



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ Α΄

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ
ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΣΑΡΩΝΙΔΑ



Φοιτητές: Ιπποκράτης Σταμπούλογλου Α.Μ. 35596,
Αναστάσιος Κυριάζος Α.Μ. 37577
Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Γεωργία Γεωργαλά.

ΑΘΗΝΑ ΜΑΪΟΣ 2012

Αφιερώσεις – Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την καθηγήτριά μας Γεωργία Γεωργαλά για την ουσιαστική βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας αυτής, αλλά και για την καθοδήγηση που μας παρείχε από την πρώτη έως και την τελευταία κυριολεκτικά στιγμή.

Συντμήσεις – ειδικοί όροι

Γ.Α.Θ.: Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Δ.Ε.Η. : Δημόσια Επιχείρηση ηλεκτρισμού

Κ.Εν.Α.Κ. : Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων

Π.Η.Σ. : Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

ΤΟΤΕΕ : Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ

ΦΒ : Φωτοβολταϊκά

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---------------------------|---|
| ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 3 |
| ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΕΙΔΙΚΟΙ ΟΡΟΙ | 4 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ | 5 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 8 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

| | |
|---|----|
| 1.1 Εισαγωγή | 9 |
| 1.2 Στόχος - Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού | 10 |
| 1.3 Θερμική Άνεση | 11 |
| 1.3.1 Παράμετροι Θερμικής Άνεσης | 11 |
| 1.4 Οπτική Άνεση | 13 |
| 1.5 Προδιαγραφές Κ.Εν.Α.Κ. για Συνθήκες Θερμικής και Οπτικής Άνεσης | 13 |
| 1.6 Συμπεράσματα | 14 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

| | |
|--|----|
| 2.1 Εισαγωγή | 15 |
| 2.2 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα | 15 |
| 2.2.1 Συστήματα Άμεσου Ηλιακού Κέρδους | 15 |
| 2.2.2 Συστήματα Εμμέσου Ηλιακού Κέρδους | 16 |
| 2.2.2.1 Ηλιακοί Τοίχοι Μάζας | 16 |
| 2.2.2.2 Ηλιακοί Τοίχοι Trombe | 17 |
| 2.2.2.3 Τοίχος Νερού | 19 |
| 2.2.3 Συστήματα Απομονωμένου Ηλιακού Κέρδους | 19 |
| 2.2.3.1 Ηλιακοί Χώροι – Θερμοκήπια | 19 |
| 2.2.3.2 Θερμοσιφωνικά Πανελα | 20 |
| 2.3. Ηλιοπροστασία | 21 |
| 2.3.1 Μεθοδολογία Σχεδιασμού Στοιχείων Σκιασμού | 23 |
| 2.3.2 Επιλογή ως προς τον Προσανατολισμό του Κτηρίου | 24 |
| 2.3.3 Ειδικά Κρύσταλλα | 25 |
| 2.3.4 Ανακλαστικά Επιχρίσματα | 25 |
| 2.3.5 Χρώμα και Ύψη Εξωτερικών Επιφανειών | 25 |
| 2.4 Συστήματα Φυσικού Δροσισμού | 25 |
| 2.4.1 Επάρκεια Θερμικής Μάζας | 26 |
| 2.4.2 Ψύξη Μέσω Εδάφους | 26 |
| 2.4.3 Θερμομόνωση | 28 |
| 2.4.4 Φυσικός Αερισμός | 29 |
| 2.4.4.1 Βασικοί Τύποι και Τεχνικές Φυσικού Αερισμού | 29 |
| 2.4.5 Τεχνητός (ή Εξαναγκασμένος) Αερισμός | 32 |
| 2.4.6 Διπλό Κέλυφος | 32 |
| 2.4.7 Νυκτερινή Ακτινοβολία | 34 |
| 2.4.7.1 Μεταλλικός Ακτινοβολητής | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.4.7.2 Λίμνες Οροφής | 35 |
| 2.4.8 Εξατμιστικός Δροσισμός | 35 |
| 2.4.9 Διαμόρφωση Μικροκλίματος | 36 |
| 2.4.9.1 Φυτεμένο Δώμα - Στέγη | 36 |
| 2.4.9.2 Κάθετοι Κήποι | 38 |
| 2.5 Συστήματα Φωτισμού | 39 |
| 2.5.1 Φυσικός Φωτισμός | 39 |
| 2.5.1.1 Ανοίγματα Οροφής | 40 |
| 2.5.1.2 Αίθρια | 41 |
| 2.5.1.3 Φωτοσωλήνες | 41 |
| 2.5.1.4 Φωταγωγοί | 42 |
| 2.5.1.5 Διαφανή Μονωτικά Υλικά | 43 |
| 2.5.1.6 Ηλιοστάσια | 43 |
| 2.5.1.7 Εξωτερικά ή Εσωτερικά Ράφια Φωτισμού | 44 |
| 2.5.1.8 Περσίδες | 45 |
| 2.5.2 Τεχνητός Φωτισμός | 45 |
| 2.5.2.1 Λαμπτήρες | 45 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

| | |
|------------------------------------|----|
| 3.1 Εισαγωγή | 49 |
| 3.2 Φωτοβολήθηκα Συστήματα | 49 |
| 3.3 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας | 52 |
| 3.4 Βιομάζα | 56 |
| 3.5 Μικρές Ανεμογεννήτριες | 57 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο:

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΗΡΙΟ

| | |
|---|----|
| 4.1 Σενάριο Εφαρμογής | 60 |
| 4.2 Το Κλίμα της Ελλάδας | 61 |
| 4.2.1 Οι Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας | 62 |
| 4.3 Δεδομένα για το Κτήριο | 64 |
| 4.3.1 Πλαίσιο και Τοποθεσία | 64 |
| 4.3.2 Κλιματικά Δεδομένα για το υπό μελέτη Κτήριο | 64 |
| 4.3.3 Λειτουργία και Μορφή του Έργου | 66 |
| 4.3.3.1 Συνθήκες Λειτουργίας Κτηρίου | 74 |
| 4.4 Επιλογή Βιοκλιματικών Παρεμβάσεων | 74 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

| | |
|---|----|
| 5.1 Εισαγωγή | 80 |
| 5.2 Μεθοδολογία | 80 |
| 5.3 Περιγραφή αρχικού μοντέλου | 81 |
| 5.4 Σχετικά με το Ecotect | 87 |
| 5.4.1 The admittance method (μέθοδος θερμικής αποδοχής) | 88 |
| 5.4.2 Ακρίβεια αποτελεσμάτων | 89 |
| 5.4.3 Περιορισμοί | 89 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.5 | Θερμική ανάλυση στο αρχικό μοντέλο | 90 |
| 5.6 | Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας – εφαρμογή Π.Η.Σ. | 91 |
| 5.6.1 | Εφαρμογή εξωτερική θερμομόνωσης | 91 |
| 5.6.2 | Εφαρμογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων | 97 |
| 5.6.3 | Εφαρμογή υαλοπινάκων low-e | 99 |
| 5.6.4 | Αύξηση θερμικής μάζας | 100 |
| 5.6.5 | Αποτελέσματα εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης, ηλιοπροστασίας, low-e | 102 |
| 5.7 | Διαμόρφωση μικροκλίματος – Ενσωμάτωση Α.Π.Ε. | 103 |
| 5.7.1 | Φυτεμένο δώμα - στέγη | 103 |
| 5.7.2 | Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ | 106 |
| 5.7.3 | Γεωθερμική αντλία | 108 |
| 5.7.4 | Μικρή ανεμογεννήτρια | 109 |
| 5.7.5 | Συνδυασμός Α.Π.Ε. | 109 |
| 5.8 | Συνδυασμός Βιοκλιματικών Μέτρων | 109 |
| | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 110 |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 111 |
| | ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 113 |
| | SUMMARY | 114 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η καταστροφή της φύσης είναι πλέον αντιληπτή από το σύνολο των ανθρώπων. Οι επιπτώσεις αυτής της καταστροφής είναι εμφανείς στα οικοσυστήματα και το κλίμα και γενικά επιβαρύνει δραματικά το περιβάλλον στο οποίο καλείται να επιβιώσει ο άνθρωπος. Ο προβληματισμός αυτός απασχολεί πολλές επιστήμες οι οποίες προσπαθούν να δώσουν λύσεις σε πρακτικό επίπεδο. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική προσπαθεί να επιτύχει πρακτικές λύσεις δίνοντας βαρύτητα στην οικολογική διάσταση της κατασκευής. Το παρόν πόνημα εμπνέεται από την προσπάθεια αυτή και επιχειρεί την μελέτη και εφαρμογή λύσεων που εμπεριέχονται στη θεματολογία αυτού που στις μέρες μας ονομάζεται βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Η γενική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, αποτυπώνεται σε δύο μέρη. Θεωρητική κατάρτιση των αρχών που διέπουν τον Β.Σ. και όπως αναφέρθηκε και στην περίληψη, πειραματική εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων που συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το πρόγραμμα Autocad, μέσω του οποίου έγινε η διδιάστατη απεικόνιση της κατοικίας μελέτης, το λογισμικό Ecotect με το οποίο πραγματοποιήθηκε η θερμική ανάλυση του κτηρίου και υπολογίστηκε η επίδραση των προτεινόμενων επεμβάσεων, και ορισμένα προγράμματα του Microsoft Office. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση του Microsoft Word για την σύνταξη της εργασίας, του Microsoft Excel για τη δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων, και τέλος του Microsoft Powerpoint για την προετοιμασία της παρουσίασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας, είναι πλέον γνωστό ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα επιβαρύνει το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό φέρνει στο προσκήνιο την έντονη ανάγκη λήψης μέτρων σχετικά με το ζήτημα της ενεργειακής αυτονομίας, της εξοικονόμησης ενέργειας και της αναβάθμισης των τεχνολογικών προτύπων που χρησιμοποιούν οι σύγχρονες κοινωνίες.

Από αυτήν την λογική δεν θα μπορούσε να εξαιρεθεί ο κατασκευαστικός τομέας ο οποίος οφείλει να αναζητήσει διέξοδο σε πιο οικολογικές αντιλήψεις, όπως προτάσσουν οι ανάγκες και το πνεύμα της εποχής. Ειδικότερα εάν αναλογιστούμε ότι οι ανάγκες για στέγαση, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας [1], συνεχώς αυξάνονται και κατ' αναλογία αυξάνονται και οι απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης, όπως και ότι τα κτήρια ευθύνονται για το 50% περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO₂, γίνεται κατανοητό ότι η κατασκευή περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποδοτικότερων κτηρίων είναι κάτι το επιβεβλημένο.

Η Ελλάδα δεν αποτελεί εξαίρεση των όσων ειπώθηκαν παραπάνω. Αν και το κλίμα της είναι μεσογειακό, άρα και οι απαιτήσεις σε θέρμανση τον χειμώνα μειωμένες, τα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας για την χώρα μας έχουν αυξητικές τάσεις [2]. Αυτό εξηγείται εν μέρει λόγω της χρήσης μικροσυσκευών και κλιματιστικών. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια, θα επέφερε μείωση της τάξεως του 50% [2].

Όπως γίνεται αντιληπτό, η ανάγκη για μια ορθολογική χρήση της ενέργειας στον τομέα της κατοικίας, επανέφερε στις μέρες μας το ενδιαφέρον για την βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες πρακτικές ήταν γνωστές εδώ και αιώνες. Από τις έρευνες ανθρωπολόγων, είναι γνωστό ότι πως απέναντι σε πολύ πιο δύσκολες συνθήκες, οι άνθρωποι του παρελθόντος έβρισκαν τον τρόπο να προσαρμόζονται. Τα παραδείγματα του υποσκάφου οικισμού της Σαντορίνης, των bungalows των αποίκων της Αυστραλίας, της πολεοδομίας της Πριήνης, και άλλων πολλών, δείχνουν τις γνώσεις που είχαν κατακτήσει οι άνθρωποι τις εποχές εκείνες μέσα από την καθημερινότητα τους, προσπαθώντας να ικανοποιήσουν τις πραγματικές τους ανάγκες. Ο ρόλος της σωστής θέσης του σπιτιού στο χώρο, ο κατάλληλος προσανατολισμός, η λειτουργικά εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων και η επιλογή κατάλληλων υλικών, ήταν γνωστές παράμετροι, και εφαρμόζονταν κατά κόρον. Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι άκρως διαφωτιστικό για την ανεπτυγμένη «βιοκλιματική» αντίληψη των προγόνων μας.

«Στα σπίτια που διαθέτουν νότιο προσανατολισμό, ο ήλιος διεισδύει στο εσωτερικό από το χαγιάτι, αλλά το καλοκαίρι, όπου η τροχιά του ήλιου είναι πάνω από τα κεφάλια μας και πάνω από τη στέγη, το σπίτι διαθέτει αρκετή σκιά. Επιπλέον, τα νότια ανοίγματα μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα ψηλότερο επίπεδο και τα βορινά σε ένα χαμηλότερο, έτσι ώστε να υπάρχει προστασία από τους βορινούς ανέμους».

Ξενοφώντας Απομνημονεύματα

Πλέον, οι γνώσεις και οι πρακτικές τόσων αιώνων έχουν προσαρμοστεί στις σύγχρονες απαιτήσεις, εκμεταλλευόμενες τις σύγχρονες τεχνολογίες, τα νέα υλικά και τα μηχανικά συστήματα. Τα βιοκλιματικά σπίτια, εν τη γενέσει τους, αξιοποιούν με τον καλύτερο τρόπο τη διαθέσιμη ενέργεια του περιβάλλοντος, χωρίς να ζητούν από τον χρήστη να σκέφτεται πάνω στην λειτουργία του κτηρίου. Το αποτέλεσμα δεν είναι μόνο η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, αλλά και μια πιο ευχάριστη διαβίωση αφού στο σπίτι δεν είναι πια ένα άψυχο τεχνολογικό κέλυφος, αλλά μια οργανική προέκταση του εξωτερικού χώρου. Η μορφή, τα υλικά και η διάταξη των δωματίων, παίρνουν υπόψη τους το μικροκλίμα, τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, τις συνήθειες των ανθρώπων και τις σύγχρονες αντιλήψεις γι' αυτό που οι σχεδιαστές αποκαλούν θερμική, ακουστική και οπτική άνεση μέσα σε ένα υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον. [3]

1.2 ΣΤΟΧΟΣ - ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Εκείνη η συμπεριφορά του ανθρώπου που θέτει σε προτεραιότητα παράλληλα με τις ανάγκες του και την φύση, είναι αυτό που ονομάζουμε οικολογική συνείδηση. Σαν επακόλουθο προκύπτει η οικολογική συμπεριφορά, η οποία απαιτεί από τον άνθρωπο την συνεχή συμβολή του, μέσω των πράξεών του, στην οικολογία. Στα πλαίσια αυτά, ο άνθρωπος προσπαθεί να αναπτύξει μηχανισμούς οι οποίοι μπορούν να εξυπηρετήσουν με αυτοματοποιημένο τρόπο τις ανάγκες του, αλλά και το φυσικό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου μηχανισμού, στα πλαίσια της οικολογίας, μπορεί να χαρακτηριστεί ως βιοκλιματικός. Στο σημείο αυτό το πρέπει να αναφέρουμε ότι ο όρος βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι γενικότερος και μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς.

Επανερχόμενοι στον των τομέα των δομικών έργων και των έργων υποδομής, ως βιοκλιματικός σχεδιασμός νοείται ο μηχανισμός αυτός που σαν στόχο έχει την μείωση ή ακόμα και την εξάλειψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από τις οικιστικές, με την ευρύτερη έννοια, ανάγκες των ανθρώπων. Τις τελευταίες δεκαετίες, αποτελεί παγκοσμίως κριτήριο στην κατασκευή των κτηρίων λόγω της ανάγκης για χαμηλές απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό (μείωση κατανάλωσης πετρελαίου, ηλεκτρικού ρεύματος και κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων). Ο παράγοντας αυτός είναι και ο βασικός λόγος που έχει θέση την βιοκλιματική αρχιτεκτονική στο προσκήνιο και στην χώρα μας. Όπως έχει οριστεί στον Ν.Ο.Κ [4], βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι η σύνθετη διαδικασία του σχεδιασμού που λαμβάνει πλήρως υπόψη της την αλληλεπίδραση του περιβάλλοντος με το κτίριο και οδηγεί στην πλήρη επίτευξη συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης και ποιότητας αέρα με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενεργείας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός για να πετύχει τον στόχο του βασίζεται στις παραπάνω αρχές:

- Θερμική προστασία των κτηρίων τόσο τον χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, με την χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος. Ιδιαίτερο ρόλο παίζουν η κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτηρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση κατά την χειμερινή περίοδο και για τον φυσικό φωτισμό όλο τον χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων καθώς και τη διαρρύθμιση των χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες.
- Προστασία του κτηρίου από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτήριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω τεχνικών παθητικού δροσισμού, με κύριο τρόπο τον φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες.
- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα τον χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), ώστε να ελαχιστοποιείται η χρήση επικουρικών συστημάτων (θέρμανσης – κλιματισμού) για την επαναφορά της στα επιθυμητά επίπεδα.
- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ακτινοβολίας για τον φυσικό φωτισμό των κτηρίων.

Για να κατανοήσουμε όμως καλύτερα τη γενικότερη φιλοσοφία του Β.Σ. θα πρέπει να περιγράψουμε τις ανθρώπινες ανάγκες μέσω των εννοιών της θερμικής και οπτικής άνεσης.

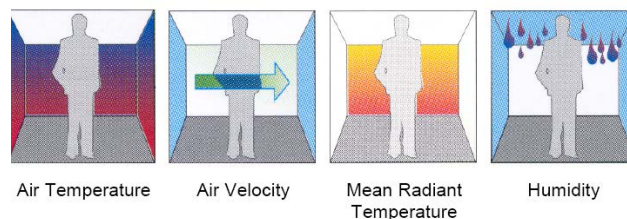
1.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Ως θερμική άνεση, ορίζεται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία ο εγκέφαλος εκφράζει ικανοποίηση όσον αφορά στο θερμικό περιβάλλον. Διαφορετικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε συνθήκες καλής θερμικής άνεσης το άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή στο περιβάλλον του, διότι δεν αισθάνεται ανεπιθύμητη ζέστη, ούτε ανεπιθύμητο κρύο. Η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι σταθερή και κάθε θερμότητα που δημιουργείται από αυτό πρέπει να αποβάλλεται. Για το λόγο αυτό, συνθήκες βέλτιστης θερμικής άνεσης έχουμε όταν η παραγωγή εσωτερικής θερμοκρασίας εξισώνεται με τις θερμικές απώλειες του σώματος. Η ισορροπία μεταξύ αυτών των παραμέτρων καθορίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης η οποία εξαρτάται από ένα συνδυασμό φυσικών, οργανικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των ανθρώπων και την υποκειμενικότητα του συναισθήματος τη θερμικής άνεσης τα διαγράμματα και οι συνθήκες άνεσης που έχουν οριστεί, ικανοποιούν την πλειοψηφία του πληθυσμού και μάλιστα ένα ποσοστό 80% του πληθυσμού [1, 4, 6, 7].



Εικ 1.1: Θερμική Άνεση

1.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ



Εικ 1.2: Παραμετροι Θερμικής Άνεσης

1. Εξωτερικές Παράμετροι

- Θερμοκρασία αέρα χώρου: Πρόκειται για τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο και είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που χάνεται από το ανθρώπινο σώμα μεταφέρεται στον αέρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του επιπέδου του πατώματος και του ταβανιού (δηλαδή η διαφορά

θερμοκρασίας που αντιλαμβάνεται το άτομο μεταξύ των ποδιών και του κεφαλιού του αντιστοιχα)πρέπει να είναι μέχρι 3 °C. Η δε θερμοκρασία δαπέδου συνίσταται να κυμαίνεται μεταξύ 19-29 °C.

- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών : Αναφέρεται στην θερμότητα που ακτινοβολείται από τις θερμές επιφάνειες του εσωτερικού χώρου. Είναι πολύ σημαντική παράμετρος, διότι επηρεάζει τη θερμότητα που χάνεται με ακτινοβολία και με αγωγιμότητα (σε περίπτωση επαφής) από το σώμα προς τις επιφάνειες. Το δέρμα απορροφά μεγάλα ποσά από αυτή τη θερμότητα, πράγμα που μπορεί, ωστόσο, να μειωθεί λόγω της ανακλαστικότητας των ρούχων. Ένα καλά μονωμένο κτήριο εξασφαλίζει θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πολύ κοντά στη θερμοκρασία χώρου, περιορίζοντας έτσι τις απώλειες της ακτινοβολούμενης θερμότητας, με αποτέλεσμα την επίτευξη καλύτερης θερμικής άνεσης.
- Ταχύτητα αέρα: Μέσα στα κτήρια, οι ταχύτητες του αέρα είναι μικρότερες από 0.2 m/s. Η σχετική όμως ταχύτητα του αέρα που οφείλεται στη δραστηριότητα του ατόμου ποικίλει από 0-0,1 για δουλειά γραφείου, έως 0.5-2 m/s, για πιο έντονες δραστηριότητες.
- Σχετική υγρασία: Όταν το νερό θερμαίνεται και εξατμίζεται στο περιβάλλοντα χώρο, παρέχει ως αποτέλεσμα υγρασία στον αέρα του χώρου. Σχετική υγρασία είναι ο λόγος του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Σχετική υγρασία ποσοστού 40% έως 70%, δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στη θερμική άνεση. Σε κάθε περίπτωση, η σχετική υγρασία πρέπει να είναι πάνω από 20% ώστε να εμποδίζεται η αποξήρανση των βλεννογόνων και κάτω από 80% για την αποφυγή σχηματισμού μούχλας στο κτήριο [8].

2. Ατομικές Παράμετροι

- Μεταβολισμός: Περιγράφει τη θερμότητα που παράγεται στο σώμα μας, ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η φυσική δραστηριότητα του ατόμου, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγεται και τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη να αποβάλει αυτή τη θερμότητα για να μην υπερθερμανθεί το σώμα. Σκοπός είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 36.7 °C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος. Συνεπώς, οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν συνεχώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.
- Ένδυση: Παρεμβαίνει στην ιδιότητα μας να αποβάλλουμε θερμότητα προς το περιβάλλον, για αυτό είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση. Η θερμική αντίσταση στην ανταλλαγή θερμότητας, μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και της γύρω ατμόσφαιρας, που οφείλεται στο ρουχισμό, μετριέται σε clo, όπου 1 clo=0.155m²K/watt.
- Θερμοκρασία Δέρματος: Είναι συνάρτηση του μεταβολισμού, της ένδυσης, της θερμοκρασίας χώρου και άλλων παραγόντων και σε αντίθεση με την εσωτερική θερμοκρασία σώματος, αυτή δεν είναι σταθερή [8].

1.4 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς και εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και τη ακρίβεια της αντιληπτικότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της συνθήκες φωτισμού του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει ανεπαρκής φωτισμός, ή το φαινόμενο της θάμβωσης (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Απλούστερα ο όρος της οπτικής άνεσης περιγράφει τις συνθήκες φωτισμού κάτω από τις οποίες δημιουργείται ένα ευχάριστο περιβάλλον στο οποίο μπορεί ο ένοικος να αναπτύξει τις δραστηριότητές του. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα της οπτικής άνεσης είναι ότι συνδέεται άρρηκτα με την καλή ψυχική υγεία του ατόμου.

Σε επίπεδο βιοκλιματικού σχεδιασμού, η επίτευξη της οπτικής άνεσης επιδιώκεται αξιοποιώντας κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο το στοιχείο του φυσικού φωτός. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Πρώτον γιατί το φυσικό φως, εφόσον αξιοποιηθεί ορθά, υπερτερεί ποιοτικά από το τεχνητό, στα πλαίσια που ορίζει η έννοια της οπτικής άνεσης (πειραματικές ομάδες με σημάδια μελαγχολίας είχαν μετρήσιμες αλλαγές στη διάθεση τους, όταν υπέστησαν σε θεραπεία με χρήση φωτός παρόμοιο με το ηλιακό κατά την θερινή περίοδο) και δεύτερον συμβάλει θετικά στην μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ιδίως σε περιπτώσεις εμπορικών κτηρίων – γραφείων όπου το ποσοστό της βάσει της γενικής χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένο [5, 6].

| Είδος κτηρίου | Γενική κατανάλωση ηλεκτρική ενέργειας (%) | Ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό (%) |
|--------------------|---|------------------------------------|
| ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ | 35,5 % | 2,5 % |
| ΚΑΤΟΙΚΙΑ | 39,5 % | 2,5 % |
| ΕΜΠΟΡΙΚΟ - ΓΡΑΦΕΙΟ | 12,0 % | 8,0 % |

Εικ 1.3: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό για διάφορα είδη κτηρίων

1.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ Κ.ΕΝ.Α.Κ. ΓΙΑ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Είναι φανερό ότι οι συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης είναι κεντρικοί άξονες γύρω από τους οποίους στρέφεται ο σχεδιασμός ενός κτηρίου. Αυτός είναι και ο λόγος που ο Κ.Εν.Α.Κ θέτει ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται στα κτήρια. Στο κεφάλαιο 2 «Συνθήκες λειτουργίας κτηρίου» υποκεφάλαιο 2.4 περιγράφονται οι απαιτήσεις για τις εσωτερικές συνθήκες των χώρων όσον αφορά την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, τον απαιτούμενο νωπό αέρα και την στάθμη φωτισμού.

Για την κατοικία που μελετάμε έγινε αναζήτηση των παραπάνω προδιαγραφών – απαιτήσεων και τα αποτελέσματα καταγράφονται στο τέταρτο κεφάλαιο.

1.6 Συμπεράσματα

Συνοπτικά, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική στο επίπεδο των κτηριακών μονάδων ασχολείται με τις ακόλουθες κατευθύνσεις:

- Την μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (αύξηση θερμοκρασίας, συγκέντρωση αέριων ρύπων, δυσκολία στην κυκλοφορία του αέρα)
- Την επιλογή των δομικών υλικών, λαμβάνοντας υπ' όψη τόσο τις θερμικές και οπτικές του ιδιότητες, όσο και την τοξική του δράση.
- Τον σχεδιασμό των κτηρίων ώστε ανάλογα με την χρήση τους να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.

Οι δύο τελευταίες κατευθύνσεις είναι και αυτές που βρίσκουν μεγαλύτερη εφαρμογή στο αντικείμενο μελέτης της εργασίας αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που θέτει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, επιτάσσεται η επινόηση συστημάτων - τεχνικών οι οποίες να μετουσιώνουν τις αρχές του Β.Σ. σε πράξη. Τα συστήματα αυτά αποτελούν τα εργαλεία μέσω των οποίων ο μελετητής μπορεί να καταλήξει στα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο βασικός διαχωρισμός τους είναι ο εξής:

1. Παθητικά Ηλιακά συστήματα.
2. Συστήματα σκιασμού
3. Συστήματα Φυσικού Δροσισμού.
4. Συστήματα Φωτισμού.

2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα συστήματα αυτά αποτελούν ήπιες τεχνικές και τεχνολογίες (στην ουσία κατασκευές ενταγμένες στο κελύφος), οι οποίες επαυξάνουν τη δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας.

Ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο θερμικής λειτουργίας:

- Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους (πχ ανοίγματα προσανατολισμένα στο νότο)
- Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους (πχ ηλιακοί τοίχοι, τοίχοι θερμικής αποθήκευσης)
- Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους (πχ θερμοκήπια, υβριδικά συστήματα)

2.2.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους:

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι τα γυάλινα ανοίγματα (το απλούστερο σύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας) του κελύφους, τα οποία διευκολύνουν την επικοινωνία του εσωτερικού με τον εξωτερικό χώρο.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους είναι:

- Ο νότιος προσανατολισμός των γυάλινων επιφανειών
- Η θερμική μάζα του κτηρίου να είναι επαρκής για να απορροφάται και να αποθηκεύεται η ηλιακή θερμότητα
- Το κελύφος του κτηρίου να είναι θερμικά προστατευμένο από την εξωτερική πλευρά
- Η νυκτερινή μόνωση των ανοιγμάτων

Η καλύτερη απόδοση τους έχει τις εξής προϋποθέσεις:

- i. Ο νότιος προσανατολισμός των ανοιγμάτων πρέπει να τηρείται απαρέγκλιτα, με μέγιστη απόκλιση τις 30° προς ανατολή ή δύση. Έτσι, αποθηκεύεται το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, ενώ παράλληλα είναι πιο εύκολη η ηλιοπροστασία τους το καλοκαίρι με χρήση οριζόντιων προστεγασμάτων, σταθερών ή κινητών.
- ii. Η κλίση του ανοίγματος ως προς τον ορίζοντα προτιμάται κατακόρυφη, καθώς έτσι δέχεται τον περισσότερο ήλιο τον χειμώνα, και προστατεύεται ευκολότερα τους θερινούς μήνες
- iii. Το μέγεθος και η θέση του ανοίγματος. Το πρώτο σχετίζεται με το κλίμα της περιοχής και διαφοροποιείται ανάλογα με το βαθμό θερμομόνωσης του κελύφους. Ακολουθεί σχετικός πίνακας.

| Μέγεθος νότιων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες | |
|--|-------------------------------------|
| Μέση εξωτερική θερμοκρασία το | Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για |

| χειμώνα C° | τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου κάτοψης m ² |
|----------------------|---|
| Κλίμα ψυχρό | |
| -9,4 | 0,27 – 0,42 (με νυκτερινή μόνωση) |
| -6,7 | 0,24 – 0,38 (με νυκτερινή μόνωση) |
| -3,9 | 0,21 – 0,33 |
| -1,1 | 0,19 – 0,29 |
| Κλίμα εύκρατο | |
| +1,7 | 0,16 – 0,25 |
| +4,5 | 0,13 – 0,21 |
| +7,2 | 0,11 – 0,17 |

Εικ.2.1: Μέγεθος νότιων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες

Πηγή: [7]

Η θέση σχετίζεται με το βάθος του χώρου, έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή θερμότητας στο χώρο. Σε γενικές γραμμές, το βάθος του χώρου δεν πρέπει να ξεπερνά τη διάσταση που ισούται με 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος, μετρούμενο από το δάπεδο.

- iv. Την άμεση πρόσπτωση του ήλιου στα συμπαγή δομικά στοιχεία του κτηρίου –δάπεδο, τοίχους ή οροφή- γιατί κατά αυτό τον τρόπο αποθηκεύεται άμεσα η θερμότητα που συλλέγεται, βελτιστοποιώντας την απόδοση του συστήματος.
- v. Τον τύπο του γυαλιού, ο οποίος μπορεί να είναι είτε απλό διάφανο γυαλί είτε γυαλί που διαχέει το φως προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου. Η επιλογή κατάλληλου γυαλιού είναι συνάρτηση της χρήσης του χώρου, ενώ σκοπός του είναι η αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται από την άμεση πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο χώρο εργασίας.
- vi. Η επιφάνεια της θερμικής αποθήκευσης πρέπει να είναι πολλαπλάσια (μέχρι και 9 φορές μεγαλύτερη) της γυάλινης επιφάνειας συλλογής της ηλιακής θερμότητας. Φυσικά, τα υλικά αυτής της μάζας πρέπει να έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα. [10, 11, 12]

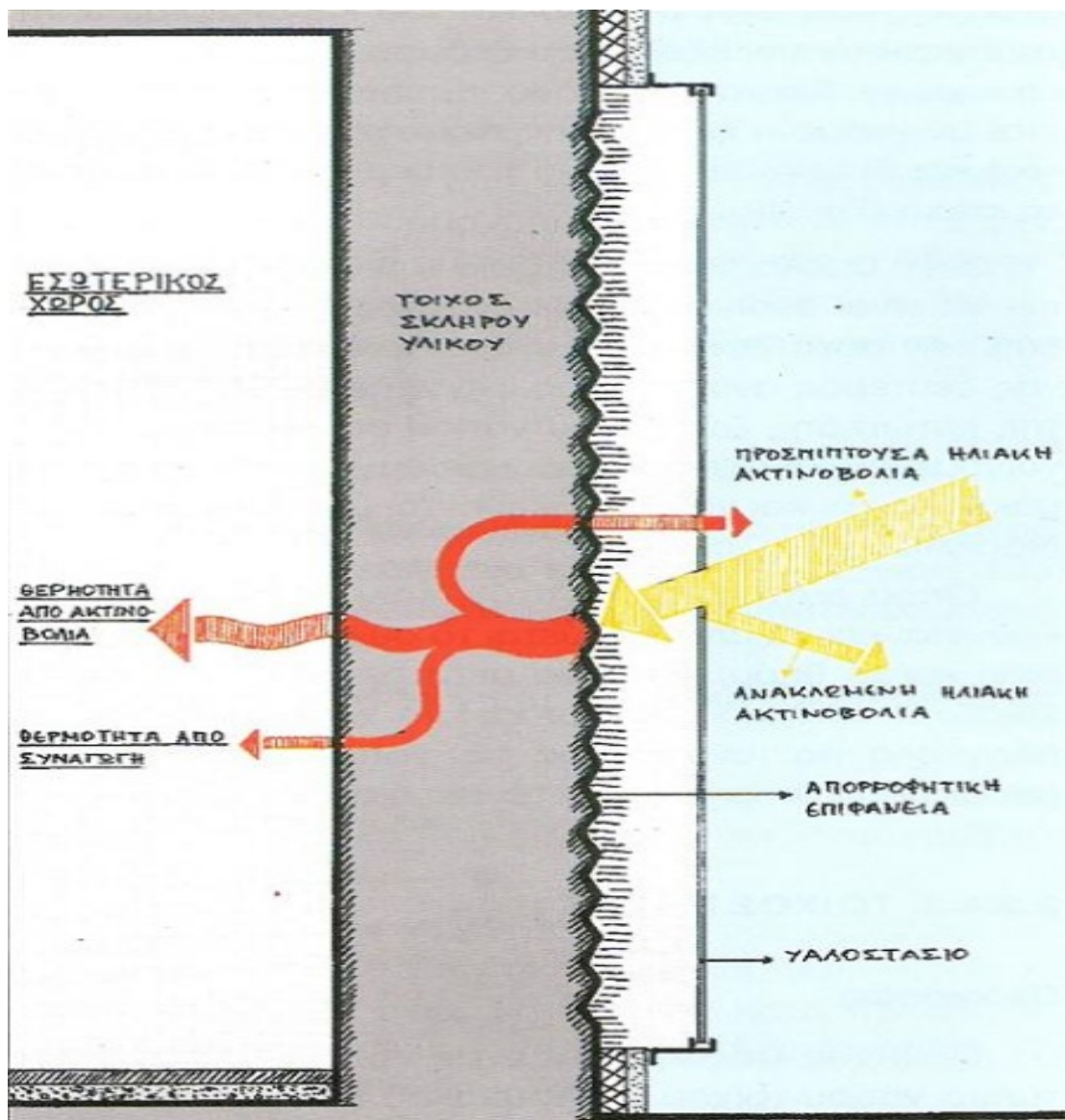
2.2.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Βασίζονται στην ακόλουθη ροή ενέργειας: Η ακτινοβολία του ήλιου φθάνει στη γυάλινη επιφάνεια, συλλέγεται και αποθηκεύεται ως θερμική μάζα, και τέλος θερμαίνει τον εσωτερικό χώρο. Διακρίνονται σε ηλιακούς τοίχους μάζας και ηλιακούς τοίχους (Trombe).

2.2.2.1 Ηλιακοί τοίχοι μάζας:

Οι τοίχοι αυτοί συνδέονται άμεσα με γυάλινα ανοίγματα προσανατολισμένα στο νότο. Ο αέρας ανάμεσα στο γυαλί και στον τοίχο θερμαίνεται, και εν συνεχεία αυτή η θερμότητα απορροφάται καταρχάς από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου και κατόπιν από την υπόλοιπη μάζα του.

Η αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας γίνεται στη μάζα του τοίχου γίνεται μέσω αγωγιμότητας. Χαρακτηριστική ιδιότητα αποτελεί η θερμοχωρητικότητα του τοίχου, η οποία εξασφαλίζει την αποθήκευση μεγάλης ποσότητας θερμότητας, η οποία αποδίδεται με χρονική υστέρηση αργότερα κατά τις βραδινές ώρες στον εσωτερικό χώρο. Κρίσιμη θεωρείται η επιλογή των υλικών και του πάχους των ηλιακών τοίχων, καθώς πρέπει να διασφαλίζεται μια χρονική υστέρηση της τάξης των 6-8 ωρών. [9, 12]



Εικ.2.2: Τοίχος μάζας
Πηγή: [13]

2.2.2.2 Ηλιακοί Τοίχοι Trombe:

Το σύστημα του τοίχου Trombe αποτελείται από ένα τοίχο μάζας, ο οποίος συνδυάζεται με γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση περίπου 4εκ., και με θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος του, που διευκολύνουν την είσοδο του ψυχρού αέρα από κάτω, και την έξοδο του ζεστού αέρα από πάνω.

Η ονομασία προέρχεται από τον καθηγητή του ερευνητικού κέντρου CNRS της Γαλλίας, F. Trombe, ο οποίος μελέτησε και εφάρμοσε το σύστημα αυτό στα πρώτα ηλιακά σπίτια, που κατασκευάστηκαν στο Odeillo της Γαλλίας το 1967.

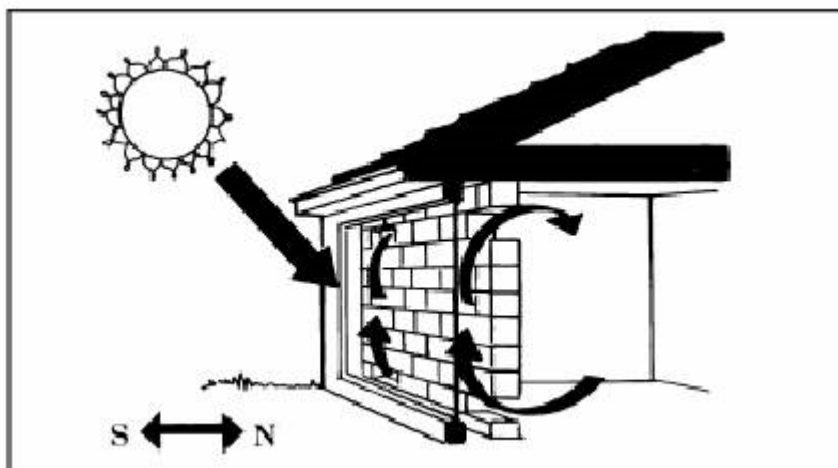
Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού, και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο, εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας που προκύπτει.

