



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΙΚΡΗ ΕΞΟΧΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ



Φοιτητής: Ιπποκράτης Σταμπούλογλου Α.Μ. 01103028
Επιβλέπων καθηγητής: Ι. Τζουβαδάκης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2011

Επιμέλεια εξωφύλλου: Ναντίνα Σταμπούλογλου

Αφιερώσεις – ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κύριο Γιάννη Τζουβαδάκη για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγηση του, καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, η οποία με τη διαρκή στήριξη και αγάπη της όλα αυτά τα χρόνια με βοήθησε αποφασιστικά να εκπληρώσω πολλούς μικρούς και μεγάλους στόχους, καθώς και τους φίλους μου για την υπομονή και τη συμπαράσταση τους.

Μικρή περίληψη

Στην εργασία αυτή ερευνάται ο βέλτιστος σχεδιασμός μιας εξοχικής κατοικίας σύμφωνα με τις αρχές και την φιλοσοφία του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Πρόκειται για μια κατοικία συμβατικά κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία βρίσκεται στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής.

Στόχος ήταν η έρευνα της συμβολής συγκεκριμένων μέτρων στην εξοικονόμηση ενέργειας λειτουργίας του κτηρίου. Τα μέτρα ήταν: η εφαρμογή του βέλτιστου προσανατολισμού, η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, η χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e, η τοποθέτηση εξωτερικών σκίαστρων, η δημιουργία φυτεμένης στέγης, καθώς και η αύξηση της θερμικής μάζας του κτηρίου. Για καθένα από τα μέτρα αυτά έγινε εκτίμηση του κόστους της επένδυσης, της εξοικονόμησης ενέργειας και κεφαλαίου, όπως και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

Abstract

In this thesis, the optimal design of a summer house is being studied, always according to the principles and philosophy of bioclimatic design. This residence is conventionally constructed with the use of reinforced concrete and it is located in the region of Saronis, in Attica.

The purpose was to research the contribution of several specific measures in the saving of the building 's operating energy. These measures were: the implementation of the best orientation, the placement of external insulation, the use of low-emission glasses on windows, the placement of external sun shading devices, the creation of a green roof and the increase of the building thermal mass. There was also an assessment for each of the measures taken as for the cost of the investment, the energy and capital savings and the payback time as well.

Σύνοψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται τις εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού για τη μείωση των ετήσιων θερμικών-ψυκτικών φορτίων στον οικιακό τομέα. Στις μέρες μας, η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και η κατασπατάληση των φυσικών πόρων έχουν φέρει στο διεθνές προσκήνιο την έντονη ανάγκη λήψης μέτρων που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Το ζήτημα της ενεργειακής αυτονομίας, της εξοικονόμησης ενέργειας και της αλλαγής των τεχνολογικών προτύπων αποτελεί κρίσιμο στοίχημα για την κοινωνία.

Απ' αυτή τη λογική δεν θα μπορούσε να εξαιρεθεί ο κατασκευαστικός τομέας, για τον οποίο η βιοκλιματική αντίληψη αποτελεί την καλύτερη διέξοδο. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική ουσιαστικά επανατοποθετεί σε ισχύ τον παράγοντα της δυναμικής, αρμονικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα στοιχεία της φύσης, τον τοπικό φυσικό χώρο και το κτήριο. Αποστολή της είναι αφενός η βέλτιστη εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας, αφετέρου η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του κελύφους των κτηρίων. Η αποτελεσματική εφαρμογή της μπορεί να οδηγήσει σε οικολογικά και οικονομικά οφέλη, και επιπροσθέτως να βελτιώσει ριζικά τη συνολική θερμική συμπεριφορά του κτηρίου και να διαμορφώσει καλύτερες εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης.

Σκοπός του γράφοντος αποτελεί η γνωριμία και εξοικείωση με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τις αρχές που τον διέπουν. Καταρχάς, μελετήθηκαν σε θεωρητικό επίπεδο οι κανόνες και οι τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ενώ στην συνέχεια, ακολούθησε η εφαρμογή ορισμένων επεμβάσεων σε μικρή εξοχική κατοικία. Ο απώτερος στόχος ήταν να εξεταστεί πρακτικά η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητα της υιοθέτησης συγκεκριμένων κατάλληλων μέτρων σε όρους εξοικονόμησης ενέργειας, απαιτούμενης δαπάνης και χρόνου απόσβεσης αυτής. Η εκπόνηση της εργασίας αυτής διήρκησε συνολικά έξι μήνες.

Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής είναι το πρόγραμμα Autocad, μέσω του οποίου έγινε η δισδιάστατη και τρισδιάστατη 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, και του Microsoft Excel για τη δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο, μελετήθηκε σε βάθος ο βιοκλιματικός σχεδιασμός. Αρχικά, έγινε αναφορά στους περιβαλλοντικές παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα των

βιοκλιματικών εφαρμογών, και παρουσιάστηκαν με λεπτομέρεια τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας. Στη συνέχεια, μελετήθηκαν οι παράμετροι που διαμορφώνουν το επίπεδο ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτηρίων, και συγκεκριμένα η θερμική άνεση, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα και τέλος η οπτική άνεση. Επιπροσθέτως, ακολούθησε η ενημέρωση για την βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Εξετάστηκαν η φιλοσοφία της και οι αρχές της δίνοντας έμφαση στη χωρική τοποθέτηση του κτηρίου (θέση και προσανατολισμός) και στη μορφολογία του (γεωμετρία, διάταξη εσωτερικών χώρων). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτέλεσαν το επόμενο θέμα. Πέρα από την εκτενή παρουσίαση τους, έγινε επίσης ειδική μνεία στις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. ως προς την εφαρμογή τους. Στη συνέχεια, μελετήθηκαν ο φυσικός δροσισμός και ο φυσικός φωτισμός με λεπτομερή ανάλυση των επιμέρους τεχνικών τους. Τέλος, έγινε μια έρευνα πάνω στην ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον οικιακό τομέα.

Το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται το θέμα της θερμομόνωσης των κτηρίων. Περιγράφονται οι μηχανισμοί απώλειας θερμότητας, οι απαιτήσεις και οι βασικές έννοιες της θερμομόνωσης, και εξετάζεται ο τρόπος που συνδυάζεται η θερμομόνωση με την οικονομία. Επιπλέον, παρουσιάζονται μία πληθώρα οικολογικών και μη μονωτικών υλικών, αναδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται η πρακτική εφαρμογή των όσων μελετήθηκαν θεωρητικώς στα παραπάνω σε μικρή εξοχική κατοικία στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής. Πρόκειται για μια συμβατική κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιήσει τις ανάγκες μίας τριμελούς οικογένειας. Διαμορφώνεται σε δύο επίπεδα, φέρει δίρριχτη κεραμοσκεπή, ενώ ο περιβάλλον χώρος οικοπέδου συμπληρώνεται με φυτά και δέντρα. Πρώτα αναζητήθηκε και βρέθηκε ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτηρίου, κάνοντας χρήση του Weather Tool, ενός βοηθητικού λογισμικού του Ecotect. Ωστόσο, λόγω διάταξης του οικοπέδου και πολεοδομικών διατάξεων, προτιμήθηκε να παραμείνει ο αρχικός ο προσανατολισμός του κτίσματος. Με κριτήρια τη γεωμετρία του κτηρίου, τις κλιματικές συνθήκες, την απλότητα και οικονομικότητα στην εφαρμογή, επιλέχθηκαν οι εξής βιοκλιματικές επεμβάσεις: εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου, χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e στα ανοίγματα, δημιουργία φυτεμένης στέγης, αύξηση θερμικής μάζας, και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης. Στο τέλος, εξετάστηκε ο συνδυασμός των πιο αποδοτικών μέτρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι για καθεμία περίπτωση έγινε για λόγους εποπτείας σύγκριση τόσο με την αμόνωτη εκδοχή της κατοικίας, όσο και με τη συμβατικά μονωμένη (μόνωση πυρήνα) εκδοχή της. Για κάθε ένα μέτρο, έγινε θερμική ανάλυση του κτηρίου και υπολογισμός των ετήσιων αναγκών του για θέρμανση και ψύξη σε kWh. Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση με το αρχικό μοντέλο, καθώς και

υπολογισμός της δαπάνης, της εξοικονόμησης ενέργειας και του χρόνου απόσβεσης. Αποτελεσματικότερη όλων αποδείχτηκε η τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς οδήγησε σε μια μείωση των απαιτούμενων φορτίων κατά 46%. Τέλος, ο συνδυασμός των μέτρων είχε επίσης πολύ καλά αποτελέσματα αφού σημειώθηκε μείωση των ενεργειακών αναγκών κατά 56%, χωρίς ωστόσο να απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλος χρόνος απόσβεσης.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την μελέτη της εξοχικής κατοικίας, είναι ότι η εφαρμογή απλών και οικονομικών επεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα είχαν ικανοποιητικό αντίκτυπο στη θερμική συμπεριφορά του κτηρίου. Τέλος, έγιναν κάποιες προτάσεις για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση της κατοικίας, όπως πχ διάφορες τεχνικές φυσικού δροσισμού και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην στέγη μεταξύ άλλων. Ο τόμος κλείνει με τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε και το παράρτημα με τα λεπτομερή αρχιτεκτονικά σχέδια της κατοικίας.

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
ΜΙΚΡΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
SHORT SUMMARY	5
ΣΥΝΟΨΗ	6
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΕΙΔΙΚΟΙ ΟΡΟΙ	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	15
1.2.1 Ήλιος – Ηλιακή ενέργεια	15
1.2.1.1 Θέση στον ουρανό – «φαινόμενη» τροχιά	16
1.2.1.2 Ακτινοβολία	18
1.2.2 Το κλίμα της Ελλάδας	20
1.2.2.1 Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας	21
1.2.3 Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας	22
1.3 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	25
1.3.1 Θερμική άνεση	25
1.3.2 Ποιότητα εσωτερικού αέρα	29
1.3.3 Οπτική άνεση	34
1.3.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	36
1.4 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	37
1.4.1 Γενικά	37
1.4.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	37
1.4.3 Το κτήριο στο χώρο και η μορφολογία του	39
1.4.3.1 Θέση – προσανατολισμός	39
1.4.3.2 Γεωμετρία κτηρίου	40
1.4.3.3 Χρώμα κτηρίου	42
1.4.3.4 Διάταξη εσωτερικών χώρων	43
1.4.4 Λεπτομερής διάρθρωση βιοκλιματικής μελέτης	44
1.5 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	46

1.5.1	Δομικά στοιχεία παθητικών ηλιακών συστημάτων	46
1.5.2	Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους	47
1.5.3	Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους	48
1.5.3.1	Ηλιακοί τοίχοι μάζας	49
1.5.3.2	Ηλιακοί τοίχοι Trombe	50
1.5.3.3	Τοίχος νερού	53
1.5.4	Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους	54
1.5.4.1	Ηλιακοί χώροι – θερμοκήπια	54
1.5.4.2	Θερμοσιφωνικά πανέλα	56
1.5.5	Ενεργειακή απόδοση των Π.Η.Σ. στην Ελλάδα	58
1.5.6	Σύγκριση παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων	59
1.5.7	Δυσκολίες στην εφαρμογή των Π.Η.Σ. στα κτήρια	60
1.5.8	Απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ. για τα Π.Η.Σ. θέρμανσης	61
1.6	ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	64
1.6.1	Γενικά	64
1.6.2	Ηλιοπροστασία	64
1.6.2.1	Μεθοδολογία σχεδιασμού στοιχείων σκιασμού	67
1.6.2.2	Υλικά ηλιοπροστασίας	67
1.6.2.3	Επιλογή ως προς τον προσανατολισμό του κτηρίου	68
1.6.3	Ειδικά κρύσταλλα	69
1.6.4	Ανακλαστικά επιχρίσματα	71
1.6.5	Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών	72
1.6.6	Επάρκεια θερμικής μάζας	72
1.6.7	Ψύξη μέσω εδάφους	72
1.6.8	Θερμομόνωση	75
1.6.9	Φυσικός αερισμός	76
1.6.9.1	Γενικές αρχές	76
1.6.9.2	Βασικοί τύποι και τεχνικές φυσικού αερισμού	77
1.6.10	Τεχνητός αερισμός	80
1.6.11	Διπλό και αεριζόμενο κέλυφος	81
1.6.12	Νυκτερινή ακτινοβολία	82
1.6.12.1	Μεταλλικός ακτινοβολητής	83
1.6.12.2	Λίμνες οροφής	84

1.6.13 Εξατμιστικός δροσισμός	84
1.6.14 Διαμόρφωση μικροκλίματος	86
1.6.14.1 Φυτεμένο δώμα – στέγη	86
1.6.14.2 Κατακόρυφοι κήποι	89
1.7 ΦΩΤΙΣΜΟΣ	92
1.7.1 Σημασία και επιρροή στον άνθρωπο	92
1.7.2 Φωτισμός κτηρίων και εξοικονόμηση ενέργειας	93
1.7.3 Φυσικός φωτισμός	94
1.7.3.1 Ανοίγματα οροφής	96
1.7.3.2 Αίθρια	97
1.7.3.3 Φωτοσωλήνες	98
1.7.3.4 Φωταγωγοί	99
1.7.3.5 Διαφανή μονωτικά υλικά	99
1.7.3.6 Ηλιοστάσια	100
1.7.3.7 Εξωτερικά ή εσωτερικά ράφια φωτισμού	101
1.7.3.8 Περσίδες	102
1.7.4 Τεχνητός φωτισμός	103
1.7.4.1 Λαμπτήρες	103
1.7.4.2 Συσκευές σύνδεσης και λειτουργίας	108
1.7.4.3 Φωτιστικά σώματα	111
1.8 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ	115
1.8.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα	115
1.8.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	120
1.8.3 Βιομάζα	125
1.8.4 Μικρές ανεμογεννήτριες	126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	129
2.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	130
2.3 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	130
2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	132
2.5 ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	140
2.6 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	142

2.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	144
2.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	147
2.9 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	149
2.10 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	152
2.11 ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	154
2.12 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ	157
2.13 «ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ»	159

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

3.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΚΤΗΡΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	161
3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΗ ΕΡΓΟΥ	161
3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ	162
3.4 ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ECOTECT	163
3.5 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	164
3.6 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΑΡΧΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	167
3.7 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	169
3.7.1 Εύρεση βέλτιστου προσανατολισμού	170
3.7.2 Μελέτη εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης	173
3.7.3 Χρήση υαλοπινάκων low-e	176
3.7.4 Φυτεμένο δώμα – στέγη	181
3.7.5 Τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών συστημάτων σκίασης	188
3.7.6 Αύξηση θερμικής μάζας	192
3.7.7 Συνδυασμός μέτρων	196
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	199
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	201
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	203
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	206
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	207
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	210

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 και να επιζούν χρησιμοποιώντας αποκλειστικά τη φυσική ενέργεια που προσφερόταν από το περιβάλλον. Ιδιαίτερα οι πρωτόγονοι λαοί, που ήταν αναγκασμένοι να αρκούνται σε περιορισμένους πόρους, δεν είχαν το περιθώριο να κάνουν λάθη ή να σπαταλήσουν πολύτιμες ύλες και αγαθά. Τα παραδείγματα του υπόσκαφου 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

Βέβαια, τα αρχαία σπίτια πιθανότατα έχαναν τη θερμότητα από τον ήλιο όσο γρήγορα όσο την κέρδιζαν, εξαιτίας των φαινομένων μετάδοσης της θερμότητας με αγωγή, μεταφορά, και ακτινοβολία. Οι Ρωμαίοι ήταν οι πρώτοι που έκλεισαν τα παράθυρα με διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά (γυαλί, μίκα), παγιδεύοντας έτσι στο εσωτερικό των κτηρίων την ηλιακή ενέργεια, και βάζοντας τις βάσεις για την «παθητική» ηλιακή αρχιτεκτονική. Οι Ρωμαίοι ήταν επίσης οι πρώτοι που ανακάλυψαν την τεχνολογία των θερμοκηπίων, τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις τα προσαρτούσαν

στο κυρίως κτήριο με τρόπο που αφενός να εκμεταλλεύονται τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση, αφετέρου να αναπτύσσουν σε αυτά ειδικές καλλιέργειες. Επίσης, οι τεχνίτες παλιότερων εποχών φαίνεται ότι είχαν αρκετή εμπειρία στο θέμα της θερμομόνωσης, αξιοποιώντας συνήθως ντόπια υλικά.

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 αξιοποιούν με τον καλύτερο τρόπο τη διαθέσιμη ενέργεια του περιβάλλοντος, ζητώντας παράλληλα από το χρήστη να σκέφτεται πάνω στην λειτουργία του κτηρίου. το αποτέλεσμα δεν είναι μόνο η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, αλλά και μια πιο ευχάριστη διαβίωση αφού το 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. [1, 17]

1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

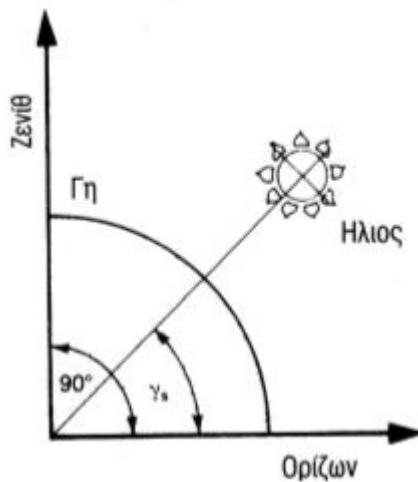
1.2.1 Ήλιος – ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η κινητήρια δύναμη ζωής πάνω στη γη. Θέτει σε κίνηση τους μεγάλους γεωφυσικούς και γεωχημικούς κύκλους, όπως τον κύκλο του νερού, του άνθρακα και του οξυγόνου, ενώ παίζει καθοριστικό ρόλο και στην διαμόρφωση του κλίματος. Η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί το 99% περίπου της συνολικής ενέργειας του πλανήτη. Στο υπόλοιπο 1% περιλαμβάνονται η θερμότητα από το κέντρο της γης, καθώς και η ενέργεια που οφείλεται στη δράση των βαρυτικών δυνάμεων μεταξύ γης, σελήνης και ήλιου. Από το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η γη, το 25% ανακλάται πίσω στο διάστημα(φαινόμενο albedo), το 50% θερμαίνει τον αέρα, τη γη και τη θάλασσα, το 23% τροφοδοτεί την εξάτμιση και τον κύκλο του νερού, το 1% κινεί ανέμους και κύματα, ενώ τέλος το 0,03% απορροφάται από την φωτοσύνθεση. Υπολογίζεται ότι η ετήσια αξιοποιήσιμη ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης φτάνει τις $15 \cdot 10^{17}$ Kwh, ποσότητα η οποία υπερβαίνει κατά πολύ τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας. Είναι επομένως προφανές ότι δεν υπάρχει ακόμα η απαραίτητη τεχνολογία για τη εκτενή δέσμευση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας, γεγονός που στοιχειοθετεί ένα μεγάλο «πράσινο» στοίχημα της ανθρωπότητας. [1, 6]

1.2.1.1 Θέση στον ουρανό – «Φαινόμενη» τροχιά

«Φαινόμενη» τροχιά ονομάζεται η αλληλουχία των θέσεων του ήλιου στο γήινο ουρανό στη διάρκεια μιας μέρας. Κάθε στιγμή, η τροχιά ορίζεται από δύο γωνιακές συντεταγμένες, οι οποίες είναι παρόμοιες για περιοχές ίδιου γεωγραφικού πλάτους: α) το ύψος του ήλιου h , και β) το αζιμούθιο του ήλιου A .

Το ύψος h είναι η γωνιακή απόσταση της θέσης του ήλιου από τον ορίζοντα (αφετηρία μέτρησης). Μετριέται σε μοίρες ($0-90^\circ$) πάνω σε ένα κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από την εκάστοτε θέση του ήλιου και τη θέση του παρατηρητή.



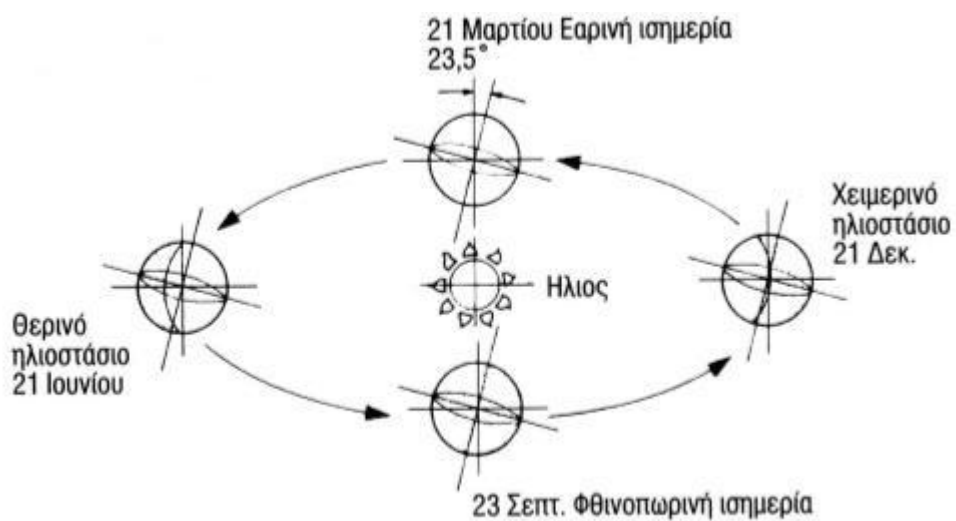
Εκ.1.1: Γωνία ύψους
Πηγή: [13]

Το αζιμούθιο A είναι η γωνιακή απόσταση που έχει διαγράψει ο ήλιος μία δεδομένη χρονική στιγμή στον ορίζοντα. Μετριέται σε μοίρες ($0-360^\circ$), ξεκινώντας από το Βορρά και με κατεύθυνση προς Ανατολή.

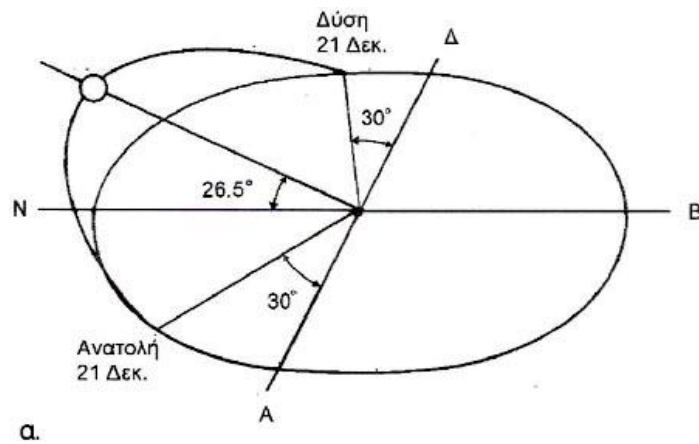


Εικ.1.2: Αζιμούθιο
Πηγή: [13]

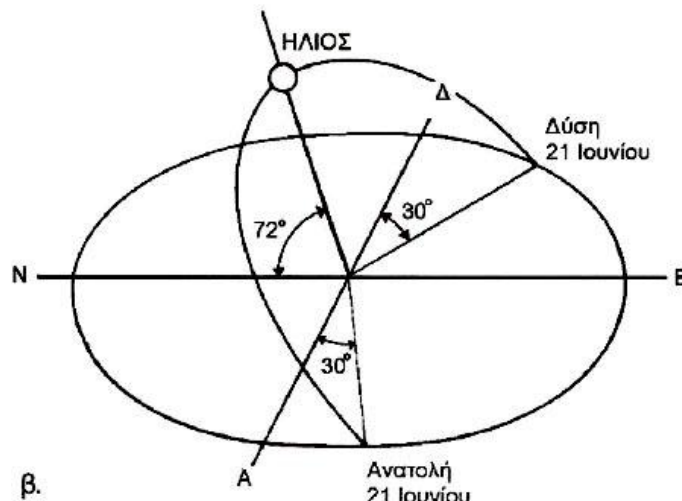
Η «φαινόμενη» τροχιά μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια του έτους, γεγονός που σχετίζεται άμεσα με την εναλλαγή των εποχών και την αντίστοιχη διαφοροποίηση του κλίματος. Η μέγιστη διαδρομή της σημειώνεται στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο), ενώ η ελάχιστη στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Επίσης, ισημερίες παρατηρούνται στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου. Η γνώση της ηλιακής «φαινόμενης» τροχιάς είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό βιοκλιματικών διατάξεων, όπως τα παθητικά ηλιακά συστήματα, ή για τον σχεδιασμό συστημάτων σκίασης, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εποχής για θέρμανση ή ψύξη. [1, 45, 54]



Εικ.1.3: Οι εποχές στο βόρειο ημισφαίριο
Πηγή: [13]



α.
Εικ.1.4: Χειμερινό ηλιοστάσιο
Πηγή: [45]



β.
Εικ.1.5: Θερινό ηλιοστάσιο
Πηγή: [45]

1.2.1.2 Ακτινοβολία

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια, έχει δυο συνιστώσες: την άμεση και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή η οποία φτάνει απ' ευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Εξαρτάται από:

- την απόσταση Ήλιου-Γης
- την ηλιακή απόκλιση δ
- το ηλιακό ύψος h
- το γεωγραφικό πλάτος του τόπου φ

- το υψόμετρο του τόπου h
- την κλίση β της επιφάνειας επί της οποίας προσπίπτει
- την απορρόφηση και διάχυση την οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά την ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και μετά από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από:

- το ηλιακό ύψος h
- το υψόμετρο του τόπου
- τη λευκαύγεια του εδάφους
- το ποσό και το είδος των νεφών
- την παρουσία διαφόρων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων, κ.α.) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

Αναφορικά με την απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα, όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Επίσης, όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια στην Γη τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της. Για τους λόγους αυτούς, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά την θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή.

Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400-1,800 (kWh/(m².yr)) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m²) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων). Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή περιστρεφόμενη επιφάνεια, είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο.

Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day), αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²) για διάφορες περιοχές της χώρας μας. [1, 3, 51]

1.2.2 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 περικλείεται από θάλασσα και είναι 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.1.6: Μηνιαία ηλιοφάνεια ευρωπαϊκών πόλεων ως ποσοστό της θεωρητικά δυνατής ηλιοφάνειας στη διάρκεια της χρονιάς.
Πηγή: [8]

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. Η υγρασία στην Ελλάδα θεωρείται εν γένει μικρή.

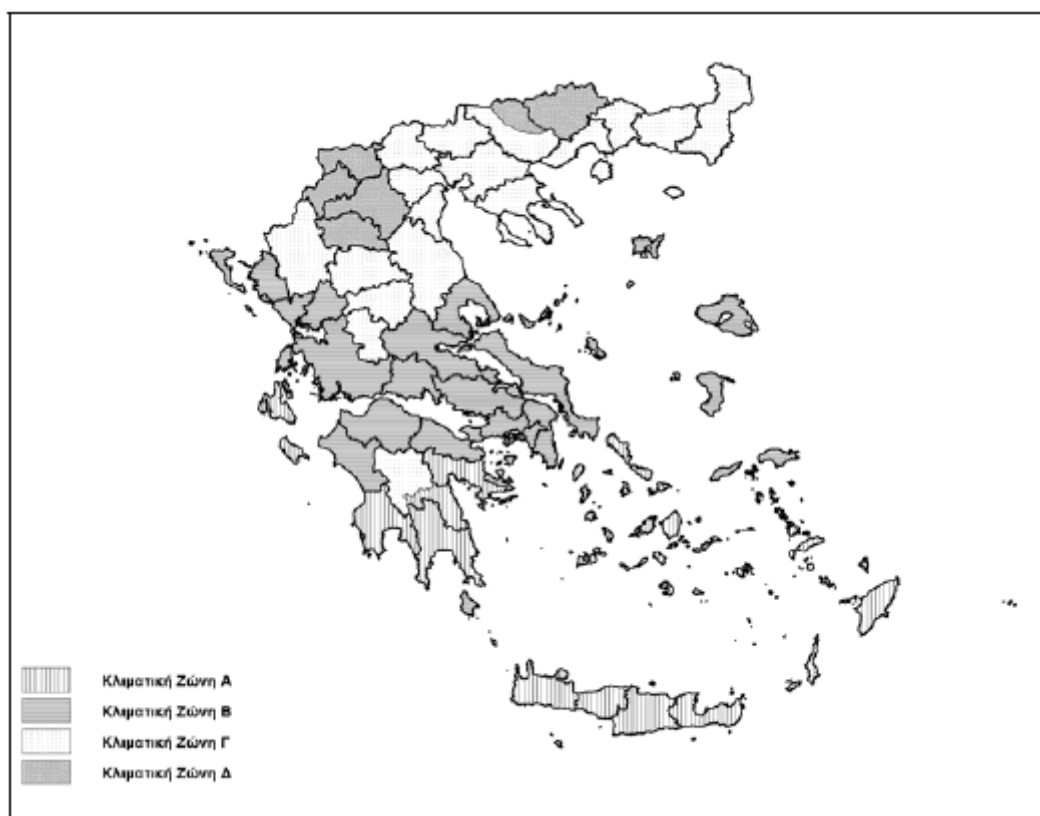
Τέλος, αξίζει να κάνουμε μια μικρή περιγραφή των εποχών του έτους, έτσι όπως εκδηλώνονται στον Ελλαδικό χώρο. Το καλοκαίρι, επικρατεί πολύ έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ενώ σημαντική ξηρασία σημειώνεται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Οι μέρες είναι κατά κανόνα ανέφελες, και χωρίς βροχή, με εξαίρεση 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. [8, 55]

1.2.2.1 Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται οι νομοί που υπάρχουν στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από την θερμότερη στη ψυχρότερη), και ακολουθεί η σχηματική τους απεικόνιση. [49, 52]

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.1.7: Οι κλιματικές ζώνες της Ελληνικής Επικράτειας
 Πηγή: www.opengov.gr



Εικ.1.8: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της Ελληνικής Επικράτειας
 Πηγή: www.opengov.gr

..

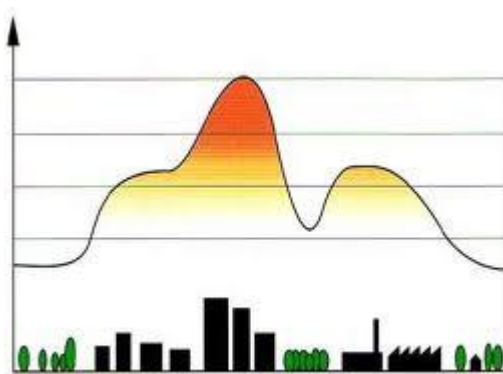
1.2.3 Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας

Η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα σε πυκνά δομημένες αστικές περιοχές είναι συνήθως υψηλότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία των περιαστικών αγροτικών περιοχών. Το

φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, όπως ονομάζεται η αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις, είναι γνωστό εδώ και ένα αιώνα, και αποτελεί ίσως το πιο τεκμηριωμένο φαινόμενο κλιματικής αλλαγής. Παρατηρείται σε όλες τις πόλεις, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας, και είναι ίσως η πλέον έκδηλη από τις επιπτώσεις που προκαλεί η αστικοποίηση.

Με βάση τις υπάρχουσες μετρήσεις, η ένταση της θερμικής νησίδας μπορεί να φτάσει έως και 15°C. Πρόσφατες μελέτες αποδεικνύουν ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην ένταση της θερμικής νησίδας και τον πληθυσμό των πόλεων. Για παράδειγμα, ευρωπαϊκές πόλεις με πληθυσμό 4-5 εκατομμύρια κατοίκους παρουσιάζουν μία αύξηση της θερμοκρασίας της τάξεως των 8-10 °C. Συγκεκριμένα μάλιστα στην Αθήνα, η μέση αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι περίπου 8 °C.

Η αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις έχει σημαντικές ενεργειακές συνέπειες, καθώς αυξάνει την ζήτηση και την κατανάλωση των κλιματιστικών στα κτήρια. Παράλληλα, για να καλυφθούν οι ανάγκες κλιματισμού, είναι αναγκαία η αύξηση των ηλεκτρικών φορτίων αιχμής, γεγονός που με τη σειρά του οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις ισχύος και στην παραγωγή πρόσθετων ρύπων στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στα αστικά κέντρα συμβάλλει επίσης στη μείωση της απόδοσης των κλιματιστικών μηχανημάτων. Η μείωση αυτή μπορεί να φτάσει, ή και να ξεπεράσει το 25 %.



