάν μία ιδιαίτερα υψηλή ζήτηση σε ηλεκτρισμό εμφανιστεί, τότε το όριο μπορεί να αναθεωρηθεί προς τα πάνω κατόπιν συνεννόησης με το PHI. Στοιχεία για την αποδοτική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις σημαντικές συσκευές και τα συστήματα είναι απαραίτητα σε αυτή την περίπτωση, με εξαίρεση τις υπάρχουσες συσκευές, οι οποίες έχουν ήδη αποκτηθεί από τον ιδιοκτήτη και για τις οποίες μια βελτίωση της ηλεκτρικής απόδοσης μέσω της αναβάθμισης θα αποδειχθεί αντισυμβατική με βάση τον κύκλο ζωής.

9 Παραγωγή από μονάδες ΑΠΕ, οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες με το κτίριο μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη (εκτός των μονάδων βιομάζας, των μονάδων παραγωγής από απορρίμματα και της γεωθερμίας): μόνο νέα συστήματα μπορούν να συμπεριληφθούν (δηλαδή συστήματα τα οποία δε θα αρχίσουν την παραγωγή πριν την έναρξη της κατασκευής του κτιρίου), τα οποία ανήκουν στον ιδιοκτήτη του κτιρίου ή στους (μακροχρόνιους) χρήστες του (πρώτη απόκτηση κτιρίου). ^[17]

4.2.2 Πρότυπο EnerPHit

Το πρότυπο Passive House δε μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε υφιστάμενα κτίρια λόγω διάφορων δυσκολιών. Η αναβάθμιση τέτοιων κτιρίων σύμφωνα με το πρότυπο EnerPHit χρησιμοποιώντας στοιχεία του Παθητικού Κτιρίου για όλα τα δομικά στοιχεία, οδηγεί σε σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τη θερμική άνεση, τη δομική συνοχή, την οικονομική αποδοτικότητα και τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Το πρότυπο EnerPHit μπορεί να επιτευχθεί εφόσον συμφωνούν τα κριτήρια της μεθόδου των στοιχείων (Πίνακας 4.2) ή εναλλακτικά σύμφωνα με τα κριτήρια της μεθόδου ενεργειακής απαίτησης (Πίνακας 4.3). Μόνο τα κριτήρια μιας από τις δύο μεθόδους αρκεί να πληρούνται. Η κλιματική ζώνη που πρέπει να χρησιμοποιηθεί με βάση την τοποθεσία του κτιρίου καθορίζεται αυτόματα με βάση τα επιλεγμένα κλιματικά δεδομένα όπως καθορίζονται στο Εργαλείο Σχεδιασμού Παθητικών Κτιρίων (Passive House Planning Package - PHPP).

Ως κανόνας ισχύει ότι τα κριτήρια που αναφέρονται στον Πίνακα 4.2 αντιστοιχίζονται με τα κριτήρια των πιστοποιημένων στοιχείων για Παθητικά Κτίρια¹. Τα κριτήρια θα πρέπει τουλάχιστον να συμφωνούν με τις μέσες τιμές² ολόκληρου του κτιρίου. Μια μεγαλύτερη τιμή είναι αποδεκτή σε συγκεκριμένες επιφάνειες, αρκεί να είναι αντισταθμισμένη από τεχνικές υψηλότερης θερμικής προστασίας σε άλλες επιφάνειες.

Επιπροσθέτως των κριτηρίων του Πίνακα 4.2 ή του Πίνακα 4.3, τα γενικά κριτήρια στον Πίνακα 4.4 πρέπει πάντοτε να πληρούνται. Οι κατηγορίες EnerPHit Classic, Plus ή Premium καθορίζονται με βάση τη πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΠΕΑ) και την παραγωγή από ΑΠΕ.

Πίνακας 4.2 Κριτήρια EnerPHit για την μέθοδο αναβάθμισης με στοιχεία για Παθητικά Κτίρια ^[17]

| Κλιματική Ζώνη σύμφωνα με το ΡΗΡΡ | Αδιαφανές Κέλυφος ¹ προς... | | | | Κουφώματα (συμπεριλαμβάνονται εξώθυρες) | | | Αερισμός | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|------|------|---|--|--|--|
| | ...έδαφος | ...εξωτερικό αέρα | | | Συνολικά ⁴ | | | Υαλοπίνακας ⁵ | Ηλιακό φορτίο ⁶ | Min. Ποσοστό ανάκτησης θερμότητας ⁷ | Min. Ποσοστό ανάκτησης υγρασίας ⁸ |
| | Μόνωση | Εξωτερική μόνωση | Εσωτερική μόνωση ² | Εξωτερική βαφή ³ | Max. Συντελεστής θερμοπερατότητας (U _{DW,ισοθετ.}) | | | Συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών (g-value) | Max. ειδικό ηλιακό φορτίο κατά την περίοδο ψύξης | | |
| | Max. Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) | | | | Ψυχρές βαφές | | | | | | |
| | [W/(m²K)] | | | | - | | | [W/(m²K)] | - | [kWh/m²a] | % |
| Αρκτική | | 0.09 | 0.25 | - | 0.45 | 0.50 | 0.60 | U _g - g*0.7 ≤ 0 | 100 | 80% | - |
| Ψυχρή | Υπολογιζόμενη στο ΡΗΡΡ με βάση τις συγκεκριμένες βαθμολογίες | 0.12 | 0.30 | - | 0.65 | 0.70 | 0.80 | U _g - g*1.0 ≤ 0 | | 80% | - |
| Ψυχρή-εύκρατη | | 0.15 | 0.35 | - | 0.85 | 1.00 | 1.10 | U _g - g*1.6 ≤ 0 | | 75% | - |
| Θερμή-εύκρατη | | 0.30 | 0.50 | - | 1.05 | 1.10 | 1.20 | U _g - g*2.8 ≤ -1 | | 75% | - |
| Θερμή | Θέρμανσης και ψύξης του έργου προς το έδαφος. | 0.50 | 0.75 | - | 1.25 | 1.30 | 1.40 | - | | - | - |
| Ζεστή | | 0.50 | 0.75 | Yes | 1.25 | 1.30 | 1.40 | - | | - | 60 % (υγρό κλίμα) |
| Πολύ ζεστή | | 0.25 | 0.45 | Yes | 1.05 | 1.10 | 1.20 | - | | - | 60 % (υγρό κλίμα) |

1 Αδιαφανής φάκελος κτιρίου

Εάν η αντίσταση σε θερμική μετάδοση (R value) των υπαρχόντων στοιχείων του κτιρίου ληφθεί υπόψη για τη βελτίωση των συντελεστών θερμοπερατότητας (U-value) των υπό ανακαίνιση δομικών στοιχείων, τότε αυτό πρέπει να εμφανιστεί σύμφωνα με τα αποδεκτά τεχνικά πρότυπα. Αρκεί να εφαρμοστεί μια συντηρητική προσέγγιση της θερμικής αγωγιμότητας των παρόντων υλικών ως σαν αποδεκτές τιμές αναφοράς. Εάν τα συνδεδεμένα στοιχεία των υπαρχόντων κτιρίων δεν είναι ξεκάθαρα καθορισμένα, πρότυπες προσεγγίσεις σύμφωνα με το έτος κατασκευής λαμβάνονται από κατάλληλους καταλόγους στοιχείων (π.χ. EnerPHit-εγχειρίδιο σχεδιαστή, PHI 2012 διαθέσιμο μόνο στα Γερμανικά), μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφόσον τα στοιχεία είναι συγκρίσιμα με τα παρόντα. Στις ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων, δεν είναι πάντοτε εφικτό να επιτευχθεί πλήρως αιτιολογημένη εξάλειψη θερμογεφυρών όπως επιτυγχάνεται στα νέα Παθητικά Κτίρια. Γενικά η επιρροή των θερμογεφυρών θα πρέπει πάντοτε να εξαλείφεται ή να ελαχιστοποιείται όσο γίνεται περισσότερο, εξασφαλίζοντας παράλληλα βέλτιστη σχέση κόστους –οφέλους. Θερμογεφυρές που αποτελούν μέρος του κατασκευαστικού συστήματος, π.χ. σύνδεσμοι τοίχων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμικής μετάδοσης αυτού του τμήματος της κατασκευής.

2 Εσωτερική Μόνωση

Μια σημαντική αιτία για τις χαμηλότερες απαιτήσεις της εσωτερικής μόνωσης (σε σύγκριση με την εξωτερική μόνωση) είναι ότι μειώνεται η διαθέσιμη προς αξιοποίηση περιοχή, επομένως γενικά μόνο οι εξωτερικοί τοίχοι θεωρούνται ότι έχουν εξωτερική μόνωση (εάν εφαρμόζεται), και όχι οι στέγες, οι οροφές των υπογείων και τα δάπεδα των ορόφων.

3 Εξωτερικό χρώμα

Ψυχρά χρώματα: χρώματα τα οποία έχουν χαμηλότερο συντελεστή απορρόφησης στο υπέρυθρο κομμάτι του ηλιακού φάσματος. Αυτό το κριτήριο καθορίζεται από το εγχειρίδιο ηλιακής ανάκλασης (solar reflectance index-SRI) το οποίο υπολογίζεται από την απορροφητικότητα και την ανακλαστικότητα στο PHPP σε συμφωνία με το διεθνές πρότυπο ASTM E1980-11. Ταράτσες (κλίση $\leq 10^\circ$): SRI ≥ 90 . Κεκλιμένες στέγες και τοίχοι (κλίση $> 10^\circ$ και $< 120^\circ$): SRI ≥ 50 . Πρέπει να χρησιμοποιηθούν τιμές από περιοχές εκτεθειμένες σε καιρικές συνθήκες για τουλάχιστον 3 χρόνια. Αν οι μετρήσεις είναι μόνο διαθέσιμες για τη νέα κατάσταση τότε η απορροφητικότητα πρέπει να μετατραπεί χρησιμοποιώντας υπολογισμούς στην καρτέλα του PHPP "Areas" που παρέχεται γι' αυτό το σκοπό. Για απλοποίηση, η ανακλαστικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει. Στις επόμενες περιπτώσεις, τα κριτήρια δε χρειάζεται να ικανοποιηθούν: "Πράσινες" επιφάνειες: επιφάνειες οι οποίες καλύπτονται από ηλιακούς συλλέκτες οπίσθιου εξαερισμού ή φωτοβολταϊκά στοιχεία (συμπεριλαμβανομένης της απόστασης που είναι απαραίτητη μεταξύ των στοιχείων), εσοχές στα στοιχεία του κτιρίου και ο σχετικός εξοπλισμός, προσπελάσιμες (στέγες) ταράτσες ή διάδρομοι, περιοχές οι οποίες είναι έντονα σκιασμένες ή δεν έχουν πρόσοψη στον ήλιο. Άλλες μεθοδολογίες μπορούν επίσης να εφαρμοστούν ως εναλλακτική στη χρήση ψυχρών χρωμάτων (π.χ. αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης πέρα από τα εφαρμοζόμενα κριτήρια για τα στοιχεία του κτιρίου), εάν αυτή η τεχνική δεν αυξάνει τη συνολική ζήτηση ψύξης σε σύγκριση με τη χρήση των ψυχρών χρωμάτων.

4 Κουφώματα, γενικά

Τα σχεδιαγράμματα απεικονίζουν τη σχετική κλίση του εγκατεστημένου παραθύρου. Σε κάθε περίπτωση χωριστά το κριτήριο κλίσης των στοιχείων θα εφαρμοστεί με βάση την προσέγγιση ποιο στοιχείο προσεγγίζει πιο πολύ την πραγματική κλίση του κουφώματος. Δε θα υπάρχει παρεμβολή ανάμεσα στα δύο κριτήρια. Παρόλα αυτά, εφόσον ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τζαμιού αλλάζει με την κλίση λόγω φυσικών διεργασιών, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τζαμιού U_g που ανταποκρίνεται στην πραγματική κλίση πρέπει να τεθεί για το ίδιο το παράθυρο. Στην περίπτωση μικρών κουφωμάτων πάνω από μια αναλογία με μέσο μήκος του πλαισίου 3 m/m^2 το όριο που αναφέρεται στον πίνακα

αυξάνεται σταθερά. Το όριο που εφαρμόζεται υπολογίζεται αυτόματα και φαίνεται στην καρτέλα "Verification" ("Έγκριση") του PHPP σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο: Προσθήκη στο υπάρχων όριο $[W/m^2K]: (I/A-3)/20$ I: Μήκος πλαισίου κουφώματος A: επιφάνεια κουφώματος

5 Υάλωση

Το όριο εφαρμόζεται μόνο για ενεργητικά θερμαινόμενα κτίρια με θερμική ζήτηση πάνω από $15kWh/(m^2a)$.

6 Ηλιακό φορτίο

Η οριακή τιμή εφαρμόζεται μόνο για ενεργητικά κλιματιζόμενα κτίρια με ένα ψυκτικό φορτίο πάνω από $15 kWh/(m^2a)$. Αναφέρεται στην ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται στο κτίριο ανά τετραγωνικό μέτρο υαλοπίνακα, αφού λάβουμε υπόψη τους συντελεστές μείωσης λόγω της σκίασης κλπ., επομένως πρέπει να συμβαδίζει με ένα μέσο όρο όλων των ευθυγραμμισμένων παραθύρων. Αν η οριακή τιμή ξεπεραστεί, τότε κατάλληλες παρεμβάσεις πρέπει να ληφθούν προκειμένου να μειωθεί το ηλιακό φορτίο στο σημείο όπου η τιμή προσαρμόζεται στο όριο ξανά. Αυτές περιλαμβάνουν κινητά αντικείμενα σκίασης, σκίαστρα και υαλοπίνακες αντηλιακής προστασίας (τα τελευταία εφαρμόζονται σε καθαρά ψυχρά κλίματα).

7 Εξαερισμός, ελάχιστη απόδοση ανάκτησης θερμότητας

Το κριτήριο ανάκτησης θερμότητας πρέπει να εφαρμόζεται πέρα από τα κριτήρια για τα "Πιστοποιημένα προϊόντα Παθητικών Κτιρίων" για όλο το σύστημα εξαερισμού, δηλαδή να περιλαμβάνει τις θερμικές απώλειες από τους θερμούς σωλήνες εξαερισμού οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στους ψυχρούς χώρους του κτιρίου και από τους ψυχρούς σωλήνες στους θερμούς χώρους.

⁸ Ελάχιστος συντελεστής ανάκτησης υγρασίας

Ένα "υγρό κλίμα" επικρατεί με ξηρές θερμοκρασίες για αφύγρανση πάνω από $15 kWh$ (βασισμένο στο σημείο δρόσου στους $17^{\circ}C$). Αυτό καθορίζεται αυτόματα στο PHPP.

Πίνακας 4.3 Κριτήρια EnerPHit της μεθόδου απαίτησης θέρμανσης (εναλλακτικά στον πίνακα 4.2) ^[17]

| Κλιματική Ζώνη σύμφωνα με το PHPP | Θέρμανση | Ψύξη |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | Max. Απαίτηση θέρμανσης | Max. Απαίτηση ψύξης + αφύγρανσης |
| | [kWh/(m ² a)] | [kWh/(m ² a)] |
| Αρκτική | 35 | Ίση με την απαίτηση Passive House |
| Ψυχρή | 30 | |
| Ψυχρή-εύκρατη | 25 | |
| Θερμή-εύκρατη | 20 | |
| Θερμή | 15 | |
| Ζεστή | - | |
| Πολύ ζεστή | - | |

Πίνακας 4.4 Γενικά κριτήρια EnerPHit (εφαρμόσιμα πάντοτε, ανεξάρτητα από την επιλεγείσα μέθοδο) ^[17]

| | | | Κριτήρια ¹ | | | Εναλλακτικά Κριτήρια ² |
|--|--------------------------|---|---|--|---|---|
| Αεροστεγανότητα | | | | | | |
| Αποτέλεσμα ελέγχου συμπίεσης n ₅₀ | [1/h] | ≤ | 1.0 | | | |
| Πρωτογενής Ενέργεια από ΑΠΕ (ΠΕΑ)³ | | | | | | |
| Απαίτηση ΠΕΑ ⁴ | [kWh/(m ² a)] | ≤ | Classic 60 + (Q _H - Q _{H,PH}) • f _{OPER,H} + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2 | Plus 45 + (Q _H - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2 | Premium 30 + (Q _H - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2 | ±15 kWh/(m ² a) απόκλιση από τα κριτήρια... |
| Παραγωγή ενέργειας ΑΠΕ ⁵ (σε σχέση με το προβαλλόμενο κτιριακό αποτύπωμα projected building footprint) | [kWh/(m ² a)] | ≥ | - | 60 | 120 | ...με αντιστάθμιση της παραπάνω απόκλισης από διαφορετική ποσότητα παραγωγής |

1 Κριτήρια και εναλλακτικά κριτήρια εφαρμόζονται σε όλες τις κλιματικές ζώνες παγκοσμίως. Η επιφάνεια αναφοράς για όλες τις οριακές τιμές είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια (TFA) υπολογιζόμενη σύμφωνα με την τελευταία έκδοση του βιβλίου οδηγιών PHPP (εξαιρέσεις: παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες σε σχέση με το προβαλλόμενο κτιριακό αποτύπωμα και αεροστεγανότητα σε σχέση με τον καθαρό εσωτερικό όγκο).

2 Δύο εναλλακτικά κριτήρια, τα οποία περικλείονται από διπλή γραμμή, μπορούν να αντικαταστήσουν αμφότερα τα παρακείμενα κριτήρια στα αριστερά, τα οποία επίσης περικλείονται από μια διπλή γραμμή.

3 Τα απαιτούμενα για την απαίτηση ΠΕΑ και την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ παρουσιάστηκαν πρώτη φορά το 2015. Ως εναλλακτική απόδειξη σε αυτά τα δύο κριτήρια για το πρότυπο Passive House Classic μπορεί να εξακολουθήσει σε μια μεταβατική περίοδο αποδεικνύοντας τη συμμόρφωση με την προηγούμενη απαίτηση για τη μη ανανεώσιμη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας: $Q_P \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + (Q_H - 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})) \cdot (1.2 + Q_C - Q_{C, \text{Passive House κριτήριο}})$. Στον παραπάνω τύπο αν οι συνθήκες " $(Q_H - 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}))$ " και " $Q_C - Q_{C, \text{Passive House κριτήριο}}$ " είναι κάτω του μηδενός, τότε θα υιοθετηθεί η τιμή μηδέν. Το PHI μπορεί να ορίσει άλλες εθνικές τιμές εκτός από την βασική τιμή των $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, που βασίζεται στους εθνικούς συντελεστές πρωτεύουσας ενέργειας. Η επιθυμητή μέθοδος επαλήθευσης μπορεί να επιλεγεί στο φύλλο εργασίας PHPP "Επαλήθευση". Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το προφίλ του πρωτογενούς ενεργειακού παράγοντα 1 στο PHPP.

4 Περιλαμβάνονται η ενέργεια θέρμανσης, ψύξης, αφύγρανσης, ζεστού νερού χρήσης, φωτισμού, βοηθητικού ηλεκτρισμού και ηλεκτρικών συσκευών. Η οριακή τιμή ισχύει για κατοικίες και τυπικά εκπαιδευτικά και διοικητικά κτίρια. Σε περίπτωση άλλων χρήσεων, εφόσον εμφανίζεται μια υπερβολικά υψηλή απαίτηση ηλεκτρισμού, τότε η οριακή τιμή μπορεί να αναθεωρηθεί προς τα πάνω ύστερα από συνεννόηση με το Passive House Institute. Για αυτό είναι απαραίτητη η απόδειξη αποδοτικής χρήσης ηλεκτρισμού, με την εξαίρεση των υφιστάμενων χρήσεων ηλεκτρισμού για τις οποίες μια βελτίωση της ηλεκτρικής αποδοτικότητας ή η αναβάθμιση τους σε παραγωγή από ΑΠΕ, δεν είναι οικονομικά αποδοτική στον κύκλο ζωής του κτιρίου.

Q_H : απαίτηση θέρμανσης

$Q_{H,PH}$: Κριτήριο Passive House για την απαίτηση θέρμανσης

$f_{OPER, H}$: σταθμισμένος Μ.Ο. των παραμέτρων ΠΕΑ του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου.

Q_C : ζήτηση ψύξης (περιλαμβανομένης της αφύγρανσης)

$Q_{C,PH}$: Κριτήριο Passive House για την απαίτηση ψύξης

Εάν οι όροι " $(Q_H - Q_{H,PH})$ " και " $(Q_C - Q_{C,PH})$ " είναι μικρότεροι του μηδενός, λαμβάνεται η τιμή μηδέν.

5 Εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που δεν συνδέονται χωρικά με το κτίριο λαμβάνονται επίσης υπόψη (εξαιρουμένης της χρήσης βιομάζας, μονάδων παραγωγής ενέργειας από απόβλητα και γεωθερμικής ενέργειας): μόνο νέες εγκαταστάσεις

μπορούν να συμπεριληφθούν (δηλαδή συστήματα που δεν άρχισαν τη λειτουργία τους πριν την έναρξη κατασκευής του κτιρίου) τα οποία ανήκουν στους ιδιοκτήτες ή στους μακροχρόνια χρήστες του κτιρίου (πρώτη εξαγορά). ^[17]

Εξαιρέσεις από EnerPHit

Οι οριακές τιμές του Πίνακα 4.2 για τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας των δομικών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μπορεί να ξεπεραστούν εάν είναι απολύτως απαραίτητο με βάση έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους επιτακτικούς λόγους:

- Εάν το απαιτεί η αρχαιολογική υπηρεσία
- Εάν δεν εξασφαλίζεται πλέον η σχέση κόστους / οφέλους ενός απαιτούμενου μέτρου λόγω εξαιρετικών περιστάσεων ή πρόσθετων απαιτήσεων
- Λόγω νομικών απαιτήσεων
- Εάν η εφαρμογή του απαιτούμενου προτύπου θερμικής μόνωσης, θα είχε ως αποτέλεσμα έναν μη αποδεκτό περιορισμό της χρήσης του κτιρίου ή των παρακείμενων εξωτερικών χώρων
- Εάν υπάρχουν ειδικές πρόσθετες απαιτήσεις (π.χ. πυρασφάλεια) και δεν υπάρχουν διαθέσιμα προϊόντα στην αγορά που να συμμορφώνονται επίσης με τα κριτήρια EnerPHit
- Εάν ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) των κουφωμάτων αυξάνεται λόγω της υψηλής θερμικής διαπερατότητας (Ψ τιμή) της εγκατάστασης κουφώματος που μετατοπίζεται προς τη μόνωση σε ένα τοίχο που έχει εσωτερική μόνωση
- Αν η κατασκευή χωρίς βλάβες, είναι δυνατή μόνο με μικρότερο πάχος μόνωσης στην περίπτωση εσωτερικής μόνωσης
- Εάν υπάρχουν άλλοι επιτακτικοί λόγοι σχετικοί με την κατασκευή
- Εάν το πάχος της θερμομόνωσης είναι περιορισμένο εξαιτίας οποιουδήποτε από τους προαναφερθέντες λόγους, και ισχύει μια εξαίρεση, τότε το πάχος μόνωσης που είναι ακόμα δυνατό πρέπει να εφαρμοστεί με ένα μονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης με θερμική αγωγιμότητα $\lambda \leq 0.025 \text{ W/(mK)}$ εάν αυτό μπορεί να εφαρμοστεί οικονομικά και χωρίς βλάβη (στην περίπτωση της εσωτερικής μόνωσης). Σε αυτή την

περίπτωση, η πρόσθετη εφαρμογή μιας περιβάλλουσας μόνωσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση των πλακών δαπέδου και των οροφών υπογείων. Το μέτρο πρέπει να εφαρμοστεί εάν αυτό είναι οικονομικά βιώσιμο. ^[17]

4.2.3 PHI Πρότυπο κτιρίου χαμηλής ενέργειας

Το PHI Πρότυπο Κτιρίου Χαμηλής Ενέργειας είναι κατάλληλο για κτίρια που δεν συμμορφώνονται πλήρως με τα κριτήρια του Παθητικού Κτιρίου για διάφορους λόγους.

Πίνακας 4.5 Γενικά κριτήρια EnerPHit (εφαρμόσιμα πάντοτε, ανεξάρτητα από την επιλεγείσα μέθοδο) ^[17]

| | | Κριτήρια ¹ | Εναλλακτικά Κριτήρια ² |
|--|---|---|---|
| Θέρμανση | | | |
| Απαίτηση θέρμανσης [kWh/(m ² a)] | ≤ | 30 | |
| Ψύξη | | | |
| Απαίτηση ψύξης+αφύγρανσης [kWh/(m ² a)] | ≤ | Passive House requirement ³ + 15 | |
| Αεροστεγανότητα | | | |
| Αποτέλεσμα ελέγχου συμπίεσης n ₅₀ [1/h] | ≤ | 1.0 | |
| Πρωτογενής Ενέργεια από ΑΠΕ (ΠΕΑ)⁴ | | | |
| Απαίτηση ΠΕΑ ⁵ [kWh/(m ² a)] | ≤ | 75 | Επιτρέπεται η υπέρβαση των κριτηρίων μέχρι +15 kWh/(m ² a) |
| Παραγωγή ενέργειας ΑΠΕ ⁶ (σε σχέση με το προβαλλόμενο κτιριακό αποτύπωμα projected building footprint) [kWh/(m ² a)] | ≥ | - | ...με αντιστάθμιση της παραπάνω απόκλισης από πρόσθετη ποσότητα παραγωγής |

1 Κριτήρια και εναλλακτικά κριτήρια ισχύουν για όλες τις κλιματικές ζώνες παγκοσμίως. Η περιοχή αναφοράς για όλες τις οριακές τιμές είναι η επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου (TFA) που υπολογίζεται σύμφωνα με την τελευταία έκδοση του εγχειριδίου PHPP (εξαιρέσεις: παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε σχέση με το προβλεπόμενο αποτύπωμα του κτιρίου και την αεροστεγανότητα σε σχέση με τον καθαρό όγκο αέρα).