Συνοπτικά, η λειτουργία του περιγράφεται ως εξής:

- την ημέρα, λόγω της πρόσπτωσης του ήλιου στο γυαλί, ο αέρας που βρίσκεται ανάμεσα στο γυαλί και στον τοίχο θερμαίνεται, μ' αποτέλεσμα να κινείται λόγω ελαφρότητας προς τα πάνω, και να φεύγει από την πάνω θυρίδα προς τον εσωτερικό χώρο. Το κενό που δημιουργείται, καλύπτεται από τον ψυχρότερο αέρα, που μπαίνει από την κάτω θυρίδα και ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Σημειωτέον πως μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται επίσης και στη μάζα του τοίχου.
- Τη νύχτα, η λειτουργία του τοίχου αντιστρέφεται. Ως εκ τούτου, επιβάλλεται το κλείσιμο των θυρίδων με καπάκια, ώστε η θέρμανση του εσωτερικού χώρου να συνεχίζεται μέσω της ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον ζεστό τοίχο.

Αυτό το σύστημα παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, τα οποία πηγάζουν από τον απλό τρόπο κατασκευής και τη μεγάλη απόδοση του: Μπορεί και θερμαίνει το χώρο άμεσα κατά τις κρύες πρωινές ώρες της ημέρας, ενώ παράλληλα στο θέμα της αποθήκευσης θερμότητας και χρονικής υστέρησης παρουσιάζει σημαντική αποτελεσματικότητα. Μειονέκτημα του είναι ότι η πιθανότητα υπερθέρμανσης του χώρου, ιδιαίτερα όταν η επιφάνεια του είναι μεγάλη. Σ' αυτή την περίπτωση, η είσοδος του αέρα μέσω των θυρίδων στον εσωτερικό χώρο μπορεί να προκαλέσει μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Επιπροσθέτως, ένα σημαντικό μειονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι δεν επιτρέπει την διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επαφή με τον εξωτερικό περιβάλλον.

Το καλοκαίρι, η λειτουργία του τοίχου Trombe πρέπει να αντιστρέφεται. Η πάνω θυρίδα πρέπει να κλείνει (για να μπαίνει ο ζεστός αέρας εντός του σπιτιού), ενώ τμήμα του υαλοστασίου πρέπει να ανοίγει, ώστε να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω. Τέλος, η για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του τοίχου Trombe, κρίνεται απαραίτητη η ηλιοπροστασία του. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με εξωτερικά οριζόντια σκίαστρα, με κατακόρυφη τέντα, ή με τοποθέτηση κατακόρυφου κινητού σκίαστρου εντός του κενού ανάμεσα σε γυαλί και τοίχο.



Εικ.2.3: Τοίχος Trombe
Πηγή: [14]

2.2.2.3 Τοίχος νερού

Μοιάζει με τα συστήματα τοίχου μάζας και τοίχου Trombe, με τη διαφορά ότι το περιεχόμενο νερό αντικαθιστά τον τοίχο μάζας. Μπορεί να λειτουργήσει πιο αποτελεσματικά, διότι

το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου από το τούβλο ή το σκυρόδεμα, και επειδή τα ρεύματα μεταφοράς μέσα στο νερό το αναγκάζουν να λειτουργήσει ως μια σχεδόν ισόθερμη αποθήκη θερμότητας. Η χρησιμοποίηση του ενδείκνυται κυρίως σε κατασκευές μικρής μάζας.

Το σύστημα τοίχου νερού πρέπει να έχει μια μεγάλη επιφάνεια τζαμιού στη νότια πλευρά στο εξωτερικό μέρος της αποθήκης νερού. Το νερό μπορεί να είναι αποθηκευμένο με διάφορους τρόπους. Ο τύπος του δοχείου επηρεάζει την ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας και την ταχύτητα διανομής της αποθηκευμένης θερμότητας. Συνήθως χρησιμοποιούνται δοχεία φτιαγμένα από μέταλλο ή τζάμι σε σχήμα σωλήνα, δοχείων ή βαρελιών και τοίχοι από σκυρόδεμα πλήρεις νερού.

Τα πλεονεκτήματα του τοίχου νερού είναι τα εξής:

- Η διανομή της ηλιακής ενέργειας που συγκεντρώνεται ως θερμότητα στην αποθήκη είναι σχεδόν άμεση. Δεν υπάρχει η χρονική υστέρηση που παρατηρείται στους τοίχους μάζας και στους τοίχους Trombe.
- Η ισοθερμική φύση της αποθήκης θερμότητας οδηγεί σε ελαττωμένη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και έτσι, χάνεται λιγότερη ενέργεια στην ατμόσφαιρα κατά τη νύχτα.
- Δε δημιουργείται πρόβλημα θάμβωσης ή φθοράς των υφασμάτων από την υπερϊώδη ακτινοβολία, ενώ εξασφαλίζεται η ιδιωτικότητα των ενοίκων.
- Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο χώρο διαβίωσης είναι μικρότερες από αυτές που εμφανίζουν τα συστήματα άμεσου κέρδους ή τα συμβατικά συστήματα τύπου βρόχου.
- Η αποθήκη μπορεί να συνεχίζει να παραμένει θερμή και να συνεχίζει να παρέχει θερμότητα στο χώρο διαβίωσης ακόμα και αργά το βράδυ.

[9, 10, 12]

2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΑΤΟΥΣ

2.2.3.1 Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια

Έκαναν την εμφάνιση τους τον 19^ο αιώνα, κυρίως στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη, υπό τη μορφή ημιούπαιθριων ή/και κλειστών χώρων, ως συνέχεια της κατοικίας. Συνήθως είχαν πλούσια βλάστηση και αποτελούσαν για το ψυχρό κλίμα της βόρειας Ευρώπης υποκατάστατο των υπαίθριων χώρων (εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή τη Μεσογείου). Σήμερα, επανήλθαν στην αρχιτεκτονική με σκοπό τη συλλογή ηλιακής θερμότητας.

Ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος αποτελείται από ένα κλειστό χώρο με υαλοστάσιο, στη νότια πλευρά του κτηρίου. Ανάλογα με το κλίμα και τη χρήση του ηλιακού χώρου, μπορεί να χωρίζεται από το κυρίως κτήριο με ένα τοίχο θερμικής συσσώρευσης, ή μπορεί να υπάρχει ένα άλλο μέσο αποθήκευσης μέσα στον ηλιακό χώρο, ώστε να σταθεροποιείται η θερμοκρασία τόσο στον ηλιακό χώρο, όσο και στο κτήριο. Κανονικά, η ελάχιστη θερμοκρασία του ηλιακού χώρου δεν ελέγχεται και δεν προβλέπεται εξοπλισμός βοηθητικής θέρμανσης.

Οι ηλιακοί χώροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με 2 τρόπους για τη συλλογή ηλιακής ενέργειας.

- 1) Μπορεί να δρα ως χώρος άμεσου κέρδους που δεν θερμαίνεται. Τότε, προκειμένου ο χώρος να φαίνεται ως μια κατοικήσιμη επέκταση του κτηρίου, χρησιμοποιείται μάζα που μπορεί να είναι στον τοίχο, ή το πάτωμα, ή χτιστός όγκος ή νερό και κινητή μόνωση. Η λειτουργία είναι παρόμοια με τον τοίχο Trombe, με την διαφορά ότι η επιφάνεια υαλοστασίου και τοίχου είναι αυξημένη.
- 2) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης. Σ' αυτή την περίπτωση, δίνεται έμφαση σε ελαφριές επιφάνειες και στην εξαγωγή του θερμού αέρα από την απομακρυσμένη αποθήκη, μέσα ή κάτω από το κτήριο που θερμαίνεται.

Πλεονεκτήματα:

- Το εσωτερικό κλίμα της κατοικίας μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Ο ηλιακός χώρος δημιουργεί μια θερμική ανάσχεση ανάμεσα στο χώρο διαβίωσης και τον εξωτερικό αέρα. Μπορεί να καλύπτει όλο το πλάτος του κτηρίου, και το πλήρες ύψος, μειώνοντας τις απώλειες του περιβλήματος και του αερισμού. Επίσης, οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εντός της κατοικίας είναι μικρότερες απ' ό τι στα συστήματα άμεσου κέρδους.
- Εξυπηρετούν και μη ενεργειακούς σκοπούς, αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν πχ ως επέκταση του χώρου διαβίωσης, ή ως θερμοκήπια φυτών.
- Μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε υφιστάμενα κτήρια.
- Μπορούν να συνδυαστούν εύκολα με άλλα παθητικά συστήματα.

Μειονεκτήματα:

- Σε θερμά κλίματα, κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται υπερθέρμανση.
- Μπορεί να σημειωθούν μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας μέσα στους ηλιακούς χώρους.
- Η γυάλινη στέγη μπορεί να είναι αρκετά ψυχρή τη νύχτα, και να προκαλεί συμπύκνωση υδρατμών στην εσωτερική της επιφάνεια.
- Η θερμική ενέργεια παρέχεται ως θερμός αέρας. Είναι δυσκολότερο να αποθηκευθεί θερμότητα από τον αέρα απ' ό τι κατά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.
- Η αυξημένη υγρασία που προκαλείται από την ενδεχόμενη καλλιέργεια φυτών μπορεί να συντελέσει στη συμπύκνωση υδρατμών και έλλειψη άνεσης στο κτήριο.

[10, 11, 15, 16]

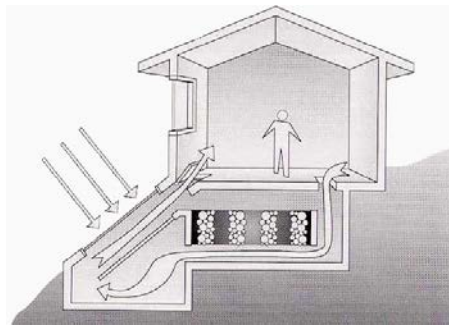


Εικ 2.4: Θερμοκήπιο
Πηγή: [17]

2.2.3.2 Θερμοσιφωνικά πανέλα

Το θερμοσιφωνικό πάνελο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτιριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτήριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους». Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτηρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας (σύστημα rock bed). Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$ από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις $30-40^\circ$ για τον ελλαδικό χώρο. Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτήριο, δεν απαιτούνται στοιχεία ηλιοπροστασίας και επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί η βέλτιστη κλίση για τη χειμερινή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς επιπτώσεις υπερθέρμανσης. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτήριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού

χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ' όλο το πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του. Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πανέλου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα. Το βέλτιστο μήκος του συλλέκτη έχει εκτιμηθεί στα 3m (Norton & Probert, 1984). Το θερμοσιφωνικό πανέλο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κοκ. Το πλεονέκτημά του, σε σχέση με το άμεσο κέρδος που, επίσης, αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς κι οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τη νύχτα. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικώς από το κτήριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πανέλου, άνοιγμα του υαλοπίνακα στο ανώτατο και κατώτερο μέρος του), αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου. Το κλείσιμο των θυρίδων είναι επίσης πολύ σημαντικό τη νυχτερινή περίοδο, προς αποφυγή θερμικών απωλειών. Κάτι τέτοιο καθιστά την εφαρμογή συστήματος αυτοματισμών σχεδόν επιτακτική, προς αποφυγή δυσλειτουργίας του συστήματος από αμέλεια των χρηστών. Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, το θερμοσιφωνικό πανέλο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτήριο πιο εύκολα. [18, 19]

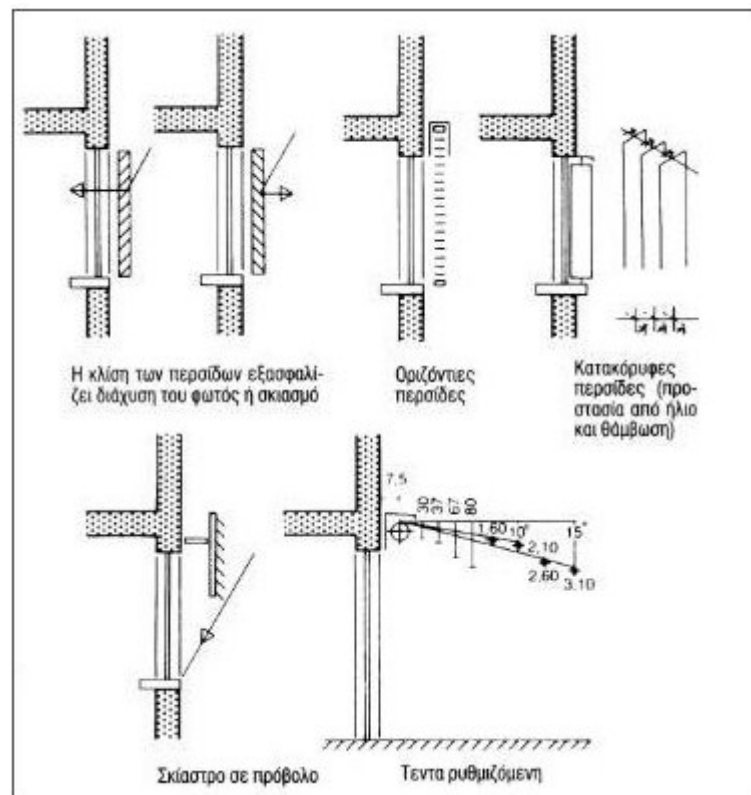
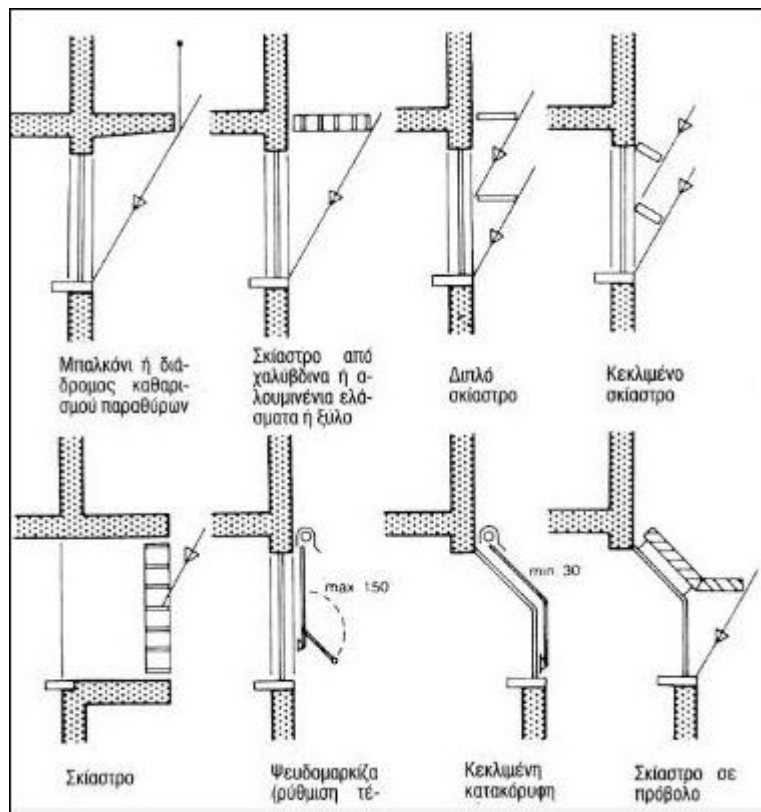


Εικ.2.5: Θερμοσιφωνικό πανέλο
Πηγή: [1]

2.3. Ηλιοπροστασία

Το μέγεθος της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας την αναγορεύει στην σημαντικότερη εξωτερική πηγή για το ψυκτικό φορτίο των κατασκευών. Η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει στις εξωτερικές επιφάνειες ενός κτηρίου ως άμεση, διάχυτη, ή ανακλώμενη ακτινοβολία, και διεισδύει στο εσωτερικό του κτηρίου μέσω των διαφανών του στοιχείων, τα οποία όταν είναι συμβατικά, παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση. Επομένως, είναι ολοφάνερη η ανάγκη ηλιοπροστασίας, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με μια πληθώρα μέσων όπως πχ τέντες, παντζούρια, ρολά, περσίδες, κινητά ή σταθερά στοιχεία, εξωτερικά ή εσωτερικά.

Μια παρουσίαση των στοιχείων ηλιοπροστασίας φαίνεται στην εικόνα παρακάτω:



Εικ.2.6: Στοιχεία ηλιοπροστασίας
 Πηγή: [20]

2.3.1 Μεθοδολογία σχεδιασμού στοιχείων σκιασμού

Έχοντας ως στόχο την παρεμπόδιση της έκθεσης των εσωτερικών χώρων σε ανεπιθύμητα υπερβολικές ποσότητες ακτινοβολίας, ο Olgyay πρότεινε μία μεθοδολογία με την οποία γίνεται η εξέταση και ο σχεδιασμός των στοιχείων σκιασμού. Τα βήματα της έχουν ως εξής:

- 1) Αποφασίζεται ο αριθμός των ωρών που χρειάζεται ο σκιασμός. Σύμφωνα με τον Olgyay, σε περιοχές γεωγραφικού πλάτους περίπου 40°, απαιτείται ηλιοπροστασία όταν η εξωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 21°C.
- 2) Προσδιορίζεται η θέση του ήλιου, χρησιμοποιώντας το «διάγραμμα θέσης ήλιου». Η θερμαντική περίοδος, που ο σκιασμός είναι απαραίτητος, σημειώνεται στο διάγραμμα, και προσδιορίζεται αυτή η περίοδος με ένα πίνακα των μέσων θερμοκρασιών για κάθε ώρα, στο κάθε μήνα. Έτσι, βρίσκονται οι ώρες της ημέρας που υπάρχει υπερθέρμανση, ενώ η περιβάλλουσα των ωρών αυτών δίνει τη ζητούμενη περίοδο υπερθέρμανσης.
- 3) Αποφασίζεται ο τύπος και η θέση του στοιχείου σκιασμού. Η «σκιάζουσα» μάσκα ενός τέτοιου στοιχείου, σχεδιάζεται πάνω στο διάγραμμα θέσης ήλιου, έτσι ώστε οι διαστάσεις του να εμποδίζουν τον ήλιο κατά την περίοδο υπερθέρμανσης, αλλά να του επιτρέπουν από την άλλη να μπαίνει στο κτήριο κατά τις ψυχρότερες περιόδους. [18, 21, 22]

2.3.2 Επιλογή ως προς τον προσανατολισμό του κτηρίου

Ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτηρίου, προτιμούνται διαφορετικοί τύποι στοιχείων σκιασμού. Συγκεκριμένα προτείνονται:

- Στον νότιο προσανατολισμό:
 - Η προεξοχή της στέγης
 - Η προεξοχή της πλάκας
 - Το μπαλκόνι
 - Η λότηζια
 - Σταθερά οριζόντια πετάσματα
 - Κινητό οριζόντιο έλασμα
- Σε ανατολικές και δυτικές προσόψεις:
 - Σταθερά κατακόρυφα πετάσματα με κλίση
 - Κινητά κατακόρυφα πετάσματα
- Σε νοτιοδυτικές, δυτικές-νοτιοδυτικές, νοτιοανατολικές, ανατολικές-νοτιοανατολικές προσόψεις:
 - Συστήματα σχάρας
 - Κινητό κατακόρυφο έλασμα
- Σε κάθε προσανατολισμό:
 - Συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων με αντίστοιχο βάθος
 - Ηλιοπροστατευτικοί υαλοπίνακες
 - Γενικά κινητά πετάσματα [16, 18, 21, 22]

2.3.3 Ειδικά κρύσταλλα

Κρύσταλλα ειδικής τεχνολογίας είναι ικανά να περιορίσουν το ψυκτικό φορτίο που χρειάζεται ένα κτήριο. Αυτό γίνεται μειώνοντας κυρίως τη διαπερατότητα, και δευτερευόντως την απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω τους, αφήνοντας ωστόσο το ορατό της φάσμα να περάσει και να συμβάλει στον φυσικό φωτισμό.

Κάποιες κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- Ανακλαστικοί υαλοπίνακες: Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (50-75%) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.
- Έγχρωμοι υαλοπίνακες: Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες: Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.
- Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e): Εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες: Εκτός από τους συνήθεις διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.
- Ηλεκτροχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- Φωτοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.
- Θερμοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων: Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.

Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος (κόστος-όφελος, χρόνος απόσβεσης). Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή απαιτείται ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, να εξασφαλίζουν, μαζί με το συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων. [18, 22]

2.3.4 Ανακλαστικά επιχρίσματα

Στην περιοχή της Μεσογείου τα κτήρια είναι βαμμένα με ανοικτά χρώματα για να αντανακλούν μεγάλο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας, και να μειώνουν την θερμοκρασία του κτηριακού κελύφους. Η χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτηριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου τους θερμούς μήνες. Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου καθορίζει και το ποσό της θερμότητας που θα μεταδοθεί από τους τοίχους και την οροφή στο εσωτερικό του κτηρίου, ενώ ταυτόχρονα, η επιφανειακή θερμοκρασία του κτηρίου καθορίζει τη θερμοκρασία του στρώματος αέρα που το περιβάλλει και τελικά διεισδύει σε αυτό. [18, 22]

2.3.5 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτηρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32°C, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1°C σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επισημαίνεται ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση, καθώς και οι οριζόντιες (δώματα) υποφέρουν ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς συνιστάται η βαφή τους με ανοικτά χρώματα. Ειδικά για τα δώματα αποτελεσματική είναι η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ψυχρά χρώματα ή γενικότερα με ψυχρά υλικά, καθώς και με φυτά (μετατροπή σε φυτεμένα δώματα). Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών – αδρή ή λεία– επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας. [10, 16]

2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Ο φυσικός δροσισμός στοχεύει στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου και στην εξασφάλιση θερμικής άνεσης, ιδιαίτερα κατά τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες, με χρήση απλών και φυσικών μέσων, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας από κλιματιστικές μονάδες και συστήματα. Καταρχάς, επιδιώκεται η προστασία του κτηρίου, και συγκεκριμένα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επόμενο βήμα είναι η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται, και αφορούν κυρίως το κέλυφος του κτηρίου, είναι οι ακόλουθες:

- Επάρκεια θερμικής μάζας
- Ψύξη μέσω εδάφους
- Θερμομόνωση
- Φυσικός αερισμός
- Τεχνητός αερισμός
- Νυχτερινή ακτινοβολία
- Εξατμιστικός δροσισμός
- Διαμόρφωση μικροκλίματος

2.4.1 Επάρκεια θερμικής μάζας

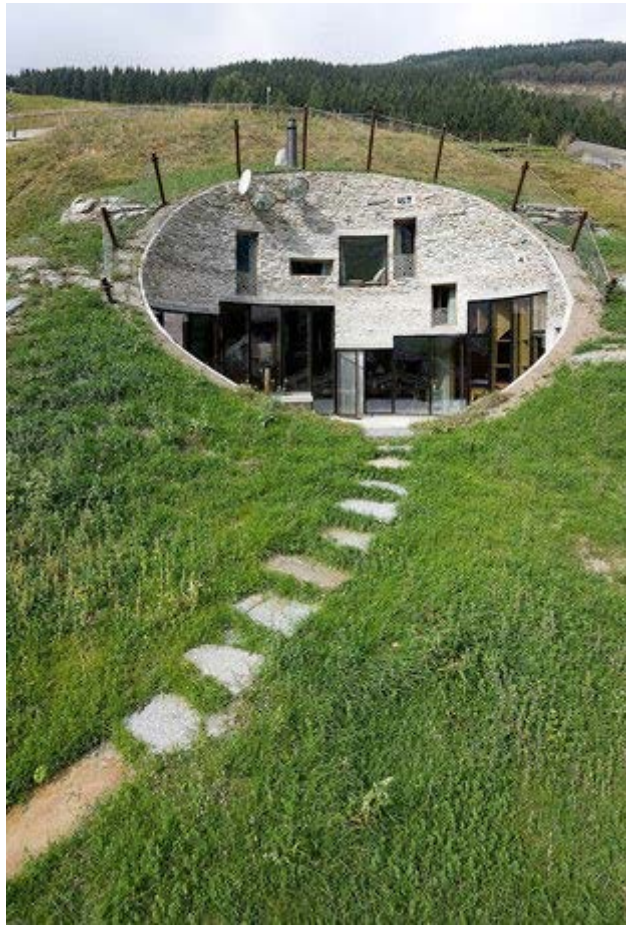
Η διασφάλιση επαρκούς θερμικής μάζας στα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές) είναι πολύ σημαντική παράμετρος για την καλή βιοκλιματική συμπεριφορά ενός κτηρίου κατά τους θερινούς μήνες. Στα στοιχεία αυτά γίνεται η αποθήκευση της περίσσειας θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να διατηρείται η θερμοκρασία του αέρα στους εσωτερικούς χώρους σε επίπεδα θερμικής άνεσης. Τη νύχτα, η αποθηκευμένη θερμότητα αποβάλλεται προς το περιβάλλον μέσω αερισμού, ή εκπομπής θερμότητας. [10, 24]

2.4.2 Ψύξη μέσω εδάφους

Η χρήση του εδάφους για το δροσισμό των εσωτερικών χώρων βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από ένα κτήριο προς το έδαφος, το οποίο κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα, και άρα λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας. Η απαγωγή της θερμότητας μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: α) με άμεση επαφή ενός σημαντικού μέρους του κτηριακού κελύφους με το έδαφος (υπόσκαφα και ημιυπόσκαφα κτήρια) και β) με τη χρήση των εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα.

α) Δροσισμός με άμεση επαφή του κτηρίου με το έδαφος

Η ιδέα του παθητικού δροσισμού ενός κτηρίου με την άμεση επαφή με το έδαφος βασίζεται στην ροή θερμότητας από το κτήριο προς το έδαφος με τη διαδικασία της αγωγής. Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο, δηλαδή μετάδοση θερμότητας με αγωγή από το έδαφος προς το κτήριο, συμβαίνει κατά τη διάρκεια ψυχρών περιόδων. Έτσι, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση του ψυκτικού ή θερμικού φορτίου. Η θερμική επικοινωνία του κτηρίου με το έδαφος παρουσιάζει ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά την συμπεριφορά του κτηρίου. Αυξάνεται η θερμική αδράνεια του κτηρίου, με αποτέλεσμα να είναι πολύ μικρότερες οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που προκαλούνται στο εσωτερικό του κτηρίου από τη μεταβολή των θερμοκρασιών του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αυτό συμβάλλει στην διατήρηση χαμηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του κτηρίου τη θερινή περίοδο, και υψηλότερων κατά την ψυχρή.



Εικ.2.7: Υπόσκαφο σπίτι στις Άλπεις
Πηγή: [25]

Σε γενικές γραμμές, θερμοκρασίες άνω των 26°C στο εσωτερικό αυτών των κτισμάτων δεν παρατηρούνται συνήθως. Τέλος, συνιστάται η καλή περιμετρική θερμομόνωση στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία παραπλήσια της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

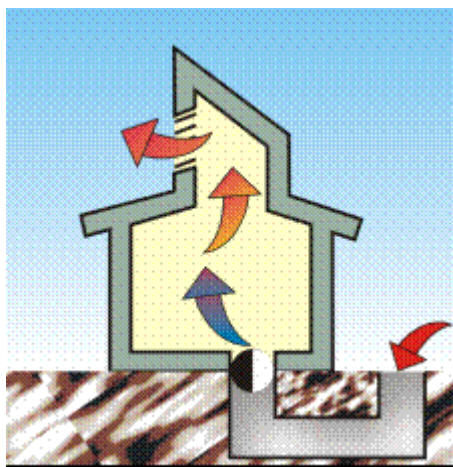
β) Εναλλάκτες θερμότητας εδάφους – αέρα

Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους – αέρα είναι σωλήνες τοποθετημένοι οριζόντια σε ορισμένο βάθος (συνήθως 1-3μ) κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μέσα στους σωλήνες αυτούς κυκλοφορεί αέρας με τη βοήθεια ηλεκτρικών ανεμιστήρων. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε σχετικά πρόσφατα, βασίστηκε ωστόσο σε παρόμοιες τεχνικές των αρχαίων Ελλήνων και των Περσών. Οι εναλλάκτες θερμότητας εδάφους – αέρα είναι συνήθως πλαστικοί ή μεταλλικοί, και εφαρμόζονται τόσο σε ένα ανοικτό σύστημα κυκλοφορίας, όσο και σε κλειστά συστήματα ανακύκλωσης. Η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα στον εναλλάκτη εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Την θερμοκρασία του εδάφους στο βάθος στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο εναλλάκτης
- Τις διαστάσεις του εναλλάκτη
- Την ταχύτητα του αέρα μέσα στον εναλλάκτη
- Την θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο του εναλλάκτη
- Την θερμική αγωγιμότητα του εναλλάκτη και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους

- Την απόσταση των γειτονικών σωλήνων στην περίπτωση που το σύστημα αποτελείται από περισσότερους από ένα παράλληλους εναλλάκτες.

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου, καθώς μειώνει την θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα, και συνεπώς μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει. Τέλος, εξέλιξη αυτού του συστήματος αποτελούν οι εφαρμογές της αβαθούς γεωθερμίας. [18, 23, 26]



Εικ.2.8: Εναλλάκτης εδάφους – αέρα
Πηγή: [1]

2.4.3 Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση στο κέλυφος μίας κατασκευής περιορίζει τη διείσδυση θερμότητας από το περιβάλλον στους εσωτερικούς χώρους, και αποτρέπει ως ένα σημείο την υπερθέρμανση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρουσιάζει η εξωτερική θερμομόνωση, η οποία λειτουργεί εξίσου καλά χειμώνα-καλοκαίρι, προστατεύοντας ταυτόχρονα το κτήριο από φθορές και βλάβες που μπορεί να προκαλέσουν οι καιρικές συνθήκες. Συνήθως, η εξωτερική θερμομόνωση καλύπτεται με επίχρισμα, ή κάποιο άλλο προστατευτικό υλικό, προς αποφυγή δικών της φθορών, κυρίως λόγω υπεριώδους ακτινοβολίας. Τέλος, τονίζεται ότι η θερμική προστασία είναι απολύτως αναγκαία για τη βορεινή πλευρά ενός κτηρίου, ενώ η απαίτηση για μεγάλη θερμική μάζα εντοπίζεται και στη δυτική πλευρά και στα δώματα, γιατί επιβαρύνονται με μεγάλη ποσότητα θερμότητας το καλοκαίρι, και λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. [11, 16, 27]

2.4.4 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσισμού, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο. Ο μηχανισμός του φυσικού αερισμού περιγράφεται ως εξής: ο άνεμος προσπίπτει κάθετα στο κτήριο, δημιουργώντας θετική πίεση στην προσήνεμη όψη του κτηρίου. Στην συνέχεια, το αρχικό ρεύμα χωρίζεται τα δύο. Η ροή του αέρα κατά μήκος των δυο πλευρών του κτηρίου και στον χώρο πίσω από την υπήνεμη μεριά είναι τυρβώδης, και χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση στροβίλων που δημιουργούν αρνητικές πιέσεις. Η αρνητική πίεση στις πλευρές του κτηρίου είναι μεγαλύτερη από την πίεση που ασκείται στην υπήνεμη όψη. Αν τα παράθυρα είναι στην προσήνεμη και την υπήνεμη όψη, τότε ο αερισμός του κτηρίου θα είναι διαμπερής, και μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω αν υπάρχουν δυο πλευρικές εξοδοί. Η συνολική επιφάνεια των δύο εξόδων θα πρέπει να είναι ίση με την επιφάνεια εισόδου. Στην περίπτωση αυτή, ο αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός, γιατί γίνεται εκμετάλλευση των ισχυρών αρνητικών πιέσεων στους πλευρικούς τοίχους, ενώ ταυτόχρονα αερίζεται ένα μεγαλύτερο μέρος του κτηρίου.

Γενικά, με το φυσικό αερισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα:

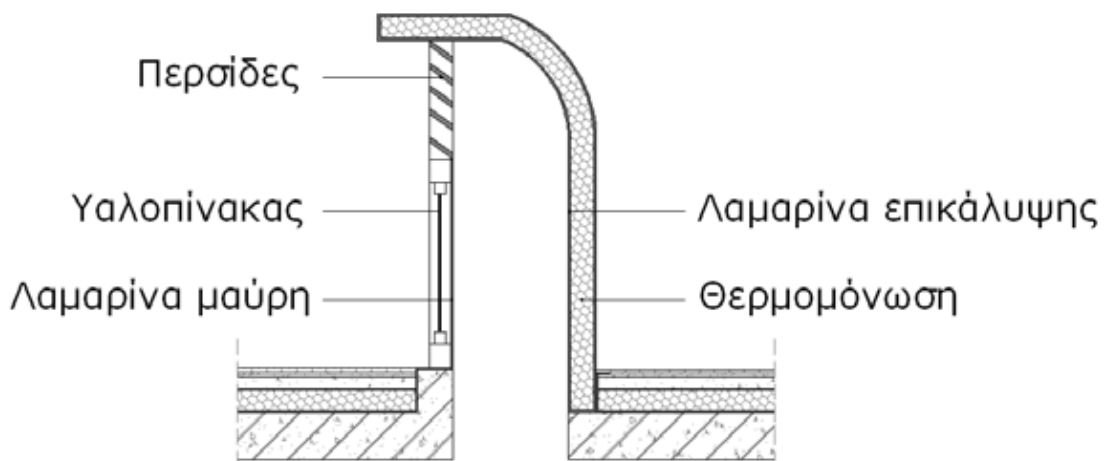
- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.

Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους. Τέλος, κάποια από τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκαλεί ο φυσικός αερισμός, αφορούν την ασφάλεια, την δημιουργία σκόνης και θορύβου. [18, 22, 23]

2.4.4.1 Βασικοί τύποι και τεχνικές φυσικού αερισμού

- **Μονόπλευρος αερισμός με ανοίγματα στο ίδιο ύψος:** όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι ψηλότερη από την εξωτερική, ψυχρότερος αέρας εισέρχεται από το χαμηλότερο τμήμα του ανοίγματος, ενώ ο θερμός αέρας διαφεύγει μέσω του ψηλότερου τμήματος του ανοίγματος. Η διεύθυνση της ροής αντιστρέφεται όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από την εσωτερική. Οι παράμετροι που καθορίζουν τα επίπεδα της ροής του αέρα είναι κυρίως η επιφάνεια των ανοιγμάτων, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, και το κατακόρυφο ύψος των ανοιγμάτων.
- **Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα:** οι κυριότερες παράμετροι που καθορίζουν την διαδικασία του φυσικού αερισμού όταν έχουμε δύο ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μέσα και έξω από το κτήριο, η κατακόρυφη απόσταση των δύο ανοιγμάτων, και οι επιφάνειες τους.

- **Διαμπερής αερισμός:** η ροή του αέρα εξαρτάται άμεσα από την διαφορά των πιέσεων στα ανοίγματα. Επίσης, υπάρχουν θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων, που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα αποτελεσματικός είναι ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός, ειδικά όταν έχει προηγηθεί μία ζεστή μέρα χωρίς ανέμους. Σ' αυτή την περίπτωση, ο νυχτερινός αερισμός συνεισφέρει στην αποθήκευση δροσιάς στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα. Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν τα επίπεδα ροής του αέρα είναι η εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια των ανοιγμάτων, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η διαφορά θερμοκρασίας μέσα-έξω, και η σχετική θέση των ανοιγμάτων.
- **Φαινόμενο καμινάδας:** παρατηρείται όταν η μείωση της θερμοκρασίας από το κατώτερο προς τα ανώτερα επίπεδα ενός κτηρίου και το ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον προκαλεί την ανοδική ροή του θερμού αέρα και την έξοδο του από ανοίγματα στην οροφή με ταυτόχρονη εισροή ψυχρότερου αέρα από τα πλευρικά ανοίγματα σε κάθε επίπεδο. Το φαινόμενο της καμινάδας πραγματοποιείται σε ψηλά κτήρια, και ιδιαίτερα σε θέσεις με κατακόρυφα ανοίγματα, όπως οι ανελκυστήρες και οι σκάλες.
- **Ηλιακή καμινάδα:** Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της (± 30 ο N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς. Επίσης, μπορεί να είναι μία ορθογωνική διατομή, προσαρτημένη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου, που συνδέεται με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα/θυρίδα. Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας, τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας την συνεχή κίνηση του αέρα. Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, γυάλινη εξωτερική επιφάνεια και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια, κ.ά. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. Πλεονέκτημα της ηλιακής καμινάδας είναι ότι γίνεται ενεργειακή εκμετάλλευση της ακτινοβολίας του ήλιου, ενώ ταυτόχρονα δεν περιορίζεται ο φυσικός φωτισμός εντός του κτηρίου. Μειονέκτημα της κατασκευής το υψηλό κόστος. Κατά την περίοδο της άνοιξης, καλοκαιριού, και φθινοπώρου δεν διοχετεύεται θερμός αέρας από την ηλιακή καμινάδα εντός του κτηρίου, αφού ο αέρας εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω περσίδων στην οροφή του κτηρίου, μην επιτρέποντας την αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια των υαλοπετασμάτων. Λόγω του φαινομένου του φυσικού ελκυσμού, η ηλιακή καμινάδα λειτουργεί ως σύστημα φυσικού αερισμού του κτηρίου με τη διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα.



Εικ.2.9: Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας
Πηγή: [28]

- Πύργος αερισμού:** Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.



Εικ.2.10: Πύργος αερισμού
Πηγή: [1]

- Υβριδικός αερισμός**

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθειες (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο.

Από μελέτες σε κτίρια κατοικιών και σχολείων στην Ελλάδα προκύπτει ότι η χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού (επαρκή σκίαση και νυκτερινό αερισμό) πρακτικά καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης κλιματιστικού συστήματος, καθώς συντελεί στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε σχετικά υψηλές μεν θερμοκρασίες, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτίρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτίρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη (π.χ. από τους 26 °C στους 29 °C). [10, 18, 22, 23]

2.4.5 Τεχνητός (ή εξαναγκασμένος) αερισμός

Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής. Επί πλέον, συνιστάται για χρήσεις χώρων κατά τις οποίες απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητα αέρα (υγιεινής) και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Ο τεχνητός αερισμός μειώνει σημαντικά τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων, ιδιαίτερα όταν γίνεται κατά τις νυκτερινές ώρες και σε κτίρια με ικανή θερμική μάζα, καθώς τα αποφορτίζει από τη θερμότητα που συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ «αποθηκεύει» δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, εμποδίζοντας την υπερθέρμανση την επόμενη μέρα.