Εικ.1.9: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε μία πόλη. Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας.
Πηγή: www.esha.gr

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις γενικότερες κλιματικές συνθήκες, την τοπογραφία, καθώς και το ανάγλυφο ενός τόπου, και για το λόγο αυτό

παρουσιάζει συνεχείς μεταβολές στον χώρο και στον χρόνο. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα ενός θερμικού πλεονάσματος, που προκαλεί διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο των πόλεων. Οι κύριοι παράγοντες που συντελούν στην ανάπτυξη του φαινομένου της θερμικής νησίδας είναι οι παρακάτω:

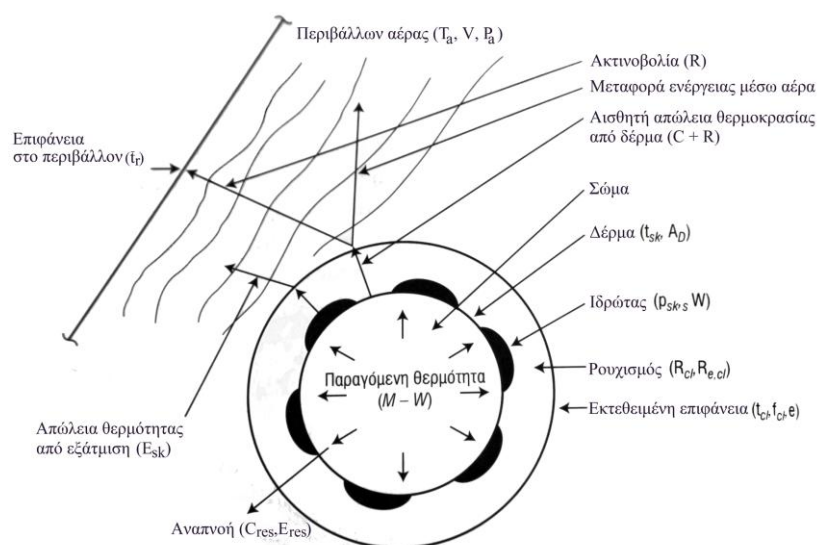
- Η γεωμετρία των κτηρίων και των δρόμων.
Μεγάλο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από κτήρια, δρόμους, πεζοδρόμια, και άσφαλτο υφίσταται πολλαπλές ανακλάσεις, και στο τέλος, παγιδεύεται και δεν διαφεύγει προς την ελεύθερη ατμόσφαιρα. Έτσι, αυξάνεται το θερμικό πλεόνασμα του συνόλου των επιφανειών, και άρα, και η θερμοκρασία τους.
- Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών.
Λόγω ακατάλληλων οπτικών και θερμικών χαρακτηριστικών πολλών χρησιμοποιούμενων υλικών, μεγάλο μέρος της θερμότητας που μεταφέρει η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τα υλικά, και ακτινοβολείται ξανά στην ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα η αύξηση της θερμοκρασίας τόσο τη μέρα, όσο και τη νύχτα.
- Η ανθρωπογενής θερμότητα.
Παράγεται κυρίως από καύσεις (πχ αυτοκίνητα ή άλλες σταθερές πηγές).
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
Συμβάλλει στην αύξηση της θερμικής ακτινοβολίας που ανακλάται από τη ρυπασμένη ατμόσφαιρα, και προσπίπτει στο σύνολο των επιφανειών μιας πόλης.
- Η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή και εξάτμιση.
Οφείλονται στην έλλειψη πρασίνου και υδάτινων επιφανειών στις πόλεις.
- Η μείωση του αέρα στους δρόμους.
Τα κτήρια μειώνουν τη ροή του αέρα, και οι επιφάνειες των κτηρίων δεν ψύχονται επαρκώς.
[9, 12, 15]

1.3 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.3.1 Θερμική άνεση

Το εσωτερικό περιβάλλον των κτηρίων, και ειδικότερα οι συνθήκες άνεσης μέσα σ' αυτά, θεωρούνται μέγιστης σημαντικότητας για την υγεία του σύγχρονου ανθρώπου, αλλά και για την παραγωγικότητα του. Αν αναλογιστεί κανείς τον χρόνο που ξοδεύει ένας μέσος άνθρωπος μέσα σε κτήρια, θα διαπιστώσει ότι υπερβαίνει το 70% του χρόνου μιας ημέρας. Τα σύγχρονα συστήματα κεντρικού κλιματισμού και αερισμού, γνωστά και ως HVAC, είναι πλέον εγκατεστημένα σε σχεδόν όλα τα ενεργοβόρα κτήρια των προηγμένων χωρών, και είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία και διατήρηση βέλτιστων συνθηκών εσωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι, έχοντας ως γνώμονα την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων, πολλές έρευνες έχουν περατωθεί με σκοπό να καθοριστεί τι είναι άνεση, ποιες είναι οι συνθήκες της σε φάση σχεδιασμού, και πως αυτή μετριέται, ούτως ώστε να επιτευχθεί το «πάντρεμα» της επίτευξης συνθηκών άνεσης με την βιώσιμη ανάπτυξη, χρησιμοποιώντας «έξυπνα ενεργειακά συστήματα».

Ο πιο κοινά αποδεκτός ορισμός της θερμικής άνεσης περιγράφεται στο πρότυπο ASHRAE Standard 55, και έχει ως εξής: «**Θερμική άνεση είναι αυτή η κατάσταση του μυαλού στην οποία εκδηλώνεται ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον**». Γίνεται επομένως κατανοητό ότι η θερμική άνεση εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, τόσο περιβαλλοντικών όσο και ψυχολογικών. Με απλά λόγια, νιώθουμε θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία του σώματος κινείται μέσα σε ένα μικρό εύρος, η υγρασία του δέρματος είναι χαμηλή, και το έργο που παράγεται από τις φυσιολογικές ρυθμιστικές διεργασίες του οργανισμού είναι το ελάχιστο δυνατό.



Εικ.1.10: Θερμική αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος

Πηγή: ASHRAE Fundamentals Handbook 2001

Η παραπάνω εικόνα περιγράφει την θερμική αλληλεπίδραση μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. ο συνολικός ρυθμός παραγωγής έργου λόγω μεταβολισμού (M) μείον το εξωτερικό έργο που παράγουν οι μύες (W), ονομάζεται καθαρή παραγωγή θερμότητας, και είτε αποθηκεύεται (S) προκαλώντας την αύξηση θερμοκρασίας του σώματος, είτε αποβάλλεται προς το περιβάλλον μέσω της επιφάνειας του δέρματος (q_{sk}) και τα όργανα αναπνοής (q_{res}), όπως φαίνεται και στην παρακάτω εξίσωση: [10]

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr})$$

όπου

M = ρυθμός παραγωγής θερμότητας λόγω μεταβολισμού, W/m^2

W = ρυθμός παραγωγής μηχανικού έργου, W/m^2

q_{sk} = συνολικός ρυθμός απώλειας θερμότητας από το δέρμα, W/m^2

q_{res} = συνολικός ρυθμός απώλειας θερμότητας λόγω αναπνοής, W/m^2

C + R = αισθητή απώλεια θερμότητας από το δέρμα, W/m^2

E_{sk} = συνολικός ρυθμός απώλειας θερμότητας λόγω εξάτμισης από το δέρμα, W/m^2

C_{res} = ρυθμός απώλειας θερμότητας λόγω μεταγωγής από την αναπνοή, W/m^2

E_{res} = ρυθμός απώλειας θερμότητας λόγω εξάτμισης από την αναπνοή, W/m^2

S_{sk} = ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας στο τμήμα του δέρματος, W/m^2

S_{cr} = ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας στο εσωτερικό τμήμα του σώματος, W/m^2

Το θερμικό στρες εκδηλώνεται μέσω διάφορων φυσιολογικών και αισθητηριακών αντιδράσεων, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, οι οποίες αντανακλούν την ένταση που δέχεται το σώμα για να διατηρήσει την θερμική ισορροπία σε έντονες συνθήκες. Επομένως, είναι δυνατόν να καθοριστούν ποιοι περιβαλλοντικοί ή όχι παράγοντες επηρεάζουν το μοντέλο αυτό, και κατ' επέκταση την συνολική θερμική άνεση. Αυτοί οι παράγοντες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους πρωτεύοντες ή ανεξάρτητους, και τους δευτερεύοντες ή εξαρτημένους.

Πρωτεύοντες παράγοντες
Θερμοκρασία αέρα
Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας
Κίνηση αέρα (ταχύτητα αέρα)
Πίεση υδρατμών (σχετική υγρασία)
Ρυθμός μεταβολισμού
Είδος ρουχισμού
Δευτερεύοντες παράγοντες
Θερμοκρασία ρουχισμού
Κίνηση αέρα κάτω από τα ρούχα
Θερμοκρασία δέρματος
Ρυθμός εφίδρωσης
Υγρότητα δέρματος και ρουχισμός
Απόδοση δροσισμού μέσω εφίδρωσης

Εικ. 1.11: παράγοντες που επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ενός ντυμένου σώματος (Givoni 1976).

Πηγή: [9]

- Θερμοκρασία αέρα (t_a):** ορίζεται η θερμοκρασία του αέρα που περιβάλλει τον άνθρωπο, μετρούμενη σε $^{\circ}\text{C}$, με την χρήση ενός τυπικού θερμομέτρου. Κάτω από σταθερές συνθήκες πίεσης και ταχύτητας αέρα, επηρεάζει την θερμοκρασία του δέρματος και το ρυθμό εφίδρωσης, προκαλώντας μια αίσθηση ζέστης όταν υπερβεί το όριο άνεσης. Ο καρδιακός ρυθμός και η εσωτερική θερμοκρασία επηρεάζονται ελαφρώς από την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα όταν το θερμικό στρες είναι μικρό, αλλά όταν ο δροσισμός λόγω εξάτμισης φτάνει σε σημεία κορεσμού, η επιρροή γίνεται αισθητά μεγαλύτερη. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η θερμοκρασία του αέρα πέφτει κάτω από το όριο της άνεσης, η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται, ειδικότερα στην περιοχή των άκρων ενώ ο μυϊκός τόνος αυξάνεται προκαλώντας την αύξηση θερμότητας που παράγεται λόγω μεταβολισμού.
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (t_r):** ορίζεται η θερμοκρασία της ομοιόμορφης επιφάνειας ενός φανταστικού μαύρου περιβλήματος, μέσα στο οποίο ένας χρήστης θα επιδεχόταν την ίδια ανταλλαγή θερμότητας ακτινοβολίας με το περιβάλλον του ανομοιόμορφου χώρου που βρίσκεται. Μετράται σε $^{\circ}\text{C}$, με χρήση ενός θερμομέτρου σφαίρας ή εκτιμάται χρησιμοποιώντας τις θερμοκρασίες των περιβαλλουσών επιφανειών. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (MRT) επηρεάζει τον καρδιακό ρυθμό, την εσωτερική θερμοκρασία, και το ρυθμό εφίδρωσης, δηλαδή σχεδόν όλη τη γενικότερη θερμική αίσθηση. Μια διαφορά ενός βαθμού στην MRT, είναι αντίστοιχη μιας διαφοράς $0,75^{\circ}\text{C}$ στην θερμοκρασία αέρα.

- Ταχύτητα αέρα:** ορίζεται η κίνηση του αέρα σε ένα σημείο, άσχετα με τη διεύθυνση, μετρούμενη σε m/s, με τη χρήση ενός ανεμόμετρου. Καθορίζει την μετάδοση θερμότητας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος με μεταγωγή και επηρεάζει άμεσα την εξατμιστική χωρητικότητα του αέρα, και κατ' επέκταση την αποδοτικότητα του δροσισμού λόγω εφίδρωσης. Όταν η θερμοκρασία αέρα είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας δέρματος και η ταχύτητα αέρα αυξάνεται, και οι δύο διεργασίες δρουν προς την ίδια κατεύθυνση, αυτή της δημιουργίας μιας αίσθησης δροσιάς. Όταν αντιθέτως η θερμοκρασία αέρα είναι υψηλότερη της θερμοκρασίας δέρματος και η ταχύτητα αέρα αυξάνεται, η μεγαλύτερη ανταλλαγή θερμότητας θερμαίνει το σώμα, ενώ η υψηλότερη εξατμιστική χωρητικότητα το δροσίζει. Μέσα στα κτήρια, οι ταχύτητες του αέρα είναι γενικά μικρότερες από 0,2 m/s.
- Σχετική υγρασία (RH):** ορίζεται ο λόγος της μερικής πίεσης (ή πυκνότητας) των υδρατμών στον αέρα προς την πίεση (ή πυκνότητα) κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς στην ίδια θερμοκρασία και ολική πίεση, μετρούμενη σε %, με την χρήση ενός αναρροφητικού θερμομέτρου υγρού και ξηρού βολβού, ή ενός αισθητήρα υγρασίας. Η σχετική υγρασία δεν επηρεάζει άμεσα το θερμικό φορτίο του σώματος, αλλά καθορίζει την εξατμιστική χωρητικότητα του αέρα και κατ' επέκταση την αποδοτικότητα του δροσισμού λόγω εφίδρωσης. Τιμές σχετικής υγρασίας 30 – 85% σε συνδυασμό με θερμοκρασία αέρα στα όρια άνεσης (20 – 25 °C) έχουν σχεδόν ασήμαντη διαφορά στην θερμική αίσθηση, αλλά προκαλούν λιγότερη άνεση στον χρήστη, από μια τιμή σχετικής υγρασίας 50%.
- Ρυθμός μεταβολισμού:** ορίζεται ο ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, μέσω των μεταβολικών διεργασιών του οργανισμού, συνήθως εκφραζόμενο ανά μονάδα επιφανείας σώματος, W/m^2 ή met. Ο τυπικός ενήλικας, ακόμα και σε πλήρη ακινησία, παράγει θερμότητα ίση με 100W και τη μεταφέρει μέσω του δέρματος στο περιβάλλον. Αυτή η μεταβολική παραγωγή θερμότητας εκφράζεται σε W/m^2 και για διεργασίες ανάπαυσης ισούται με $58 W/m^2$ ($1met = 58 W/m^2$) με βάση τον μέσο Ευρωπαϊκό άντρα, ο οποίος έχει επιφάνεια δέρματος $1,8m^2$ ($1,6m^2$ για τις γυναίκες). Ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται με την εργασία και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας πίνακες που τον συσχετίζουν με διάφορες διεργασίες ενός κοινού ανθρώπου. Όταν ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται, οι μύες εν δράσει χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο, και έτσι μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας πρέπει να μεταφερθεί από τον πυρήνα του σώματος στο δέρμα και να εκλυθεί στο περιβάλλον.

- **Ρουχισμός:** ορίζεται η τιμή της μόνωσης του ενδύματος σε m^2C/W ή clo. Η μόνωση ενός clo αντιστοιχεί σε θερμική αντίσταση $0,155m^2C/W$. Η συνολική μόνωση λόγω ρουχισμού εκτιμάται με τη χρήση κατάλληλων πινάκων, για διάφορους γνωστούς συνδυασμούς ένδυσης. [2, 9, 10]

Χώροι	°C
Κατοικίες	
Καθημερινό, υπνοδωμάτια, κουζίνες	+20
Προθάλαμοι, διάδρομοι, W.C.	+15
Κλιμακοστάσια	+10
Λουτρό	+22
Καταστήματα και γραφεία	
Καταστήματα, γραφεία, εστιατόρια, δωμάτια ξενοδοχείων	+20
Κλιμακοστάσια, διάδρομοι, W.C.	+15
Εκπαιδευτικά κτίρια	
Αίθουσες διδασκαλίας	+20
Χώροι εργαστηρίων	+15 ÷ +18
Αμφιθέατρα	+18
Κλειστά γυμναστήρια	+15
Αίθουσες λουτρών, αποδυτήρια	+22
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων, W.C.	+5 ÷ +10
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, W.C. νηπιαγωγείων	+15
Ιατρείο	+24
Χώροι διαφυλάξεως οργάνων και βεστιάρια	+15

Εικ.1.12: Θερμοκρασία για θερμική άνεση σε χώρους διαμονής
Πηγή: [18]

1.3.2 Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα

Η ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον (IAQ – Indoor Air Quality) αποτελεί μια παράμετρο, η οποία είναι στενά συνδεδεμένη με την υγεία των χρηστών του εκάστοτε κτηρίου. Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τα επίπεδα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, όπως οι συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον, η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης/ψύξης/αερισμού, η συμπεριφορά και οι δραστηριότητες των χρηστών του κτηρίου, κοκ.

Το σύστημα το οποίο είναι κύρια υπεύθυνο για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι το σύστημα αερισμού, η λειτουργία του οποίου στοχεύει στην ανανέωση του εσωτερικού αέρα, και συνεπώς στη μείωση των ρύπων στο εσωτερικό του κτηρίου. Ο αερισμός των χώρων μπορεί να γίνει είτε μηχανικά (και άρα με κατανάλωση ενέργειας), είτε με φυσικό τρόπο, στρατηγική κατά την οποία δεν καταναλώνεται ενέργεια αφενός, αφετέρου όμως δεν είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί σταθερή παροχή αέρα κατά την περίοδο λειτουργίας του κτηρίου.

Συνολικά το θέμα της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή, και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες που εμφανίζει το εκάστοτε κτήριο, τόσο όσο αφορά τα υλικά κατασκευής, όσο και τις συνθήκες λειτουργίας, καθώς και τις δραστηριότητες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό περιβάλλον.

Επιπτώσεις στην υγεία: Η αναζήτηση των αιτιών που προκαλούν δυσφορία ή ασθένεια σε χρήστες κτηρίων λόγω κακής ποιότητας εσωτερικού αέρα είναι συχνά μία πολύπλοκη διαδικασία. Τα σχετικά πρότυπα και οι οδηγίες (πχ το πρότυπο 62 της ASHRAE) που υπάρχουν, είναι περιορισμένα, και σχετίζονται μόνο με τις απαιτήσεις αερισμού των υπό μελέτη χώρων. Γενικά, η ύπαρξη πολλών παραμέτρων σε σχέση με την έκθεση των ατόμων στους ρύπους και τις επιδράσεις στην υγεία τους δεν επιτρέπουν τον αναλυτικό καθορισμό του προβλήματος.

Σχετικά με τον προσδιορισμό των συνεπειών στην υγεία λόγω χαμηλών επιπέδων ποιότητας αέρα, έχουν προσδιοριστεί δύο γενικές κατηγορίες ασθενειών: οι σχετιζόμενες με το κτήριο ασθένειες (BRI – Building Related Illnesses), και το περισσότερο πολύπλοκο σύνδρομο άρρωστου κτιρίου (SBS – Sick Building Syndrome).

BRI: τα συμπτώματα σχετίζονται με διαγνώσιμη ασθένεια, και μπορούν να αποδοθούν σε ρύπους του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Το BRI μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις ομάδες: αερομεταφερόμενες μεταδοτικές νόσους, νόσους υπερευαισθησίας, και νόσους που σχετίζονται με τοξικές αντιδράσεις. Οι BRI αφορούν κυρίως τα ακόλουθα σημεία:

- Οι χρήστες του κτηρίου παραπονιούνται για συμπτώματα όπως βήχας, σφίξιμο στο στήθος, πυρετό, κρυολόγημα, και πόνους στους μυς.
- Τα συμπτώματα μπορούν να καθοριστούν κλινικά, και έχουν συγκεκριμένα αίτια.
- Οι ασθενείς μπορεί να χρειαστούν παρατεταμένα διαστήματα προκειμένου να αποκατασταθεί η υγεία τους μετά την αποχώρησή τους από το κτήριο.

Φυσικά, τα παράπονα μπορεί να οφείλονται και σε άλλες αιτίες, οι οποίες δε σχετίζονται με τα επίπεδα ποιότητας του αέρα. Τέτοιες μπορεί να είναι μικρόβια από το εξωτερικό περιβάλλον, αλλεργίες, άγχος, δυσφορία για τις συνθήκες εργασίας ή διαβίωσης, ή άλλοι ψυχολογικοί παράγοντες.

Κάποιες από τις μεταδοτικές ασθένειες που σχετίζονται με τα κτήρια, και που μεταδίδονται μέσω του εσωτερικού αέρα, είναι η νόσος των λεγεωνάριων, η ασθένεια «Pontiac Fever», φυματίωση, ιλαρά, γρίπη, καθώς και το κλασικό κρύωμα. Η πιθανότητα μετάδοσης τους (με εξαίρεση τις δύο πρώτες) αυξάνεται όσο αυξάνεται η πυκνότητα του πληθυσμού του εσωτερικού χώρου.

Επίσης, ορισμένες δερματικές παθήσεις (πχ δερματίτιδα και κνίδωση) έχουν συνδεθεί με συγκεκριμένες εκθέσεις στο εσωτερικό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων και των αλλεργιογόνων. Οι τοξικές αντιδράσεις (η πιο κατανοητή κατηγορία του BRI) περιλαμβάνουν εν γένει έκθεση σε ρύπους όπως το μονοξείδιο του άνθρακα και παρασιτοκτόνα, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε προβληματική λειτουργία κάποιων οργάνων του ανθρώπινου σώματος ή ακόμα και σε χρόνιες παθήσεις όπως ο καρκίνος.

Γενικά, το BRI διαφέρει από το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου SBS στο γεγονός ότι τα συμπτώματα του BRI δεν εκλείπουν όταν τα άτομα που έχουν προσβληθεί αποχωρούν από το κτήριο. Επιπλέον, μπορεί να διαγνωστεί σε ένα άτομο το BRI, χωρίς να είναι γνωστή η κατάσταση της υγείας των υπόλοιπων χρηστών του κτηρίου, γεγονός που δεν ισχύει στην περίπτωση της διάγνωσης του SBS.

Σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου SBS: αφορά καταστάσεις κατά τις οποίες οι χρήστες του κτηρίου εμφανίζουν έντονα προβλήματα υγείας ή δυσφορίας, τα οποία καταφανώς σχετίζονται με τον χρόνο που περνούν στο κτήριο, και δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν σε συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία. Τα συγκεκριμένα προβλήματα μπορεί να σχετίζονται με συγκεκριμένα δωμάτια ή χώρους του κτηρίου, ή μπορεί να σχετίζονται ακόμα και με το σύνολο του κτηρίου. Τα πιο βασικά σημεία του συνδρόμου του άρρωστου κτηρίου SBS είναι:

- Οι χρήστες του κτηρίου παραπονιούνται για υπνηλία, πονοκεφάλους, δυσκολία στην συγκέντρωση, κατάθλιψη, συνάχι, ξηρό λαιμό, ερεθισμό στα μάτια και στο δέρμα, ζαλάδες και ναυτία, καθώς και ευαισθησία στις οσμές.
- Η αιτία των συμπτωμάτων είναι άγνωστη.

- Τα συμπτώματα συχνά εξαφανίζονται μετά την αποχώρηση από το κτήριο.



*Εικ.1.13: Το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου
Πηγή: www.diaxeiristis.com*

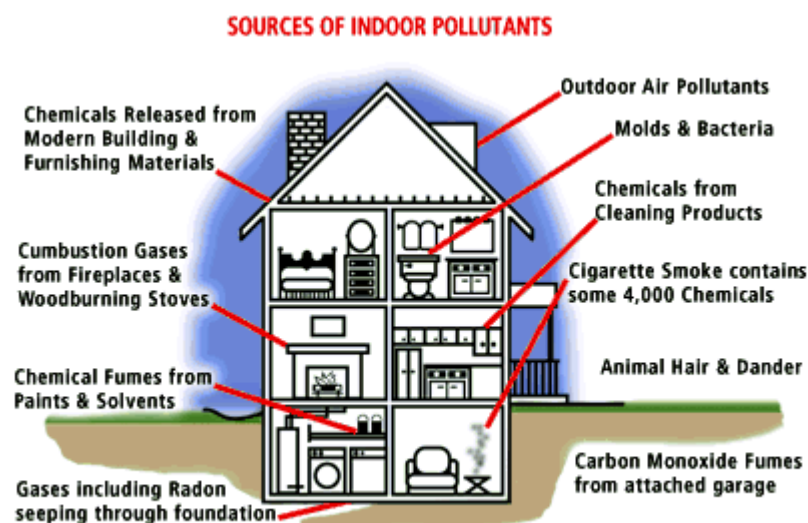
Σε περιπτώσεις κτηρίων στα οποία παρουσιάζονται έντονα προβλήματα που σχετίζονται με το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου, ο αριθμός των ρύπων συχνά είναι ιδιαίτερα υψηλός, με σχετικά μικρές συγκεντρώσεις ωστόσο. Η μόλυνση μπορεί να προέρχεται από βιολογική αιτία (μικροοργανισμούς, γύρη, κτλ), τον καπνό τσιγάρων, τις VOCs (Volatile Organic Compounds – Πτητικές Οργανικές Ενώσεις) ενώσεις που εκπέμπονται από τα υλικά κατασκευής του κτηρίου, τα συντηρητικά ξύλου, τα καθαριστικά.

Οι βασικές αιτίες, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν στο σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου, είναι οι εξής:

- Πυκνότητα πληθυσμού των χρηστών του κτηρίου μεγαλύτερη από την πυκνότητα για την οποία σχεδιάστηκε το κτήριο και τα συστήματά του.
- Χαμηλή αποδοτικότητα του συστήματος αερισμού.
- Χρήση υλικών και προϊόντων τα οποία αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπων κατά την ανακαίνιση του κτηρίου.
- Ανεπαρκής συντήρηση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης/αερισμού.
- Ανεπαρκής εκπαίδευση των υπευθύνων σε κτήρια με πολύπλοκα συστήματα.
- Συμπύκνωση ή διαρροή νερού.
- Αδιαφορία από τους χρήστες του κτηρίου ακόμη και ως προς την αναγνώριση των προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα.

Προέλευση των ρύπων στο εσωτερικό περιβάλλον: Στους εσωτερικούς χώρους κάθε κτηρίου, υπάρχει ένας αριθμός εν δυνάμει πηγών με ρύπους. Κάποιοι εκπέμπονται συνεχώς, όπως από κάποια υλικά κατασκευής (χρώματα, αποκαλυμμένες μονώσεις) και τα έπιπλα (ειδικά τα ξύλινα που έχουν επικαλυφθεί με συντηρητικά), ενώ κάποιοι ρύποι εκπέμπονται διακοπτόμενα καθώς προκαλούνται από συγκεκριμένες δραστηριότητες, όπως το μαγείρεμα, το κάπνισμα, η χρήση διαλυτικών, χρωμάτων ή προϊόντων καθαρισμού. Μια ομαδοποίηση των ρύπων, με βάση την προέλευση τους, είναι η εξής:

- **Μεταβολισμός ανθρώπων και ζώων**
Τα αέρια προϊόντα του μεταβολισμού των οργανισμών (διοξείδιο του άνθρακα, και κάποιες πτητικές ενώσεις) μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στην ποιότητα του αέρα και οσμές, συνήθως σε περιπτώσεις υψηλών συγκεντρώσεων ανθρώπων.
- **Δραστηριότητες ενοίκων**
Όπως προαναφέρθηκε, κάποιες δραστηριότητες, όπως πχ το κάπνισμα, το μαγείρεμα, ή ο καθαρισμός, μπορεί να συνεισφέρουν στην αύξηση των ρύπων.
- **Υλικά κατασκευής και εξοπλισμός**
Χαλιά, μοκέτες, έπιπλα, χρώματα, βερνίκια, κα αποτελούν πηγές ρύπανσης, και ανάλογα με τη χημική σύσταση των ρύπων που εκπέμπουν, μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση των επιπέδων ποιότητας αέρα.



Εικ.1.14: Οι πηγές των ρύπων στο εσωτερικό περιβάλλον
Πηγή: www.environmentalanalytics.net/iaq.php

Τρόποι αντιμετώπισης: Τα παραπάνω προβλήματα συγκέντρωσης επιβλαβών ρύπων εντός των κτιρίων μπορούν να αποφευχθούν με σωστό αερισμό των κτιρίων (είτε φυσικό εφόσον το επιτρέπουν οι εξωτερικές συνθήκες του αέρα, είτε τεχνητό). Στον αντίποδα ο υπερβολικός αερισμός του χώρου προκαλεί προβλήματα στην θερμική άνεση του χώρου. Επομένως έχουν θεσπιστεί κάποια όρια τα οποία ορίζουν τις ελάχιστες ή μέσες τιμές αερισμού ανάλογα με το κτίριο και την δραστηριότητα. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί τέτοιοι πίνακες, με σημαντικότερους αυτούς του πρότυπου ASHRAE STANDARD 62.

Ένας δεύτερος πρακτικός τρόπος βελτιστοποίησης της ποιότητας του αέρα μέσα στους χώρους που διαβιώνουμε (χωρίς να αναιρεί την ανάγκη καλού αερισμού του χώρου) είναι η τοποθέτηση κατάλληλων φυτών εσωτερικού χώρου. Σύμφωνα με πείραμα της NASA στο αντίστοιχο πεδίο μελετήθηκαν διάφορα φυτά και πως αυτά μπορούν να μειώσουν τους ρύπους μέσα σε ένα χώρο. Αρκετά απ' αυτά τα φυτά αποδείχθηκαν, όπως αναφέρουν, εξαιρετικά αποτελεσματικά στο να κατακρατούν τοξικές ή ανεπιθύμητες ουσίες που εκλύονται από αναρίθμητα αντικείμενα που βρίσκονται στο σπίτι: μοκέτες, χρώματα, έπιπλα, κόλλες, μπογιές, πλαστικές ύλες, προϊόντα καθαρισμού, ηλεκτρονικές συσκευές και βέβαια τον καπνό του τσιγάρου. [9, 20, 23]

1.3.3 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση καθορίζεται, σε γενικές γραμμές, από τρεις παραμέτρους: την ποσότητα του φυσικού φωτισμού, την κατανομή του στο χώρο, και την ύπαρξη ή απουσία θάμβωσης.

Ποσότητα φυσικού φωτισμού: τα ποσοτικά κριτήρια του φωτισμού στα κτήρια αναφέρονται στις τιμές φωτισμού (lx) κυρίως για τεχνητό, αλλά και για φυσικό φωτισμό, ή στον συντελεστή φυσικού φωτισμού (%) για φυσικό φωτισμό, συνήθως στο επίπεδο εργασίας, δηλ. σε ύψος 70-80εκ. από το δάπεδο. Ο συντελεστής φυσικού φωτισμού (daylight factor) είναι ο λόγος του φωτισμού είναι ο λόγος του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο του εσωτερικού χώρου προς τον αντίστοιχο φωτισμό σε εξωτερικό ανεμπόδιστο σημείο σε συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, εκφρασμένος επί τοις εκατό. Η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε ένα χώρο σχετίζεται με το είδος της δραστηριότητας, που θα λάβει μέρος σε αυτόν. Η ποσότητα του φυσικού φωτισμού σε ένα σημείο μπορεί να προβλεφτεί είτε μέσω απλοϊκών εργαλείων (πχ. Εξισώσεων και γραφοεικονικών μεθόδων), με μειωμένη όμως ακρίβεια, είτε με τη βοήθεια ειδικών λογισμικών.

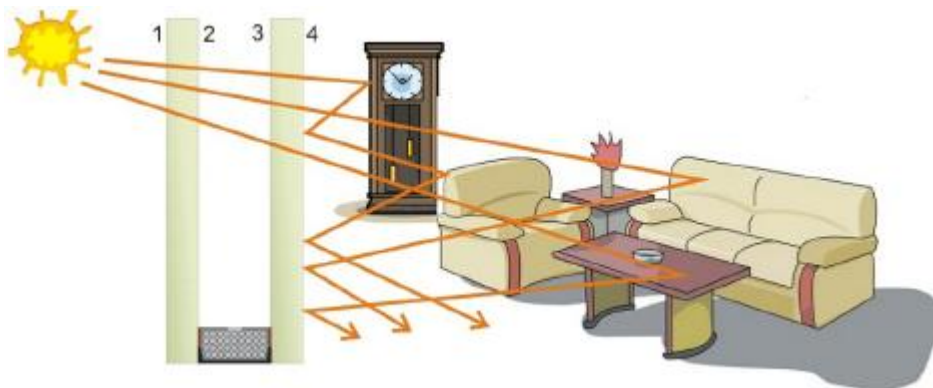
Κατανομή του φυσικού φωτισμού στο χώρο: η ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, αφενός μειώνει τις αντιθέσεις σε φωτεινότητα (άρα έμμεσα μειώνει και την πιθανότητα θάμβωσης),

αφετέρου προσφέρει την δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, καθόσον ένας χώρος φαίνεται στους χρήστες φωτεινότερος, όταν είναι ομοιόμορφα φωτισμένος, ακόμα κι όταν ποσοτικά το φως είναι λιγότερο. Επομένως, στόχος του σχεδιασμού των ανοιγμάτων σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού, συνήθως σε επίπεδο εργασίας, μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια κατάλληλων λογισμικών. Τις περισσότερες φορές, η ομοιομορφία αυτή επιτυγχάνεται με την εφαρμογή είτε μεγάλων γυάλινων επιφανειών, είτε αμφίπλευρου φωτισμού, είτε συνδυασμού πλευρικού φωτισμού και φωτισμού οροφής. Σε χώρους ελεύθερης κίνησης των χρηστών, όπου η πρόσπτωση λιακής ακτινοβολίας δεν είναι ενοχλητική και δεν προκαλείται θάμβωση, οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες συμβάλλουν στην αισθητική αναβάθμιση του χώρου, αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αντικατάστασης του τεχνητού φωτισμού από τον φυσικό.

Θάμβωση: σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού, θάμβωση είναι η έλλειψη οπτικής άνεσης ή η μείωση της ικανότητας να διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων, η οποία οφείλεται είτε σε ακατάλληλες αναλογίες λαμπρότητας των γύρω επιφανειών, είτε σε πολύ έντονες αντιθέσεις στη φωτεινότητα τους. Η θάμβωση είναι σύνθετο φαινόμενο, στο οποίο εμπλέκεται η κατανόηση πολλών παραμέτρων, όπως η χρονική διάρκεια της πηγής θάμβωσης, οι αναλογίες λαμπρότητας μεταξύ της πηγής θάμβωσης και των γύρω επιφανειών, και οι απαιτήσεις σε φωτισμό του χώρου. Δυστυχώς, η θάμβωση είναι σχετικά δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια. Στις μέρες μας, κυκλοφορούν διάφορα εξελιγμένα λογισμικά, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν είτε τις αναλογίες λαμπρότητας σε ένα χώρο, είτε απευθείας το Δείκτη Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού DGI. Ένας απλός τρόπος αποφυγής της θάμβωσης από φυσικό φωτισμό είναι η χρήση ανοιχτόχρωμων κουφωμάτων στα ανοίγματα, ώστε να μειώνεται η αντίθεση μεταξύ φωτεινού ουρανού και κουφώματος. Ένας άλλος τρόπος είναι η αποφυγή των έντονα ανακλαστικών (γυαλιστερών) επιφανειών, οι οποίες προκαλούν έμμεση θάμβωση, ανακλώντας την αρχική φωτεινή πηγή (συνήθως τον ήλιο). Βέβαια, ο σωστός σκιασμός των ανοιγμάτων είναι σε κάθε περίπτωση απαραίτητος, ώστε να αποφευχθεί τόσο η θάμβωση, όσο και η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. [12, 19, 20, 24]

1.3.4 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο ήλιος μπορεί να θερμάνει υπερβολικά ένα κτίριο με μεγάλα ανοίγματα. Η προερχόμενη από τον ήλιο θερμότητα, εισέρχεται μέσα στο δωμάτιο άμεσα και έμμεσα (μετά την απορρόφησή της από το τζάμι). Όλη αυτή η ακτινοβολία διαπερνά το κτίριο και φτάνει σε τοίχους, πατώματα και έπιπλα τα οποία απορροφούν μέρος της και θερμαίνονται. Ακολούθως επιστρέφουν την θερμότητά τους με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) μήκους πάνω από 2.500nm. Καθώς οι υαλοπίνακες είναι αδιαπέραστοι από τέτοια μεγάλου μήκους ακτινοβολία, αυτή παγιδεύεται στο εσωτερικό του δωματίου, αυξάνοντας σταδιακά την θερμοκρασία. Έτσι λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «επιθυμητό» σε κατοικίες γεωγραφικών περιοχών με χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους. Αντίθετα, είναι ανεπιθύμητο σε κατοικίες θερμών γεωγραφικών περιοχών και στα κοινόχρηστα κτίρια γενικώς, στα οποία ο μεγάλος αριθμός εργαζομένων, οι ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα, συντελούν στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας, πράγμα το οποίο σημαίνει αυξημένες δαπάνες κλιματισμού. Είναι λοιπόν επιβεβλημένη η προστασία των κτιρίων αυτών από την εισερχόμενη ηλιακή ενέργεια. [7, 8]



Εικ.1.15: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου
Πηγή: www.patrinios.gr

1.4 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

1.4.1 Γενικά

Είναι γνωστό ότι στην Ευρώπη, ο τομέας των κτηρίων παράγει σήμερα το 55% περίπου των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Είναι φανερό πως είναι επιτακτική η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Σ' αυτή την κατεύθυνση βοηθά και η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτηρίων και των πόλεων, γιατί αυτή η λογική ανταποκρίνεται στις εποχιακές μεταβολές του κλίματος, και μπορεί να αλλάξει σημαντικά την τρέχουσα πρακτική ως προς τη χρήση της ενέργειας.