2 Δύο εναλλακτικά κριτήρια που περικλείονται από μια διπλή γραμμή μαζί μπορούν να αντικαταστήσουν αμφότερα τα παρακαείμενα κριτήρια στα αριστερά, τα οποία επίσης περικλείονται από μια διπλή γραμμή.

3 Η βάση είναι το μέγιστο των δύο εναλλακτικών κριτηρίων του Παθητικού Κτιρίου για την απαίτηση ψύξης. Το κριτήριο του Παθητικού Κτιρίου για το φορτίο ψύξης δεν ισχύει. Το κριτήριο που ισχύει για το αντίστοιχο κτίριο υπολογίζεται αυτόματα στο PHPP και εμφανίζεται στο φύλλο εργασίας "Επαλήθευση".

4 Οι απαιτήσεις για την ζήτηση PER και την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας εισήχθησαν για πρώτη φορά το 2015. Ως εναλλακτική λύση στα δύο αυτά κριτήρια, στοιχεία για το

πρότυπο PHI Low Energy Building Standard μπορούν να παρασχεθούν σε μια μεταβατική φάση αποδεικνύοντας ότι τηρείται η απαίτηση για μη ανανεώσιμη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας (PE) of $Q_P \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Το PHI μπορεί να καθορίσει άλλες εθνικές αξίες με βάση τους εθνικούς συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας. Η επιθυμητή μέθοδος επαλήθευσης μπορεί να επιλεγεί στο φύλλο εργασίας PHPP "Επαλήθευση". Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το προφίλ του πρωτογενούς ενεργειακού παράγοντα 1 στο PHPP.

5 Παρέχεται ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, αφύγρανση, ζεστό νερό, φωτισμό, βοηθητικό ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρικές συσκευές. Η οριακή τιμή ισχύει για κατοικίες και τυπικά εκπαιδευτικά και διοικητικά κτίρια. Σε περίπτωση εξαιρέσεων από αυτή, εάν υπάρξει εξαιρετικά μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, τότε μπορεί να ξεπεραστεί και η οριακή τιμή μετά από διαβούλευση με το Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου. Η αποδοτική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις σχετικές συσκευές και συστήματα είναι απαραίτητη για αυτό, με εξαίρεση τις υπάρχουσες συσκευές που ανήκουν ήδη στο χρήστη και για τις οποίες η βελτίωση της ηλεκτρικής απόδοσης μέσω αναβάθμισης ή ανανέωσης θα αποδειχθεί μη οικονομική καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

6 Οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίες δεν είναι χωρικά συνδεδεμένες με το κτίριο, μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη (εκτός από τη χρήση βιομάζας, τις μονάδες παραγωγής αποβλήτων και τη γεωθερμική ενέργεια): μπορούν να συμπεριληφθούν μόνο νέα συστήματα (δηλ. πριν από την έναρξη της κατασκευής του κτιρίου) που ανήκουν στον ιδιοκτήτη του κτιρίου ή στους (μακροχρόνιους) χρήστες (πρώτη εξαγορά).^[17]

4.3 Γενικά ελάχιστα κριτήρια για όλα τα Πρότυπα

Εκτός από το υψηλό επίπεδο ενεργειακής απόδοσης, τα Παθητικά Κτίρια και τα κτίρια που ανακαινίστηκαν στο πρότυπο EnerPHit προσφέρουν ένα βέλτιστο επίπεδο θερμικής άνεσης και υψηλό βαθμό ικανοποίησης των χρηστών καθώς και προστασία από ζημιές που σχετίζονται με τη συμπύκνωση υδρατμών. Προκειμένου να διασφαλιστεί αυτό, πρέπει να τηρηθούν και τα ελάχιστα κριτήρια που αναφέρονται παρακάτω, επιπλέον των κριτηρίων των σημείων 4.1 έως 4.3. Με εξαίρεση την θερμική άνεση, οι απαιτήσεις αυτές ισχύουν και για τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης PHI.^[17]

4.3.1 Συχνότητα υπερθέρμανσης

Ποσοστό ωρών στη διάρκεια ενός έτους με εσωτερικές θερμοκρασίες άνω των 25 ° C

- χωρίς ενεργή ψύξη: $\leq 10\%$
- με ενεργή ψύξη: το σύστημα ψύξης πρέπει να είναι επαρκώς διαστασιολογημένο. Ποσοστό ωρών στη διάρκεια ενός έτους με απόλυτα επίπεδα υγρασίας εσωτερικού αέρα άνω των 12 g/kg
- χωρίς ενεργή ψύξη: $\leq 20\%$
με ενεργή ψύξη: $\leq 10\%$ ^[17]

4.3.2 Ελάχιστη θερμική προστασία

Γενικά, το ελάχιστο επίπεδο θερμικής προστασίας καλύπτεται ήδη από τα πολύ αυστηρότερα κριτήρια που αναφέρονται στα σημεία 4.2.1 έως 4.2.3. Επομένως, τα ακόλουθα ελάχιστα κριτήρια δεν χρειάζεται να εξεταστούν ξεχωριστά, εάν χρησιμοποιούνται τα ενδεικνύμενα προϊόντα για ΠΚ. Εάν ένα κατασκευαστικό στοιχείο αποτύχει να επιτύχει τις απαιτήσεις θερμικής άνεσης σε μεμονωμένες περιπτώσεις, εμφανίζεται ένα κόκκινο προειδοποιητικό σύμβολο δίπλα του στο RHPP (δεν υπάρχει τέτοια προειδοποίηση για την απαίτηση προστασίας από την υγρασία στο RHPP).

Τα κριτήρια για το ελάχιστο επίπεδο θερμικής προστασίας ισχύουν πάντοτε ανεξάρτητα από το ενεργειακό πρότυπο και πρέπει να τηρούνται ακόμη και αν χρησιμοποιούνται εξαιρέσεις EnerPHit. Ισχύουν για κάθε μεμονωμένο δομικό στοιχείο από μόνο του (π.χ. τοποθέτηση σε τοίχο, παράθυρο, λεπτομέρειες σύνδεσης). Η μέτρηση του μέσου όρου πολλών διαφορετικών κατασκευαστικών στοιχείων ως απόδειξη της συμμόρφωσης με τα κριτήρια δεν επιτρέπεται. Σε αντίθεση με αυτά, τα κριτήρια θερμικής άνεσης δεν ισχύουν για τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης PHI. Οι απαιτήσεις προστασίας της υγρασίας, ωστόσο, ισχύουν επίσης για αυτό το πρότυπο. ^[17]

Θερμική άνεση

Για τις κλιματικές ζώνες από αρκτικές έως θερμές θερμοκρασίες, οι θερμοκρασίες εσωτερικής επιφάνειας των τυποποιημένων διατομών τοίχων και οροφών καθώς και οι μέσες θερμοκρασίες εσωτερικής επιφάνειας των παραθύρων δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 4.2K κάτω από την λειτουργική εσωτερική θερμοκρασία. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου δεν πρέπει να πέσει κάτω από τους 19 °C. Οι απαιτήσεις θα ελέγχονται στο PHPP με εσωτερική θερμοκρασία 22 °C και ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία που λαμβάνεται από τα δεδομένα κλιματολογικής ρύθμισης για τη θέση του κτιρίου. Για τα δομικά στοιχεία που έρχονται σε επαφή με το υπόγειο ή το έδαφος, η απαίτηση για την τιμή U θα διαιρείται με τον συντελεστή μείωσης f_T ("συντελεστής μείωσης εδάφους" στο φύλλο PHPP "Ground"). Για τα μικρά παράθυρα η απαίτηση θα μετριάσει με προσθήκη στην οριακή τιμή ανάλογα με το μέγεθος του παραθύρου.

Στις ζεστές έως πολύ θερμές κλιματικές ζώνες οι τιμές U των στοιχείων οροφής ενδέχεται να μην είναι υψηλότερες από τις απαιτήσεις του στοιχείου EnerPHit για παράθυρα της ίδιας κλίσης. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις θερμικής άνεσης για τοίχους και δάπεδα σε αυτές τις κλιματικές ζώνες.

Επιπρόσθετα, ισχύουν οι ακόλουθες εξαιρέσεις από τις απαιτήσεις θερμικής άνεσης:

- Οι απαιτήσεις δεν ισχύουν για περιοχές που δεν είναι δίπλα σε δωμάτια με διαρκή χρήση ή για ξεχωριστές απομονωμένες περιοχές μικρότερες από 1 m².
- Για τα παράθυρα και τις πόρτες, η υπέρβαση της οριακής τιμής επιτρέπεται εάν οι χαμηλές θερμοκρασίες που προκύπτουν στο εσωτερικό αντισταθμίζονται με τη βοήθεια επιφανειών θέρμανσης ή εάν για άλλους λόγους δεν υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τη θερμική άνεση.
- Οι απαιτήσεις για ζεστά έως πολύ ζεστά κλίματα δεν ισχύουν εάν το δομικό στοιχείο σκιάζεται εξωτερικά σε μεγάλο βαθμό.
- Εναλλακτικά, τα κριτήρια για θερμική άνεση θα θεωρηθούν ότι πληρούνται εάν αποδεικνύονται οι συνθήκες άνεσης σύμφωνα με το DIN EN ISO 7730.

[17]

Πίνακας 4.6 Κριτήρια για προστασία από υγρασία ^[17]

| Κλιματική Ζώνη | Min. Συντελεστής θερμοκρασίας |
|----------------|--------------------------------------|
| | $f_{Rsi}=0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| | □ |
| Αρκτική | 0.80 |
| Ψυχρή | 0.75 |
| Ψυχρή-εύκρατη | 0.70 |
| Θερμή-εύκρατη | 0,65 |
| Θερμή | 0.55 |
| Ζεστή | - |
| Πολύ ζεστή | - |

Προστασία από την υγρασία

Εκτός από την απαίτηση για τη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του δομικού στοιχείου ($f_{Rsi} = 0.25 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$) που αναφέρεται στον πίνακα 4.6, όλες οι τυποποιημένες διατομές και λεπτομέρειες σύνδεσης πρέπει επίσης να σχεδιάζονται και να εκτελούνται έτσι ώστε να αποκλείεται η υπερβολική συγκέντρωση υγρασίας στο δομικό στοιχείο με την προβλεπόμενη χρήση του κτιρίου. ^[17]

4.3.3 Ικανοποίηση των ενοίκων

Εξαιρέσεις από τις παρακάτω απαιτήσεις είναι δυνατές σε δικαιολογημένες περιπτώσεις, εφόσον δεν υπάρχει σημαντική πιθανότητα να επηρεαστεί η ικανοποίηση των ενοίκων.

- Όλα τα δωμάτια με διαρκή χρήση πρέπει να διαθέτουν τουλάχιστον ένα λειτουργικό παράθυρο.
- Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να χειριστεί τα στοιχεία φωτισμού και προσωρινής σκίασης. Προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στον έλεγχο από τον χρήστη για οποιαδήποτε αυτόματη ρύθμιση.
- Σε περίπτωση ενεργητικής θέρμανσης ή / και ψύξης, οι χρήστες πρέπει να έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας για κάθε μονάδα χρήσης.
- Η τεχνολογία θέρμανσης ή κλιματισμού πρέπει να είναι κατάλληλα διαστασιολογημένη ώστε να εξασφαλίζει τις καθορισμένες θερμοκρασίες για θέρμανση ή ψύξη υπό όλες τις αναμενόμενες συνθήκες

Σύστημα εξαερισμού:

- Έλεγχος. Ο ρυθμός ροής του εξαερισμού πρέπει να είναι ρυθμιζόμενος για την πραγματική ζήτηση. Στις κατοικίες, ο ρυθμός ροής όγκου πρέπει να είναι ρυθμιζόμενος από το χρήστη για κάθε μονάδα διαμονής (συνιστώνται τρεις ρυθμίσεις: τυπική ροή όγκου / τυπική ροή όγκου +30% / τυπική ροή όγκου - 30%).
- Εξαερισμός σε όλα τα δωμάτια. Όλα τα δωμάτια εντός του θερμικού φακέλου πρέπει να αερίζονται άμεσα ή έμμεσα (μεταφερόμενος αέρας) με επαρκή παροχή όγκου. Αυτό ισχύει και για δωμάτια που δεν χρησιμοποιούνται συνεχώς από άτομα, εφόσον ο μηχανικός αερισμός αυτών των δωματίων δεν συμπεριλαμβάνει δυσανάλογα υψηλές δαπάνες.
- Υπερβολικά χαμηλή σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα. Εάν η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από 30% στο PHPP για έναν ή αρκετούς μήνες, πρέπει να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικά μέτρα αντιμετώπισης (π.χ. ανάκτηση υγρασίας, υγραντήρες αέρα, αυτόματος έλεγχος βάσει ζώνης, ανεπτυγμένος κλιμακωτός αερισμός ή παρακολούθηση της πραγματικής σχετικής υγρασίας του αέρα για την επιλογή των μεταγενέστερων μέτρων).
- Επίπεδο ήχου. Το σύστημα εξαερισμού δεν πρέπει να παράγει θόρυβο σε χώρους με διαρκή χρήση. Οι συνιστώμενες τιμές για το ηχητικό επίπεδο είναι:“
 - ≤ 25 db(A): στην προσαγωγή αέρα σε κτίρια κατοικιών και υπνοδωματίων και χώρων αναψυχής σε μη οικιστικά κτίρια
 - ≤ 30 db(A): στα δωμάτια σε μη οικιστικά κτίρια (εκτός από υπνοδωμάτια και αίθουσες χαλάρωσης) και αίθουσες απαγωγής αέρα σε κτίρια κατοικιών
- Ρεύματα. Το σύστημα εξαερισμού δεν πρέπει να προκαλεί ρεύματα αέρα. ^[17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η κατασκευή ενός Παθητικού Κτιρίου απαιτεί συγκεκριμένα υλικά που αφορούν το κέλυφος, τα κουφώματα και τον μηχανολογικό εξοπλισμό αυτού. Πρέπει να ακολουθηθούν κάποιες ενέργειες για να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΠΚ καθώς και οι πέντε βασικές αρχές. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει μια ευρεία γκάμα πιστοποιημένων υλικών Παθητικών Κτιρίων (Component Database) υπό την αιγίδα του ΡΗΙ που παρέχει πληροφορίες για κάθε διαφορετικό τύπο ή μοντέλο υλικού που αποσκοπεί στη κατασκευή του κτιρίου. Αυτό δε σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο πιστοποιημένα υλικά για να είναι ένα ΠΚ πιστοποιημένο. Πόσο μάλλον στην Ελλάδα, όπου τα περισσότερα πιστοποιημένα υλικά είναι εντελώς άγνωστα στο χώρο των κατασκευών (η Ελλάδα από τα παρακάτω υλικά παράγει μόνο κουφώματα), καθώς η κατασκευή/ανακαίνιση ενός Παθητικού Κτιρίου δεν είναι ευρέως γνωστή. Παρακάτω αναφέρω τα πιστοποιημένα υλικά (ανά κατηγορία) που υπάρχουν στη βάση δεδομένων: ^[20]

1. Διαφανές «περίβλημα» κτιρίου

- Κουφώματα
- Κουφώματα οροφής
- Φεγγίτες
- Συστήματα «τοιχου κουρτίνας» (Curtain wall systems)
- Γυάλινες οροφές
- Ανοιγόμενα στοιχεία στη γυάλινη οροφή
- Παντζούρια
- Θύρες εισόδου
- Συρόμενες θύρες
- Υαλοπίνακας
- Αποστάτες υαλοπινάκων

2. Αδιαφανές «περίβλημα» κτιρίου

- Κατασκευαστικά συστήματα
- Πλάκες δαπέδου
- Συνδέσεις τοίχων και στυλών
- Συνδέσεις εξωστών
- Σταθεροποιητές πρόσοψης (Façade anchors)
- ICF (Μόνωση ξυλότυπου σκυροδέματος) για στηθαία δώματος
- Σκάλα σοφίτας
- Συστήματα καπνοδόχου
- Συστήματα αεροστεγανότητας

3. Οικοδομικές υπηρεσίες

- Αντλίες θερμότητας
- Συστήματα εξαερισμού (χωρητικότητας $< 600 \text{ m}^3 / \text{h}$)
- Συστήματα εξαερισμού (χωρητικότητας $> 600 \text{ m}^3 / \text{h}$)
- Αποκεντρωμένο σύστημα εξαερισμού (μόνο μονόκλινο δωμάτιο ή με σύνδεση δεύτερου δωματίου)
- Αποκεντρωμένο σύστημα εξαερισμού (δωμάτιο σχολείου)
- Ανάκτηση θερμότητας αποστραγγισμένου νερού
- Σύστημα εξαμιζόμενου αέρα (exhaust air)

5.1 Κέλυφος κτιρίου

Αναφέρεται στα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου ή κτιριακής μονάδας που διαχωρίζουν το εσωτερικό του από το εξωτερικό περιβάλλον. Το εσωτερικό του κτιρίου επιτρέπει να επικρατεί το άνετο κλίμα, ενώ το εξωτερικό καθορίζεται από τον καιρό. Προκειμένου να διατηρηθούν άνετες εσωτερικές συνθήκες σε κτίρια χαμηλής ενέργειας, ολόκληρο το περίβλημα του κτιρίου πρέπει να είναι τέλεια μονωμένο και να αποτρέπει από τυχόν διαρροές αέρα.



Εικόνα 5.1 Τα μέρη ενός «φακέλου» κτιρίου [21]

Η πιο σημαντική αρχή για μία ενεργειακά αποδοτική κατασκευή είναι ένας συνεχής μονωτικός φάκελος σε όλο το κτίριο, ο οποίος ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες. Εκτός από το μονωτικό περίβλημα θα πρέπει επίσης να υπάρχει ένα αεροστεγές στρώμα καθώς τα περισσότερα μονωτικά υλικά δεν είναι αεροστεγή.

Ανεξάρτητα από την κατασκευή, τα υλικά ή την οικοδομική τεχνολογία, ισχύει πάντα ένας κανόνας: τόσο τα μονωτικά όσο και τα αεροστεγή στρώματα πρέπει να είναι συνεχή. [1]

5.1.1 Σκελετός κτιρίου

Δεν υπάρχει συγκεκριμένο σύστημα κατασκευής ΠΚ, σχεδόν οποιοδήποτε σύστημα κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να προσαρμοστεί στην επίτευξή του με το καθένα ξεχωριστά να έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και τις δικές του προκλήσεις.

Το θέμα είναι ποιο είναι το καταλληλότερο σύστημα ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του πρότυπου Passive House - όπως η αεροστεγανότητα - δεδομένου του συγκεκριμένου τύπου κτιρίου που σχεδιάζεται, της λειτουργίας και της μορφής που αναπτύσσεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να αποφεύγεται η ανάμειξη διαφορετικών υλικών σκελετού σε ένα κτίριο (κυρίως κατοικίας), καθώς αυτό εισάγει διεπαφές που θα κάνουν το ΠΚ πιο απαιτητικό και ακριβό απ' ό τι είναι.

Ένας σημαντικός παράγοντας στην επιλογή σκελετού, είναι η διαδρομή προμηθειών και η διαθεσιμότητα κατάλληλου εργολάβου για το έργο. Για παράδειγμα, αν σε ένα οικιακό έργο οι τοπικοί κατασκευαστές έχουν εμπειρία στην παραδοσιακή τοιχοποιία (σκυρόδεμα) τότε θα χρησιμοποιηθεί ως κύριο υλικό το σκυρόδεμα. Αυτό στοχεύει στον μεγαλύτερο βαθμό επιτυχίας, σε συνεργασία με τη διαθέσιμη βάση δεξιοτήτων.

Ακολουθούν οι τυπικοί τρόποι κατασκευής του σκελετού ενός κτιρίου:

- Χαλύβδινος (Steel frame)
- Τσιμεντένιος (Concrete frame)
- Ξύλινος (Timber frame)
- Με οπτοπλινθοδομή (Traditional masonry) ^[22]

5.2 Κουφώματα και υαλοπίνακες

Ως το πιο αδύναμο μέρος του κτιρίου, τα παράθυρα απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στα ΠΚ και είναι απαραίτητο τα εγκατεστημένα παράθυρα να είναι πολύ υψηλής ποιότητας. Σε συνάρτηση με το κλίμα, ποικίλα επίπεδα μόνωσης πλαισίου και διαφορετικά χαρακτηριστικά υαλοπινάκων μπορεί να απαιτούνται για να διασφαλιστεί η ποιότητα θερμικής άνεσης στους χώρους διαβίωσης και εργασίας. Ωστόσο, η μέση θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών ενός κουφώματος δε πρέπει να πέσει κάτω από τους 17 °C σε μια κρύα ημέρα, χωρίς τη βοήθεια τυχόν καλοριφέρ που είναι εγκατεστημένα κάτω από αυτά.

Αυτή η οδηγία άνεσης εξασφαλίζει τη βέλτιστη θερμική άνεση ακόμη και σε άμεση γειννίαση με ένα κούφωμα. Για παράδειγμα, σε δροσερά και εύκρατα κλίματα, απαιτούνται ισχυρά μονωμένα πλαίσια και τριπλοί υαλοπίνακες χαμηλής θερμικής εκπομπής, με αποτέλεσμα να υπάρχουν τιμές U (συντελεστής θερμοπερατότητας) μικρότερες από 0.85 W / (m²K) για ένα εγκατεστημένο κούφωμα.

Πίνακας 5.1 Τιμές U-Value διαφόρων υαλοπινάκων ^[23]

| Τύποι υαλοπινάκων | U-Value | Θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας* |
|-------------------|---------|------------------------------------|
| Μονός | 5.8 | -1.8 °C |
| Διπλός | 2.8 | 9.5 °C |
| Υπερ-μονωμένος | 11 | 15.9 °C |
| Τριπλός | 0.6 | 18 °C |

*για εσωτερική θερμοκρασία -10 °C και εξωτερική 20 °C

Το πλαίσιο του κουφώματος παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαμόρφωση. Για τυπικά μεγέθη παραθύρων, ο σκελετός αντιστοιχεί μεταξύ 30 και 40 τοις εκατό της συνολικής επιφάνειας του παραθύρου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, προτιμώνται τα λεπτότερα πλαίσια και οι μεγαλύτερες γυάλινες

επιφάνειες καθώς η θερμική απόδοση του γυαλιού είναι καλύτερη από εκείνη του πλαισίου. Οι υψηλότερες αναλογίες γυαλιού προς πλαίσιο επιτρέπουν έτσι υψηλότερα ηλιακά ενεργειακά κέρδη.

Πίνακας 5.2 Ενεργειακή απόδοση υαλοπινάκων [24]

| Τύποι υαλοπινάκων | Παράγοντας U | SGHC | VT |
|---|--------------|------|------|
| Μονό, διαφανής | 0.84 | 0.64 | 0.65 |
| Μονό με απόχρωση | 0.84 | 0.54 | 0.49 |
| Διπλό, διαφανής | 0.49 | 0.56 | 0.59 |
| Διπλό με απόχρωση | 0.49 | 0.47 | 0.44 |
| Διπλό με υψηλής απόδοσης απόχρωση | 0.49 | 0.39 | 0.44 |
| Διπλό με υψηλό ηλιακό κέρδος χαμηλής εκπομπής (low-e) | 0.37 | 0.53 | 0.54 |
| Διπλό με μεσαίο ηλιακό κέρδος χαμηλής εκπομπής | 0.35 | 0.44 | 0.56 |
| Διπλό με χαμηλό ηλιακό κέρδος χαμηλής εκπομπής | 0.34 | 0.30 | 0.51 |
| Τριπλό με μεσαίο ηλιακό κέρδος χαμηλής εκπομπής | 0.29 | 0.28 | 0.47 |
| Τριπλό με χαμηλό ηλιακό κέρδος χαμηλής εκπομπής | 0.28 | 0.25 | 0.40 |

SGHC: Συντελεστής ηλιακής θερμότητας

VT: Ορατή μετάδοση (φωτός)

Τα πλαίσια δεν πρέπει μόνο να είναι λεπτά, αλλά πρέπει να είναι και καλά μονωμένα. Οι θερμικές απώλειες μέσω συμβατικών πλαισίων παραθύρων είναι πολύ υψηλότερες από αυτές των μέσο μονωμένων. Οι πρόσθετες απώλειες θερμότητας στα άκρα των υαλοπινάκων είναι επίσης σημαντικές σε σχέση με αυτά των συμβατικών κατοικιών και μπορεί να μειωθούν σημαντικά εάν θερμικά χρησιμοποιείται βελτιωμένο άκρο στεγανοποίησης. Ένα καλά μονωμένο πλαίσιο είναι απαραίτητο για παράθυρα υψηλής ποιότητας. Επομένως οι τριπλοί υαλοπίνακες και τα μονωμένα πλαίσια, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, είναι απαραίτητα σε δροσερά - εύκρατα κλίματα ενώ σε θερμότερα κλίματα, ένα κούφωμα με διπλούς υαλοπίνακες και με μέτρια μονωμένο πλαίσιο είναι συχνό φαινόμενο. Σε ψυχρότερα κλίματα, μπορεί να υπάρχει μια κάποια προτίμηση σε τετραπλούς υαλοπίνακες, ενώ ενδέχεται να απαιτηθούν περαιτέρω βελτιώσεις στη μόνωση του πλαισίου. [25]



* Αδρανές (ευγενές) άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη τοξικό αέριο το οποίο (συν)υπάρχει στην ατμόσφαιρα κοντά στο 1%, μαζί με το οξυγόνο και το άζωτο.

** Με αυτά ενώνονται οι υαλοπίνακες μεταξύ τους.

*** Είναι ένα συνεχές φράγμα μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών πλαισίων του κουφώματος που εμποδίζει την αγωγιμότητα απόλειας θερμικής ενέργειας.