Ο τεχνητός αερισμός αποτελεί, όπως και ο φυσικός αερισμός, εναλλακτική τεχνική δροσισμού, υποκαθιστώντας ή μειώνοντας τη χρήση των κλιματιστικών. Επί πλέον, μπορεί να συμβάλει και στην εξοικονόμηση ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, με τον έλεγχο των θερμικών απωλειών από αερισμό. [18, 23]

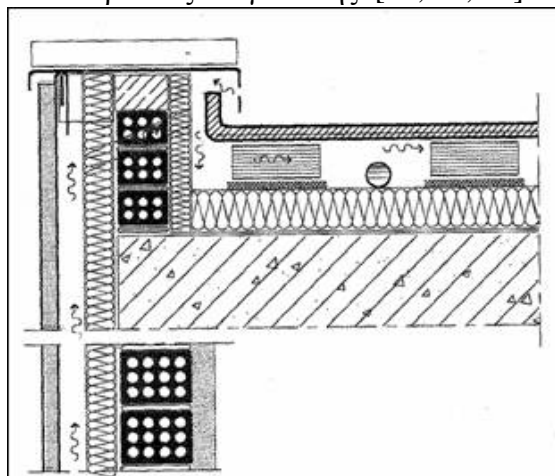
2.4.6 Διπλό κέλυφος

Αποτελεί μια νέα τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτήρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται είτε για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα είτε για την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου. Η διπλή επιδερμίδα αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, στο οποίο κινείται αέρας. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, όπως και η ηλιακή καμινάδα. Για την ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι αναγκαία η ύπαρξη θυρίδων στην βάση του ανοίγματος για την είσοδο φρέσκου αέρα και στην κορυφή του για την απαγωγή του ζεστού αέρα. Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την σκίαση του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θάμβωσης ή απευθείας πρόσπτωσης του ήλιου σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους (κτίρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού.



Εικ.2.11: Κτήριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Lyon
Πηγή: [29]

Αεριζόμενο κέλυφος: Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δώμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτηρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ως προς την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος. Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης. [18, 23, 30]



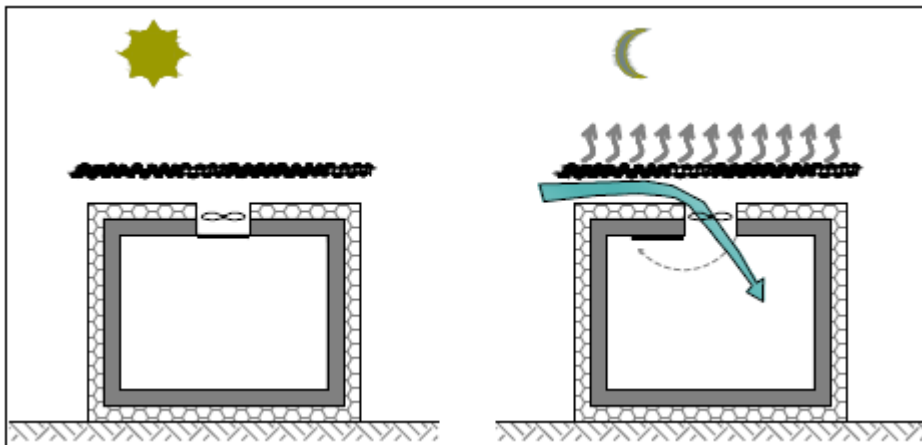
Εικ.2.12: Τομή αεριζόμενου δομικού στοιχείου πρόσοψης και οροφής
Πηγή: [1]

2.4.7 Νυκτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Οι επιφάνειες των κτηρίων που ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας είναι τα δώματα των κτηρίων. Όμως, πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας από τα δώματα, ενώ είναι απαραίτητη για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα. Για τους λόγους αυτούς, εφαρμόζονται ειδικά συστήματα – κατασκευές πάνω στα δώματα, εκ των οποίων συνηθέστερα είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές οροφής και οι λίμνες οροφής.

2.4.7.1 Μεταλλικός ακτινοβολητής

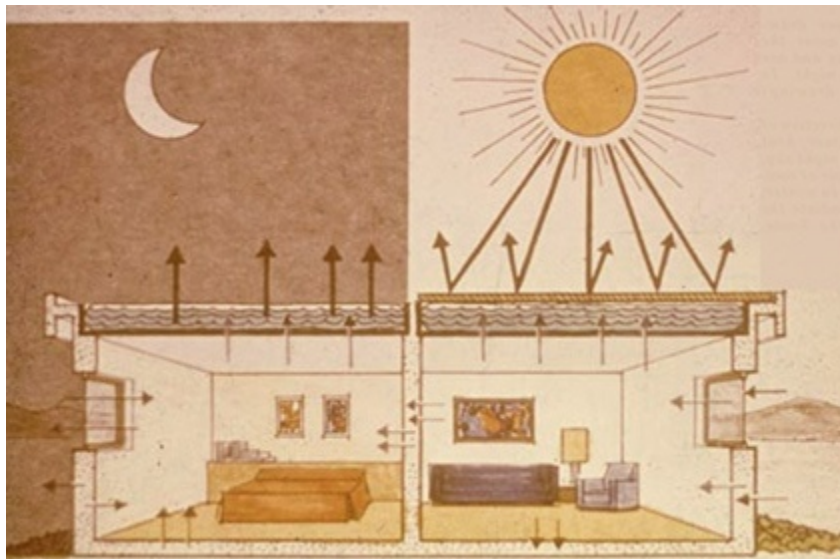
Πρόκειται για μία απλή τεχνική, που προσομοιάζει με ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη χωρίς γυαλί. Αποτελείται από μία μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου, η οποία λειτουργεί ως ψύκτης. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Η λειτουργία του έχει ως εξής: η πλάκα ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύκτας, καθώς εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο. Ο ζεστός αέρας, ο οποίος προέρχεται από το εσωτερικό του κτηρίου και κυκλοφορεί κάτω από την πλάκα, ψύχεται, και στην συνέχεια διοχετεύεται στο εσωτερικό του κτηρίου. Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδεθεί και με το συμβατικό κλιματιστικό σύστημα του κτηρίου. Γενικά, ο μεταλλικός ακτινοβολητής συστήνεται σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία. Σε περίπτωση που υπάρχουν ισχυρά ρεύματα αέρα, για λόγους ανεμοπροστασίας, η πλάκα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου (διαθέσιμο και σχετικά φτηνό υλικό), πάχους 60 – 100μm και σε απόσταση περίπου 5cm, το οποίο είναι διαπερατό κατά 70% από την μεγάλη κύματος (υπέρυθρη) ακτινοβολία, και επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στην μεταλλική πλάκα. Έτσι, ελαχιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη λόγω μεταφοράς, και βελτιώνεται η αποτελεσματικότητα του συστήματος.



Εικ.2.13: Σύστημα δροσισμού με χρήση ακτινοβολητή
Πηγή: [28]

2.4.7.2 Λίμνες οροφής

Αποτελούνται από μία δεξαμενή νερού, που βρίσκεται πάνω από μια αμόνωτη οροφή από σκυρόδεμα. Η εξάτμιση του νερού στην ξηρή επιφάνεια γίνεται κατά τη διάρκεια τόσο της ημέρας, όσο και της νύχτας. Κατά τους θερινούς μήνες, η λίμνη οροφής σκιάζεται την ημέρα, και ανοιγόμενη την νύχτα, ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον. Το χειμώνα, συμβαίνει το αντίστροφο, καθώς παραμένει ανοικτή την ημέρα για να δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ τη νύχτα κλείνει με θερμομονωτικά φύλλα. Έτσι, η θερμοκρασία της οροφής ακολουθεί στενά τη θερμοκρασία υγρού βολβού του περιβάλλοντος, ενώ η οροφή λειτουργεί ως σώμα μεταφοράς ακτινοβολίας στο χώρο. Έτσι, οι θερμοκρασίες του εσωτερικού αέρα και της ακτινοβολίας μπορούν να μειωθούν χωρίς να αυξηθούν οι στάθμες της εσωτερικής υγρασίας. Ωστόσο, για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, αυτό το σύστημα δεν είναι αρκετά αποδοτικό λόγω της οριζόντιας κλίσης της επιφάνειας, ενώ επίσης οικονομικά είναι αρκετά δαπανηρό για κατασκευαστικούς λόγους. [18, 23]



Εικ.2.14: Λίμνη οροφής
Πηγή: [31]

2.4.8 Εξατμιστικός δροσισμός

Εξάτμιση συμβαίνει όταν η πίεση ατμών του νερού (υπό τη μορφή σταγονιδίων ή βρεγμένης επιφάνειας) είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η φάση αλλαγής του νερού από υγρό σε ατμό συνοδεύεται από την απορρόφηση μεγάλης ποσότητας αισθητής θερμότητας από τον αέρα, που κατεβάζει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα, ενώ η περιεχόμενη υγρασία του αέρα αυξάνεται. Η πρόβλεψη σκίασης και η παροχή δροσερού και ξηρού αέρα βελτιώνουν την εξατμιστική διαδικασία. Όπου η πτώση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού συνοδεύεται από αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας του αέρα, η διαδικασία αναφέρεται κοινώς ως «άμεσος εξατμιστικός δροσισμός». Όταν η εξάτμιση νερού γίνεται πάνω από μια επιφάνεια ή μέσα σε ένα σωλήνα, με αποτέλεσμα τη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών, είναι δυνατόν να γίνει ψυχρότερος ο γειτονικός προς αυτές τις επιφάνειες αέρας, χωρίς να αυξηθεί η περιεχόμενη σ' αυτόν υγρασία. Τότε, η διαδικασία αναφέρεται ως «έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός». Οι τεχνικές

εξατμιστικού δροσισμού μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις παθητικές και τις υβριδικές. Υβριδικά συστήματα είναι εκείνα που βασίζονται σε εξοπλισμό για να παράσχουν δροσισμό, ενώ οι παθητικές τεχνικές βασίζονται σε στοιχεία του περιβάλλοντος του κτηρίου και του γειτονικού περιβάλλοντος χώρου. Τα παθητικά άμεσα συστήματα και τεχνικές περιλαμβάνουν τη χρήση βλάστησης για εξατμισοδιαπνοή, καθώς και σιντριβάνια, κρήνες, και μικρές λίμνες. Μερικά βασίζονται στη χρήση πύργων στους οποίους ψεκάζεται νερό. Ο εξωτερικός αέρας που εισάγεται στον πύργο ψύχεται λόγω εξάτμισης, και κατόπιν μεταφέρεται μέσα στο κτήριο. Οι παθητικές έμμεσες εξατμιστικές τεχνικές περιλαμβάνουν κυρίως τον ψεκάσμό της στέγης, και ανοιχτές λίμνες. [18, 22]



Εικ.2.15: Εξατμιστικός δροσισμός
Πηγή: [1]

2.4.9 Διαμόρφωση μικροκλίματος

2.4.9.1 Φυτεμένο δώμα - στέγη

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά το ανθυγιεινό αστικό μικροκλίμα, καθώς συμβάλλουν στον καθαρισμό του αέρα, τον περιορισμό του ανοδικού στροβιλισμού της σκόνης, και την άμβλυση των επιβαρυντικών διακυμάνσεων της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Επιπλέον, εξασφαλίζουν για τα κτήρια πρόσθετη θερμομόνωση, θερμοσυσσώρευση, και ηχοπροστασία, ενώ από μια πιο μακροπρόθεσμη ματιά, είναι και οικονομικότερα απ' ό,τι οι συμβατικές επικαλύψεις στεγών. Τους ζεστούς μήνες του χρόνου, τα φυτεμένα δώματα δρουν κυρίως ως ένα μέσο θερμικής μόνωσης. Αυτό συμβαίνει διότι το υπόστρωμα αποθηκεύει την θερμική αδράνεια του κτηρίου. Τους ψυχρούς μήνες του χρόνου το στρώμα βλάστησης μπορεί να συμβάλει στην διατήρηση της θερμοκρασίας του κτηρίου κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά και στην μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον τις βραδινές ώρες. Επιγραμματικά, τα πλεονεκτήματα τους είναι τα εξής:

- Αύξηση των πράσινων ελεύθερων επιφανειών που χάνονται λόγω δόμησης.
- Παραγωγή οξυγόνου και δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα.
- Φιλτράρισμα της σκόνης των ρύπων του αέρα και απορρόφηση βλαβερών ουσιών.
- Δροσισμός των στεγών και συνεπώς μείωση του στροβιλισμού της σκόνης.
- Άμβλυση θερμοκρασιακών διακυμάνσεων.
- Μείωση των διακυμάνσεων υγρασίας.

- Απεριόριστος χρόνος ζωής.
- Θερμομονωτική δράση.
- Προστατεύουν τον τελευταίο όροφο από τον έντονο καλοκαιρινό ηλιασμό.
- Ελαττώνουν τον ήχο.
- Θεωρούνται άκαυστες.
- Επιβραδύνουν τη ροή του νερού της βροχής, αποσυμφορίζοντας το αποχετευτικό σύστημα.
- Αισθητικά ευχάριστη κατασκευή.
- Αρωματικές μυρωδιές από διάφορα αγριοβότανα.



Εικ.2.16: Φυτεμένη στέγη
Πηγή: [32]

Στην βιβλιογραφία, οι φυτεμένες στέγες χωρίζονται κατά κανόνα σε δύο κατηγορίες, σε στέγες εντατικής φύτευσης και σε στέγες εκτατικής φύτευσης, όπου οι εντατικές φυτεύσεις, ανάλογα με την φροντίδα που απαιτούν και το πάχος του υποστρώματος τους, συχνά χωρίζονται σε συντηρούμενες και απλές εντατικές φυτεύσεις.

Εντατική φύτευση: περιλαμβάνει βλάστηση θάμνων, δασικών ειδών, και γρασιδιού, όπως αυτό συμβαίνει και στο φυσικό χώρο. Δεν είναι δυνατή σε κεκλιμένες στέγες, παρά μόνο σε επίπεδα δώματα. Απαιτείται πάχος υποστρώματος άνω των 30 εκ., και εκτός αυτού, κανονική συντήρηση με πότισμα και θρεπτικές ύλες. Οι εντατικές φυτεύσεις έχουν την ίδια προσβασιμότητα με τους κήπους.

Εκτατική φύτευση: είναι μία φυσική φύτευση, η οποία διατηρείται σε μικρό πάχος υποστρώματος από 3 έως 5 εκ., χωρίς νερό και πρόσθετα θρεπτικά συστατικά. Δημιουργεί μια κλειστή φυτική σκεπή, ενώ τα φορτία είναι μικρότερα των 160 κιλών ανά τ.μ.. Η βλάστηση αποτελείται από βρύα, χυμώδη φυτά, βότανα και χόρτα, που αντέχουν στην ξηρασία και στο κρύο, δεν χρειάζονται φροντίδα, και μπορούν να προσαρμοστούν στις ακραίες συνθήκες του χώρου τους. Με λίγα λόγια, προτιμούνται άγρια φυτά, τα οποία έχουν τη δυνατότητα αναγέννησης.

Απλή εντατική φύτευση: είναι ένα είδος φύτευσης που κατατάσσεται μεταξύ της εντατικής και της εκτατικής φύτευσης. Σ' αυτή την περίπτωση, το πάχος υποστρώματος είναι 15-30εκ., και τα φορτία είναι της τάξεως των 150-250κιλών ανά τ.μ. Η βλάστηση αποτελείται από χόρτα, θάμνους, και δασικά είδη που καλύπτουν το έδαφος και απαιτούν λιγότερη φροντίδα σε πότισμα και θρεπτικές ύλες από τη συντηρούμενη εντατική φύτευση. Όταν η βλάστηση αποτελείται από αγριοβότανα και αγριόχορτα, δεν διαφέρει σε τίποτα από την εκτατική φύτευση, παρά μόνο στο πάχος του υποστρώματος.

Οι συνθήκες φυτεύσεις δωματίων και στεγών παρουσιάζουν μια ειδική κατασκευή. Η τυπική διαστρωμάτωση έχει ως εξής:

- Κατασκευή της στέγης (με θερμομόνωση)

- Μεμβράνη διαχωρισμού (αν χρειάζεται)
 - Αντιριζική μεμβράνη
 - Προστατευτική επιφάνεια (αν χρειάζεται)
 - Στρώση αποστράγγισης (χυτά υλικά ή μεμβράνη)
 - Επιφάνεια φίλτρου (γεωύφασμα)
 - Υπόστρωμα
 - Βλάστηση
- [33, 34, 35, 36]

2.4.9.2 Κάθετοι κήποι

Οι κάθετοι κήποι αποτελούν μία από τις πιο καινοτόμες και δημοφιλείς τάσεις στο χώρο της αρχιτεκτονικής και του Landscape Design παγκοσμίως, και θεωρούνται ως μία από τις πλέον ενδεδειγμένες, καλαίσθητες και οικολογικές λύσεις για το αστικό τοπίο. Εμπνευστής τους είναι ο Γάλλος βοτανολόγος Patric Blanc. Με τον όρο «κάθετος κήπος» εννοούμε τη φύτευση πάνω στις κάθετες επιφάνειες των κτιρίων, είτε αυτές είναι εσωτερικές, είτε εξωτερικές. Με μια σωστή μελέτη και εφαρμογή ενός κάθετου κήπου, τα φυτά μπορούν να επιβιώσουν υπό οποιαδήποτε κλιματική συνθήκη. Σε γενικές γραμμές, ένας τυπικός κάθετος κήπος πραγματοποιείται είτε με χρησιμοποίηση αναρριχώμενων φυτών, είτε με φυτοδοχεία τα οποία στηρίζονται στον τοίχο του κτιρίου, είτε με ένα εξειδικευμένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει έναν ανθεκτικό μεταλλικό σκελετό, ένα φύλλο PVC, μη βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες και μία ποικιλία φυτών τα οποία προσαρτώνται σε αυτές. Σ' όλες τις περιπτώσεις, εφαρμόζεται σύστημα αυτόματης άρδευσης για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών και την εξοικονόμηση νερού αφού παρέχεται και η δυνατότητα ανακύκλωσής του.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν κάθε νευρώνα πρασίνου σε μία πόλη, ένας κάθετος κήπος συμβάλλει και στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Λειτουργεί σαν υλικό θερμομόνωσης και ηχομόνωσης. Θα μπορούσαμε να τον χαρακτηρίσουμε ως «φυσικό κλιματιστικό», αφού έρευνα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών έδειξε, ότι στα δωμάτια που εφάπτονται με τη φύτευση η θερμοκρασία πέφτει 5-6°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Χαρακτηριστικό είναι πως σύμφωνα με μια άλλη έρευνα που έγινε στην Γερμανία, αν το 5% των τοίχων και ταρατσών ήταν πράσινα, το αποτέλεσμα θα ήταν ένα υγιέστατο αστικό κλίμα.

Πλεονεκτήματα κάθετων κήπων

Καλύπτοντας την επιφάνεια του τοίχου με φυτά, υπάρχουν οφέλη τόσο για το σπίτι όσο και για το ευρύτερο περιβάλλον:

- Βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα, επειδή τα φυτά συγκρατούν τα αιωρούμενα σωματίδια και τη σκόνη.
- Μειώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Μειώνεται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Απορροφάται ποσότητα βροχής, οπότε και γίνεται καλύτερη διαχείριση των όμβριων υδάτων και μειώνονται οι πλημμύρες.
- Τα φυλλάματα απορροφούν τους ήχους, περιορίζοντας τις επιπτώσεις της ηχορύπανσης.
- Προστατεύεται το ίδιο το κτίριο από τη φθορά του χρόνου.
- Οικονομικά οφέλη λόγω αυξημένης μόνωσης.
- Τα κτίρια γίνονται πιο όμορφα.

Μειονεκτήματα κάθετων κήπων

- Κόστος: Στα αρνητικά των κάθετων φυτικών τοίχων είναι το υψηλό κόστος, που εκτιμάται ότι ξεπερνά τα διακόσια ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο φυτεμένης επιφάνειας,
- Νερό: Ένα άλλο μειονέκτημα που πολλοί προσάπτουν στους κάθετους κήπους είναι το νερό που καταναλώνεται για την άρδευσή τους

[35, 37, 38, 39]



Εικ.2.17: Musee du quai Branly, Παρίσι
Πηγή: [40]

2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα φωτισμού που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Τα συστήματα φυσικού φωτισμού τα οποία εκμεταλλεύονται, με διάφορες τεχνικές, την φυσική ηλιακή ακτινοβολία.
- Τα συστήματα τεχνητού φωτισμού τα οποία εκμεταλλεύονται την πρόοδο της τεχνολογίας των λαμπτήρων και γενικά συσκευών παραγωγής τεχνητού φωτός.

2.5.1 Φυσικός φωτισμός

Ως σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί
- Ειδικοί Υαλοπίνακες
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Σκίαστρα

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τόσο των χώρων, όσο και των συστημάτων φωτισμού (ανοιγμάτων) θα πρέπει να εξασφαλίζει τις επιθυμητές στάθμες φωτισμού, την απαιτούμενη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον (και την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών στοιχείων, κατά το δοκούν), πάντοτε σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες απαιτήσεις του ενεργειακού σχεδιασμού για θερμική άνεση και ποιότητα αέρα. [18, 22, 23]

2.5.1.1 Ανοίγματα οροφής

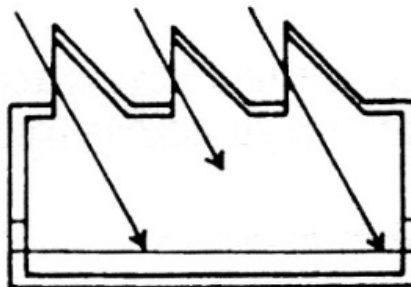
Τα ανοίγματα οροφής αποτελούν ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην τοιχοποιία:

- παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φως από τον ουράνιο θόλο.
- λόγω της θέσης τους, συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους.

Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να φέρουν είτε διαφανείς, είτε ημιδιαφανείς (διαχυτικούς) υαλοπίνακες. Συνιστάται εν γένει να υπάρχει σύστημα ηλιοπροστασίας/εκτροπής του άμεσου φωτός, όπως ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα.

Τα συστήματα αυτά, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος, μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά. Η τελική επιλογή ενός τέτοιου συστήματος γίνεται με κριτήρια που αφορούν τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και την οικονομικότητά τους (βλ. ηλιοπροστασία/σκιασμός ανοιγμάτων).

Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα, και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού. [18, 41]

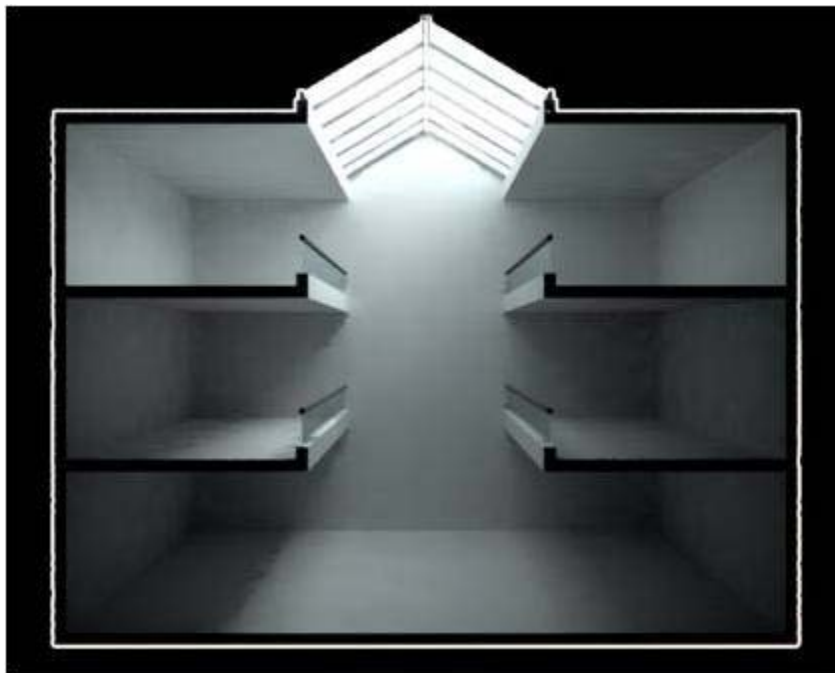


Εικ.2.18: Κατακόρυφα ανοίγματα οροφής
Πηγή: [1]

2.5.1.2 Αίθρια

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

- επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου
- βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα)
- παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση).



Εικ.2.19: Αίθριο
Πηγή: [41]

- Η γεωμετρία του αίθριου, και τα χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, οπτικά χαρ/κά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή), επηρεάζει και τη στάθμη φωτισμού των χώρων. Φαρδιά, βαθιά, τετραγωνικά αίθρια, έχουν καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά στην ποσότητα του απευθείας φυσικού φωτός που φτάνει στους διάφορους χώρους. Οι τοίχοι του αίθριου επηρεάζουν σημαντικά τη διάδοση του φωτός αφού εισέλθει στο αίθριο. Σκούρες επιφάνειες μειώνουν την εσωτερική ανακλαστικότητα, και αυτό έχει μεγαλύτερη σημασία όσο βαθύτερο είναι το αίθριο. Θα πρέπει, λοιπόν, κατά το σχεδιασμό των αίθριων να συνυπολογίζονται οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών αυτών στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, πάντα σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. [18, 41]

2.5.1.3 Φωτοσωλήνες

Σε γενικές γραμμές, πρόκειται για ένα απλό κενό σωλήνα, μέσα στον οποίο μπορεί να μεταφερθεί η φωτεινή δέσμη. Στο εσωτερικό του σωλήνα μπορεί να υπάρχουν αμφίκυρτοι φακοί για

να διατηρούν συγκεντρωμένη τη φωτεινή δέσμη. Κάθε τέτοιος φακός ωστόσο ενδέχεται να προκαλεί μια μικρή απώλεια φωτός. Μέσα από ένα φωτοσωλήνα με αδιαφανή τοιχώματα, η φωτεινή δέσμη οδηγείται στο επιθυμητό σημείο του εσωτερικού χώρου που έχουμε επιλέξει, όπου και εξέρχεται μέσα από φακό ή φωτιστικό σώμα, το οποίο είναι τοποθετημένο στην απόληξη του φωτοσωλήνα. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο του το μήκος.

Για καλύτερα αποτελέσματα, πρέπει η δέσμη να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Αν οι άξονες της δέσμης και του φωτοσωλήνα αποκλίνουν έστω και ελάχιστα, θα προκληθούν πολλαπλές αντανακλάσεις στα τοιχώματα του, οδηγώντας στην εξασθένηση της δέσμης. Σ' αυτή την περίπτωση, πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους, μεγάλης διατομής, και με ανακλαστικά τοιχώματα.

Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά υλικά, κυρίως ακριλικό. Φωτοσωλήνες με εύκαμπτη, αυλακωτή επιφάνεια είναι εύπλαστοι και εγκαθίστανται εύκολα, αλλά η απώλεια του φωτός στο εσωτερικό τους είναι σημαντική.

Στο εσωτερικό των φωτοσωλήνων, μπορεί να υπάρχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες βοηθούν στην αποτελεσματική μεταφορά του φωτός, ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης και με το μήκος κύματος του φωτός. Στην περίπτωση φωτοσωλήνων μεγάλης διαμέτρου, συνηθίζεται επίσης να τοποθετούνται στο εσωτερικό του μικρά κάτοπτρα με κατάλληλη κλίση για το διαχωρισμό του φωτός σε επιμέρους δέσμες και την ανακατεύθυνση του. [22, 42, 43]



*Εικ.2.20: Φωτοσωλήνας
Πηγή: [44]*

2.5.1.4 Φωταγωγοί

Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί, οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να

προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτήριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτήρια. [18, 41]

2.5.1.5 Διαφανή μονωτικά υλικά

Είναι φωτοδιαπερατά υλικά υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας, τα οποία αντικαθιστούν τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας. Η διαφανής μόνωση εν γένει είναι διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, συνδυάζοντας θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες).

Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων.

Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα). [18]

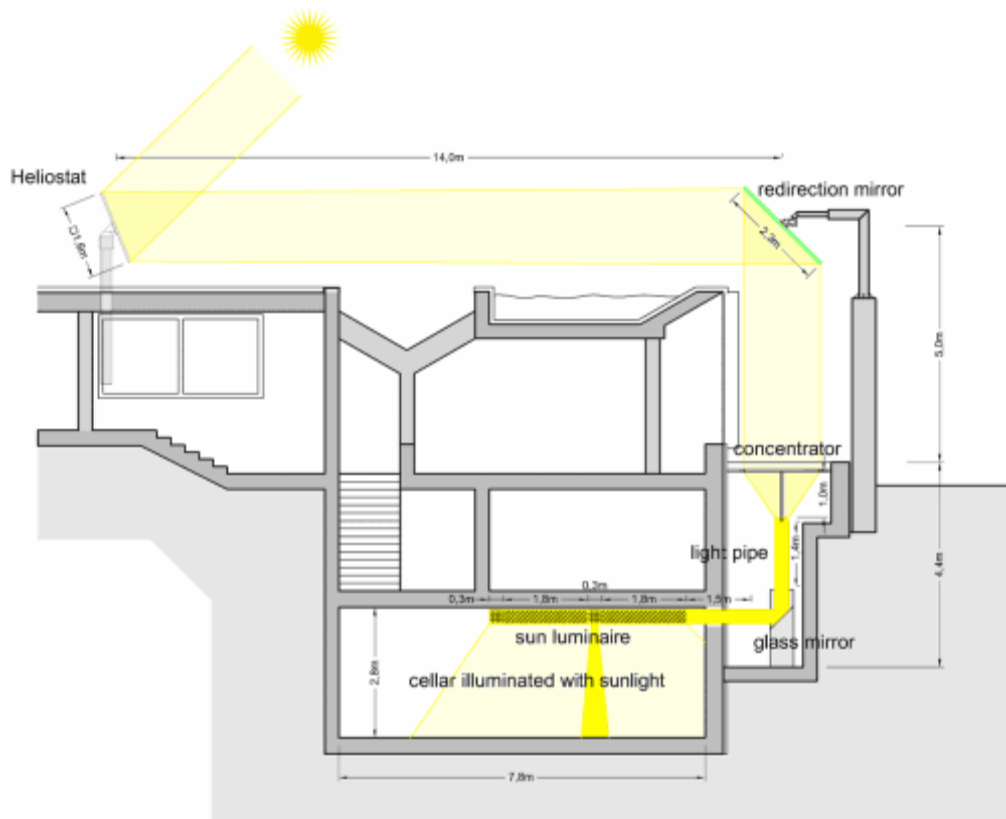


Εικ.2.21: Διαφανές μονωτικό υλικό
Πηγή: [45]

2.5.1.6 Ηλιοστάσια

Αποτελούνται από συστήματα κατόπτρων και φακών, τα οποία συλλέγουν και συγκεντρώνουν το φυσικό φως. Τοποθετούνται στα δώματα των κτηρίων, και η θέση των κατόπτρων και των φακών που περιλαμβάνουν ρυθμίζεται ανάλογα με τη διεύθυνση του φυσικού φωτός, έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός ανάλογα με την εποχή του

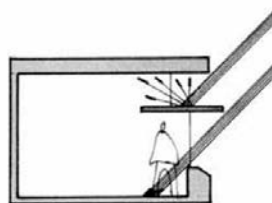
χρόνου και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως, αφού συγκεντρωθεί στο ηλιοστάσιο σε δέσμη, κατευθύνεται προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα, μέσα από τον οποίο μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο.



Εικ.2.22: Ηλιοστάσιο
Πηγή: [46]

2.5.1.7 Εξωτερικά ή εσωτερικά ράφια φωτισμού

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Η λειτουργία του στηρίζεται στη μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο, και αύξηση αυτών στο πίσω μέρος του χώρου, με απώτερο σκοπό την αύξηση της ομοιογένειας του φωτισμού. Γενικά, ισχύει ο πρακτικός κανόνας ότι το μήκος του ραφίου πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό πρέπει να έχει μεγάλο συντελεστή ανάκλασης. Τέλος, για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου.



Εικ.2.23: Ράφι φωτισμού
Πηγή: [41]

2.5.1.8 Περσίδες

Μπορεί να είναι σταθερές ή ρυθμιζόμενες. Πρόκειται για ανακλαστικά στοιχεία μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται σε ολόκληρη ή μέρος της επιφάνειας ενός ανοίγματος, στην εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος, ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Η διεύθυνση των ακτινών του ηλιακού φωτός κατά τους θερινούς μήνες είναι αυτή που λαμβάνεται κυρίως υπόψη για τον καθορισμό της κλίσης των περσίδων. Η κλίση των περσίδων είναι πάρα πού σημαντική, καθώς εξασφαλίζει τον διπλό ρόλο που έχουν οι περσίδες: αφενός να επιτρέψουν και να ρυθμίσουν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια κάποιων χρονικών περιόδων, αφετέρου να προσφέρουν σκίαση κάποιες άλλες εποχές και ώρες. Οι ρυθμιζόμενες περσίδες έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τις σταθερές, ότι προσαρμόζονται αποτελεσματικά σε οποιαδήποτε ποικιλία τροχιών του ήλιου, και η ρύθμιση τους μπορεί να γίνει χειροκίνητα, ή μηχανοκίνητα, ή ακόμα και από απόσταση. Τέλος, προσοχή χρειάζεται ως προς την συντήρηση και τον καθαρισμό των περσίδων, καθώς η συγκέντρωση ρύπων στην επιφάνεια τους μειώνει την ανακλαστική τους ικανότητα.



*Εικ.2.24: Εφαρμογή εξωτερικών ρυθμιζόμενων περσίδων
Πηγή: [47]*

2.5.2 Τεχνητός φωτισμός

2.5.2.1 Λαμπτήρες

Οι λαμπτήρες, με κριτήριο τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στους λαμπτήρες πυράκτωσης, και στους λαμπτήρες εκκένωσης με ατμούς αερίων. Μία πιο σύγχρονη, τρίτη, και μικρότερη κατηγορία είναι οι λαμπτήρες LED. Επίσης, ανάλογα με το χρώμα

που εκπέμπουν οι λαμπτήρες κατά την λειτουργία τους διακρίνονται σε ψυχρούς λαμπτήρες (το φάσμα τους πλούσιο σε κυανή ακτινοβολία) και σε θερμούς (το φάσμα τους πλούσιο σε ερυθρές ακτινοβολίες), που δημιουργούν θερμή ή ψυχρή εντύπωση αντίστοιχα.

- 1) **Λαμπτήρες πυράκτωσης:** το φως παράγεται από την θέρμανση ενός μεταλλικού νήματος κατά τη δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος. Το νήμα αυτό συνήθως είναι από βολφράμιο. Η διάρκεια ζωής τους είναι 1000 ώρες και η απόδοση τους κυμαίνεται από 10 έως 13 lumen/W. Η απόδοση σε φωτεινή ενέργεια είναι μικρή σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνει.



Εικ.2.25: Λαμπτήρας πυράκτωσης
Πηγή: [48]

- 2) **Λαμπτήρες εκκένωσης:** περιέχουν ατμούς αερίων, χαμηλής ή υψηλής πίεσης. Κατά τη λειτουργία τους, η ορατή ακτινοβολία που παράγεται είναι αποτέλεσμα της ηλεκτρικής εκκένωσης μέσα στο αέριο ή τους ατμούς υδραργύρου ή νατρίου, με τα οποία έχει πληρωθεί ο λαμπτήρας.

- Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης αερίου:
 - Λαμπτήρες φθορισμού: είναι η συνηθέστερη εφαρμογή αυτής της κατηγορίας, και ειδικά οι σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού. Πρέπει να χρησιμοποιούνται σε οριζόντια θέση, καθώς η λειτουργία τους σε κατακόρυφη θέση προκαλεί μια ανομοιόμορφη κατανομή των αερίων του λαμπτήρα, με αποτέλεσμα τη μείωση του φωτός και της ομοιομορφίας του. Συγκρινόμενοι με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, πλεονεκτούν τόσο σε απόδοση (40 έως 100 lumen/W), όσο και διάρκεια ζωής (8000 με 10000 ώρες). Ωστόσο, υστερούν στην ποιότητα του χρώματος του φωτός που εκπέμπουν. Κάποια άλλα μειονεκτήματά τους είναι επίσης το υψηλό κόστος αγοράς, η κακή αισθητική, και η δημιουργία θάμβωσης.



Εικ.2.26: Σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού
Πηγή: [49]

- Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL: αποκαλούνται «ηλεκτρονικοί λαμπτήρες οικονομικής κατανάλωσης». Λειτουργούν όπως και οι λαμπτήρες φθορισμού, αλλά έχουν πολύ μικρότερο μέγεθος, και προσφέρουν σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για τα ίδια επίπεδα φωτισμού και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (τυπικά 10000-15000 ώρες). Εν συγκρίσει με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως ή αλογόνου, εξασφαλίζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 80%. Ενδείκνυνται τόσο για επαγγελματική, όσο και για βιομηχανική ή οικιακή χρήση.



*Εικ.2.27: Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού
Πηγή: [50]*

- Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης: Έχουν την υψηλότερη απόδοση από όλες τις πηγές, αλλά το εκπεμπόμενο φως είναι μονοχρωματικό (μονής δέσμης) κίτρινο. Το γεγονός αυτό καθιστά αντίληψη των χρωμάτων είναι πολύ δύσκολη, που σημαίνει ότι ο λαμπτήρας χρησιμοποιείται μόνο για φωτισμό των δρόμων.
- Λαμπτήρες υψηλής πίεσης αερίου:
Σε γενικές γραμμές, παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση χρωμάτων από τους λαμπτήρες φθορισμού, όπως επίσης και καλύτερη απόδοση φωτεινότητας από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.



*Εικ.2.28: Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου με μεταλλικά αλογονίδια
Πηγή: [51]*

- 3) **Λαμπτήρες LED:** Αποτελούν την νεότερη κατηγορία λαμπτήρων. Είναι δίοδοι εκπομπής φωτός, χωρίς ίνα, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (καταναλώνουν έως και 80% λιγότερη ενέργεια από τους λαμπτήρες πυρ και μεγάλη διάρκεια ζωής. Ουσιαστικά πρόκειται για ομάδες LED με κατάλληλη συνδεσμολογία που ελέγχονται από ηλεκτρονικό κύκλωμα και είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό μιας λυχνίας, που η μορφή της εξωτερικά μοιάζει με αυτή των λαμπτήρων πυράκτωσης. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η παραγωγή χρωματιστού φωτός χωρίς οπτικά φίλτρα και η δυνατότητα για εναλλαγή χρωμάτων. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι ο φωτισμός με LED είναι ο φωτισμός του μέλλοντος.