Η βιοκλιματική φιλοσοφία ουσιαστικά αποτελεί μία αντίληψη εναρμόνισης των κτηρίων με το κλίμα και το περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα την άνετη και υγιεινή διαβίωση του ανθρώπου στο εσωτερικό των κτηρίων, αλλά και στον εξωτερικό χώρο. Έχει τρεις βασικούς στόχους, οι οποίοι είναι οι εξής:

- 1) Την απεξάρτηση από το πετρέλαιο
- 2) Την εξοικονόμηση χρήματος
- 3) Την προστασία του περιβάλλοντος [38, 45]

1.4.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βασική επιδίωξη του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η προσαρμογή των κτηρίων στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον, έτσι ώστε η ενεργειακή κατανάλωση να περιοριστεί στο κατώτερο δυνατό επίπεδο, χωρίς ωστόσο να διαταραχθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Προϋπόθεση αποτελεί η αξιοποίηση των τοπικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, η χρήση της εντόπιας ενέργειας, υπό ανανεώσιμη και συνεπώς, ανεξάντλητη μορφή. Αναφορικά με τοπικά περιβαλλοντικά δεδομένα, αξιοποιήσιμα είναι η ηλιακή ενέργεια (για θέρμανση το χειμώνα), και οι δροσεροί άνεμοι (για φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι). Αντίθετα, θα πρέπει να αποφεύγονται οι ψυχροί χειμωνιάτικοι άνεμοι, καθώς και η έντονη ακτινοβολία του ήλιου το καλοκαίρι. Γενικά, με το σωστό βιοκλιματικό σχεδιασμό και την ορθή εφαρμογή του, ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις του κλίματος, το καλοκαίρι, και το χειμώνα, εξασφαλίζεται η στατική επάρκεια, η ασφάλεια, οι άριστες συνθήκες υγιεινής, καθώς και θερμική και οπτική άνεση.

Συνοπτικά, οι βασικοί πυλώνες του σχεδιασμού είναι οι παρακάτω:

- η προστασία του τοπίου και των φυσικών οικοσυστημάτων
- η ορθολογική χρήση, διαχείριση, και εξοικονόμηση ενέργειας και νερού
- η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και της κίνησης του ήλιου καθ' όλο τον χρόνο
- η επιλογή κατάλληλου προσανατολισμού, όγκου, σχήματος, και μεγέθους του κτηρίου
- η εξασφάλιση άπλετου φυσικού φωτισμού και αερισμού
- η αξιοποίηση της κίνησης του αέρα και των δροσερών ανέμων
- η εκμετάλλευση της βλάστησης και άλλων φυσικών στοιχείων του ανάγλυφου
- η προστασία από το θόρυβο
- η χρήση τοπικών οικοδομικών υλικών, φιλικών στο περιβάλλον

Ως προς το κτήριο, οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου αυτό να ανταποκρίνεται στην βιοκλιματική αντίληψη έχουν ως εξής:

- Το κτήριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα
- Το κτήριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- Το κτήριο να λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι

		Αγωγή	Μεταφορά	Ακτινοβολία	Εξάτμιση
Χειμώνας	Εισαγωγή κερδών			Εισαγωγή κερδών από ηλιακή ενέργεια	
	Αποφυγή απωλειών	Ελαχιστοποίηση απωλειών από μετάδοση	Ελαχιστοποίηση εξωτ. ανέμου και διεισδύσεων		
Καλοκαίρι	Αποφυγή κερδών	Ελαχιστοποίηση κερδών από μετάδοση	Ελαχιστοποίηση διεισδύσεων	Ελαχιστοποίηση κερδών από ηλιακή ενέργεια	
	Εισαγωγή απωλειών	Εισαγωγή απωλειών προς το έδαφος	Εισαγωγή αερισμού	Εισαγωγή ψύξης από ακτινοβολία	Εισαγωγή ψύξης από εξάτμιση
	Πηγές θερμότητας		Ατμόσφαιρα	Ήλιος	
	Διάμεσα απωλειών	Έδαφος	Ατμόσφαιρα	Ουρανός	Ατμόσφαιρα

Εικ.1.16: Περίληψη στρατηγικών που πρέπει να εξετάζονται όταν επιχειρείται ο μετριασμός των θερμικών συνθηκών
Πηγή: [11]

Η οργάνωση της διαδικασίας σχεδιασμού ακολουθεί συγκεκριμένα στάδια. Πρώτον, γνωστοποιούνται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Εν συνεχεία, γίνεται ο ορισμός των απαιτήσεων άνεσης και των στρατηγικών ικανοποίησής τους, για να ακολουθήσει η ανάλυση της τοποθεσίας και η επιλογή της κατάλληλης θέσης για την ανέγερση της οικοδομής. Τέλος, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός των παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού. [3, 4, 38]

1.4.3 Το κτήριο στο χώρο και η μορφολογία του

1.4.3.1 Θέση - προσανατολισμός

Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου επηρεάζεται από ένα σύνολο παραγόντων, οι οποίοι είναι εξίσου σημαντικοί με την επιλογή των υλικών ή του σχήματος του κτηρίου. Τέτοιοι είναι η επιλογή της θέσης του κτηρίου, και ο προσανατολισμός του σε σχέση με τον ήλιο και τους άνεμους. Οι δυο αυτοί παράγοντες μπορούν να επηρεαστούν από κάποιες δευτερεύουσες συνιστώσες όπως η ύπαρξη βλάστησης, η γειτνίαση με ένα δρόμο ή μια πλατεία, η ύπαρξη μιας όμορφης θέας, ή και κάποιες πολεοδομικές διατάξεις (συνεχές σύστημα, μεγάλες καλύψεις και ύψη).

Μια ευνοϊκά ηλιαζόμενη θέση είναι προς το νότο χωρίς παρεμπόδιση του χειμωνιάτικου, χαμηλής τροχιάς, ήλιου. Τα νότια στοιχεία του κτηρίου δέχονται το 90% της ημερήσιας ενέργειας ηλιακής ενέργειας, για το γεωγραφικό πλάτος των 40°, κατά το χρονικό διάστημα 9:00 με 15:00, οπότε και δημιουργείται ένα ενεργειακό «αποθεματικό» για την θέρμανση των χώρων τις υπόλοιπες ώρες. Σε περίπτωση ύπαρξης εμποδίων, όπως πχ ψηλά δέντρα ή άλλα κτήρια, τα οποία επιφέρουν σκίασμό στο κτήριο, ενδείκνυται η μετατόπιση του κτηρίου σε κάποιο άλλο ηλιαζόμενο τμήμα του οικοπέδου, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο επαρκής ηλιασμός των ανοιγμάτων, των αυλών και των νότιων χώρων, και να μειώνονται οι πιθανότητες σκίασης από μελλοντικά όμορα κτήρια. Πιο αναλυτικά, η βέλτιστη ηλιαζόμενη θέση μπορεί να βρεθεί με τη χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων καθορισμού της «φαινόμενης» ηλιακής τροχιάς.

Καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια του ηλιασμού και για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτήριο είναι ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων του. Η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτηρίων και τη χωροθέτηση τους. Σε γενικές γραμμές, ισχύουν τα εξής:

- Μια νότια πρόσοψη δέχεται τη μέγιστη μέση τιμή ηλιακής ακτινοβολίας-θερμότητας κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο. Το χειμώνα, η κίνηση του ήλιου σε χαμηλότερη τροχιά έχει ως αποτέλεσμα καθετότερη πρόσπτωση της ακτινοβολίας στη νότια πρόσοψη και επομένως μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η νότια όψη δέχεται το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ενέργειας από οποιαδήποτε διαφορετικά προσανατολισμένη επιφάνεια του κτηρίου. Αντίθετα, το καλοκαίρι δέχεται το ελάχιστο σε θερμότητα, παρά τη μεγάλη διάρκεια ηλιασμού της.
- Οι ανατολικά και δυτικά προσανατολισμένες όψεις των κτηρίων δέχονται το μέγιστο του ηλιασμού από το Μάιο μέχρι τον Ιούλιο και αντίθετα μικρό ποσό θερμότητας το χειμώνα.
- Οι βορινές προσόψεις ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

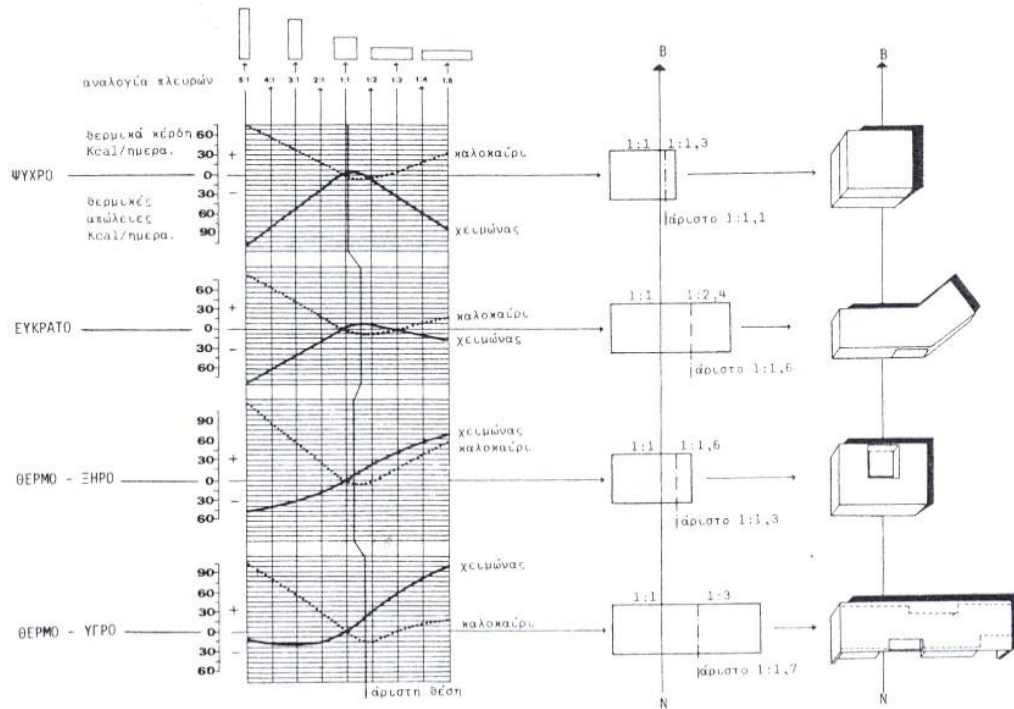
Συμπερασματικά, ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδεώδης για τη διάταξη των ανοιγμάτων σε ένα κτήριο. Μικρή απόκλιση κατά 20° δε μεταβάλλει ουσιαστικά την απόδοση των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. [8, 54]

1.4.3.2 Γεωμετρία κτηρίου

Η ορθότερη γεωμετρία σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι αυτή που το χειμώνα ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες και μεγιστοποιεί το ηλιακό κέρδος, ενώ το καλοκαίρι επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία. Σύμφωνα με έρευνες του Victor Olgyay πάνω στην επίδραση του κλίματος στη μορφή, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η τετράγωνη κάτοψη δεν αποτελεί την καλύτερη λύση για όλες τις περιοχές.
- Κτήρια με επιμήκη άξονα στη διεύθυνση Β-Ν δουλεύουν όλο το χρόνο με μικρότερη αποτελεσματικότητα απ' ό τι στην κάθετη διεύθυνση Α-Δ.
- Το σωστότερο σχήμα κτηρίου παρουσιάζει μια επιμήκυνση κατά τον άξονα Α-Δ. Οι λόγοι που αυτή η γεωμετρία πλεονεκτεί είναι διότι α) καθιστά δυνατή τη διάταξη περισσότερων χώρων διαβίωσης στις νότιες επιφάνειες, β) η δυτική όψη, που είναι και η πιο προβληματική, περιορίζεται στο ελάχιστο, ενώ μπορούν να διαταχθούν εκεί χώροι ανάσχεσης της ενέργειας, με

σκοπό την προστασία του υπόλοιπου κτηρίου από την υπερθέρμανση, και γ) είναι δυνατό να επιτευχθεί κατάλληλος φυσικός αερισμός.



Εικ.1.17: Βέλτιστο σχήμα κτηρίου στα διάφορα κλίματα
Πηγή: [8]

Το συμπέρασμα που εξάγεται από τα παραπάνω είναι ότι τα συμπαγή κτήρια κυβικής μορφής αποτελούν την ιδανική λύση για τα ψυχρά κλίματα, ενώ αναφορικά με τα εύκρατα κλίματα, αποδοτικότερη μορφή είναι αυτή που έχει επιμηκυμένο τον άξονα Α-Δ, με μεγαλύτερη ωστόσο ελευθερία επιλογής.

Σχετικά με την κατακόρυφη γεωμετρία ενός κτηρίου, προτιμείται η κατασκευή περισσότερων ορόφων (πχ δύο αντί του ενός), για τους εξής λόγους:

- Στον ίδιο όγκο αναλογεί μικρότερη επιφάνεια στέγης, και έτσι το χαμηλότερο θερμικό φορτίο επιτρέπει καλύτερο έλεγχο το καλοκαίρι.
- Η μικρότερη στέγη απλοποιεί τον περιορισμό των θερμικών απωλειών το χειμώνα, καθώς τότε είναι πολύ σημαντικές.
- Οι νότιες όψεις έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια, και κατά συνέπεια, επιτρέπουν καλύτερη πρόσβαση του ήλιου και υψηλότερα ηλιακά κέρδη.

- Η διαχείριση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι ευχερέστερη στις κατακόρυφες επιφάνειες.

Πολλές φορές, καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση του σχήματος ενός κτηρίου είναι η προστασία του από τοπικούς ισχυρούς επικρατούντες ανέμους. Επομένως, το λόγο, προκειμένου να μειωθούν οι επιδράσεις των ανέμων, επιχειρείται η ανάσχεση της ταχύτητας τους είτε με τη βοήθεια ανεμοφρακτών, είτε με τη συρρίκνωση των όψεων που είναι εκτεθειμένες. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι βόρειοι άνεμοι έχουν συνήθως τις δυσμενέστερες επιπτώσεις, και γι' αυτό το λόγο, οι βόρειες πλευρές είναι οι ψυχρότερες. Για τη βελτίωση της κατάστασης, μπορεί να δοθεί ένα σχήμα στο κτήριο τέτοιο, ώστε η κλίση της στέγης να είναι από το νότο προς το βορρά. Έτσι, μειώνεται το ύψος του βορινού τοίχου, και δημιουργείται αεροδυναμικό φαινόμενο που ελαχιστοποιεί τους στροβιλισμούς και τις διεισδύσεις. Στην περίπτωση που οι επικρατούντες άνεμοι δεν πνέουν από το Βορρά, αλλά από την Ανατολή ή τη Δύση, το προαναφερθέν αεροδυναμικό σχήμα θα μπορούσε να μην έχει κανένα αποτέλεσμα. Τότε, θα ήταν προτιμητέο να δοθεί στο κτήριο προσανατολισμός ανατολής-δύσης, καθώς έτσι ελαχιστοποιείται η εκτεθειμένη επιφάνεια. Τέλος, πλούσιες δεντροφυτεύσεις μπορούν να συνεισφέρουν ως ανεμοφράκτες, χωρίς να μεταβληθεί το ηλιακό όφελος. [3, 6, 8]

1.4.3.3 Χρώμα κτηρίου

Σπουδαίο ρόλο στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου παίζει ο χρωματισμός των εξωτερικών επιφανειών του. Η ανακλαστικότητα και η απορροφητικότητα υλικών και των χρωμάτων είναι οι δύο παράμετροι που καθορίζουν άμεσα την αποδοτική εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε περιοχές όπου οι πολύ θερμές περιόδους εναλλάσσονται με ψυχρές, απαιτείται τα υλικά και τα χρώματα που θα χρησιμοποιηθούν να παρουσιάζουν ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα σε διαφορετικές στιγμές. Ο σκόπελος αυτός ξεπερνιέται έχοντας υπόψη την «φαινόμενη» τροχιά του ήλιου και εφαρμόζοντας διαφορετικά υλικά-χρώματα στις διάφορες όψεις του σπιτιού. Εν προκειμένω, οι ηλιακές ακτίνες το χειμώνα πρέπει να απορροφούνται από κατάλληλα προσανατολισμένες σκούρες επιφάνειες, ενώ η καλοκαιρινή ακτινοβολία πρέπει να ανακλάται από δομικά άσπρα στοιχεία μεγάλης ανακλαστικότητας. Γενικά σε θερμά κλίματα, οι τοίχοι συνηθίζεται να βάφονται λευκοί, ενώ οι στέγες πάντοτε είτε βάφονται άσπρες είτε καλύπτονται με φωτεινή μεταλλική επιφάνεια. [6, 8]

Χρώματα κατά τόνο	
(σκούρα ως ανοιχτόχρωμα)	
Κόκκινο	0,1 έως 0,5
Κίτρινο	0,25-0,65
Πράσινο	0,15-0,55
Μπλε	0,1-0,3
Καφέ	0,1-0,4
Λευκό (μεσ.)	0,7-0,75
Γκρι	0,15-0,6
Μαύρο	0,05-0,1

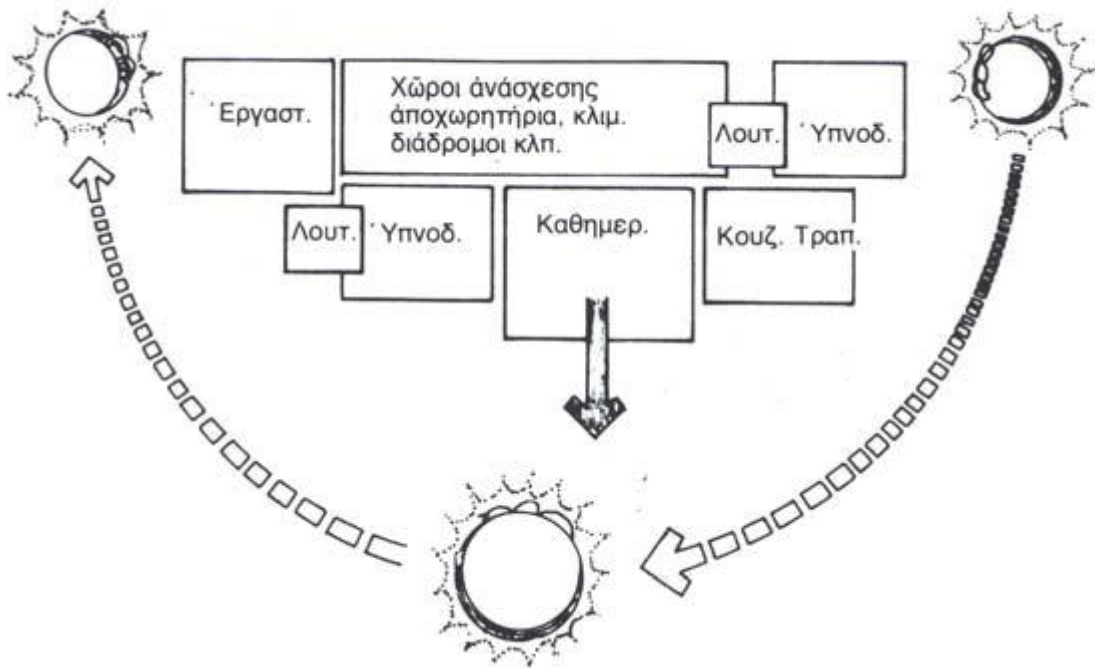
Εικ.1.18: Ανακλαστικότητα χρωμάτων
Πηγή: [13]

1.4.3.4 Διάταξη εσωτερικών χώρων

Η διάταξη των εσωτερικών χώρων ενός κτηρίου προσδιορίζεται από τις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά το χειμώνα. Η βόρεια πλευρά είναι η πιο ψυχρή, επειδή δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά την περίοδο αυτή. Η νότια πλευρά παραμένει η πιο ζεστή και φωτεινή, καθώς δέχεται ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η ανατολική και η δυτική δέχονται ίση περίπου ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, με λίγο πιο ζεστή τη δυτική.

Επομένως, οι χώροι κύριας χρήσης, που έχουν μεγάλες θερμαντικές και φωτιστικές ανάγκες, πρέπει να τοποθετούνται στο νότο. Αντιθέτως, χώροι με μικρές απαιτήσεις σε φωτισμό, όπως γκαράζ, κελάρι, ή αποθήκες, τοποθετούνται στο βορρά, ώστε να μεσολαβούν ανάμεσα στους ζεστούς χώρους και την ψυχρή βορεινή πλευρά του κτηρίου. Έτσι, αυτοί οι χώροι λειτουργούν ως ένα διάφραγμα μεταξύ των χώρων διαμονής και της ψυχρής βόρειας πλευράς του κτηρίου. Ένα άλλο είδος φράγματος αποτελούν επίσης οι υαλόφρακτοι χώροι (θερμοκήπια, λότζιες, βεράντες) που τοποθετούνται στο νότιο τμήμα του κτηρίου, και οι οποίοι λειτουργούν ως συλλέκτες ηλιακής

θερμότητας. Στην δυτική πλευρά, δεν πρέπει να διαταχθούν υπνοδωμάτια, εκτός αν είναι δυνατόν να προβλεφθεί κατάλληλος νυχτερινός αερισμός. Τα λουτρά, οι χώροι εργασίας, ακόμα και οι κουζίνες μπορούν να διαρρυθμιστούν μεταξύ του θερμού δυτικού τοίχου και των ζωνών διαμονής ή των υπνοδωματίων. [1, 2, 8]



Εικ.1.19: Βέλτιστη διάρθρωση κατοικιών για εύκρατα κλίματα
Πηγή: [1]

1.4.4 Λεπτομερής διάρθρωση μιας βιοκλιματικής μελέτης

Α' Φάση

1. Σωστό τοπογραφικό διάγραμμα, με ισοϋψείς καμπύλες και αποτυπωμένη τη σωστή θέση του βορρά (και μαγνητικού και γεωγραφικού)
2. Μελέτη του ραδονίου του εδάφους, με τη χρήση ειδικού οργάνου (Radon Alert)
3. Μελέτη του επιπέδου θορύβου, με χρήση ηχομέτρου.
4. Μελέτη του υπεδάφους, με χρήση γεωλογικών χαρτών.
5. Αποτύπωση των γεωμαγνητικών γραμμών του δικτύου Hartmann, με ράβδους και γεωμαγνητόμετρο.
6. Μελέτη του επιπέδου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από πυλώνες και ηλεκτρικά καλώδια, κεραιές κινητής τηλεφωνίας κλπ.
7. Μελέτη της υπάρχουσας φυτοκάλυψης και του ανάγλυφου του εδάφους της γύρω περιοχής.

8. Μελέτη της θέσης του ήλιου, με Solar Parthfinder.

Β' ΦΑΣΗ

1. Μελέτη του κλίματος
2. Μελέτη της θερμικής άνεσης
3. Μελέτη της ηλιακής γεωμετρίας

Γ' ΦΑΣΗ

1. Κτηριολογικό πρόγραμμα και εφαρμογή του Γ.Ο.Κ.

Δ' ΦΑΣΗ

1. Μελέτη παθητικών ηλιακών συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση (BIO-ΘΕΡΜΑΝΣΗ)
2. Μελέτη παθητικών ηλιακών συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας για δροσισμό (BIO-ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ)
3. Μελέτη ηλιασμού και σκιασμού
4. Μελέτη του φυσικού φωτισμού
5. Πιθανή μελέτη για ενεργειακή αυτοδυναμία του κτηρίου, με χρήση π.χ. φωτοβολταϊκών ή και ανεμογεννητριών.
6. Μελέτη για την χρησιμοποίηση οικολογικών δομικών υλικών (π.χ. στην θερμομόνωση, στους χρωματισμούς κλπ) ή αδρανοποίησης των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία από άλλα υλικά, όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα (π.χ. με την γείωση του οπλισμού του).
7. Ενεργειακή ταυτότητα του κτηρίου.

Ε' ΦΑΣΗ

1. Μελέτη εφαρμογής [10, 15]

1.5 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα συστήματα αυτά αποτελούν ήπιες τεχνικές και τεχνολογίες (στην ουσία κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος), 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)

1.5.1 Δομικά στοιχεία παθητικών ηλιακών συστημάτων

-Υαλοπίνακες: η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται σε ένα χώρο μέσω της επιφάνειας των υαλοπινάκων, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε από γυαλί, είτε από πλαστικό. Η διαμόρφωση των υαλοστασίων είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, καθώς χρησιμεύουν τόσο ως συλλέκτες της ηλιακής ενέργειας, όσο και ως ανοίγματα για φυσικό φωτισμό. Επίσης, ενδεχόμενη επένδυση κάποιων δομικών στοιχείων ή υλικών της κατασκευής (μεταλλικές επιφάνειες, τοιχοποιία, κτλ) με υαλοπίνακες, τα μετατρέπει σε θερμοσυσσωρευτικά στοιχεία, ενώ σε περίπτωση που δημιουργείται μεγαλύτερος χώρος ανάμεσα σε κτήριο και κέλυφος, τότε λειτουργεί ως θερμοκήπιο.

-Θερμοσυσσωρευτική μάζα: υλικά με μεγάλο ειδικό βάρος, όπως μπετόν, πέτρες και νερό, εξυπηρετούν την αποθήκευση θερμότητας τόσο στη διαδικασία θέρμανσης, όσο και στη διαδικασία ψύξης ενός χώρου. Έτσι, είναι δυνατή η εξομάλυνση των διαφορών που παρουσιάζονται χρονικά στην προσαγόμενη στο σύστημα ηλιακή ενέργεια. Σε περιόδους που απαιτείται ψύξη λη αποθηκεύουν την περιττεύουσα θερμότητα κατά τη διάρκεια της μέρας για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων. Επίσης, υπάρχουν κάποια εύτηκτα υλικά, όπως το άλας το Glauber, που αποθηκεύουν θερμότητα κατά τη διάρκεια της τήξης τους, και την αποδίδουν κατά την πήξη. Γι' αυτό το λόγο, αποκαλούνται υλικά αλλαγής φάσης. Απαιτούν μάλιστα πολύ λιγότερο χώρο απ' ό,τι τα συνήθη θερμοσυσσωρευτικά υλικά (μπετόν, σκύρα, κτλ) για την αποθήκευση του ίδιου ποσού θερμότητας, ενώ την αποθηκεύουν επίσης με μικρότερες ως ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές.

-Στοιχεία σκιασμού: ο περιορισμός της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στα ανοίγματα ενός κτηρίου κατά τις θερμές περιόδους ενός έτους, είναι ένας αποφασιστικός παράγοντας για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του. Για τον σκιασμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτά, δομικά ή βοηθητικά

στοιχεία του κτηρίου (πχ γείσα, κτλ), καθώς και κινητά στοιχεία με τη μορφή πετασμάτων ή και κινητά θερμομονωτικά στοιχεία.

-Ανακλαστές: η τοποθέτηση ανακλαστών (επιφάνειες με μεγάλη ανακλαστική ικανότητα) χρησιμεύει πολύ στην αύξηση της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, τόσο σε παθητικά όσο και σε ενεργητικά συστήματα. Πανέλα με ανακλαστική επιφάνεια τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο που να στρέφουν όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία πάνω στις επιφάνειες του ηλιακού συλλέκτη. Μια απλή μετακίνηση του κατόπτρου αυτού μια φορά το μήνα, μπορεί να συντελέσει την καλύτερη παρακολούθηση και εκμετάλλευση των εποχιακών αλλαγών της ηλιακής τροχιάς. [3, 4, 7]

1.5.2 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 κέλυφος 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 χειμώνα C°	Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου κάτοψης m²
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.1.20: Μέγεθος νότιων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες
Πηγή: [6]*

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. [1, 3, 7]

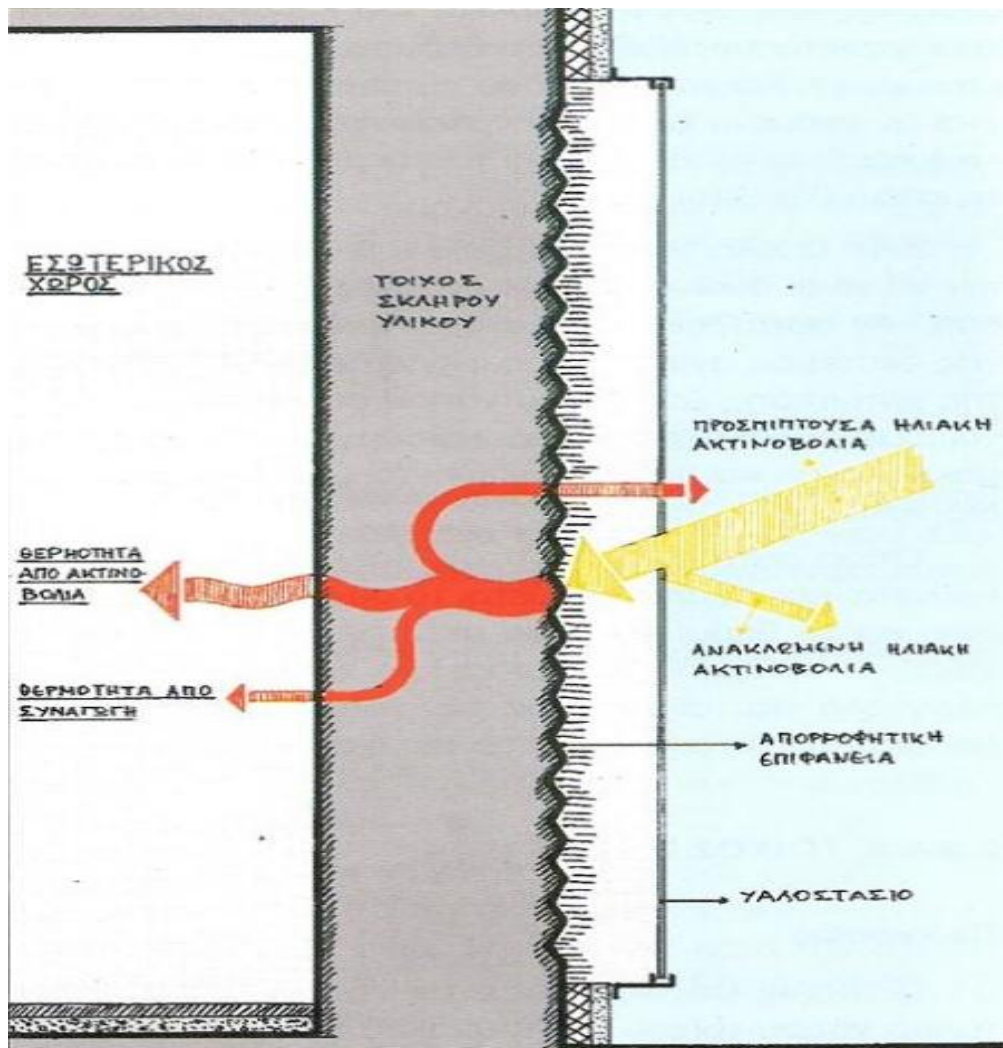
1.5.3 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

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).

1.5.3.1 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. [6, 7, 36]



Εικ.1.21: Τοίχος μάζας
Πηγή: [45]

1.5.3.2 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.

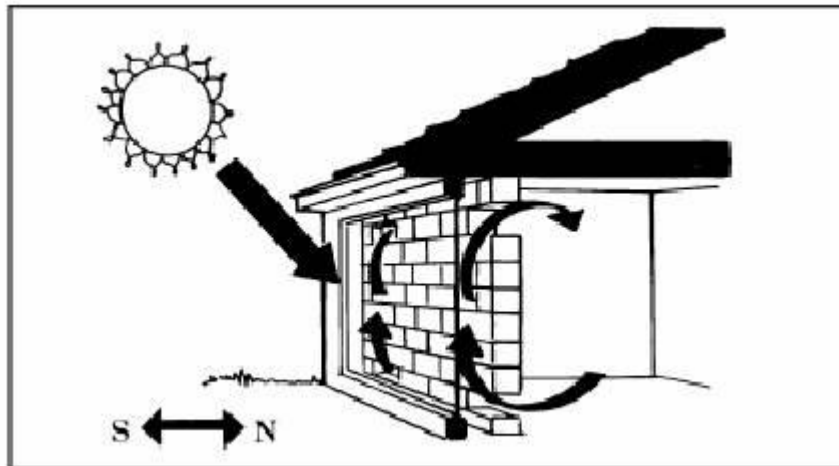
Συνοπτικά, η λειτουργία του περιγράφεται ως εξής:

- 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.1.22: Τοίχος Trombe
Πηγή: www.staticsart.gr

Ηλιακοί τοίχοι και θερμική άνεση: Ο τοίχος μάζας και ο τοίχος Trombe μπορούν να εξασφαλίσουν σε μεγάλο ποσοστό συνθήκες θερμικής άνεσης. Η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής τους επιφάνειας, στην αρχή της νύκτας, φτάνει τους 25°C , ενώ η αντίστοιχη ελάχιστη θερμοκρασία, η οποία παρατηρείται τις πρωινές ώρες, φτάνει ακόμα και τους 15°C . Πρακτικά, η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18°C - 22°C , ικανοποιώντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Ο μοναδικός κίνδυνος είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας του τοίχου γύρω από μια χαμηλή μέση τιμή (κυρίως σε περιοχές με ψυχρό κλίμα), όπου ίσως απαιτηθούν πρόσθετα μέτρα θερμομόνωσης του τοίχου για την διάρκεια της νύχτας.

Η απόδοση των ηλιακών τοίχων εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

1. Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, το οποίο καθορίζεται από:
 - Το κλίμα της περιοχής και ειδικά τις θερμοκρασιακές διαφορές μέρας-νύχτας. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά, τόσο πρέπει να αυξάνεται η επιφάνεια του τοίχου.

- Το γεωγραφικό πλάτος, το οποίο καθορίζει το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει. Όσο είναι μεγαλύτερο το γεωγραφικό πλάτος, τόσο μειώνεται η ένταση της ακτινοβολίας, άρα πρέπει να αυξηθεί η επιφάνεια του τοίχου.
- Τον βαθμό θερμομόνωσης του κτηρίου. Όσο καλύτερα είναι μονωμένο το κτήριο, τόσο λιγότερες είναι οι θερμικές απώλειες, και επομένως χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για συλλογή θερμότητας.

Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνεται η συσχέτιση της απαιτούμενης επιφάνειας τοίχου θερμικής αποθήκευσης για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου θερμικής αποθήκευσης για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα C°	Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου κάτοψης m²	
Κλίμα ψυχρό	τοιχοποιία	τοίχος νερού
-9,5	0,72 – 1,00	0,55 – 1,00
-6,7	0,60 – 1,00	0,45 – 0,85
-4,0	0,51 – 0,93	0,38 – 0,70
-1,0	0,43 – 0,78	0,31 – 0,55
Κλίμα εύκρατο		
+1,5	0,35 – 0,60	0,25 – 0,43
+4,5	0,28 – 0,46	0,20 – 0,34
+7,2	0,22 – 0,35	0,16 – 0,25

Εικ.1.23: Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου θερμικής αποθήκευσης για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες
Πηγή: [6]

2. Το πάχος του τοίχου και τα υλικά κατασκευής του:

Το βέλτιστο πάχος του τοίχου εξαρτάται από την θερμοαγωγιμότητα του υλικού του. Όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού, τόσο γρηγορότερα η θερμότητα φθάνει στο εσωτερικό του κτηρίου.

ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ °C					
	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm
Πλίνθοι	-	10	4	4	5	-
Οπτόπλινθοι	-	13	6	4	-	-
Σκυρόδεμα	-	15	8	5	3	3
Πλίνθοι μαγνησίου	-	19	13	9	7	5
Νερό	17	10	7	6	6	5

Εικ.: Συνήθειες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας συναρτήσει του πάχους στους τοίχους Trombe
Πηγή: [11]

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (W/m ² K)	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ (cm)
Πλίνθοι	0,52	20 - 30
Οπτόπλινθοι	0,73	25 – 35
Σκυρόδεμα	1,16	30 – 45
Νερό	-	15 ή περισσότερο

*Εικ.1.24: Συνιστώμενο πάχος τοίχων Trombe βάσει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας
Πηγή: [11]*

3. Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του:

Όσο περισσότερη ενέργεια συγκεντρώνεται στην επιφάνεια του τοίχου, τόσο περισσότερη θερμότητα μεταφέρεται στους χώρους διαμονής. Για το λόγο αυτό, το χρώμα που προτιμάται είναι το μαύρο, και ακολουθούν τα πολύ βαθιά χρώματα όπως το μπλε, το καφέ, κτλ. Το σημαντικό σχετικά με την επιλογή του χρώματος είναι η ικανότητα του να απορροφά θερμότητα. Καλύτερο σ' αυτό τον τομέα είναι το μαύρο, καθώς όλα τα υπόλοιπα χρώματα, όσο βαθιά κι αν είναι, αντανακλούν μέρος του φωτός και συνεπώς, και της θερμότητας που δέχονται. [1, 2, 7, 11]

1.5.3.3 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. [1, 6, 7]

1.5.4 Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

1.5.4.1 Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια

Έκαναν την εμφάνιση τους τον 19^ο αιώνα, κυρίως στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη, υπό τη μορφή ημιϊπαιθρίων 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' ότι 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' ότι 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. [1, 3, 5, 8]

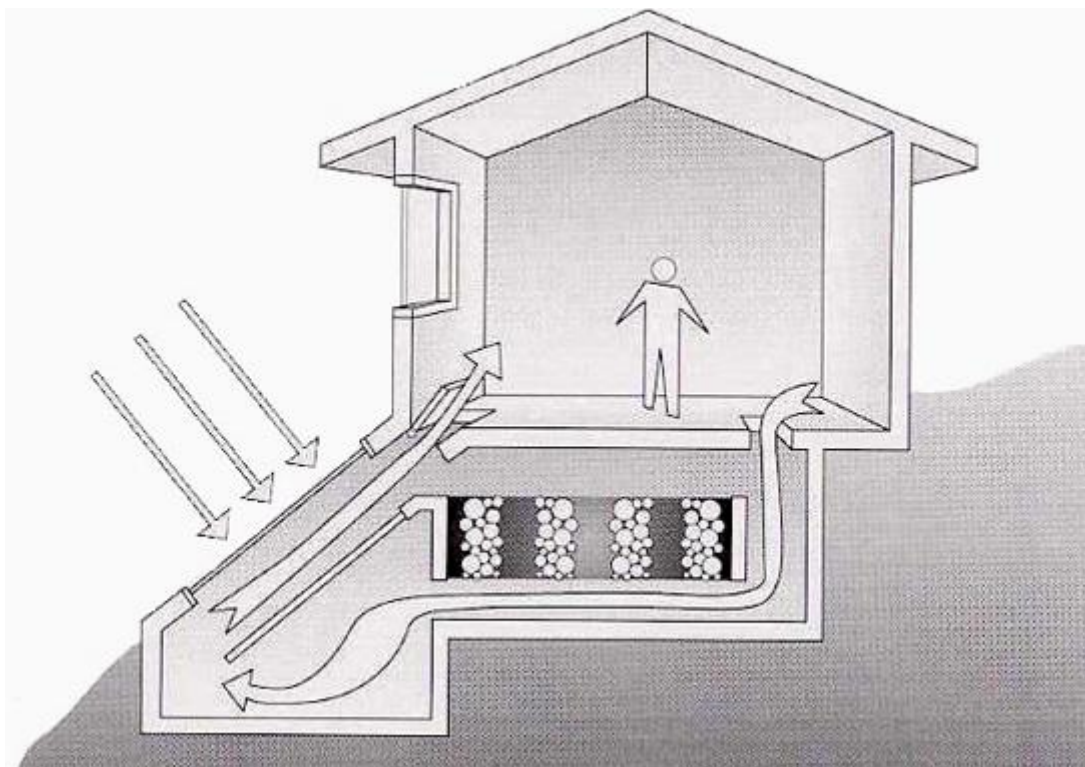
Μέγεθος θερμοκηπίου, προσαρτημένου στη νότια πλευρά του κτηρίου, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα	Απαιτούμενη επιφάνεια υαλοστασίου στο θερμοκήπιο, ανά μονάδα επιφάνειας του κατοικήσιμου χώρου	
	Για τοίχο από βαριά υλικά	Για τοίχο νερού
Κλίμα ψυχρό		
-6,7	0,90 – 1,5	0,68 – 1,27
-3,9	0,78 – 1,3	0,57 – 1,05
-1,1	0,65 – 1,17	0,47 – 0,82
Κλίμα εύκρατο		
+1,5	0,53 – 0,90	0,38 – 0,65
+4,4	0,42 – 0,69	0,30 – 0,51
+7,2	0,33 – 0,53	0,24 – 0,38

Εικ. 1.25: Μέγεθος θερμοκηπίου, προσαρτημένου στη νότια πλευρά του κτηρίου, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες
Πηγή: [6]

1.5.4.2 Θερμοσιφωνικά πανέλα

Το θερμοσιφωνικό πανέλο 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 πάνελο 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 πάνελο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτήριο πιο εύκολα. [18, 45, 54]



Εικ.1.26: Θερμοσιφωνικό πάνελο
Πηγή: [18]

1.5.5 Ενεργειακή απόδοση παθητικών ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα

Οι ενεργειακές καταναλώσεις που προκύπτουν για την θέρμανση των βιοκλιματικών κατοικιών (κτηρίων συνεχούς χρήσης) στην Α' κλιματική ζώνη κυμαίνονται από 25 έως 42 kWh/m², στη Β' κλιματική ζώνη από 28 έως 55 kWh/m², ενώ στην Γ' κλιματική ζώνη από 44 έως 90 kWh/m² ετησίως. Εκτιμάται ότι σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτήρια κατασκευής μετά το 1979 (έτος εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης), τα βιοκλιματικά κτήρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30%, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτήρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 80%.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρει η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική, ανεξαρτήτως της χρήσης τους. Αποτελεί παράμετρο σχεδιασμού, η οποία πρέπει να συνδυάζεται παράλληλα με τη λήψη μέτρων ηλιοπροστασίας και σκιασμού, για μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη θερινή περίοδο.

Η συνεισφορά και άλλων συστημάτων έμμεσου κέρδους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά των βιοκλιματικών κτηρίων είναι εξίσου σημαντική. Συγκεκριμένα, οι θερμοκηπιακοί χώροι, που είναι το πιο διαδεδομένο παθητικό σύστημα ηλιακό σύστημα στην Ελλάδα, σύμφωνα με μετρήσεις, αποδίδουν αναλόγως με το μέγεθος τους και τον τρόπο χρήσης τους έως 30%, απόδοση η οποία είναι παρόμοια και για τις 3 κλιματικές ζώνες της χώρας. Έχουν απαραίτητως σύστημα σκίασης, είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά, και έχουν ανοιγόμενα τμήματα για το θερινό αερισμό τους, ώστε να μην υπάρχει ιδιαίτερη θερμική επιβάρυνση του κτηρίου. Σε πολλές περιπτώσεις, τα θερμοκήπια διαθέτουν επίσης αδιαφανή οροφή, ή οροφή απόλυτα σκιασμένη τους θερινούς μήνες, ώστε να μην παρουσιάζεται τότε θερμική επιβάρυνση. Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας που ξεπερνά το 40% σε κατοικίες στην Α' και Β' κλιματική ζώνη, ενώ στη ζώνη Γ' το αντίστοιχο ποσοστό δεν ξεπερνά το 12%. Η απόδοση τους εξαρτάται από το μέγεθος τους σε σχέση με το κτήριο, αλλά και από την χρήση του κτηρίου.

Η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω των αυξημένων νοτίων ανοιγμάτων εξαρτάται από την επιφάνεια τους, αλλά και από τη συνολική λειτουργία του κτηρίου (μόνωση, εσωτερικά κέρδη, κλίμα περιοχής, κτλ). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αυξημένη γυάλινη επιφάνεια μπορεί να συντελέσει στην αύξηση του φορτίου θέρμανσης του κτηρίου εξαιτίας των μεγάλων νυχτερινών απωλειών σε περιοχές με ψυχρές νύχτες. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση νυχτερινής μόνωσης στα ανοίγματα. [52]

1.5.6 Σύγκριση παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Οι μέθοδοι παθητικής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας αγνοούνται συνήθως από τις εταιρίες που προωθούν πολύπλοκα συστήματα θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια. Ο συνηθέστερος λόγος είναι βέβαια οικονομικός. Τα παθητικά συστήματα είναι προσανατολισμένα σε ένα εφαρμοσμένο σχεδιασμό, και όχι προς κάποιο προϊόν, πράγμα που σημαίνει ότι δεν ανοίγουν κάποιο νέο τομέα της αγοράς. Είναι ομολογουμένως δύσκολο να υπάρξει κάποια τυποποιημένη σειρά προϊόντων, καθώς όλα τα τμήματα του παθητικού συστήματος εκπληρώνουν ταυτόχρονα και κάποια άλλη λειτουργία, και είναι ενσωματωμένα σε κάθε επιμέρους λύση.

Τα παθητικά συστήματα έχουν βέβαια και μειονεκτήματα. Συχνά οδηγούν σε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εξαιτίας της αργής θέρμανσης του χώρου κάποια κρύα πρωινά (αυτός είναι ο λόγος που οι περισσότερες κατοικίες που έχουν ένα τέτοιο παθητικό σύστημα είναι εφοδιασμένες και με θερμαντικό σώμα) ή σε υπερθέρμανση σε μέρες μεγάλης ηλιοφάνειας. Αυτά τα μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται με τη σωστή τοποθέτηση μόνωσης και με την διευκόλυνση της κατανομής της θερμότητας με εξαεριστήρες. Μερικά παθητικά συστήματα μπορεί να φαίνονται στον μέσο κάτοικο αναξιόπιστα ως μη συμβατικά. Ο χρήστης μιας κατοικίας, που έχει συνηθίσει την «εύκολη» λύση των ενεργητικών συστημάτων που έχουν συμβατική λειτουργία σε χειρισμούς και ρυθμίσεις, αναγκάζεται να αναθεωρήσει κάποια στοιχεία του τρόπου ζωής του. Είναι γεγονός ότι οι κάτοικοι σπιτιών με παθητικά συστήματα πρέπει να είναι ιδιαίτερα συνδεδεμένοι με την κατοικία τους. Με την πάροδο του χρόνου απολαμβάνουν όλο και περισσότερα τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού, ενώ ταυτόχρονα αποκτούν επίγνωση της δυνατότητας αξιοποίησης των στοιχείων της φύσης έτσι ώστε να συμμετέχουν ενεργά σ' αυτή την κατεύθυνση. Πιο απλά, γνωρίζουν τα στοιχεία του συστήματος και τα χειρίζονται, μαθαίνουν πότε πρέπει να ανοίγουν και να κλείνουν τις πόρτες, τους εξαεριστήρες κλπ, να τοποθετούν αντανακλαστικά στοιχεία, να κλείνουν κουρτίνες ή στόρια, μαθαίνουν να ανέχονται τις σχετικά μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές κλπ. Αλλά το να ζει κανείς πιο κοντά στον ρυθμούς της φύσης και να στρέφεται προς τον ήλιο είναι μια θετική γνώση και στάση απέναντι στο πρόβλημα της χρήσης ενέργειας.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των παθητικών συστημάτων είναι η οικονομική τους πλευρά. Η εγκατάσταση μηχανικών συστημάτων θέρμανσης είναι γνωστό ότι επιβαρύνει αρκετά τον προϋπολογισμό κατασκευής. Η διαπίστωση αυτή οδηγεί καταρχήν στην ανάγκη σωστής μόνωσης του κτηρίου, έτσι ώστε να μειώνεται η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση. Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν «παθητικά μέσα» για τη συλλογή και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας, και να υπολογιστεί η κατανομή της θερμότητας ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες.

Αυτή η διαδικασία ελαφραίνει το βάρος των πρόσθετων συστημάτων θέρμανσης, ακόμα και αν πρόκειται για «ενεργητικά» ηλιακά συστήματα. [4]

1.5.7 Δυσκολίες στην εφαρμογή των Π.Η.Σ. στα κτήρια

Είναι γεγονός πως τα παθητικά ηλιακά συστήματα αρκετές φορές παρουσιάζουν δυσκολίες στην εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα δυνατόν να γίνει ορθή και αποδοτική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στα κτήρια. Κάποιες από τις παραμέτρους που δυσχεραίνουν την εφαρμογή τους είναι οι εξής:

- Η συνηθισμένη πυκνή δόμηση, ο δυσχερής συσχετισμός κάλυψης οικοπέδου, ύψους κτηρίων, πλάτους δρόμων, και η ύπαρξη μεγάλου συντελεστή δόμησης στα αστικά ελληνικά κέντρα δεν επιτρέπει συνήθως παρά τον ηλιασμό των τελευταίων ορόφων που κατά κανόνα πάσχουν από λειψή μόνωση (μεγάλα ανοίγματα) και από όχι ικανοποιητική θέρμανση.
- Η δυσκολία εκλογής προσανατολισμού όψεων κτηρίων κυρίως σε περιοχές πόλεων όπου εφαρμόζεται το συνεχές σύστημα.
- Η πρόσθετη μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους, όπως και η δημιουργία τοίχων Trombe, σημαίνουν σχεδόν πάντα απώλεια ωφέλιμου χώρου.
- Οι περιορισμοί από τον Γ.Ο.Κ. στη δυνατότητα εφαρμογής θερμοκηπίων και στο κλείσιμο με τζάμι των εξωστών.
- Ο περιορισμένος αριθμός ενημερωμένων μηχανικών και ειδικών τεχνικών για τη μελέτη και κατασκευή παθητικών συστημάτων και συστημάτων αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας γενικότερα.
- Η συνιδιοκτησία στα πολυώροφα συνήθως κτήρια δυσχεραίνει την τοποθέτηση συστημάτων που απαιτούν κοινή συναίνεση, πχ συλλέκτες στο δώμα, αντλία θερμότητας ή χώρο θερμικής αποθήκευσης στο υπόγειο.
- Οι προτεινόμενες λύσεις θίγουν συχνά την αισθητική και τη μορφολογία των κτηρίων.
- Τα απαιτούμενα επενδυτικά κεφάλαια λόγω της οικονομικής κρίσης και των υψηλών επιτοκίων είναι δύσκολο να βρεθούν.

[10, 12]

1.5.8 Απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ. για τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., αναφέρεται :

- Στο άρθρο 8: Ελάχιστες προδιαγραφές κτηρίων: απαιτείται στο σχεδιασμό των νέων κτηρίων η «ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ), όπως: άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο) κ.ά.»
- Στο άρθρο 11: Περιεχόμενα μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίου: Το τεύχος της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίου όσον αφορά το σχεδιασμό του κτηρίου περιλαμβάνει (παράγραφος 2.6) «Περιγραφή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων για τη χειμερινή και θερινή περίοδο: υπολογισμός επιφάνειας παθητικών ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους (κάθετης / κεκλιμένης / οριζόντιας επιφάνειας), για τα συστήματα με μέγιστη απόκλιση έως 30° από το νότο, καθώς και του ποσοστού της επί της αντίστοιχης συνολικής επιφάνειας της όψης.

Όσον αφορά στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των παθητικών συστημάτων:

- Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τα παθητικά ηλιακά συστήματα που πιθανώς ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτήριο δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτήριο αναφοράς, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους.

Δηλαδή δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια:

- ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,
- το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο, καθώς το προσαρτημένο θερμοκήπιο λογίζεται ως χώρος που δεν θερμαίνεται.

Σ' αυτήν την περίπτωση, στο κτήριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων που δεν διαθέτουν ικανοποιητική θερμομόνωση (τοίχος Trombe, τοίχος θερμικής μάζας, διαχωριστικός τοίχος κτηρίου-ηλιακού χώρου κλπ) αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται σε συντελεστή θερμοπερατότητας UV-W ($W/(m^2K)$) τον μέγιστο επιτρεπτό για την αντίστοιχη θερμική

ζώνη (όπως ορίζονται στον πίνακα 3.3α. της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»).

- Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», (άρθρο 3.5): για τον υπο-λογισμό της συνεισφοράς των παθητικών ηλιακών συστημάτων στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός και καταγραφή διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των παθητικών ηλιακών συστημάτων και αναφέρονται αναλυτικά στη μελέτη σχεδιασμού που περιλαμβάνεται στην ενεργειακή μελέτη του κτηρίου. Θα πρέπει ο μελετητής να λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς τις εξής παραμέτρους:
 - Τον τύπο του παθητικού ηλιακού συστήματος: άμεσου ηλιακού κέρδους και έμμεσου κέρδους, όπως το προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακός χώρος), ο τοίχος Trombe, ο τοίχος μάζας κ.ά.
 - Τη διαφανή επιφάνεια του παθητικού ηλιακού συστήματος σε m^2 . Ανάλογα με το παθητικό ηλιακό σύστημα, προσδιορίζεται η διαφανής επιφάνεια (υαλοστάσιο), τόσο ως προς τη γεωμετρία της [m^2], όσο και ως προς τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών όπως τη θερμοπερατότητα, την ηλιακή διαπερατότητα, την ανακλαστικότητα και τη διείσδυση του αέρα (m^3/sec). Επίσης καταγράφεται ο συντελεστής σκίασης, ο προσανατολισμός, η κλίση της επιφάνειας και η νυχτερινή προστασία.
 - Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους: τον προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών και της γεωμετρίας των εσωτερικών επιφανειών του χώρου, η οποία λαμβάνεται υπόψη ως επιφάνεια υψηλής θερμικής μάζας που αποθηκεύει τη θερμική ενέργεια από τον ήλιο. Γι' αυτές τις επιφάνειες προσδιορίζεται το πάχος τους [m], η θερμοχωρητικότητα τους [$kJ/kg\cdot K$], η θερμοπερατότητά τους [$W/(m^2\cdot K)$] και η απορροφητικότητα τους στην ηλιακή ακτινοβολία.
 - Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους: τον προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών του αδιαφανούς δομικού στοιχείου που χρησιμοποιείται ως στοιχείο αποθήκευσης (τοίχου Trombe, τοίχου μάζας κ.ά.). Γι' αυτές τις επιφάνειες προσδιορίζεται το πάχος τους (m), η θερμοχωρητικότητα τους [$kJ/kg\cdot K$], η θερμοπερατότητά τους [$W/(m^2\cdot K)$] και η απορροφητικότητα τους στην ηλιακή ακτινοβολία και η εκπεμπτικότητα τους στη θερμική ακτινοβολία. ο Για τα παθητικά

ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους με τοίχο Trombe ή τοίχο θερμικής μάζας: τον προσδιορισμό επίσης της απόστασης διακένου (cm) μεταξύ κουφώματος και αδιαφανούς αποθηκευτικής επιφάνειας (τοίχου Trombe ή τοίχου μάζας), την κυκλοφορία αέρα αν εφαρμόζεται μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς και την κυκλοφορία αέρα μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εσωτερικού χώρου του κτηρίου μέσω κατάλληλων θυρίδων κυκλοφορίας αέρα. Για τις θυρίδες αερισμού προσδιορίζεται και η επιφάνειά τους (m^2).

- Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, προς το παρόν δεν λαμβάνονται υπόψη τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους με τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας, μέχρις επιλύσεως υπολογιστικών διαφορών που έχουν δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ο τελικός καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των Π.Η.Σ. όπως θα λαμβάνονται στους υπολογισμούς θα γίνει με επικαιροποίηση των τεχνικών οδηγιών. Προς το παρόν, στην περίπτωση που ένα κτήριο ή τμήμα κτηρίου διαθέτει τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας, τότε στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη ότι η επιφάνεια του Π.Η.Σ. είναι μια συμβατική αδιαφανής επιφάνεια, με συντελεστή θερμοπερατότητας UV-W ($W/(m^2K)$) το μισό του μέγιστου επιτρεπτού για την αντίστοιχη θερμική ζώνη (όπως ορίζονται στον πίνακα 3.3α. της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»). Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά, συντελεστής σκίασης, απορροφητικότητα και συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία λαμβάνονται όπως οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτηρίου αναφοράς. [54]

1.6 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

1.6.1 Γενικά

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: [6, 8, 12]

- Ηλιοπροστασία του κτηρίου
- Ειδικά κρύσταλλα
- Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών
- Επάρκεια θερμικής μάζας
- Ψύξη μέσω εδάφους
- Θερμομόνωση
- Φυσικός αερισμός
- Τεχνητός αερισμός
- Νυχτερινή ακτινοβολία
- Εξατμιστικός δροσισμός
- Διαμόρφωση μικροκλίματος

1.6.2 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.

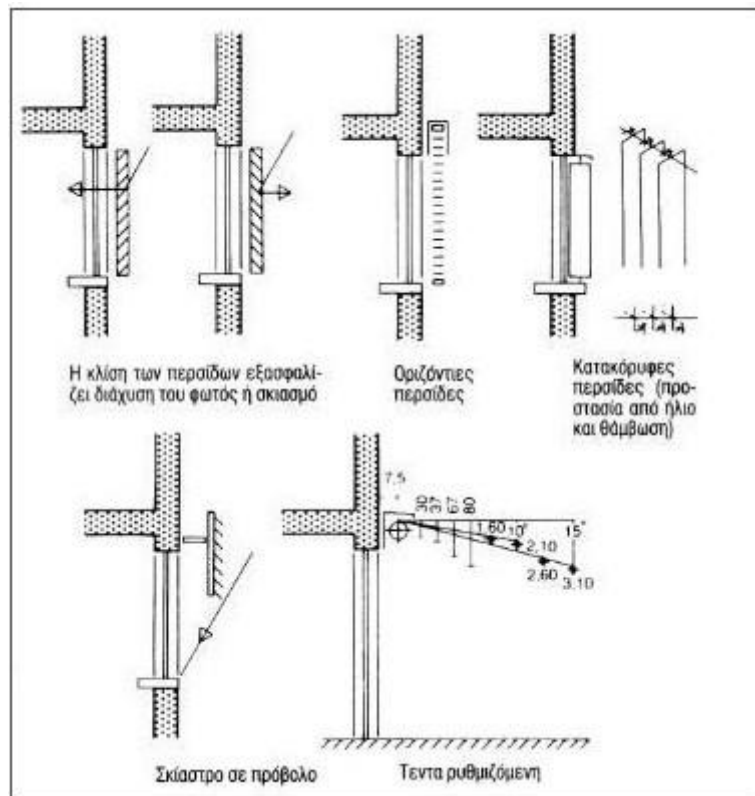
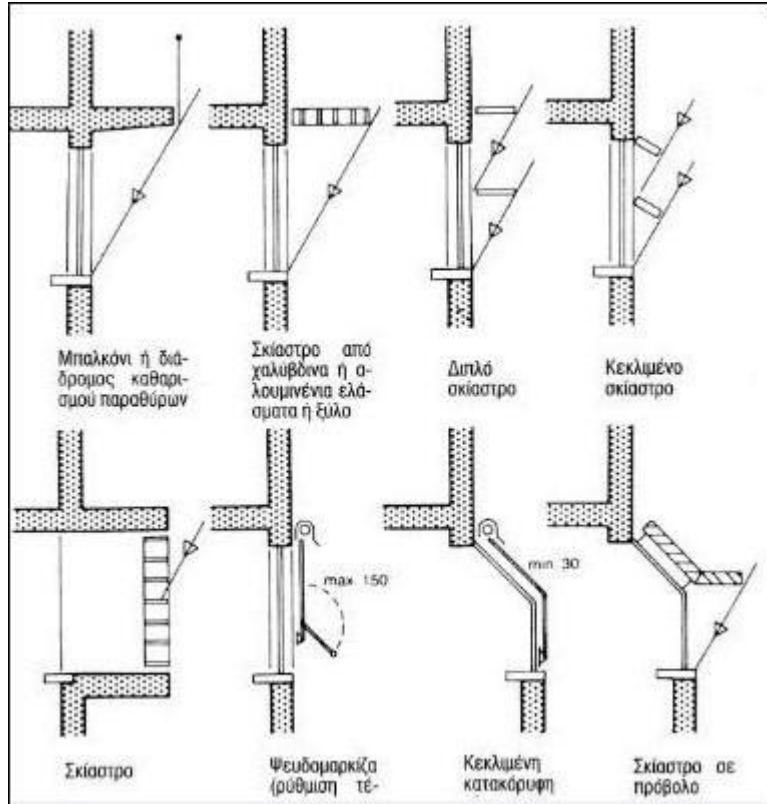
Μια γενική κατηγοριοποίηση των μέτρων ηλιοπροστασίας παρουσιάζεται παρακάτω:

1) Γενικά μέτρα:

- Προσανατολισμός κτηρίου
- Βλάστηση-δέντρα
- Κατασκευαστικές λύσεις:
 - Προεξοχή της στέγης
 - Εξώστες κατά μήκος
 - Κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία σαν σχάρα
 - Μπαλκόνι και λότηζια

2) Ειδικές ηλιοπροστατευτικές κατασκευές:

- Σταθερά πετάσματα:
 - Οριζόντια
 - Κατακόρυφα
 - Σχαρωτά
- Κινητά πετάσματα:
 - Εσωτερικά πετάσματα
 - Πετάσματα ανάμεσα σε διπλά παράθυρα
 - Εξωτερικά πετάσματα
 - Τέντες
 - Παντζούρια και ρολά
- Υαλοπίνακες – ειδικά κρύσταλλα [6, 8, 13]



Εικ.1.27: Στοιχεία ηλιοπροστασίας
Πηγή: [13]

1.6.2.1 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. [8]

1.6.2.2 Υλικά ηλιοπροστασίας

Για τα σταθερά πετάσματα:

- ❖ Το αλουμίνιο: έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, μικρό βάρος, μεγάλη ανακλαστικότητα (95%), και είναι ανοξειδωτο.
- ❖ Το πλαστικό: έχει μικρό βάρος, αντοχή στον χρόνο, είναι ανοξειδωτο και οικονομικό.
- ❖ Το προεντεταμένο σκυρόδεμα: χρησιμοποιείται κυρίως σε ειδικά κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία σε προσόψεις. Μειονέκτημα το μεγάλο βάρος και η συγκέντρωση θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία.
- ❖ Το ασβεστοαμιαντοσιμέντο: δεν σκουριάζει, δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, και καθαρίζεται εύκολα από τις ατμοσφαιρικές εναποθέσεις. Κατασκευάζεται σε λωρίδες, και πλεονεκτεί στα εξής: παρουσιάζει μεγάλη ροπή αντίστασης στις ανεμοπιέσεις, μικρότερες εναποθέσεις, καλύτερο φωτισμό στον εσωτερικό χώρο, μικρότερο θόρυβο από βροχόπτωση.

Για τα κινητά πετάσματα:

- ❖ Τα υφάσματα για κουρτίνες: με αραιή ύφανση και ανοικτούς χρωματισμούς, βελτιώνουν την ποιότητα φωτισμού, παρέχουν οπτική προστασία, και προστατεύουν από θάμπωμα.
- ❖ Το πλαστικό: για βενετικά στόρια εσωτερικά ή ανάμεσα σε διπλά παράθυρα, που παρέχουν δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης του φωτισμού, προστασία από θάμπωμα, και οπτική προστασία.
- ❖ Ύφασμα ή συνθετικό ακρυλικό υλικό: για τέντες. Ιδεώδης κινητή προστασία για όλους τους προσανατολισμούς, εμφανίζοντας μεγάλη οικονομικότητα.
- ❖ Ξύλο ή πλαστικό: για την κατασκευή παντζουριών και ρολών. Δεν αποτελούν σωστή λύση ηλιοπροστασίας μιας και δε μπορούν να επιτρέψουν σωστό φωτισμό όταν είναι κλειστά. Το πλαστικό στον τομέα των ρολών έχει σχεδόν εκτοπίσει το ξύλο. [8, 15]

1.6.2.3 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 λότζια
 - 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 [8, 9, 10]

1.6.3 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. [10, 18]

	ΥΠΕΡ	ΚΑΤΑ
ΓΥΑΛΙ	Φαινόμενο θερμοκηπίου	Ακριβό
	Διαφάνεια	Περιορισμένη μηχανική αντοχή
	Αμετάβλητο	Βαρύ
	Αντέχει στη ρύπανση	Δύσκολη εγκατάσταση σε μεγάλες διαστάσεις
	Χαμηλός συντελεστής διαστολής	
	Εύκολη προμήθεια	
ΠΟΛΥΑΝΘΡΑΚΟΥΧΑ	Πολύ καλή αντοχή σε κρούση	Χαράζεται εύκολα
	Ελαφρύ	Στερείται ακαμψίας
	Πολύ διαφανές	Με το χρόνο κιτρινίζει και καθίσταται εύθραστο
ΙΝΕΣ ΥΑΛΟΥ	Ευχερής εγκατάσταση	Μέτρια διαφάνεια
	Ελαφρύ	Μέτρια διάρκεια ζωής
	Μεγάλης αντοχής	Κιτρινίζει
ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	Πολύ φθινό	Περιορισμένη διάρκεια ζωής
	Ελαφρύ και εύκαμπτο	Εύθραστο μετά από μέτρια έκθεση στον ήλιο
	Κατεργασμένο έχει καλές θερμικές ιδιότητες	
ΤΕΦΛΟΝ	Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής	Ακριβό
	Εξαιρετη μεταβίβαση	Δύσκολη προμήθεια
		Περιορισμός πλάτους

Εικ.1.28: Σύγκριση διάφορων υλικών υαλοστασίων
Πηγή: [11]

Τύπος πρόσοψης	Κατανομή φωτισμού	Σκίαση	Θερμικές απώλειες	Αερισμός	Χαμηλό κόστος κατασκευής	Χαμηλό κόστος συντήρησης	Χαμηλό κόστος καθαρισμού	Εξοικονόμηση ενέργειας	Οπτική επαφή με εξωτερικό
Απλή διαφανής πρόσοψη									
Εξωτερικά σκίαστρα	+++	+++	+	++	++++	++	++	+	++++
Σκίαστρα εσωτερικά διπλού υαλοπ/κα	+++		+		++	+	+	+	+
Εσωτερικά σκίαστρα	++	+++	+	++	++++	+++	+++	+	++
Πολλαπλή πρόσοψη									
Μηχανικά αεριζόμενη	++	+++	++++	+	+	++	+	+	++
Διπλή	++++	++++	++++	+++	+	+	+++	++++	+++

Εικ.1.29: Δυνατότητες διάφορων τύπων διαφανών προσόψεων. Όπου (++++) εξαιρετικές δυνατότητες, (++++) καλές, (++) μέτριες, (+) κακές.
Πηγή: [12]

1.6.4 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. [10, 18]

1.6.5 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 ανοιχτά 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. [1, 8]

1.6.6 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. [1, 17]

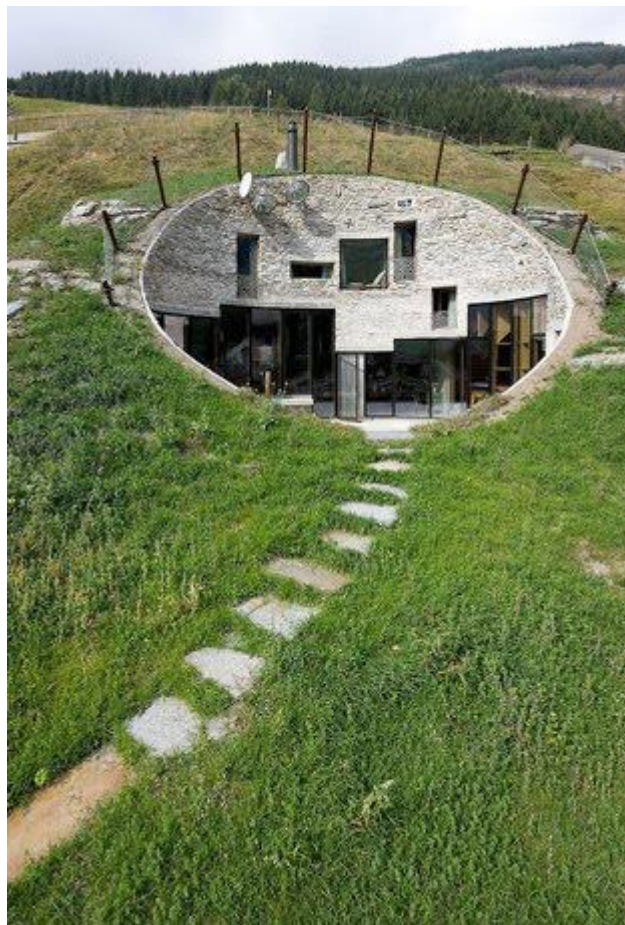
1.6.7 Ψύξη μέσω εδάφους

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.1.30: Υπόσκαφο σπίτι στις Άλπεις
Πηγή: bloggerkm2009.blogspot.com*

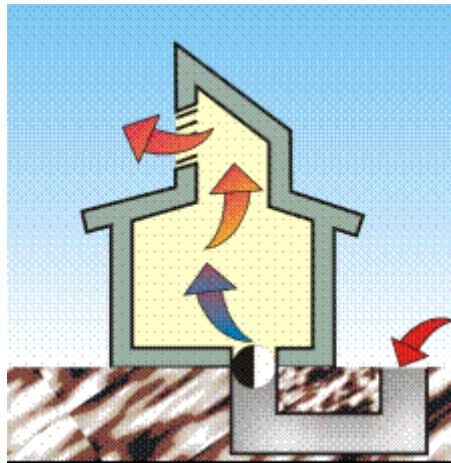
Σε γενικές γραμμές, θερμοκρασίες άνω των 26°C στο εσωτερικό αυτών των κτισμάτων δεν παρατηρούνται συνήθως. Τέλος, συνιστάται η καλή περιμετρική θερμομόνωση στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία παραπλήσια της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

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. [12, 18, 19]



Εικ.1.31: Εναλλάκτης εδάφους – αέρα
Πηγή: [18]

1.6.8 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.