Εικόνα 5.2 Τομή τυπικού αλουμινένιου κουφώματος με τριπλό υαλοπίνακα [26]

Η τοποθέτηση πιστοποιημένου κουφώματος δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχεδιασμό, υλοποίηση και πιστοποίηση Παθητικού Κτιρίου. Στην αγορά κυκλοφορούν κουφώματα καλής ποιότητας τα οποία δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Υπάρχουν πολλά αξιολογικά κουφώματα που δεν έχουν πιστοποιητικά που να αποδεικνύουν με αξιοπιστία την ενεργειακή τους συμπεριφορά. Απλώς, η προτίμηση των πιστοποιημένων κουφωμάτων διασφαλίζει περαιτέρω την ποιότητα κατασκευής και την επίτευξη των κριτηρίων του Παθητικού Κτιρίου. [7]

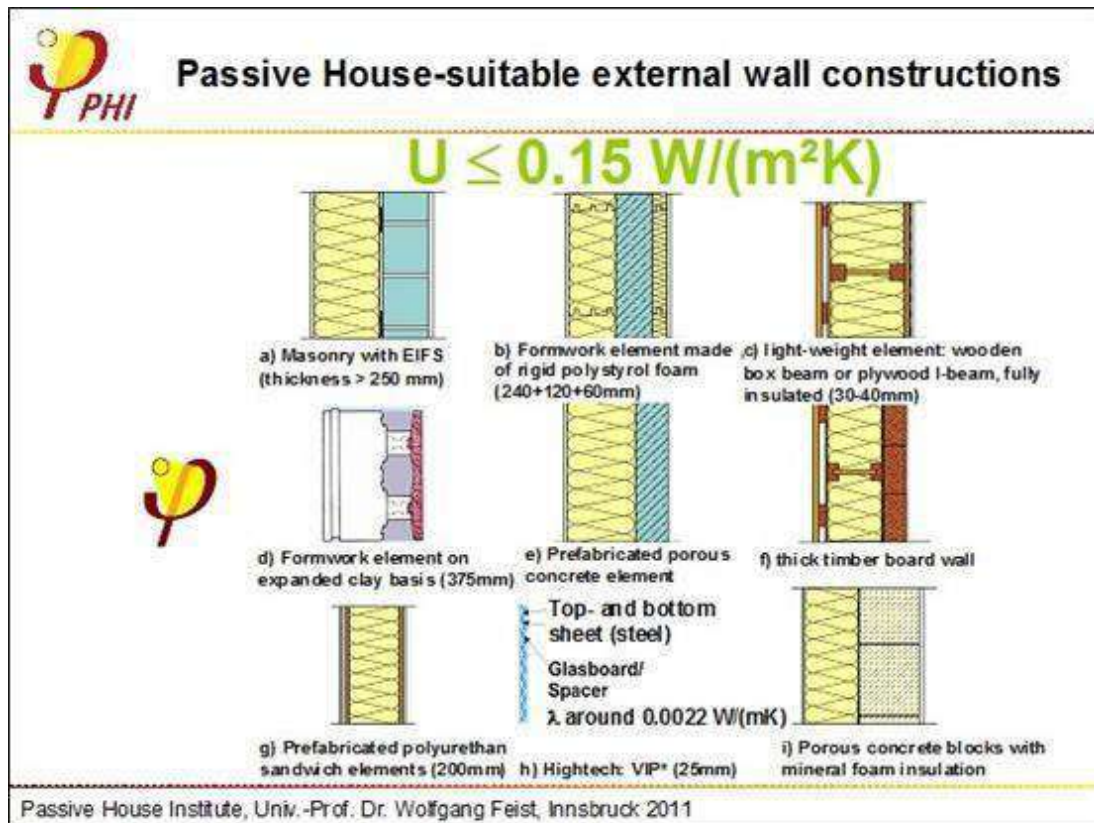
5.3 Μόνωση

Οι τιμές U (θερμική διαπερατότητα) των εξωτερικών τοίχων, πλακών δαπέδου και περιοχών στέγης των ΠΚ κυμαίνονται από 0.10 έως 0.15 $W/(m^2K)$ (για το κλίμα της Κεντρικής Ευρώπης, οι συγκεκριμένες τιμές ενδέχεται να είναι ελαφρώς υψηλότερες ή χαμηλότερες ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες). Αυτές οι τιμές δεν είναι μόνο σημεία αναφοράς για όλες τις μεθόδους κατασκευής, αλλά και οι πιο οικονομικά αποδοτικές τιμές στις σημερινές τιμές ενέργειας.

Οι θερμικές απώλειες, κατά τη διάρκεια ψυχρών περιόδων είναι επομένως αμελητέες μικρές και η θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών είναι σχεδόν η ίδια με τη θερμοκρασία του αέρα, ανεξάρτητα από τον τύπο της θέρμανσης που χρησιμοποιείται. Αυτό οδηγεί σε πολύ υψηλό επίπεδο άνεσης και σε αξιόπιστη πρόληψη βλαβών στο κτίριο λόγω συσσωρευμένης υγρασίας.

Σε θερμότερα κλίματα ή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η καλή μόνωση παρέχει επίσης προστασία από τη θερμότητα. Τα αποτελεσματικά σκίαστρα για τα κουφώματα και ο επαρκής αερισμός είναι επίσης απαραίτητα για να εξασφαλιστεί το μέγιστο επίπεδο άνεσης κατά τη διάρκεια ζεστών περιόδων.

Η καλή μόνωση και η αεροστεγής κατασκευή έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικές στα ΠΚ. Μια άλλη βασική αρχή είναι ο «σχεδιασμός χωρίς θερμογέφυρες»: η μόνωση εφαρμόζεται δίχως «αδύνατα σημεία» σε ολόκληρο το κτίριο έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι κρύες γωνίες καθώς και οι υπερβολικές θερμικές απώλειες. Αυτή η μέθοδος αποτελεί άλλη βασική αρχή που διασφαλίζει υψηλό επίπεδο ποιότητας και άνεσης στα Παθητικά Κτίρια, ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει ζημιές λόγω συσσώρευσης της υγρασίας.



*VIP = Vacuum Insulation Panel = μονωτικό πάνελ κενού

Εικόνα 5.3 Προτεινόμενη κατασκευή εξωτερικού τοίχου για Παθητικό Κτίριο (δροσερό-μέτριο κλίμα)^[1]

Οι θερμικές απώλειες σε ένα τυπικό δομικό στοιχείο, δηλαδή εξωτερικός τοίχος, δάπεδο, οροφή τελευταίου ορόφου ή στέγη, καθορίζονται από την τιμή U ή τον συνολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (πρώην τιμή k). Αυτή η τιμή δείχνει τον ρυθμό μεταφοράς θερμότητας μέσω ενός συγκεκριμένου συστατικού σε μια δεδομένη περιοχή εάν η διαφορά θερμοκρασίας είναι ένας βαθμός (1 Kelvin). Η μονάδα μέτρησης της τιμής U είναι συνεπώς $W/(m^2K)$. Όσο μικρότερη είναι η τιμή U , τόσο καλύτερο είναι το επίπεδο μόνωσης.

Για τον υπολογισμό της θερμικής απώλειας μέσω ενός τοίχου, πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή U με τη διαφορά περιοχής και θερμοκρασίας. Στην Κεντρική Ευρώπη, οι μέσες θερμοκρασίες που μετρούνται κατά τη διάρκεια σοβαρών χειμερινών περιόδων είναι $-12\text{ }^\circ\text{C}$ έξω και $21\text{ }^\circ\text{C}$ μέσα.

Για τον υπολογισμό των ετήσιων θερμικών απωλειών, πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή U με τη μέση διαφορά θερμοκρασίας στην περίοδο θέρμανσης με τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, ή με άλλους όρους, να πολλαπλασιαστεί η τιμή U με τις

ώρες βαθμού θέρμανσης - που είναι 78.000 ώρες βαθμού για ένα μέσο κλίμα της Κεντρικής Ευρώπης.

Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα μιας μικρής μονοκατοικίας με εξωτερική επιφάνεια τοίχου 100 m², υπολογίστηκαν οι ακόλουθες τιμές για διάφορες τιμές U:

Πίνακας 5.3 Διάφορες ποσότητες για συγκεκριμένες τιμές θερμοπερατότητας ^[1]

| U – value (W/(m ² K)) | Ποσοστό θερμικής απώλειας (W) | Ετήσιες θερμικές απώλειες (k Wh/χρόνο) | Ετήσια κόστη, μόνο για εξωτερικό τοίχο (€/χρόνο) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| 1.00 | 3,300 | 7,800 | 515.00 |
| 0.80 | 2,640 | 6,200 | 409.00 |
| 0.60 | 1,980 | 4,700 | 310.00 |
| 0.40 | 1,320 | 3,100 | 205.00 |
| 0.20 | 660 | 1,600 | 106.00 |
| 0.15 | 495 | 1,200 | 79.00 |
| 0.10 | 330 | 800 | 53.00 |

Η απώλεια θερμότητας είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ενεργειακή ισορροπία ενός κτιρίου. Οποιαδήποτε απώλεια πρέπει να αντισταθμιστεί με αντίστοιχο κέρδος θερμότητας, διαφορετικά η θερμοκρασία μέσα στο κτίριο θα μειωθεί.

Ένα τυπικό σύστημα συμπαγούς θέρμανσης Passive House μπορεί να παρέχει ισχύ θέρμανσης περίπου 1,000 W (αυτή είναι η τυπική απόδοση ενός στεγνωτήρα μαλλιών). Η τιμή U ενός τοίχου ΠΚ πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή. Διαφορετικά, ένα σημαντικό μέρος αυτής της ισχύος θα εξαντληθεί από τον εξωτερικό τοίχο: για τυπικά κτίρια της Κεντρικής Ευρώπης, οι τιμές U των τοίχων για τα ΠΚ πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 0.10 και 0.15 W/(m²K). Ανάλογα με το κλίμα, αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι κάπως υψηλότερα ή χαμηλότερα.

Τέτοιες χαμηλές τιμές U μπορούν να επιτευχθούν μόνο με πολύ καλά μονωτικά υλικά. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει πόσο παχύ θα πρέπει να είναι ένα εξωτερικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται μόνο από το καθορισμένο υλικό, προκειμένου να επιτευχθεί μια τυπική τιμή ΠΚ $U = 0.13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Πίνακας 5.4 Διάφορα υλικά (δομικά και μονωτικά) με βάση τις απαιτήσεις του Παθητικού Κτιρίου ^[1]

| Υλικό | Θερμική αγωγιμότητα $W/(m^2K)$ | Απαιτούμενο πάχος για $U = 0.13 W/(m^2K)$ m |
|---|--------------------------------|---|
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 2.3 | 17.30 |
| Συμπαγές τούβλο | 0.80 | 6.02 |
| Διάτρητο τούβλο | 0.40 | 3.01 |
| Μαλακό ξύλο (softwood) | 0.13 | 0.98 |
| Πορώδες τούβλο, πορώδες σκυρόδεμα | 0.11 | 0.83 |
| Άχυρο | 0.055 | 0.41 |
| Τυπικό μονωτικό υλικό | 0.040 | 0.30 |
| Υψηλής ποιότητας συμβατικό μονωτικό υλικό | 0.025 | 0.19 |
| Νανοπορώδες σούπερ-μονωμένο υλικό | 0.015 | 0.11 |
| Μονωτικό υλικό κενού (χαλαζίας) | 0.008 | 0.06 |
| Μονωτικό υλικό κενού (υψηλό κενό) | 0.002 | 0.015 |

Ο πίνακας δείχνει γραφικά ότι:

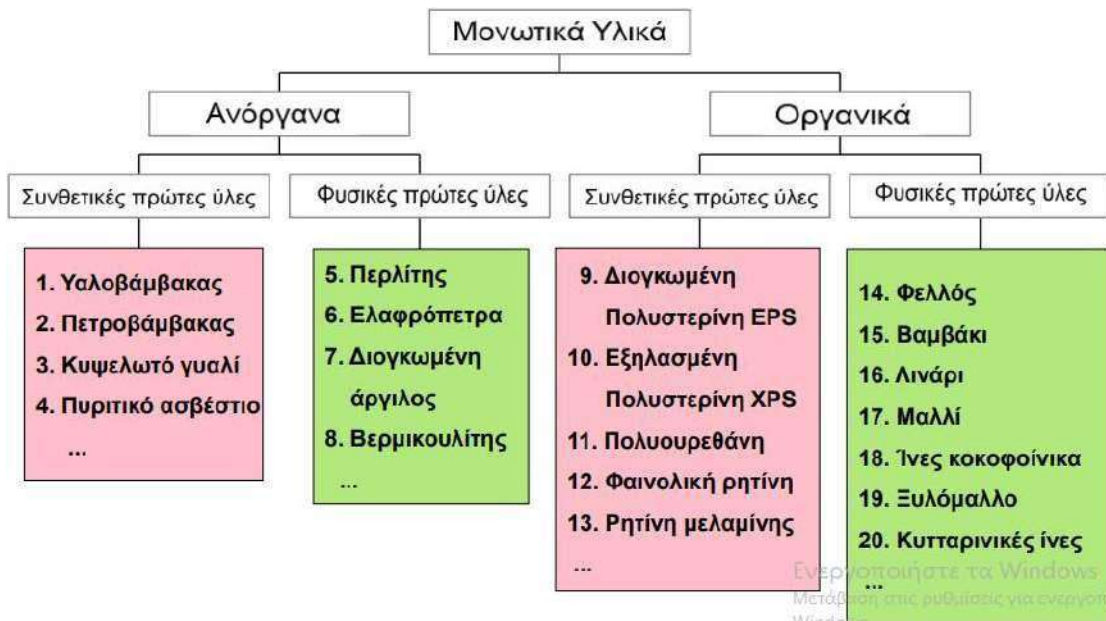
- Οι περιοχές κατασκευής του κελύφους με λογικά πάχη υλικών είναι δυνατές μόνο εάν το αποτέλεσμα της μόνωσης επιτυγχάνεται κυρίως με καλό μονωτικό υλικό.
- Όλα τα παραπάνω υλικά που αναφέρονται στο κάτω μέρος του πίνακα είναι ιδανικά για αυτό. Οι σύμμικτες κατασκευές είναι πιθανές, και σε ορισμένες περιπτώσεις απαραίτητες: π.χ. ένα σκυροδετημένο τοίχωμα με μόνωση, ή ένα μονολιθικό τοίχωμα που αποτελείται από πορώδη σκυρόδεμα και μονωτικά πάνελ από ορυκτό αφρώδες υλικό. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του χρησιμοποιούμενου μονωτικού υλικού, τόσο λεπτότερες θα είναι οι υπερκατασκευές. ^[1]



Εικόνα 5.4 Παράδειγμα εφαρμογής γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης [27]

Ενδεικτικά αναφέρω τα πιο γνωστά υλικά που λειτουργούν ως θερμομονωτικά:

- Διογκωμένη πολυστερίνη ή EPS (λεγόμενο ως φελιζόλ)
- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Πολυουρεθάνη
- Πετροβάμβακας
- Υαλοβάμβακας (τύπος ορυκτού μαλλιού)
- Αφρομπετόν
- Φελλός
- Ξυλόμαλλο
- Πέτρινο μαλλί



Εικόνα 5.5 Διάφορα θερμομονωτικά υλικά ανά κατηγορία [28]

Από τα παραπάνω υλικά το πιο διαδεδομένο στη κατασκευή ή ανακαίνιση ΠΚ στον Ελλαδικό χώρο είναι η διογκωμένη πολυστερίνη ή EPS, με τη χρήση των υπολοίπων να μην είναι σχετικά συχνή. Η επιλογή του θερμομονωτικού υλικού εξαρτάται από: [29]

- Απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής
- Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του υλικού (θερμική αγωγιμότητα, αντοχή σε θερμοκρασίες, διαπερατότητα υδρατμών κ.λπ.)
- Ηχομονωτική συμπεριφορά του υλικού
- Συμπεριφορά σε πυρκαγιά
- Περιβαλλοντικά δεδομένα (υγρό, ξηρό κ.λπ.)
- Διάρκεια ζωής
- Κόστος (προμήθεια και τοποθέτηση)

5.4 Έλεγχος αεροστεγανότητας (Blower Door Test)

Όπως προαναφέρθηκε, μία από τις πέντε βασικές αρχές του Παθητικού Κτιρίου είναι η αεροστεγανότητα. Τα ΠΚ θα πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι τυχόν διαρροές αέρα (σπαταλούν ενέργεια) στο κτιριακό κέλυφος του υφιστάμενου κτιρίου. Ως συμπέρασμα, υπάρχει αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και αποτρέπεται η εμφάνιση ρευμάτων αέρα και φθορών από την υγρασία. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τον προσδιορισμό της θέσης και της έκτασης μιας τέτοιας διαρροής είναι ένας έλεγχος ‘‘blower door test’’. Πρόκειται για ένα διαγνωστικό εργαλείο σχεδιασμένο για τη μέτρηση της στεγανότητας ενός κτιρίου. Ουσιαστικά εντοπίζει ακριβή μέτρα αντιμετώπισης ώστε το κτίριο να γίνει πιο ενεργειακά αποδοτικό, προσιτό και άνετο κατά τη διάρκεια ζωής του. Μπορεί να εφαρμοστεί σε νέες κατασκευές κτιρίων ή διαμερισμάτων (στο τέλος της διαδικασίας κατασκευής τους με τις τελικές πόρτες και τα παράθυρα στη θέση τους), σε ανακαινίσεις ακόμα και σε κτίρια μεγάλης κλίμακας. ^[30]

Αυτοί είναι μερικοί λόγοι για τον καθορισμό της κατάλληλης στεγανότητας κτιρίου:

- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας λόγω διαρροής αέρα.
- Αποφυγή προβλημάτων συμπύκνωσης υγρασίας.
- Αποφυγή «άβολου» ρευμάτων που προκαλούνται από διαρροή κρύου αέρα από το ύπαιθρο.
- Προσδιορισμός του πόσο μηχανικός αερισμός μπορεί να χρειαστεί για την παροχή αποδεκτής ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου. ^[31]



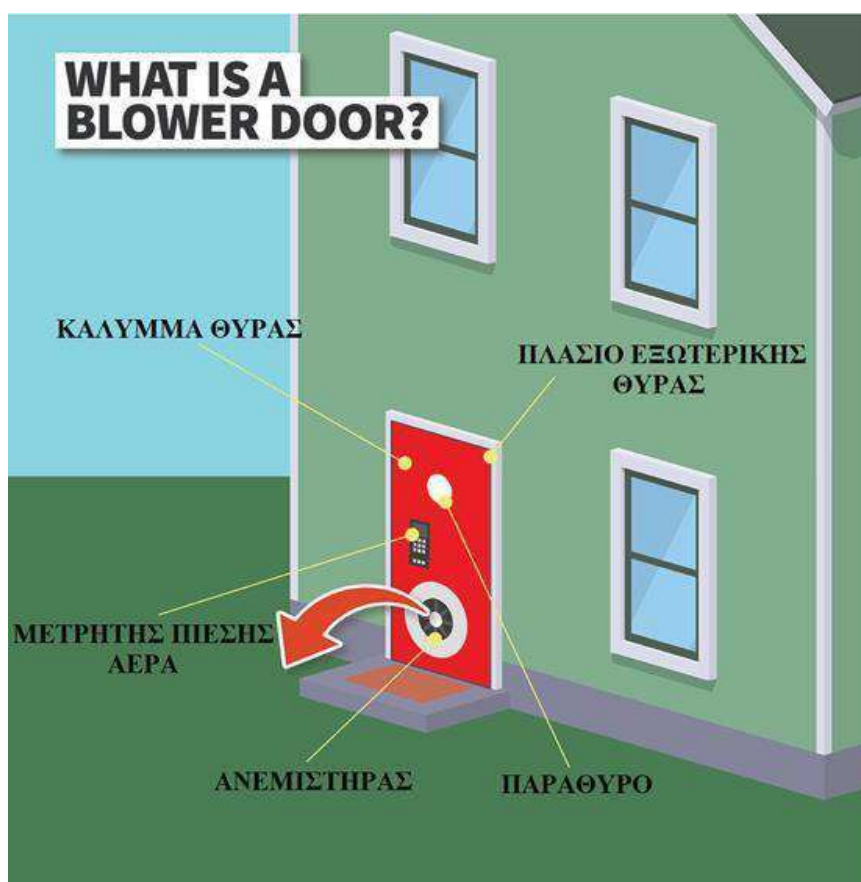
Εικόνα 5.6 Παράδειγμα εφαρμογής της δοκιμής "blower door test" [32]

Ο έλεγχος αεροστεγανότητας γίνεται κατά ISO 9972, με παράλληλη δειγματοληπτική θερμογράφηση και ανεμομετρική μέτρηση. Η θερμογράφηση δεν αποτελεί τμήμα του ελέγχου αεροστεγανότητας και των αποτελεσμάτων που παραδίδονται με την τελική τεχνική περιγραφή. Γίνεται καθαρά και μόνο για την επισήμανση κάποιων απωλειών ώστε να επισημανθούν και να γίνει η επιδιόρθωσή τους. Σε κάθε περίπτωση αν δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 7 βαθμών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, η θερμογράφηση δε μπορεί να δώσει επιθυμητά αποτελέσματα. Για την ορθή αποτύπωση των απωλειών στον χώρο διευκρινίζουμε τις εξής λεπτομέρειες: Με τον έλεγχο αεροστεγανότητας δημιουργούμε μια διαφορά πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου της τάξεως των 10Pa-60Pa, ο οποίος αντιστοιχεί σε ταχύτητα αέρα μεταξύ 4 και 10 m/s (15-35km/h). Τα 50Pa αντιστοιχούν σε εφαρμογή βάρους 5κιλών/μ² επιφάνειας.

Γίνονται 100 μετρήσεις σε απόσταση 10Pa μεταξύ τους, από 10Pa μέχρι 50Pa (δηλαδή 500 μετρήσεις συνολικά). Η τουρμπίνα τοποθετείται σε μια εξωτερική θύρα που θα επιλεγεί επιτόπου. Με το πέρας των μετρήσεων, το τεύχος των αποτελεσμάτων ετοιμάζεται και παραδίδεται εντός τριών ημερών. ^[30]

5.4.1 Λειτουργία

Η “blower door” είναι ένας ισχυρός ανεμιστήρας που στερεώνεται στο πλαίσιο μιας εξωτερικής θύρας. Ο ανεμιστήρας τραβά αέρα από το κτίριο, μειώνοντας την πίεση αέρα μέσα. Η υψηλότερη εξωτερική πίεση αέρα ρέει έπειτα μέσα από όλες τις σφραγισμένες ρωγμές και τα ανοίγματα. Οι ελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα μολύβι καπνού για να ανιχνεύσουν διαρροές αέρα. Αυτές οι δοκιμές καθορίζουν το ρυθμό διείσδυσης αέρα ενός κτιρίου. Αποτελούνται από ένα πλαίσιο και εύκαμπτο πάνελ που χωρά σε μια πόρτα, έναν ανεμιστήρα μεταβλητής ταχύτητας, ένα μανόμετρο για τη μέτρηση των διαφορών πίεσης μέσα και έξω από το κτίριο, και ένα μανόμετρο ροής αέρα και εύκαμπτους σωλήνες για τη μέτρηση της ροής αέρα.



Εικόνα 5.7 Βασικά μέρη της δοκιμής ελέγχου αεροστεγανότητας ^[33]

Υπάρχουν δύο τύποι θυρών ανεμιστήρα: βαθμονομημένο και μη βαθμονομημένο. Είναι σημαντικό οι ελεγκτές να χρησιμοποιούν βαθμονομημένη πόρτα. Αυτός ο τύπος πόρτας ανεμιστήρα έχει αρκετούς μετρητές που μετρούν την ποσότητα αέρα που τραβιέται έξω από το κτίριο από τον ανεμιστήρα. Οι blower doors χωρίς βαθμονόμηση μπορούν να εντοπίσουν διαρροές μόνο στα σπίτια. Δεν παρέχουν καμία μέθοδο για τον προσδιορισμό της συνολικής στεγανότητας ενός κτιρίου. Τα δεδομένα της βαθμονομημένης θύρας ανεμιστήρα επιτρέπουν στον ελεγκτή να διαπιστώσει και να προσδιορίσει την ποσότητα διαρροής αέρα και την αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε εργασίας στεγανοποίησης αέρα.

Σε κάθε περίπτωση δοκιμής, θα πρέπει να υπάρχει προετοιμασία από πριν με σκοπό να γίνει σωστά η διαδικασία ελέγχου αεροστεγανότητας του κτιρίου. Για παράδειγμα εάν το κτίριο θερμαίνεται με ξύλα (τζάκι, σόμπα κ.λπ.), είναι υποχρεωτικό να μην υπάρχουν καθόλου ίχνη φωτιάς, ούτε καν κάρβουνα, και να απομακρυνθούν εκτός κτιρίου οι στάχτες. Παράλληλα θα πρέπει να επισημανθούν τυχόν αδύναμες περιοχές ή χώροι που επικρατεί εμφανής υγρασία. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ο ελεγκτής είναι σε θέση να περπατήσει γύρω από το κτίριο για να εντοπίσει ποια δωμάτια, παράθυρα, σοφίτες ή άλλα μέρη του είναι τα πιο ανθεκτικά. Τέλος είναι υποχρεούμενος να κλείσει όλες τις εξωτερικές πόρτες και τα παράθυρα, να ανοίξει όλες τις εσωτερικές και να κλείσει τυχόν συσκευές με λειτουργία ορυκτού καυσίμου για αποφυγή παρενεργειών της δοκιμής, ενώ τα συστήματα μηχανικού αερισμού (σε περίπτωση που είναι εγκατεστημένα) θα πρέπει να μην είναι σε λειτουργία αλλά οι θυρίδες να παραμένουν ανοιχτές. Όλο το κτιριακό κέλυφος να είναι τελείως σφραγισμένο. Η διάρκεια ενός πλήρη ελέγχου είναι τουλάχιστον μία ώρα και ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος και τη πολυπλοκότητα του κάθε κτιρίου.