*Εικ.1.32: Λαμπτήρες LED
Πηγή: [52]*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Ορισμός:

«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλούμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.» [www.ypeka.gr]

Η λειτουργία των Α.Π.Ε. στηρίζεται στην μετατροπή της δύναμης των στοιχείων της φύσης σε μορφές ενέργειας που να είναι αξιοποιήσιμες από τον άνθρωπο. Τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από αυτήν τη διαδικασία είναι στην πολύ γενική τους μορφή ορατά από δύο σκοπιές. Πρώτον από την οικολογική, υπό την έννοια ότι επιβαρύνουν λιγότερο την φύση και δεύτερον από την οικονομική διότι συμβάλουν στην απεξάρτηση από τις οικονομικά δαπανηρές λύσεις των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Ο κτηριακός τομέας δεν θα μπορούσε να μην ασχοληθεί με τα οφέλη που προκύπτουν από τις Α.Π.Ε. μιας και η ανάγκη για στέγαση των ανθρώπων είναι στις μέρες μας πολύ ενεργοβόρα. Οι εφαρμογές των Α.Π.Ε. στα κτήρια μπορούν να πραγματοποιηθούν υπό τις εξής μορφές:

- Φωτοβολταϊκά συστήματα
- Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας
- Βιομάζα
- Μικρές ανεμογεννήτριες

[1]

3.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι πρώτες εφαρμογές τους αναπτύχθηκαν μόλις τη δεκαετία του 1950, με σκοπό την ηλεκτροδότηση των δορυφόρων. Η μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων άρχισε ωστόσο στις αρχές της δεκαετίας του '70, όταν η πρώτη πετρελαϊκή κρίση έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη για απεξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. [54]

Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα ψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Όσον αφορά τις κτηριακές εγκαταστάσεις, ισχύει το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, σύμφωνα με το οποίο, ως μέγιστη ισχύς ανά εγκατάσταση ορίζεται, για την ηπειρωτική χώρα, τα διασυνδεδεμένα με το σύστημα νησιά, και την Κρήτη τα 10 kWp, και για τα λοιπά μη διασυνδεδεμένα νησιά τα 5 kWp. Γενικά, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ευνοείται σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ, καθώς στην περίπτωση αυτή εξοικονομείται και το κόστος σύνδεσης και επέκτασης του δικτύου, το οποίο για μεγάλες αποστάσεις είναι σημαντικό. [55]

Αρχές λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell), που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή ηλιογεννήτριες, τυπικής ισχύος από 10W έως 300W. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες. [56]

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι:

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Ελάχιστη συντήρηση

[57]

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι:

- Υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης
- Απαιτήση για σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης
- Ακόμη και σήμερα έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

[58]



Εικ.3.1: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε στέγη
Πηγή: [59]

Κατηγορίες και δομή ΦΒ συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία - πλαίσια χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

1. Φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου:

- α. Φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21%,
- β. Φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου με αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.

2. Φωτοβολταϊκά λεπτών μεμβρανών:

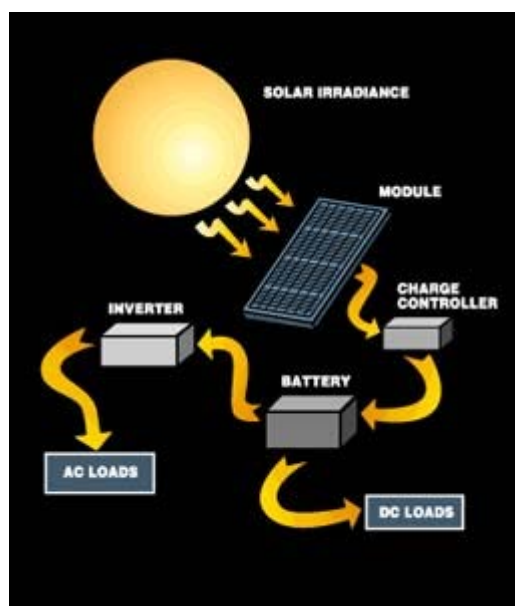
- α. Φωτοβολταϊκά από άμορφο πυρίτιο, ονομαστική απόδοση 7%.
- β. Φωτοβολταϊκά από χαλκοπυρίτες, ονομαστική απόδοση από 7% έως 11%.

Οι προϋποθέσεις για τη βέλτιστη λειτουργία και απόδοση των φωτο-βολταϊκών συστημάτων σε μια κατοικία είναι ο νότιος προσανατολισμός της θέσης εγκατάστασης με μικρές αποκλίσεις, η

κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο (πρέπει να 'ναι περίπου 30°), και η μηδενική σκίαση στον χώρο τοποθέτησης. [57]

| Προσανατολισμός | Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο | | |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 30° | 0° | 90° |
| Ανατολικός - Δυτικός | 85% kWh _(max) | 90% kWh _(max) | 50% kWh _(max) |
| Νότιοανατολικός - Δυτικός | 95% kWh _(max) | 90% kWh _(max) | 60% kWh _(max) |
| Νότιος | kWh_(max) | 90% kWh _(max) | 60% kWh _(max) |
| Βόρειοανατολικός - Δυτικός | 95% kWh _(max) | 90% kWh _(max) | 30% kWh _(max) |
| Βόρειος | 60% kWh _(max) | 90% kWh _(max) | 20% kWh _(max) |

Εικ.3.2: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά)
Πηγή: [55]



Εικ.3.3: Τα συστατικά στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος
Πηγή: [60]

Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατατάσσονται σε:

Αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξ' ολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση. Σε αυτά τα συστήματα, επιβάλλεται η τοποθέτηση μιας μπαταρίας για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας, πρακτική η οποία χρησιμεύει ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας, ή όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια. Οι μπαταρίες αυτές είναι ειδικού τύπου, ώστε να αντέχουν στους συνεχείς κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης τους. Η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 3 έως 8 χρόνια, ανάλογα με την ποιότητα και τον τρόπο χρήσης τους.

Διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού. Στην περίπτωση αυτή, συνήθως η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στη ΔΕΗ, ενώ αξιοσημείωτη είναι η δυνατότητα συμφωνίας συμψηφισμού του κόστους εγκατάστασης με το κέρδος πώλησης, μεταξύ του προμηθευτή και της ΔΕΗ. Η τιμή πώλησης καθορίζεται από την εκάστοτε νομοθεσία. Σύμφωνα με τους ισχύοντες νόμους, η τιμή της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα ορίζεται σε 0,55€/kWh για τις συμβάσεις συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009, 2010, και 2011. Η τιμή μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις συμβάσεις συμψηφισμού που συνάπτονται το διάστημα 1.1.2012 μέχρι και 31.12.2019. Εδώ, πρέπει να διευκρινιστεί ότι ως παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα θεωρείται η παραγόμενη ενέργεια, μείον της μικρής απορροφούμενης ενέργειας για ίδια κατανάλωση από το inverter τη νύχτα, και τυχόν συνοδευτικό εξοπλισμό (πχ. κάμερα, συναγερμός).

Τέλος, αναφορικά με το κόστος για την αγορά και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, η δαπάνη για ένα διασυνδεδεμένο σύστημα (συμπεριλαμβανομένων του inverter και των παρελκόμενων) ανέρχεται στα 7500€/kW, ενώ το κόστος για ένα αυτόνομο σύστημα (πάλι συμπεριλαμβανομένων όλων των εξαρτημάτων) είναι περίπου 8000€/kW.

[57]

3.3 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Τα γεωθερμικά συστήματα αξιοποιούν την σταθερή θερμοκρασία, η οποία υπάρχει στο έδαφος, αντικαθιστώντας πλήρως τη χρήση πετρελαίου ή άλλου καυσίμου. [www.suncon.gr] Συνοπτικά η λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος περιγράφεται ως εξής:

- Θέρμανση. Για τις ανάγκες θέρμανσης, το σύστημα αντλεί θερμότητα από το έδαφος και την αποθέτει στον χώρο.
- Ψύξη. Για τις ανάγκες ψύξης, το σύστημα απάγει την θερμότητα του χώρου και ταυτόχρονα μεταδίδει την θερμοκρασία του εδάφους σε αυτόν.

Με λίγα λόγια, το σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας πραγματοποιεί μια εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων.

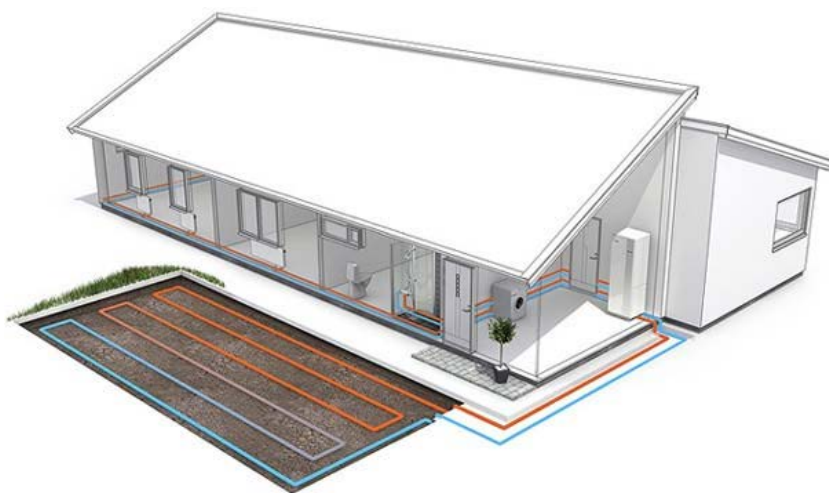
Ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα ΓΑΘ καταναλώνει γύρω στο 25-30% της ενέργειας που αποδίδει, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ παράλληλα λειτουργεί με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή του καλύτερου συστήματος μιας αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα λόγω:

- Της χρήσης νερού δεδομένου ότι το νερό έχει πολύ καλύτερες ιδιότητες μετάδοσης θερμότητας από τον αέρα.
- Της σταθερής θερμοκρασίας, που παρέχεται από τους γεωεναλλάκτες στη ΓΑΘ, η οποία είναι υψηλότερη από τις ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος σε περιπτώσεις αιχμών του θερμικού φορτίου, και χαμηλότερη από τις ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος σε περιπτώσεις αιχμών του ψυκτικού φορτίου. Γενικά, θεωρείται ότι η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος

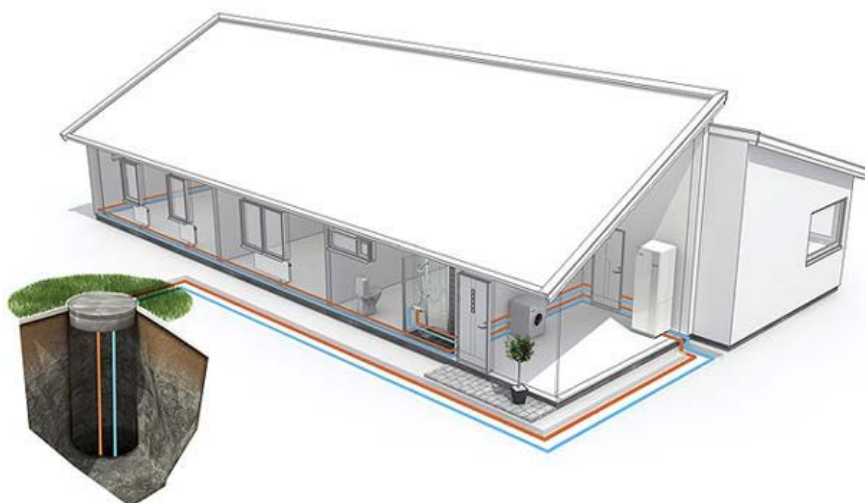
παραμένει σταθερή (ή σχεδόν σταθερή) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, περίπου στους 15-17 °C, ανεξαρτήτως των εξωτερικών καιρικών συνθηκών.

Ένα σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αποτελείται από τρία μέρη:

- 1) Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός του εδάφους (γεωεναλλάκτες θερμότητας ή υδρογεώτρηση)
 - Γεωεναλλάκτες θερμότητας (σύστημα κλειστού βρόχου): μπορεί να είναι είτε οριζόντιοι, είτε κατακόρυφοι. Στην πρώτη περίπτωση, οι σωλήνες είναι θαμμένοι μέσα στο έδαφος μέσα σε χαντάκια, σε βάθος μεταξύ 0,6-2,0m, το οποίο εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Στην δεύτερη περίπτωση, οι σωλήνες είναι θαμμένοι στο έδαφος σε κατακόρυφη διάταξη, μέσα σε γεωτρήσεις.



Εικ.3.4: Οριζόντιος γεωεναλλάκτης
Πηγή: [61]



Εικ.3.5: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης
Πηγή: [61]

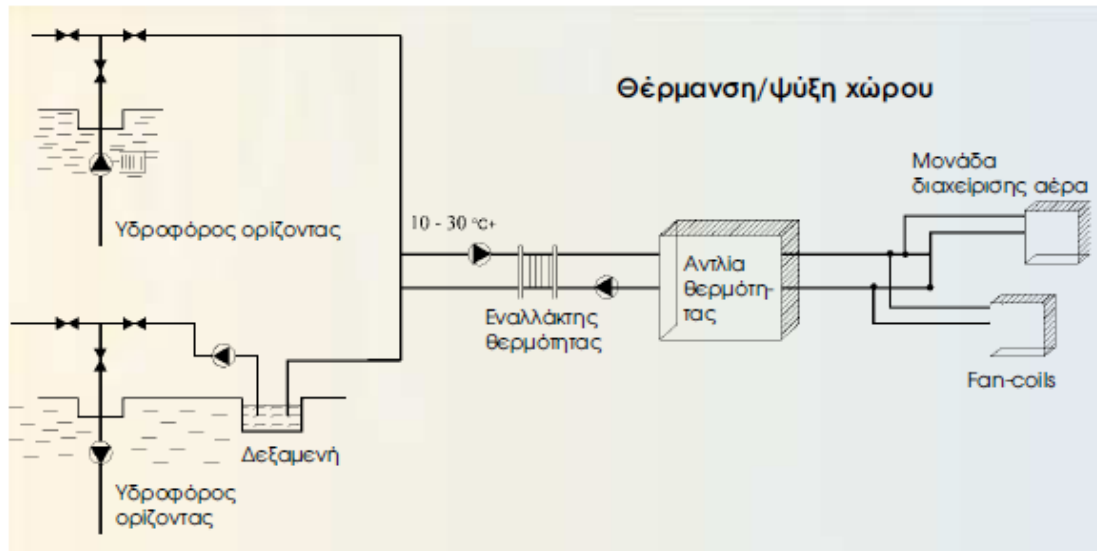
- Υδρογεώτρηση (σύστημα ανοικτού βρόχου): Τα συστήματα ανοικτού βρόχου αντλούν νερό από υπόγειο ταμειυτήρα με χρήση γεώτρησης και με την χρήση ενός ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της ΓΑΘ και του ανοικτού κυκλώματος προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα μας πριν το νερό επιστρέψει στον ταμειυτήρα. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα.



Εικ.3.6: Σύστημα ανοικτού βρόχου με υδρογεώτρηση
Πηγή: [37]

Σε γενικές γραμμές, οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες θερμότητας έχουν υψηλότερο κόστος από τους οριζόντιους, ωστόσο είναι και αυτοί που χρησιμοποιούνται περισσότερο χάρις σε δύο πλεονεκτήματά τους. Πρώτον, απαιτούν λιγότερο χώρο, και δεύτερον, κατά την εφαρμογή τους δεν αντιμετωπίζονται τεχνικές δυσκολίες όπως με τις υδρογεωτρήσεις.

2) Γεωθερμική αντλία θερμότητας (κυρίως αντλία θερμότητας νερού-νερού)



Εικ.3.7: Γενικό διάγραμμα λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας νερού-νερού
Πηγή: [1]

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παράγουν ψύξη, θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Σε γενικές γραμμές, είναι ψυκτικές συσκευές οι οποίες αντιστρέφουν την φυσική διεύθυνση της θερμότητας, την εξαναγκάζουν δηλαδή να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο σε ένα άλλο θερμότερο. Αναλυτικότερα, η γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία του γεωεναλλάκτη για την εξάτμιση του υγρού ψυκτικού μέσου και με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας συμπιέζει το αέριο πλέον ψυκτικό μέσο, με στόχο την ανύψωση της πίεσης και θερμοκρασίας του. Το αέριο ψυκτικό αποδίδει τη θερμοκρασία του στον κλιματιζόμενο χώρο, όταν έρχεται σε επαφή με το νερό κυκλοφορίας θέρμανσης του κτιρίου, διαμέσου ενός εναλλάκτη θερμότητας. Το θερμό νερό μεταβιβάζεται στο κτίριο με στόχο τη θέρμανση του, ενώ το υγρό πλέον ψυκτικό μέσο εκτονώνεται για τη πτώση της πίεσης του. Η επανάληψη του κύκλου δημιουργεί τη συνεχή θέρμανση του κτιρίου.

Στην καλοκαιρινή λειτουργία, αντιστρέφεται ο κύκλος του ψυκτικού δια της βαλβίδας αντιστροφής, με αποτέλεσμα το έδαφος να αποτελεί τον αποδέκτη της θερμότητας, ενώ το κτίριο την πηγή ενέργειας – εξάτμιστή.

3) Συστήματα θέρμανσης και ψύξης εντός του κτηρίου

Συστήματα θέρμανσης που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι το ενδοδαπέδιο σύστημα, και το ενδοτοιχίο, ακολουθούμενα από fan coils και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες με αεραγωγούς. Στην περίπτωση ψύξης, τα καλύτερα συστήματα είναι τα συστήματα οροφής, και τα ενδοτοιχία συστήματα. [43, 62]

Πλεονέκτημα των γεωθερμικών συστημάτων είναι ότι καταργούν τη χρήση του πετρελαίου θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θέρμανσης με καυστήρα, λέβητα καμινάδα και δεξαμενή πετρελαίου καταργείται, εφόσον αναφερόμαστε στην εγκατάσταση ενός γεωθερμικού συστήματος. Εν συνεχεία, ένα γεωθερμικό σύστημα είναι ικανό να παράγει και ψύξη του χώρου με τον ίδιο εξοπλισμό με αποτέλεσμα να καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης των κλιματιστικών μονάδων για την απαραίτητη ψύξη κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Επιπλέον, τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν με σταθερό συντελεστή απόδοσης ανεξαρτήτως των καιρικών φαινομένων. Αυτό έχει

σαν αποτέλεσμα την σταθερή απόδοση κατά τη διάρκεια λειτουργίας του και την σταθερή ωριαία κατανάλωση. Η εξοικονόμηση ενός γεωθερμικού συστήματος κυμαίνεται από 55 έως 75% εν συγκρίσει με το πετρέλαιο θέρμανσης.

Μειονέκτημα ενός Γ.Α.Θ. μπορεί να θεωρηθεί το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος. Επίσης κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηρανθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης της κατοικίας. [63]

3.4 Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, ο όρος εμπεριέχει οποιοδήποτε υλικό έχει άμεσα ή έμμεσα φυτική προέλευση, όπως: φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (πχ καλάμι, ευκάλυπτος, κα), τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής, και αλιευτικής παραγωγής (πχ άχυρα, κλαδιά δέντρων, κτηνοτροφικά απόβλητα, κα), τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών (πχ ελαιοπυρηνόξυλα, πριονίδι, κτλ), και τέλος το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. [55]

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, και μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Στον οικιακό τομέα, η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για την καύση της μπορεί να χρησιμοποιηθούν τυπικά τζάκια με απόδοση 20-30%, ενεργειακά τζάκια με απόδοση 80-85%, σόμπες ξύλου ή pellets με απόδοση 90% και λέβητες ξύλου ή pellets για κεντρική θέρμανση με απόδοση 70-90%. [64]

Τα πλεονεκτήματα τα της βιομάζας είναι κυρίως οικολογικά αλλά και οικονομικά - κοινωνικά:

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Τα μειονεκτήματα τα της βιομάζας συνοψίζονται κυρίως σε θέματα που αφορούν την χρησιμότητά:

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

- Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

[65]

3.5 Μικρές ανεμογεννήτριες

Η λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας βασίζεται στην μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται πολύ περιληπτικά ως εξής:

- Η κινητική ενέργεια του αέρα (άνεμος) θέτει σε κίνηση έναν μηχανισμό - πηνίο παρόμοιο με αυτό ενός ηλεκτροκινητήρα.
- Μέρος της αποκτηθείσας κινητικής ενέργειας του μηχανισμού αυτού μετατρέπεται σε ηλεκτρική, μέσω της αρχής λειτουργίας του πηνίου.

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών είναι από τις πλέον ώριμες και διαδεδομένες σε όλη την Ευρώπη. Στην Ελλάδα, είναι εγκατεστημένα περισσότερα από 1736MW ανεμογεννητριών (εγκατεστημένη υσχύς για το 2010). [48]

Όσον αφορά τις οικιακές καταναλώσεις, συνιστώνται μικρές ανεμογεννήτριες από 400W έως 10kW, που είναι το ανώτατο όριο για ιδιώτες. Απαιτείται η περιοχή γύρω από την ανεμογεννήτρια να είναι ελεύθερη από εμπόδια ούτως ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία της και να είναι εκτεθειμένη στον άνεμο. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας που θα εγκατασταθεί εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλυφθούν. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ανεμογεννητριών:

- Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας, και στις οποίες ο άξονας μπορεί περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα με τον άνεμο. Αποτελείται από τα εξής μέρη: 1) το δρομέα με δύο ή τρία πτερύγια συνήθως, 2) το σύστημα μετάδοσης της κίνησης το οποίο αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών, 3) την ηλεκτρογεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική, 4) το σύστημα πέδης, 5) το σύστημα προσανατολισμού και τέλος 6) τον πύργο πάνω στον οποίο εδράζεται όλη η μηχανολογική εγκατάσταση. Αυτός ο τύπος είναι ο πλέον συχνός στην παγκόσμια αγορά.



*Εικ.3.8: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα
Πηγή: [66]*

- Οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός. Αυτό το είδος ανεμογεννήτριας λειτουργεί σαν τουρμπίνα. Τα κεκλιμένα σταθερά πτερύγια κατευθύνουν τον αέρα από οποιαδήποτε κατεύθυνση στα εσωτερικά πτερύγια αντίθετου κλίσης, δημιουργώντας συνθήκες περιστροφής του εσωτερικού κάθετου άξονα, με αποτέλεσμα την λειτουργία της γεννήτριας και τη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα πλεονεκτήματα της σε σχέση με την ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα είναι ότι είναι αποδοτικότερη, παράγει ενέργεια ανεξαρτήτως κατεύθυνσης του ανέμου, καταπονείται λιγότερο από τις ριπές του αέρα, ενώ επίσης μπορεί να λειτουργεί και να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα με πολύ μικρή ένταση ανέμου (2 μποφόρ).



*Εικ.3.9: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα
Πηγή: [67]*

Σε γενικές γραμμές, οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας καθορίζονται από διάφορους παράγοντες. Συγκεκριμένα, η διάμετρος της αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ της, οπότε αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια, ενώ το ύψος της καθορίζεται λαμβάνοντας υπ' όψιν παραμέτρους όπως τα εμπόδια του περιβάλλοντος χώρου, το είδος βάσης, καθώς και από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες παράγουν μικρή τάση (12 ή 24V), οπότε για την τροφοδοσία μιας κατοικίας απαιτείται αντιστροφέας ισχύος (inverter) για την μετατροπή της σε τάση δικτύου και τη λειτουργία των οικιακών συσκευών. Επίσης, για κατοικίες μη συνδεδεμένες με το δίκτυο απαιτούνται συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ενέργειας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει άπνοια. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο θόρυβος που παράγουν οι μικρές αυτές ανεμογεννήτριες οικιακής χρήσης είναι ελάχιστος, μικρότερος μάλιστα από το θόρυβο που δημιουργεί ένα κοινό πλυντήριο.

Τα πλεονεκτήματα μιας μικρής ανεμογεννήτριας είναι τα εξής:

- Δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου.
- Η τεχνολογία που αναπτύσσεται περί την αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο οικονομικές που υπάρχουν σήμερα στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν μόνον ένα μικρό μέρος της γης.

Τα μειονεκτήματα μιας μικρής ανεμογεννήτριας είναι τα εξής:

- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδιασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας
- Σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης.
- Ύπαρξη έστω και χαμηλού επιπέδου θορύβου

[68, 69]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο :
ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ
ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΗΡΙΟ

4.1 ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να επινοήσουμε ένα σενάριο παρεμβάσεων στο υπό μελέτη κτήριο με σκοπό την μείωση των αναγκών για θέρμανση και ψύξη του κτηρίου. Γενικότερα, θα πρέπει να καταστεί κατανοητό ότι η μελέτη που θα γίνει δεν θα πρέπει να έχει σαν αποτέλεσμα μια θεωρητική εκδοχή της κατοικίας. Με τον χαρακτηρισμό «θεωρητική» νοείται η εκδοχή που θα ενσωματώνει στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού τα οποία απαιτούν μεγάλες αλλαγές στην αρχική σχεδίαση. Το γεγονός αυτό είναι που θέτει όρια στην μελέτη που θα διεξαχθεί. Πιο συγκεκριμένα, το δεδομένο ότι το κτήριο βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής και όχι της μελέτης μας, καθορίζει τα πλαίσια της έρευνάς και επιλογών που θα γίνουν σε αυτή την εργασία. Ο Β.Σ. είναι μια φιλοσοφία σχεδιασμού που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από την αρχή μιας μελέτης και να πραγματοποιείται μέσω αρχιτεκτονικών λύσεων. Επομένως ο σκοπός της εργασίας αυτής όπως προδίδεται κι από τον τίτλο, είναι η εφαρμογή παρεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα, η κατά μια άλλη έννοια, βιοκλιματικός σχεδιασμός με την μορφή παρεμβάσεων σε υπό κατασκευή κατοικία.

Ειδικότερα, οι άξονες γύρω από τους οποίους θα περιστραφούμε, όπως αυτοί διαμορφώνονται από την γενικότερη λογική του σεναρίου δράσης, θα είναι οι εξής:

1. Εκμετάλλευση των κερδών από ηλιακή ακτινοβολία. Θα γίνει προσπάθεια εκμετάλλευσης της συμβολής των κερδών αυτών, ειδικότερα για τις ανάγκες θέρμανσης, στα πλαίσια του σχεδιασμού που είδη έχει προβλεφθεί όσον αφορά τον προσανατολισμό, την χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο, την διαμόρφωση των εσωτερικών - εξωτερικών χώρων καθώς και του κελύφους – ανοιγμάτων μέσω εφαρμογής:
 - a. Κατάλληλης θερμομόνωσης που να ελαχιστοποιεί τις απώλειες των ηλιακών κερδών.
 - b. Κατάλληλων κουφωμάτων με χαρακτηριστικά που να συμβάλουν στις συνθήκες θερμική και οπτική άνεσης.
 - c. Κατάλληλων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων που να παρέχουν την δυνατότητα αποτροπής ή διευκόλυνσης εισροής της ακτινοβολίας εντός του κελύφους όταν αυτό κρίνεται επιθυμητό.
2. Εκμετάλλευση των κλιματολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων της περιοχής. Θα γίνει διερεύνηση των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής προς αναζήτηση στοιχείων που θα συμβάλλουν στην αξιολόγηση:
 - a. Του επιπέδου φυσικού δροσισμού που μπορεί να επιτευχθεί, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, μέσω έρευνας έντασης ανέμων.
 - b. Των αναγκών για μόνωση του κτηρίου προς αποφυγή ανεπιθύμητης υγρασίας εντός του οικήματος.
 - c. Ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως προς την απόδοση επιπρόσθετων ενεργειακού και οικονομικού οφέλους.
3. Δημιουργία μικροκλίματος. Θα γίνει διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρει το οικόπεδο και η κατοικία (υπό την μορφή που έχει είδη σχεδιαστεί) για οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη εφαρμογή τεχνικών δημιουργίας μικροκλίματος:

Απαραίτητο στοιχείο του σεναρίου, είναι ο καθορισμός των κριτηρίων σύμφωνα με τα οποία θα γίνει η επιλογή των τεχνικών και των συστημάτων που θα λάβουν χώρα στην κατοικία.

- Επιλογή ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων. Θα πρέπει η εγκατάσταση των συστημάτων αυτών να μπορεί να πραγματοποιηθεί από κοινά συνεργεία εργατών

έτσι ώστε να αποφεύγονται όσο είναι δυνατόν αυξημένα έξοδα τοποθέτησης λόγω απαιτήσεων εξειδικευμένων συνεργείων.

- Εφαρμογή συστημάτων που η χρήση τους ενδείκνυται για τα κλιματικά δεδομένα του κτηρίου. Θα πρέπει οι επιλογές να επιτυγχάνουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση τους όλο τον χρόνο αλλά κυρίως να αποφεύγονται παρενέργειες που δύναται να εμφανιστούν λόγω έλλειψης εναρμονισμού τους με τα κλιματικά δεδομένα.
- Εφαρμογή συστημάτων που να μην καταργούν την υπάρχουσα μελέτη. Θα πρέπει να τηρείται ο χαρακτηρισμός «παρεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα» και να αποφεύγεται ότι συνιστά δραστική αλλαγή επί του αρχικού σχεδιασμού.
- Χρήση τεχνο-οικονομικά αποδοτικών υλικών. Τα υλικά κατασκευής να είναι ευρέως διαδεδομένα ώστε να πραγματοποιείται με ευκολία ο χειρισμός – επεξεργασία τους και να μπορούν να βρεθούν στην αγορά σε λογικές τιμές.
- Απλότητα χρήσης των εφαρμογών, αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και μικρή συμβολή του χρήστη του κτηρίου επί της λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Η απόδοση των βιοκλιματικών συστημάτων θα πρέπει όσο είναι δυνατόν να μην εξαρτάται από εξωγενείς και μη τεχνικούς παράγοντες όπως συμβολή του χρήστη του κτηρίου επί της λειτουργίας των συστημάτων αυτών.

Για να ολοκληρωθεί το σενάριο δράσης θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η οποιαδήποτε παρέμβαση εφαρμοστεί είναι αναγκαίο να είναι σύμφωνη με τους κανόνες του Κ.Εν.Α.Κ.

Πριν προχωρήσουμε στην επιλογή των τελικών εφαρμογών και αφού καταρτήθηκε το σενάριο δράσης, είναι σημαντικό να αναπτύξουμε περισσότερο κάποια δεδομένα - παραμέτρους που επηρεάζουν έμμεσα και άμεσα το παρόν κτήριο.

4.2 Το κλίμα της Ελλάδας

Ας εξετάσουμε καταρχάς κάποιες από τις παραμέτρους που καθορίζουν το ελληνικό κλίμα:

- Το γεωγραφικό πλάτος
Κυμαίνεται από 35° μέχρι 42° βόρειο γεωγραφικό πλάτος, και κατατάσσεται στην εύκρατη ζώνη της Γης. Πληροφοριακά, η Αθήνα έχει γεωγραφικό πλάτος 37° 58', ενώ η Θεσσαλονίκη 40° 40'.
- Η μορφολογία του εδάφους
Το ανάγλυφο της Ελλάδας είναι περικλεισμένο από θάλασσα και διαμελισμένο από ορεινούς όγκους. Χαρακτηρίζεται από την επικράτηση μεγάλων εξάρσεων εδάφους με έντονες εναλλαγές σχημάτων.
- Η γειτνίαση με τη θάλασσα
Επηρεάζει το κλίμα περισσότερο και από τη μορφολογία του εδάφους. Το κλίμα της χώρας θα ήταν καθαρά ηπειρωτικό εάν δεν υπήρχε η γειτνίαση με τη θάλασσα. Η γειτνίαση αυτή επιδρά θετικά στις θερμοκρασίες των διάφορων περιοχών, τόσο περισσότερο όσο στενότερη είναι. Η θάλασσα επιδρά στην θερμοκρασία του αέρα της περιοχής κάνοντας την ηπιότερη στη διάρκεια του χειμώνα, και χαμηλότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Συμπεραίνοντας, είναι φανερό ότι η επίδραση των παραπάνω παραγόντων συντελεί στη βαθμιαία αλλαγή του Ελληνικού κλίματος από Βορρά προς Νότο από ηπειρωτικό σε εύκρατο, και μάλιστα στο νοτιοανατολικό Αιγαίο μετατρέπεται σε θαλάσσιο.

Τα βασικότερα κλιματικά δεδομένα είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, οι άνεμοι, και η υγρασία. Η πρώτη είναι πολύ υψηλή, γεγονός που υπογραμμίζεται αν κάνουμε μια σύγκριση ανάμεσα στις ηλιοφάνειες των ευρωπαϊκών χωρών. Ακολουθεί σχετικός πίνακας.

| Πόλη | Ι | Φ | Μ | Α | Μ | Ι | Ι | Α | Σ | Ο | Ν | Δ | Ετήσια |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Αθήνα | 45 | 49 | 50 | 54 | 52 | 63 | 79 | 78 | 72 | 60 | 44 | 37 | 58 |
| Βιέννη | 23 | 25 | 34 | 42 | 47 | 50 | 55 | 55 | 41 | 36 | 24 | 17 | 40 |
| Βερολίνο | 16 | 22 | 28 | 40 | 47 | 49 | 46 | 47 | 38 | 29 | 19 | 14 | 36 |
| Στοκχόλμη | 19 | 25 | 35 | 44 | 51 | 51 | 51 | 45 | 42 | 28 | 16 | 11 | 39 |

*Εικ.4.1: Μηνιαία ηλιοφάνεια ευρωπαϊκών πόλεων ως ποσοστό της θεωρητικά δυνατής ηλιοφάνειας στη διάρκεια της χρονιάς.
Πηγή: [16]*

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασιών που παρατηρούνται αποτελούν μια απόδειξη για την ποικιλία κλιμάτων που επικρατούν στον Ελληνικό χώρο.

Όσον αφορά τους ανέμους, το καλοκαίρι είναι βόρειοι και έχουν διεύθυνση Ν και ΝΑ στις ακτές του Αιγαίου και ΝΔ στις δυτικές ακτές. Το χειμώνα, είναι πάλι βόρειοι, άλλοτε εξαιτίας του Σιβηρικού αντικυκλώνα που δημιουργείται την εποχή αυτή, και άλλοτε εξαιτίας του σταθερού ατλαντικού αντικυκλώνα.

Από πλευράς βροχών, η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα σε δυο περιοχές με εντελώς διαφορετικές συνθήκες. Από τη μία μεριά, στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη επικρατούν πλούσιες και ομοιόμορφα κατανεμημένες βροχοπτώσεις λόγω των δυτικών ωκεάνιων ανέμων. Από την άλλη μεριά, βρίσκεται η έρημος της Σαχάρας, όπου φυσά σχεδόν όλο το χρόνο ο ξηρός άνεμος Passat, με αποτέλεσμα την πλήρη σχεδόν ξηρασία. Έτσι, στην Ελλάδα διακρίνονται δύο περίοδοι. Η πρώτη η καλοκαιρινή χαρακτηρίζεται από την ανυπαρξία βροχών και την αυξημένη ξηρασία. Η δεύτερη η χειμερινή απ' την άλλη είναι πλούσια σε βροχές. Γενικά, στον τόπο μας, παρατηρείται αύξηση των βροχοπτώσεων τόσο από τα ανατολικά προς τα δυτικά διαμερίσματα της χώρας, όσο και με την αύξηση του υψομέτρου. Τέλος, η υγρασία στην Ελλάδα θεωρείται εν γένει μικρή.

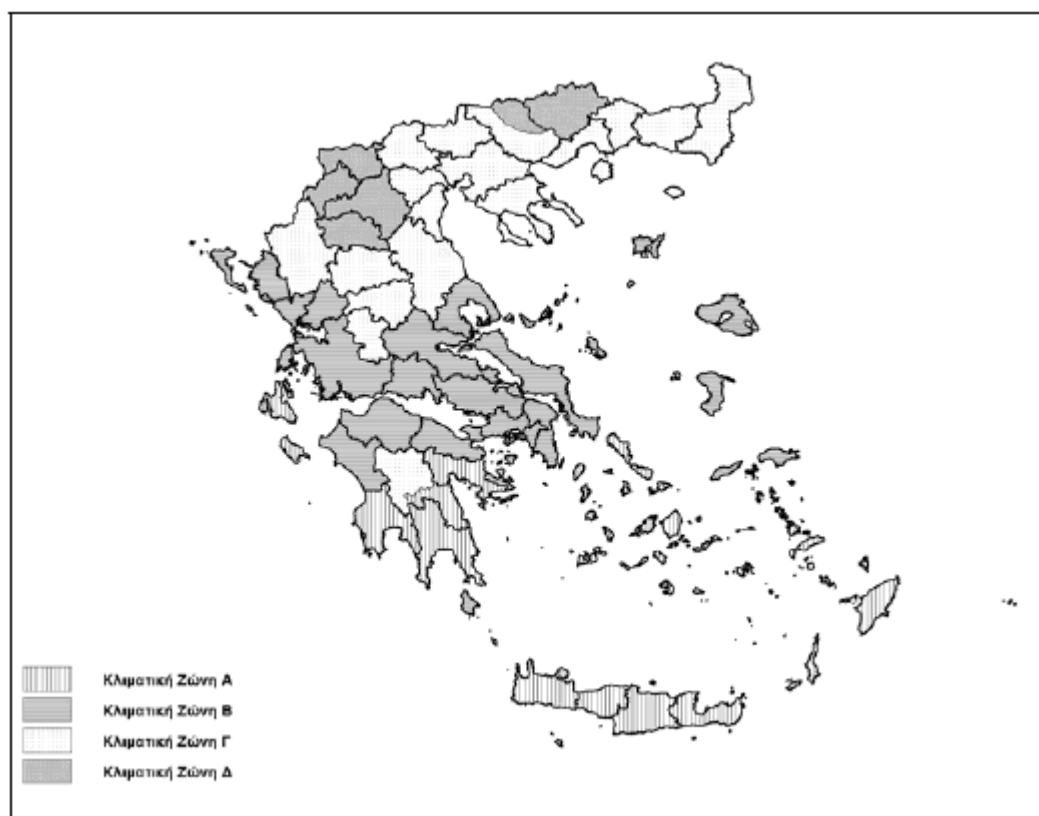
Τέλος, αξίζει να κάνουμε μια μικρή περιγραφή των εποχών του έτους, έτσι όπως εκδηλώνονται στον Ελλαδικό χώρο. Το καλοκαίρι, επικρατεί πολύ έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ενώ σημαντική ξηρασία σημειώνεται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Οι μέρες είναι κατά κανόνα ανέφελες, και χωρίς βροχή, με εξαίρεση κάποιες καταιγίδες. Η ζέστη είναι συχνά ανυπόφορη, και μόνο οι θαλάσσιες αύρες και τα μελτέμια την μετριάζουν. Το φθινόπωρο είναι θερμό και διαρκεί. Το κρύο είναι ήπιο και οι βροχές έντονες χωρίς μεγάλη διάρκεια. Ο χειμώνας αρχίζει με έντονες βροχοπτώσεις (τέλος Δεκεμβρίου). Την εποχή αυτή επικρατούν διαδοχικά νότιοι πλούσιοι σε βροχές άνεμοι, και βορειοανατολικοί ψυχροί που συχνά φέρνουν χιόνια. [16, 70]

4.2.1 Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από την θερμότερη στη ψυχρότερη), και ακολουθεί η σχηματική τους απεικόνιση. [55, 71]

| ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ | ΝΟΜΟΙ |
|----------------|---|
| ΖΩΝΗ Α | Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη |
| ΖΩΝΗ Β | Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα |
| ΖΩΝΗ Γ | Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος |
| ΖΩΝΗ Δ | Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα |

Εικ.4.2: Οι κλιματικές ζώνες της Ελληνικής Επικράτειας
Πηγή: [4]



Εικ.4.3: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της Ελληνικής Επικράτειας
Πηγή: [4]

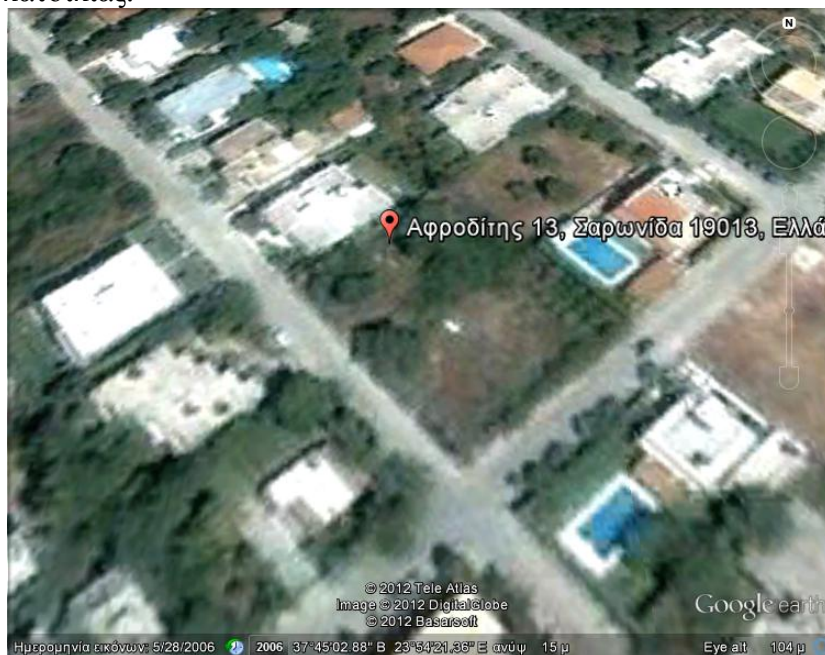
4.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΗΡΙΟ

Στο κομμάτι που επακολουθεί γίνεται μια συνοπτική περιγραφή της κατοικίας, περιγράφονται περιληπτικά οι χρήσεις που το υπό κατασκευή κτήριο σχεδιάστηκε να εξυπηρετήσει και παραθέτονται τα απαραίτητα αρχιτεκτονικά σχέδια για την καλύτερη κατανόηση της μορφής του έργου.