Εκτενέστερη αναφορά και ανάλυση στο πάνω στην θερμομόνωση ακολουθεί σε επόμενο κεφάλαιο. [2, 3, 8]

1.6.9 Φυσικός αερισμός

1.6.9.1 Γενικές αρχές

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 εξόδους. 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:

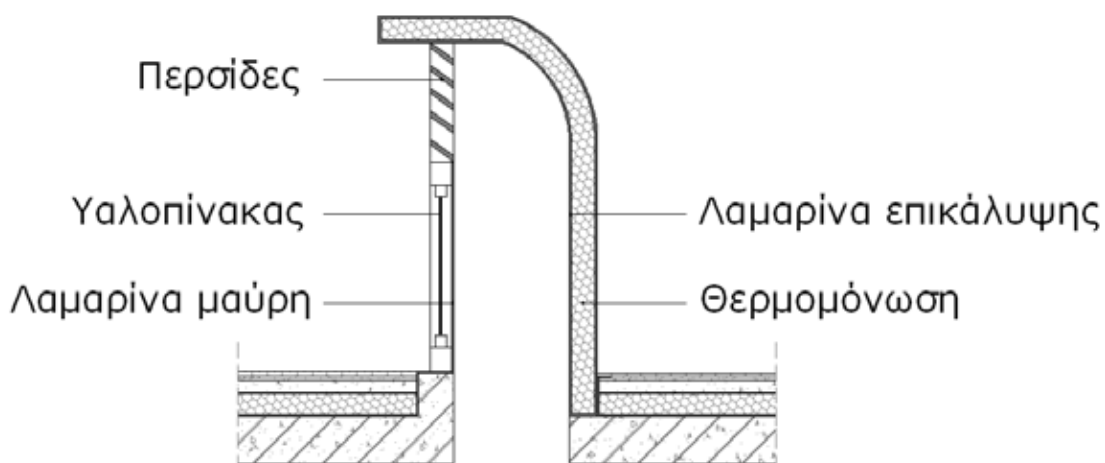
- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα 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. [10, 12, 18]

1.6.9.2 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 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.1.32: Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας
Πηγή: [52]

- 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.1.33: Πύργος αερισμού
Πηγή: [18]

- **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 συνήθεις (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). [1, 10, 12, 18, 35, 36]

1.6.10 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. [12, 18]

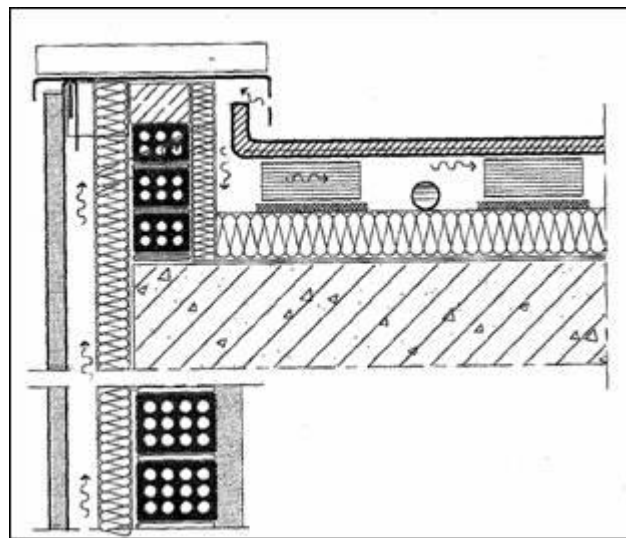
1.6.11 Διπλό κέλυφος

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 (κτήρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού.



*Εικ.1.34: Κτήριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Lyon
Πηγή: architecture.about.com*

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. [12, 15, 18]



*Εικ.1.35: Τομή αεριζόμενου δομικού στοιχείου πρόσοψης και οροφής
Πηγή: www.cres.gr*

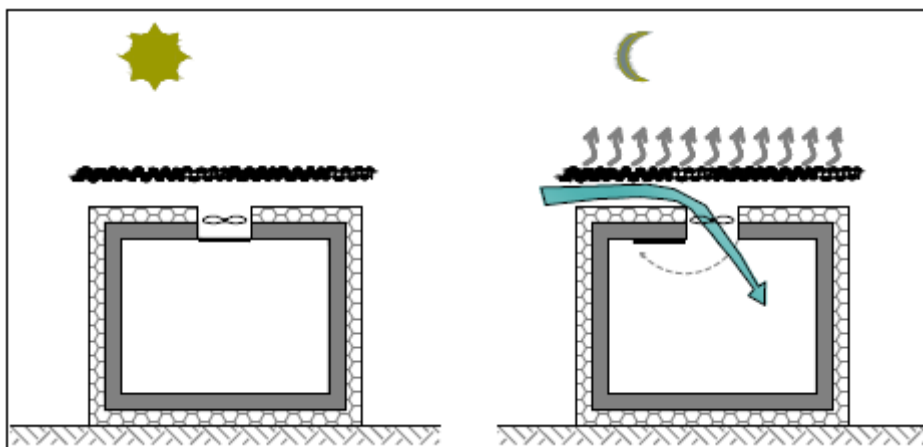
1.6.11 Νυκτερινή ακτινοβολία

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.

1.6.11.1 Μεταλλικός ακτινοβολητής

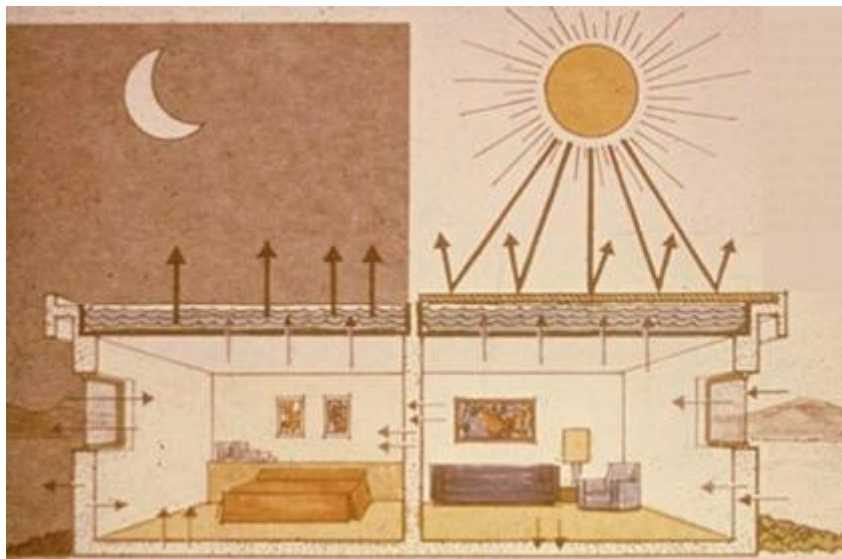
Πρόκειται για μία απλή τεχνική, που προσομοιάζει με ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη χωρίς γυαλί. Αποτελείται από μία μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου, η οποία λειτουργεί ως ψύκτης. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται 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.1.36: Σύστημα δροσισμού με χρήση ακτινοβολητή
Πηγή: [54]

1.6.11.2 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. [12, 18, 35, 54]



Εικ.1.37: Λίμνη οροφής
Πηγή: www.azsolarcenter.com

1.6.12 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.

[10, 18]



*Εικ.1.38: Εξατμιστικός δροσισμός
Πηγή: [18]*

1.6.13 Διαμόρφωση μικροκλίματος

1.6.13.1 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 άμβλυνση 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.
- Άμβλυνση 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.1.39: Φυτεμένη στέγη
Πηγή: monosimacon.blogspot.com*

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

- Κατασκευή της στέγης (με θερμομόνωση)
- Μembrάνη διαχωρισμού (αν χρειάζεται)
- Αντιριζική μεμβράνη
- Προστατευτική επιφάνεια (αν χρειάζεται)
- Στρώση αποστράγγισης (χυτά υλικά ή μεμβράνη)
- Επιφάνεια φίλτρου (γεωύφασμα)
- Υπόστρωμα
- Βλάστηση

Η κλίση της στέγης είναι αποφασιστικός παράγοντας για την κατασκευή της φυτεμένης στέγης και το είδος της βλάστησης. Για την αποφυγή συσσώρευσης υγρασίας, απαιτείται μία ελάχιστη κλίση 5%, γιατί τότε δεν είναι αναγκαία η κατασκευή αποστραγγιστικού συστήματος. Στέγη μεγάλου μήκους, με κλίση μεγαλύτερη των 40% (22°) απαιτεί κατά κανόνα ειδική πρόβλεψη, ώστε να εμποδιστεί η ολίσθηση του υποστρώματος. Για τα δώματα, σύμφωνα με τον Κανονισμό Κατασκευής Δωματίων, απαιτείται μία κλίση τουλάχιστον 2%, για να επιτυγχάνεται η απορροή του βρόχινου νερού. Σ' αντίθετη περίπτωση, απαιτείται η τοποθέτηση ενός καταλλήλως διαστασιοποιημένου αποστραγγιστικού στρώματος.

Η σημασία του φυλλώματος εκφράζεται από την πυκνότητα και το πάχος της φυτικής κάλυψης, στοιχεία τα οποία είναι καθοριστικά για πολλές από τις θετικές ιδιότητες της φυτεμένης στέγης. Προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα κατά την περίοδο θέρμανσης και καλές συνθήκες δροσισμού κατά το καλοκαίρι, συνίσταται η επιλογή της πυκνότερης δυνατής βλάστησης αγριόχορτων και αγριοβότανων. Η τοποθέτηση ποωδών φυτών μπορεί να έχει καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα, η λειτουργία τους όμως, από άποψη οικολογίας και φυσικών ιδιοτήτων, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη.

Δύο άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή μιας «πράσινης» στέγης είναι το ύψος και ο προσανατολισμός της στέγης. Τα φορτία ανέμου, και η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζουν κυρίως την εξάτμιση, και επομένως, λαμβάνονται υπ' όψιν για την επιλογή των φυτών. Με την αύξηση του ύψους της στέγης ή του δώματος, αυξάνονται τα φορτία του ανέμου, και μαζί τους, η εξάτμιση των φυτών. Σε στέγες με νότια κλίση, η ηλιακή ακτινοβολία είναι ισχυρότερη, άρα ξηραίνονται πιο γρήγορα από στέγες με κλίση προς το βορρά. [16, 25, 38, 39, 40, 41]

1.6.13.2 Κατακόρυφοι κήποι

Οι κατακόρυφοι 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 «κατακόρυφος κήπος» εννοούμε τη φύτευση πάνω στις κατακόρυφες επιφάνειες των κτιρίων, είτε αυτές είναι εσωτερικές, είτε εξωτερικές. Με μια σωστή μελέτη και εφαρμογή ενός κατακόρυφου κήπου, τα φυτά μπορούν να επιβιώσουν υπό οποιαδήποτε κλιματική συνθήκη. Σε γενικές γραμμές, ένας τυπικός κατακόρυφος 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 κατακόρυφος 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.

Αναλυτικά, οι μέθοδοι κάλυψης τοίχων με φυτά περιγράφονται ως εξής:

- Ο πιο απλός τρόπος επένδυσης των τοίχων είναι με αναρριχώμενα. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι να υπάρχει χώμα σε διάθεση, είτε στο έδαφος είτε σε δοχεία. Φυτεύονται αναρριχητικά που έχουν τη δυνατότητα να στηρίζονται μόνα τους (όπως ο κισσός ή ο παρθενόκισσος) ή υποβοηθούμενα από στηρίγματα και πλέγματα. Στους σκιερούς τοίχους, όπου μπορεί να παρουσιαστεί πρόβλημα υγρασίας, είναι προτιμότερο να φυτευτούν φυλλοβόλα φυτά, που το χειμώνα αφήνουν τον τοίχο γυμνό και εκτεθειμένο στην ακτινοβολία.
- Άλλος τρόπος είναι να διαμορφωθούν υποδοχές στον τοίχο, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη υποδομή για τη φύτευση. Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται συνήθως σε τοίχους στήριξης. Σε αυτή την περίπτωση, δημιουργούνται ανοίγματα (ζαρντινιέρες) σε διάφορα σημεία του τοίχου,

εγκαθίσταται σύστημα αυτόματου ποτίσματος και, στη συνέχεια, τοποθετείται το χώμα και τα φυτά.

- Σε περίπτωση που σκοπός είναι η «πράσινη» κάλυψη κολονών ή άλλων κάθετων στοιχείων, εγκαθίστανται ειδικά κασπό, μέσα στα οποία μπαίνουν ειδικές γλάστρες. Στις γλάστρες αυτές τοποθετείται χώμα συγκεκριμένης σύστασης, για να είναι ελαφρύ, ενώ το πότισμα γίνεται συνήθως αυτόματα. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στον τρόπο της στήριξης και στην αντοχή της κατασκευής που θα τοποθετηθεί.
- Μια άλλη επιλογή είναι οι ανθισμένες ανθοστήλες με ειδικές γλάστρες που υπάρχουν στην αγορά. Πρόκειται για γλάστρες που τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη, δημιουργώντας έναν πύργο. Σε αυτό το σύστημα, τοποθετείται χώμα και στη συνέχεια γίνεται η φύτευση. Οι γλάστρες μπορεί να ποτίζονται αυτόματα και προσφέρονται για τη δημιουργία διάφορων φυτικών συνθέσεων, αφού συνήθως έχουν αρκετά επίπεδα. Το σύστημα χρησιμοποιείται συνήθως για τη φύτευση φράουλας, αλλά δίνει τη δυνατότητα και για άλλες διακοσμητικές φυτεύσεις.
- Η πλέον σύγχρονη μέθοδος είναι η εξής: ένας μεταλλικός σκελετός εφαρμόζεται πάνω στον τοίχο δημιουργώντας ένα στρώμα αέρα το οποίο λειτουργεί ως ένα πολύ αποδοτικό θερμικό και ακουστικό μονωτικό σύστημα. Ένα φύλλο PVC 1εκ. σε πάχος στερεώνεται πάνω στον μεταλλικό σκελετό, καθιστώντας έτσι την όλη κατασκευή άκαμπτη και κατά συνέπεια υδατοστεγή. Στη συνέχεια εφαρμόζεται πάνω στο PVC μία στρώση πηλίου από πολυαμίδιο. Το πηλίμα αυτό δεν διαβρώνεται, ενώ παράλληλα η τριχοειδής υφή που διαθέτει επιτρέπει μεγάλη ομοιογένεια ως προς την κατανομή του υδάτινου στοιχείου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται πάνω στο πηλίμα. Το πότισμα και η λίπανση πραγματοποιούνται με αυτόματα συστήματα. Το νερό εμπλουτίζεται με θρεπτικά στοιχεία. Οι κατακόρυφοι κήποι μπορούν να αντέξουν περίπου 30κιλά βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο, κάτι που καθιστά σχεδόν κάθε τοίχο ικανό να υποστηρίξει το βάρος ενός κατακόρυφου κήπου.

Πλεονεκτήματα κατακόρυφων 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 φυλλώματα 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.

Προτεινόμενα φυτά

Φυσικά, για κάθε περίπτωση συστήνονται και διαφορετικοί τύποι φυτών. Κάποια κατάλληλα αναρριχώμενα με γρήγορη ανάπτυξη είναι τα: αγιόκλημα, βουκαμβίλια, γλυσίνα, κισσός, κληματαριά, παρθενόκισσος, πολύγωνο, και ρυγχόσπερμο.

Ενδεδειγμένα φυτά για κάθετη φύτευση σε ηλιόλουστα σημεία είναι τα: αμπέλια, άλυσσος, αφάνα, βερβένα, βερβερίδα, βερονίκη νάνα, γεράνι Γιουνίπερος, γρεβιλλέα ταμπορίτα, δεντρολίβανο έρπον, θυμάρι, κίστος, κυδωνίαστρο, κουφέα, λαντάνα νάνα, λεβάντα, λεβαντίνη, μπουζί, σπिरαία έρπουσα, τεύκριο έρπον, υπέρικο έρπον, και φασκόμηλο.

Κατάλληλα για κάθετη φύτευση σε σκιερά σημεία είναι τα: αγιόκλημα, βερβερίδα, βερονίκη νάνα, βίγκα, κυδωνίαστρο, κισσός, ρυγχόσπερμο, σκίμμια, και διάφορα είδη φτέρης.

Τέλος, ορισμένα φυτά που προτείνονται για εφαρμογή σε θέσεις με άνεμο και κρύο είναι τα: αγγελική νάνα, βερβερίδα, βίγκα, γιουνίπερος, δεντρολίβανο έρπον, έρικα (ρείκι), κισσός, κυδωνίαστρο, λεβάντα, λεβαντίνη, σπिरαία έρπουσα, τεύκριο έρπον, και υπέρικο έρπον.

[31, 38, 39]



Εικ.1.40: Musee du quai Branly, Παρίσι
Πηγή: www.ecofriend.com

1.7 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

1.7.1 Σημασία και επιρροή του φωτισμού στον άνθρωπο

Ένας από τους πλέον παραμελημένους παράγοντες στη μελέτη των κτηρίων είναι ο σχεδιασμός φωτισμού. Ο τρόπος που ένα κτήριο φωτίζεται, είτε με φυσικό είτε με τεχνητό φωτισμό ή συνήθως με συνδυασμό των δύο, έχει σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της ψυχολογίας, της διάθεσης και των συναισθημάτων των ανθρώπων, και επομένως δεν θα έπρεπε να παραμελείται.

Ο σχεδιασμός φωτισμού είναι αποτέλεσμα συνδυασμού τέχνης και επιστήμης. Απαιτεί τεχνικές γνώσεις και συνεχή παρακολούθηση στην εξέλιξη των τεχνολογιών, αλλά πάνω απ' όλα την κατανόηση της αισθητικής και ανάγκης των ανθρώπων που δραστηριοποιούνται στο χώρο.

Σε μια έρευνα του InformeDesign, αναλύθηκε η συμπεριφορά των ανθρώπων όσον αφορά την έκθεση τους σε διάφορους φωτισμούς. Αναφέρεται ότι:

- ο άνθρωπος προσανατολίζεται υποσυνείδητα καλύτερα σε χώρους που υπάρχουν οριζόντιες και κάθετες «λωρίδες» φωτισμού, ιδίως όταν αυτές τέμνονται σε κάποιο σημείο.
- όταν πρέπει να επιλέξει μια πορεία, ακόμα και μέσα σε ένα κτίριο, ακολουθεί πάντα την πιο φωτεινή διαδρομή.
- τα πιο λαμπερά σημεία ενός χώρου είναι αυτά που θα τον κάνουν να επικεντρωθεί.
- προτιμάει να αντικρίζει φωτισμένες επιφάνειες και τοίχους.
- και ως συνέπεια του προηγούμενου ο φωτισμός επηρεάζει την θέση και την στάση του σώματος του.

Σε ένα άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε χρόνια πριν, ο Dr. John Flynn ανέπτυξε μια θεωρία, η οποία όριζε τα κριτήρια αξιολόγησης του φωτισμού ενός χώρου. Στο πλαίσιο της έρευνας αυτής, συνέλεξε πληροφορίες από τους συμμετέχοντες οι οποίοι θα χαρακτήριζαν χώρους που συνδύαζαν ομοιόμορφο ή ανομοιόμορφο φωτισμό, με δυνατές ή χαμηλές εντάσεις, και τέλος με περιφερειακό επιτοίχιο, ή προερχόμενο από την οροφή φωτισμό. Κατέληξε συμπερασματικά ότι οι απαντήσεις των χρηστών στο σύνολο τους, θα χαρακτήριζαν ένα χώρο ως:

- ευχάριστο ή δυσάρεστο,
- δημόσιο ή ιδιωτικό
- ευρύχωρο ή κλουβί
- χαλαρό, ξεκούραστο, ή με ένταση
- οπτικά καθαρό, ή συγκεχυμένο, θαμπό, μουντό. [20, 22]

1.7.2 Φωτισμός κτηρίων και εξοικονόμηση ενέργειας

Ο φωτισμός αποτελεί μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτηρίων. Πρωταρχικός στόχος κάθε μελέτης φωτισμού και του σχεδιασμού των συστημάτων που την υποστηρίζουν, είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω:

- Της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από διεθνή και εθνικά πρότυπα, κυρίως με βάση τις λειτουργικές ανάγκες κάθε χώρου
- Της ποιότητας του φωτισμού που εξασφαλίζεται από μια σειρά παραγόντων όπως είναι η σωστή και ισορροπημένη κατανομή των τιμών λαμπρότητας των επιφανειών στο χώρο, η αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, η κατάλληλη επιλογή χρωματικής απόδοσης και θερμοκρασίας χρώματος των πηγών φωτισμού, η ανάδειξη των ιδιαίτερων διακοσμητικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων του χώρου, η δημιουργία κατάλληλων κοντράστ κλπ.

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό αποτελεί σημαντικό ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτηρίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι στον κύκλο ζωής μιας τυπικής εγκατάστασης φωτισμού, το 3% των εξόδων αποτελούν το κόστος της αρχικής επένδυσης, ενώ το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας αποτελεί το 86%. Από έρευνες, έχει προκύψει ότι για διάφορες κατηγορίες χρήσης, η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό είναι:

Χρήση	Κατανάλωση για φωτισμό (% συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης)
Κτίρια Γραφείων	30-50
Καταστήματα	25-50
Νοσοκομεία	10-20
Ξενοδοχεία	10-25

Εικ. 1.41: Κατανάλωση για φωτισμό για διάφορες κατηγορίες χρήσης κτηρίων
Πηγή: [18]

Ωστόσο, έχει διαπιστωθεί ότι σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50% με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών, που συνδέονται άμεσα με την αξιοποίηση των σύγχρονων συστημάτων φωτισμού.

Τέτοια μέτρα-τεχνικές περιλαμβάνουν:

- Τη βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού
- Τη σωστή διαστασιολόγηση του τεχνητού φωτισμού
- Τη χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων
- Τη χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης
- Το χρονο-προγραμματισμό των συστημάτων φωτισμού
- Την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου

Για κάθε εγκατάσταση φωτισμού υπάρχουν μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται και καθορίζουν το βαθμό της ενεργειακής της απόδοσης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας εγκατάστασης φωτισμού καθορίζονται από τον τύπο, τον αριθμό αλλά και την ποιότητα του εξοπλισμού φωτισμού δηλαδή από τους λαμπτήρες, τα συστήματα έναυσης τους και τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται. Καθορίζεται επίσης από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις φωτισμού για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα, οι οποίες περιλαμβάνουν τόσο το φωτισμό για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών και την εκπλήρωση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων όσο και για το γενικό φωτισμό του κτιρίου. Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν το τύπο και τον αριθμό των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν.

Η συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από το φωτισμό επηρεάζεται επίσης από τη διάρκεια του χρόνου που η εγκατάσταση φωτισμού λειτουργεί, ο οποίος με τη σειρά του εξαρτάται από την ποσότητα του διαθέσιμου φυσικού φωτός, από το εάν και πότε ο χώρος χρησιμοποιείται, καθώς επίσης από την ύπαρξη κατάλληλων συστημάτων έλεγχου του φωτισμού, είτε χειροκίνητων είτε αυτοματοποιημένων, για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών οπτικής άνεσης χωρίς την άσκοπη λειτουργία της εγκατάστασης. [10, 20, 54]

1.7.3 Φυσικός φωτισμός

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα και υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα και ανακλαστικότητα).

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. [10, 12, 18]

1.7.3.1 Ανοίγματα οροφής

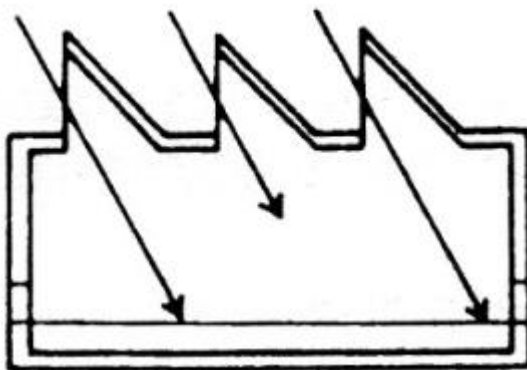
Τα ανοίγματα οροφής αποτελούν ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην τοιχοποιία:

- 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 και 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, 24]

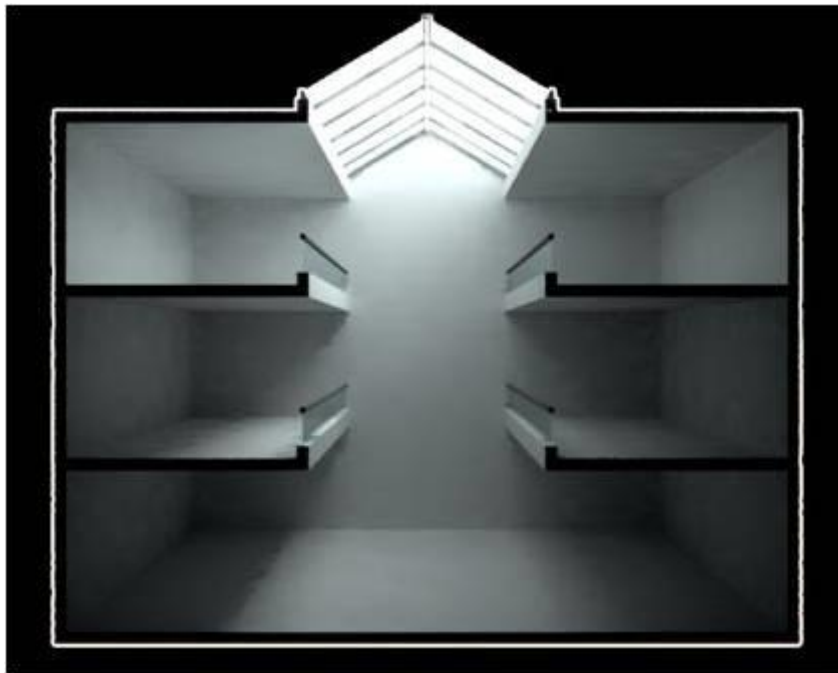


Εικ.1.42: Κατακόρυφα ανοίγματα οροφής
Πηγή: [13]

1.7.3.2 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.1.43: Αίθριο

Πηγή: www.bioxorio.com

- 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, 24]

1.7.3.3 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 εξασθένιση 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. [10, 28, 29]



*Εικ.1.44: Φωτοσωλήνας
Πηγή: www.solalighting.com*

1.7.3.4 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, 24]

1.7.3.5 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.

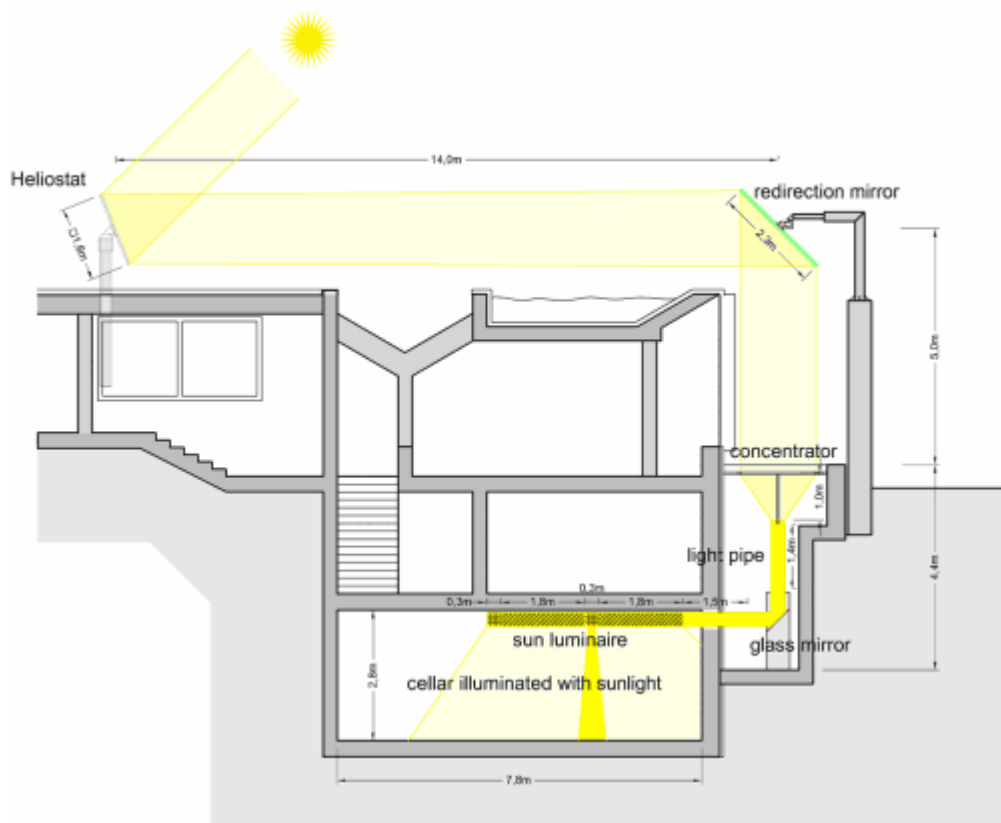
Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα). [18]



*Εικ.1.45: Διαφανές μονωτικό υλικό
Πηγή: www.freshomedesign.com*

1.7.3.6 Ηλιοστάσια

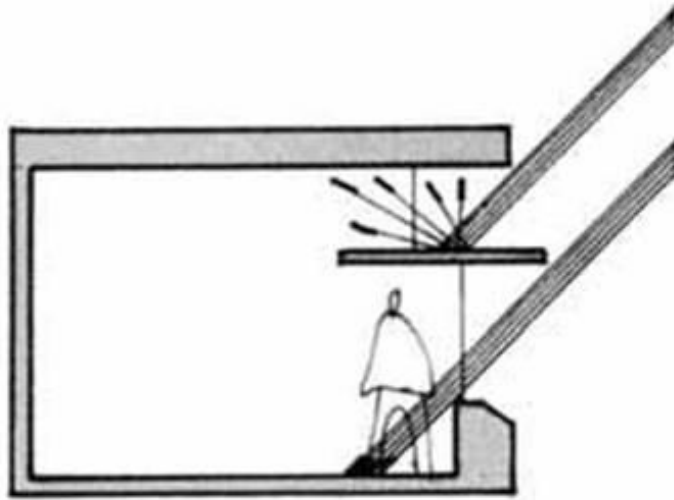
Αποτελούνται από συστήματα κατόπτρων και φακών, τα οποία συλλέγουν και συγκεντρώνουν το φυσικό φως. Τοποθετούνται στα δώματα των κτηρίων, και η θέση των κατόπτρων και των φακών που περιλαμβάνουν ρυθμίζεται ανάλογα με τη διεύθυνση του φυσικού φωτός, έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός 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. [18, 28]



Εικ.1.46: Ηλιοστάσιο
 Πηγή: www.learn.londonmet.ac.uk

1.7.3.7 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 ραφιού 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. [18, 24]



*Εικ.1.47: Ράφι φωτισμού
Πηγή: [24]*

1.7.3.8 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. [10, 18]



*Εικ.1.48: Εφαρμογή εξωτερικών ρυθμιζόμενων περσίδων
Πηγή: www.skiasi.com.gr*

1.7.4 Τεχνητός φωτισμός

1.7.4.1 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.

Παραλλαγή του τυπικού λαμπτήρα βολφραμίου είναι ο λαμπτήρας αλογόνου βολφραμίου (ο σωλήνας που είναι κλεισμένη η ίνα βολφραμίου περιέχει αέριο αλογόνου). Είναι αποτελεσματικότερος (15-24 lumen/W) και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (2000-4000 ώρες), αλλά έχουν κάποια μειονεκτήματα όπως την ευαισθησία σε μεταβολές της ηλεκτρικής τάσης, την ακριβή τιμή τους, καθώς και τον κίνδυνο πυρκαγιάς λόγω του ότι καίγονται σε πολύ

υψηλότερη θερμοκρασία. Οι πιο σύγχρονοι λαμπτήρες πυρακτώσεως ιωδίνης έχουν υψηλή σταθερή φωτεινή ροή, μεγάλη διάρκεια ζωής, και θερμοκρασία χρώματος κατάλληλη για παρουσίαση αντικειμένων και διακόσμηση εσωτερικών χώρων.



Εικ.1.49: Λαμπτήρας πυράκτωσης
Πηγή: www.econews.gr

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.1.50: Σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού
Πηγή: egraid.blogspot.com*

- 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.1.51: Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού
Πηγή: www.enet.gr*

- 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.

- Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης (SON): δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί, και παράγουν ένα χαρακτηριστικό χρυσόλευκο χρώμα.
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης (MBF): παράγουν μπλε-πράσινο ορατό φως. Για να βελτιωθεί αυτό το χρώμα, τοποθετείται επίστρωση του φωσφόρου στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού περιβλήματος, με αποτέλεσμα να παράγεται πρόσθετο ορατό φως, που βελτιώνει τη χρωματική απόδοση του λαμπτήρα. Τα κύρια χρώματα που προστίθενται από το φώσφορο είναι τα κόκκινα και τα πορτοκαλί. Συνήθως, ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει ο λαμπτήρας στην πλήρη εκπομπή φωτός είναι περίπου 10 λεπτά.
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου με μεταλλικά αλογονίδια: Συχνά προστίθενται στους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου μεταλλικά αλογονίδια για τη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου χρώματος, επειδή κάνουν το φάσμα ακόμη περισσότερο συνεχές. Τα πιο κοινά μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι το θάλλιο, ίνδιο ή ιωδιούχο νάτριο.