Η πόρτα του φουσητήρα στον πυρήνα της είναι απλά ένας μεγάλος, βαθμονομημένος ανεμιστήρας σε συνδυασμό με ένα μανόμετρο - μια ευαίσθητη συσκευή που μετρά την πίεση του αέρα. Μια πόρτα έχει ρυθμιστεί για να δημιουργεί μια στενή σφραγίδα πάνω από την μπροστινή πόρτα ενός σπιτιού και το μανόμετρο έχει ρυθμιστεί για να διαβάσει την πίεση του αέρα τόσο εντός όσο και εκτός του σπιτιού.

Ο ανεμιστήρας είναι ενεργοποιημένος και σιγά-σιγά καλείται με ταχύτητα, φυσώντας αέρα έξω από το σπίτι. Αυτό δημιουργεί διαφορά πίεσης μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού αέρα. Το προσωρινά υποπιεσμένο κτίριο απορροφά αέρα από έξω

μέσω οποιωνδήποτε ρωγμών και διαρροών έχει στο εξωτερικό του με γρήγορο ρυθμό. Αυτές είναι οι περιοχές που θα στοχευτούν για σφράγιση αέρα - οι σημαντικότερες προβληματικές περιοχές του κελύφους του σπιτιού. Σε συνδυασμό με μια υπέρυθη κάμερα, ακόμη και οι πιο μικρές ρωγμές ή οι διαφορές θερμοκρασίας παρουσιάζονται με μια πόρτα ανεμιστήρα.

Αυτές οι ακούσιες διαρροές αποτελούν το μετρήσιμο στοιχείο κατά την διεξαγωγή των δοκιμών. Ενώ η πίεση στο εσωτερικό είναι σταθερή, ο αέρας που περνάει από τον ανεμιστήρα είναι το άθροισμα όλων των διαρροών στο κτίριο. Επειδή ο ανεμιστήρας είναι βαθμονομημένος, είναι γνωστή η ροή του αέρα σε διάφορες πιέσεις. Εάν διατηρήσουμε τη διαφορά πίεσης σταθερή, τότε γνωρίζουμε ότι ο όγκος του αέρα που κινείται μέσω του ανεμιστήρα είναι ο ίδιος με τον όγκο του αέρα που διαρρέει από τις ρωγμές και τα κενά στο κτίριο. Αυτό μπορεί να παρομοιαστεί με την προσθήκη νερού σε ένα κουβά με διαρροή. Εάν γνωρίζετε το ρυθμό με τον οποίο βάζετε νερό και διατηρείτε το επίπεδο στον κάδο σταθερό, τότε ξέρετε πόσο γρήγορα διαρρέει το νερό.

Εκτός από αυτές τις ποιοτικές παρατηρήσεις, η πόρτα του φυστητήρα μας δίνει μια ποσοτική μέτρηση σχετικά με τη διαρροή ενός σπιτιού. Όταν ένα σπίτι εξισώνεται με μια προκαθορισμένη αποσυμπίεση (συνήθως 50 Pascal κάτω από την πίεση του εξωτερικού), ο ρυθμός διαρροής αέρα στο σπίτι είναι ίσος με τον ρυθμό αέρα που διοχετεύεται έξω από το σπίτι μέσω του ανεμιστήρα της πόρτας του ανεμιστήρα. Αυτός ο ρυθμός αέρα, μετρούμενος σε κυβικά πόδια ανά λεπτό, μπορεί να μετατραπεί για να προσδιοριστεί ο ρυθμός αλλαγής του αέρα στο σπίτι. ^{[31],[34],[35]}

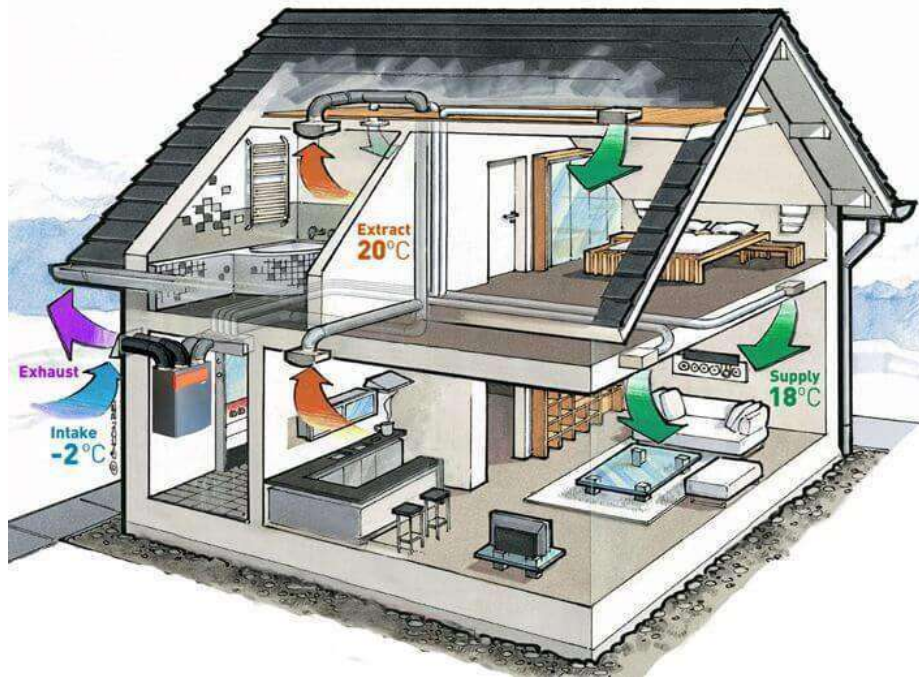
5.5 Μηχανολογικός εξοπλισμός

Το ΠΚ πέρα από την εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει και τη μεγιστοποίηση των κερδών, στοχεύει και στην άνετη διαβίωση των ενοίκων, με τη ποιότητα του αέρα να παίζει ένα σημαντικό παράγοντα σε αυτό. Πρέπει να υπάρχει μία σταθερότητα στη θερμοκρασία, ανεξαρτήτως εποχής, με σκοπό να φτάσει σε ικανοποιητικά επίπεδα η ατμόσφαιρα στον εσωτερικό χώρο. Αυτό απαιτεί χρήση μηχανολογικών συστημάτων αερισμού με ανάκτηση θερμότητας, εναλλάκτη θερμότητας για ZNX, παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και σε μερικές περιπτώσεις βοηθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού. Επίσης, για περισσότερη οικονομία και φιλική σχέση με το περιβάλλον, προτείνεται η χρήση συστήματος επεξεργασίας βρόχινου νερού και ο βιολογικός καθαρισμός.

5.5.1 Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας

Ο μηχανικός αερισμός αποτελεί μία από τις πέντε βασικές αρχές του Παθητικού Κτιρίου. Σε πολλές μελέτες που έχουν γίνει μέχρι τώρα σε συμβατικά κτίρια, έχει διαπιστωθεί ότι είναι πολύ δύσκολο να εξασφαλίζεται η ανανέωση του εσωτερικού αέρα με τρόπο επαρκή και ορθολογικό που να εξασφαλίζει άνεση στον χρήστη. Στο ΠΚ η καλή Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα (IAQ) και η θερμική άνεση εξασφαλίζονται από το σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας 24 ώρες το 24ώρο.

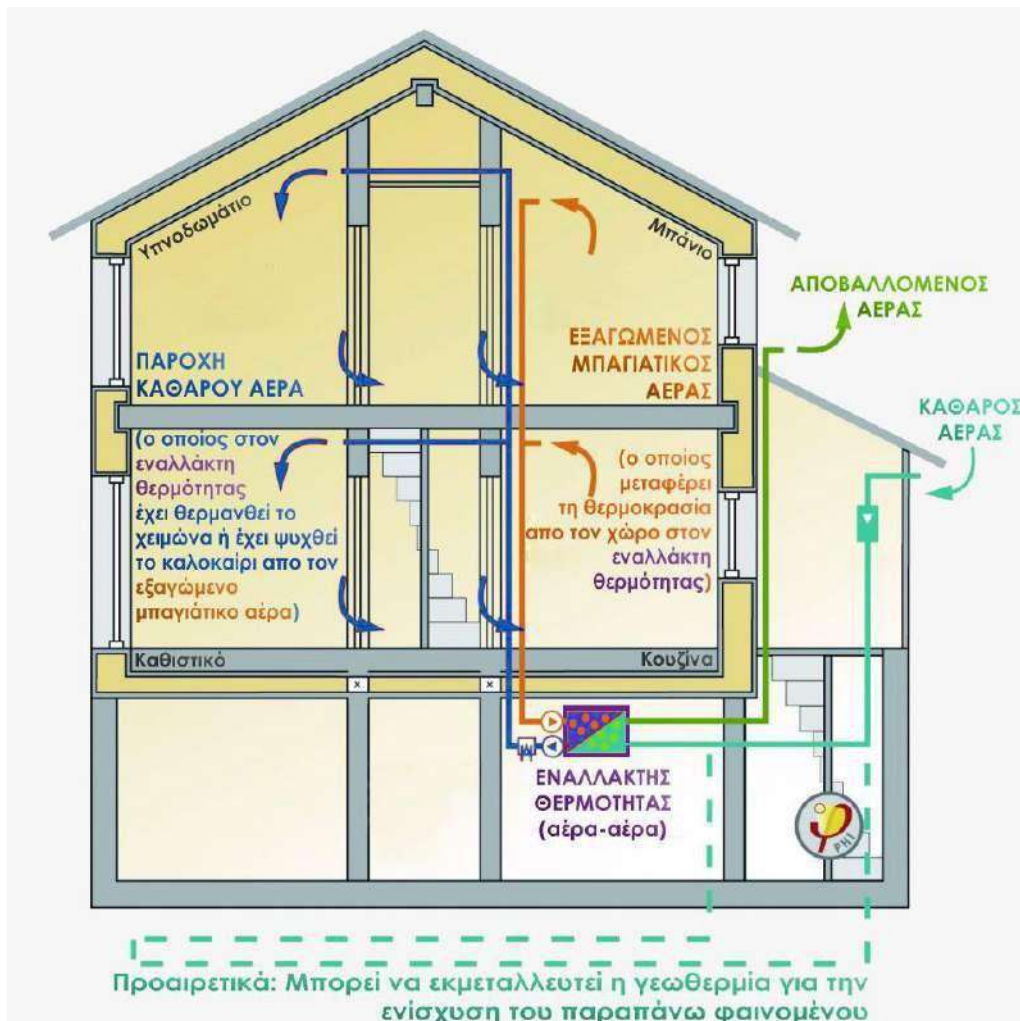
Τα συστήματα μηχανικού αερισμού των Παθητικών Κτιρίων παρέχουν φρέσκο, καθαρό αέρα, απαλλαγμένο από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση χάρη στην ανάκτηση θερμότητας. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνουν εξοικονόμηση στην λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης - κλιματισμού. Η ανάκτηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί φθάνει μέχρι και 90% και δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη του 75% σε ένα ΠΚ.



Εικόνα 5.8 Χαρακτηριστικό παράδειγμα κατοικίας με μηχανικό αερισμό ^[37]

Πληροφοριακά, ο αερισμός χώρων βασίζεται στις διαφορές πίεσης. Το κτίριο κατοικίας, από την οπτική γωνία του αερισμού, αποτελείται από 3 ζώνες: τις ζώνες του εξερχόμενου αέρα (κουζίνα, μπάνιο, τουαλέτα), τις ζώνες εισερχόμενου φρέσκου αέρα (υπνοδωμάτιο, καθιστικό) και τις ενδιάμεσες ζώνες μεταφοράς αέρα (διάδρομοι, προθάλαμοι).

Η μονάδα μηχανικού αερισμού αποτελείται από τον ανεμιστήρα απαγωγής αέρα, τον ανεμιστήρα προσαγωγής φρέσκου αέρα, τον εναλλάκτη εναλλαγής θερμότητας, τα φίλτρα αέρος και το κέλυφος. Η μονάδα με τον ανεμιστήρα απαγωγής αποβάλλει τον αέρα από τις εξερχόμενες ζώνες με υγρασία (κουζίνα, μπάνιο, τουαλέτα) μέσω του δικτύου αεραγωγών απαγωγής, και ανακτά το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής του ενέργειας μέσω της διέλευσής του από τον εναλλάκτη εναλλαγής θερμότητας, προτού απορριφθεί στο εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 5.9 Λειτουργία μηχανικού αερισμού [8]

Την ίδια στιγμή με τον ανεμιστήρα προσαγωγής, γίνεται η λήψη φρέσκου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον και, αφού φιλτραριστεί και διέλθει από τον εναλλάκτη εναλλαγής θερμότητας, θα ανακτήσει το φορτίο που άφησε ο απορριπτόμενος αέρας και θα οδηγηθεί μέσω του δικτύου αεραγωγών και στομίων προσαγωγής αέρα στις ζώνες εισερχόμενου αέρα (υπνοδωμάτια, καθιστικό). Από εκεί, μέσω ανοιγμάτων (χαραμάδα πόρτας, στόμια θυρών) ο αέρας θα διασχίσει διαδρόμους και προθαλάμους και θα καταλήξει σε κουζίνα, μπάνιο και τουαλέτα. Με αυτό τον τρόπο οι δύο τύποι αέρα (εισερχόμενος - εξερχόμενος) δεν αναμιγνύονται.

Ως αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας προκύπτει η επικράτηση μίας βέλτιστης αναλογίας αέρα και ένα ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον. Εάν χρειαστεί, το σύστημα μηχανικού αερισμού θα προθερμάνει ή θα προψύξει τον εισερχόμενο αέρα μέσω κατάλληλης διάταξης θέρμανσης ψύξης. [36]

5.5.2 Θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

Ένα Παθητικό Κτίριο μπορεί θεωρητικά να θερμανθεί μέσω της παροχής καθαρού αέρα - δηλαδή μετά από θέρμανση γύρω στους 50 °C. Αυτή η ιδέα, ουσιαστικά κάνοντας πέρα ένα συμβατικό σύστημα διανομής θερμότητας, βοήθησε στην αποσαφήνιση του πρότυπου ΠΚ, χωρίς να είναι απαραίτητα η καλύτερη επιλογή. Οποιοδήποτε σύστημα θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί - καλοριφέρ, ενδοδαπέδια θέρμανση, πολυδιαιρούμενα (split) κλιματιστικά, ξυλόσομπα, καθώς και λέβητας αερίου ή αντλία θερμότητας. Η απευθείας ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και ζεστό νερό κανονικά δεν είναι εφικτή, επειδή ο υψηλός συντελεστής ενέργειας του ηλεκτρικού ρεύματος συνήθως υπερβαίνει το όριο πρωτογενούς ενέργειας 120 kWh/(m²a) που ισχύει για το Παθητικό Κτίριο..

Είναι λογικό να θεωρείται ότι το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί ως κύριος πάροχος ζεστού νερού. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος ZNX, δηλαδή η ελαχιστοποίηση απωλειών από την αποθήκευση και τη διανομή, είναι και οι δύο σημαντικές όσον αφορά τη χρήση ενέργειας και την καλοκαιρινή υπερθέρμανση. Οι απώλειες από το λογισμικό PHPP που συμβάλλουν στη θέρμανση θεωρούνται ως μέρος της ζήτησης θέρμανσης και όχι της ζήτησης ζεστού νερού - έτσι στην πραγματικότητα το ίδιο το σύστημα θέρμανσης μπορεί να παρέχει πολύ λιγότερα από τα υπολογιζόμενα 15 kWh/(m²a), που είναι η απαίτηση για ζήτηση θέρμανσης στα ΠΚ. Παράλληλα, το φορτίο θέρμανσης δε πρέπει να ξεπερνάει τα 10 W/m². [22]

Στα Παθητικά Κτίρια, η ζήτηση θέρμανσης για ζεστό νερό οικιακής χρήσης είναι πιο σημαντική από εκείνη για τη θέρμανση χώρου. Επομένως, είναι εξαιρετικά σημαντικό το σύστημα να είναι αποτελεσματικό και οι θερμικές απώλειες που προκύπτουν από την προετοιμασία, την αποθήκευση και την κατανομή του οικιακού νερού να ελαχιστοποιούνται με απρόσκοπτη μόνωση. Για τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και βιομάζας, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να καλύψουν το σύνολο ή ένα μέρος των κτιρίων που χρειάζεται οικιακό ζεστό νερό. Επίσης η ζήτηση θερμότητας για ZNX πρέπει να είναι μεταξύ των 12 και 35 kWh/(m²a), ανάλογα με τον αριθμό των χρηστών. [25]

5.6 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ❖ **Ηλιακοί τοίχοι** : έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία υαλοπίνακα και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο) στον εσωτερικό χώρο.
- ❖ **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)** : είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.
- ❖ **Ηλιακά αίθρια**: είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους υαλοπίνακα και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού. ^[38]

5.7 Γεωθερμική αντλία θερμότητας

Τα γεωθερμικά συστήματα αξιοποιούν τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους, αντικαθιστώντας πλήρως τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μεταφορά ενεργειακών φορτίων από το έδαφος ή τα υπόγεια ύδατα στον κλιματιζόμενο χώρο και αντίστροφα. Το σύστημα ΓΑΘ λειτουργεί σαν αναστρέψιμη ψυκτική διάταξη με λήψη θερμότητας από ένα χώρο και απόθεσή της σε έναν άλλο χώρο, το οποίο σημαίνει ότι κατά τη χειμερινή περίοδο η θερμότητα λαμβάνεται από το έδαφος και αποτίθεται στον εσωτερικό χώρο (θέρμανση) και το καλοκαίρι συμβαίνει το αντίθετο (ψύξη). Με λίγα λόγια, το σύστημα ΓΑΘ πραγματοποιεί μια εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων. Ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα ΓΑΘ καταναλώνει γύρω στο 25% της ενέργειας που αποδίδει. Βέβαια, μια πιο οικονομική λύση και αρκετά αποδοτική ενεργειακά είναι η αντλία θερμότητας αέρα - αέρα, η οποία καταναλώνει περίπου το 35% της ενέργειας που αποδίδει. [18]



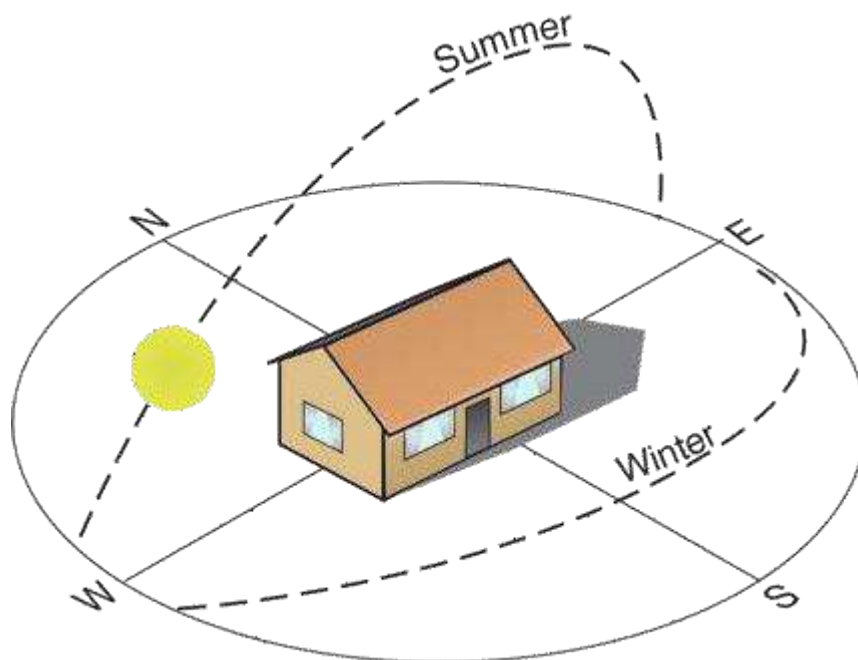
Εικόνα 5.10 Παράδειγμα λειτουργίας ΓΑΘ [41]

5.8 Προσανατολισμός και σκίαση

Ο κατάλληλος προσανατολισμός και η σκίαση των παραθύρων είναι απαραίτητοι για τα ΠΚ. Όπως σε όλες τις κατασκευές, έτσι κι' εδώ, η σωστή χωροθέτηση του κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοσή του (από άποψη ενέργειας), όπου μαζί με την ηλιοπροστασία καθορίζουν τη θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια του έτους. Όσο περισσότερη ηλιακή ενέργεια «αιχμαλωτίζουμε», τόσο το καλύτερο για το κτίριό μας.

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά τον προσανατολισμό, το χειμώνα, ο ήλιος κινείται χαμηλά στον ορίζοντα με αποτέλεσμα οι ακτίνες του να χτυπούν τη νότια όψη των κτιρίων σχεδόν κάθετα, άρα να τη θερμαίνουν και ταυτόχρονα εισχωρούν από τα νότια ανοίγματα βαθιά στους εσωτερικούς χώρους. Αντιθέτως, το καλοκαίρι ο ήλιος κινείται ψηλά με μικρή κλίση προς το Νότο και ειδικά τις μεσημεριανές ώρες η ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν κατακόρυφη, παράλληλη προς τη νότια όψη τους.

Η ανατολική και η δυτική όψη δέχονται την ίδια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας ανεξαρτήτως εποχής. Το χειμώνα, ο ήλιος ανατέλλει και δύει προς την πλευρά του Νότου, ενώ το καλοκαίρι, προς την πλευρά του Βορρά. Τέλος, η βόρεια όψη δε δέχεται άμεσα τον ήλιο το χειμώνα, ούτε το καλοκαίρι, εκτός από τις πρώτες πρωινές και τις τελευταίες απογευματινές ώρες.



Εικόνα 5.11 Σωστός προσανατολισμός κτιρίου στο χώρο [41]

Από την άλλη, η τεχνική της ηλιοπροστασίας αποσκοπεί στο να παρέχει επαρκή σκίαση στο κτίριο τους καλοκαιρινούς μήνες, και να προσκομίζει θερμικά κέρδη το χειμώνα υπό τη προϋπόθεση την ανάγκη σε φυσικό φωτισμό. Η πλήρης ηλιοπροστασία του κελύφους των κτιρίων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για το φυσικό δροσισμό τους κάτι που επιτυγχάνεται με διαμορφώσεις, διατάξεις, κατασκευές και στοιχεία, γύρω από το κτίριο, που εμποδίζουν τη θερινή ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κέλυφός του.

Η σκίαση είναι περισσότερο αποδοτική όταν είναι εξωτερική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται σκίαση των ανοιγμάτων όταν είναι αυτό απαραίτητο, ανεξάρτητα από τη κάθε εποχή.



Εικόνα 5.12 Παράδειγμα εξωτερικής σκίασης με κινητές περσίδες [42]

Η ηλιοπροστασία όλων των πλευρών επιτυγχάνεται με απλό, οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο, όταν ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι καθαρός, δηλαδή απευθείας στους άξονες Βορρά – Νότου και Ανατολής – Δύσης. Όσο ο προσανατολισμός του κτιρίου αποκλίνει προς την Ανατολή ή τη Δύση, τόσο οι διατάξεις σκιασμού γίνονται περίπλοκες και ανεπαρκείς.