Δεν κρίθηκε σκόπιμο να επεκταθούμε σε ανάλυση πολεοδομικού χαρακτήρα καθότι το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην άντληση αυτών των στοιχείων που θα συμβάλουν στην τελική επιλογή των βιοκλιματικών παρεμβάσεων, παρά στην αυτή κάθε αυτή εφαρμογή των κανονισμών του Γ.Ο.Κ.

4.3.1 Πλαίσιο και τοποθεσία

Το οικόπεδο βρίσκεται στη Σαρωνίδα Αττικής, στην οδό Αφροδίτης νούμερο 13 και έχει εμβαδόν 750m². Ο συντελεστής δόμησης της περιοχής είναι 0,50, και η κάλυψη 25%. Προβλέπεται να κατασκευαστεί μία μικρή κατοικία συνολικού εμβαδού 95,45 m². Γενικά, το οικόπεδο δε θέτει ιδιαίτερους περιορισμούς, αφού αφήνει σχετικά ελεύθερη την επιλογή τοποθέτησης του οικήματος μέσα σε αυτό και δεν έχει έντονες κλίσεις. Μοναδική μέριμνα ως προς τη χωροθέτηση του κτήσματος μέσα στο οικόπεδο αποτέλεσε η προστασία της υπάρχουσας βλάστησης και ιδιαιτέρως των δέντρων, τα οποία προβλέπεται να διαδραματίσουν το δικό τους ρόλο στη θερμική συμπεριφορά της κατοικίας.



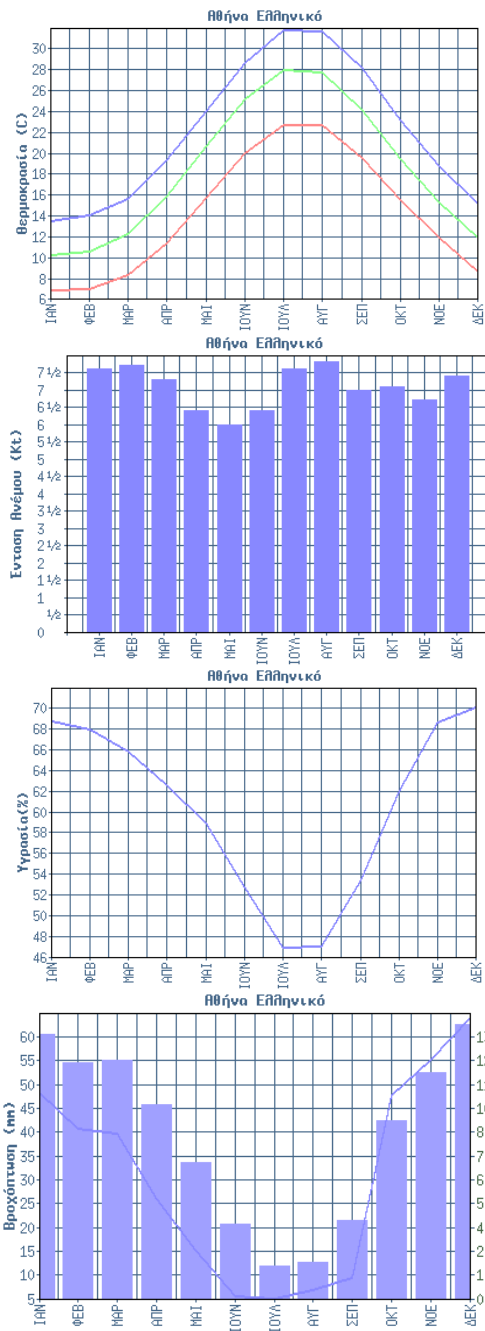
Εικ 4.4: Εικόνα από google Earth

4.3.2 Κλιματικά Δεδομένα για το υπό μελέτη κτήριο

Το υπό μελέτη κτήριο βρίσκεται στην περιοχή τις Σαρωνίδας Αττικής στην οδό Αφροδίτης νούμερο 13. Τα γεωγραφικά του δεδομένα είναι γεωγραφικό πλάτος 37° 45' , γεωγραφικό μήκος 23° 54' , υψόμετρο βαρομέτρου 16,00 μ. και κάθετη απόσταση από την θάλασσα περί των 214,00 μ.

Σύμφωνα με την Τεχνική οδηγία «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010» πίνακες 1.1 - 1.2 και «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010» πίνακας 1.4, εντάσσεται στην περιοχή του Ελληνικού Αττικής η οποία ανήκει στην ευρύτερη Κλιματική Ζώνη Β' της Ελλάδας.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η τοποθεσία της κατοικίας χαρακτηρίζεται από εύκρατο κλίμα. Ιδιαίτερα η γεινίαση με την θάλασσα σε τόσο μικρή απόσταση μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στις παρεμβάσεις που θα επακολουθήσουν τόσο σε επίπεδο θερμοκρασίας, υγρασίας και ανέμων, καθώς αναδύεται εντονότερα η προοπτική εκμετάλλευσης κυρίως των δροσερών βορείων ανέμων του καλοκαιριού από την άποψη του φυσικού δροσισμού του κτηρίου.



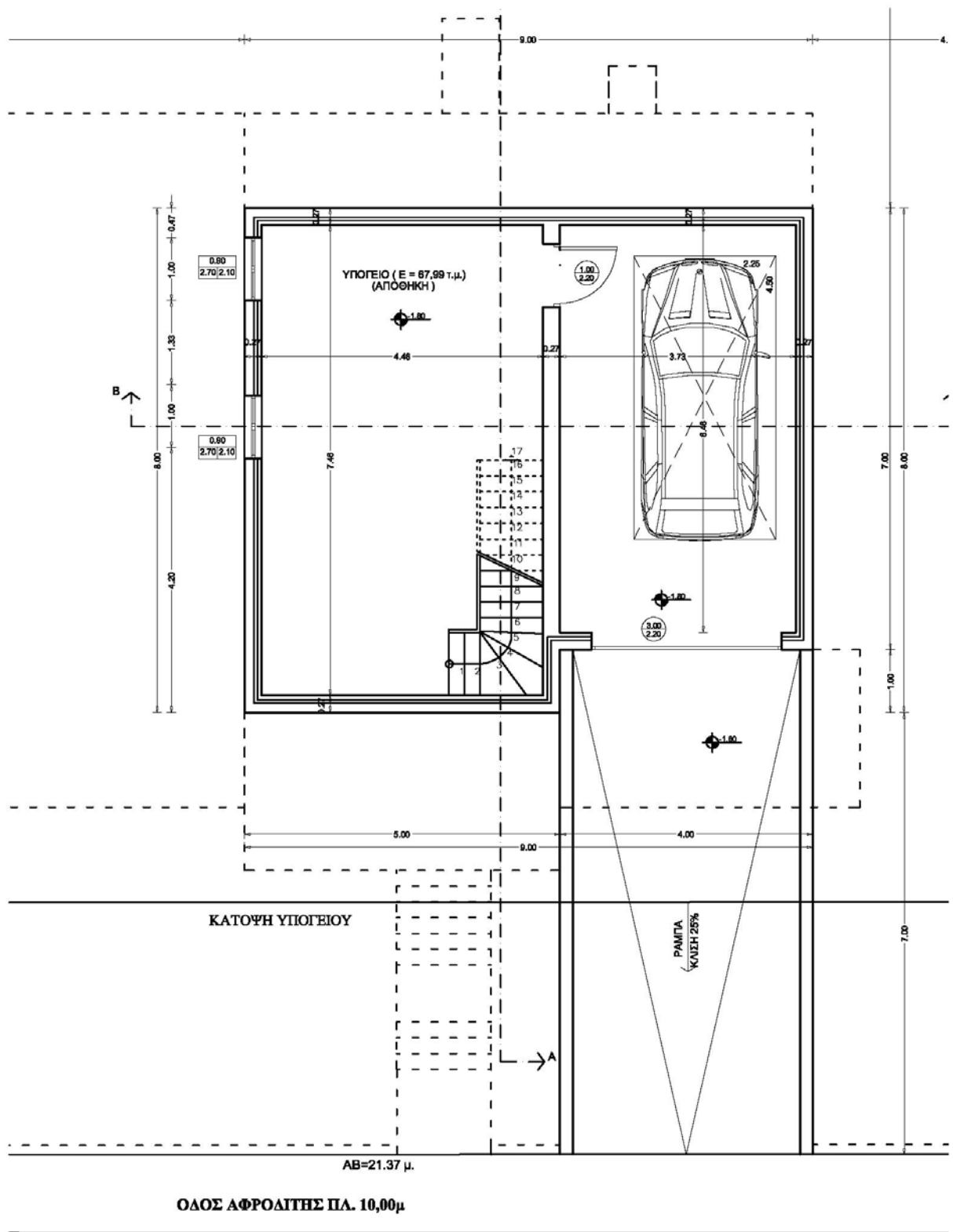
Εικ 4.5: Κλιματολογικά δεδομένα περιοχής ελληνικού αττικής
πηγή: <http://www.hnms.gr/>

Παράλληλα, όσον αφορά την θωράκιση του κελύφους, πρέπει να επιταθεί η προσοχή μας στην ενδεχόμενη ύπαρξη αυξημένων, σε σχέση με τον μέσο όρο που χαρακτηρίζει την περιοχή του

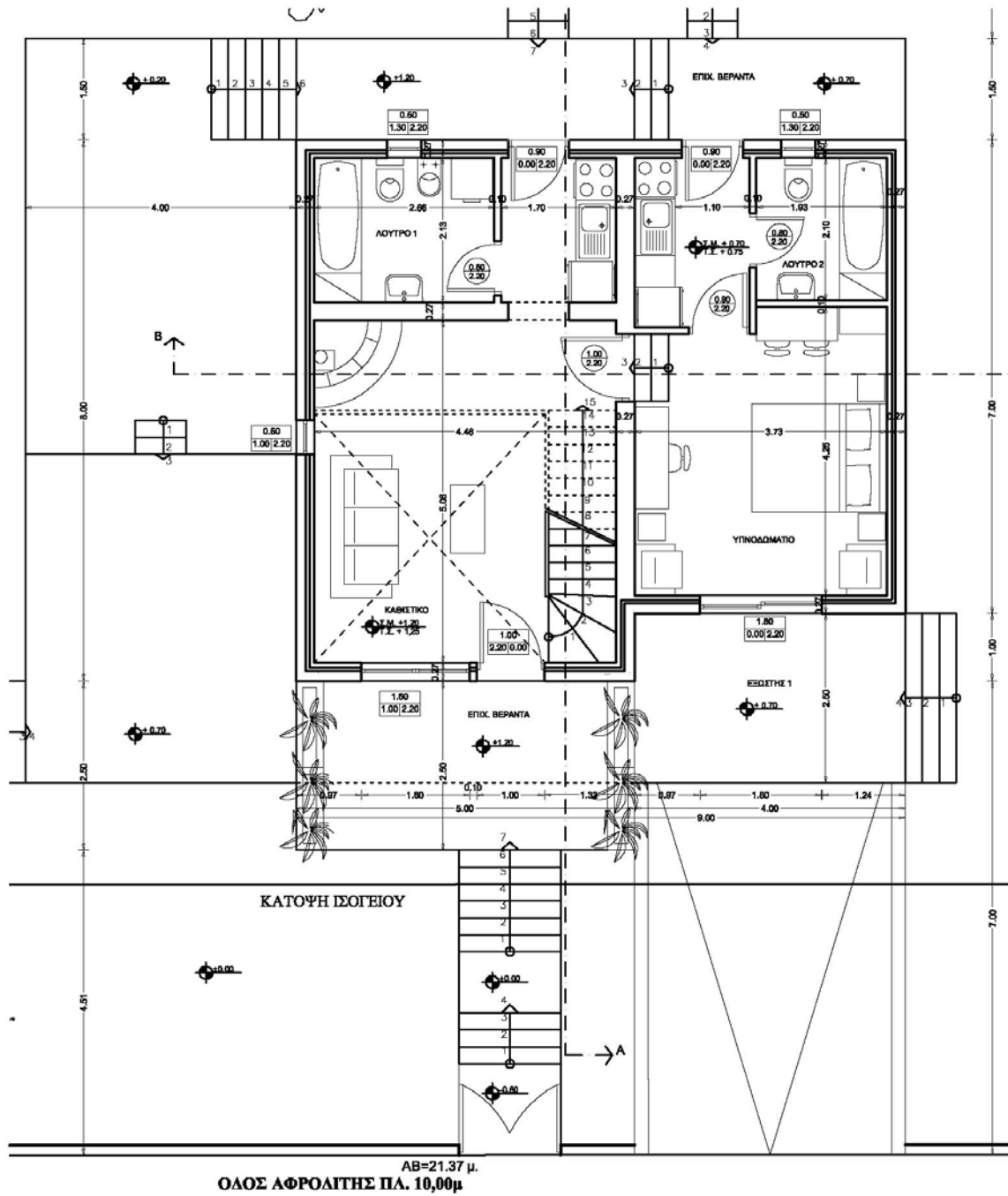
Ελληνικού, υγρασιών ιδίως στο θέμα της μόνωσης. Επιπροσθέτως, βάση του πίνακα της εικόνας 5,6 του παρόντος κεφαλαίου αλλά κυριότερα των πινάκων 4,2 και 4,3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη τα οφέλη που μπορούμε να αποκομίσουμε από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο σε επίπεδο Π.Η.Σ. όσο και σε επίπεδο Α.Π.Ε.

4.3.3 Λειτουργία και μορφή του έργου

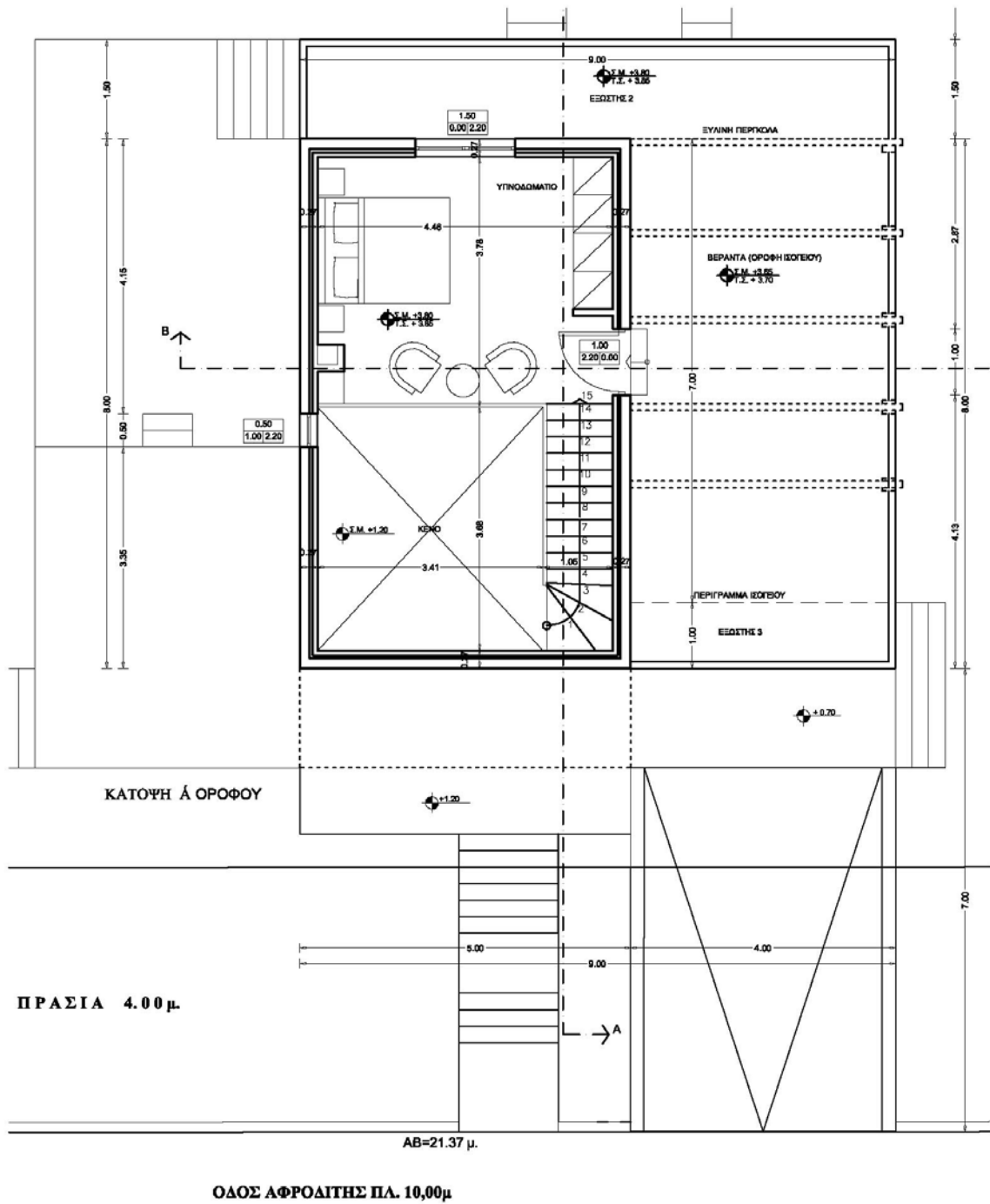
Η κατοικία σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες μιας τετραμελούς οικογένειας και διαμορφώνεται σε τρία επίπεδα. Το υπόγειο βρίσκεται σε στάθμη -1,80 από το διαμορφωμένο έδαφος και αποτελείται από δύο χώρους, την αποθήκη η οποία είναι τοποθετημένη στην βορειοδυτική πλευρά της κάτοψης και το parking το οποίο είναι τοποθετημένο στην νοτιοανατολική. Το ισόγειο βρίσκεται σε στάθμη +1,20 από τον διαμορφωμένο έδαφος ώστε να επιτευχθεί η ένωση του εσωτερικού χώρου με το φυσικό περιβάλλον. Στο χώρο αυτό έχουν οργανωθεί οι καθημερινοί χώροι, δηλαδή ένα σαλόνι, ένα μπάνιο, και μία κουζίνα καθώς και ένα υπνοδωμάτιο - ξενώνας. Το σαλόνι, έχει τοποθετηθεί στο μπροστινό μέρος του σπιτιού, που έχει νοτιοδυτικό προσανατολισμό, ενώ οι υπόλοιποι χώροι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται λιγότερο χρόνο, στο πίσω μέρος, το οποίο κοιτάει βορειοανατολικά. Ο ξενώνας – υπνοδωμάτιο 1 τοποθετείται εφαπτομενικά του σαλονιού, στο ισόγειο της κατοικίας, στη νοτιοανατολική της πλευρά και σε στάθμη + 0,70 από το διαμορφωμένο έδαφος. Θα περιλαμβάνει ένα υπνοδωμάτιο, ένα μπάνιο, και ένα μικρό χωλ, χώροι οι οποίοι βρίσκονται στο πίσω μέρος που «κοιτάει» βορειοανατολικά, λόγω της δευτερεύουσας χρήσης τους. Ο Α όροφος περιλαμβάνει ένα υπνοδωμάτιο και ένα μπαλκόνι, με τους δυο αυτούς χώρους να έχουν όψεις προς όλες τις κατευθύνσεις πλην της νοτιοδυτικής. Η σκάλα έχει τοποθετηθεί για λειτουργικούς λόγους στο μέσο περίπου της κάτοψης. Παρακάτω παραθέτονται οι κατόψεις των τριών αυτών επιπέδων.



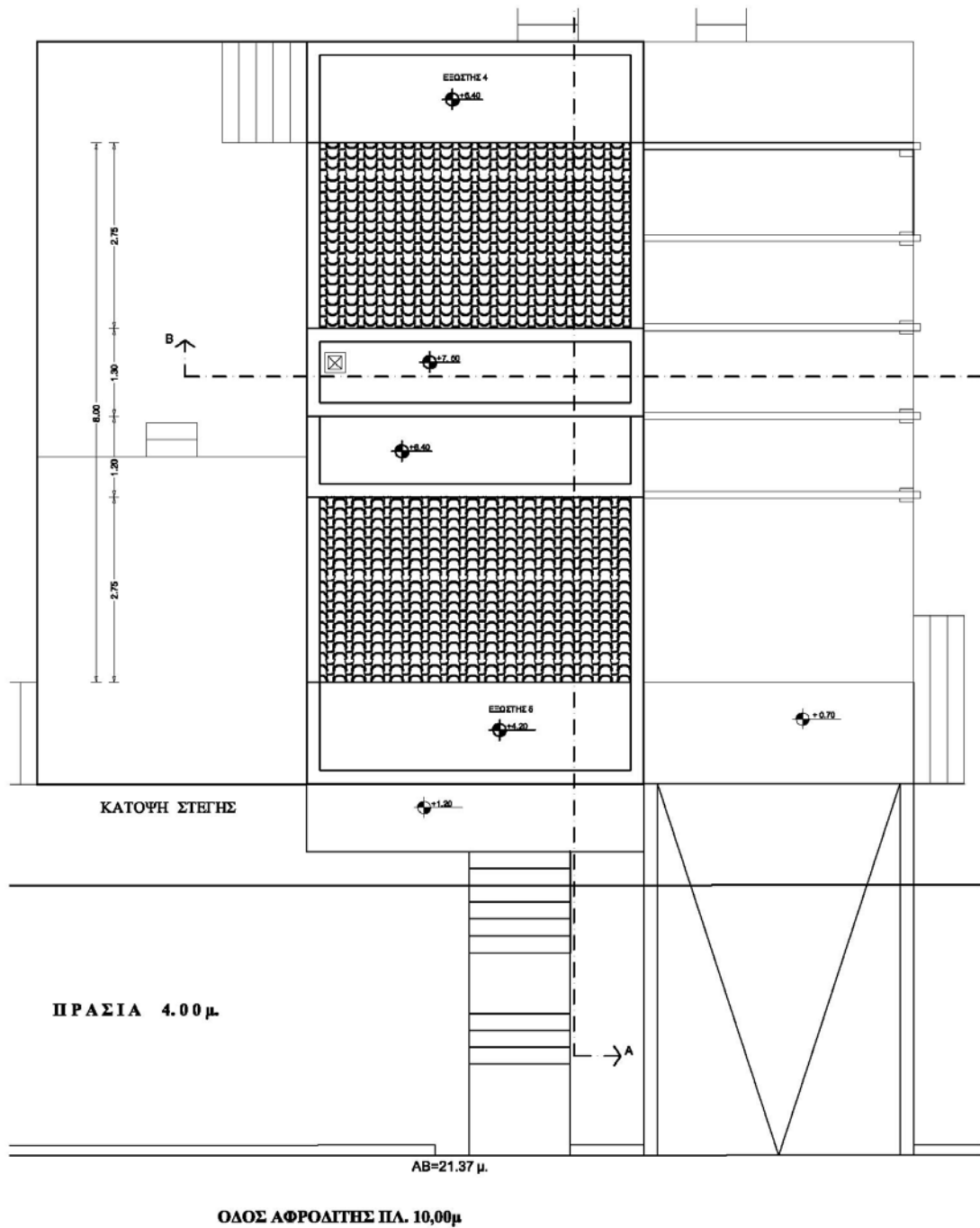
Εικ 4.7: Κάτοψη υπογείου



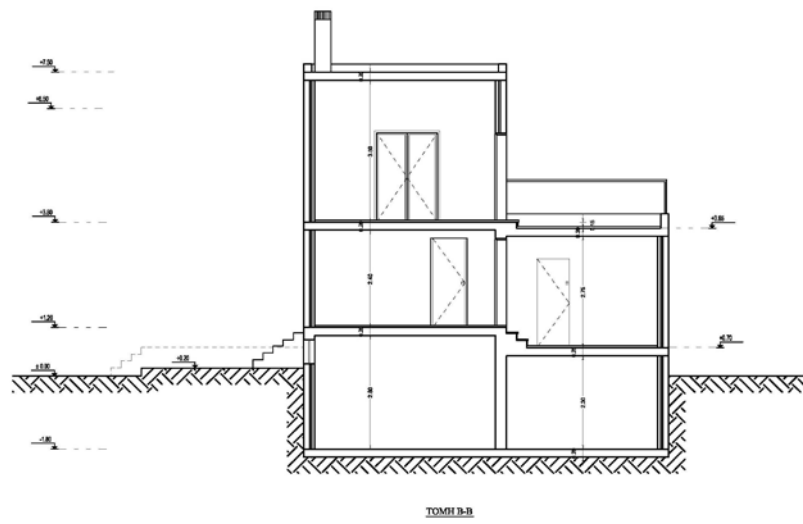
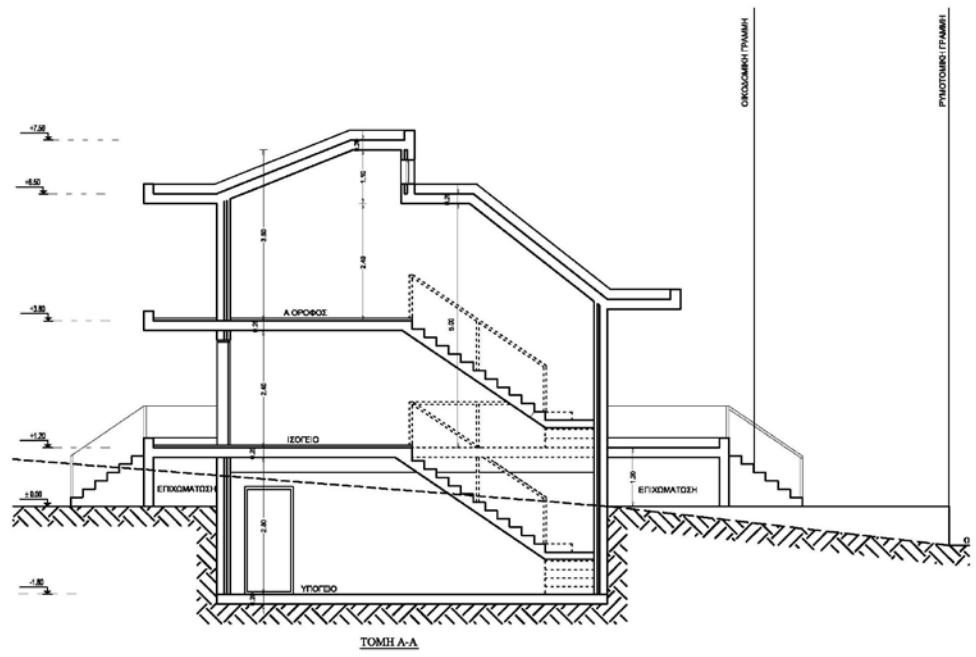
Εικ 4.8: Κάτοψη ισογείου

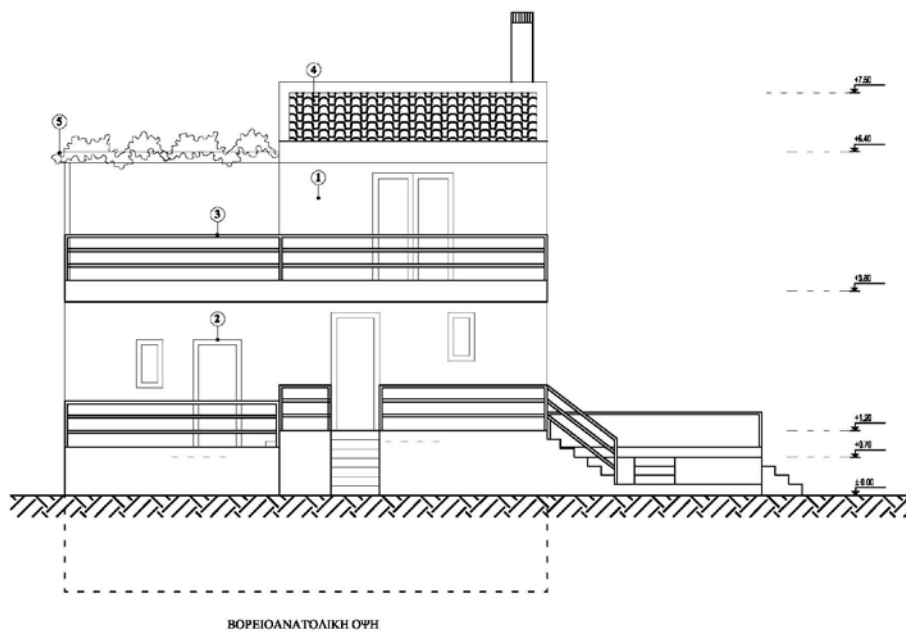
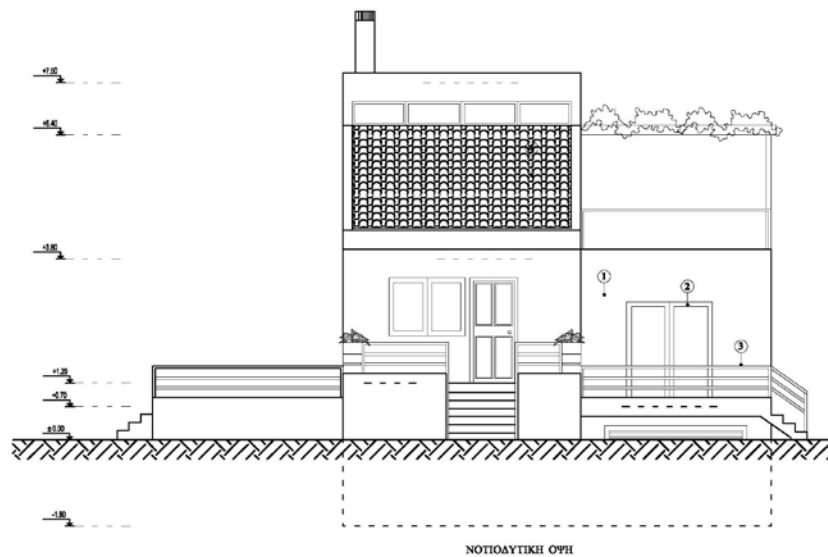


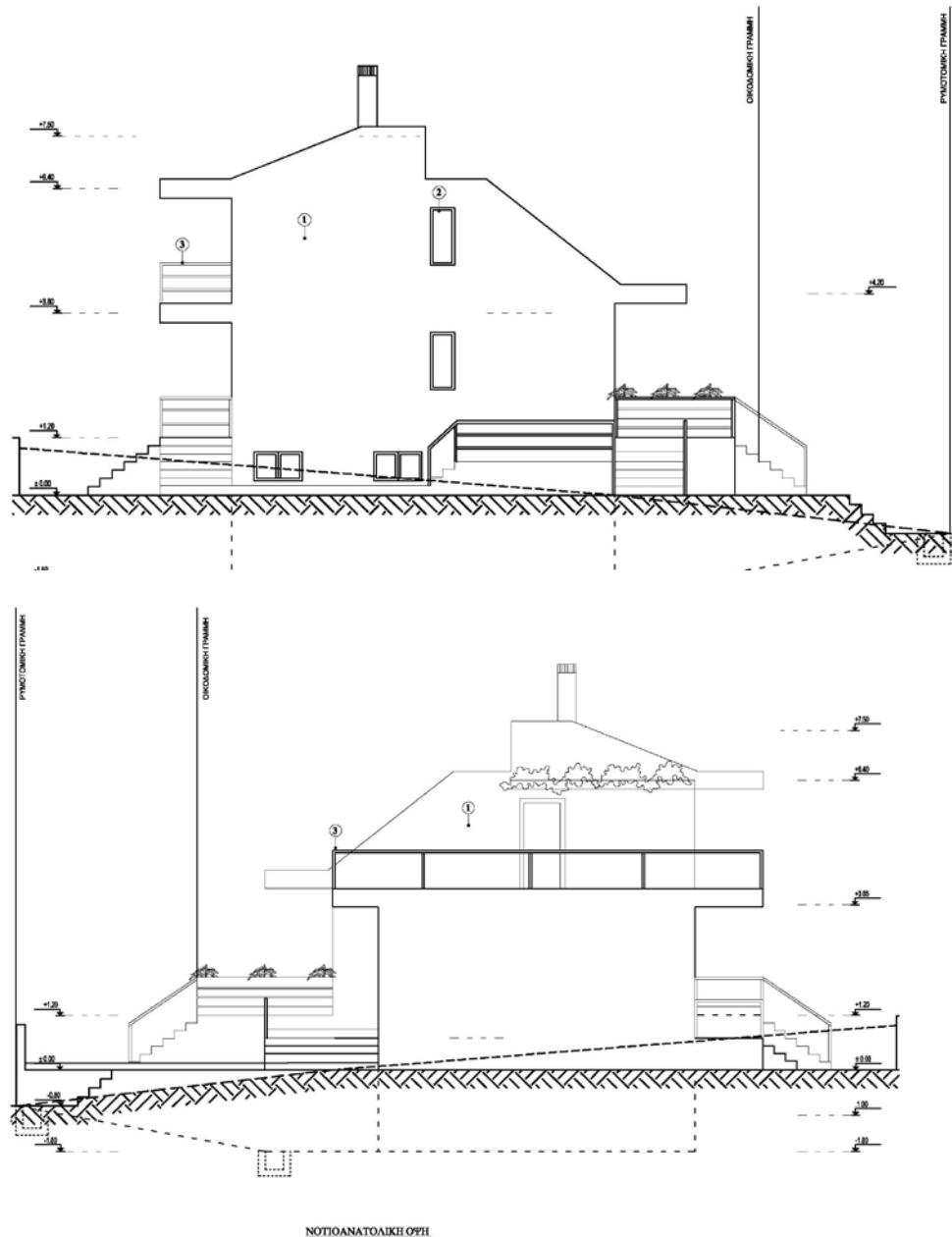
Εικ 4.9: Κάτοψη Α ορόφου



Εικ 4.10: Κάτοψη στέγης







Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η βασική κατηγορία στην οποία εντάσσεται το κτήριο περιγράφεται από τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 πίνακας 1.5, ως κτήριο κατοικίας (για την ακρίβεια μονοκατοικία) και ως τέτοιο θα αντιμετωπίζεται «επίσημα» από εδώ και πέρα

4.3.3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Αφού έχουμε συλλέξει τα απαραίτητα στοιχεία που οριοθετούν τους οικιστικούς σκοπούς που πρέπει να εξυπηρετεί το κτήριο της μελέτης, μπορούμε να προχωρήσουμε στον καθορισμό των συνθηκών λειτουργίας του, όπως αυτοί περιγράφονται στον Κ.Εν.Α.Κ. Τα δεδομένα που θα αναζητηθούν δεν είναι χρήσιμα μόνο για την κατάλληλη επιλογή παρεμβάσεων αλλά και για την εισαγωγή τους στο λογισμικό Ecotect που θα αποτελέσει βασικό εργαλείο μελέτης των θεμάτων που πραγματεύεται το επόμενο κεφάλαιο.