*Εικ.1.52: Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου με μεταλλικά αλογονίδια
Πηγή: [20]*

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 πυράκτωσης) 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.1.53: Λαμπτήρες LED
Πηγή: www.newsit.gr*

Αντίλογος για τους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας: Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει μία ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από την Ένωση Επαγγελματιών Σχεδιαστών Φωτισμού (Professional Lighting Designers' Association - PLDA), η οποία είναι μία διεθνής εθελοντική, επαγγελματική ένωση μελετητών και σχεδιαστών αρχιτεκτονικού φωτισμού που δραστηριοποιείται σε διεθνή και εθνική βάση. Σύμφωνα με την αναφορά τους, η ενεργειακή εξοικονόμηση από τους λαμπτήρες φθορισμού είναι σαφώς μικρότερη από αυτή που ισχυρίζονται οι κατασκευαστές τους. Επιπλέον, η ανάλυση δίνει στοιχεία για τον τοξικό υδράργυρο που εμπεριέχεται στους λαμπτήρες φθορισμού, και ο οποίος αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο. Η βασική υπόθεση αφορά στο ότι χάρη

στη μεγαλύτερη παραγωγικότητα των λαμπτήρων φθορισμού (παραγωγή φωτός ανά ενεργειακή μονάδα που καταναλώνεται), η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, επισημαίνονται οικονομικά οφέλη από τη μείωση της κατανάλωσης ρεύματος. Δεν υπάρχει κάποια διαφωνία σε σχέση με την καλύτερη αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων φθορισμού: η PLDA αναγνωρίζει πως πράγματι καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια κι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι διαφωνίες της ωστόσο αφορούν τα εξής συγκεκριμένα σημεία:

- Η συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση από τη χρησιμοποίηση λαμπτήρων φθορισμού αντί για λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι σαφώς μικρότερη από ότι υπολογίζεται και πιθανότητα με πολύ μικρότερη συνέργεια στην προστασία του περιβάλλοντος από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Η οικονομία για τους καταναλωτές είναι πολύ μικρότερη από ότι αφήνεται να εννοηθεί.
- Η ποιότητα του οπτικού περιβάλλοντος θα επηρεαστεί αρνητικά σε σημαντικό βαθμό.
- Οι κίνδυνοι για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία είναι εξαιρετικά υψηλοί και δε λαμβάνονται υπόψη. Η εφαρμογή της κατάργησης των λαμπτήρων πυρακτώσεως έχει πραγματοποιηθεί χωρίς να έχουν ληφθεί μέτρα για τους τρόπους ανακύκλωσης των λαμπτήρων φθορισμού που θα τους αντικαταστήσουν ή επιστημονικά μέτρα για την αντιμετώπιση των τοξινών που ελευθερώνονται από τους σπασμένους λαμπτήρες φθορισμού.
- Στην προσπάθεια να πεισθεί το κοινό για τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη της χρήσης λαμπτήρων φθορισμού, υπάρχει μία παραπληροφόρηση ή ελλιπής ενημέρωση του κοινού για άλλα στοιχεία που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τη μετάβαση στη χρήση λαμπτήρων φθορισμού. [12, 19, 20, 33, 34]

1.7.4.2 Συσκευές σύνδεσης και λειτουργίας

Οι συσκευές αυτές εξασφαλίζουν τη σύνδεση των πηγών φωτισμού με την ηλεκτρική παροχή. Οι σύγχρονες απαιτήσεις για βελτίωση της ποιότητας φωτισμού και των συνθηκών οπτικής άνεσης σε κάθε ιδιωτικό και επαγγελματικό χώρο επιβάλλουν την άμεση αντικατάσταση των συμβατικών διατάξεων έναυσης και ελέγχου της λειτουργίας των πηγών φωτισμού (γνωστότερων ως συστημάτων έναυσης) με ηλεκτρονικά.

Εξαιτίας της υψηλής συχνότητας λειτουργίας των ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων, υπάρχει αύξηση της φωτεινής απόδοσης των λαμπτήρων και επομένως μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος της τάξης του 20%.

Αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους:

- ❖ Οι απώλειες από ένα ηλεκτρονικό σύστημα έναυσης είναι περίπου οι μισές από ότι σε ένα συμβατικό.
- ❖ Η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού βελτιώνεται σημαντικά στις υψηλές συχνότητες.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης για τους λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ❖ Μικρότερο μέγεθος (περίπου 40%) και μικρότερο βάρος (περίπου 80%) έναντι των συμβατικών.
- ❖ Παρουσιάζουν μικρές απώλειες και επομένως εκλύουν λιγότερη θερμότητα.
- ❖ Επιτρέπουν την αυξομείωση του φωτισμού μέσω ρυθμιστών φωτισμού (dimmers).
- ❖ Παρέχουν τη δυνατότητα λειτουργίας και στο συνεχές ρεύμα για την ίδια τάση.
- ❖ Δεν εμφανίζουν βόμβο.
- ❖ Θέτουν το σύστημα εκτός λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης (για παράδειγμα βραχυκυκλώματος). Όταν διορθωθεί το πρόβλημα τότε το σύστημα φωτισμού λειτουργεί και πάλι αυτόματα.
- ❖ Μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 50,000 ώρες).
- ❖ Διατηρούν σταθερή τάση στην έξοδο τους ανεξάρτητα του φορτίου με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η προδιαγεγραμμένη από τον κατασκευαστή διάρκεια ζωής για τους λαμπτήρες για παράδειγμα ένα συμβατικό σύστημα έναυσης σε φορτίο 20% εμφανίζουν τάση εξόδου αυξημένη στα 13,5V γεγονός που μειώνει σημαντικά τη ζωή των λαμπτήρων.

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες που εκπέμπονται από τους λαμπτήρες αλογόνου στο περιβάλλον, θα πρέπει να τοποθετούνται σε κάποια απόσταση από τις πηγές φωτισμού.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης υψηλής συχνότητας κάνουν δυνατή τη ρύθμιση της φωτεινής ροής από 100% έως 1% στους λαμπτήρες φθορισμού, χρησιμοποιώντας μια γραμμή ελέγχου 1-10V DC. Αυτή η γραμμή ελέγχου επιτρέπει μια μεγάλη ποικιλία συνδέσεων, από συνδέσεις με απλούς ρυθμιστές χειρός για συστήματα φωτισμού που ενεργοποιούνται με το φως της ημέρας, μέχρι συνδέσεις σε σύγχρονα συστήματα διαχείρισης ενέργειας με τεχνολογία PC και I-bus. Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης υψηλής συχνότητας για ρύθμιση της φωτεινής ροής ξεπερνούν όλες τις υπάρχουσες συμβατικές και ηλεκτρονικές λύσεις όχι μόνο στους τομείς της άνεσης του

φωτισμού και της εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά επίσης και σε ότι αφορά την ευκολία λειτουργίας και εγκατάστασης. Η ρύθμιση του φωτισμού ενδείκνυται σε αίθουσες συνδιασκέψεων, κινηματογράφων, στούντιο, εκθέσεων, υπολογιστών, εστιατορίων, δεξιώσεων και λοιπών κοινωνικών εκδηλώσεων καθώς και για την εξοικονόμηση ενέργειας σε γραφεία με σύστημα ελέγχου φωτισμού που ρυθμίζεται ανάλογα με τα επίπεδα του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού.



*Εικ.1.54: Σύστημα διαχείρισης τεχνητού φωτισμού BUS
Πηγή: [33]*

Τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί ένα νέο ψηφιακό πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του συστήματος ελέγχου και του ηλεκτρονικού συστήματος έναυσης που είναι γνωστό ως DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί μια από κοινού προσπάθεια των μεγαλύτερων κατασκευαστών ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης να δημιουργήσουν ένα κοινό πρότυπο επικοινωνίας και για το λόγο αυτό το DALI περιλαμβάνεται στο Ευρωπαϊκό πρότυπο για τα συστήματα ελέγχου EN 60929 στο παράρτημα E4. Το DALI αποτελεί μια απλή σε τοποθέτηση, λειτουργία και σχεδιασμό λύση για έξυπνη διαχείριση του φωτισμού ενός χώρου. Αποτελεί μια νέα μέθοδο ελέγχου των ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης μέσω ενός ψηφιακού σήματος ελέγχου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε απαιτείται ο έλεγχος λαμπτήρων φθορισμού δηλαδή από το μικρότερο χώρο γραφείο έως τη μεγαλύτερη αίθουσα ενός ξενοδοχείου. Τα κύρια χαρακτηριστικά των συμβατών με το πρωτόκολλο επικοινωνίας DALI ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης είναι ότι μπορεί να δεχτεί μεμονωμένα εντολές σε ψηφιακή μορφή, γεγονός που εξασφαλίζει την απουσία οποιασδήποτε παρεμβολής, ότι μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μια ομαδοποιήσεις καθώς και ότι μπορεί να αποθηκεύσει τα επίπεδα φωτισμού για διαφορετικές σκηνές φωτισμού ακόμα και να τίθεται εντός και εκτός λειτουργίας ψηφιακά χωρίς την ανάγκη

ύπαρξης ρελέ. Κάθε ηλεκτρονικό επίσης μπορεί να στέλνει σήματα επιστροφής για τη θέση του και για το εάν ο λαμπτήρας είναι σε / εκτός λειτουργίας, για την πραγματική ένταση του φωτισμού, για πρόβλημα στον λαμπτήρα καθώς και για άλλες ειδικές ρυθμίσεις. [12, 19, 33]



Εικ.1.55: Digital Addressable Lighting Interface
Πηγή: [20]

1.7.4.3 Φωτιστικά σώματα

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές βελτιώσεις στο βαθμό αποδοτικότητας τους σε σύγκριση με την παλιότερη γενιά φωτιστικών σωμάτων. Η ανακαίνιση παλιότερων εγκαταστάσεων φωτισμού και η χρησιμοποίηση σύγχρονων συστημάτων φωτισμού μπορεί να εξασφαλίσει πέραν της βελτιωμένων συνθηκών οπτικής άνεσης, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (για παράδειγμα εξάλειψη των φωτεινών αντανακλάσεων στις οθόνες υπολογιστών).

Ο σύγχρονος σχεδιασμός φωτιστικών σωμάτων έχει οδηγήσει σε βελτιώσεις της απόδοσής τους, σε σχέση με παλαιότερα φωτιστικά. Ενώ ότι οι τυπικοί -βαμμένοι σε λευκό χρώμα- ανακλαστήρες έχουν συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης περίπου του 70%, ο συντελεστής ανακλαστικότητας των ανακλαστήρων αλουμινίου μπορεί να φτάσει έως και 95%. Πολλά σύγχρονα φωτιστικά αποτελούνται από προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση. Αυτοί επιτρέπουν την χρήση λιγότερων λαμπτήρων ή φωτιστικών για την παραγωγή συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού.

Η πλέον σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε μελέτη φωτισμού, είναι η φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος. Η υπόθεση ότι δυο φωτιστικά όμοιων διαστάσεων και με τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων ίδιας φωτεινής ροής, έχουν την ίδια φωτιστική απόδοση είναι σαφώς λανθασμένη, αφού στην πραγματικότητα αυτή διαφέρει σημαντικά

από φωτιστικό σε φωτιστικό και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Ως φωτιστική απόδοση ενός φωτιστικού σώματος ορίζεται ο λόγος της ακτινοβολούμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα προς τη φωτεινή ροή που εκπέμπει ο λαμπτήρας του φωτιστικού σώματος. Εκφράζεται επί τοις εκατό και εξαρτάται από την κατασκευή του φωτιστικού και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι ανακλαστήρες ή άλλο οπτικό του σύστημα που χρησιμοποιείται για την διανομή του φωτός σε ένα χώρο. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της φωτιστική απόδοσης ενός φωτιστικού, τόσα περισσότερα φωτιστικά απαιτούνται για να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε ένα χώρο για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και ως εκ τούτου τόσο λιγότερη αποδοτική θα είναι η εγκατάσταση φωτισμού από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας.

Αρκετά από τα σύγχρονα φωτιστικά περιέχουν προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το παραγόμενο φως από τους λαμπτήρες προς την επιθυμητή (και μόνο) κατεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού σε ένα συγκεκριμένο χώρο με όλα τα οφέλη (εξοικονόμηση ενέργειας, χαμηλότερο κόστος επένδυσης για φωτισμό καθώς και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης) που αυτό συνεπάγεται. Ειδικότερα όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας τα οφέλη σύμφωνα με διεθνείς μελέτες υπολογίζεται ότι μπορεί να είναι της τάξης του 20 έως και 50%.



*Εικ.1.56: φωτιστικά σώματα
Πηγή: [18]*

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού είναι μηχανισμοί που ρυθμίζουν την λειτουργία μιας εγκατάστασης φωτισμού, αντιδρώντας σε κάποιο εξωτερικό σήμα (πάτημα ενός διακόπτη, παρουσία ατόμων στο δωμάτιο, ύπαρξη χρονοδιακόπτη, επίπεδα φωτισμού).

Τα πλέον αποδοτικά συστήματα έλεγχου φωτισμού από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Χειροκίνητο τοπικό έλεγχο:

Ο έλεγχος του φωτισμού ενός χώρου από τοπικούς διακόπτες εγκατεστημένους σε προκαθορισμένες θέσεις κυρίως εκεί όπου οι κύριες εργασίες λαμβάνουν χώρα, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας και σημαντική βελτίωση της ικανοποίησης όσων ζουν και εργάζονται στο χώρο αυτόν. Ο τοπικός έλεγχος παρέχει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στο χώρο εργασίας σε σύγκριση με την πλέον διαδεδομένη κατάσταση όπου το σύνολο του φωτισμού του χώρου ελέγχεται από μια σειρά από διακόπτες τοποθετημένων στην κεντρική είσοδο του χώρου. Συνήθως συνιστάται οι τοπικοί διακόπτες να μην βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 8 μέτρων από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή 3 φορές το ύψος του δωματίου εάν είναι μεγαλύτερο.

- Έλεγχο παρουσίας στο χώρο:

Τα συστήματα αυτά θέτουν εκτός λειτουργίας την εγκατάσταση φωτισμού όταν δεν είναι δυνατόν να ανιχνεύσουν παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν παρουσία ή κίνηση ανιχνευθούν, τότε το σύστημα φωτισμού τίθεται σε λειτουργία ξανά. Η εξοικονόμηση ενέργειας από το κάθε είδος ανιχνευτή παρουσίας και κίνησης, θα διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής που καλείται να καλύψει καθώς και τη χρήση του χώρου. Σε γενικές γραμμές έχει υπολογισθεί ότι αυτή μπορεί να είναι της τάξης του 35% έως 45%. Είναι σημαντικό να υπάρχει ενσωματωμένος μηχανισμός χρονοκαθυστέρησης στο σύστημα εφόσον ο χρήστης μπορεί να παραμένει ακίνητος για μικρά διαστήματα ενώ παραμένει στο χώρο, αλλά δεν επιθυμεί να τεθεί εκτός λειτουργίας το σύστημα φωτισμού πριν από τη στιγμή που αποχωρήσει από το χώρο. Η επιλογή των ανιχνευτών παρουσίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή καθώς διαφορετικοί τύποι λειτουργούν σε διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας.

Εάν ο έλεγχος φωτισμού με ανιχνευτές παρουσίας και κίνησης είναι κατάλληλος για ένα χώρο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το τρόπο που αυτός χρησιμοποιείται. Πιο κατάλληλοι είναι χώροι όπως για παράδειγμα μικρά γραφεία, αποθετικοί χώροι, βοηθητικοί διάδρομοι, προθάλαμοι, αίθουσες διδασκαλίας, τουαλέτες, αποθήκες.



Εικ.1.57: Ανιχνευτές παρουσίας
Πηγή: [20]

- Έλεγχος με χρονοπρογραμματισμό
Με αυτό το είδος έλεγχου, η εγκατάσταση φωτισμού τίθεται εκτός λειτουργίας σε ένα κεντρικό πίνακα την ίδια ώρα κάθε μέρα, που μπορεί για παράδειγμα να συμπίπτει με το τέλος της εργάσιμης ημέρας. Είναι σημαντικό να περιλαμβάνει τοπικό χειρισμό έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση φωτισμού εάν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο σε κάποιες περιπτώσεις. Οι εντολές μπορούν να προέλθουν από ποικιλία συσκευών καθώς και από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου (BMS) και για τη μετάδοση τους στα φωτιστικά απαιτείται ειδικό πρωτόκολλο επικοινωνίας
- Έλεγχος σύμφωνα με τη στάθμη του φυσικού φωτισμού
Το φωτοκύτταρο – αισθητήρας φωτός ημέρας 1...10V, μπορεί να είναι τοποθετημένο είτε στον εξωτερικό χώρο είτε εσωτερικά αλλά στραμμένο προς τα έξω για την μέτρηση μόνο του διαθέσιμου φυσικού φωτός είτε να είναι τοποθετημένο στον εσωτερικό χώρο για τη σταθερή ρύθμιση του φωτισμού (φυσικού και τεχνητού) στο χώρο. Ο αισθητήρας επίσης μπορεί να τοποθετηθεί στα φωτιστικά και περιλαμβάνει ολοκληρωμένο ελεγχόμενο ανιχνευτή κίνησης (με καθυστέρηση από 1 έως 30').

Ο τρόπος που ένα κτίριο φωτίζεται, είτε με φυσικό είτε με τεχνητό φωτισμό ή συνήθως με συνδυασμό των δύο (τουλάχιστον για κάποιο διάστημα της ημέρας), έχει σημαντική επίδραση τόσο στην απόδοση όσο και στη διάθεση όσων ζουν και εργάζονται σε αυτό. Η διαπίστωση αυτή, υπογραμμίζει την πρωταρχική σημασία του ανθρώπινου παράγοντα σε κάθε σχεδιασμό φωτισμού. Καθώς όμως ο τεχνητός φωτισμός καταναλώνει αναπόφευκτα σημαντικά ποσά ενέργειας, η παράμετρος της ενεργειακής αποδοτικότητας μιας εγκατάστασης φωτισμού θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Επομένως κάθε σχεδιασμός φωτισμού θα πρέπει να αξιολογείται όχι μόνο ως προς τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης αλλά και ως προς τον τρόπο που διαχειρίζεται τη διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια. [9, 17, 19, 20]

1.8 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειες στα κτήρια

1.8.1 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. Πλέον, είναι μια τεχνολογία ταχέως εξελισσόμενη, και παράλληλα ευρέως διαδεδομένη στην Ευρώπη. 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.

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.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, καθώς δεν καταναλώνουν κάποια πρώτη ύλη.
- Μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Δεν παράγουν υποπροϊόντα και δε μολύνουν το περιβάλλον, αλλά βρίσκονται σε πλήρη αρμονία με το οικοσύστημα.
- Δεν προκαλούν ηχορύπανση, αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη.
- Είναι εύχρηστα.
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον, και μπορούν να εύκολα να εγκατασταθούν μέσα σε πόλεις.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτηρίου, και να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως δομικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας, πχ με ένα αιολικό πάρκο, ή σε υβριδικά συστήματα.
- Επεκτείνονται εύκολα και ανά πάσα στιγμή, για να καλύψουν οποιαδήποτε αύξηση των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- Έχουν πρακτικά μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν έτσι να εγκατασταθούν σε δυσπρόσιτες περιοχές, ή όπου δεν είναι δυνατό και οικονομικά συμφέρον να φτάσει το δίκτυο ηλεκτρισμού.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



*Εικ.1.58: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε στέγη
Πηγή: www.skai.gr*

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.

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 φωτοβολταϊκών 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° για το γεωγραφικό πλάτος των 38° της Αθήνας), και η μηδενική σκίαση στον χώρο τοποθέτησης.

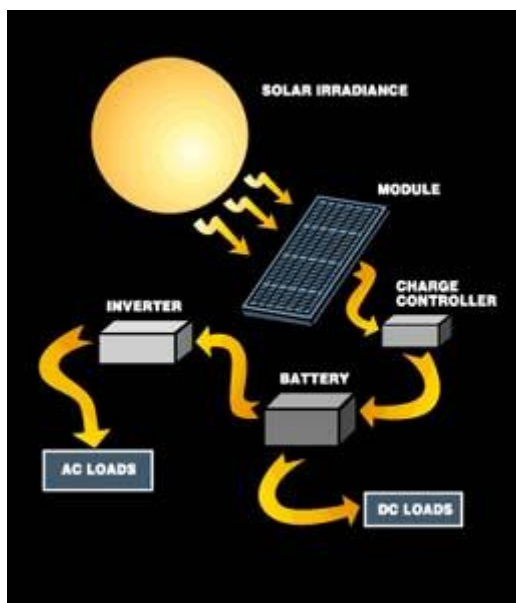
Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	85% kWh _(max)	90% kWh _(max)	50% kWh _(max)
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Νότιος	kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)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

Εικ.1.59: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά)
Πηγή: [49]

Η δομή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια (φωτοβολταϊκό πλαίσιο) με τη βάση στήριξης και ίσως, σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς (tracker). Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία κατ' ευθείαν σε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης, και έχει τη δυνατότητα να το κάνει αυτό από την ανατολή μέχρι και τη δύση του ήλιου.
- Μπαταρίες - συσσωρευτές φωτοβολταϊκών. Αποθηκεύουν με τη μορφή χημικής ενέργειας το ρεύμα που τους τροφοδοτεί η γεννήτρια, προκειμένου να υπάρχει πάντα διαθέσιμη ενέργεια, ακόμα και κατά περιόδους με μειωμένη ηλιοφάνεια.
- Ρυθμιστή φόρτισης για τον έλεγχο και προστασία των μπαταριών. Ο ρόλος του είναι πολύ σημαντικός, καθώς διακόπτει την παροχή ρεύματος από τις γεννήτριες προς τις μπαταρίες, όταν οι τελευταίες έχουν πλήρως φορτιστεί, ενώ τις επανασυνδέει όταν οι μπαταρίες εκφορτιστούν κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο. Επιπροσθέτως, εάν οι μπαταρίες εκφορτιστούν σε μεγάλο βαθμό, τότε ο ρυθμιστής φόρτισης αποκόπτει από αυτές τα ηλεκτρικά φορτία συνεχούς τάσης, παρέχοντας τους προστασία από τον κίνδυνο υπερβολικής εκφόρτισης τους. Ο ρυθμιστής φόρτισης, εκτός από την προστασία των μπαταριών, χρησιμεύει και ως κεντρικός πίνακας διακλαδωτής για τα φορτία συνεχούς τάσης, κατευθύνοντας το ηλεκτρικό ρεύμα είτε προς χρήση, είτε προς αποθήκευση, ανάλογα με την περίπτωση.

- Μετατροπέα τάσεως dc inverter για μετασχηματισμό στα 220V AC. Χρησιμεύει για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, σε εναλλασσόμενο ρεύμα για τις οικιακές συσκευές, και το δίκτυο. Η ισχύς του inverter πρέπει να είναι περίπου το 80-90% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών, ώστε να λειτουργεί κατά το δυνατόν στη μέγιστη ισχύ του, και να επιτυγχάνεται έτσι η μέγιστη απόδοση.



Εικ.1.60: Τα συστατικά στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος
Πηγή: www.wcubed.com

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. [18, 46, 48, 49]

1.8.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Τα γεωθερμικά συστήματα αξιοποιούν την σταθερή θερμοκρασία, η οποία υπάρχει στο έδαφος, αντικαθιστώντας πλήρως τη χρήση πετρελαίου ή άλλου καυσίμου. Η θερμοκρασία των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια. Αυτή η σχεδόν σταθερή θερμοκρασία είναι αποτέλεσμα της συνεχούς ακτινοβολίας του ηλίου -ηλιακή ενέργεια- και της θερμομόνωσης που παρουσιάζει το εκάστοτε πέτρωμα. Η λειτουργία των γεωθερμικών συστημάτων βασίζεται στη μεταφορά ενεργειακών φορτίων από το έδαφος ή τα υπόγεια ύδατα στον κλιματιζόμενο χώρο και αντίστροφα. Σύμφωνα με τη νέα ισχύουσα ελληνική νομοθεσία, η γεωθερμική ενέργεια κάτω των 25°C μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και κλιματισμό κτιριακών εγκαταστάσεων, με μία απλή άδεια από την τοπική Νομαρχία. Οι περιοχές με γεωθερμικό πεδίο άνω των 25°C, είναι ιδιοκτησία του ελληνικού δημοσίου και τη διαχείριση τους έχει το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Το σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας λειτουργεί σαν αναστρέψιμη ψυκτική διάταξη με λήψη θερμότητας από ένα χώρο και απόθεση της σε έναν άλλο χώρο, το οποίο σημαίνει ότι κατά τη χειμερινή περίοδο η θερμότητα λαμβάνεται από το έδαφος και αποτίθεται στον εσωτερικό χώρο (θέρμανση), και το καλοκαίρι συμβαίνει το αντίθετο (ψύξη). Με λίγα λόγια, το σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας πραγματοποιεί μια εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων.

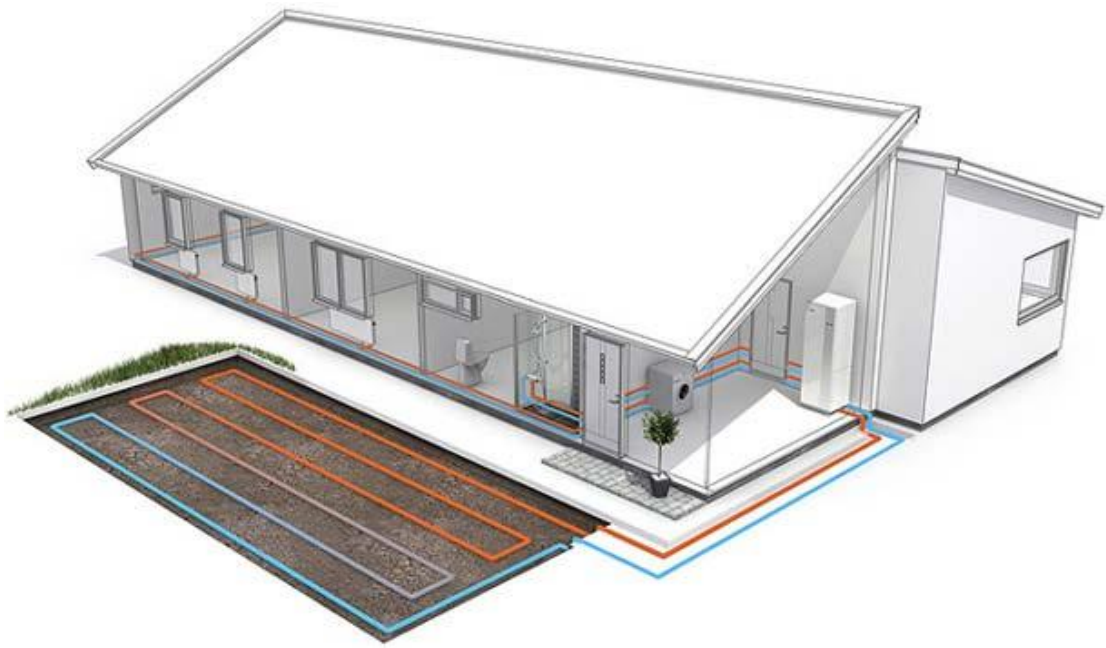
Ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα ΓΑΘ καταναλώνει γύρω στο 25-30% της ενέργειας που αποδίδει, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ παράλληλα λειτουργεί με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή του καλύτερου συστήματος μιας αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα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

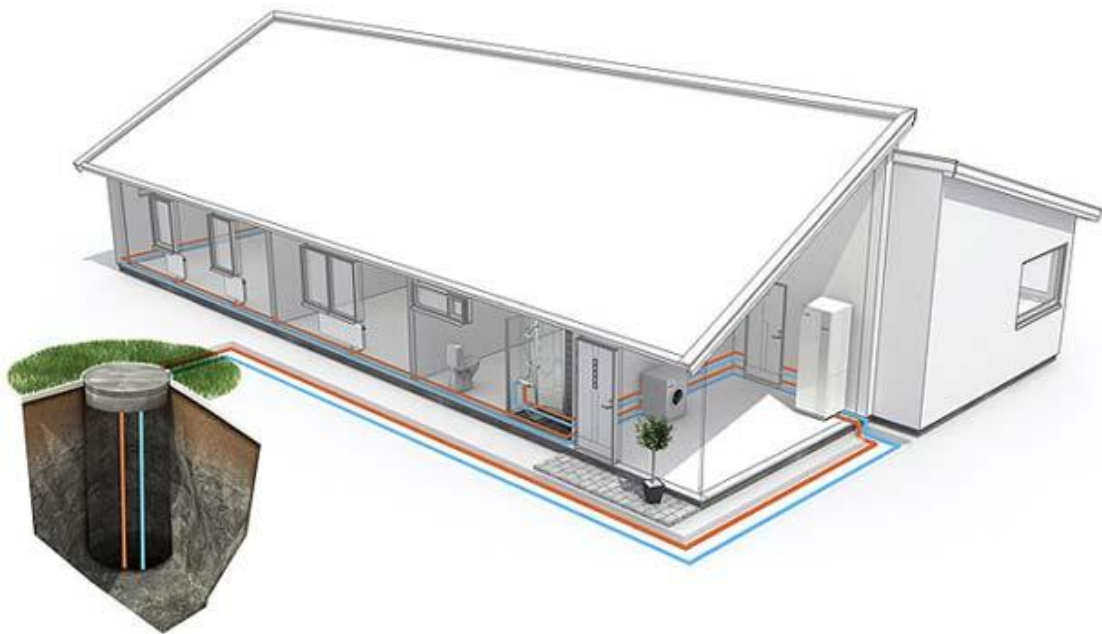
Ένα άλλο πλεονέκτημα των γεωθερμικών συστημάτων είναι ότι καταργούν τη χρήση του πετρελαίου θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θέρμανσης με καυστήρα, λέβητα καμινάδα και δεξαμενή πετρελαίου καταργείται, εφόσον αναφερόμαστε στην εγκατάσταση ενός γεωθερμικού συστήματος. Εν συνεχεία, ένα γεωθερμικό 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 ως 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.

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.1.61: Οριζόντιος γεωεναλλάκτης
Πηγή: www.sigma-geo.gr



Εικ.1.62: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης
Πηγή: www.sigma-geo.gr

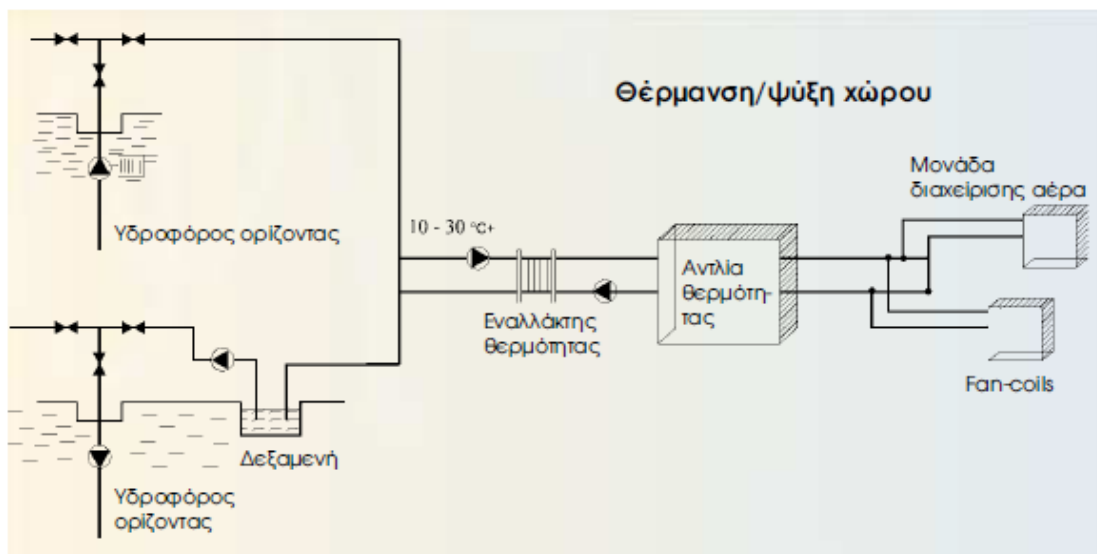
- Υδρογεώτρηση (σύστημα ανοικτού βρόχου): Τα συστήματα ανοικτού βρόχου αντλούν νερό από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και με την χρήση ενός ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της ΓΑΘ και του ανοικτού κυκλώματος προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα μας πριν το νερό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



Εικ. 1.63: Σύστημα ανοικτού βρόχου με υδρογεώτρηση
Πηγή: www.heatcoolwater.gr

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.1.64: Γενικό διάγραμμα λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας νερού-νερού
Πηγή: [18]

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 πια 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 – εξατμιστή.

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. [29, 30, 31, 44, 49]

1.8.3 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.

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, και μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Μπορεί επίσης, με φυσική, θερμοχημική ή βιομηχανική μετατροπή, να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα σε στερεή, αέρια, ή υγρή μορφή. Αυτά με τη σειρά τους μπορούν να καούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, ή να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα μεταφορών. Επιπροσθέτως, στον οικιακό τομέα, η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Η βιομάζα που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι σε ακατέργαστη ή κατεργασμένη μορφή (μπρικέτες ή συσσωματώματα- pellets) για πιο εύκολη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά. 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%.

Ενδεικτικά κόστη ενεργειακού τζακιού 2200-3500€, στόφας με pellets 2500-4500€, στόφας με καυσόξυλα 1000-5000€ και λέβητα για την εγκατάσταση κεντρικού συστήματος θέρμανσης 10000-15000€. Το κόστος των pellets τα οποία στην Ελλάδα πωλούνται σε σάκους των 15kg, είναι 0,30€ ανά kg, τιμή μεγαλύτερη από την Ευρώπη. Με την αύξηση της ζήτησης και την έναρξη τοπικής παραγωγής, αναμένεται να πέσει, σε αντίστοιχα επίπεδα.

Οι εφαρμογές της θέρμανσης με βιομάζα, είναι επενδύσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του υψηλού απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου. Το κόστος του καυσίμου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων θέρμανσης, με συνέπεια, η οικονομικότητα τέτοιων επενδύσεων να είναι ευαίσθητη στις μεταβολές του, αν και τα τελευταία χρόνια η τιμή της βιομάζας

παραμένει δεν έχει ανέβει σε αντίθεση με την ανοδική τιμή του πετρελαίου, για την ακρίβεια έχει μειωθεί με την αύξηση της ζήτησης.