Συνεπώς, η νότια όψη είναι η ευνοϊκότερη όψη για όλο το χρόνο, όπου σε συνδυασμό με το επίμηκες σχήμα των κτιρίων κατά τον άξονα ανατολής-δύσης (καταλληλότερο σχήμα για την Ελλάδα), καθιστούν τον προσανατολισμό ένα ισχυρό όπλο στη κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα, θερμαίνεται άμεσα το χειμώνα και σκιάζεται εύκολα το καλοκαίρι. Με αυτό τον τρόπο, τον χειμώνα το κτίριό μας θα ζεσταίνεται σε ποσοστό από 60% έως και 70% από τον ήλιο. Ενώ για την ηλιοπροστασία, η οποία στο ελληνικό κλίμα πρέπει να είναι πλήρης για όλα τα ανοίγματα, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκιασμού, είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες, που όμως εξαιτίας του υψηλού κόστους, προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση που συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά. ^[40]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

6.1 Βασικές πληροφορίες οικοπέδου



Εικόνα 6.1 Η θέση του οικοπέδου μέσω Google Earth (έτος 2018)

Για τη μελέτη κατασκευής Παθητικού Κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το παρόν οικόπεδο (προ 1985) συνολικού εμβαδού $821.17 \mu^2$, το οποίο βρίσκεται στη θέση "Καλύβιζα" του οικισμού Δρυόπης, Δήμου Τροιζηνίας – Μεθάνων στο Νομό Αττικής. Πολεοδομικά, το γήπεδο είναι εντός ορίων οικισμού και άρτιο κατά κανόνα. Λόγω του ότι το οικόπεδο έχει πρόσωπο στον υπάρχοντα δημοτικό δρόμο, ο οποίος δεν έχει πλάτος όπως απαιτείται 4.00μ , παραχωρείται σε κοινή χρήση λωρίδα έκτασης $31.55 \mu^2$ προκειμένου από το πρόσωπο του εναπομένοντος οικοπέδου μέχρι τον άξονα της Δημοτικής οδού να επιτυγχάνεται πλάτος τουλάχιστον 2.00μ , εν προκειμένω σύμφωνα με το τοπογραφικό 2.50μ . Επομένως, τα στοιχεία δόμησης λαμβάνονται για το οικόπεδο με εμβαδόν $789.62 \mu^2$, το οποίο είναι άρτιο κατά κανόνα και οικοδομήσιμο (κατά κανόνα αρτιότητα σύμφωνα με τους ισχύοντες όρους δόμησης στον οικισμό Δρυόπης $600.00 \mu^2$). Πάνω στο οικόπεδο υπάρχει κτίριο που ανακαινίσθηκε τη τελευταία πενταετία, συνεπώς η μελέτη κατασκευής θα

λειτουργήσει να μην υπάρχει κτίσμα. Τέλος, ο οικισμός κατηγοριοποιείται σε συνεκτικό, ενδιαφέροντα και φθίνοντα. Πιο συγκεκριμένα:

Πίνακας 6.1 Στοιχεία δόμησης οικοπέδου ^[43]

| | | |
|---|---|---|
| Συνολικό εμβαδόν οικοπέδου | 821.17 μ ² | |
| Εμβαδό παραχωρημένης λωρίδας προς κοινή χρήση | 31.55 μ ² | |
| Οικόπεδο προς δόμηση | 789.62 μ ² | $821.17 \mu^2 - 31.55 \mu^2$ |
| Κάλυψη | 60% | $789.62 \mu^2 \times 0.60 = 473.77 \mu^2$ |
| Μέγιστη επιτρεπόμενη δόμηση | 400.00 μ ² | $789.62 \mu^2 > 700.00 \mu^2$ |
| Σύστημα δόμησης | Το κτίριο τοποθετείται ελεύθερα μέσα στο οικόπεδο. Όπου το κτίριο δεν εφάπτεται με τα πλάγια και πίσω όρια του οικοπέδου, αφήνεται απόσταση τουλάχιστον 2.50 μ. Μέσα στην απόσταση αυτή επιτρέπεται κατασκευή εξωστών με πλάτος μέχρι 1.00 μ. | |
| Συντελεστής δόμησης | Μέγιστη επιτρεπόμενη δόμηση/εμβαδό οικοπέδου προς δόμηση | $400.00 \mu^2 / 789.62 \mu^2 = 0.51$ |
| Κλίση | 16% | $16\% > 15\%$ |
| Μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος | 7.50 μ | |
| Ύψος στέγης | 1.50 μ από το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος | |
| Αποστάσεις από δημοτική οδό | $\geq 2.50 \mu$ | $789.62 \mu^2 > 500.00 \mu^2$ |
| Ημιπαίθριοι χώροι (N 3843/10 ΦΕΚ 62Α/28-04-10/άρθρο 9.2) | 15% της επιτρεπόμενης δόμησης | $0.15 \times 400.00 \mu^2 = 60.00 \mu^2$ |

| | | |
|---|---|---|
| Ημιυπαίθριοι χώροι + Εξώστες (N 3843/10 ΦΕΚ 62Α/28-04- 10/άρθρο 9.2) | 35% της επιτρεπόμενης δόμησης | $0.35 \times 400.00 \mu^2 = 140.00 \mu^2$ |
| Κλίμακες | Ανοιχτή σκάλα μέχρι πλάτος 1.00 μ εκτός κάλυψης – Σ.Δ. | |
| Συντελεστής όγκου | $5 \times \Sigma. \Delta.$ | $5 \times \left(\frac{400 \mu^2}{789.62 \mu^2} \right) = 2.53$ |

Επίσης, εξαιτίας της κλίσης του γηπέδου που ξεπερνάει το 15%, το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος του πρώτου κτιρίου που εμφανίζει όψη προς τον δρόμο στα ανωφερή οικοπέδα - ανάντι του δρόμου – ορίζεται ως εξής:

- Όταν το κτίριο τοποθετείται στο όριο του γηπέδου με τον δρόμο, επιτρέπεται ύψος μέχρι 7.50 μ.
- Όταν αυτό τοποθετείται καθ' υποχώρηση σε απόσταση έως 20.00 μ από το όριο του γηπέδου με τον δρόμο, επιτρέπεται το ύψος να είναι μέχρι 4.50 μ από το πέριξ φυσικό έδαφος.
- Όταν αυτό τοποθετείται σε απόσταση μεγαλύτερη των 20.00 μ από το όριο του γηπέδου με τον δρόμο, επιτρέπεται να έχει ύψος μέχρι 7.50 μ.

Όταν η κλίση του γηπέδου είναι μεγαλύτερη από 15% και βρίσκεται στην κατωφέρεια - κατάντι - του δρόμου, η προβολή του κτιρίου πάνω από τη στάθμη του δρόμου δε δύναται να υπερβαίνει τα 4.50 μ.

Σε γήπεδα που βρίσκονται στην κατωφέρεια του δρόμου, όταν η φυσική στάθμη του γηπέδου στο όριο του δρόμου βρίσκεται χαμηλότερα των 3.00 μ από τη στάθμη του δρόμου, η προβολή του κτιρίου πάνω από τη στάθμη του δρόμου δε δύναται να υπερβαίνει τα 3.00 μ.

Σε κάθε περίπτωση, η στάθμη οροφής τυχόν υπογείου ορόφου δε δύναται να υπερβαίνει σε κανένα σημείο τη στάθμη του φυσικού εδάφους περιμετρικά της κατασκευής. ^[43]

6.2 Κλιματικά δεδομένα

Το κλίμα της περιοχής του δήμου είναι εύκρατο, υγιεινό, γλυκό το χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι, με θερμοκρασιακές αποκλίσεις, όχι ιδιαίτερα έντονες, μεταξύ της παράκτιας ζώνης και της ορεινής-ημιορεινής ενδοχώρας, πάνω στην οποία υπάρχει και το οικόπεδο. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο ανήκει στη κλιματική ζώνη Β. Σε φυσιολογικά όρια κινούνται και τα ποσοστά βροχοπτώσεων και υγρασίας, τα οποία αναλύονται παρακάτω, που συνηγορούν στην επιβίωση πλούσιας δασώδους χλωρίδας (κάπου το 1/2 του συνολικού εδάφους του δήμου) και σχετικής πανίδας. ^[44]

Πίνακας 6.2 Κλιματικά δεδομένα Δρυόπης για τη περίοδο 1971-2000 ^[45]

| ΜΗΝΑΣ | ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ (ώρες) | ΥΕΤΟΣ (mm) | ΜΙΝ (°C) | ΜΑΧ (°C) | ΜΕΣΗ (°C) |
|-------------|------------------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|
| Ιανουάριος | 125 | 80 | 6.5 | 12.0 | 8.5 |
| Φεβρουάριος | 130 | 80 | 7.0 | 12.5 | 9.5 |
| Μάρτιος | 170 | 70 | 8.0 | 14.5 | 10.5 |
| Απρίλιος | 220 | 40 | 10.5 | 18.5 | 14.5 |
| Μάιος | 290 | 20 | 13.5 | 23.5 | 19.5 |
| Ιούνιος | 335 | <10 | 18.0 | 28.5 | 23.5 |
| Ιούλιος | 345 | <10 | 20.5 | 30.5 | 26.5 |
| Αύγουστος | 315 | 20 | 20.5 | 30.5 | 26.5 |
| Σεπτέμβριος | 260 | 20 | 16.0 | 27.5 | 22.5 |
| Οκτώβριος | 190 | 60 | 13.5 | 23.5 | 19.0 |
| Νοέμβριος | 130 | 90 | 10.5 | 18.0 | 13.5 |
| Δεκέμβριος | 105 | 115 | 8.5 | 13.5 | 11.0 |

6.3 Λίγα λόγια για τον οικισμό και τη γύρω περιοχή

Η Δρυόπη ανήκει στο δήμο Τροιζηνίας – Μεθάνων της Περιφερειακής Ενότητας Νήσων που βρίσκεται στη Περιφέρεια Αττικής. Είναι ένα ιδιαίτερα γραφικό και ιστορικό ορεινό χωριό με υψόμετρο 260 μέτρα και πληθυσμό 318 κατοίκους (απογραφή 2001), γνωστό παλαιότερα και ως Κάτω Φανάρι. Γεωγραφικά βρίσκεται στη Πελοπόννησο στο νοτιοανατολικό τμήμα της Αργολικής χερσονήσου. Είναι μια κατεξοχήν ημιορεινή περιοχή και το ανάγλυφό της ακολουθεί μια διάταξη υψομετρικής μείωσης από δυτικά προς ανατολικά. Πιο συγκεκριμένα, οι ορεινοί όγκοι δίνουν την αίσθηση ενός φυσικού «φράγματος» προς την υπόλοιπη Αργολίδα, γεγονός που συνέβαλε και στη διοικητική απόσπαση της περιοχής από την Αργολίδα και στην ένταξή της στο Νομό Αττικής. Η πρώτη επίσημη καταγραφή της Δρυόπης έγινε το 1836, μετά την ίδρυση του νέου Ελληνικού Κράτους.



Εικόνα 6.2 Πανοραμική άποψη του οικισμού

Κατά τη παράδοση πήρε το όνομά της από τον αρχαίο λαό των Δρυόπων, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν στα Πελοποννησιακά παράλια κατά τους προϊστορικούς χρόνους. Στη περιοχή έχουν βρεθεί ίχνη της αρχαίας πόλης των Δρυόπων (1400-1300 π.Χ.). Οι Δρύοπες, όπως αναφέρει ο Ηρόδοτος, ήταν άποικοι από τη Παρνασίδα και είχαν εξαπλωθεί ως την Ερμιονίδα και την Ύδρα. Όμως Δρύοπας ονομαζόταν και ένας δισέγγονος του Πελασγού, και αδελφός του Αρκάδος (1410-1380 π.Χ.). Ο Δρύοψ αυτός ήταν εγγονός της Καλλιστούς, και γιος του Δία. Οι Δρύοπες αναμείχθηκαν με τους Δωριείς την εποχή του Ηρακλή (1250 π.Χ.) αλλά επικράτησε η Τροιζήνα.

Η Δρυόπη και η γύρω περιοχή της έχει σημαντική συμμετοχή στους παλαιότερους, αλλά και νεότερους απελευθερωτικούς αγώνες του Έθνους και έχει πληρώσει βαρύ φόρο αίματος.

Απέχει από το Γαλατά 23.5χλμ., με ωραιότερο σημείο του χωριού τη πλατεία του Ιερού Ναού του Αγίου Χαραλάμπους η οποία είναι μπαλκόνι στον Αργοσαρωνικό. Στη πλατεία του Αγίου Χαραλάμπους υπάρχει το Ηρώο των Πεσόντων και λίγο πιο πέρα ο βυζαντινός ναός της Κοίμησης της Θεοτόκου. ^{[44],[46]}

6.3.1 Γεωλογία εδάφους

Η περιοχή ανήκει στη Ζώνη Ανατολικής Ελλάδας (λεγόμενη ως Πελαγονική Ζώνη) και πιο συγκεκριμένα το έδαφός της αποτελείται από αποσάθρωση σκληρών ασβεστόλιθων 32%. Η Πελαγονική ζώνη κατέχει ένα μεγάλο τμήμα του κορμού της Ελλάδας. Αποτελεί παλιό ηπειρωτικό τέμαχος. Δομείται από ένα κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο Παλαιοζωικής ηλικίας, στα περιθώρια του οποίου παρουσιάζεται μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Περμο - Τριαδικής ηλικίας. Ακολουθεί νηριτικό ανθρακικό κάλυμμα του Τριαδικού - Ιουρασικού και ιζήματα της επίκλησης του Μέσου Κρητιδικού με ανθρακική ιζηματογένεση μέχρι το Μαιστρίχτιο που καταλήγει σε φλύσχη ηλικίας Άνω Μαιστρίχτιου - Κάτω Παλαιοκαίνου. ^{[47],[48]}

6.3.2 Σεισμικότητα

Η σεισμικότητα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μη σεισμογενής, καθώς τη περίοδο 1900 – έως σήμερα δεν έχει σημειωθεί κανένας σεισμός της τάξης μεγέθους 4.0 βαθμών τουλάχιστον της κλίμακας ρίχτερ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η περιοχή βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το ενεργό ηφαίστειο των Μεθάνων (300 έτη έχουν περάσει από τη τελευταία έκρηξη), το οποίο όλα αυτά τα χρόνια δεν έχει παρακολουθηθεί από κανέναν ηφαιστειολόγο ή γεωλόγο.

6.4 Κατασκευαστικό μέρος

Το κτίριο που πρόκειται να κατασκευαστεί αποτελείται από δύο (2) ορόφους με υπόγειο συνολικής επιφάνειας 223.49 μ², το οποίο είναι κατά πολύ μικρότερο της επιτρεπόμενης δόμησης. Η κύρια χρήση του κτιρίου είναι η κατοικία με τον αριθμό των ενοίκων να φτάνει στα 4 άτομα. Το υπόγειο αποτελείται από έναν (1) μεγάλο βοηθητικό χώρο, ενώ το ισόγειο από ένα (1) καθιστικό, μία (1) τραπεζαρία, μία (1) κουζίνα και ένα (1) WC. Ο Α΄ όροφος αποτελείται από δύο (2) υπνοδωμάτια εκ των οποίων το ένα περιλαμβάνει ένα (1) μικρό λουτρό, ένα (1) γραφείο και ένα (1) λουτρό. Οι δύο όροφοι συνδέονται με μια εσωτερική σκάλα, η οποία οδηγεί και στο υπόγειο. Το άτομο που μπαίνει στο κτίριο έχει άμεση πρόσβαση στους χώρους της κουζίνας, του WC και στις σκάλες. Επίσης, διαθέτει τους εξής βοηθητικούς χώρους : δύο (2) ημιυπαίθριους χώρους, καθώς και έναν (1) εξώστη, ενώ στην πίσω πλευρά

υπάρχει ένα στέγαστρο το οποίο χρησιμοποιείται ως χώρος στάθμευσης. Τέλος, στην κεντρική είσοδο θα κατασκευαστεί ένα μικρό στέγαστρο για τη προστασία από τα καιρικά φαινόμενα, λαμβάνοντας υπόψη τη διεύθυνση του τοπικού ανέμου.

Η είσοδος στην οικία μαζί με το στέγαστρο τοποθετήθηκαν στην ανατολική πλευρά με σκοπό να είναι ορατά από την κεντρική πύλη.

Πίνακας 6.3 Διαστάσεις και εμβαδόν κτιρίου

| | Διαστάσεις (μ) | Εμβαδόν (μ ²) |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Υπόγειο | 5.15 × 10.00 | 51.50 |
| Ισόγειο | (5.15 × 10.00) + (5.45 × 7.85) | 94.28 |
| Α΄ Όροφος | (5.60 × 7.85) + (5.00 × 6.75) | 77.71 |
| Σύνολο | | 223.49 |

6.4.1 Δομικά χαρακτηριστικά κτιρίου

Πίνακας 6.4 Δομικά στοιχεία τοιχοποιίας

| Εξωτερική τοιχοποιία (Από έξω προς τα μέσα) | | | |
|--|------------------------|--|---|
| Στοιχεία | Πάχος d (cm) | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/(mK)] | Αντίσταση θερμικής μετάβασης R [(m ² K)/W] |
| Εξωτερικός σοβάς | 2 | 0.870 | 0.023 |
| Πορομπετόν | 20 | 0.105 | 1.905 |
| Ινοπλισμένη κόλλα | 1 | - | - |
| Γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη (πλάκα) | 5 | 0.030 | 1.667 |
| Βύσματα για μηχανική στερέωση | Φ0.6 | - | - |
| Ασβεστοκονίαμα | 2 | 0.250 | 0.080 |
| Υαλόπλεγμα | 0.05 | - | - |
| Εσωτερικός σοβάς | 2 | 0.870 | 0.023 |
| | | Εσωτερική R_i | 0.13 |
| | | Εξωτερική R_a | 0.04 |
| Σύνολο | 32 | 2.125 | 3.837 |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m²K)] | 0.259 < 0.40 | | |

Ο προσδιορισμός του βαθμού θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου γίνεται με τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας (U), μέσω του τύπου (7.1) για δομικά στοιχεία ή στρώσεις:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{*} + R_a}, \quad [W/(m^2K)] \quad (7.1)$$

όπου:

- $U [W/(m^2 \cdot K)]$ → ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,
- $n [-]$ → το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- $d [m]$ → το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,
- $\lambda [W/(mK)]$ → ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,
- $R_{*} [(m^2K)/W]$ → η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,
- $R_i [(m^2K)/W]$ → η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
- $R_a [(m^2K)/W]$ → η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ύστερα από τον υπολογισμό του, ελέγχεται η θερμική επάρκεια των δομικών στοιχείων του κτιρίου, όπου σύμφωνα με τον κανονισμό (ΚΕΝΑΚ) ο εξεταζόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ($U_{\xi\sigma\tau\alpha\zeta}$) πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του μέγιστου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_{max}) σύμφωνα με το πίνακα 6.6, ανάλογα το δομικό στοιχείο και την κλιματική ζώνη της περιοχής. ^[49]

Πίνακας 6.5 Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946)

| Α/Α | Δομικό στοιχείο | Συντελεστές θερμικής μετάβασης | | Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης | |
|-----|---|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | 1/R _i | 1/R _a | R _i | R _a |
| | | W/(m ² ·K) | W/(m ² ·K) | (m ² ·K)/W | (m ² ·K)/W |
| 1 | Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα) | 7,70 | 25,00 | 0,13 | 0,04 |
| 2 | Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο | 7,70 | 7,70 | 0,13 | 0,13 |
| 3 | Τοίχος σε επαφή με έδαφος | 7,70 | – | 0,13 | 0,00 |
| 4 | Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας) | 10,00 | 25,00 | 0,10 | 0,04 |
| 5 | Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας) | 10,00 | 10,00 | 0,10 | 0,10 |
| 6 | Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας) | 5,88 | 25,00 | 0,17 | 0,04 |
| 7 | Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας) | 5,88 | 5,88 | 0,17 | 0,17 |
| 8 | Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος | 5,88 | – | 0,17 | 0,00 |

Πίνακας 6.6 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ

| Δομικό στοιχείο | Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)] | | | |
|---|---|---------|---------|---------|
| | Ζώνη Α' | Ζώνη Β' | Ζώνη Γ' | Ζώνη Δ' |
| Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή) | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 0,55 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή) | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο | 1,10 | 0,80 | 0,65 | 0,60 |
| Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο | 1,30 | 0,90 | 0,70 | 0,65 |
| Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο | 1,10 | 0,80 | 0,65 | 0,60 |
| Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος | 1,10 | 0,80 | 0,65 | 0,60 |
| Τοίχος σε επαφή με το έδαφος | 1,30 | 0,90 | 0,70 | 0,65 |
| Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος | 1,10 | 0,80 | 0,65 | 0,60 |
| Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 2,80 | 2,60 | 2,40 | 2,20 |
| Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 2,80 | 2,60 | 2,40 | 2,20 |
| Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 2,10 | 1,90 | 1,75 | 1,70 |
| Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 5,00 | 4,60 | 4,30 | 4,00 |
| Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 5,00 | 4,60 | 4,30 | 4,00 |
| Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 3,80 | 3,40 | 3,00 | 2,80 |

Πίνακας 6.7 Δομικά στοιχεία πλάκας δαπέδου ισογείου - ορόφου

| Οροφή υπογείου/πλάκα δαπέδου ισογείου Οροφή ισογείου/πλάκα δαπέδου Α' ορόφου (Από πάνω προς τα κάτω) | | | |
|--|------------------------|--|---|
| Στοιχεία | Πάχος d (cm) | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/(mK)] | Αντίσταση θερμικής μετάβασης R [(m ² K)/W] |
| Laminate | 1.5 | 0.130 | 0.115 |
| Ασφαλτική μεμβράνη | 0.5 | 0.230 | 0.022 |
| Ελαφρομπετόν | 3 | 0.280 | 0.107 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη (πλάκα) | 10 | 0.033 | 3.080 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 20 | 2.300 | 0.087 |
| Ασβεστοκονίαμα | 3 | 0.250 | 0.120 |
| | | Εσωτερική R_i | 0.17 |
| | | Εξωτερική R_a | 0.17 |
| Σύνολο | 38 | 3.223 | 3.822 |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² K)] | 0.262 < 0.80 | | |

Πίνακας 6.8 Δομικά στοιχεία πλάκας δαπέδου/εδάφους

| Πλάκα δαπέδου/εδάφους (Από πάνω προς τα κάτω) | | | |
|--|-------------------------|---|--|
| Στοιχεία | Πάχος d (cm) | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/(mK)] | Αντίσταση θερμικής μετάβασης R [(m²K)/W] |
| Ασβεστοκονίαμα | 3 | 0.870 | 0.034 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 20 | 2.300 | 0.087 |
| Ασφαλτική μεμβράνη | 0.5 | 0.230 | 0.022 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη (πλάκα) | 10 | 0.033 | 3.030 |
| Υλικό 3A | 7.5 | 2.000 | 0.038 |
| | | Εσωτερική R_i | 0.17 |
| | | Εξωτερική R_a | 0.00 |
| Σύνολο | 41 | 5.433 | 3.381 |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m²K)] | 0.296 < 0.80 | | |

Πίνακας 6.9 Δομικά στοιχεία στέγης

| Στέγη (Από πάνω προς τα κάτω) | | | |
|--|-------------------------|---|--|
| Στοιχεία | Πάχος d (cm) | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/(mK)] | Αντίσταση θερμικής μετάβασης R [W/(m²K)] |
| Επισφαιτωμένα κεραμίδια Ρωμαϊκού τύπου | 4 | 0.400 | 0.100 |
| Εμποτισμένες τεγίδες | 5 | 0.140 | 0.357 |
| Ανακλαστική μεμβράνη με μονή φυσαλίδα | 0.37 | - | - |
| Εμποτισμένες υποτεγίδες | 5 | 0.140 | 0.357 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη (πλάκα) | 5 | 0.033 | 1.515 |
| Ασφαλτική μεμβράνη | 0.5 | 0.230 | 0.022 |
| Κεκλιμένη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος | 20 | 2.300 | 0.087 |
| Εσωτερικό επίχρισμα | 3 | 0.460 | 0.054 |
| | | Εσωτερική R_i | 0.10 |
| | | Εξωτερική R_a | 0.04 |
| Σύνολο | 42 | 3.703 | 2.632 |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m²K)] | 0.380 < 0.80 | | |

6.4.2 Ανοίγματα κτιρίου

Πίνακας 6.10 Κουφώματα κτιρίου

| Παράθυρα | | | |
|---|-----------------------|------|---------|
| Τύπος | Μέγεθος (m) | | Αριθμός |
| | Πλάτος | Ύψος | |
| Ανοιγόμενα με ανάκλιση προς τα πάνω - μέσα και τριπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής | | | |
| Υλικό: PVC | 0.50 | 0.80 | 3 |
| Πιστοποίηση PHI: Ναι | 0.80 | 1.40 | 2 |
| | 1.00 | 0.80 | 1 |
| | 1.00 | 1.10 | 1 |
| | 1.20 | 1.40 | 1 |
| | 1.30 | 1.40 | 1 |
| | 1.50 | 1.40 | 1 |
| | 1.60 | 1.40 | 1 |
| | 2.00 | 1.40 | 1 |
| Σύνολο | | | 12 |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος U_w [$W/(m^2K)$] | 0.65 < 2.60 | | |
| Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2K)$] | 0.94 | | |
| Μπαλκονόπορτες | | | |
| Ανοιγόμενες με ανάκλιση προς τα πάνω - μέσα | 1.40 | 2.20 | 3 |
| Τριπλός υαλοπίνακας χαμηλής εκπομπής | 1.50 | 2.20 | 1 |
| Σύνολο | | | 4 |
| Υλικό: PVC | | | |
| Πιστοποίηση PHI: Ναι | | | |
| Θύρες | | | |
| Εσωτερικές | 0.70 | 2.20 | 1 |
| Μονόφυλλες | 0.80 | 2.20 | 2 |
| Υλικό: PVC | 0.90 | 2.20 | 3 |
| Πιστοποίηση: Όχι | | | |
| Εξωτερικές | 0.90 | 2.30 | 1 |
| Μονόφυλλες | 1.00 | 2.30 | 1 |
| Υλικό: PVC με εσωτερική επένδυση ξύλου μασίφ | | | |
| Πιστοποίηση PHI: Όχι | | | |