1. Καθορισμός Θερμικών Ζωνών Κτηρίου. Ο καθορισμός του αριθμού των θερμικών ζωνών του κτηρίου όπως ορίζεται στην παράγραφο 2.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, είναι ένα θέμα το οποίο εναπόκειται στην κρίση του μελετητή. Δεδομένου του μικρού μεγέθους του κτίσματος αλλά και της ομαδοποίησης, που προτείνεται από τις οδηγίες, των διαφορετικών χώρων του κτηρίου, επιλέχθηκε η ένταξη του συνόλου του σε **μία θερμική ζώνη**. Η επιλογή αυτή είναι σύμφωνη και με τις υπόλοιπες απαιτήσεις της παραγράφου:
2. Ωράριο και Περίοδος λειτουργίας του Κτηρίου. Όπως περιγράφεται από τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 παράγραφος 2.3 πίνακας 2.1 για τον τύπο κτηρίου «κατοικία», οι ώρες λειτουργίας 18 ανά μέρα, 7 μέρες την εβδομάδα, 12 μήνες τον χρόνο.
3. Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων. Καθορίζονται από τα επιθυμητά επίπεδα εσωτερικής θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, απαιτούμενου νωπού αέρα και στάθμης φωτισμού. Τα αποτελέσματα είναι για τύπο κτηρίου «μονοκατοικία». (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 παράγραφος 2.4 πίνακας 2.2 , 2.3 και 2.4 αντίστοιχα)
 - Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων (°C):
 - Χειμερινή περίοδος: 20
 - Θερινή περίοδος: 26
 - Σχετική υγρασία (%):
 - Χειμερινή περίοδος: 40
 - Θερινή περίοδος: 45
 - Απαιτούμενος νωπός αέρας:
 - 5 άτομα / 100 m² επιφάνειας δαπέδου
 - 15 m³ / h / άτομο
 - 0,75 m³ / h / m²
 - Στάθμη φωτισμού:
 - Στάθμη φωτισμού (lx): 200
 - Ισχύς για κτήριο αναφοράς (W/m²): 3,6
 - Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m): 0,8

4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

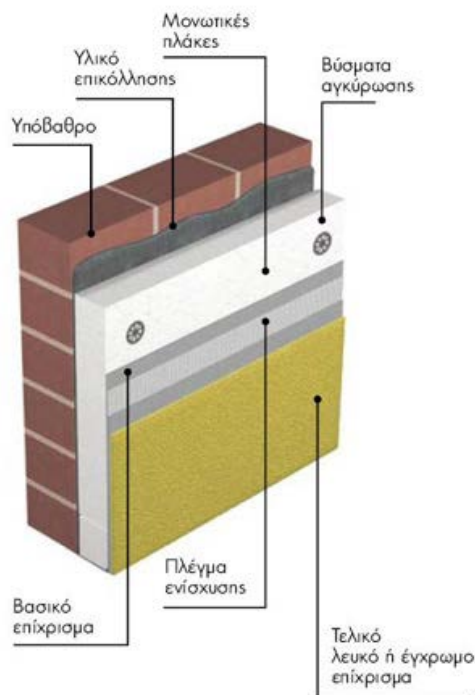
Σε αυτό το σημείο θα εξεταστούν τα συστήματα – τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν στο υπό κατασκευή κτήριο σύμφωνα με το σενάριο δράσης όπως αυτό εκφράζεται από του κεντρικούς άξονες και τα κριτήρια επιλογής

1) Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας - Εφαρμογή Π.Η.Σ.

a) **Άμεσου ηλιακού κέρδους.** Όπως προκύπτει από την μέχρι τώρα έρευνα οποιοδήποτε κτηριακό κέλυφος με τα ανοίγματά του μπορεί να αποτελέσει ένα σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους. Για να συμβεί αυτό πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο (...). Στην περίπτωση του κτηρίου οι επεμβάσεις που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε ώστε το κέλυφός του να αποκτήσει τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος άμεσου ηλιακού συλλέκτη είναι:

i) **Εκμετάλλευση θερμικής μάζας κτηρίου και διερεύνηση αύξησης της.** Σε πρώτη φάση θα ελεγχθεί η προσφορά της θερμοχωρητικότητας της μάζας του κτηρίου και σε δεύτερη θα διερευνηθεί η επιλεκτική αύξηση της σε συγκεκριμένα σημεία όπως οι εσωτερικοί τοίχοι.

- ii) **Θερμομόνωση που να περιορίζει τις απώλειες.** Ο τύπος της μόνωσης που θα εφαρμοστεί είναι η εξωτερική θερμομόνωση. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, υπερτερεί της αντίστοιχης εσωτερικής γιατί εκμεταλλεύεται καλύτερα την θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων ενώ σε σχέση με την μόνωση πυρήνα γιατί δίνει λύση στο πρόβλημα των θερμογεφυρών. Σε σχέση με άλλους τύπους μονώσεων (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα) υπερτερεί στο ότι αποτελεί μία ευρύτερα διαδεδομένη λύση και αυτό της προσθέτει βαθμούς σε θέματα αξιοπιστίας, ευκολίας εφαρμογής και ύψους απαιτούμενου κεφαλαίου. Παράλληλα, ιδίως με την κατάλληλη επιλογή υλικών, προσφέρει προστασία από υγρασία που αναμένεται αυξημένη λόγω της μικρής απόστασης από την θάλασσα. Επιλέγεται η εφαρμογή θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 5cm στα κάθετα στοιχεία της εξωτερικής επιφάνειας της κατοικία ενώ στα οριζόντια και κεκλιμένα εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 7cm. Η επιλογή ιδιαίτερα στεγανών επιχρισμάτων, τα οποία μάλιστα παρουσιάζουν υψηλή θιξοτροπικότητα, με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των μπαζών, πέρα από τα υπολείμματα θερμομονωτικού υλικού, είναι σημαντικός παράγοντας για την προστασία των τοίχων από υγρασία. Το βασικό κριτήριο επιλογής του μονωτικού υλικού είναι ότι διατίθεται ευρέως στην ελληνική αγορά και παρουσιάζει τα καλύτερα δυνατά θερμομονωτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την τιμή του.



Εικ. 4.17: Διαστρωμάτωση εξωτερικής θερμομόνωσης
 Πηγή: www.monodomiki.gr

- iii) **Επιλογή κουφωμάτων που να συντελούν στην θερμική θωράκιση του κτηρίου και να συμβάλουν σε συνθήκες οπτικής άνεσης.** Επιλέγεται η χρήση διπλών υαλοπινάκων low-e με διάκενο αποτελούμενο από αργό, συντελεστή θερμοπερατότητας $U= 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, και εφαρμογή κουφωμάτων με θερμοδιακόπτη γιατί σε σχέση με τους συμβατικούς μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες υπερτερούν σε θέματα οπτικής και θερμικής άνεσης.

| ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ | | | |
|---|---|----------------|---|
| Τύπος υαλοπίνακα | Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm) | Αέριο διακένου | Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m ² K) |
| Μονός | 6 | - | 5,7 |
| Μονός | 8 | - | 5 |
| Διπλός | 4-6-4 | Αέρας | 3,4 |
| Διπλός | 4-12-4 | Αέρας | 2,9 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-10-4 | Αέρας | 2,0 - 2,4 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-12-4 | Αέρας | 1,7 - 2,4 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-6-4 | Αργό | 2,1 - 2,6 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-12-4 | Αργό | 1,3 - 1,7 |

Εικ 4.18: Συντελεστές θερμοπερατότητας για υαλοπίνακες πηγή:[1]

Συγκεκριμένα, Η χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e ευνοεί την δημιουργία βελτιωμένων συνθηκών και θερμικής άνεσης. Τον χειμώνα, μπορούμε να στεκόμαστε άνετα κοντά στα παράθυρα (στην λεγόμενη «cold zone») και με μειωμένη την πιθανότητα δημιουργίας συμπυκνωμάτων. Τους καλοκαιρινούς μήνες με την αυξημένη ηλιοφάνεια και τις υψηλές θερμοκρασίες τα παράθυρα με κοινά τζάμια επιτρέπουν στην ζέστη από τον ήλιο να μπαίνει μέσα στα κτίρια, συμμετέχοντας σημαντικά στην διαμόρφωση της εσωτερικής θερμοκρασίας και στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Για την μείωση αυτού του φαινομένου, συνιστάται η χρήση γυαλιών «solar control». Επιτυγχάνουμε έτσι, μικρότερη εξάρτηση από τις κλιματιστικές συσκευές και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, βελτιωμένο επίπεδο άνεσης, καλύτερες συνθήκες όρασης με την μείωση της ανταύγειας. Όσο πιο χαμηλά solar factor και U-value επιτυγχάνουμε, τόσο καλύτερες συνθήκες εσωτερικής θερμοκρασίας δημιουργούμε. Η εισερχόμενη σε ένα κτίριο ηλιακή ενέργεια μπορεί να μειωθεί με γυαλιά με υψηλή απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας προς την εξωτερική πλευρά. Η θέση, η κλιματική ζώνη, η χρήση και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε κτιρίου συνθέτουν και μια διαφορετική περίπτωση κάθε φορά. Οι υπεισερχόμενες και αλληλοσυγκρουόμενες παράμετροι, με ζητούμενο την εξασφάλιση της μέγιστης δυνατής θερμομόνωσης (U-value), υψηλών επιπέδων φωτισμού (Light Transmittance) και ελέγχου της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας (Solar Factor), απαιτούν ξεχωριστή μελέτη και στάθμιση των ωφελειών και απωλειών χειμώνα-καλοκαίρι, ενώ συχνά γίνονται μικροί ή μεγαλύτεροι συμβιβασμοί κατά την επιλογή του υαλοστασίου. Οι χαμηλής εκπομπής (low-e) υαλοπίνακες, σε αντίθεση με τους συμβατικούς υαλοπίνακες, απορροφούν άρα και επανεκπέμπουν προς την ψυχρότερη πλευρά πολύ μικρότερα ποσοστά ενέργειας συμβάλλοντας στην διατήρηση της θερμοκρασία του χώρου το χειμώνα και την απόθεση της ζέστης προς τα έξω το καλοκαίρι, βελτιώνοντας την θερμική άνεση. Αυτή την ιδιότητα την οφείλουν σε μια επιστρώση της επιφάνειάς των με ένα μικροσκοπικώς λεπτό, θεωρητικώς αόρατο στρώμα μετάλλων ή μεταλλικών οξειδίων, πάνω στο οποίο ανακλάται η προσπίπτουσα υπέρυθη ακτινοβολία και επιστρέφει στον χώρο. Έτσι μειώνεται η απορρόφηση ενέργειας από τον υαλοπίνακα και κατά συνέπεια η αύξηση της θερμότητάς του και η ικανότητα εκπομπής του. Με την διαρκή δε βελτίωση της τεχνολογίας και την παραγωγή αποτελεσματικότερων επιστρώσεων, αυξάνει δραστικά η ποιότητα της θερμομόνωσης που παρέχουν οι νέες τεχνολογίας υαλοπίνακες. Η χαμηλής εκπομπής (low-e) επιστρώση είναι σχεδιασμένη να αυξάνει την ανάκλαση της προσπίπτουσας και απορροφούμενης από το γυαλί θερμότητας προς την πλευρά της

πηγής της θερμότητας. Η ικανότητα εκπομπής βέβαια επιδρά μόνο στην μεγάλου μήκους υπέρυθη ακτινοβολία, ενώ δεν έχει επίπτωση στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας. Προκειμένου να συνδυαστεί ο έλεγχος της θερμοπερατότητας με τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, οι υαλοπίνακες αυτοί συνδυάζουν και τις δύο λειτουργίες: low-e (κατά την απώλεια θερμικής ενέργειας) και solar factor (κατά την προσρόφηση θερμικής ενέργειας). Η θερμοπερατότητα ενός υαλοπίνακα εκφράζεται με το συντελεστή u (ή k), και όσο μικρότερη είναι η τιμή του τόσο μικρότερη είναι η απώλεια θερμότητας που διαφεύγει μέσω του υαλοπίνακα. Το κενό μεταξύ των δυο υαλοπινάκων μπορεί να γεμίσει με ευγενές αέριο για να μειωθεί περαιτέρω ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας. Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα των low-e υαλοπινάκων είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση των δαπανών για θέρμανση
- Εγγυάται την ομοιογενή θερμοκρασία του χώρου
- Εξασφαλίζει υψηλή διαπερατότητα φωτός
- Περιορίζει το φαινόμενο των υδρατμών
- Μειώνει την μετάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)
- Προστατεύει το περιβάλλον λόγω μειωμένης εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

iv) **Σκίαση ανοιγμάτων** για αποτροπή του ήλιου όταν αυτός δεν είναι επιθυμητός. Προτείνεται η σταθερή εξωτερική σκίαση. Η σταθερή εξωτερική σκίαση (οριζόντια για νότια ανοίγματα και κατακόρυφη για ανατολικά/δυτικά) εξασφαλίζει, με κατάλληλες αναλογίες τη στοιχειώδη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων κατά τη θερινή περίοδο, και τον ηλιασμό κατά το χειμώνα. Επίσης, βοηθητικά μπορεί να λειτουργήσουν εσωτερικά στόρια συμπληρώνοντας τη λειτουργία της σταθερής εξωτερικής σκίασης όταν αυτή δεν επαρκεί, και παράλληλα συντελούν στην αποφυγή της θάμβωσης. Στο πνεύμα της σταθερής εξωτερικής σκίασης, θα αξιοποιηθεί παράλληλα και η υπάρχουσα πρόβλεψη για τοποθέτηση πέργολας επί του βάτου δώματος.

b) **Έμμεσου ηλιακού κέρδους.** Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επιλέξουμε ενός εκ των παθητικών ηλιακών συστημάτων έμμεσου κέρδους διότι η ταυτόχρονη εφαρμογή στο κτήριο περισσοτέρων του ενός διαφορετικών τέτοιων συστημάτων δε δύναται να εφαρμοστεί, από πρακτικής άποψης, λόγω έλλειψης χώρου. Ειδικότερα, στις πλευρές του κτηρίου οι οποίες είναι προσανατολισμένες προς τον νότο και που θα είχε νόημα η κατασκευή ενός τέτοιου είδους συστήματος είναι η ΝΑ και η ΝΔ. Από αυτές η ΝΔ είναι πληρωμένη με ανοίγματα όποτε πρακτικά είναι αδύνατη η εφαρμογή ενώ η ΝΑ αποτελεί πλευρά μόνο ενός δωματίου και επομένως από μία τέτοιου είδους εγκατάσταση θα επωφελούταν μόνο αυτός ο χώρος. Ο τύπος τοίχου που θα εξεταστεί είναι ο *τοίχος tromp* διότι σε σχέση με τον τοίχο μάζας προσφέρει μεγαλύτερη εκτόνωση της εσωτερικής θερμοκρασίας λόγω των θυρίδων οι οποίες παράλληλα μπορούν να συντελέσουν στην ανανέωση του αέρα ενώ σε σχέση με τον τοίχο νερού είναι απλούστερο να κατασκευαστεί.

i) **Τοίχος tromp.** Στην περίπτωση της κατοικίας δεν επιλέγουμε την εφαρμογή του διότι:

- Απαιτούνται επιπρόσθετα μέτρα σκιασμού για αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι.
- Η ηλιοφάνεια που χαρακτηρίζει το κλίμα της Ελλάδας χειμώνα – καλοκαίρι ενδεχομένως να απαιτεί ακόμα μεγαλύτερη συμβολή του χρήστη στην λειτουργία του συστήματος (σκίαση και άνοιγμα – κλείσιμο θυρών) για την βέλτιστη απόδοση του.
- Ενδεχόμενη παρέκκλιση από τις απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να τηρηθούν, όσον αφορά την λειτουργία του, θα προκαλέσει υπερθέρμανση του χώρου.

c) **Συστήματα απομονωμένου κέρδους.**

- i) **Ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο.** Η προσάρτηση μιας τέτοιου είδους κατασκευής θα μπορούσε να λάβει χώρα μόνο στην βεράντα επί εδάφους που βρίσκεται στην ΝΔ όψη έμπροσθεν του σαλονιού. Η κατασκευή θα περιλάμβανε κλείσιμο του μπαλκονιού με τζάμι, κάτι το οποίο προβλέπεται από την νομοθεσία στην περίπτωση κατασκευής θερμοκηπίου. Η εφαρμογή μιας τέτοιας κατασκευής δεν θα επιλεγεί για το παρών κτήριο για τους εξής λόγους:
- Κλιματολογικούς:
 - Η ηλιοφάνεια που χαρακτηρίζει το κλίμα της Ελλάδας χειμώνα – καλοκαίρι ενδεχομένως να απαιτεί ακόμα μεγαλύτερη συμβολή του χρήστη στην λειτουργία του συστήματος (σκίαση και άνοιγμα – κλείσιμο θυρών) για την βέλτιστη απόδοση του.
 - Η υγρασία που αναμένεται ως μειονέκτημα ενός θερμοκηπίου ενδέχεται να επιδεινωθεί από την αυξημένη υγρασία της περιοχής λόγω της γειτνίασης με την θάλασσα.
 - Ενδεχόμενη παρέκκλιση από τις απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να τηρηθούν, όσον αφορά την λειτουργία του, θα προκαλέσει υπερθέρμανση του χώρου.
 - Λειτουργίας: Το υπό κατασκευή κτήριο αποτελεί μια κύρια κατοικία η οποία όμως λόγω της τοποθεσίας της μπορεί να εξυπηρετήσει και τους σκοπούς μιας εξοχικής. Υπό αυτό το δεδομένο δεν κρίνεται σκόπιμη η αντικατάσταση του λειτουργικού οφέλους που προκύπτει από την χρήση ενός μπαλκονιού με το αντίστοιχο βιοκλιματικό που προκύπτει από την προσάρτηση ενός θερμοκηπίου.
- ii) **Θερμοσιφωνικό πανέλο.** Απορρίπτεται εξαρχής η επιλογή αυτή διότι η προσάρτησή του απαιτεί πρόβλεψη από την αρχική μελέτη και στην παρούσα φάση θα οδηγούσε σε δραστικές αλλαγές του αρχικού σχεδιασμού.

2) **Εκμετάλλευση των κλιματολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων της περιοχής.**

- a) **Φυσικός δροσισμός.** Κάποια από τα στοιχεία που συντελούν στην επίτευξη όπως η ηλιοπροστασία, τα ειδικά κρύσταλλα, επάρκεια θερμικής μάζας και θερμομόνωση έχουν εξεταστεί παράλληλα με την εφαρμογή παθητικών συστημάτων. Επιπρόσθετα μέτρα τα οποία μπορούν να συντελέσουν στον φυσικό δροσισμό είναι:
- i) **Ανακλαστικά επιχρίσματα - χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών:** Επιλέγεται η εφαρμογή χρωματισμένου ανακλαστικού επιχρίσματος (άσπρο) γιατί προσφέρει επιπρόσθετη προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Είναι ένα μέτρο που μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα παράλληλα με την κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης.
- ii) **Ψύξη μέσω εδάφους.** Είναι ένα μέτρο που έχει άμεση εφαρμογή αφού μεγάλο μέρος της αποθήκης και του parking βρίσκονται κάτω από την στάθμη του φυσικού εδάφους και αναμένεται μια σταθερότητα των θερμοκρασιών που θα συμβάλει στις συνθήκες θερμικής άνεσης όλου του κτηρίου χειμώνα – καλοκαίρι.
- iii) **Φυσικός αερισμός.** Είναι μια τεχνική η οποία αποτελεί τον απλούστερο τρόπο απαγωγής της θερμότητας των δομικών στοιχείων και του θερμού αέρα ενός χώρου στο εξωτερικό περιβάλλον. Ενώ είναι κάτι στην απλούστερη του μορφή εξαρτάται από την πρωτοβουλία του χρήστη τυγχάνει εφαρμόσιμος διότι το άνοιγμα των παραθύρων όταν

επικρατεί ζέστη είναι μια πράξη που λίγο έως πολύ έχει μπει στην συνείδηση μας και εκτελείται αυτόματα. Από τα διάφορα συστήματα φυσικού αερισμού τα περισσότερα λαμβάνουν χώρα στο κτήριο χωρίς να χρειάζεται η επιλογή τους (μονόπλευρος, αερισμός σε διαφορετικά επίπεδα, διαμπερής και φαινόμενο καμινάδας). Απομένει να επιλέξουμε μεταξύ της τεχνικής της ηλιακής καμινάδας, του πύργου αερισμού και του υβριδικού αερισμού. Από τα προηγούμενα επιλέγεται η κατασκευή πύργου αερισμού διότι σε σχέση με την ηλιακή καμινάδα είναι απλή και μπορεί να αποδώσει στη γεωμετρία του κτηρίου (υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των επιπέδων τα οποία διαμορφώνουν τον μεγαλύτερο όγκο του κτηρίου). Ο υβριδικός αερισμός δεν χρειάζεται να επιλεγεί από τώρα καθώς μπορεί να εφαρμοστεί επιπρόσθετα από τους χρήστες εάν δεν αποδειχθεί επαρκής ο αερισμός του κτηρίου.

iv) **Διπλό και αεριζόμενο κέλυφος.** Το διπλό κέλυφος αποτελεί μια τεχνική η οποία εφαρμόζεται κυρίως στα μεγάλα γυάλινα κτήρια. Στην περίπτωση του κτηρίου της μελέτης δεν επιλέγεται λόγω κατασκευαστικού κόστους. Αντιθέτως το αεριζόμενο κέλυφος θα μπορούσε να έχει εφαρμογή στη στέγη του κτηρίου και όχι στο δώμα (διότι είναι βατό) και ως εκ τούτου θα δοκιμαστεί η απόδοσή του.

v) **Νυκτερινή ακτινοβολία.** Δεν επιλέγεται η εφαρμογή της γιατί:

- Στην περίπτωση του μεταλικού ακτινοβολητή το δώμα πρέπει να είναι βατό και γενικότερα θα ήταν επίφοβη η εφαρμογή του καθώς δεν συστήνεται σε περιοχές που υπάρχουν άνεμοι.
- Στην περίπτωση της λίμνης οροφής θα καταργούταν η βατότητα του δώματος.

b) **Διαμόρφωση μικροκλίματος.** Επιλέγεται να δοκιμαστεί κυρίως γιατί η τεχνικές του φυτεμένου δώματος είναι ευρέως διαδεδομένες και εκτός από την διαμόρφωση του μικροκλίματος μπορούν να συνεισφέρουν και σαν μέτρα επιπρόσθετης θερμομόνωσης.

i) **Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.** Θα ήταν σοφό να γίνει πρόβλεψη εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων σε περιοχές όπως αυτή οι οποίες έχουν πλούσια κλιματολογικά δεδομένα. Για αυτόν τον λόγο κρίνεται αναγκαία η διερεύνηση της συμβολής όλων των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της πορείας προς την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν στην αρχή αυτής της εργασίας, οι μέχρι στιγμής ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν είναι θεωρητική κατάρτιση για απόκτηση κριτικής σκέψης επί του θέματος, εν συνεχεία ο καθορισμός του σεναρίου δράσης των

εφαρμογών που θα λάβουν χώρα καθώς και η επιλογή των παρεμβάσεων που θα εξεταστούν. Απομένει να καθορίσουμε την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, την πρακτική εφαρμογή και την καταγραφή των αποτελεσμάτων και τέλος την αξιολόγηση αυτών προς εξαγωγή συμπερασμάτων.

5.2 Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες της μελέτης κρίθηκε αναγκαία η επινοήση μιας θεωρητικής κατοικίας η οποία θα έχει την ίδια αρχιτεκτονική μορφή με την υπάρχουσα, αλλά δεν θα υπόκειται σε κανέναν κανονισμό θερμομόνωσης. Σκοπός αυτής της επινοήσης είναι η δημιουργία ενός αντίποδα σύγκρισης βάσει του οποίου θα μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που στοχεύουμε εφαρμόζοντας τις παρεμβάσεις που επιλέχθηκαν. Τα δεδομένα για αυτήν την κατοικία παραθέτονται στην επόμενη ενότητα. Πιο συγκεκριμένα, από την κατοικία αυτή θα προκύψουν οι ελάχιστες τιμές κόστους κατασκευής και ταυτόχρονα οι μέγιστες ενεργειακές καταναλώσεις. Από την σύγκριση των δύο αυτών παραμέτρων, ανάμεσα στο αρχικό και βιοκλιματικό μοντέλο, θα προκύψουν τα ενδεχόμενα ενεργειακά οφέλη, ενώ με μία σταθερή τιμή κόστους ενέργειας θα προκύψουν οι χρόνοι απόσβεση των επενδύσεων.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι κεφ. 4.3.3.1 έχουν εισαχθεί σαν στο λογισμικό. Αξίζει ακόμα να αναφερθούν κάποιες παραδοχές που έγιναν, και οι οποίες αφορούν το σχεδιασμό, την ανάλυση και τα αποτελέσματα της εφαρμογής των βιοκλιματικών μέτρων που αποφασίστηκαν:

- 1) Επιλέχθηκε σύστημα θέρμανσης-ψύξης mixed mode το οποίο *χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια* και αρχίζει να λειτουργεί όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου βγει εκτός των ορίων του θερμοστάτη.
- 2) Η θερμική άνεση εκφράζεται με τα όρια του θερμοστάτη, ο οποίος κυμαίνεται για όλους τους χώρους μεταξύ 20-25° C
- 3) Καθορίστηκε η δραστηριότητα ενοίκων ως sedentary.
- 4) Κατά τον υπολογισμό του κόστους και της απόσβεσης των διαφόρων μέτρων, χρησιμοποιήθηκε προς χάριν ευκολίας των πράξεων μία μέση τιμή 0,09€ ανά κιλοβατώρα, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ.[72]

Οι δόκιμες που θα πραγματοποιηθούν στο ηλεκτρονικό περιβάλλον του ecotect θα γίνουν με συγκεκριμένη σειρά η οποία έχει προκύψει σαν λογικό επακόλουθο της μελέτης που έχει πραγματοποιηθεί στο θεωρητικό σκέλος και περιγράφεται από τα επόμενα στάδια:

- **Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας – Εφαρμογή Π.Η.Σ.** Στο πλαίσιο αυτό γίνεται ουσιαστικά προσπάθεια εκμετάλλευσης της είδη υπάρχουσας θερμικής μάζας, θωρακίζοντας το κέλυφος, με στόχο να αποκτήσει το σύνολο του κτηρίου τον χαρακτήρα ενός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους. Οι παρεμβάσεις όπως έχουν επιλεγεί σε προηγούμενο κεφάλαιο θα εφαρμοστούν ομαδικά, όπως προκύπτει από τις προϋποθέσεις που θέτονται στην αντίστοιχη παράγραφο περιγραφής του συγκεκριμένου Π.Η.Σ. (2.2.1), ενώ προς χάριν ευκολίας υπολογισμού ενεργειακού – οικονομικού οφέλους οι δοκιμές θα πραγματοποιηθούν με συγκεκριμένη σειρά, προσθετικά, ως εξής:
 - Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης.
 - Σκίαση ανοιγμάτων.
 - Εφαρμογή υαλοπινάκων low-e.
 - Διερεύνηση αύξησης θερμικής μάζας.

Από τις παρεμβάσεις αυτές αναμένεται να προκύψει ένα μοντέλο το οποίο θα ονομάσουμε βιοκλιματικό και επί αυτού θα γίνει προσπάθεια εφαρμογής

επιπρόσθετων μέτρων βιοκλιματικού χαρακτήρα, τα οποία με την σειρά τους θα εξεταστούν και αυτά σε ομάδες.

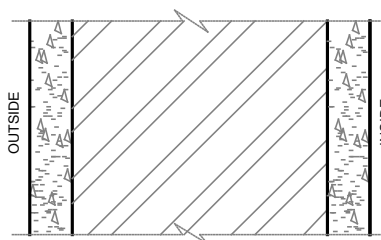
- **Διαμόρφωση μικροκλίματος – Ενσωμάτωση Α.Π.Ε.** Σε αυτό το σημείο θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις για την ενδεχόμενη συμβολή που μπορεί να υπάρξει από την φύτευση της στέγης – δώματος και των τοίχων επί του βιοκλιματικού μοντέλου και θα αναζητηθεί η συμβολή ενσωμάτωσης Α.Π.Ε. στο κτήριο. Οι δοκιμές θα πραγματοποιηθούν σε σειρά με ταξινόμηση από την ηπιότερη στην δραστικότερη παρέμβαση ενώ όπως προκύπτει από τις προϋποθέσεις εγκατάστασης φωτοβολταϊκών (στη στέγη και στην πέργολα) δημιουργούνται δύο υποομάδες δράσεων:
 - ο **1^η**: Φύτευση δώματος – στέγης, γεωθερμία, μικρή ανεμογεννήτρια.
 - ο **2^η**: φωτοβολταϊκά, μικρή ανεμογεννήτρια, γεωθερμία.

Από τις παραπάνω διαδικασίες αναμένεται να προκύψουν συμπεράσματα τα οποία θα μας οδηγήσουν στην τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων. Θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά και θα επακολουθήσει η αξιολόγηση του ενεργειακού και οικονομικού οφέλους του όλου εγχειρήματος.

5.3 Περιγραφή αρχικού μοντέλου

Όπως περιγράφηκε και στην προηγούμενη παράγραφο το αρχικό μοντέλο είναι μια θεωρητική μορφή της κατοικίας όπως αυτή θα κτιζόταν πριν εφαρμοστεί οποιοσδήποτε κανονισμός για την θερμομόνωση. Επομένως πρόκειται για ένα κτίριο στο οποίο δεν έχει καθόλου θερμομόνωση. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διατομές και ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κελύφους όπως αυτός προκύπτει την βιβλιοθήκη υλικών του ecotect, αλλά και για λόγους εποπτείας όπως αυτός προκύπτει από τους κανονισμούς του Κ.Εν.Α.Κ. (σύμφωνα με τους οποίους τα χαρακτηριστικά των δια τομών δεν είναι αποδεκτά).

- Εσωτερικοί τοίχοι.



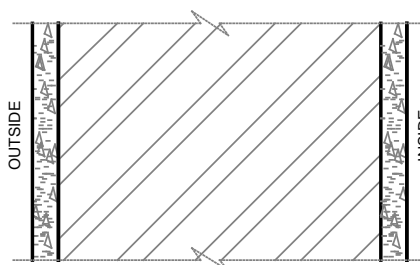
Εικ 5.1: Διατομή εσωτερικού τοίχου πάχους 12 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|----------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ | 1200 | 0,090 | 0,523 | 0,172 |

| | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,120 | | 0,206 |
| Ri | 0,130 | | | |
| R | 0,206 | | | |
| Ra | 0,040 | | | |
| Rt | 0,376 | | | |
| U (W/m²K) | 2,656 | | | |

Εικ 5.2: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εσωτερικού τοίχου

- Εξωτερικοί τοίχοι

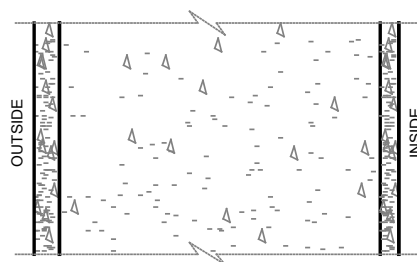


Εικ 5.3: Διατομή εξωτερικού τοίχου πάχους 21 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ | 1200 | 0,180 | 0,523 | 0,344 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,210 | | 0,379 |
| Ri | 0,130 | | | |
| R | 0,379 | | | |
| Ra | 0,040 | | | |
| Rt | 0,549 | | | |
| U (W/m²K) | 1,823 | | | |

Εικ 5.4: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου

- Δοκοί – υποστυλώματα

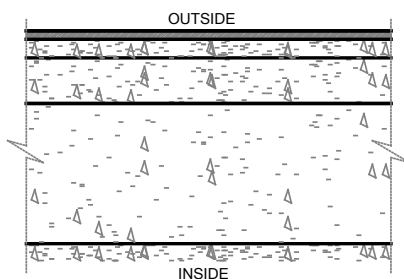


Εικ 5.5: Διατομή δοκών – υποστρωμάτων πάχους 28 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| Δοκός - Κολώνα | 2400 | 0,250 | 2,500 | 0,100 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,280 | | 0,134 |
| R _i | 0,130 | | | |
| R | 0,134 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 0,304 | | | |
| U (W/m²K) | 3,285 | | | |

Εικ 5.6: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δοκών - υποστρωμάτων

- Δώμα βατό



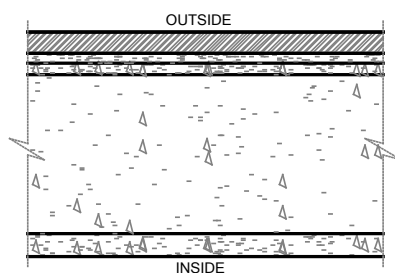
Εικ 5.7: Διατομή βατού δώματος πάχους 25 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ | ΠΑΧΟΣ | λ | R |
|-------|-----------|-------|---|---|
|-------|-----------|-------|---|---|

| | (kg/m ³) | (m) | (W/mK) | (m ² K/W) |
|-----------------------------|----------------------|-------|--------|----------------------|
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΛΑΚΕΣ | 1500 | 0,020 | 0,900 | 0,022 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,010 | 0,870 | 0,011 |
| ΕΛΑΦΡΟΚΥΡΟΔΕΜΑ | 500 | 0,050 | 0,200 | 0,250 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,150 | 2,500 | 0,060 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,250 | | 0,367 |
| R _i | 0,100 | | | |
| R | 0,367 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 0,507 | | | |
| U (W/m²K) | 1,974 | | | |

Εικ 5.8: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας βατού δώματος

- Στέγη

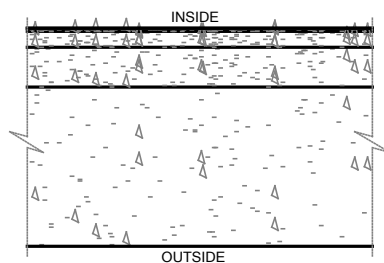


Εικ 5.9: Διατομή σκεπής πάχους 21 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ | 2000 | 0,020 | 0,700 | 0,029 |
| ΑΣΦΑΛΤΟΧΑΡΤΟ | 1100 | 0,010 | 0,190 | 0,053 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,010 | 0,870 | 0,011 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,150 | 2,500 | 0,060 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,210 | | 0,176 |
| R _i | 0,100 | | | |
| R | 0,176 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 0,316 | | | |
| U (W/m²K) | 3,168 | | | |

Εικ 5.10: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας σκεπής

- Δαπέδο υπογείου σε επαφή με Φ.Ε.

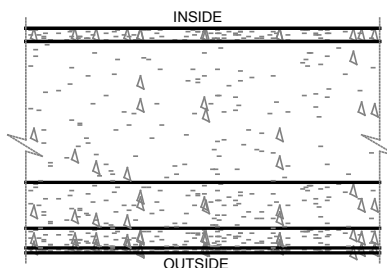


Εικ 5.11: Διατομή δαπέδου υπογείου πάχους 27.5 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ | 2000 | 0,005 | 1,840 | 0,003 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,020 | 0,870 | 0,023 |
| ΕΛΑΦΡΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 500 | 0,050 | 0,200 | 0,250 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,200 | 2,500 | 0,080 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,275 | | 0,356 |
| R _i | 0,170 | | | |
| R | 0,356 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 0,566 | | | |
| U (W/m²K) | 1,768 | | | |

Εικ 5.12: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου υπογείου

- Πλάκες ισογείου – α' ορόφου



Εικ 5.13: Διατομή πλάκας πάχους 24 cm

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ | ΠΑΧΟΣ | λ | R |
|-------|-----------|-------|---|---|
|-------|-----------|-------|---|---|

| | (kg/m ³) | (m) | (W/mK) | (m ² K/W) |
|-----------------------------|----------------------|-------|--------|----------------------|
| ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ | 2000 | 0,005 | 1,840 | 0,003 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,020 | 0,870 | 0,023 |
| ΕΛΑΦΡΟΚΥΡΟΔΕΜΑ | 500 | 0,050 | 0,200 | 0,250 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,150 | 2,500 | 0,060 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,015 | 0,872 | 0,017 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,240 | | 0,353 |
| R _i | 0,100 | | | |
| R | 0,353 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 0,493 | | | |
| U (W/m²K) | 2,029 | | | |

Εικ 5.14: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας πλάκας ισογείου και πλάκας α' ορόφου

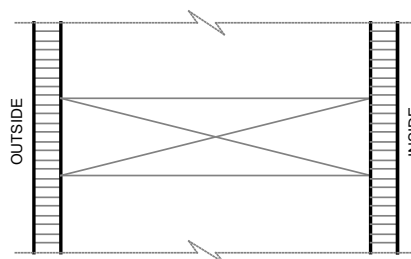
- Κουφώματα (παράθυρα)

Όσον αφορά τα παράθυρα της αμόνωτης κατοικίας κάνουμε την παραδοχή ότι είναι μονά πάχους 6 mm συντελεστή θερμοπερατότητας $U = 5,700 \text{ W/m}^2\text{K}$, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ | | | |
|---|---|----------------|---|
| Τύπος υαλοπίνακα | Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm) | Αέριο διακένου | Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m ² K) |
| Μονός | 6 | - | 5,7 |
| Μονός | 8 | - | 5 |
| Διπλός | 4-6-4 | Αέρας | 3,4 |
| Διπλός | 4-12-4 | Αέρας | 2,9 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-10-4 | Αέρας | 2,0 - 2,4 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-12-4 | Αέρας | 1,7 - 2,4 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-6-4 | Αργό | 2,1 - 2,6 |
| Διπλός - χαμηλής εκπομπής | 4-12-4 | Αργό | 1,3 - 1,7 |

Εικ 5.15: Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα πηγή <http://www.cres.gr/>

- Κουφώματα (πόρτες πάχους 4 cm από κοντραπλακέ με διάκενο αέρα)

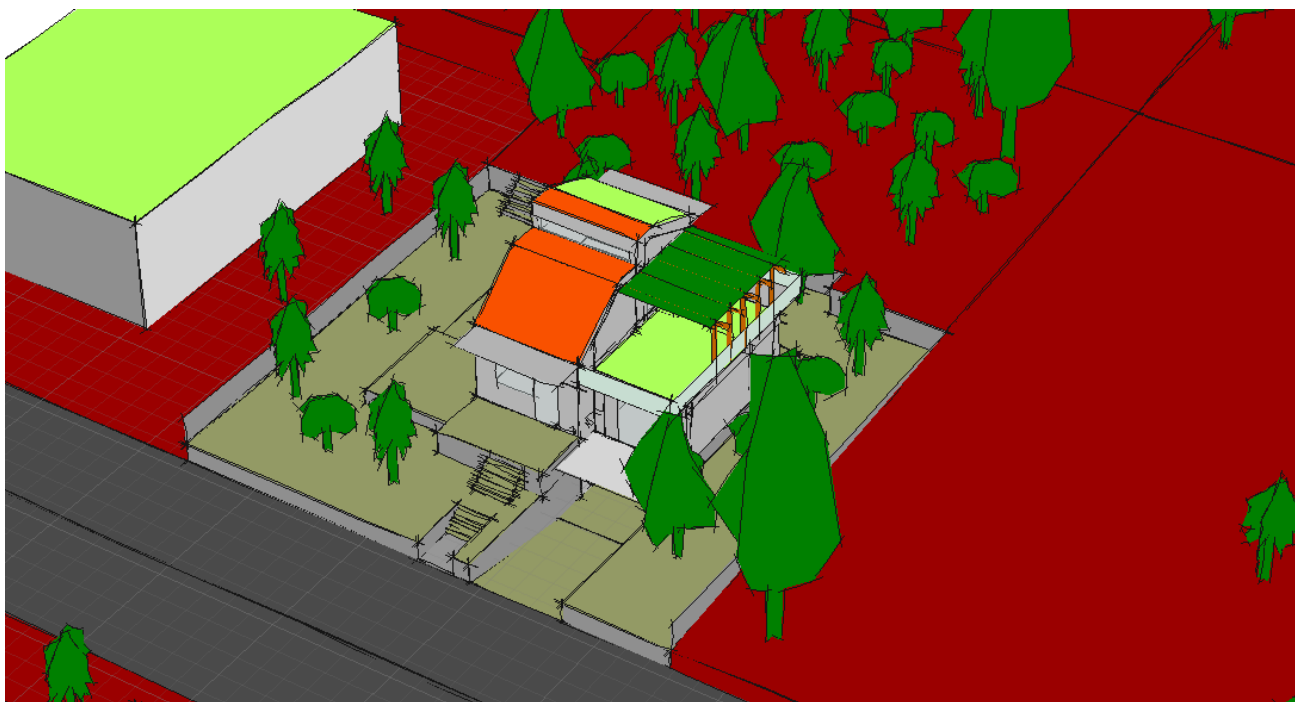


Εικ 5.16: Διατομή πορτας πάχους 4 cm

Συντελεστής θερμοπερατότητας $U = 3,000 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Πηγή: από τα έτοιμα υλικά του ecotect)

Περίληπτικά:

Όλοι οι εσωτερικοί τοίχοι έχουν πάχος 12εκ., ενώ οι εξωτερικοί έχουν πάχος 21εκ. Οι πλάκες είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 εκ. Τα δάπεδα καλύπτονται με κεραμικά πλακάκια, ενώ τα κουφώματα είναι από αλουμίνιο με μονούς υαλοπίνακες. Η επίστρωση των εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων θα γίνει με ασβέστη, ενώ για τις χρωματισμένες επιφάνειες θα χρησιμοποιηθούν φυσικές βαφές. Ο περιβάλλον χώρος θα μείνει ως έχει, αφού διαθέτει πλούσια βλάστηση με γρασίδι, θάμνους και δέντρα.