Ένα πρόβλημα που πρέπει να λυθεί πριν ξεκινήσει η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι η εξασφάλιση προμήθειας των απαιτούμενων ποσοτήτων βιομάζας και σε προκαθορισμένες τιμές. Επίσης, είναι εξίσου σημαντική η δυνατότητα χρησιμοποίησης εναλλακτικού καυσίμου ώστε να μπορεί να εξασφαλισθεί η τροφοδοσία του συστήματος με καύσιμο σε κάθε περίπτωση, παρόλο που πλέον και στην Ελλάδα έχει αρχίσει να γίνεται αρκετά διαδεδομένη τεχνολογία. [18, 47, 49]

1.8.4 Μικρές ανεμογεννήτριες

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 600MW ανεμογεννητριών. 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.1.65: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα
Πηγή: www.energia.gr*

- 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.1.66: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα
Πηγή: [43]*

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.

Το κόστος για την αγορά και εγκατάσταση μιας μικρής ανεμογεννήτριας είναι της τάξης των 3000€/kW, και περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του συστήματος (ανεμογεννήτρια, μπαταρίες, inverter, και παρελκόμενα) και τα κόστη μεταφοράς, τοποθέτησης και σύνδεσης με το δίκτυο.

Μια ιδιαίτερα συμφέρουσα πρόταση είναι η εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών σε συνδυασμό με συστοιχίες φωτοβολταϊκών πανέλων, καθώς έτσι οι δύο αυτές διατάξεις συμπληρώνουν η μία την άλλη σε περίπτωση άπνοιας ή συννεφιάς. [43, 46]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Σε όλη την πορεία της εξέλιξης του, ο άνθρωπος ερχόταν αντιμέτωπος με τη ζέστη, το κρύο, και τα προβλήματα που αυτά προκαλούσαν, με αποτέλεσμα να αναπτύξει από νωρίς διάφορες τεχνικές και στρατηγικές για την αντιμετώπιση τους. Νομάδες αρχικά, στην συνέχεια αγρότες και αστοί, είχαν ως κύρια μέθοδο τη θέρμανση ενός μόνο χώρου με σόμπα ή με τζάκι, χρησιμοποιώντας κατά κανόνα φθηνά καύσιμα όπως το ξύλο ή το κάρβουνο. Εκεί περνούσαν το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας, και μόνο όταν έφτανε το βράδυ, πήγαιναν για να κοιμηθούν σε διπλανά μη θερμαινόμενα δωμάτια, όπου αντιμετώπιζαν το ψύχος με βαριά μάλλινα ή δερμάτινα παπλώματα. Στις πέτρινες παραδοσιακές κατασκευές, το πρόβλημα αντιμετωπιζόταν ούτως ή άλλως από μόνο του, συμπτωματικά και διαισθητικά, καθώς τα μεγάλα πάχη των πλευρικών τοίχων, οι ξύλινες στέγες, τα φυσικά υλικά, και τέλος τα ενστικτώδη κατασκευαστικά συστήματα που επινοούσε ο πρωτομάστορας εξασφάλιζαν στον εσωτερικό χώρο συνθήκες άνεσης. Επιπροσθέτως, οι αγρότες πολλές φορές ενσωμάτωναν στο βόρειο τμήμα του σπιτιού έναν επιπλέον χώρο (πχ αποθήκη ή στάβλο), που λειτουργούσε ως φράγμα στην εισβολή του κρύου στους κύριους χώρους του σπιτιού. Ως προς τη ζέστη, η αντιμετώπιση ήταν αντίστοιχη και συνοδευόμενη από τη χρήση ιδιοκατασκευών, όπως αιολικές καμινάδες, σκίαστρα, στέγαστρα, πέργκολες, κοκ.

Όλα άλλαξαν μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οπότε και άρχισε η μαζική αστικοποίηση, καθώς και μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973, η οποία για πρώτη φορά έφερε στο προσκήνιο την έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας λόγω της εξάντλησης των πλουτοπαραγωγικών πόρων της γης.

Οι πρώτοι κανονισμοί θερμομόνωσης στην Ευρώπη εμφανίστηκαν το 1974 σε Γαλλία και Γερμανία, ενώ στην Ελλάδα μόλις το 1979, επιβλήθηκε η θερμομόνωση όλων των νέων κτηρίων. Σταδιακά, στα μέσα της δεκαετίας του '80, ανακαλύφθηκε και μια άλλη συνιστώσα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, ακολουθούμενη στα τέλη της ίδιας δεκαετίας από μια άλλη σημαντική παράμετρο, την οικολογική δόμηση. [10, 15]

2.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Με την πρόβλεψη της θερμομόνωσης στα κτήρια, παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή ένα άλλο ψυχρότερο γειτονικό χώρο. Ωστόσο, αυτή δεν είναι και η μοναδική απαίτηση, καθώς μια καλή θερμομόνωση, κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, πρέπει να εξασφαλίζει επίσης τα εξής:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος, και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
 - Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων.
 - Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
 - Την αποφυγή των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσουν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, όπως είναι η διάρρηξη των σωληνώσεων του νερού από τον παγετό, η αποκόλληση κατασκευών από την επίδραση των υδρατμών, κλπ.
 - Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά. Έτσι, μια μελέτη θερμομόνωσης θεωρείται απόλυτα σωστή όταν η θερμική και ηχητική μόνωση συνδυάζονται σε μία και μόνη κατασκευή.
 - Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού ελαττώνοντας την ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων, μειώνεται αντίστοιχα η ρύπανση της ατμόσφαιρας.
- [15,27]

2.3 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμότητα μεταδίδεται στο χώρο με τρεις τρόπους, με αγωγή, με μεταβίβαση, και με ακτινοβολία. Θερμικές απώλειες προκαλούνται από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μια συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Έτσι, οι θερμικές απώλειες δε νοούνται μόνο

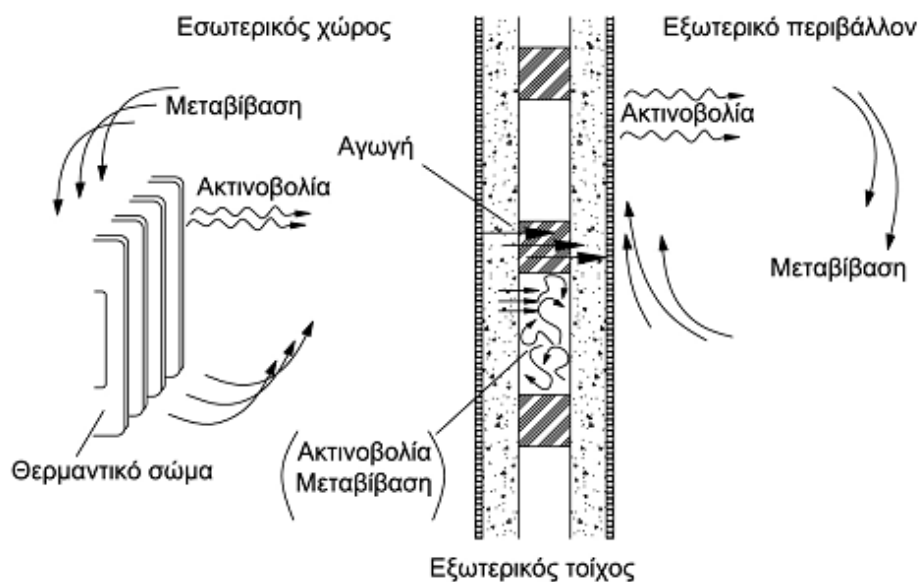
για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως, και μπορεί μόνο να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκεια της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών.

Οι θερμικές απώλειες πραγματοποιούνται από το σύνολο της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου. Όλα τα στοιχεία του κελύφους έχουν το καθένα το δικό του μερίδιο ευθύνης όσον αφορά τις απώλειες θερμότητας, και μάλιστα, αν μπορούν να καταταχθούν με σειρά μειούμενης σπουδαιότητας ως εξής: παράθυρα, στέγη, κατακόρυφες παρειές, και τέλος επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος. Τα παράθυρα ενοχοποιούνται για το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών στα κτήρια, γεγονός που δικαιολογείται από την χαμηλή θερμική αντίσταση των συμβατικών υαλοπινάκων, και την διείσδυση του αέρα, η οποία προκαλεί μεγάλες απώλειες το χειμώνα και ανεπιθύμητα κέρδη το καλοκαίρι. Η χρησιμοποίηση διπλών ή τριπλών σύγχρονων υαλοπινάκων σίγουρα μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των απωλειών θερμότητας, αν και πρόκειται για δαπανηρή λύση. Η στέγη συνεισφέρει στις θερμικές απώλειες μέσω της αγωγής. Το χειμώνα, ο θερμός αέρας του εσωτερικού του κτηρίου τείνει να ανεβαίνει προς την οροφή, η οποία εάν είναι ψυχρή ή ελαττωματικά μονωμένη, ψυχραίνει τον αέρα, ο οποίος στην συνέχεια κατέρχεται, δημιουργώντας ένα κύκλο απωλειών θερμότητας. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, συνίστανται η χρήση ανοικτών χρωμάτων στις οριζόντιες στέγες, η πρόβλεψη αεριζόμενου χώρου στις κεκλιμένες στέγες μεταξύ στέγης και μόνωσης, η χρήση διάταξης σκίασης της στέγης (πχ φύτευση). Οι τοίχοι με τη σειρά τους φέρουν μερίδιο ευθύνης ως προς τις θερμικές απώλειες, ωστόσο αυτό το μερίδιο μπορεί να συρρικνωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση μόνωσης, η οποία για μεσογειακά κλίματα δεν είναι ανάγκη να είναι υπερβολική. Τέλος, όσον αφορά τις ζώνες που είναι σε επαφή με το έδαφος, οι απώλειες σημειώνονται στα σημεία επαφής δια της αγωγής. Ειδικά μέσω των θεμελίων και συγκεκριμένα μέσω της περιμέτρου τους, η θερμικές συναλλαγές με το έδαφος μπορούν να φτάσουν το 15% του συνόλου των θερμικών απωλειών του κτηρίου. Λύση αποτελεί η μόνωση με άκαμπτα φύλλα αφρού στην εσωτερική όψη του τοίχου θεμελίωσης ή στην εξωτερική όψη των θεμελίων. Η απόλυτη μόνωση της πλάκας επί του εδάφους δεν ενδείκνυται, καθώς δεν είναι οικονομική για τα μεσογειακά δεδομένα, και επιπλέον σε θερμές και ξηρές περιοχές, θα αποτελούσε τροχοπέδη για τον επιδιωκόμενο καλοκαιρινό νυχτερινό δροσισμό.

Η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτηρίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης των καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται με βάση μια σωστή μελέτη και τις ακριβείς προδιαγραφές που καθορίζουν τις ιδιότητες

και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών κατασκευής της. Στις περισσότερες χώρες με ψυχρότερα κλίματα, τέτοιες προδιαγραφές ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια.

Στη χώρα μας ισχύει, σύμφωνα με το Π.Δ. 362/4/7/79, ο «Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτιρίων», με τον οποίο γίνεται προσπάθεια, με βάση τη διεθνή πρακτική και τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας, να καθοριστούν προδιαγραφές που να εξασφαλίζουν μία τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση. Τέτοια θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης και που, ωστόσο, εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτηρίου, και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος. [10, 14, 18]



Εικ.2.1: Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο
Πηγή: [14]

2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Θερμομόνωση κτηρίου ή κατασκευής: με τη θερμομόνωση κτηρίου ή κατασκευής επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών στοιχείων (υλικών, μελετών, διαδικασιών και μεθόδων κατασκευής) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτηρίων, τμημάτων θερμικών μηχανών και πολλών βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή: βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας, και να μεταδίδουν τη θερμότητα τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων. Στα μέταλλα, η ροή της θερμότητας με αγωγή οφείλεται κύρια στη διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά: βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω της μετακίνησης των θερμών μορίων. Στα κτήρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται μεγάλα ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα των χώρων προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων, κα.

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία: αυτή συμβαίνει μεταξύ στερεών σωμάτων που διαχωρίζονται από αέρα, και μεταδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

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

Θερμοχωρητικότητα (Q): ονομάζεται η ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει, κατά τη θέρμανση του, ποσότητες θερμότητας. Η θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, όπου m η μάζα του στοιχείου, c η ειδική θερμότητα του, και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας. Μετράται σε kcal.

Συντελεστής θερμοχωρητικότητας (W): εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται σε 1m² στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του στοιχείου και του αέρα που το περιβάλλει είναι 1°C. Μονάδα το kcal/ m² °C.

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

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

Σημείο δρόσου (t_s): είναι η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η υγροποίηση των υδρατμών του αέρα όταν αυτός ψύχεται (σε °C).

Απόλυτη υγρασία (w): είναι η ποσότητα υδρατμών (σε gr) που περιέχεται στη μονάδα όγκου αέρα, και συνήθως μετριέται σε gr/m^3 .

Σημείο κορεσμού ή μέγιστη υγρασία (w_s): είναι η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει $1m^3$ αέρα σε ορισμένη θερμοκρασία του συστήματος αέρας-χώρος και σε δεδομένη πίεση (ατμοσφαιρική). Το σημείο κορεσμού εκφράζεται συνήθως σε gr/m^3 .

Σχετική υγρασία αέρα (ϕ): ο λόγος της περιεκτικότητας υδρατμών στον αέρα σε καθορισμένη θερμοκρασία προς τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών στη θερμοκρασία αυτή, επί τοις εκατό.

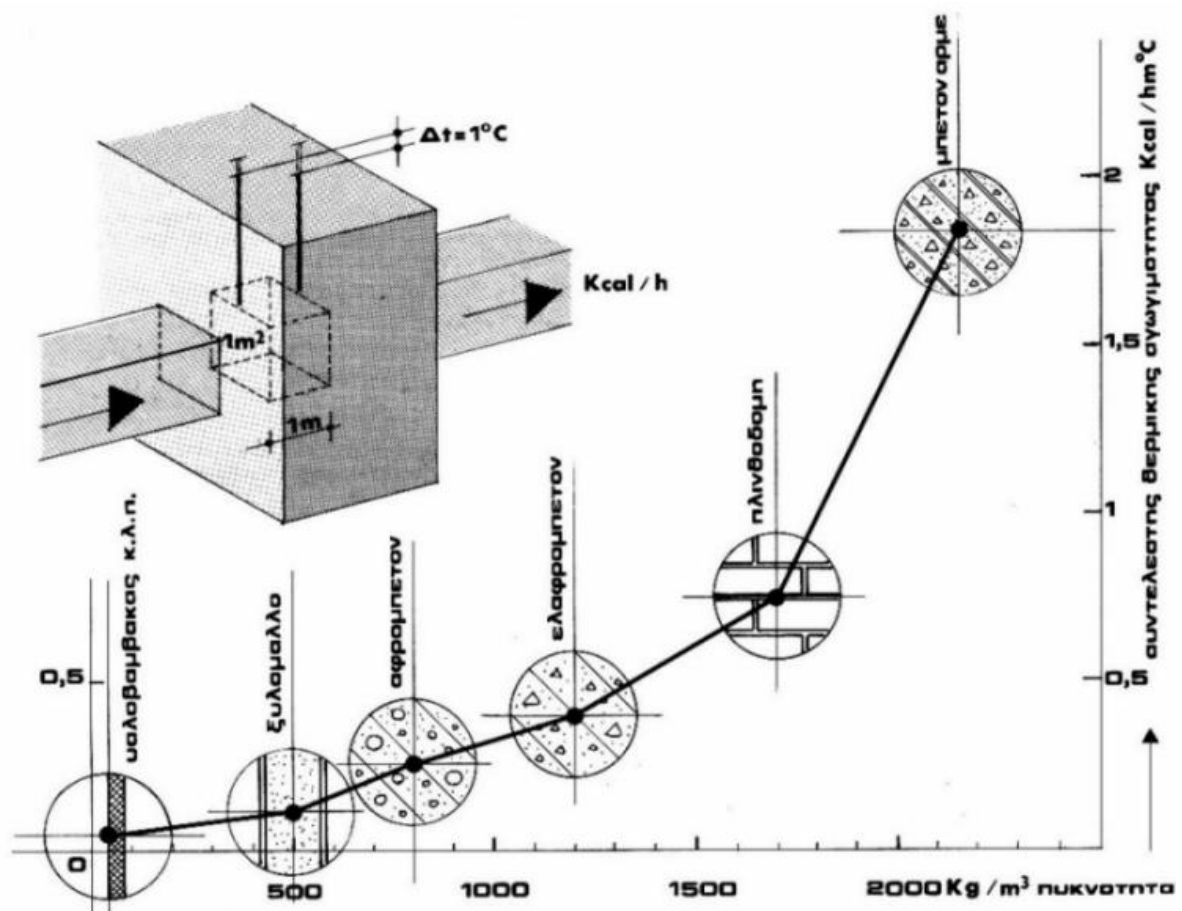
Μερική πίεση υδρατμών (P): είναι η πίεση που προκαλείται από τα μόρια του υδρατμού που βρίσκονται μέσα σε αέρια μάζα, και είναι ανάλογη της ποσότητας των υδρατμών που περιέχονται στη μονάδα όγκου αέρα.

Μερική πίεση κορεσμένων υδρατμών (P_s): είναι η πίεση των υδρατμών στο σημείο κορεσμού. Αυτή εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του αέρα. Στις πιέσεις περιβάλλοντος, με την αύξηση θερμοκρασίας αυξάνει ευθέως ανάλογα και η πίεση κορεσμένων υδρατμών.

Διάχυση υδρατμών: χαρακτηρίζεται έτσι η διείδυση των υδρατμών στο εσωτερικό ενός υλικού, μιας ουσίας, ή ενός δομικού στοιχείου, λόγω της ανάπτυξης διαφορετικών πιέσεων ανάμεσα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του υλικού, του χώρου, ή μεταξύ δύο πλευρών ενός τοιχώματος.

Φράγμα υδρατμών: είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού μεγάλης αντίστασης υδατοδιαφυγής (πχ φύλλο αλουμινίου, PVC, πισσόχαρτου, γυαλιού, στρώμα πλαστικού χρώματος, κα) που τοποθετείται στη θερμότερη πλευρά των χώρων αυξημένης υγρασίας, για να εμποδίζει τους υδρατμούς να εισχωρήσουν και να ψυχθούν στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου ή του τοιχώματος.

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ): η ποσότητα θερμότητας που ρέει σε μία ώρα μέσα από τη στρώση ομοιογενούς υλικού επιφάνειας 1m², όταν η θερμοκρασιακή πτώση κατά τη διεύθυνση ροής της θερμότητας είναι 1°C/m. Εκφράζεται σε W/mk.



Εικ.2.2: Σχηματική απεικόνιση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και της μεταβολής του σε σχέση με την πυκνότητα του υλικού. Πηγή: [18]

Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ή θερμοδιαφυγής (Λ): η ποσότητα θερμότητας που διέρχεται σε μία ώρα από επιφάνεια 1m^2 στρώσης υλικού, όταν μεταξύ των επιφανειών της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας 1°C . Μετριέται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$): είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής, και εκφράζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου. Μετριέται σε $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

Συντελεστής θερμικής μετάβασης (α): η ποσότητα της θερμότητας που μεταδίδεται σε μία ώρα μεταξύ 1m^2 της επιφάνειας ενός στοιχείου κατασκευής, και του αέρα που βρίσκεται σε επαφή, όταν η μεταξύ τους διαφορά είναι 1°C . Εκφράζεται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Αντίσταση θερμικής μετάβασης ($1/\alpha$): είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης, και εκφράζεται σε $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$.

Συντελεστής θερμοπερατότητας (k): η ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται σε μία ώρα από επιφάνεια 1m^2 ενός στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που εφάπτεται στις δυο πλευρές του στοιχείου είναι 1°C . Μετριέται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ-ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_W	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U_{DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_G	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U_{WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	U_F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Εικ.2.3: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, κατά κλιματική ζώνη.
Πηγή: [53]

	Συντελεστής θερμοπερατότητας			
	Ξύλο, Συνθετικό υλικό		Χάλυβας, άλλα μέταλλα, σκυρόδεμα	
	kcal/m ² h°C	W/m ² K	kcal/m ² h°C	W/m ² K
Απλός υαλοπίνακας	4,5	5,23	5	5,81
Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm	2,8	3,26	3,2	3,72
Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 12 mm	2,6	3,02	3	3,49
Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2 cm<math><4 cm</math>	2,2	2,56	2,6	3,02
Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 4 cm<math><7 cm</math>	2	2,33	2,4	3,79
Διπλά παράθυρα με απόσταση υαλοπινάκων 7 cm	2,2	2,56	-	-
Τοίχος από υαλόπλινθους πάχους 80mm	-	-	3	3,49
Χωρίς υαλοπίνακα	3	3,49	5	5,81

Οι τιμές του k ισχύουν:

Για παράθυρα: <math><5,0 m^2</math> εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 25\%$ της συνολικής επιφάνειας.

>math>\geq 5,0 m^2</math> εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 15\%$ της συνολικής επιφάνειας

Για θύρες: >math>\geq 2,0 m^2</math> εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 25\%$ της συνολικής επιφάνειας.

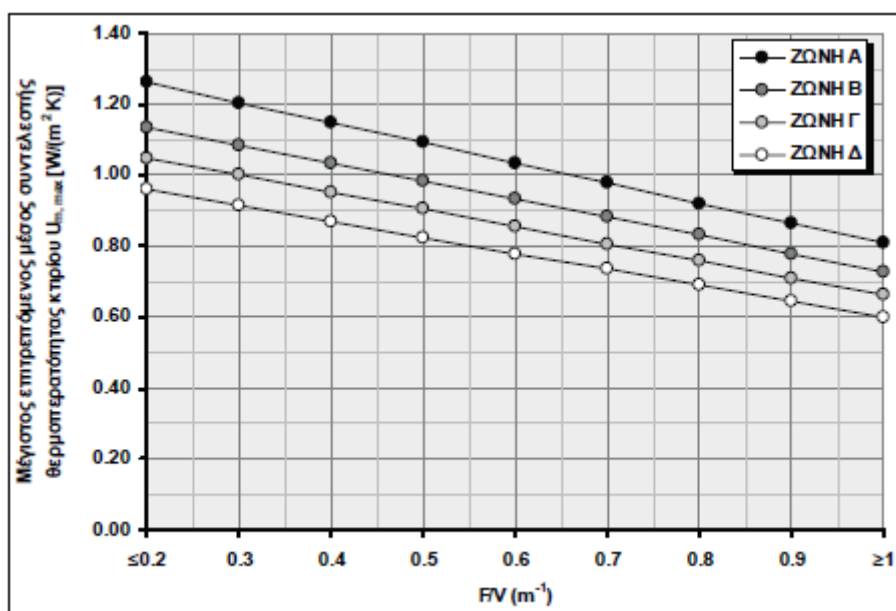
Εικ.2.4: Συντελεστές θερμοπερατότητας k για παράθυρα και θύρες συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου και του τύπου του υαλοπίνακα
Πηγή: [18]

Αντίσταση θερμοπερατότητας (1/k): το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας k. Μετριέται σε m²K/W.

Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτηρίου (k_m): ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει τις απώλειες του εσωτερικού ενός κτηρίου, ανηγμένες στη μονάδα της εξωτερικής επιφάνειας που εμφανίζει απώλειες θερμότητας, για διαφορά θερμοκρασίας 1K μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα. [14, 18]

F/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε W/(m ² K)			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1.26	1.14	1.05	0.96
0,3	1.20	1.09	1.00	0.92
0,4	1.15	1.03	0.95	0.87
0,5	1.09	0.98	0.90	0.83
0,6	1.03	0.93	0.86	0.78
0,7	0.98	0.88	0.81	0.73
0,8	0.92	0.83	0.76	0.69
0,9	0.86	0.78	0.71	0.64
≥ 1,0	0.81	0.73	0.66	0.60

Εικ.2.5: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας συναρτήσει του λόγου περιβάλλουσας επιφάνειας κτηρίου προς τον όγκο του κατά κλιματική ζώνη.
Πηγή: [53]



Εικ.2.6: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας συναρτήσει του λόγου περιβάλλουσας επιφάνειας κτηρίου προς τον όγκο του κατά κλιματική ζώνη.
Πηγή: [53]

2.5 ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης, από τις οποίες εξαρτάται η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της σε κτηριακό έργο, είναι:

1) Η θερμομονωτική ικανότητα: δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στοιχείων κατασκευής. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή θερμομόνωσης, δηλαδή:

- Τη θερμική τους αγωγιμότητα (συντελεστής λ)
- Την περιεκτικότητα τους σε υγρασία
- Το πάχος τους

2) Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα των στοιχείων κατασκευής, που εξαρτάται από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου. Τοίχοι και οροφές επενδυμένοι με επίχρισμα μαρμαροκονίας έχουν γενικά μικρή διαπερατότητα αέρα, και επομένως, μικρές απώλειες θερμότητας από θερμική μεταφορά.
- Την επιφάνεια των κουφωμάτων και τον τρόπο συναρμογής τους. Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης, ανάλογα με το μέγεθος των υαλοπινάκων και τον τρόπο κατασκευής τους. Έτσι, τα μεγάλα ανοίγματα με υαλοπίνακες μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν πολλές θερμικές απώλειες. Το ίδιο συμβαίνει με τους αρμούς επαφής μεταξύ των φύλλων και του πλαισίου ενός κουφώματος. Το γεγονός αυτό κάνει τα παράθυρα και τις πόρτες να εμφανίζουν υπερβολικά μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας (k), γιατί οι θερμικές απώλειες προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα, αλλά και από θερμική μεταφορά.

3) Η θερμοχωρητικότητα (Q) των στοιχείων της κατασκευής, που συμβάλλει στον περιορισμό της ταχύτητας μεταβολής της αρχικής κατάστασης της θερμοκρασίας. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, η θερμότητα που συγκεντρώνουν όσο λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης αποβάλλεται όταν αυτό σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίστοιχο συμβαίνει με την ψύξη το καλοκαίρι. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης (στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια) οι τοίχοι ενεργούν ως:

- Συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμομόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλλουν και πάλι με ακτινοβολία. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται, αντίστοιχα, η διάρκεια μεταβολής των συνθηκών θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να υφίσταται το αίσθημα της θερμικής άνεσης (κατοικίες, γραφεία, κλπ)
 - Φράγμα προστασίας, όταν η θερμομόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες, κλπ), αλλά αντίθετα η προστασία των κατασκευών από τη θερμότητα ή την ψύξη που αναπτύσσεται μέσα στους χώρους αυτούς.
- 4) Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας και αντίστασης θερμοδιαφυγής των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή, είναι παγκόσμια αποδεκτές, όπως τις έχει καθορίσει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), και αφορούν:
- Τη θερμική αγωγιμότητα (λ) των πιο συνηθισμένων οικοδομικών υλικών
 - Την αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στρωμάτων αέρα, ανάλογα με το πάχος τους.
- 5) Οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης αφορούν τον καθορισμό:
- Των ελάχιστων θερμοκρασιών χώρων, για τις οποίες εξασφαλίζονται άνετες συνθήκες διαβίωσης μέσα στους χώρους ενός κτηρίου, ανάλογα με τη χρήση τους.
 - Των ορίων θερμικών απωλειών των στοιχείων της κατασκευής, ώστε ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά ορισμένες τιμές.
 - Των ορίων των θερμικών απωλειών των κτηρίων, ώστε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά τις τιμές που καθορίζει ο Κανονισμός, ανάλογα με τις ζώνες (Α, Β, και Γ) θερμομονωτικών απαιτήσεων στις οποίες έχει διαιρεθεί η χώρα μας.
 - Της οικονομικά βέλτιστης θερμομόνωσης, ώστε να μειώνονται οι δαπάνες θέρμανσης, αλλά και να αποφεύγονται άσκοπες δαπάνες υπερβολικής θερμικής προστασίας. [14, 18]

2.6 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

➤ Επιλογή της κατάλληλης θερμομόνωσης

Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, οι θερμικές απώλειες από τον εσωτερικό προς τον ψυχρό εξωτερικό αέρα μπορούν μόνο να επιβραδυνθούν, και όχι να αποκλειστούν, ενώ είναι απαραίτητη η αναπλήρωση τους με τεχνητή παραγωγή-προσαγωγή θερμότητας σε κάθε χώρο. Το αναγκαίο ποσό θερμότητας για τη θέρμανση του κτηρίου υπολογίζεται από το σύνολο όλων των απωλειών και καθορίζεται από:

- Το κλίμα της περιοχής
- Τον προσανατολισμό του κτηρίου
- Την αναλογία μεταξύ όγκου και εξωτερικής κτηριακής επιφάνειας
- Τη θερμοπερατότητα των εξωτερικών δομικών στοιχείων
- Τον τρόπο λειτουργίας και τη δυνατότητα ρύθμισης της εγκατάστασης θέρμανσης

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι αποφασιστικής σημασίας και παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό, ειδικά όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου είναι μεγάλη.

Η θερμομόνωση του εξωτερικού κτιριακού περιβλήματος ή η αύξηση της ήδη υπάρχουσας θερμομόνωσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κατασκευής. Η αύξηση αυτή εξετάζεται κυρίως σε σύγκριση με τη μείωση του κόστους θέρμανσης που προκύπτει λόγω της θερμομόνωσης. Η αύξηση ή η ύπαρξη της θερμομόνωσης, για να συμφέρει οικονομικά, θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τους τόκους και την απόσβεση της πρόσθετης κατασκευαστικής δαπάνης. Στην περίπτωση που το κόστος θέρμανσης είναι μικρότερο από την απόσβεση της πρόσθετης δαπάνης, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι συνεχής.

Στατιστικά, αναφέρεται ότι:

- Το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης μειώνεται με τη θερμομόνωση. Σε μια πολυκατοικία είναι δυνατή η εξοικονόμηση έως 17,5%.
- Σε συνηθισμένες πολυκατοικίες, με μια αύξηση 3% των κτηριακών δαπανών για θερμομόνωση, επιτυγχάνεται 30% εξοικονόμηση στα καύσιμα, και ο χρόνος απόσβεσης της επιπλέον δαπάνης υπολογίζεται σε 4 έως 8 χρόνια.
- Η επιπλέον αυτή δαπάνη δεν πρέπει να είναι περισσότερο από το 5% της συνολικής και τα αποτελέσματα σε εξοικονόμηση ενέργειας να είναι αξιόλογα, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα

σημερινά οικονομικά δεδομένα. Μελλοντική αύξηση της τιμής των καυσίμων θα έχει ως αποτέλεσμα την υποχρεωτική αύξηση της απαίτησης επένδυσης για θερμομόνωση.

- Στην περίπτωση κτηρίου που δεν είναι καλά θερμομονωμένο, τα έξοδα της θέρμανσης υπερβαίνουν τα έξοδα κατασκευής, μετά την πάροδο μερικών δεκαετιών.

➤ Κριτήρια επιλογής

Το πρόβλημα επιλογής της θερμομόνωσης πρέπει να αντιμετωπιστεί καταρχάς από τεχνικής άποψης. Μετά την επιλογή των κατασκευαστικών λύσεων που καλύπτουν τις τεχνικές προδιαγραφές του κτηρίου, γίνεται η επιλογή με οικονομικά κριτήρια της καλύτερης λύσης, κυρίως με βάση το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα και το ετήσιο κόστος λειτουργίας – απόσβεσης. Χρήσιμα στοιχεία για την επιλογή αποτελούν ο χρόνος απόσβεσης και το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού.

Για την σύγκριση των διατιθέμενων λύσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- Του συνολικού οικονομικού αποτελέσματος, με παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου κι ενός χρόνου ζωής του οικοδομικού έργου. Ο υπολογισμός γίνεται με τη μέθοδο της παρούσας αξίας, δηλαδή το ολικό οικονομικό αποτέλεσμα που προκύπτει στη διάρκεια ζωής του κτιρίου, ανηγμένο σε σημερινή αξία.
- Του ετήσιου κόστους λειτουργίας-απόσβεσης του έργου, που προκύπτει εάν υπολογιστεί το τοκοχρεολύσιο της παρούσας αξίας στα προηγούμενα αποτελέσματα.
- Του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης της πρόσθετης δαπάνης. Αυτός αποτελεί μια ενδιαφέρουσα ένδειξη για τον επενδυτή.

Ως σημείο αναφοράς θεωρείται μια βασική κατασκευαστική λύση, και ως ποσόν προς απόσβεση η επιπλέον δαπάνη πέρα από το κόστος της βασικής λύσης. Για να επιτευχθεί η εν λόγω απόσβεση απαιτείται μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης, υπό την παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου. Τέλος, το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού αποτελεί απαραίτητο οικονομικό δείκτη, εφόσον η μελέτη έχει καταλήξει στη χρήση ενός συγκεκριμένου μονωτικού υλικού, και υπολογίζεται είτε με τη χρήση γραφημάτων ή πινάκων είτε αναλυτικά. [18, 27]

2.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις τρόπους:

a) Από το εσωτερικό τους μέρος.

Το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου, και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό, που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα.

Πλεονεκτήματα:

1. Περιορισμένος χρόνος κατασκευής
2. Φτηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
3. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις
4. Απλή κατασκευή
5. Γρήγορη θέρμανση του χώρου
6. Κατασκευή ανεξάρτητη των καιρικών συνθηκών

Μειονεκτήματα:

1. Περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος
2. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου, με αποτέλεσμα να ψύχεται γρήγορα ο χώρος
3. Δεν λύνεται το πρόβλημα των θερμογεφυρών
4. Κίνδυνος συστολής-διαστολής των δομικών στοιχείων λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.
5. Κίνδυνος ρηγματώσεων και εισροής νερού
6. Μικρό πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων

b) Από το εξωτερικό τους μέρος.

Το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου.