6.4.3 Μηχανικά συστήματα κτιρίου

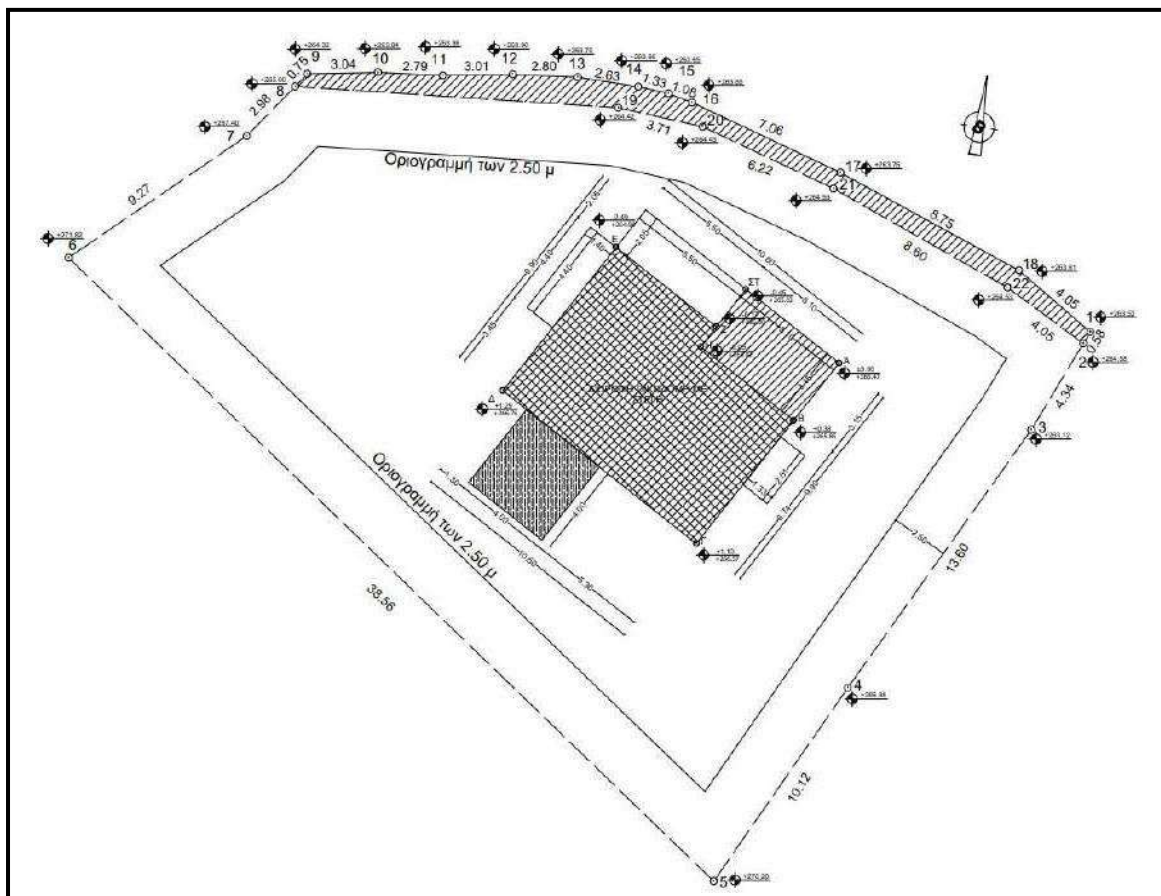
Πίνακας 6.11 Μηχανολογικός εξοπλισμός

| Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας | Τιμές |
|--|----------|
| Παροχή αέρα (m ³ /h) | 69 – 251 |
| Ποσοστό ανάκτησης θερμότητας | 91% |
| Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (Wh/m ³) | 0.21 |
| Απόδοση | 0.76 |
| Ανάκτηση υγρασίας | 0% |
| Επίπεδο ήχου (dB) | 44.5 |
| Πιστοποίηση PHI: Ναι | |
| Αντλία θερμότητας για θέρμανση/ψύξη και ZNX | |
| Μονοφασική τεχνολογία αέρα – νερού με σύστημα split | - |
| Απόδοση θέρμανσης (kW) | 7.78 |
| Απόδοση ψύξης (kW) | 5.22 |
| Δοχείο ZNX (lt) | 500 |
| Μέγιστη θερμοκρασία νερού (°C) | 55 |
| Ισχύς θορύβου έσω μονάδας (dB) | 40 |
| Ισχύς θορύβου έξω μονάδας (dB) | 63 |
| Πιστοποίηση PHI: Όχι | |
| Ρολό σκίασης | |
| PVC θερμομονωτικό με ηλεκτρικό μοτέρ και κανάλι για σίτα | - |
| Αριθμός | 12 |
| Ενεργειακό τζάκι | |
| Ισχύς (kW) | 9 |
| Απόδοση | 85% |
| Ενεργειακή κλάση | A+ |
| Καύσιμη ύλη | Ξύλο |
| Κατανάλωση ξύλου (kg/h) | 2.5 |

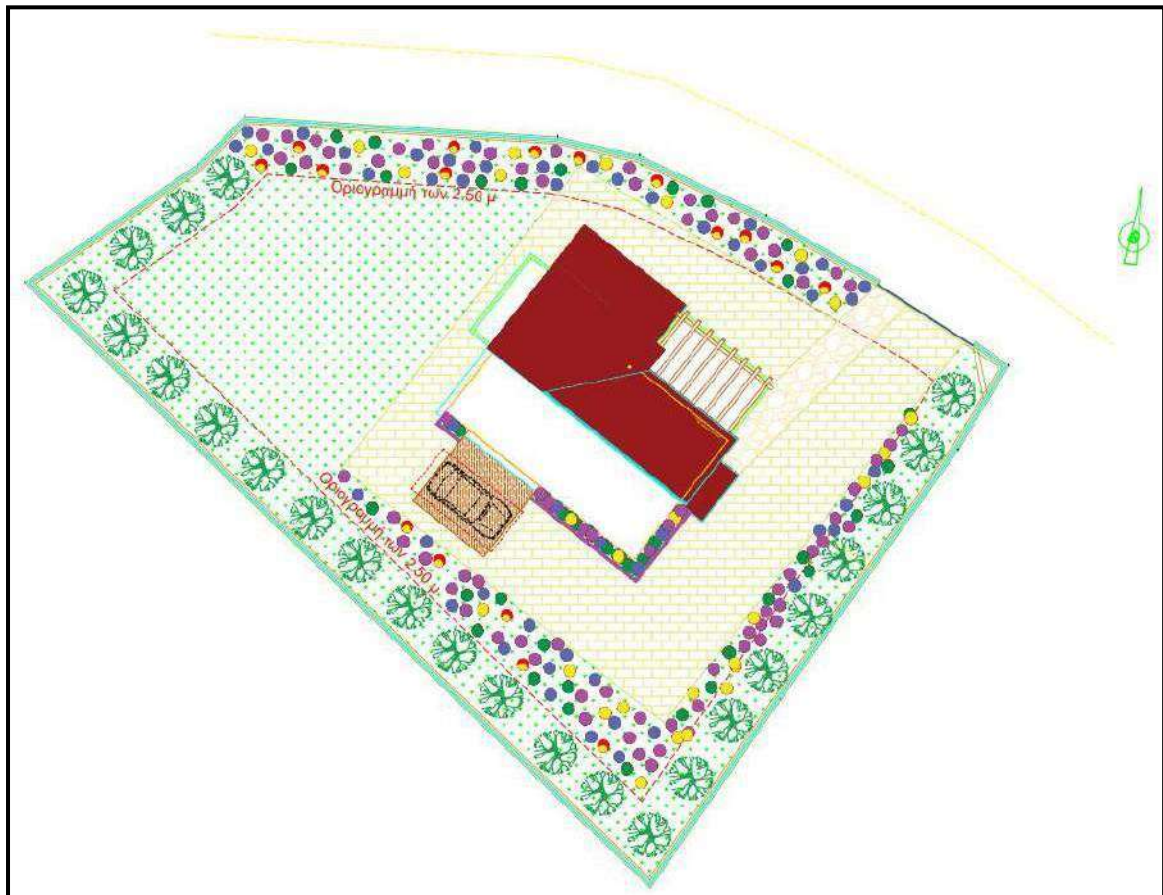
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΧΕΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

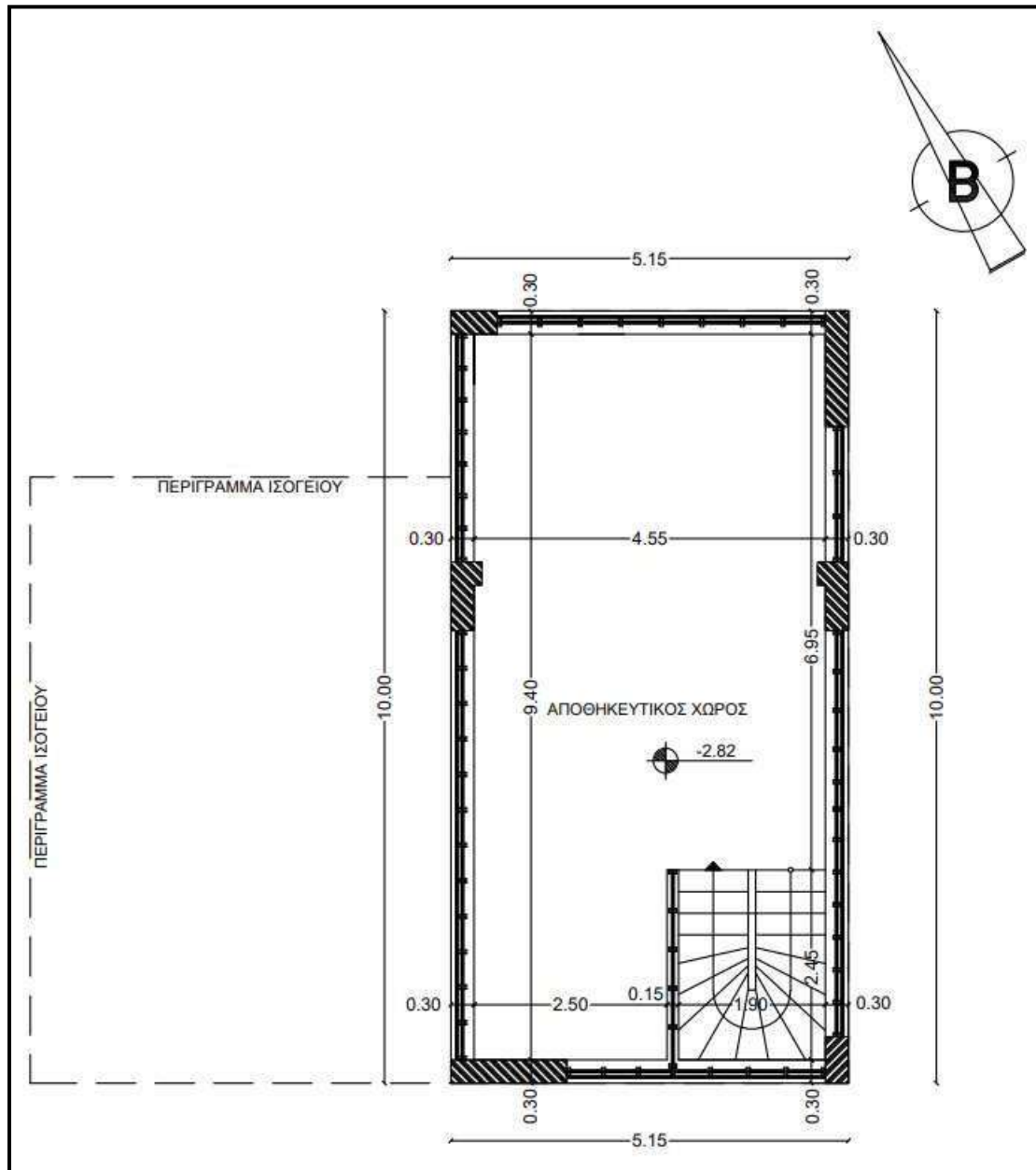
Τα παρακάτω σχέδια πραγματοποιήθηκαν σε ψηφιακή μορφή μέσω του λογισμικού σχεδιασμού AutoCAD.



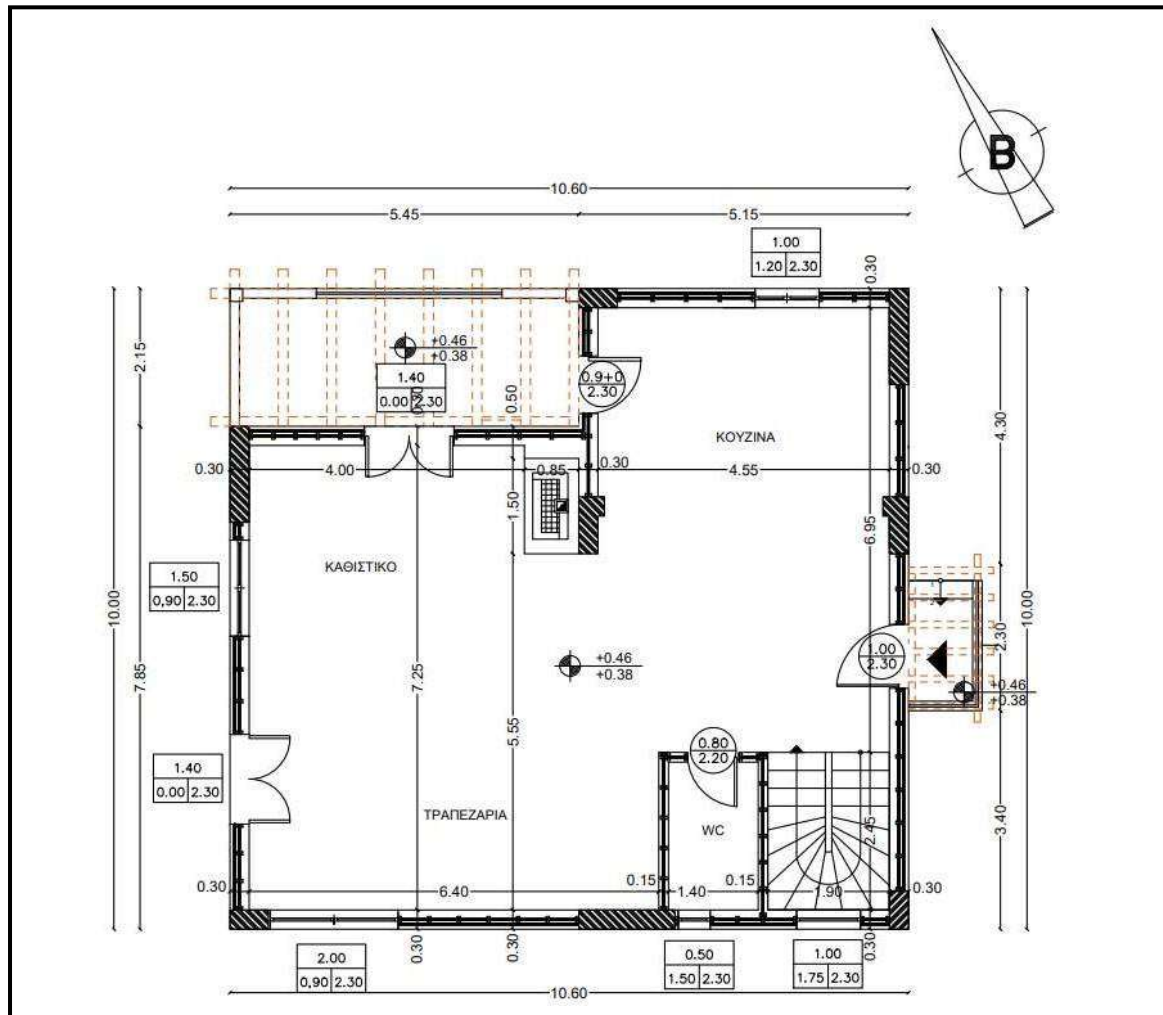
Εικόνα 7.1 Τοπογραφικό διάγραμμα



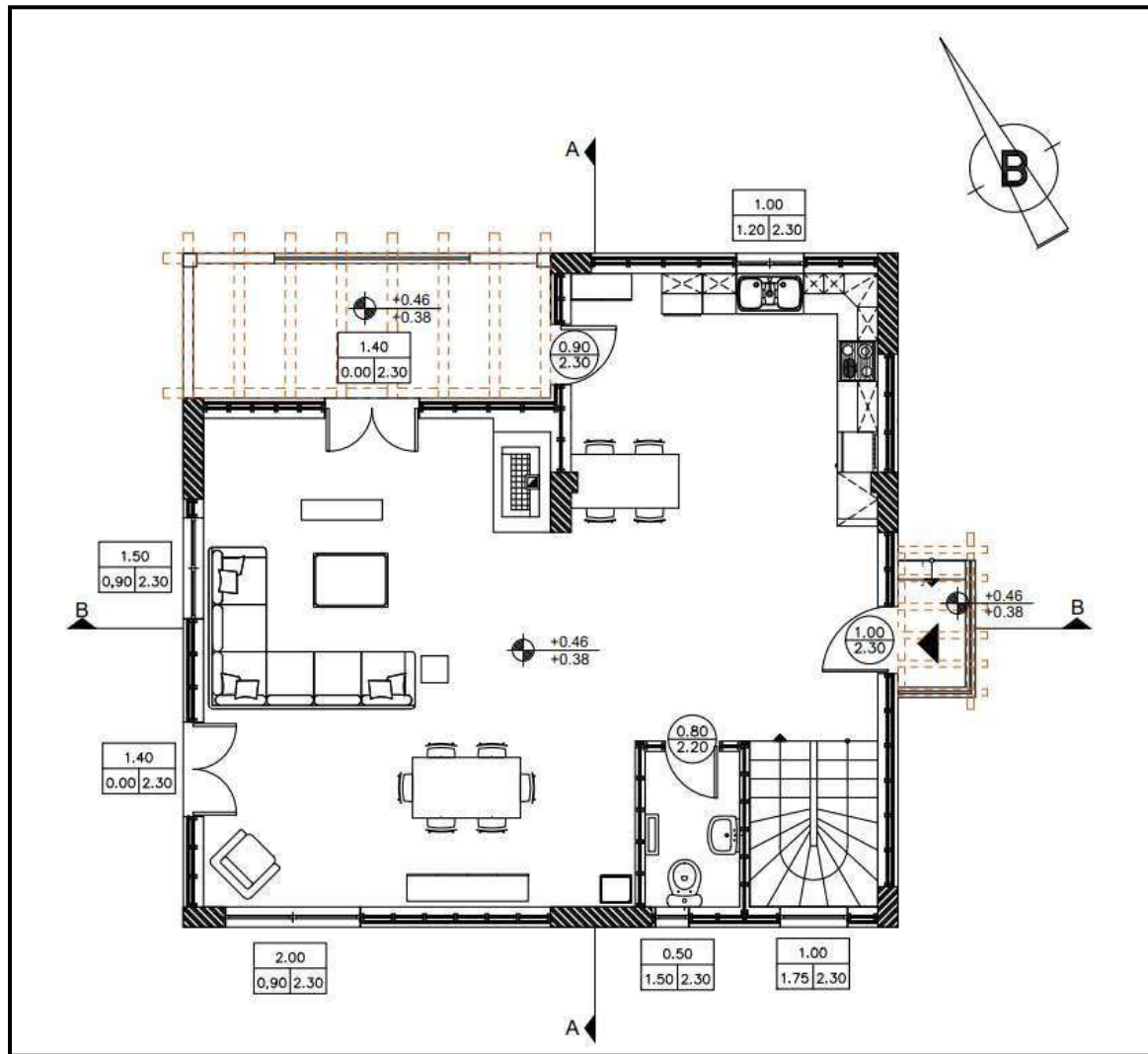
Εικόνα 7.2 Περιβάλλον χώρος



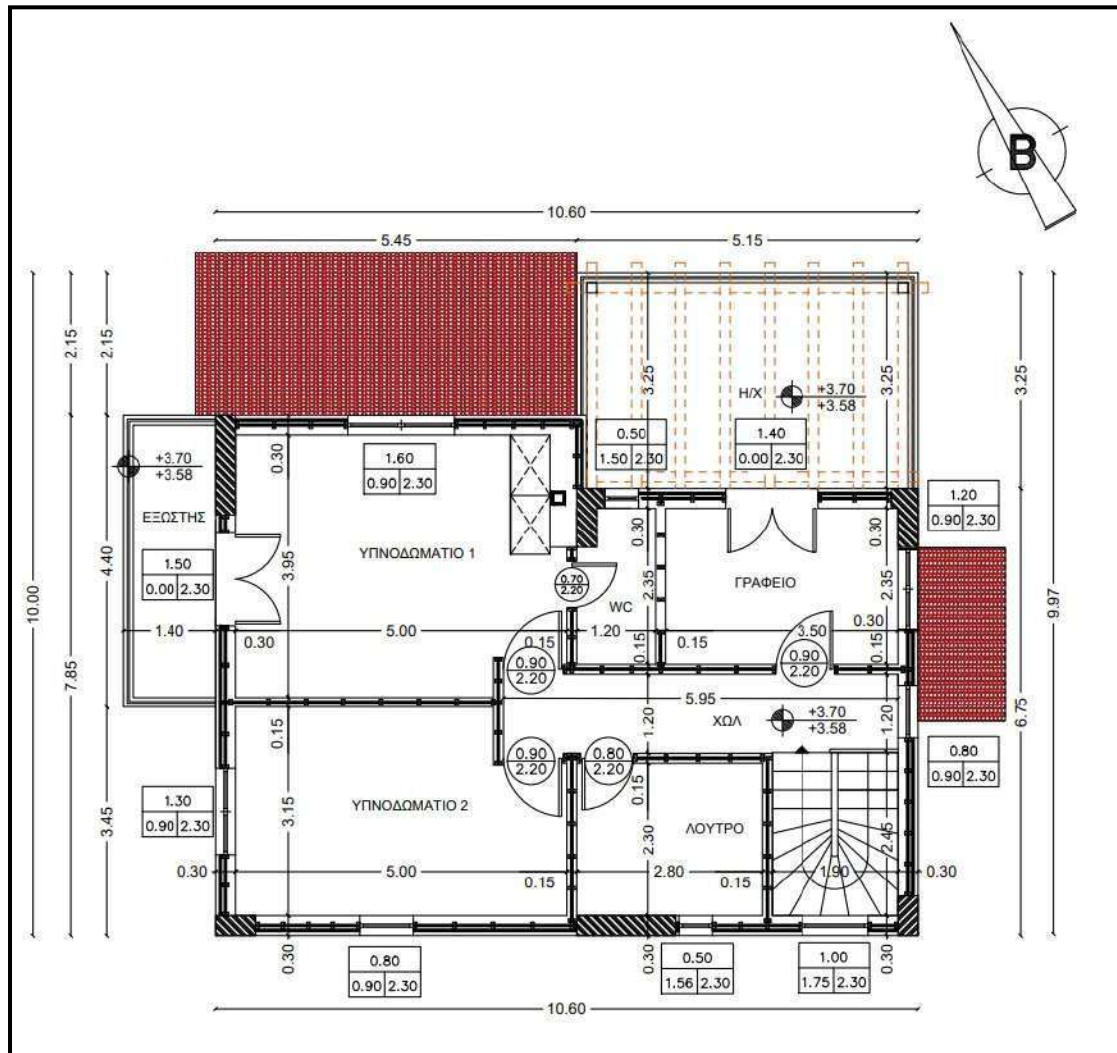
Εικόνα 7.3 Κάτοψη υπογείου



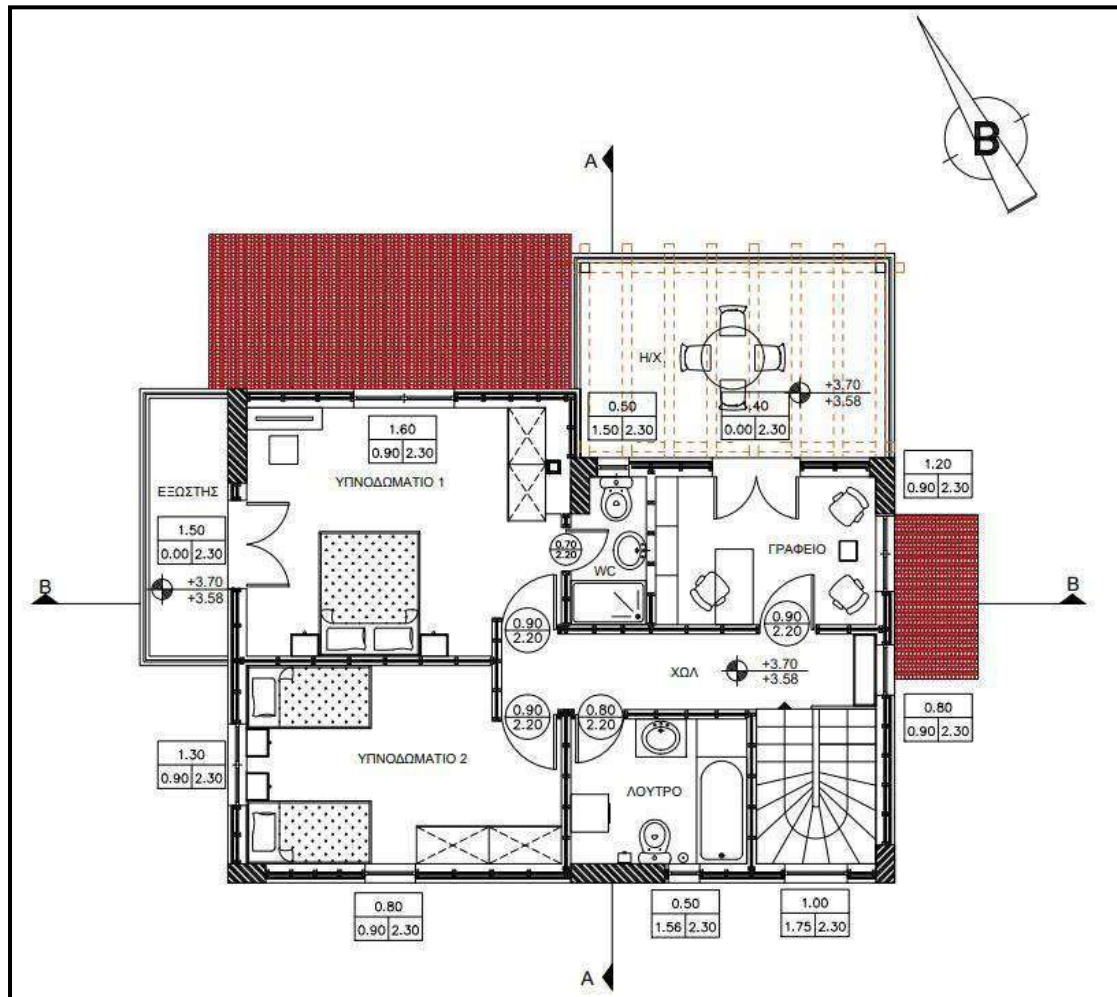
Εικόνα 7.4 Κάτοψη ισογείου



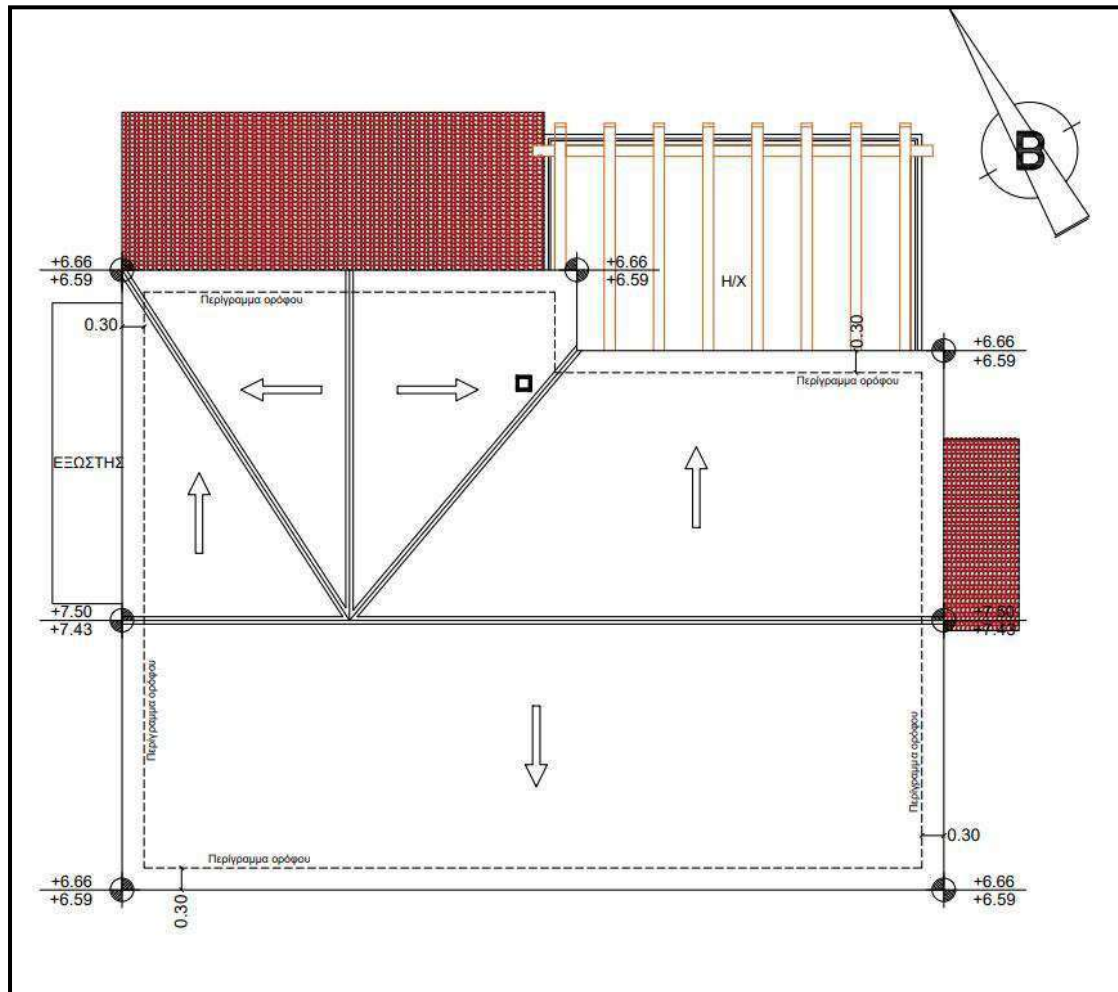
Εικόνα 7.5 Αρχιτεκτονική κάτοψη ισογείου