Εικ.5.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση της κατοικίας στο Ecotect

5.4 Σχετικά με το Ecotect

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα συνδυάζει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό κτηρίων με λειτουργίες προσομοίωσης και την ανάλυση απόδοσης τους. Είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο όσον αφορά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για υπολογισμούς,

όσο και για αξιολόγηση δεδομένων. Σε γενικές γραμμές, προσφέρει μία πληθώρα δυνατοτήτων όπως τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού, υπολογισμό ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε επιφάνεια, επίδειξη ηλιασμού-σκιάων-αντανακλάσεων, παράγωγη διαγράμματος θέσης και πορείας του ήλιου, θερμική ανάλυση με ετήσια φορτία ψύξης και θέρμανσης, διασπορά θερμοκρασίας και θερμικά κέρδη για τις ζώνες του μοντέλου, ακουστική ανάλυση, υπολογισμό δαπανών των υλικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κα. Αναλυτικότερα το Ecotect προσφέρει:

- Τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού και προσομοίωσης.
- Επίδειξη ηλιασμού σκιάων και αντανακλάσεων.
- Υπολογισμό ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε επιφάνεια.
- Θερμική ανάλυση με ετήσια φορτία ψύξης και θέρμανσης, διασπορά και θερμικά κέρδη για οποιαδήποτε ζώνη.
- Υπολογισμό δαπανών των υλικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Ακουστική ανάλυση.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων προς επεξεργασία σε άλλα προγράμματα.

Το πρόγραμμα αυτό παρέχει μια ευρεία κλίμακα επιλογών θερμικής ανάλυσης. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιεί την μέθοδο θερμική αποδοχής του CIBSE η οποία προσδιορίζει τις εσωτερικές θερμοκρασίες και τα φορτία θέρμανσης. Οαλγόριθμος αυτός είναι αρκετά ευέλικτος και δεν περιορίζεται από την γεωμετρία του κτηρίου ή τον αριθμό των θερμικών ζωνών που μπορούν να αναλυθούν ταυτόχρονα.

5.4.1 The admittance method (μέθοδος θερμικής αποδοχής)

Βασική θεώρηση της μεθόδου θερμικής αποδοχής, αποτελεί η υπόθεση ότι η εσωτερική θερμοκρασία ενός κτηρίου τείνει πάντα στην τοπική μέση εξωτερική θερμοκρασία. Οποιοσδήποτε διακυμάνσεις στην εξωτερική θερμοκρασία ή την ηλιακή ακτινοβολία, προκαλούν διακύμανση και στην εσωτερική θερμοκρασία με όμοιο τρόπο, με κάποια καθυστέρηση και παρεμπόδιση λόγω της θερμικής χωρητικότητας και αντίστασης των υλικών κατασκευής του κτηρίου. Όταν τα ολικά θερμικά κέρδη γίνουν ίσα με τις θερμικές απώλειες, τότε η εσωτερική θερμοκρασία σταθεροποιείται. Στην μέθοδο αυτή, οι υπολογισμοί θερμοκρασιών και φορτίων αποτελούν δύο χωριστές διαδικασίες. Σε πρώτη φάση υπολογίζεται το μέγεθος των δυνατών κερδών και απωλειών του κτηρίου για κάθε ώρα και ημέρα. Από τον υπολογισμό αυτόν προκύπτουν οι μέσοι ημερήσιοι συντελεστές φορτίων. Αυτοί οι συντελεστές αναφέρονται στις μέσες συνθήκες και όχι στις πραγματικές. Αποκλείσεις στους στιγμιαίους συντελεστές ως προς τους μέσους ημερήσιους, μπορούν μετά να υπολογιστούν ώστε να καθοριστεί το σχετικό θερμικό βάρος κάθε ζώνης για κάθε ώρα. Αυτές οι αποκλίσεις απορρέουν από κυκλική διακύμανση στην εσωτερική θερμοκρασία, από την οποία οι ωριαίες θερμοκρασίες μπορούν να προκύψουν.

Όταν οι ωριαίες εσωτερικές θερμοκρασίες είναι γνωστές λεπτομερώς, ένας δεύτερος υπολογισμός πραγματοποιείται ώστε να καθοριστούν τα απόλυτα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Δίνοντας τις εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες της κάθε ζώνης, τα κέρδη – απώλειες του κελύφους, και λόγω αερισμού, μπορούν να υπολογιστούν μαζί με τα ηλιακά και εσωτερικά κέρδη.

Τα κέρδη και οι απώλειες μεταξύ των θερμικών ζωνών αποτελούν ένα πιο σύνθετο θέμα, διότι δεν μπορούν να υπολογιστούν σε πρώτη φάση, όπου οι θερμοκρασίες δεν είναι γνωστές. Συνεπώς, πρόσθετες επαναλήψεις και στις δύο φάσεις πρέπει να γίνουν ώστε να προστεθούν τα κέρδη από την επίδραση των ροών λόγω των υλικών κατασκευής και της κίνησης του αέρα μεταξύ των γειτονικών χώρων.

Ενώ η μέθοδος θερμικής αποδοχής θεωρείται μία απλοποιητική μέθοδος, ωστόσο ενσωματώνει τα φαινόμενα ροής θερμότητας λόγω αγωγής μέσω των δομικών στοιχείων, τον εσωτερικών κερδών από τον οικιακό (ή άλλο) εξοπλισμό, τα φώτα, τους ανθρώπους και της ροής θερμότητας μεταξύ ζωνών.

5.4.2 Ακρίβεια αποτελεσμάτων

Στις υπολογιστικές μεθόδους είναι απαραίτητο να επιτευχθεί μια ισορροπία ακρίβειας απλότητας και ευελιξίας. Η μέθοδος θερμικής αποδοχής χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο και έχει αποδειχτεί ως ένα αρκετά χρήσιμο και εύχρηστο εργαλείο. Δεν είναι τόσο μαθηματικά ακριβής όσο άλλες υπολογιστικές τεχνικές, όπως οι πεπερασμένες μέθοδοι ή οι μέθοδοι απόκρισης, αλλά αποτελεί πολύ καλή επιλογή στις περιπτώσεις λήψης αποφάσεων σχεδιασμού.

Παρέχει στιγμιαία ανατροφοδότηση δεδομένων και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μπορεί να αυξάνεται όσο αναπτύσσεται η σχεδίαση του μοντέλου. Πιο σημαντική όμως είναι η διαφοροποίηση μεταξύ σχετικής και απόλυτης ακρίβειας. Κανένα εργαλείο θερμικής ανάλυσης δεν είναι απολύτως ακριβές δεδομένου ότι ο χρήστης σχεδιάζει το μοντέλο ενός κτηρίου και το εργαλείο του λέει ποια θα είναι η θερμοκρασία τις 12:00 της 15 Ιουνίου, ή προβλέπει τον ετήσιο λογαριασμό θέρμανσης σε κάποιο νόμισμα με κάποιο κόστος ενέργειας. Σχετική ακρίβεια αντιθέτως σημαίνει ότι αν για παράδειγμα προστεθεί ένα ακόμη παράθυρο, τα αποτελέσματα δείχνουν μια σχετική αύξηση στα άμεσα ηλιακά κέρδη κατά την διάρκεια της ημέρας και κάποια αύξηση των θερμικών απωλειών κατά την διάρκεια της νύκτας. Η πραγματική ακρίβεια συνεπώς έγκειται στην ποσοστιαία επίδραση της οποιας αλλαγής του μοντέλου, στην απόδοση και συμπεριφορά του.

Έτσι, η σχετική ακρίβεια επιτρέπει στον μελετητή να πάρει αποφάσεις από την αρχή, βασιζόμενες στην πληροφόρηση. Με ένα τέτοιο τρόπο μπορεί να προσδιοριστεί η επίδραση των υλικών του κελύφους ή της αναλογίας των διάφανων επιφανειών των όψεων του σε δεδομένο κλίμα και περιοχή μελέτης.

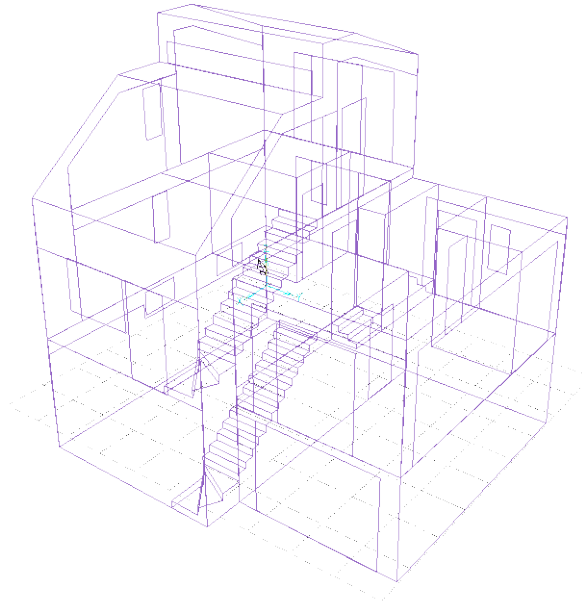
Σκοπός του ecotect δεν είναι να χρησιμοποιείται μόνο αφού έχει τελειώσει ο σχεδιασμός για παραγωγή κάποιων γραφημάτων και αποτελεσμάτων υπολογισμών, αλλά και να παρέχει την δυνατότητα του «παιχνιδιού» με διάφορες επιλογές σχεδιασμού από τα πρώτα στάδια της μελέτης, ώστε να καθοριστούν ποιες είναι οι πιο αποδοτικές, τόσο από οικονομικής όσο και από περιβαλλοντικής άποψης.

5.4.3 Περιορισμοί

Η μέθοδος θερμικής αποδοχής βασίζεται στην θεωρία της κυκλικής διακύμανσης. Αυτός είναι ο λόγος που την καθιστά καταλληλότερη στις περιπτώσεις εκείνες που η θερμοκρασιακή ταλάντευση και τα ενεργειακά έσοδα μεταβάλλονται σταθερά κατά την διάρκεια της ημέρας. Ενώ είναι λιγότερο κατάλληλη στις περιπτώσεις που παρατηρούνται αιφνίδιες αλλαγές σε παραμέτρους όπως για παράδειγμα όταν ξεκίνα να λειτουργεί μία μεγάλη πηγή θερμότητας. Σε αυτές τις περιπτώσεις η δράση είναι ακαριαία ενώ η επίδραση λόγω των φαινομένων της ακτινοβολίας και μεταφοράς έχουν βάθος χρόνου.

Επίσης η μέθοδος αυτή δεν ανιχνεύει την ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε διάφορες επιφάνειες απότου αυτή εισέλθει σε μία ζώνη. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τα ανοίγματα γίνεται φορτίο του χώρου και των εσωτερικών στοιχείων με βάση τις εσωτερικές τιμές αποδοχής.

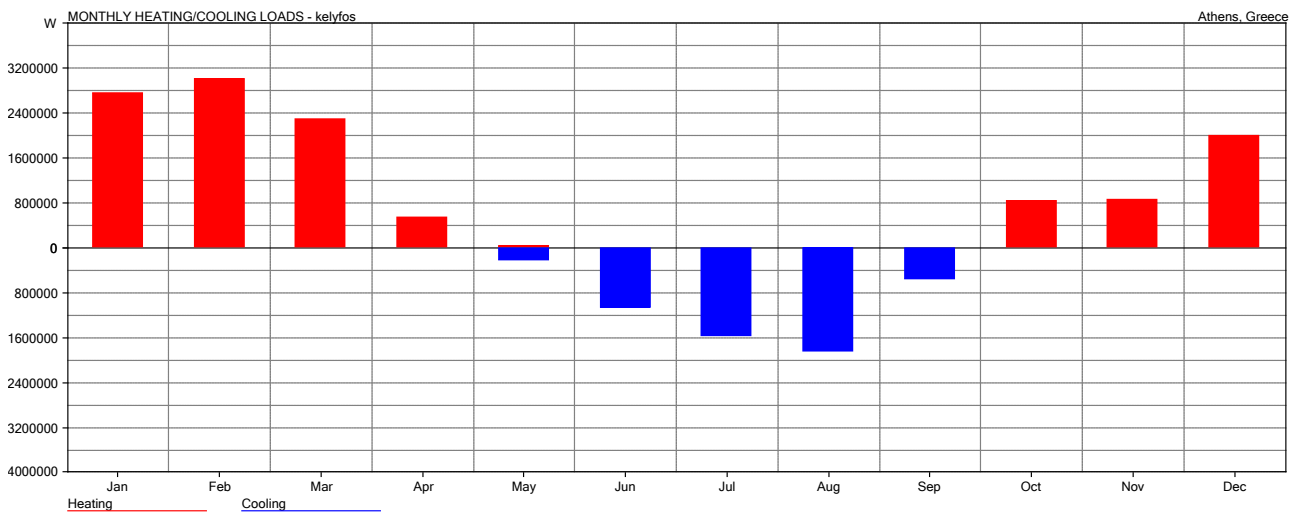
Ομοίως ο φυσικός αερισμός εξετάζεται από άνοιγμα σε άνοιγμα. Αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό ροής όταν τα ανοίγματα βρίσκονται σε αντίθετες ή παρακείμενες πλευρές μίας ζώνης. Ωστόσο ο όγκος της κίνησης του αέρα μεμονωμένων ανοιγμάτων δεν υπολογίζεται. Ο φυσικός αερισμός επιφέρει αύξηση στα φορτία λόγω διήθησης του αέρα, με βάση το ύψος, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του κάθε ανοίγματος τον άνεμο και την χωροθέτηση του μοντέλου. Από τον αλγόριθμο δεν λαμβάνεται υπόψη η κάθετη κίνηση του αέρα (καμινάδες) και τα εσωτερικά ρεύματα.



Εικ.5.18: Η κατοικία-μοντέλο σχεδιασμένη στο περιβάλλον του Ecotect

5.5 Θερμική ανάλυση στο αρχικό μοντέλο

Χρησιμοποιώντας την λειτουργία Thermal Analysis του Ecotect στο αρχικό οίκημα-μοντέλο, το οποίο είναι αμόνωτο, γνωστοποιούνται οι τιμές των θερμικών φορτίων για κάθε μήνα του χρόνου. Αυτές οι τιμές θα αποτελέσουν ένα μέτρο σύγκρισης στην πορεία της έρευνας, καθώς θα συγκριθούν με τις τιμές που θα προκύψουν για κάθε μία από τις βιοκλιματικές επεμβάσεις που θα εφαρμοστούν. Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων για το αρχικό μοντέλο (αμόνωτο), ενώ στη συνέχεια τα δεδομένα αποτυπώνονται λεπτομερέστερα στον επερχόμενο πίνακα:



Εικ 519: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: kelyfos

Operation: Weekdays 07-01, Weekends 08-02.

Thermostat Settings: 20.0 - 25.0 C

Max Heating: 12386 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 9857 W at 15:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Jan | 2773080 | 0 | 2773080 |
| Feb | 3023527 | 0 | 3023527 |
| Mar | 2296853 | 0 | 2296853 |
| Apr | 550877 | 0 | 550877 |
| May | 37095 | 230759 | 267854 |
| Jun | 0 | 1070813 | 1070813 |
| Jul | 0 | 1592931 | 1592931 |
| Aug | 0 | 1855909 | 1855909 |
| Sep | 0 | 580026 | 580026 |
| Oct | 835698 | 0 | 835698 |
| Nov | 859652 | 0 | 859652 |
| Dec | 1997188 | 0 | 1997188 |
| TOTAL | 12373970 | 5330438 | 17704408 |

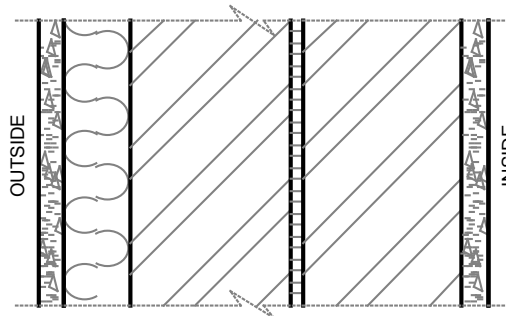
Εικ 5.20 Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

5.6 Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας – εφαρμογή Π.Η.Σ.

5.6.1 Εφαρμογή εξωτερική θερμομόνωσης

Στους πίνακες υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αναφέρονται δύο τιμές U. Η μία αφορά το συντελεστή όπως αυτός υπολογίζεται από τους ισχύοντες τύπους, ενώ η άλλη αφορά τον συντελεστή όπως αυτός υπολογίζεται από το ecotect. Ο λόγος για τον οποίο αναφέρονται και οι δύο είναι για την εποπτεία των δεδομένων που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα. Στις δοκιμές που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον του ecotect έχει γίνει χρήση του αντίστοιχου συντελεστή.

Εξωτερικοί τοίχοι

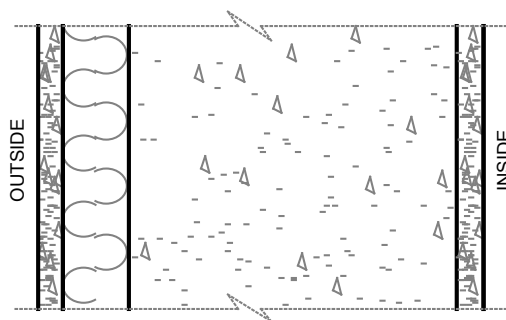


Εικ 5.21: Διατομή εξωτερικού τοίχου

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------|---------------------------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΜΟΝΩΣΗ | 0,30 | 0,050 | 0,030 | 1,667 |
| ΤΟΙΧΟΣ | 1200,00 | 0,120 | 0,523 | 0,229 |
| ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1900,00 | 0,010 | 0,872 | 0,011 |
| ΤΟΙΧΟΣ | 1200,00 | 0,120 | 0,523 | 0,229 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,340 | | 2,183 |
| R _i | 0,130 | | | |
| R | 2,183 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 2,353 | | | |
| U (W/m²K) | 0,425 | < 0,50 (απαιτήση κανονισμού) | | |
| U (W/m²K) ecotect | 0,420 | | | |

Εικ 5.22: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Δοκοί – υποστρώματα

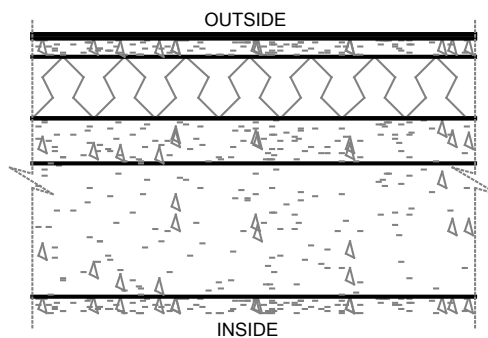


Εικ 5.23: Διατομή Δοκών υποστρώματων

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------|---------------------------|
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΜΟΝΩΣΗ | 0,30 | 0,050 | 0,030 | 1,667 |
| Δοκός - Κολώνα | 2400 | 0,250 | 2,035 | 0,123 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,340 | | 1,835 |
| R _i | 0,130 | | | |
| R | 1,835 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 2,005 | | | |
| U (W/m²K) | 0,499 | < 0,50 (απαιτήση κανονισμού) | | |
| U (W/m²K) ecotect | 0,499 | | | |

Εικ 5.24: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Δώμα βατό

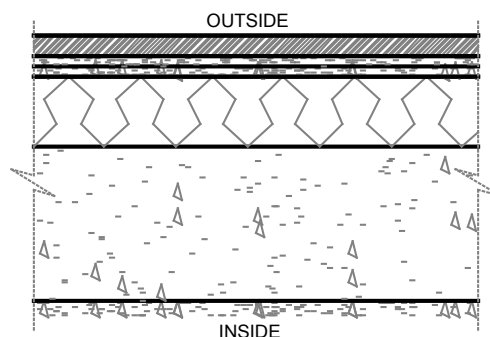


Εικ 5.25: Διατομή βατού δώματος

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------|---------------------------|
| ΤΣΜΕΝΤΟΠΛΑΚΕΣ | 1500 | 0,020 | 0,900 | 0,022 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,010 | 0,870 | 0,011 |
| ΕΛΑΦΡΟΚΥΡΟΔΕΜΑ | 500 | 0,050 | 0,200 | 0,250 |
| ΜΟΝΩΣΗ | 32 | 0,070 | 0,030 | 2,333 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,150 | 2,500 | 0,060 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,320 | | 2,700 |
| R _i | 0,100 | | | |
| R | 2,700 | | | |
| R _a | 0,040 | | | |
| R _t | 2,840 | | | |
| U (W/m²K) | 0,352 | < 0,45 (απαιτήση κανονισμού) | | |
| U (W/m²K) ecotect | 0,350 | | | |

Εικ 5.26: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

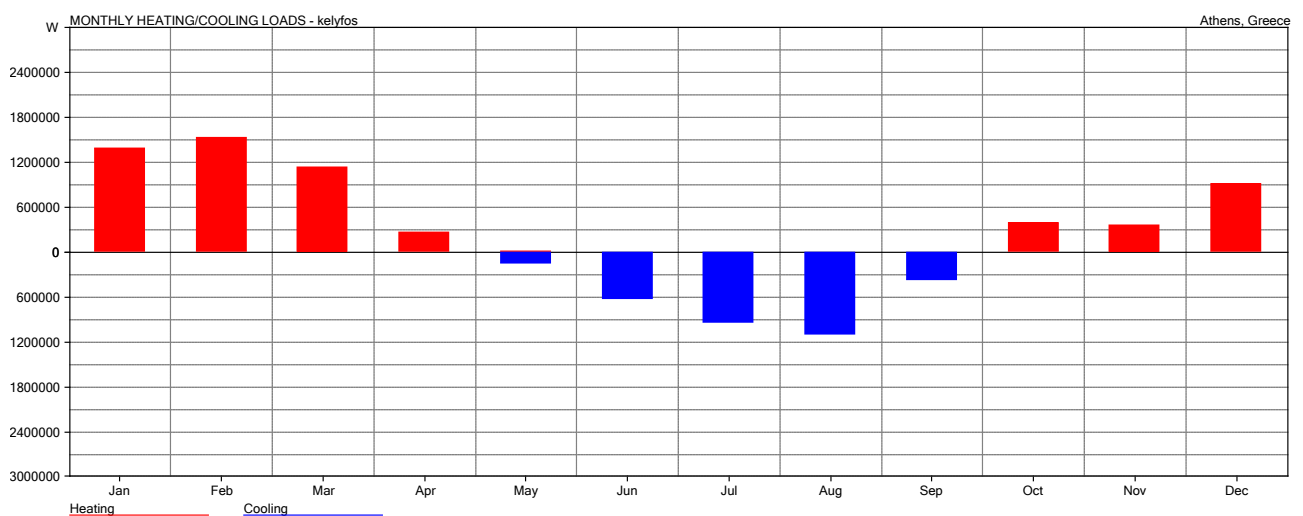
Στέγη



Εικ 5.27: Διατομή στέγης

| ΥΛΙΚΟ | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΠΑΧΟΣ (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------|---------------------------|
| ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ | 2000 | 0,020 | 0,700 | 0,029 |
| ΑΣΦΑΛΤΟΧΑΡΤΟ | 1100 | 0,010 | 0,190 | 0,053 |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ | 1800 | 0,010 | 0,870 | 0,011 |
| ΜΟΝΩΣΗ | 32 | 0,070 | 0,030 | 2,333 |
| ΠΛΑΚΑ | 2400 | 0,150 | 2,500 | 0,060 |
| ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ | 1900 | 0,020 | 0,872 | 0,023 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 0,280 | | 2,509 |
| Ri | 0,100 | | | |
| R | 2,509 | | | |
| Ra | 0,040 | | | |
| Rt | 2,649 | | | |
| U (W/m²K) | 0,378 | < 0,45 (απαιτήση κανονισμού) | | |
| U (W/m²K) ecotect | 0,370 | | | |

Εικ 5.28: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας



Εικ 5.29: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: kelyfos

Operation: Weekdays 07-01, Weekends 08-02.

Thermostat Settings: 20.0 - 25.0 C

Max Heating: 7083 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 5630 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1390400 | 0 | 1390400 |
| Feb | 1534225 | 0 | 1534225 |
| Mar | 1141652 | 0 | 1141652 |
| Apr | 274976 | 0 | 274976 |
| May | 18841 | 150754 | 169595 |
| Jun | 0 | 638102 | 638102 |
| Jul | 0 | 946600 | 946600 |
| Aug | 0 | 1104706 | 1104706 |
| Sep | 0 | 374939 | 374939 |
| Oct | 394843 | 0 | 394843 |
| Nov | 370730 | 0 | 370730 |
| Dec | 923962 | 0 | 923962 |
| TOTAL | 6049628 | 3215102 | 9264730 |

Εικ. 5.30: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Αμόνωτο | 12373,970 | 5330,438 | 17704,408 | 12,386 | 9,857 |
| Εξ. Θερμομόνωση | 6049,628 | 3215,102 | 9264,730 | 7,083 | 5,630 |
| Διαφορά | -6324,342 | -2115,336 | -8439,678 | -5,303 | -4,245 |
| Μεταβολή % | -51,110 | -39,684 | -47,670 | -42,814 | -43,066 |

Εικ.5.31: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

Κόστος: Η διαφορά κόστους για εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης με ένα αμόνωτο κτήριο έγκειται στα υλικά που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της. Αυτό σημαίνει ότι υλικά όπως τα επιχρίσματα δεν έχουν συνυπολογιστεί στο κόστος τοποθέτησης θερμομόνωσης. Δηλαδή οι κοινές

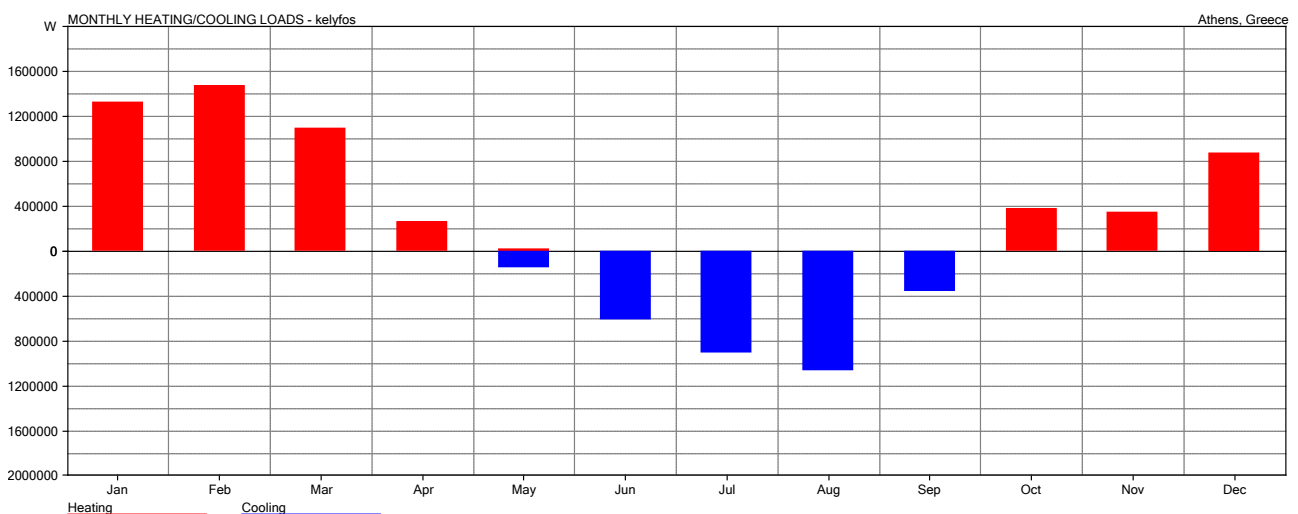
εργασίες και υλικά που εφαρμόζονται και στις δύο περιπτώσεις (αμόνωτο – μονομένο), έχουν αφαιρεθεί από το γενικό κόστος τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, Ύστερα από έρευνα προσφορών σε διάφορες εταιρίες [73] η διαφορά αυτή διαμορφώθηκε στα 45€ για τα κάθετα στοιχεία, 16€ για την στέγη και 13 για το δώμα. Η επιφάνεια που πρέπει να καλυφθεί είναι:

- Κάθετα στοιχεία: $301,00 \text{ m}^2 * 35 \text{ €} = 10535 \text{ €}$
- Στέγη: $41,00 \text{ m}^2 * 16\text{€} = 656 \text{ €}$
- Δώμα: $25,00 \text{ m}^2 * 13\text{€} = 325 \text{ €}$
- Σύνολο: **11516 €**

Η εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως 8.439,678 kWh με κόστος κλιματωσης στα 0,09 €/h θα αποφέρει εξοικονόμηση χρημάτων $8.439,678 \text{ kWh} * 0,09 \text{ €/kWh} = 759,57 \text{ €}$ ανά έτος, και συνεπώς, η απόσβεση για την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης θα γίνει σε $11516/759,57 = 15,15$ έτη.

5.6.2 Εφαρμογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων

Στο μοντέλο του παραδείγματος, επιπρόσθετα από την ηλιοπροστασία που παρέχουν οι πρόβολοι πάνω από τα μπαλκόνια της πρόσοψης, μελετήθηκε η εφαρμογή συμβατικών συστημάτων σκίασης (τέντες). Τοποθετήθηκαν σε όλα τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες της ΝΔ όψης με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρουν πλήρη σκίαση εάν χρειαστεί.



Εικ 5.32: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

All Visible Thermal Zones

Comfort: Zonal Bands

Max Heating: 7083 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 5119 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1390400 | 0 | 1390400 |
| Feb | 1534225 | 0 | 1534225 |
| Mar | 1141652 | 0 | 1141652 |
| Apr | 274976 | 0 | 274976 |
| May | 18841 | 42741 | 61582 |
| Jun | 0 | 385098 | 385098 |
| Jul | 0 | 703910 | 703910 |
| Aug | 0 | 878649 | 878649 |
| Sep | 0 | 205778 | 205778 |
| Oct | 394843 | 0 | 394843 |
| Nov | 370730 | 0 | 370730 |
| Dec | 923962 | 0 | 923962 |
| TOTAL | 6049628 | 2216176 | 8265804 |

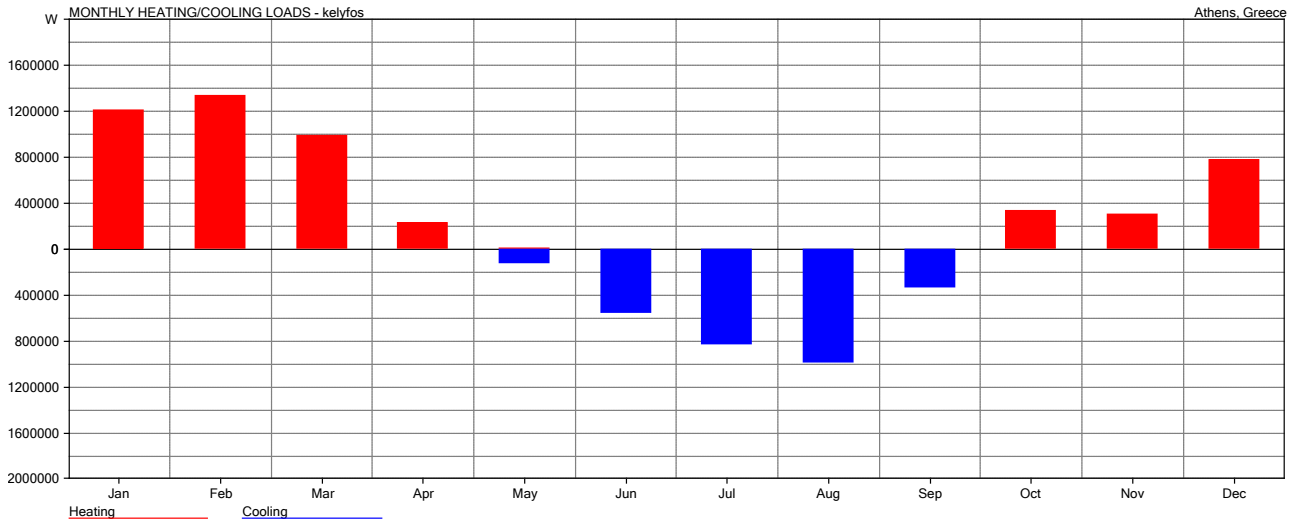
Εικ 5.33: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Εξ. Θερμομόνωση | 6049,628 | 3215,102 | 9264,730 | 7,083 | 5,630 |
| Ηλιοπροστασία | 6049,628 | 2216,176 | 8265804 | 7,083 | 5,119 |
| Διαφορά | 0 | -998,926 | -998,926 | 0 | -0,511 |
| Μεταβολή % | — | -31,070 | -1,357 | — | -9,076 |

Εικ.5.34: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή ηλιοπροστασίας)

Κόστος: το κόστος τοποθέτησης τέντας με μηχανισμό βραχίονα ανέρχεται στα 50€/m² [74], η συνολική επιφάνεια που καλύφθηκε είναι 9*2m² = 18m². Το κόστος ανέρχεται στα 18m² * 50€/m² = 900€, η εξοικονόμηση ενέργειας 998,926 kWh και η εξοικονόμηση χρημάτων 998,926 * 0,09 = 90€ τον χρόνο. Συνεπώς η απόσβεση θα συμβεί σε 900/90 = 10 χρόνια

5.6.3 Εφαρμογή υαλοπινάκων low-e



Εικ 5.35: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

All Visible Thermal Zones

Comfort: Zonal Bands

Max Heating: 6334 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 4615 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1209537 | 0 | 1209537 |
| Feb | 1341711 | 0 | 1341711 |
| Mar | 994544 | 0 | 994544 |
| Apr | 230392 | 0 | 230392 |
| May | 13659 | 38695 | 52354 |
| Jun | 0 | 353818 | 353818 |
| Jul | 0 | 649544 | 649544 |
| Aug | 0 | 815218 | 815218 |
| Sep | 0 | 188567 | 188567 |
| Oct | 334871 | 0 | 334871 |
| Nov | 304562 | 0 | 304562 |
| Dec | 782799 | 0 | 782799 |
| TOTAL | 5212076 | 2045842 | 7257918 |

Εικ 5.36: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

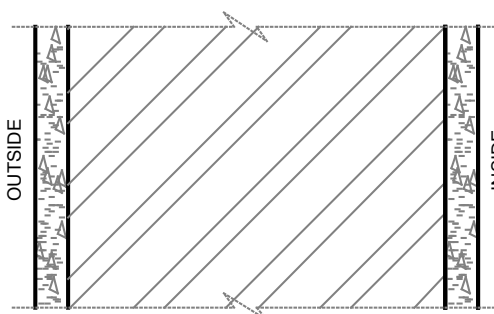
| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Εξ. Θερμομόνωση - Ηλιοπροστασία | 6049,628 | 2216,176 | 8265,804 | 7,083 | 5,119 |
| Low-e | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Διαφορά | -837,552 | -170,334 | -1007,886 | -0,749 | -0,504 |
| Μεταβολή % | -13,845 | -7,686 | -12,193 | -10,575 | -9,846 |

Εικ.5.37: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή υαλοπινάκων lowe)

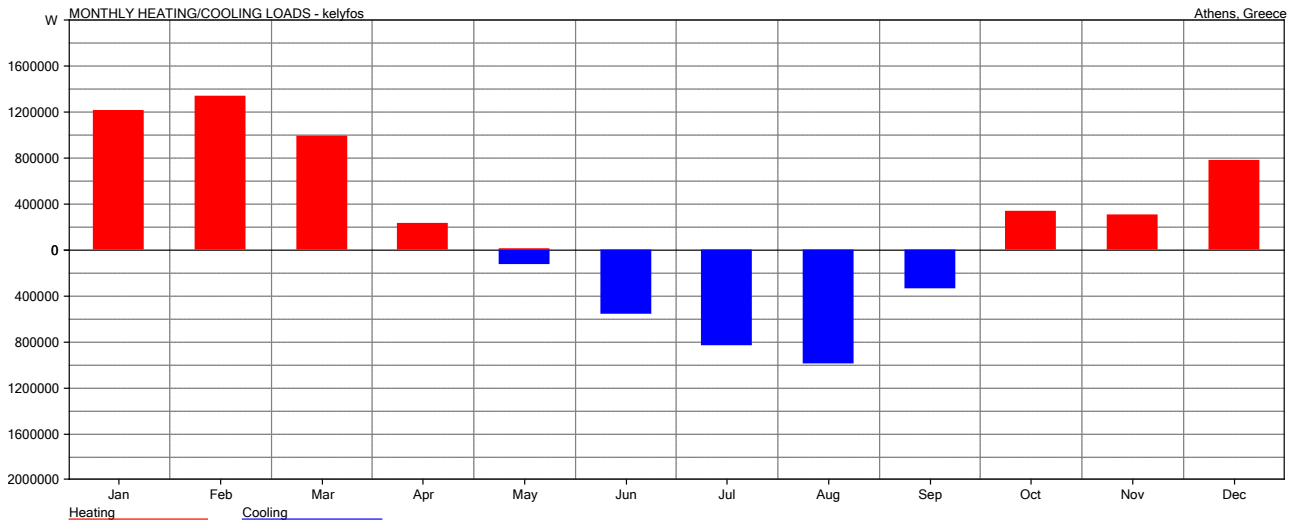
Κόστος: το κόστος ενός συμβατικού διπλού υαλοπίνακα ξεκινά από 40€/m², ενώ το κόστος ενός διπλού υαλοπίνακα low-e από 70€/m² [75]. Οι δαπάνες για τα αλουμινένια κουφώματα, τα εργατικά και την εγκατάσταση θεωρούνται ισόποσες για τις 2 περιπτώσεις, επομένως η διαφορά θα προκύψει αποκλειστικά από την διαφορά τιμής των υαλοπινάκων. Η συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων που καλύφθηκε από τους διπλούς υαλοπίνακες low-e είναι 18,3m², άρα το επιπλέον κόστος είναι (80-40)*18,3 = 732€. Η ετήσια διαφορά σε kWh είναι 1007,886, άρα η εξοικονόμηση θα είναι της τάξεως των 1007,886 kWh*0,09€/kWh = 96,71€ ανά έτος. Τέλος, η απόσβεση της δαπάνης θα πραγματοποιηθεί σε 732/96,81 = 8 χρόνια.