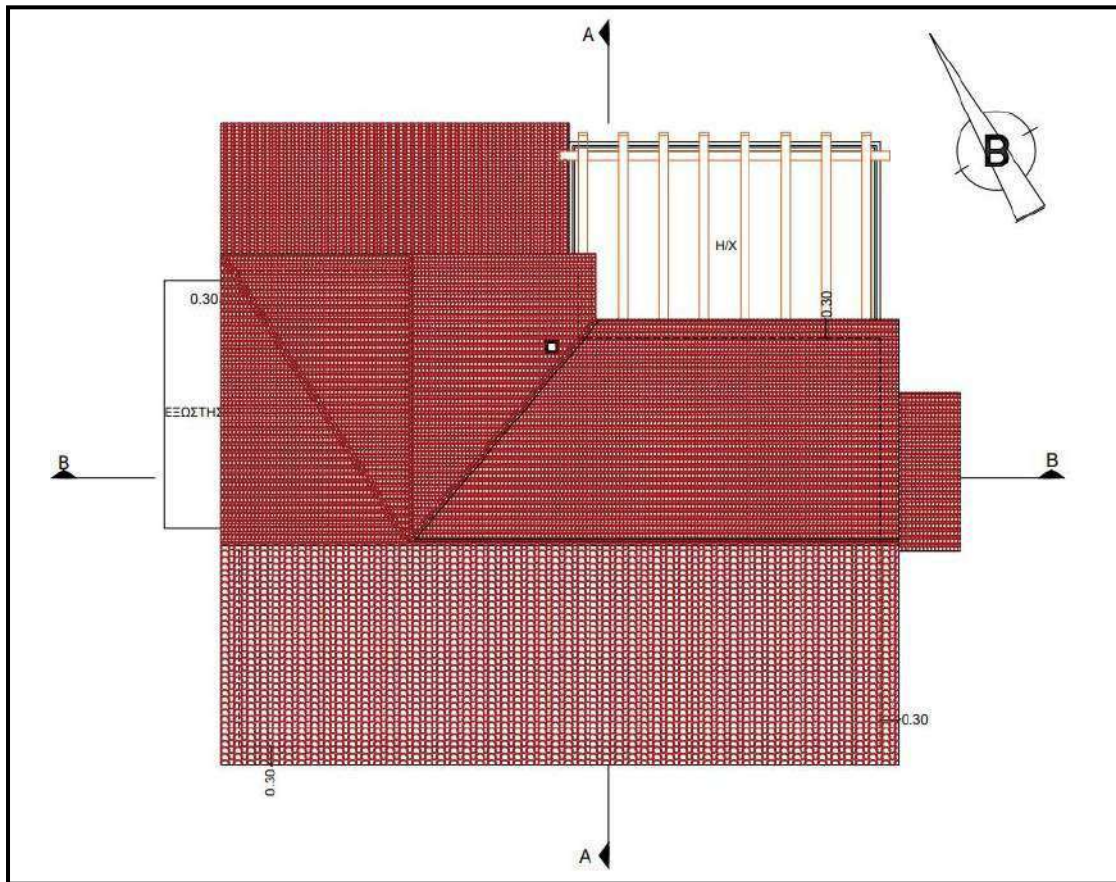
Εικόνα 7.6 Κάτοψη Α' ορόφου



Εικόνα 7.7 Αρχιτεκτονική κάτοψη Α' ορόφου



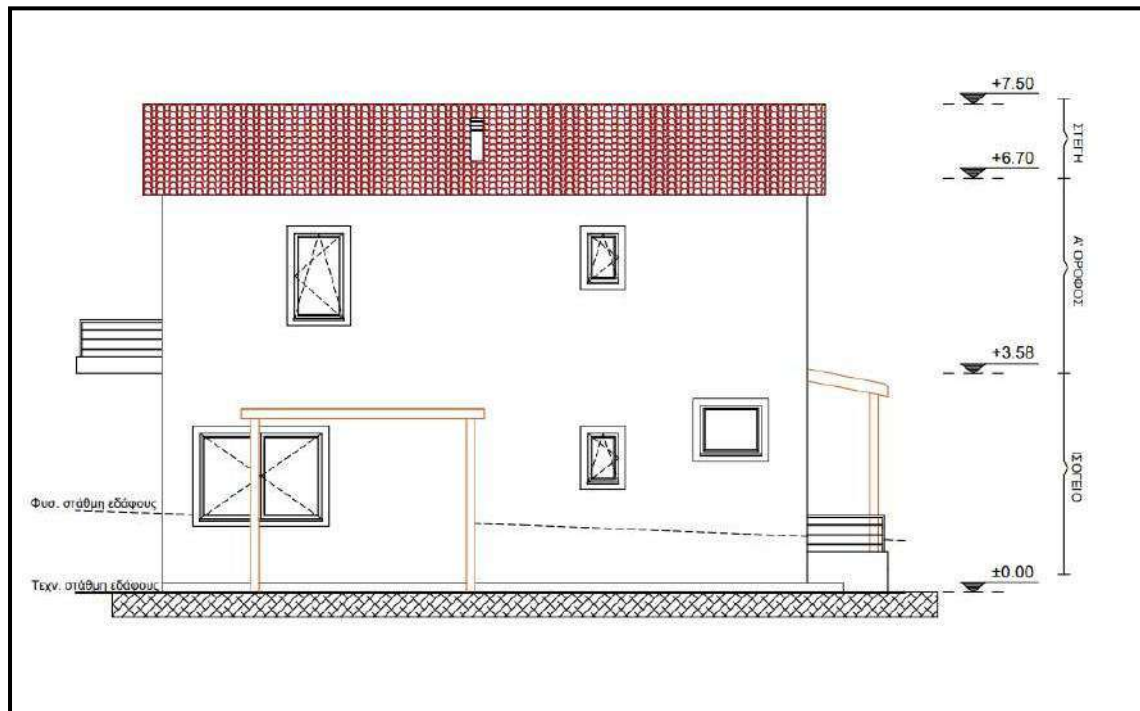
Εικόνα 7.8 Κάτοψη στέγης



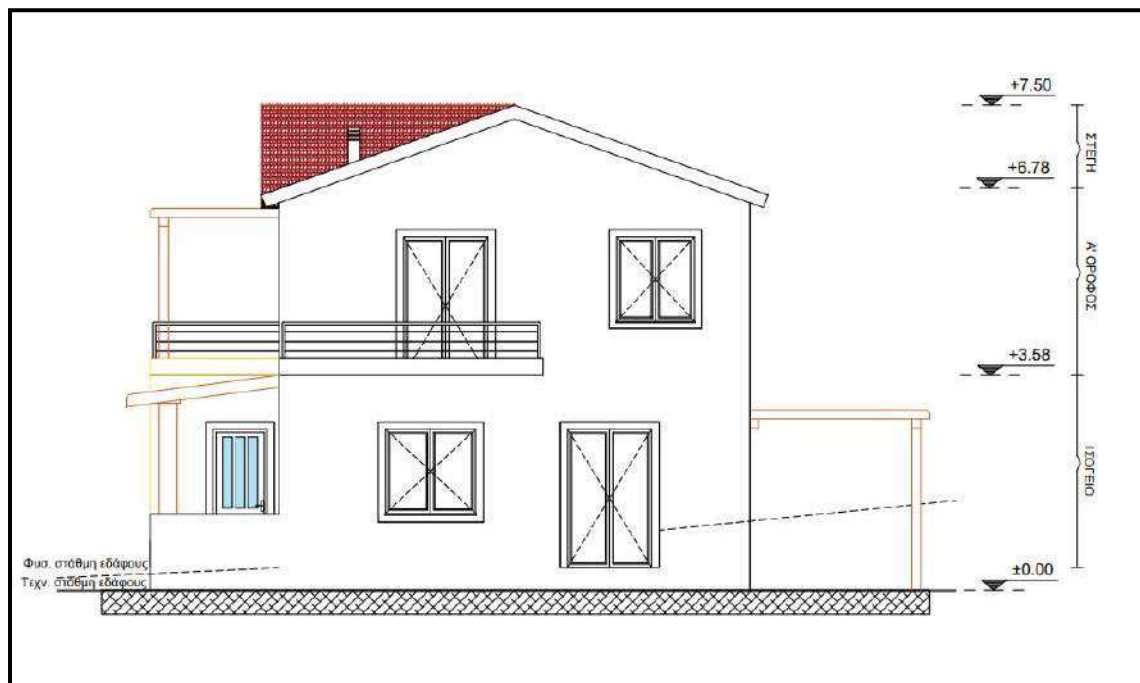
Εικόνα 7.9 Αρχιτεκτονική κάτοψη στέγης



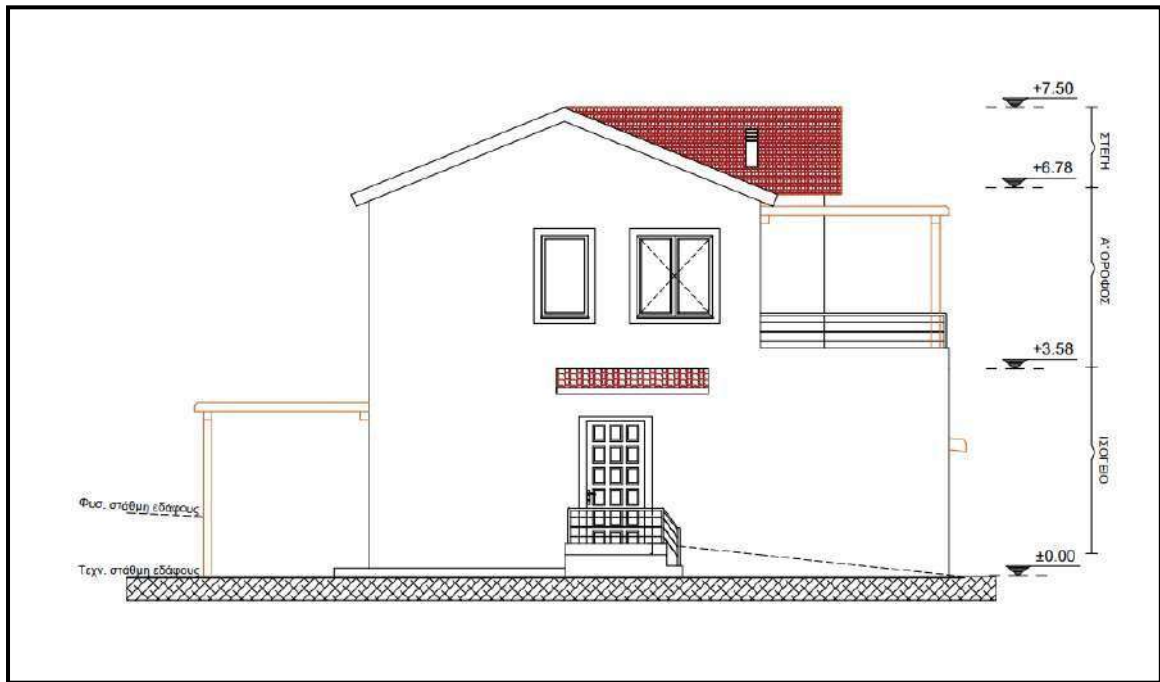
Εικόνα 7.10 Βόρεια όψη



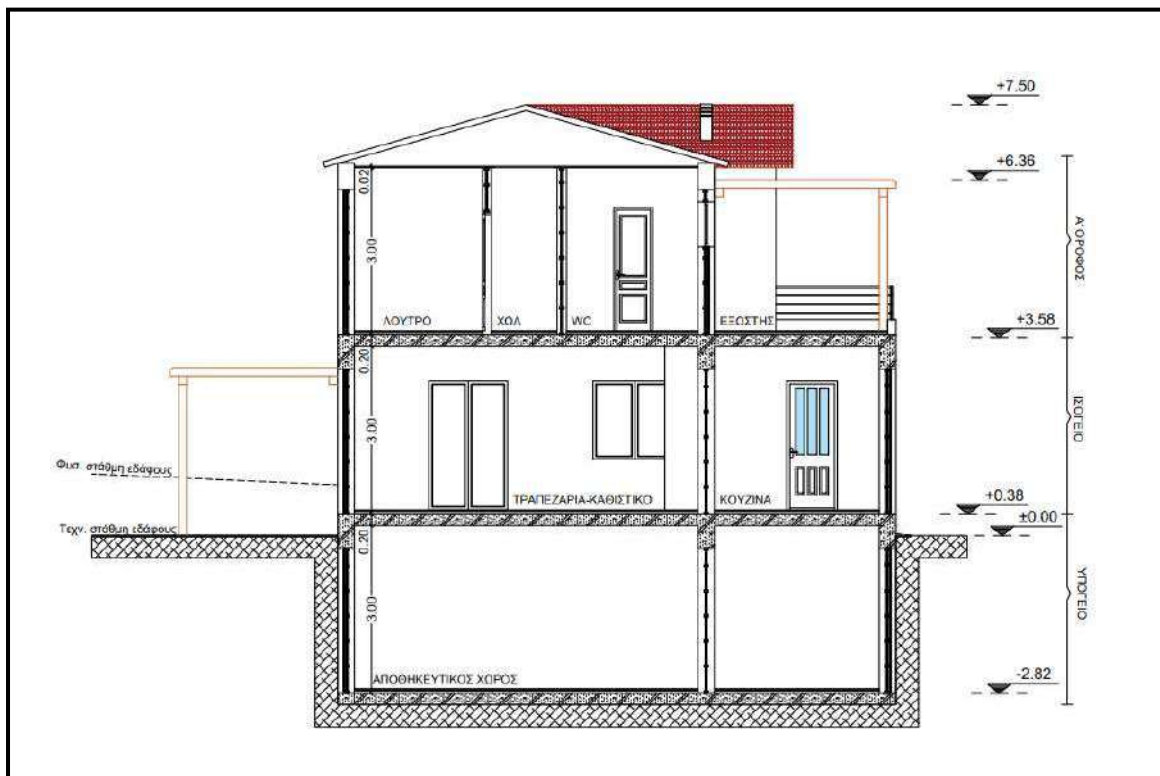
Εικόνα 7.11 Νότια όψη



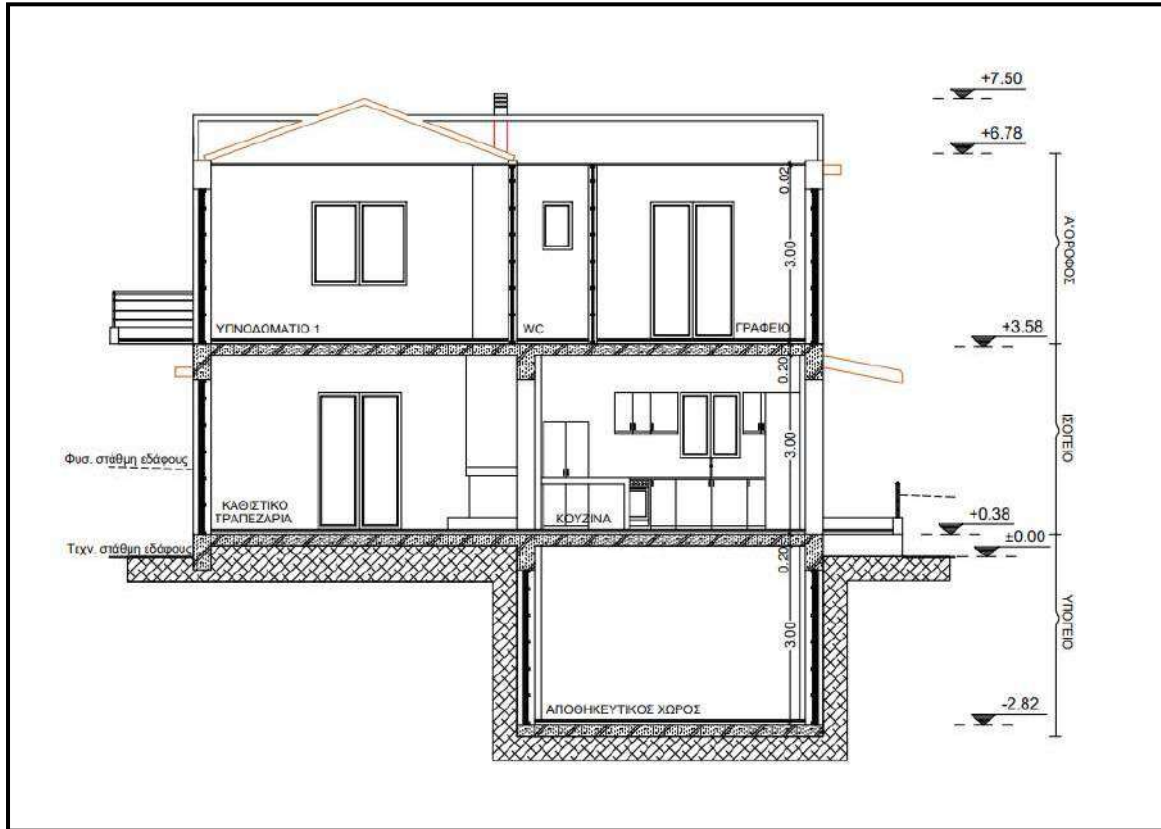
Εικόνα 7.12 Ανατολική όψη



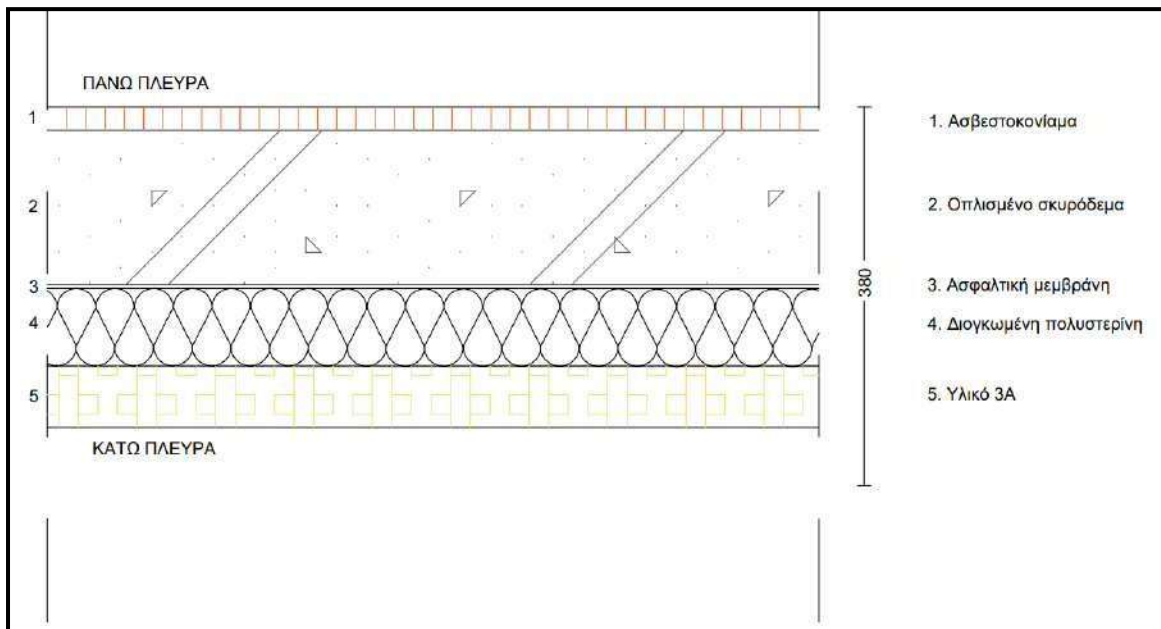
Εικόνα 7.13 Δυτική όψη



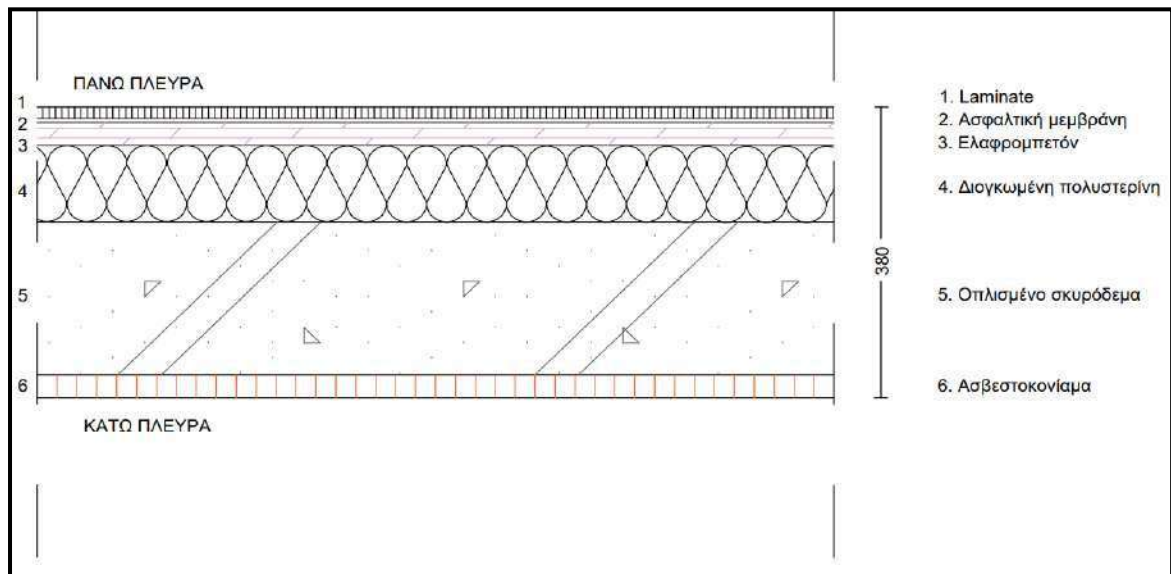
Εικόνα 7.14 Τομή Α-Α'



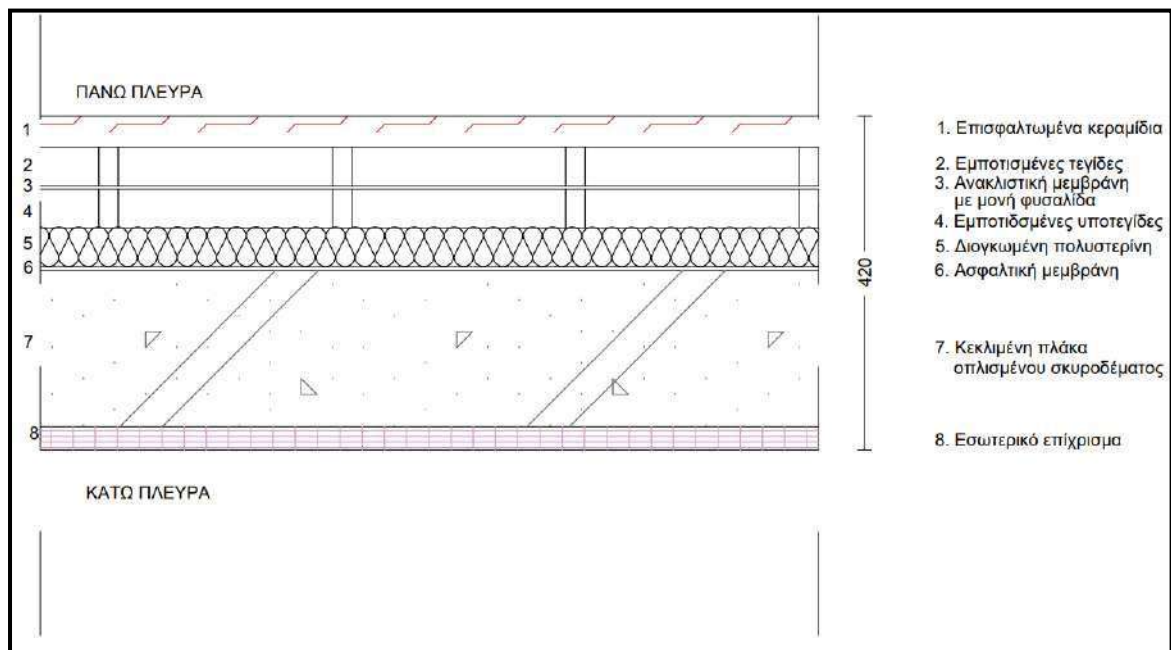
Εικόνα 7.15 Τομή Β-Β'



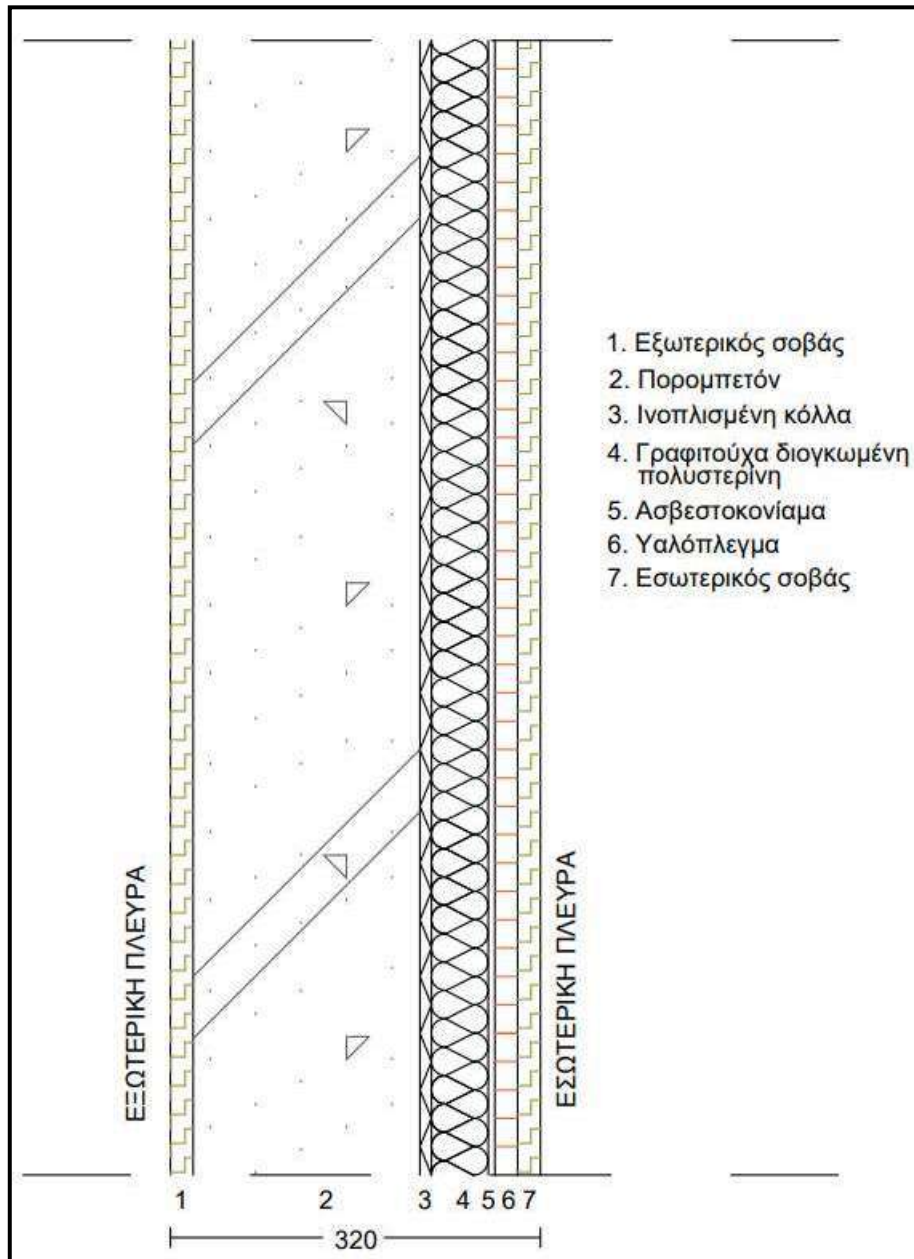
Εικόνα 7.16 Λεπτομέρεια πλάκας δαπέδου – εδάφους



Εικόνα 7.17 Λεπτομέρεια πλάκας ισογείου & ορόφου



Εικόνα 7.18 Λεπτομέρεια στέγης



Εικόνα 7.19 Λεπτομέρεια εξωτερικής τοιχοποιίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ

Πίνακας 8.1 Κοστολόγηση δομικών υλικών

| Δομικό υλικό | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα | Τιμή μονάδας (€) | Δαπάνη (€) |
|---|-----------------|----------|-------------------------|---------------|
| Οπλισμένο σκυρόδεμα (προμήθεια, μεταφορά επί τόπου, διάστρωση και συμπίκνωση) | m ³ | 80 | 240 | 19,200 |
| Πορομπετόν | m ³ | 65 | 61 | 3,965 |
| Γραφτιούχα διογκωμένη πολυστερίνη | m ² | 240 | 2.35/0.5 m ² | 1,128 |
| Διογκωμένη πολυστερίνη | m ² | 330 | 3.50/2 m ² | 577.5 |
| Επίχρισμα | m ² | 570 | 14 | 7,980 |
| Ασβεστοκονίαμα | m ² | 250 | 17 | 4,250 |
| Laminate | m ² | 250 | 11 | 2,750 |
| Ασφαλτική μεμβράνη | m ² | 330 | 5.50 | 1,815 |
| Ανακλαστική μεμβράνη | m ² | 90 | 3.10 | 279 |
| Ινοπλισμένη κόλλα | kg | 50 | 0.27 | 13.5 |
| Υαλόπλεγμα | m ³ | 250 | 1 | 250 |
| Υλικό 3Α | m ³ | 7 | 25 | 175 |
| Τεγίδες | m ² | 90 | 35 | 3,150 |
| Κεραμίδια Ρωμαϊκού τύπου | τμχ | 650 | 1.08 | 702 |
| Βύσματα για μηχανική στερέωση | τμχ | 500 | 0.15 | 75 |
| Σύνολο | | | | 46,310 |

Πίνακας 8.2 Κοστολόγηση κουφωμάτων

| Είδος κουφώματος | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα | Τιμή μονάδας (€) | Δαπάνη (€) |
|--------------------------------|-----------------|----------|------------------|--------------|
| Παράθυρα (εγκατάσταση) | - | 12 | 230 | 2,760 |
| Εσωτερικές θύρες (εγκατάσταση) | - | 6 | 185 | 1,110 |
| Μπαλκονόπορτες (εγκατάσταση) | - | 4 | 520 | 2,080 |
| Εξωτερικές θύρες (εγκατάσταση) | - | 2 | 510 | 1,020 |
| Σύνολο | | | | 6,970 |

Πίνακας 8.3 Κοστολόγηση μηχανικών συστημάτων

| Μηχανικά συστήματα | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα | Τιμή μονάδας (€) | Δαπάνη (€) |
|---|-----------------|----------|------------------|---------------|
| Σύστημα μηχανικού αερισμού (σωληνώσεις, εγκατάσταση) | - | 1 | 2410 | 2,410 |
| Αντλία θερμότητας (επιπλέον παρελκόμενα, εγκατάσταση) | - | 1 | 6735 | 6,735 |
| Ενεργειακό τζάκι (εγκατάσταση) | - | 1 | 1920 | 1,920 |
| Ρολό σκίασης (μοτέρ, σίτα, εγκατάσταση) | - | 12 | 257.5 | 3,090 |
| Σύνολο | | | | 14,155 |

Πίνακας 8.4 Λοιπά κατασκευαστικά στοιχεία

| Εργασία | Μονάδα μέτρησης | Ποσότητα | Τιμή μονάδας (€) | Δαπάνη (€) |
|--|------------------------|----------|------------------|---------------|
| Κατασκευή ψευδοροφής από τσιμεντοσανίδα | m ² | 95 | 43 | 4,085 |
| Είδη υγιεινής | | | | |
| Νεροχύτης-μπαταρία κουζίνας τοποθετημένος | - | 1 | 390 | 390 |
| Πλήρες σετ λουτρού (μπανιέρα, λεκάνη, νιπτήρας, μπιντέ, σαπυνοδόχοι, μπαταρίες, καθρέπτης) | - | 1 | 815 | 815 |
| Πλήρες σετ W.C. (ντουζιέρα, λεκάνη, νιπτήρας, σαπυνοδόχοι, μπαταρίες, καθρέπτης) | - | 2 | 540 | 1,080 |
| Επένδυση τοίχων | | | | |
| Επένδυση λουτρών-W.C. με πλάκες μαρμάρου | m ² | 70 | 78 | 5,460 |
| Έργα περιβάλλοντος χώρου | | | | |
| Δενδροφύτευση μουριών | τμχ | 24 | 80 | 1,920 |
| Συρόμενη αυλόπορτα αλουμινίου με μηχανισμό | τμχ | 1 | 1,487 | 1,487 |
| Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις | | | | |
| Εργασία, υλικά, πρίζες και διακόπτες | m ² κάτοψης | 200 | 27 | 5,400 |
| Υδραυλικές εγκαταστάσεις πλήρεις | | | | |
| Υδρευση-αποχέτευση κουζίνας | - | 1 | 545 | 545 |
| Υδρευση-αποχέτευση πλήρους λουτρού | - | 1 | 730 | 730 |
| Υδρευση-αποχέτευση W.C. | - | 2 | 375 | 750 |
| Σύνολο | | | | 22,662 |

Πίνακας 8.5 Συνολικό κόστος κατασκευής

| Στοιχεία | Δαπάνη (€) |
|-------------------------------|---------------|
| Δομικά υλικά | 46,310 |
| Κουφώματα | 6,970 |
| Μηχανικά συστήματα | 14,155 |
| Λοιπά κατασκευαστικά στοιχεία | 22,662 |
| Σύνολο | 90,097 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Φτάνοντας στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, νιώθω ιδιαίτερα ευλογημένος που μπόρεσα και εξοικειώθηκα, έστω για λίγο, με το πρότυπο του Παθητικού Κτιρίου. Το πρότυπο Passive House είναι αναγνωρισμένο παγκοσμίως ως το ανώτερο πρότυπο εξοικονόμησης ενέργειας, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε είδους κτίριο υπό κατασκευή ή υπό ανακαίνιση/αναβάθμιση.

Αρχικά, συμπεραίνουμε ότι η Ελλάδα για άλλη μια φορά βρίσκεται πίσω (και) στο κομμάτι της κατασκευής, βρίσκεται πίσω στο κομμάτι της ανάπτυξης και της εξέλιξης, αφήνοντας αβέβαιο το μέλλον για την χρήση ή μη των ΑΠΕ. Αυτή ήταν και η αφορμή για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος. Το πρότυπο του ΠΚ είναι ένα μέσο για την επικράτηση μιας άνετης ζωής χάρη στην ποιότητα του αέρα και τις εσωτερικές θερμοκρασίες (ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες) κατά τη διάρκεια του χρόνου. Καταναλώνει περίπου μόνο το 10% (ύστερα από έρευνες) της ενέργειας ενός συμβατικού κτιρίου και εξαλείφει τις θερμογέφυρες. Ένα εξίσου σημαντικό όφελος του Παθητικού Κτιρίου είναι η ανεξάρτησή του από το κράτος, που στα αυτιά των Ελλήνων/ίδων ακούγεται ιδιαιτέρως ευνοϊκό. Όσον αφορά το κόστος ενός τέτοιου έργου, ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να γνωρίζει ότι μόνο κέρδος θα έχει επιλέγοντας το δρόμο του ΠΚ. Ασχέτως αν στη φάση της κατασκευής θα υπάρξει σίγουρα μία αύξηση σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο, αλλά στη συνέχεια της διαβίωσης σε αυτό θα επικρατήσει μία σταδιακή απόσβεση χρημάτων. Παράλληλα, θα υπάρξει μείωση του ενεργειακού κόστους του κτιρίου, ανεξαρτήτως αύξησης των τιμών της ενέργειας, λόγω της χαμηλής ζήτησής της.

Αλλάζοντας πλευρά, το Κράτος κάνει ότι μπορεί για να μην διαδοθεί το ΠΚ. Η Πολιτεία είναι το μέσο για να πρωταγωνιστήσει το συγκεκριμένο πρότυπο, είτε αναθέτοντας διάφορα σεμινάρια, είτε πραγματοποιώντας εκθέσεις, που θα αποσκοπούν στην ενημέρωση και την παρότρυνση για τον κάθε ενδιαφερόμενο. Από την άλλη, η έλλειψη εμπειρίας και η χαμηλή ζήτηση των υλικών κάνουν το κόσμο διστακτικό στην επιλογή αυτού του τρόπου κατασκευής.

Για να συνοψίσω, παρακολουθώντας τη πορεία του Παθητικού Κτιρίου στον χώρο των κατασκευών, ένα είναι σίγουρο, ότι στο μέλλον τα περισσότερα κτίρια θα λειτουργούν ως αυτόνομα. Επομένως, το Παθητικό Κτίριο ήρθε για να μείνει!

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ

- {1} Αντλία θερμότητας:** μηχανήμα, συσκευή ή εγκατάσταση που μεταφέρει θερμότητα από το φυσικό περιβάλλον (π.χ. αέρας) σε κτίρια με την αναστροφή της φυσικής ροής της θερμότητας, κατά τρόπο ώστε να ρέει από χαμηλότερη σε υψηλότερη θερμοκρασία.
- {2} Αποστάτες:** ρυθμίζουν τη σωστή τοποθέτηση (στερέωση) των κουφωμάτων και φροντίζουν για την θερμομόνωση καθώς το κούφωμα δεν ακουμπά στο κτίριο.
- {3} Ασφαλτική μεμβράνη (ή ασφαλτόπανο):** τρόπος στεγανοποίησης ενός δαπέδου.
- {4} Αφύγρανση:** καλείται η διεργασία υγρασίας από τον αέρα.
- {5} Βερμικουλίτης:** είναι ένα θερμομονωτικό υλικό, πυράντοχο, που επενδύει εσωτερικά τον θάλαμο καύσης ενεργειακών εστιών (ξυλόσομπες, τζάκια κ.λπ.).
- {6} Βιοκλιματικός σχεδιασμός:** είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (π.χ. ήλιος).
- {7} Διογκωμένη πολυστερίνη (ή EPS):** είναι ένα εξαιρετικά ελαφρύ υλικό αφού αποτελείται από 2% κυψελώδη δομή που έχει εγκλωβισμένο αέρα 98%.
- {8} Δώμα:** επίπεδη στέγη.
- {9} Ελαφροσκυρόδεμα (ή ελαφρομπετόν):** είναι ένα πολύ ελαφρύ υλικό το οποίο κατασκευάζεται από τσιμέντο, νερό και αφρό και έχει ποικίλες χρήσεις, κυρίως όμως αποσκοπούν στην θερμομόνωση.
- {10} Εναλλάκτης θερμότητας:** η συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών που έχουν διαφορετική θερμοκρασία.
- {11} Ενεργειακή απόδοση κτιρίου:** η υπολογισθείσα ή μετρούμενη ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για να ικανοποιηθεί η ενεργειακή ζήτηση που συνδέεται με την τυπική χρήση του κτιρίου.
- {12} Θερμική άνεση:** ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες συνθήκες. (ASHRAE)
- {13} Θερμογέφυρα:** ορίζεται το τμήμα του περιβλήματος του κτιρίου, στο οποίο η θερμική του αντίσταση εμφανίζεται μειωμένη συγκριτικά με την θερμική αντίσταση στο υπόλοιπο κέλυφος. (TEE)
- {14} Κουφώματα:** όλα εκείνα τα στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται για να κουφώσουν (κλείσουν) τα ανοίγματα ενός κτιρίου.
- {15} Κτιριακό κέλυφος:** τα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου ή κτιριακής μονάδας που διαχωρίζουν το εσωτερικό του από το εξωτερικό περιβάλλον.
- {16} Κτίριο NZEB:** κτίριο πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης, του οποίου η καταναλισκόμενη ενέργεια, σε πολύ μεγάλο βαθμό καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ), συμπεριλαμβανομένης και της παραγόμενης ενέργειας εντός του κτιρίου ή πλησίον του, στην βέλτιστη ισορροπία κόστους-οφέλους.

- {17} **Λαμπάς:** είναι η κάθετη δοκός που στηρίζει το πρέκι.
- {18} **Λινάρι:** είδος μονωτικού υλικού που αποτελείται από τις ίνες του αντίστοιχου φυτού, ύστερα από επεξεργασία.
- {19} **Νεοφυής επιχείρηση:** είναι μία επιχείρηση ή προσωρινός οργανισμός που έχει στόχο να αναπτύξει ένα κλιμακούμενο επιχειρηματικό μοντέλο.
- {20} **Ξυλόμαλλο:** ινώδες υλικό που αποτελείται από ίνες ξύλου και χρησιμοποιείται ως ένα οικοδομικό υλικό με καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.
- {21} **Ξυλότυπος:** είναι το καλούπι μέσα στο οποίο τοποθετείται ο σιδερένιος οπλισμός και διαστρώνεται το νωπό σκυρόδεμα με σκοπό τη κατασκευή σκελετού ενός κτιρίου.
- {22} **Όμορα:** γειτονικά.
- {23} **Οπτοπλινθοδομή:** το λεγόμενο τούβλο (οικοδομικό υλικό).
- {24} **“Πράσινο” κτίριο:** είναι ένα περιβαλλοντικά βιώσιμο κτίριο, που σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και λειτουργεί για να ελαχιστοποιεί τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- {25} **Πρωτογενής ενέργεια:** η ενέργεια από ανανεώσιμες και μη πηγές που δεν έχει υποστεί μετατροπή ή μετασχηματισμό.
- {26} **Συντελεστής θερμικής αντίστασης (R):** είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας. Μετρά δηλαδή με πόση δυσκολία (αντίσταση των μετρούμενων στοιχείων) περνά η θερμότητα, διαμέσου ενός υλικού ή στρώσεων υλικών (σύστημα) με διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του ίση με ένα βαθμό Κέλβιν.
- {27} **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ):** είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από τις απέναντι πλευρές ομοιογενούς υλικού πάχους 1m, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1°C. Μετράται σε W / (mK).
- {28} **Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-Value):** είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από 1m² στοιχείου κατασκευής με πάχος d(m), όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1°C. Μετράται σε W / (m²K).
- {29} **“Perfomance gap”:** είναι η διαφορά μεταξύ της προβλεπόμενης και της πραγματικής απόδοσης.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

ASTM: American Society for Testing and Materials

BMS: Building Management System

CEPHEUS: Cost Efficient Passive Houses as European Standards

dB: decibel

DIN: Deutches Institut für Normung

EN: European Standard

EPS: Expanded Polystyrene

IAQ: Indoor High Quality

ICF: International Classification of Functioning, disability and health

ISO: International Organization for Standardization

LED: Light Emitting Diode

NZEB: Nearly Zero-Energy Building

PE: Potential Energy

PER: Renewable Primary Energy

PH: Passive House

PHI: Passive House Institute

PHPP: Passive House Planning Package

PVC: Polyvinyl Chloride

SRI: Solar Reflectance Index

TFA: Treated Floor Area

UPS: Uninterrupted Power Supply

WC: Water Closet

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΓΑΘ: Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

ΔΣ: Διοικητικό Συμβούλιο

ΕΠΗΑΚ: Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου

ΕΜΠ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΕΜΥ: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ZNX: Ζεστό Νερό Χρήσης

ΚΕΝΑΚ: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

ΚΘΚ: Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίου

ΜΟ: Μέσος Όρος

ΠΑΔΑ: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΠΕΑ: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

ΠΚ: Παθητικό Κτίριο

ΤΕ: Τεχνολογικής Εκπαίδευσης

ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

ΦΕΚ: Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.passipedia.org/>
- [2] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.architetturaecosostenibile.it/green-life/curiosita-ecosostenibili/turf-houses-unesco-627>
- [3] [Online]. Διαθέσιμο: <https://passivehouseplus.ie/blogs/the-world-s-first-zero-energy-house>
- [4] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.ecohome.net/guides/1422/passive-house-saskatchewan-the-birthplace-of-high-performance-buildings-and-passive-solar-home-design/>
- [5] [Online]. Διαθέσιμο: <http://phichina.com/passive-house-what-passive-house>
- [6] [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.pxpa.gr/%CE%A4%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%BF-%CF%80%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%A0%CE%B5%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%B7/>
- [7] [Online]. Διαθέσιμο: <https://eipak.org/>
- [8] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.kofinas.gr/wooden/prasini-domisi/passive-house/>
- [9] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.insulationsuperstore.co.uk/help-and-advice/project-guides/energy-efficiency/what-is-passive-house-a-beginners-guide/>
- [10] [Online]. Διαθέσιμο: http://www.triedrasi.gr/index.php/pathitiko_ktirio.html
- [11] **Merciadri Luca**, Can passive house be the solution to our energy problems, and particularly with solar energy?, Λιέγη Βελγίου 2009
- [12] [Online]. Διαθέσιμο: <http://isoteq.eu/pros-cons-recons/>
- [13] [Online]. Διαθέσιμο: <https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en>

[14] [Online]. Διαθέσιμο:

https://passivehouseaustralia.org/APHA/News/Newsletters/2019/October_2020_Newslatter.aspx

[15] [Online]. Διαθέσιμο: <https://aasarchitecture.com/2017/10/headquarters-metropole-rouen-normandie-jacques-ferrier-architecture.html/>

[16] [Online]. Διαθέσιμο: <https://passivehouseschool.com/>

[17] [Online]. Διαθέσιμο: <https://passivehouse.com/>

Κριτήρια Πιστοποίησης για τα πρότυπα Passive House, EnerPHit και PHI Κτίριο Χαμηλής Ενέργειας, έκδοση 9f, Copyright © 2016 Passive House Institute; Μετάφραση 27.08.2018 Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου.

Αποσπάσματα και χρήση επιτρέπονται μόνο σε αμετάβλητη μορφή με πλήρη αναφορά της πηγής.

[18] **Δημήτριος Παλλαντζάς**, Ενεργειακή ανάλυση παθητικών συστημάτων σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης με χρήση των λογισμικών PHPP και DesignPH, Αθήνα 2019

[19] [Online]. Διαθέσιμο: <https://designph.org/product>

[20] [Online]. Διαθέσιμο: <https://database.passivehouse.com/en/components/>

[21] [Online]. Διαθέσιμο: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Building_envelope

[22] **Passivhaus Trust**, ‘‘ How to build a Passivhaus: Rules of thumb ’’, London April 2015

[23] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.energuide.be/en/>

[24] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.researchgate.net/>

[25] [Online]. Διαθέσιμο: <https://passivehouse-international.org/index.php>

[26] [Online]. Διαθέσιμο: <https://glowindows.com/tilt-turn-windows/blog-window-section-performance-copy/>

[27] [Online]. Διαθέσιμο: www.rizakos.gr/products/monosi/grafitouxo-eps/neocoat-proin-neopor.html

- [28] **Νικόλαος Γαλογαύρας**, Επιλέγοντας θερμομονωτικά υλικά, 2017
- [29] **Βασίλειος Χ. Αργυρόπουλος**, Μηχανολόγος Μηχανικός, Ο ρόλος του μηχανικού σε εφαρμογές θερμομόνωσης
- [30] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.aerosteganotita.gr/>
- [31] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.energy.gov/energysaver/blower-door-tests>
- [32] [Online]. Διαθέσιμο: <http://usiinc.com/blog/energy-savings/what-are-blower-door-tests-and-why-do-they-matter/>
- [33] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.barriersciences.com/blog/what-is-a-blower-door-test>
- [34] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.buildingsciencesllc.com/blog/what-blower-door-test>
- [35] [Online]. Διαθέσιμο: <https://prosoco.com/blower-door-testing/?cn-reloaded=1>
- [36] [Online]. Διαθέσιμο: <http://passivistas.com/>
- [37] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.paulheatrecovery.co.uk/>
- [38] [Online]. Διαθέσιμο:
http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm
- [39] [Online]. Διαθέσιμο: http://www.energysystems.gr/geothermia_leitourgia.php
- [40] [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.triedrasi.gr/index.php>
- [41] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.nachi.org/building-orientation-optimum-energy.htm>
- [42] [Online]. Διαθέσιμο: <https://www.euroblinds.com.cy/eksoteriki-skiasi?language=gr>
- [43] **Κ.Δ. Καραγιάννης – Ι.Δ. Χούντας**, Τεχνικό Γραφείο Μελετών, Γαλατάς Τροιζηνίας, Ιούλιος 2012
- [44] [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.troizinia-methana.gr/>
- [45] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.)
- [46] Δήμος Τροιζηνίας Μεθάνων

[47] Γεωμορφολογικός χάρτης Ελλάδας

[48] [Online]. Διαθέσιμο:

[http://www.geo.auth.gr/courses/ggn/ggn898e/MAKEDONIA_HPEIROS_2014_\[GEWLOGIA-ELLADAS\].pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggn/ggn898e/MAKEDONIA_HPEIROS_2014_[GEWLOGIA-ELLADAS].pdf)

[49] **ΤΟΤΕΕ 20701-2/2017 Α' Έκδοση, 'ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ'**, Αθήνα Σεπτέμβριος 2017