5.6.4 Αύξηση θερμικής μάζας

Θα διερευνηθεί η αύξηση θερμικής μάζας μέσω διόγκωσης των εσωτερικών τοίχων από 12 σε 21 cm. Η συνολική επιφάνεια των εσωτερικών τοίχων είναι περί τα 54 m², συνεπώς ο όγκος που προσαρτήθηκε κατά την διαδικασία αύξησης της θερμικής μάζας είναι 54 * 0,09 = 4,86 m³



Εικ 5.38: Διατομή εσωτερικού τοίχου



5.39: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

All Visible Thermal Zones

Comfort: Zonal Bands

Max Heating: 6334 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 4792 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1209538 | 0 | 1209538 |
| Feb | 1341712 | 0 | 1341712 |
| Mar | 994545 | 0 | 994545 |
| Apr | 230392 | 0 | 230392 |
| May | 13703 | 93498 | 107201 |
| Jun | 0 | 484049 | 484049 |
| Jul | 0 | 754209 | 754209 |
| Aug | 0 | 919856 | 919856 |
| Sep | 0 | 278749 | 278749 |
| Oct | 334871 | 0 | 334871 |
| Nov | 304563 | 0 | 304563 |
| Dec | 782799 | 0 | 782799 |
| TOTAL | 5212123 | 2530361 | 7742484 |

Εικ 6.4: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|---|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Εξ. Θερμομόνωση - Ηλιοπροστασία - low-e | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Θερμική μάζα | 5212,123 | 2530,361 | 7742,484 | 6,334 | 4,792 |
| Διαφορά | 0,047 | -0,003 | 0,044 | 0 | 0 |
| Μεταβολή % | 0 | 0 | 0 | - | - |

Εικ.5.40: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (αύξηση θερμικής μάζας)

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η αύξηση θερμικής μάζας μέσω αύξησης της διατομής των εσωτερικών τοίχων είναι μία εφαρμογή που επηρεάζει αρνητικά τα αποτελέσματα. Ακόμα, μια ενδεχόμενη τέτοιου είδους εφαρμογή θα μείωνε αισθητά τον χώρο σε μία τόσο μικρή κατοικία. Επομένως, αυτή η επιλογή δεν θα εφαρμοστεί.

5.6.5 Αποτελέσματα εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης, ηλιοπροστασίας, low-e

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Αμόνωτο | 12373,970 | 5330,438 | 17704,408 | 12,386 | 9,857 |
| Βιοκλιματικό | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Διαφορά | -7161,894 | -3284,596 | -10446,490 | -6,052 | -5,242 |
| Μεταβολή % | -57,879 | -61,620 | -59,005 | -48,886 | -53,180 |

Εικ.5.41: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh είναι 10446,490 ενώ η εξοικονόμηση χρημάτων είναι συνολικά $10446,490 * 0,09 = 940,18$ €. Έτσι διαμορφώνεται ο πίνακας:

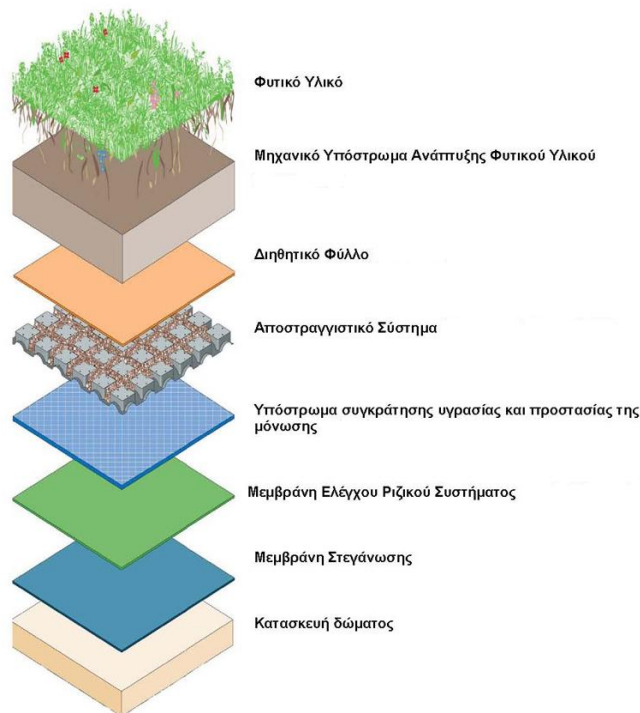
| Παρέμβαση | Κόστος (€) | Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/έτος) | Εξοικονόμηση ενέργειας (%) | Εξοικονόμηση Χρημάτων (€/έτος) |
|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Εξωτερική θερμομόνωση | 11.516,00 | 8439,678 | 47,670 | 759,57 |
| Ηλιοπροστασία | 900,00 | 998,926 | 1,357 | 90 |
| Low-e | 732,00 | 1007,886 | 12,893 | 986,71 |
| Συνολικό | 13.148,00 | 10.446,490 | 59,005 | 948,18 |
| Χρόνος απόσβεσης παρεμβάσεων | | 13,86 έτη | | |

5.7 Διαμόρφωση μικροκλίματος – Ενσωμάτωση Α.Π.Ε.

5.7.1 Φυτεμένο δώμα - στέγη

Επόμενο μέτρο η δημιουργία φυτεμένης στέγης στο μοντέλο. Επιλέχθηκε φύτευση εντατικού τύπου, ενώ θα γίνει κατασκευή «θερμής στέγης», χωρίς δηλ αεριζόμενο στρώμα εξισορρόπησης της πίεσης των υδρατμών, ώστε οι φυσικοδομικές επιδράσεις της φυτεμένης να λειτουργούν κανονικά στους υποκείμενους χώρους. Τα συστήματα φυτεμένων στεγών διαφοροποιούνται με βάση την κλίση τους, όπως αναφέρθηκε στη θεωρητική ανάλυση. Στο παράδειγμα αυτό, θα φυτευτεί η δිරριχτη στέγη του κεντρικού οικήματος, η οποία κατηγοριοποιείται ως στέγη μεγάλης κλίσης, αφού η κλίση της και στα δυο τμήματα της είναι μεγαλύτερη από 20° και μικρότερη από 40°. Επίσης, χρειάζεται να τοποθετηθεί ένα φράγμα υδρατμών κάτω από την θερμομόνωση, ούτως ώστε να εμποδιστεί η διείσδυση και η συμπύκνωση υδρατμών μέσα στο μονωτικό στρώμα.

Γενικά, η φύτευση μιας στέγης αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία: επιδερμίδα στέγης, μεμβράνη στεγάνωσης, μεμβράνη ελέγχου ριζικού, υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης, αποστραγγιστικό σύστημα, διηθητικό φύλλο, μηχανικό υπόστρωμα ανάπτυξης φυτικού υλικού, και τέλος βλάστηση. Αυτή η κατασκευή προσθέτει ένα επιπλέον βάρος 100-300 kg/m² και επιπλέον κόστος 60-110 €/m². Για συνηθισμένα κτήρια, θεωρείται μία λύση αρκετά ακριβή. Η διαμόρφωση της φύτευσης της δිරριχτης στέγης (στέγη μεγάλης κλίσης) απαιτεί κάποια παραπάνω μέτρα κατά της ολίσθησης του υποστρώματος. Κάποια από αυτά τα μέτρα μπορεί να είναι η χρήση αντιολισθητικών τραβέρσων κάτω από την επιδερμίδα της στέγης, η τοποθέτηση λίθων ή οικοδομικού πλέγματος μέσα στο υπόστρωμα, η εφαρμογή ανελαστικών ή «ακιδωτών» μεμβρανών, η τοποθέτηση βλάστησης με τη μορφή χλοοτάπητα ή μεμβράνης φύτευσης, και τέλος η χρησιμοποίηση άκαμπτων πλακών πηλού, άλευρου σίκαλης και ξυλόμαλλου.



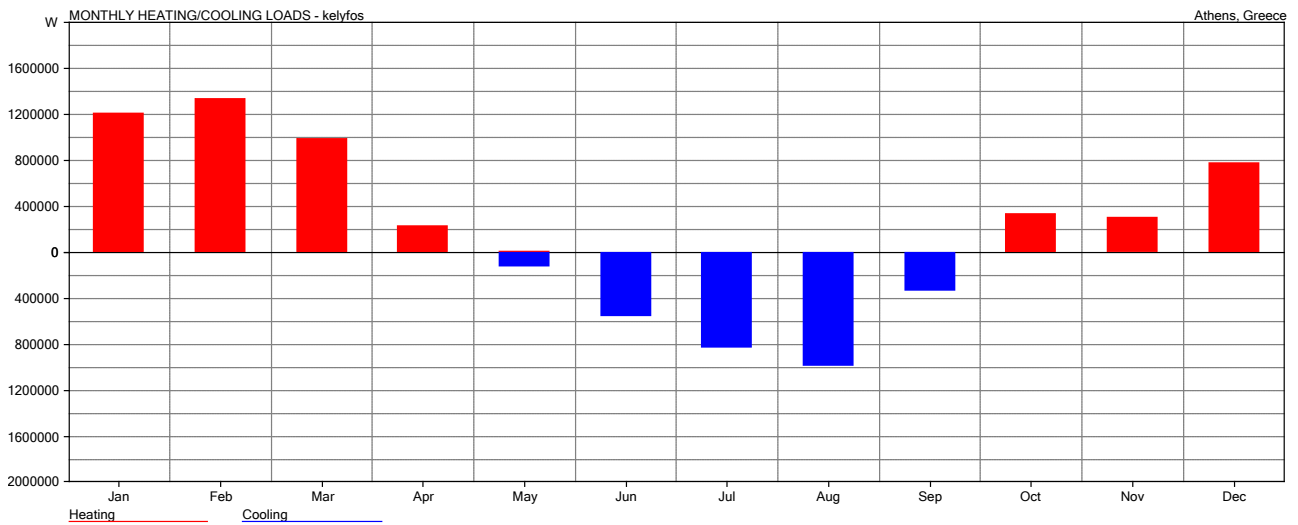
Εικ.3.24: Τομή πράσινης στέγης

Πηγή: www.antemisar.gr

Η δημιουργία μιας φυτεμένης στέγης προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, ωστόσο αυτό που πρώτιστα ενδιαφέρει σ' αυτή την ανάλυση είναι η θερμομονωτική λειτουργία της, η οποία οφείλεται στα ακόλουθα φαινόμενα:

- Το στρώμα αέρα που περικλείεται στα φυτά λειτουργεί ως θερμομονωτικό στρώμα. Όσο πυκνότερο και όσο παχύτερο είναι το φυτικό στρώμα, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει.
- Ένα μέρος της θερμικής ακτινοβολίας μεγάλου κύματος που εκπέμπεται από το κτήριο ανακλάται από το φύλλωμα, ένα άλλο μέρος απορροφάται. Έτσι, μειώνεται η δι' ακτινοβολίας απώλεια θερμότητας του κτηρίου.
- Ένα πυκνό στρώμα βλάστησης απομακρύνει τον αέρα από την επιφάνεια του υποστρώματος. Καθώς λοιπόν στην επιφάνεια αυτή δεν υπάρχει κίνηση του αέρα, οι απώλειες θερμότητας, λόγω του αέρα, είναι σχεδόν μηδενικές. Επειδή σε παλιότερα, εκτεθειμένα κτήρια χωρίς καλή μόνωση οι απώλειες θερμότητας σε μεταφορά (ιδιαίτερα μέσω του αέρα) μπορεί να υπερβαίνουν το 50%, ένα πυκνό φυτικό στρώμα προσφέρει την αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Νωρίς το πρωί, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ελάχιστη, και άρα είναι μέγιστη η διαφορά θερμοκρασίας και οι απώλειες θερμότητας από τους θερμούς εσωτερικούς χώρους προς τα έξω, πάνω στην βλάστηση δημιουργείται πάχνη. Η δημιουργία πάχνης αυξάνει την θερμοκρασία στο στρώμα της βλάστησης, κι έτσι μειώνεται πάλι η απώλεια θερμότητας με μεταφορά.
- Μέσω της διαπνοής του ριζικού συστήματος προκύπτουν θερμικά κέρδη –ακόμα και μικρά– στην περιοχή του χώματος, τα οποία συμβάλλουν στο να μην παγώνει το χώμα.
- Επειδή κατά τη μετατροπή 1γρ. νερού σε πάγο αποδεσμεύονται με τη μορφή θερμότητας 80 cal, χωρίς να μειωθεί η θερμοκρασία, το παγωμένο τμήμα του χώματος διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα θερμοκρασία 0°C, ακόμη και όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι σημαντικά χαμηλότερη. Σε θερμοκρασία +20° C (εσωτερικά), -20° C (εξωτερικά) και για μια θερμοκρασία εδάφους ±0° C, μειώνεται η δια μεταφοράς απώλεια θερμότητας της κατασκευής της στέγης γύρω στο 50%, δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα είναι διπλάσια απ' αυτή μιας ίδιας στέγης χωρίς χώμα και βλάστηση. Βέβαια, κατά το λιώσιμο του πάγου, καταναλώνεται η αντίστοιχη ενέργεια των 80cal/gr πάγου για την μετατροπή του σε υγρή μορφή, επειδή όμως, σε τελευταία ανάλυση, αυτή απορροφάται από τον αέρα, προκύπτουν, αν το δει κανείς συνολικά, μέσω αυτού του φαινομένου της έμμεσης θερμοσυσσώρευσης, θερμικά κέρδη για τη στέγη.

Η σημασία του φαινομένου του δροσισμού των φυτεμένων στεγών το καλοκαίρι, που εξασφαλίζει ένα ισορροπημένο εσωτερικό περιβάλλον, είναι μεγαλύτερη από αυτήν της θερμομονωτικής λειτουργίας του χειμώνα. Επανειλημμένα διαπιστώθηκε ότι με μια εξωτερική θερμοκρασία αέρα άνω των 30° C, η θερμοκρασία κάτω από το χώμα του φυτεμένου δώματος δεν ξεπέρασε τους 20° C. Αυτό οφείλεται αφενός στο ότι η ηλιακή ακτινοβολία δεν θερμαίνει το χώμα λόγω του σκιασμού της βλάστησης, και αφετέρου, στο ότι η ηλιακή ενέργεια καταναλώνεται διαρκώς λόγω της εξάτμισης του νερού, της ανάκλασης και της απορρόφησης για την φωτοσύνθεση.



Εικ 5.42: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: kelyfos

Operation: Weekdays 07-01, Weekends 08-02.

Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 6309 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 4610 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1202524 | 0 | 1202524 |
| Feb | 1334079 | 0 | 1334079 |
| Mar | 988802 | 0 | 988802 |
| Apr | 229869 | 0 | 229869 |
| May | 13770 | 47437 | 61207 |
| Jun | 0 | 352351 | 352351 |
| Jul | 0 | 646943 | 646943 |
| Aug | 0 | 811829 | 811829 |
| Sep | 0 | 189660 | 189660 |
| Oct | 333143 | 0 | 333143 |
| Nov | 302689 | 0 | 302689 |
| Dec | 777558 | 0 | 777558 |
| TOTAL | 5182435 | 2037502 | 7219937 |

Εικ 5.43: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Βιοκλιματικό | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Φυτεμένο δώμα - στέγη | 5182,435 | 2037, 502 | 7219,937 | 6,309 | 4,608 |
| Διαφορά | -29,641 | -7,432 | -37.074 | -0,025 | -0,007 |
| Μεταβολή % | -0,569 | -0,261 | -0,460 | -0,395 | -0,142 |

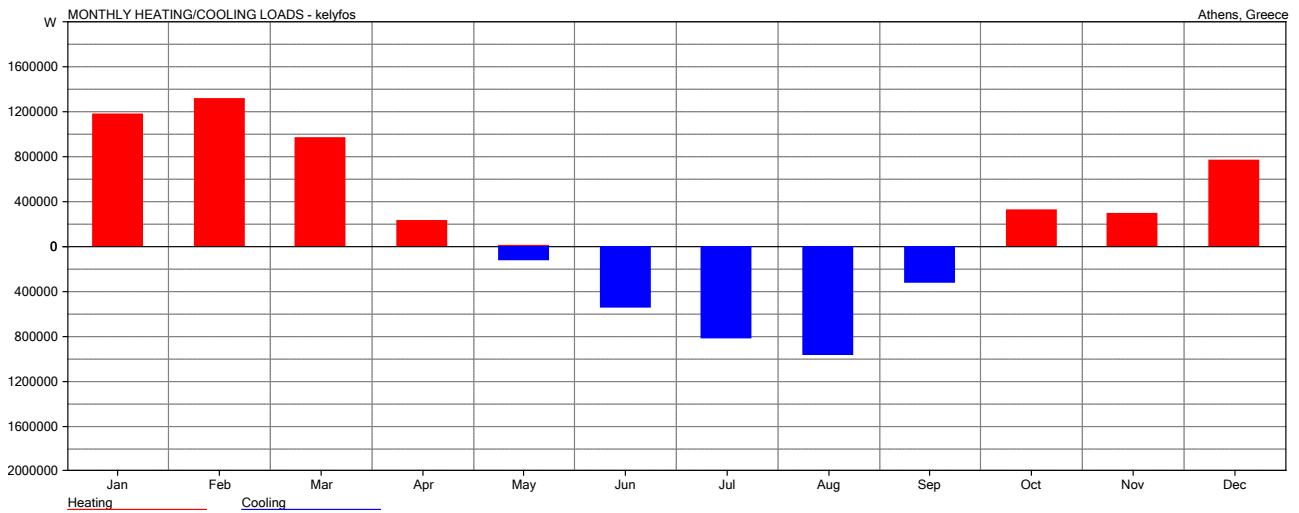
Εικ.5.44: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

Κόστος: το δώμα μαζί με τη δίρριχτη στέγη καλύπτουν επιφάνεια ίση με $25,38+41,35 = 66,73\text{m}^2$. Η τιμή για την κατασκευή μιας φυτεμένης στέγης κυμαίνεται με μικρές αποκλίσεις για τις περισσότερες εταιρίες στα 100€/m^2 , συν 250€ για το σύστημα ποτίσματος. Επομένως η δαπάνη θα ισούται με $66,73\text{m}^2 * 100\text{€/m}^2 + 250\text{€} = 6923\text{€}$. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να υπολογίσουμε την διαφορά του κόστους της πράσινης στέγης και του κόστους για την κατασκευή της κεραμοσκεπής, η οποία δεν θα εφαρμοστεί σε αυτό το σενάριο. Μια τυπική τιμή για την κατασκευή κεραμοσκεπής ανέρχεται στα 55€/m^2 , άρα αυτή η δαπάνη προκύπτει ίση με $55\text{€/m}^2 * 66,73\text{m}^2 = 3670\text{€}$. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η διαφορά προκύπτει ίση με $6923-3670 = 3253\text{€}$. Το ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι $37,074\text{ kWh} * 0,09\text{€/kWh} = 4\text{€}$, άρα η απόσβεση θα πραγματοποιηθεί σε $3253/4 = 813$ έτη. Επομένως η εφαρμογή είναι ασύμφορη.

5.7.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ

Εν προκειμένω, δεν θα εφαρμοστεί φύτευση δώματος και στέγης, επομένως η επόμενη κίνηση είναι να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πάνελ στην στέγη και την πέργολα της κατοικίας του παραδείγματος. Για ιδιώτες, όριο είναι η ισχύς των 10 kW . Πιο συγκεκριμένα, στα 41m^2 της στέγης μπορούν να τοποθετηθούν 25 πάνελ, ενώ στα 25m^2 της πέργολας άλλα 10, φτάνοντας μια συνολική ισχύ 7 kW [54]. Το κόστος για την εγκατάσταση αυτού του αριθμού φωτοβολταϊκών πάνελ αναμένεται να κυμανθεί στα 31500€ περίπου, ενώ παράλληλα το κόστος συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικό. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας θα φτάνει τις 9450 kWh , οδηγώντας σε ένα ετήσιο εισόδημα της τάξης των 5200€ , καθώς κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά πάνελ πωλείται στη ΔΕΗ προς $0,55\text{€}$, με τη σύμβαση να διαρκεί 25 χρόνια και την τιμή να αυξομειώνεται βάσει πληθωρισμού. Με βάση αυτά τα στοιχεία, ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης της δαπάνης εκτιμάται στα $31500/5200=6,06$ χρόνια, διάστημα το οποίο είναι πολύ λογικό και συμφέρον.

Παράλληλα, αξίζει να εξεταστεί εντός του ecotect πως θα επηρέαζε την συμπεριφορά του κτηρίου ενδεχόμενη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην στέγη και την πέργολα.



Εικ 5.45: Διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: kelyfos

Operation: Weekdays 07-01, Weekends 08-02.

Thermostat Settings: 20.0 - 26.0 C

Max Heating: 6252 W at 02:00 on 25th February

Max Cooling: 4598 W at 13:00 on 1st August

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Jan | 1186276 | 0 | 1186276 |
| Feb | 1316379 | 0 | 1316379 |
| Mar | 975225 | 0 | 975225 |
| Apr | 228274 | 0 | 228274 |
| May | 14016 | 38379 | 52395 |
| Jun | 0 | 349494 | 349494 |
| Jul | 0 | 641763 | 641763 |
| Aug | 0 | 805015 | 805015 |
| Sep | 0 | 186918 | 186918 |
| Oct | 328994 | 0 | 328994 |
| Nov | 298270 | 0 | 298270 |
| Dec | 765371 | 0 | 765371 |
| TOTAL | 5112806 | 2021569 | 7134375 |

Εικ 5.46: Ενέργεια για θέρμανση-ψύξη

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Βιοκλιματικό | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Πάνελ | 5112,806 | 2021,569 | 7134,375 | 6,252 | 4,598 |
| Διαφορά | -99,27 | -24,273 | -123,543 | -0,082 | -0,017 |
| Μεταβολή % | -1,905 | -1,186 | -1,702 | -1,295 | -0,368 |

Εικ.5.47: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (φωτοβολταϊκά πάνελ)

Η πρόσφορα στην συνολική συμπεριφορά του κτηρίου είναι πολύ μικρή , συνεπώς δε θα την λάβουμε υπόψη στην απόσβεση του κόστους

5.7.3 Γεωθερμική αντλία

Θα μπορούσε να εγκατασταθεί με μία δαπάνη της τάξης των 14000€ (σύμφωνα με την εταιρία [Energy Homes](#)) ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας μαζί με το ενδοδαπέδιο σύστημα μετάδοσης της ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους. Σύμφωνα με την εταιρία το σύστημα αυτό μπορεί να εξοικονομήσει περίπου το 50% των συνολικών εξόδων για θέρμανση – ψύξη. Δεδομένου ότι το ecotect δεν μπορεί να προσημειώσει ένα τέτοιο σύστημα θα αναπροσαρμόσουμε τα αποτελέσματα που έχουμε εξάγει έως τώρα στην μείωση που ένα τέτοιο σύστημα εγγυάται. Θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι ο υπολογισμός αυτός χρησιμοποιεί την αναγκαία ενέργεια για θέρμανση – ψύξη του κτηρίου, όπως αυτή απορρέει από το σύστημα που έχει οριστεί στο πρόγραμμα ecotct, και την διαιρεί διά του 2. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι η ενέργεια που καταναλώνει το γεωθερμικό σύστημα να επιτύχει θέρμανση – ψύξη του χώρου στα επιθυμητά επίπεδα. Οι υπολογισμοί είναι ενδεικτικοί για τις δυνατότητες του συστήματος αυτού.

| | Heating loads (kWh) | Cooling loads (kWh) | Total loads (kWh) | Max Heating (kW) | Max Cooling (kW) |
|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Βιοκλιματικό - πάνελ | 5212,076 | 2045,842 | 7257,918 | 6,334 | 4,615 |
| Γεωθερμική αντλία | 2556,403 | 1408,561 | 3964.964 | 3,126 | 2,445 |
| Διαφορά | -2556,403 | -1408,561 | -3964.964 | -3,126 | -2,445 |
| Μεταβολή % | -50,00 | -50,00 | -50,00 | -50,00 | -50,00 |

Εικ.5.48: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

Το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 14000€ , η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας είναι 3964,964 kWh, το κέρδος αναμένεται περί τα $3964,964 \text{ kWh} * 0,09 \text{ €/kWh} = 356\text{€}$ Τα κέρδη από

αποφυγή εγκατάστασης λέβητα και air-condition είναι 6500€ Επομένως η απόσβεση θα γίνει σε $(14000 - 6500)/356 = 21$ χρόνια.

5.7.4 Μικρή ανεμογεννήτρια

Μια καλή επιλογή θα ήταν η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας καθέτου άξονα πάνω στο δώμα της κατοικίας. [67] Αυτός ο τύπος ανεμογεννητριών μπορεί να αποδίδει ακόμα και με μία μίνιμουμ ένταση ανέμου της τάξης των 2 μποφόρ, και δεν επηρεάζεται από την διεύθυνση του ανέμου. Σε συνδυασμό με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μπορούμε να επιτύχουμε το όριο των 10 kW. Η τιμή χονδρικής της εταιρίας Air Sun για ανεμογεννήτρια της κατηγορίας των 3kW, που είναι το μέγιστο όριο για αφορολόγητη χρήση από ιδιώτη, κυμαίνεται στα 13050€ Το πλεονέκτημα της ανεμογεννήτριας αυτής όπως ορίζεται από την εταιρία είναι ότι μπορεί να αποδώσει στο 100%, λόγω του ότι στην περιοχή της Σαρωνίδας υπάρχει κατάλληλη κλιματολογική δραστηριότητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από ανεμογεννήτρια πωλείται στη ΔΕΗ προς 0,45€, με τη σύμβαση να διαρκεί 25 χρόνια και την τιμή να αυξομειώνεται βάσει πληθωρισμού. Τα ετήσια κέρδη αναμένονται στα $4142\text{kWh} * 0,45 \text{ € kWh} = 1864\text{€}$ Σύμφωνα με το παραπάνω, ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης της δαπάνης εκτιμάται στα $13050/1864 = 7$ χρόνια.

5.7.5 Συνολική εφαρμογή Α.Π.Ε.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα εφαρμογής όλων των συστημάτων Α.Π.Ε.

| Παρέμβαση | Κόστος (€) | Ενεργειακά κέρδη (kWh/έτος) | Οικονομικά κέρδη (€έτος) | Απόσβεση (έτη) |
|----------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| Φ.Β | 31.500 | 9450,000 | 5.200 | 6 |
| Γ.Α.Θ. | 7.500 | 3964,964 | 356 | 21 |
| Ανεμογεννήτρια | 13.050 | 4142,000 | 1.864 | 7 |
| Σύνολα | 52.050 | 17556,964 | 7.420 | 7 |

5.8 Εφαρμογή όλων των παρεμβάσεων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα εφαρμογής των παρεμβάσεων ήπιου βιοκλιματικού χαρακτήρα καθώς και των συστημάτων Α.Π.Ε.:

| Παρέμβαση | Κόστος (€) | Ενεργειακά κέρδη (kWh) | Οικονομικά κέρδη (€έτος) | Απόσβεση (έτη) |
|-----------------|---------------|------------------------|--------------------------|----------------|
| Ήπιου χαρακτήρα | 13.148 | 10.446,490 | 948,18 | 13,86 |
| Α.Π.Ε | 52.050 | 17556,964 | 7.420 | 7 |
| Σύνολα | 65.198 | 28.003,454 | 8.368 | 7,8 |

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι η κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας τελικά δεν είναι μια δύσκολη υπόθεση, όπως πιστεύουν οι περισσότεροι. Ειδικότερα, εφαρμόζοντας μερικά απλά, ήπιας μορφής, βιοκλιματικά μέτρα, όπως αυτά που πραγματοποιήσαμε στο πείραμα, είναι δυνατόν να βελτιωθεί η θερμική και ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας και κεφαλαίου, αλλά και βελτιώνοντας τις συνθήκες διαβίωσης μες στους εσωτερικούς χώρους.

Μέσα από το παράδειγμα εφαρμογής, βγήκαν μερικά πολύ χρήσιμα συμπεράσματα. Εν προκειμένω, αποδείχτηκε ότι:

- η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης,
- η τοποθέτηση συστημάτων σκίασης
- η τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e,

ήταν μέτρα τα οποία συντέλεσαν ώστε να μειωθούν δραστικά τα ολικά ετήσια φορτία θέρμανσης και ψύξης της κατοικίας. Πρέπει να επισημανθεί το μικρό σχετικά κόστος, αλλά και κοντινό χρονικό ορίζοντα απόσβεσης της δαπάνης. Αποτελεσματικότερο από όλα τα «ήπιας μορφής μέτρα» αναδείχτηκε η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης με συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που έφτασε το 47%.

Παράλληλα αποδείχθηκε ότι η εγκατάσταση Α.Π.Ε.:

- Φωτοβολταϊκού συστήματος
- Γεωθερμικής αντλίας
- Μικρής ανεμογεννήτριας

αν και είναι μια πιο κοστοβόρα διαδικασία μπορεί αποσβεθεί γρήγορα. Φυσικά πρέπει να αναλογιστούμε ότι με συμβάσεις 25ετίας και χρόνο απόσβεσης στα 7 χρόνια, μπορεί να αποφέρει για τουλάχιστον 18 χρόνια ένα εξτρά εισόδημα στους κατοίκους του κτηρίου.

Τέλος, τα στοιχεία που αντλήσαμε από τις παραπάνω εφαρμογές καθήστουν την εφαρμογή βιοκλιματικών παρεμβάσεων στα κτήρια ως επιβεβλημένη πράξη. Από την άλλη, οι ακριβές επεμβάσεις δεν είναι πανάκεια, και ειδικά κατά τις τωρινές συνθήκες οικονομικής ύφεσης, όμως πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν. Συμπερασματικά, πρέπει η οικολογική συνείδηση να γίνει κτήμα όλης της κοινωνίας, διότι μόνο οφέλη, περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά, μπορούν να προκύψουν από μία τέτοια διαδικασία.

Βιβλιογραφία

1. www.cres.gr
2. epp.eurostat.ec.europa.eu
3. www.healthyheating.com
4. www.opengoc.gr
5. «Οικολογική Αρχιτεκτονική» Γρ. Σταμούλος 2004
6. «Κτήριο και Περιβάλλον» Ηλιας Ευθυμιάδης, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
7. «Ενεργειακός Σχεδιασμός – Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες» Μαλλιάρης, Παιδεία για την Ευρωπαϊκή επιτροπή 1994.
8. www.hse.gov.uk
9. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Περιβάλλον και Ποιότητα» Ελένη Ανδρεαδάκη, εκδόσεις University studio press, Θεσσαλονίκη 2006
10. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης» Έλλη Γεωργιάδου, Ελένη Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, Ξενοφών Ζήσης, εκδοτικός οίκος Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1996.
11. «Energy in Architecture – The European Passive Solar Handbook» The energy research group.
12. «Ενεργειακός βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, οικισμών»
Γ. Κοντορούπης, Εκδόσεις Ε.Μ.Π. 2003
13. www.evonymos.org
14. www.staticart.gr
15. «Solar buildings» European students' competition for the design of solar buildings 1995-96.
Εκδόσεις Gangemi Editore, Ρώμη 1996
16. «Δομική φυσική II – Ενεργειακός σχεδιασμός, Παθητικά Ηλιακά Συστήματα» Μ.
Παπαδόπουλος, Κ. Αξαρή, Θεσσαλονίκη 1982
17. www.Biodomerg.blogspot.com
18. www.cres.gr
19. Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ
20. «Οικοδομική αρχιτεκτονική σύνθεση» E. Neufert, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδα, 2000
21. «Κτίρια, ενέργεια και περιβάλλον» Επιμέλεια: Π. Κοσμόπουλος, Εκδόσεις University Studio
Press, Θεσσαλονίκη 2008
22. «Οικολογική Αρχιτεκτονική» Κώστας και Θέμης Τσίππρας, Εκδόσεις Κέδρος 2005
23. «Οικολογική Δόμηση» Η. Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 2000
24. «Κτήριο και περιβάλλον» Η. Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
25. [www. Bloggerkm2009.blogspot.com](http://www.Bloggerkm2009.blogspot.com)
26. www.toprasinoblog.com
27. «Ενεργειακός σχεδιασμός – Εισαγωγή για αρχιτέκτονες» Architecture Research Group, School
of Architecture, Universite Catholique de Louvain, Belgium
28. www.portal.tee.gr
29. www.architecture.about.com
30. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων» Κ. Τσίππρας, Έκδοση της Π-System, 2000

31. www.azsolarcenter.com
32. www.monosimacon.blogspot.com
33. «Φύτευση στεγών απλά και αποτελεσματικά» Gernot Minke, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 2009
34. www.tsb.wetterau.de
35. www.ecofinder.gr
36. www.buildinggreen.gr
37. www.heatcoolwater.gr
38. www.prasinistegi.gr
39. www.georhythmiki.gr
40. www.ecofriend.com
41. www.bioxo.com
42. www.builditsolar.com
43. www.solatube.com
44. www.solalighting.com
45. www.freshomedesign.com
46. www.learn.londonnet.ac.uk
47. www.skiasi.com.gr
48. www.econews.gr
49. www.egpaidblogspot.com
50. www.enet.gr
51. www.greekarchitects.gr
52. www.newsit.gr
53. www.noesis.edu.gr
54. www.selasenergy.gr
55. www.ypeka.gr
56. www.helio-energia.com
57. www.solar-systems.gr
58. www.s-ol-ar.gr
59. www.skai.gr
60. www.wcubed.com
61. www.sigma-geo.gr
62. www.infloorsystem.gr

63. www.gaiadrill.gr
64. www.oikofire.gr
65. www.kozas4urplace.gr
66. www.energia.gr
67. www.air-sun.gr
68. www.solargr.com
69. www.aenaon.net
70. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών»
71. www.portal.tee.gr
72. www.dei.gr
73. www.nyfan.gr
74. www.prismaglass.gr

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τις εφαρμογές του Β.Σ. για την μείωση των θερμικών - ψυκτικών φορτίων στον κατασκευαστικό τομέα. Ειδικότερα, μελετάται η περίπτωση μιας υπό κατασκευή κατοικίας με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους, στην περιοχή της Σαρωνίδας Το ζητούμενο είναι η βέλτιστη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών με απώτερο σκοπό την βελτίωση της συνολικής θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου και των εσωτερικών συνθηκών διαβίωσης.

Η εργασία αυτή αναπτύσσεται σε πέντε βασικά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο καταγράφονται οι στόχοι και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού καθώς και ορίζεται η έννοια της θερμικής και οπτικής άνεσης.

Στο δεύτερο παρουσιάζονται τα συστήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στο τρίτο γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στο τέταρο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του κτηρίου και καταγραφή των δεδομένων που το αφορούν. Στη συνέχεια εξετάζονται, σε θεωρητικό επίπεδο, οι βιοκλιματικές τεχνικές που θα λάβουν χώρα στη κατοικία καθώς και δικαιολογείται η επιλογή τους σαν λύσεις για το παρών οίκημα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται πρακτική εφαρμογή όσων μελετήθηκαν. Αρχικά, τα σχέδια και τα δεδομένα του κτηρίου εισάγονται στο εξειδικευμένο λογισμικό Ecotect και πραγματοποιείται σε ηλεκτρονικό περιβάλλον η εφαρμογή των βιοκλιματικών παρεμβάσεων που προτάθηκαν. Τέλος εξετάζεται η αποδοτικότητα των μέτρων με όρους εξοικονόμησης ενέργειας και απόσβεσης κεφαλαίου.

Σε κάθε περίπτωση, η υιοθέτηση μιας οικολογικής νοοτροπίας μόνο θετικά μπορεί να επιδράσει πάνω στον τρόπο και την ποιότητα ζωής των πολιτών. Πιο συγκεκριμένα, τα συμπεράσματα τα οποία το παρών πόνημα στοχεύει να εξάγει είναι ότι η κατάλληλη επιλογή βιοκλιματικών τεχνικών, με κριτήριο τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, τις γενικές συνθήκες δόμησης και την οικονομική δυνατότητα κάθε ιδιώτη, μπορεί να συμβάλει θετικά στην θερμική συμπεριφορά, αλλά και στα οφέλη που απορρέουν από αυτή, οποιασδήποτε κατοικίας.

SUMMARY

This thesis deals with the applications of Bioclimatic Design for the reduction of the thermal - refrigeration loads in the building sector. In particular, is studied the case of a residence under construction with reinforced concrete frame and punched bricks, in the region of Saronida. The challenge is to find the optimal exploitation of renewable energy sources and, most importantly of all, the solar radiation, as well as to minimize the thermal losses with a view to improve the overall thermal behaviour of building and home living.

This research develops into five main chapters. In the first section lists the principles of the bioclimatic habitat design and defined the concept of the thermal and optical comfort.

In the second are the systems of the bioclimatic habitat design and in the third, reference is made to renewable sources of energy.

In the fourth chapter is the presentation of the building and it's recording data. Then there is the examination, on a theoretical level, of the bioclimatic techniques that will take place in residence as well as justification of their choice as solutions to the present premises.

In the fifth chapter, is the practical application of what has been studied. At first, the projects and the data of the building are imported in Ecotect software and takes place in electronic environment the application bioclimatic interventions that have been proposed. Finally we examine the effectiveness of the measures.

In any case, a positive eco-culture may only have a good effect on the quality of life of citizens. More specifically, the conclusions that the present research aims to export is that the appropriate choice of bio techniques, based on the local climatic conditions, the general building conditions and the economic capacity of each individual, can contribute positively to thermal performance, but also in the benefits any residence.