Πλεονεκτήματα:

1. Ο χώρος διατηρεί την θερμότητα και μετά τη διακοπή της θέρμανσης από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων

2. Στους νότιους χώρους διατηρείται η θερμότητα από το ηλιακό θερμικό κέρδος
3. Δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή εσωτερικής θερμομόνωσης
4. Δε μειώνεται ο ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος
5. Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται έναντι συστολοδιαστολών
6. Εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών, ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια, και στις κολόνες

Μειονεκτήματα:

1. Ακριβότερη κατασκευή σε σχέση με την εσωτερική θερμομόνωση
2. Δύσκολη εφαρμογή σε περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές
3. Αδυναμία εφαρμογής σε κτήρια με έντονη εξωτερική μορφολογία
4. Απαιτούνται σκαλωσιές για εργασίες κατασκευής σε πολυώροφα κτήρια
5. Απαιτείται ειδική προστασία των υλικών των διάφορων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις

c) **Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων.**

Ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα. Ο τρόπος κατασκευής τους, το σχήμα τους, οι διαστάσεις τους, καθώς και κάποιοι άλλοι παράγοντες διαμορφώνουν τον συντελεστή θερμικής διαπερατότητας K , ο οποίος πρέπει να είναι σύμφωνος με τον κανονισμό θερμομόνωσης. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει πολυάριθμα πλεονεκτήματα, ενώ θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή επιχρισμάτων η κατάλληλη στενότητα, ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι:

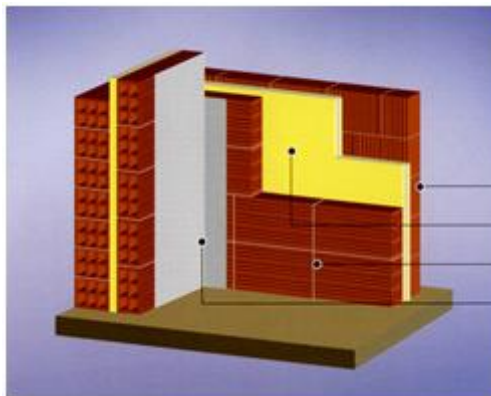
- Η τοιχοποιία είναι συμπαγής και σταθερή, εξασφαλίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο καλύτερη σεισμική συμπεριφορά.
- Πετυχαίνουμε σίγουρη και σωστή θερμομόνωση με απεριόριστο χρόνο αντοχής.
- Δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα υγρασίας.
- Επιτυγχάνεται ευκολία και ταχύτητα στο κτίσιμο (οικονομία χρόνου και χρημάτων).
- Κάνουμε οικονομία στην εγκατάσταση θέρμανσης και στην κατανάλωση καυσίμων.
- Εξοικονομούμε χώρο (σε επιφάνεια $10\text{m} \times 10\text{m}$ έχουμε κέρδος 2m^2).



*Εικ.2.7: Παράδειγμα ειδικού θερμομονωτικού τούβλου
Πηγή: [27]*

d) Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δυο τοίχων.

Είναι η δημοφιλέστερη μέθοδος στην Ελλάδα. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται συνήθως μεταξύ δυο δομικών τοίχων. Αυτό το γεγονός αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου, καθώς ενώ επιτυγχάνεται η θερμομόνωση, δεν είναι βέβαιον ότι εξασφαλίζεται και η στατική αντοχή του συστήματος. Περιθώρια βελτίωσης υπάρχουν, έστω και αν δημιουργηθούν, στη χειρότερη περίπτωση, θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ. [10, 27]



*Εικ.2.8: Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δυο τοίχων.
Πηγή: www.monotiki-athinon.gr*

2.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1) Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε σχέση με τη θερμοκρασία. Δεν είναι σταθερός, και έτσι χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Επηρεάζεται αρνητικά από την υγρασία, γεγονός που εξηγείται εύκολα, αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 0,57 W/mk, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρίες ισχύουν συνήθως με μία ανοχή 5-10%, ανάλογα με το είδος του υλικού. Η διακύμανση αυτή λαμβάνει υπ' όψιν της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών. Στην πράξη, στις κατασκευές τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν υγρασία, παρά τη χρήση φράγματος υδρατμών. Επίσης, λόγω των ιδιοτήτων και του τρόπου κατασκευής τους, τα περισσότερα μονωτικά υλικά γερνάνε λόγω μηχανικών αλληλεξαρτήσεων και θερμοκρασιακών αλλαγών. Αλλοιώνεται έτσι η αρχική ισορροπία των στερεών και αέριων συστατικών. Παρά τις έρευνες που γίνονται στον τομέα αυτόν, οι μηχανισμοί γήρανσης των μονωτικών υλικών παραμένουν σε μεγάλο βαθμό άγνωστοι. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πάντοτε αυξάνεται και ποτέ δε μειώνεται.

2) Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ

Τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να παραμένουν στεγνά, πράγμα που επιτυγχάνεται τόσο ευκολότερα όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση παρουσιάζει ένα υλικό στη διάχυση υδρατμών, και καθορίζεται από τον αδιάστατο συντελεστή αντίστασης στ διάχυση υδρατμών μ. ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος, αδιάστατο, και δείχνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση προς το στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μικρότερος είναι, λοιπόν, ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία.

3) Η μηχανική αντοχή

Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι, υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, άλλα με μικρότερη αντοχή μπορούν να μπουν σε ένα φέρον πλέγμα, και άλλα με πολύ μικρή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις, είναι χρήσιμη η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό, αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε

φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις, χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Η πληροφόρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.

4) Η σταθερότητα στις διαστάσεις

Οι ονομαστικές διαστάσεις θερμομονωτικών πλακών που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να αποφευχθεί με τεχνητή γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής, έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος, ορισμένα μονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής τους οποίους πρέπει να λάβει υπ' όψιν του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Πρέπει επιπλέον να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις, ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.

5) Η αντίσταση στη φωτιά

Η συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών στη φωτιά μπορεί να έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Σε γενικές γραμμές, παρά το αυξημένο κόστος τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο θερμομονωτικά υλικά που δεν αναφλέγονται, ή τουλάχιστον αναφλέγονται δύσκολα. Γενικά, την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά έχουν το αφρώδες γυαλί, τα ινώδη υλικά, και ο περλίτης.

6) Το ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος αποτελεί άλλη μια χρήσιμη ιδιότητα, διότι ακόμα και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από κάποιο άλλο βαρύτερο, επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες. [15, 27]

2.9 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

-Μονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης

Αμίαντος

Σερπεντίνης ή κερροστίλβη με τη μορφή λεπτών ινών. Παρουσιάζει μεγάλη ελαστικότητα και αντοχή σε εφελκυσμό. Είναι ανθεκτικός στη φωτιά και στην επίδραση των οξέων. Χρησιμοποιείται για άφλεκτες επενδύσεις με τη μορφή εύκαμπτων παπλωμάτων. Επίσης, χρησιμοποιείται στις επενδύσεις σωλήνων και σιδερένιων κατασκευών. Η χρήση του, όμως, έχει περιοριστεί σημαντικά γιατί είναι υλικό επικίνδυνο για την υγεία.

Περλίτης

Βρίσκεται στη φύση με τη μορφή ηφαιστειακού υαλώδους πετρώματος. Αποτελείται από SO_2 κατά 75%. Σε θερμοκρασίες πάνω από $1000^\circ C$ διαστέλλεται, θρυμματίζεται, ο όγκος του αυξάνει κατά 15÷25 φορές και λαμβάνεται ο διογκωμένος περλίτης. Χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό για την κατασκευή μονωτικών πλακών. Λόγω του αυξημένου πορώδους του και αναμεμιγμένος με τσιμέντο χρησιμοποιείται ως θερμομονωτική και ηχομονωτική στρώση κάτω από τα δάπεδα.

Σκυροδέματα μικρής φαινόμενης πυκνότητας

Είναι σκυροδέματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε αέρα (π.χ. το YTONG) ή σκυροδέματα με αδρανή από αφρώδη πολυστυρόλη, τα οποία έχουν σφαιρική μορφή και διαβάθμιση 1/6 mm.

Στην πρώτη περίπτωση με τη χρήση ειδικών χημικών μέσων δημιουργούνται φυσαλίδες μέσα στη μάζα του σκυροδέματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η περιεκτικότητα σε αδρανή είναι 60÷80 % κ.ο.

Μονωτικά με συνθετικό τη γύψο

Είναι γυψοσανίδες, πλάκες από γύψο ή γυψόχαρτο. Συχνά περιέχουν και άλλα ελαφρά συστατικά φυτικής ή ορυκτής προέλευσης. Ειδικές πλάκες από γύψο και χαρτί χρησιμοποιούνται για πυροπροστασία.

Αφρώδες γυαλί

Έχει ως βασικό συστατικό την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με επεξεργασία διογκωτικού μέσου σε δύο τύπους με τη μορφή ανοικτών ή κλειστών πόρων. Είναι ανθεκτικό στη σήψη και στα παράσιτα. Πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή, γιατί μπορεί να διαβρωθεί από το στάσιμο νερό.

Ινώδη μονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης

Αναφέρονται συνήθως ως ίνες ορυκτής προέλευσης. Το μήκος των ινών είναι διαφορετικό για κάθε υλικό και εξαρτάται από την αντοχή του υλικού και τη διατομή των ινών. Είναι άφλεκτα υλικά και έχουν αυξημένη αντοχή, παρουσιάζουν όμως μειωμένη ελαστικότητα ως στη γήρανση. Τα υλικά χρησιμοποιούνται με τη μορφή παπλωμάτων, κοχυλιών και μαλακών ή σκληρών πλακών. Στην κατηγορία αυτή των μονωτικών υλικών περιλαμβάνονται :

α. Υαλοβάμβακας

Παρασκευάζεται από πυριτικό γυαλί με ειδική κατεργασία. Είναι άκαυστος, δεν προσβάλλεται από οξέα, εκτός από το υδροχλωρικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και πρέπει να προστατεύεται.

β. Πετροβάμβακας

Παρασκευάζεται από ορυκτά ασβεστολιθικής προέλευσης με ειδική κατεργασία. Αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 800°C και χρησιμοποιείται για μόνωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

γ. Ορυκτοβάμβακας

Παρασκευάζεται από ασβεστόλιθο, ο οποίος διαμορφώνεται σε λεπτές ίνες. Χρησιμοποιείται για μόνωση σωληνώσεων και στις οικοδομές είτε ως μονωτικό με τη μορφή πλακών, είτε εκτοξευόμενος για την κατασκευή μονωτικών στρώσεων. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

Υαλομέταξα

Είναι υλικό άφλεκτο και ανθεκτικό στην επίδραση των χημικών αντιδραστηρίων. Χρησιμοποιείται για την αύξηση της αντοχής των πλαστικών, όπως και για την κατασκευή εύφλεκτων πετασμάτων και φίλτρων.

-Μονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης

Ξύλο

Χρησιμοποιείται ως μέτριο θερμομονωτικό υλικό με τη μορφή ελαφρών πλακών. Καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα παρουσιάζουν πλάκες από ροκανίδια ή από ίνες ξύλου.

Φελλός

Χρησιμοποιείται ο φυσικός φελλός διαμορφωμένος σε πλάκες ή φύλλα. Είναι υλικό ελαφρύ και επιπλέει στο νερό. Είναι αδιαπέραστος από το νερό και άλλα υγρά. Έχει μεγάλη συμπιεστότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων. Επίσης, κατασκευάζονται πλάκες από διογκωμένα πεπιεσμένα τρίμματα φελλού. Ανάλογα με τη συγκόλληση διακρίνονται :

α. Πλάκες συγκολλημένες με άργιλο με $\lambda = 0,06 \div 0,07 \text{ W/m}^*\text{K}$

β. Πλάκες συγκολλημένες με ρητίνη με $\lambda = 0,045 \div 0,05 \text{ W/m}^*\text{K}$

γ. Πλάκες συγκολλημένες με ασφαλτικά υλικά με $\lambda = 0,045 \text{ W/m}^*\text{K}$

δ. Πλάκες χωρίς συνδετικό υλικό με $\lambda = 0,040-0,045 \text{ W/m}^*\text{K}$

Τύρφη

Βρίσκεται με τη μορφή πλακών ή τεχνητών λίθων που κατασκευάζονται από τύρφη ινώδους μορφής με ασφαλική συνδετική ύλη. Παρουσιάζει μειωμένη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις και είναι κατάλληλη για ηχομόνωση.

Πεπιεσμένο άχυρο

Βρίσκεται με τη μορφή ελαφρών πλακών, οι οποίες έχουν μικρό κόστος. Παρουσιάζει και ηχομονωτικές ιδιότητες. Οι πλάκες πρέπει να ξηραθούν πλήρως και γρήγορα, γιατί είναι δυνατό να σαπίσουν.

Ινώδη μονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης

Το πιο χαρακτηριστικό υλικό αυτής της κατηγορίας είναι το ξυλόμαλλο. Παρασκευάζεται, κυρίως, από ίνες ξύλου αλλά και από φύκια, καλάμια ή άλλα λεπτά οργανικά υλικά αναμεμιγμένα με τσιμέντο υψηλής αντοχής. Παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη, γήρανση και είναι ανθεκτικό στη φωτιά. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία. Βρίσκεται σε δύο τύπους:

α. Heraclith

Είναι συμπαγείς πλάκες από ξυλόμαλλο και χρησιμοποιείται ως θερμομονω-τικό και ηχομονωτικό υλικό.

β. Heratecta

Είναι σύνθετες πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές είναι πλάκες από ξυλόμαλλο και η ενδιάμεση είναι διογκωμένη πολυστερίνη ή πολυουρεθάνη. Χρησιμοποιείται σε αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης.

Διογκωμένη πολυστερίνη

Παρασκευάζεται από το αιθυλοβενζόλιο με κατάλληλη επεξεργασία και πολυμερισμό με την ενσωμάτωση διογκωτικού προϊόντος. Είναι υλικό ελαφρύ με υψηλή θερμομονωτική ικανότητα. Επειδή έχει ανοιχτούς πόρους, επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητά του.

Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Παρασκευάζεται με πιο εξελιγμένη μέθοδο επεξεργασίας από ότι η διογκωμένη πολυστερίνη, με αποτέλεσμα το υλικό να αποτελείται από κλειστές κυψελίδες και να μην απορροφά υγρασία. Είναι άριστο θερμομονωτικό υλικό.

Διογκωμένη πολυουρεθάνη

Παρασκευάζεται από ανάμιξη οργανικών ουσιών παρουσία καταλύτη και ακολούθως διογκώνεται. Αποτελείται από κλειστές κυψελίδες. Εφαρμόζεται και επί τόπου στο έργο με ψεκασμό. Δεν διαβρώνεται από τοξικές και χημικές ουσίες. Ωστόσο, όταν καίγεται, παράγει τοξικά κυανιούχα αέρια. [14]

2.10 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα κριτήρια για να θεωρηθεί ένα θερμομονωτικό υλικό ως οικολογικό είναι τα εξής:

1. Δεν απαιτεί μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή του
2. Είναι ανακυκλώσιμο
3. Δεν μολύνει το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής του
4. Δεν περιέχει τοξικούς ή καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου

ΥΛΙΚΟ	A	B	Γ	Δ	Ε	ΣΤ	Z	H	Θ	I	I A	I B	I Γ	I Δ	I Ε	I Ζ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
1. Ξύλο	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2. Φελλός	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3. Άργιλος	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4. Κερί μέλισσας	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5. Τούβλο	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	3	2	3	3	-	2,5
6. Ασβεστο- κονίαμα	2	2	3	2	3	3	1	2	-	2	3	2	2	3	2	-	2,3
7. Φυσικό λινέλαιο	1	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	-	2,3
8. Τσιμέντο τύπου Portland	1	0	2	1	0	3	1	2	-	1	2	0	1	3	1	-	1,3
9. Πλάκα αμιάντου	1	0	0	1	1	-	2	2	0	1	2	3	-	3	1	0	1,2
10. Συνθετικός γύψος	0	0	0	1	0	-	1	2	0	2	2	3	-	3	1	0	1,1
11. Γυαλί	0	1	1	0	3	0	0	0	-	0	0	3	0	3	3	-	1
12. Ασφαλτό- πανο	1	0	1	1	3	3	-	-	0	0	0	-	-	0	0	-	0,8
13. Πολυεστέρας	0	0	0	0	3	0	3	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0,8
14. PVC	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0,6
15. Συνθετική κόλλα	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
16. Βετανάμ	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
17. Συνθετικό βερνίκι	0	0	0	0	3	0	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0,3

Εικ.2.9: Η ποιότητα των οικοδομικών υλικών
Πηγή: [27]

Επεξήγηση πίνακα:

A: Πηγή προέλευσης

B: Βιολογική διάρκεια ζωής

Γ: Οικολογική συμβατότητα

Δ: Κατανάλωση ενέργειας

Ε: Ραδιενέργεια

ΣΤ: Ηλεκτρικές ιδιότητες

Z: Θερμικές ιδιότητες

H: Ακουστικές ιδιότητες

- Θ: Αντίσταση στα μικροκύματα
- I: Διαπνοή
- ΙΑ: Υγρασία/Χρόνος στεγνώματος
- ΙΒ: Αφομοίωση
- ΙΓ: Τοξικές πτητικές ουσίες
- ΙΔ: Οσμές
- ΙΕ: Τεστ αντίστασης του δέρματος (ohms)
- ΙΖ: Βιολογικό τεστ

Βαθμολογία:

- 0: Να αποφεύγεται η χρήση του
- 1: Δεν συνιστάται
- 2: Αμφίβολη η χρήση
- 3: Συνιστάται η χρήση του [27]

2.11 ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Θα ασχοληθούμε τώρα εκτενέστερα με κάποια συμβατικά και/ή οικολογικά θερμομονωτικά υλικά, τα οποία διατίθενται ευρέως στην ελληνική αγορά.

1) Εξηλασμένη πολυστερίνη:

- Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες)
- «Γκρίζα» ενέργεια (ενεργόβόρος η παραγωγή της): 450 kWh/m³ έως 850 kWh/m³
- Μόλυνση: διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου (καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, φαινόμενο θερμοκηπίου)
- Μη ανακυκλώσιμη
- Επιπτώσεις στην υγεία: διαφυγή στυρενίου στην ατμόσφαιρα (ουσία νευροτοξική, που ενοχοποιείται για καρκινογενέσεις). Σε περίπτωση φωτιάς, παραγωγή τοξικών βρωμιούχων αερίων, εξαιτίας των ουσιών που περιέχει για την καθυστέρηση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Ανάπτυξη ισχυρών ηλεκτροστατικών πεδίων.
- Καμία δυνατότητα διαπνοής του κτηρίου.

2) Πολυουρεθάνη:

- Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας
- «Γκρίζα» ενέργεια: 1000 έως 1200 kWh/m³
- Οι HCFC που αντικατέστησαν τα CFC, ενοχοποιούνται επίσης για την καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος
- Μη ανακυκλώσιμη
- Επιπτώσεις στην υγεία: οι ισο-κυανάτες, που προέρχονται από μια σύνθετη διαδικασία παραγωγής με βάση το χλώριο, απελευθερώνουν στο περιβάλλον (εσωτερικά και εξωτερικά του κτηρίου) αμίνες, ουσίες ιδιαίτερα επικίνδυνες για τους ανθρώπους. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, παράγεται κυάνιο, ουσία φοβερά τοξική.
- Καμία δυνατότητα διαπνοής του κτηρίου.

3) Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας:

- Μη ανανεώσιμα (εκτός της υάλου), που προέρχονται όμως από υλικά σε αφθονία στη φύση (άμμος, βασάλτης, κλπ)
- «Γκρίζα» ενέργεια: 150 έως 250 kWh/m³
- Κύρια μόλυνση: μόνο στις μονάδες παραγωγής (λόγω του διοξειδίου του άνθρακα) και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους
- Επιπτώσεις στην υγεία: Το Διεθνές Κέντρο για την Έρευνα του Καρκίνου (IARC), που υπάγεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τα κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά, τα οποία επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Σε αντίθεση με τις ίνες αμιάντου, οι ίνες των υλικών αυτών δεν διαχωρίζονται κατά το μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στη μάζα τους και σύμφωνα με το IARC, η επικινδυνότητά τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5 micron και διάμετρος μικρότερη των 3 micron). Στη Γερμανία απαγορεύτηκε η χρήση τους σε δημόσια κτήρια και στα μικρότερα έργα επιτρέπεται μόνο αν στεγανοποιηθούν απόλυτα. Η IARC επισημαίνει επίσης τον κίνδυνο αναπνευστικών μολύνσεων, λαρυγγίτιδων, κλπ σε χώρες όπου εφαρμόζονται αυτά τα υλικά. Τέλος, οι συνδετικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και που έχουν βάση τη φορμόλη και την ουρία, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες τοξικής φορμαλδεΐδης.

4) Περλίτης:

- Μη ανανεώσιμη πηγή, με μεγάλη όμως διαθεσιμότητα στη φύση
- «Γκρίζα» ενέργεια: 230 kWh/m³
- Ανακυκλώνεται μερικώς
- Επιπτώσεις στην υγεία: ο περλίτης (ηφαιστειακής προέλευσης) δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες κατά τη χρησιμοποίησή του. Ωστόσο, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή όταν χρησιμοποιείται σε σύνθετες κατασκευές με σιλικόνες και πολυουρεθάνη.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς, επίσης δεν απελευθερώνει τοξικά αέρια
- Γενικά είναι ένα καλό θερμομονωτικό υλικό

5) Heraklith:

- Αποδεκτό υλικό
- Ανανεώσιμο όσον αφορά το ξυλόμαλλο, λιγότερο σε ό,τι αφορά το μαγνησίτη.
- Απαιτεί λιγότερη (αλλά παρ' όλα αυτά αρκετή) ενέργεια για την παράγωγή του σε σχέση με άλλα υλικά
- Η Ελλάδα παράγει μαγνήσιο
- Εύκολα ανακυκλώσιμο
- Επιπτώσεις στην υγεία: όλα τα υλικά (fibragglos) στα οποία ανήκει και το Heraklith, δεν παρουσιάζουν προβλήματα για την υγεία των κατοίκων ενός κτηρίου. Καίγονται δύσκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς και δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες. Παρουσιάζουν όμως μικρή αγωγιμότητα στα ηλεκτρικά πεδία, εξαιτίας του τσιμέντου (αυτός είναι ο λόγος που συνιστάται η σωστή γείωση του οπλισμού του σκυροδέματος).
- Στην Ευρώπη, διατίθενται τρία υλικά: το Heraklith, το Fibralth, και το Eco-lith.
- Στην Ελλάδα δυστυχώς μόνο το πρώτο

6) Διογκωμένος φελλός:

- Ανανεώσιμη πηγή
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για την παράγωγή του (80 έως 90 kWh/m³)
- Ανακυκλώσιμο 100%
- Επιπτώσεις στην υγεία: απόλυτα φιλικό και υγιεινό. Χρειάζεται ωστόσο προσοχή, διότι κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν κατά την τοποθέτησή τους συνθετικές κόλλες, οι

οποίες περιέχουν φορμαλδεΐδη. Συνιστάται να ζητείται πάντοτε πιστοποιητικό σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Αρκετά πιο ακριβό από τα άλλα υλικά

Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η απουσία κάποιων εξαιρετικών οικολογικών θερμομονωτικών υλικών, τα οποία βασίζονται στο λινάρι, το βαμβάκι και την άργιλο (τα οποία διαθέτει η Ελλάδα), από την ελληνική αγορά, ειδικά τη στιγμή που αυτά μπορούν εύκολα να βρεθούν σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Τέτοια είναι το λιναρόμαλλο, το ρολό από ίνες κοκοφοίνικα, το μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού (τύπου ISO COTTON), η τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες), και τέλος η διογκωμένη (σε κόκκους) άργιλος. Είναι όλα τους υλικά πολύ φθηνά, ανακυκλώσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. [10, 15, 27]

2.12 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Τα οικολογικά χρώματα είναι απαλλαγμένα από δεκάδες χημικές ουσίες, επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία, και το περιβάλλον. Δυστυχώς, στις μέρες η επίδραση των χρωμάτων πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό αμελείται συστηματικά. Είναι γνωστό, εδώ και πολλά χρόνια, ότι τα χρώματα μπορούν να ηρεμήσουν, να θεραπεύσουν, να ερεθίσουν και να ενεργοποιήσουν το ανθρώπινο σώμα σε πνευματικό και συναισθηματικό επίπεδο.

Τα πιο συνηθισμένα χημικά χρώματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο περιέχουν πολυάριθμες επιβλαβείς ουσίες (βαρέα μέταλλα, πτητικές ενώσεις), οι οποίες ευθύνονται για προβλήματα υγείας (μεταξύ των οποίων και περιπτώσεις καρκίνου) στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Η συνεισφορά τους στο λεγόμενο «σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου» είναι σημαντική, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι κατά την Αμερικανική Διεύθυνση Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) είναι η πέμπτη πηγή εσωτερικής ρύπανσης κατά σειρά επικινδυνότητας. Μερικές από τις βλαβερές ουσίες είναι οι: τολουόλιο, βενζόλιο, τριμεθυλοβενζόλιο, ναφθαλένιο, αλειφατικοί διαλύτες, ακετόνη, δωδεκανικά οξέα, φορμαλδεΐδη, και πολλές άλλες πτητικές ενώσεις.

Οικολογικό χρώμα σημαίνει χρώμα που φτιάχνεται 100% από φυσικά συστατικά, ενώ ρυπαίνει ελάχιστα το περιβάλλον σε όλο τον κύκλο της ζωής του: από την εξόρυξη των πρώτων υλών, την διαδικασία παραγωγής, μέχρι την χρήση και εφαρμογή τους στο χώρο. Ο οικολογικός χαρακτήρας αυτής της κατηγορίας χρωμάτων δεν έχει κανένα αντίκτυπο στην ποιότητα τους, και συνδυάζεται με τις καλύτερες τεχνικές επιδόσεις, γεγονός που πιστοποιείται από εγκεκριμένα

εργαστήρια (όπως αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης) με την απονομή του οικολογικού σήματος της «Μαργαρίτας». Τα συγκεκριμένα χρώματα είναι γενικά δυσεύρετα στην ελληνική αγορά και δυστυχώς, είναι αρκετά ακριβά σε σχέση με τα συμβατικά ή άλλα πιστοποιημένα οικολογικά χρώματα. Μια άλλη κατηγορία, τα λεγόμενα χρώματα ήπιας χημείας περιέχουν ήπιας σύστασης χημικά πρόσθετα, και είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Και οι δύο κατηγορίες παρουσιάζουν κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα:

- Μικρή κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή τους
- Περιορισμένη εκπομπή ρύπων κατά την παραγωγή και την εφαρμογή τους
- Ανακύκλωση και διάθεση των αποβλήτων
- Πιστοποιήσεις ποιότητας, με πιστοποιητικό ISO 14001 (αφορά την οικολογική ιδιότητα των προϊόντων και τη διαδικασία παραγωγής τους) και ISO 5001 (το πιο απαιτητικό δίπλωμα που περιλαμβάνει τον τομέα έρευνας και εξέλιξης της βιομηχανίας χρωμάτων).



*Εικ.2.10: Το οικολογικό σήμα της «Μαργαρίτας»
Πηγή: agrino.org*

Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε σε ορισμένες οδηγίες σχετικά με τη χρήση των οικολογικών ή μη χρωμάτων. Καταρχάς, ως προς την επιλογή, καλύτερα θεωρούνται τα φυσικά χρώματα, και ο καλά σβησμένος ασβέστης. Εν συνεχεία, προτιμητέα είναι τα χρώματα που φέρουν το σήμα της «Μαργαρίτας», και τελευταία τα συμβατικά προϊόντα. Για βάψιμο μες το σπίτι καλύτερα είναι τα πλαστικά χρώματα, ενώ τα ακρυλικά είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται στους εξωτερικούς χώρους. Σε περίπτωση επιλογής συμβατικών χρωμάτων, καλό θα 'ναι να προτιμήσουμε τα λιγότερο επιβαρυντικά. Μπορούμε να κρίνουμε το κατά πόσο ένα συμβατικό χρώμα είναι επικίνδυνο κοιτώντας την συσκευασία του, και ελέγχοντας τα εξής:

1. Την ποσότητα των οργανικών πτητικών ενώσεων (διαλύτες VOC) να είναι λιγότερη από 400gr/l.
2. Τις ποσότητες των αρωματικών διαλυτών (VAH).
3. Την περιεκτικότητα σε λευκά πιγμέντα (διοξείδιο του τιτανίου), όπου το μέγιστο πρέπει να είναι 38gr/m² για πλήρη κάλυψη.
4. Να μην περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (κάδμιο, μόλυβδος, χρώμιο, υδράργυρος, αρσενικό), APEO's, Diethylene glycol methyl ether.
5. Να μην περιέχουν ουσίες που χαρακτηρίζονται ως τοξικές, πολύ τοξικές, καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες, τοξικές για την αναπαραγωγή, επικίνδυνες για το περιβάλλον, καθώς και ενώσεις ισοθιαζολινονης και φορμαλδεΐδες.
6. Να μην υπάρχει κανένα σύμβολο κινδύνου στην ετικέτα του προϊόντος (π.χ. πολύ εύφλεκτο, ερεθιστικό, επιβλαβές, τοξικό, επικίνδυνο για το περιβάλλον κλπ.).
7. Να υπάρχουν στην ετικέτα πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια και την ορθή προετοιμασία της, τις συνθήκες χρήσης, για τον καθαρισμό των εργαλείων κλπ. [10, 27]

2.13 «ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ» ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Είναι τα κονιάματα που δεν περιέχουν τσιμέντο. Πιο συγκεκριμένα, είναι τέλειοι συνδυασμοί κονιάς και κεραμικών προϊόντων, διαφόρων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων, που αποτελούνται πχ από θηραϊκή γη και κεραμάλευρα, και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρύτατα ως επιχρίσματα σε νέες οικοδομές, ως κονιάματα δόμησης πλινθοδομών, σε εμφανείς τοιχοποιίες, κοκ.

Τα βασικά τους συστατικά είναι:

- 1) Η θηραϊκή γη
- 2) Η ποζολάνη Μήλου
- 3) Το κεραμάλευρο

Τα βασικά πλεονεκτήματά τους είναι:

- 1) Είναι φυσικά προϊόντα, χωρίς χημικές προσμίξεις.
- 2) Αντέχουν στο χρόνο και δεν χρειάζονται συντήρηση.
- 3) Καταργούν το βάνιμο, χρωματίζοντας τις όψεις ενός κτηρίου σε διάφορες φυσικές αποχρώσεις.

4) Έχουν αποδεδειγμένα μεγαλύτερη αντοχή από τα κοινά κονιάματα.

Ωστόσο, είναι πιθανό να προκύψουν κάποια προβλήματα κατά την χρήση αυτών των κονιαμάτων. Καταρχάς, απαιτείται η επανεκπαίδευση των κλασικών σοβατζήδων. Οι περισσότεροι αρνούνται, δε γνωρίζουν, ή αδυνατούν να εφαρμόσουν κατά γράμμα τις οδηγίες του κατασκευαστή, ώστε να παραχθεί το σωστό χαρμάνι. Επιπροσθέτως, η υψηλή περιεκτικότητα κάποιων κονιαμάτων σε υδροδιαλυτά αλκάλια δημιουργεί τον κίνδυνο εξάνθησης, της εμφάνισης, δηλαδή, αλάτων στην τοιχοποιία. Όσο χαμηλότερο είναι το ποσοστό αλκαλίων, τόσο το καλύτερο για το σοβά. Τέλος, καλό θα είναι να χρησιμοποιούνται φυσικές ρητίνες μέσα στο σοβά, να βρέχονται οι τοίχοι πριν την εφαρμογή του σοβά, να απλώνεται σε διαφορετικά στρώματα, και φυσικά να έχει χαρακτηί σωστά το υπόστρωμα του, δηλαδή ο χοντρός σοβάς. [10]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

3.1 Τοποθεσία του έργου, πολεοδομικά δεδομένα, κτηριολογικό πρόγραμμα

Το οικόπεδο βρίσκεται στη Σαρωνίδα Αττικής, και έχει εμβαδόν 750m^2 . Ο συντελεστής δόμησης της περιοχής είναι 0,50, και η κάλυψη 25%. Προβλέπεται να κατασκευαστούν μία κύρια εξοχική κατοικία συνολικού εμβαδού 60m^2 , και ένας βοηθητικός χώρος-ξενώνας εμβαδού $26,46\text{m}^2$. Τα δύο οικήματα θα εφάπτονται μεταξύ τους, και θα έχουν την δυνατότητα επικοινωνίας. Σημαντικοί παράμετροι για το σχεδιασμό ήταν η εξοικονόμηση ενέργειας, ο προσανατολισμός του οικοπέδου, και οι ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας. Γενικά, το οικόπεδο δε θέτει ιδιαίτερους περιορισμούς, αφού αφήνει σχετικά ελεύθερη την επιλογή τοποθέτησης των οικημάτων μέσα σε αυτό και δεν έχει έντονες κλίσεις. Μοναδική μέριμνα ως προς τη χωροθέτηση των κτισμάτων μέσα στο οικόπεδο αποτέλεσε η προστασία της υπάρχουσας βλάστησης και ιδιαίτερος των δέντρων εντός του οικοπέδου, τα οποία προβλέπεται να διαδραματίσουν το δικό τους ρόλο στη θερμική συμπεριφορά της κατοικίας.

Στόχος του παραδείγματος είναι να αναδειχτούν οι αρετές και τα πλεονεκτήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη επίσης αισθητικές και οικονομικές απαιτήσεις.

3.2 Λειτουργία και μορφή του έργου

Η κύρια κατοικία σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας, και διαμορφώνεται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο έρχεται σε συνέχεια με τον εξωτερικό χώρο, ώστε να επιτευχθεί η ένωση του εσωτερικού χώρου με το φυσικό περιβάλλον. Στο ισόγειο αυτό χώρο έχουν οργανωθεί οι καθημερινοί χώροι, δηλαδή ένα σαλόνι, ένα μπάνιο, και μία κουζίνα. Το σαλόνι, όντας ο βασικός χώρος της κατοικίας, 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 προς βορειοανατολικά. Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει ένα υπνοδωμάτιο και ένα μπαλκόνι, με τους δυο αυτούς χώρους να έχουν προσανατολιστεί προς βορειοανατολικά. Η σκάλα έχει τοποθετηθεί για λειτουργικούς λόγους στο μέσο περίπου της κάτοψης. Ο ξενώνας προβλέπεται να κατασκευαστεί ακριβώς δίπλα στην κύρια κατοικία,

εφαπτομενικά στη βορειοδυτική της πλευρά. Θα αποτελείται από ένα επίπεδο, το οποίο θα περιλαμβάνει ένα υπνοδωμάτιο, ένα μπάνιο, και ένα μικρό χωλ

3.3 Κατασκευαστικές επιλογές

Όλοι οι εσωτερικοί τοίχοι έχουν πάχος 10εκ., ενώ οι εξωτερικοί έχουν πάχος 20εκ. Έχει τοποθετηθεί ενδιάμεση μόνωση πυρήνα με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 2,5εκ. Οι πλάκες είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα με πάχος 20εκ, και φέρουν μόνωση εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 2,5εκ. Τα δάπεδα καλύφθηκαν με κεραμικά πλακάκια, ενώ τα κουφώματα είναι από αλουμίνιο με διπλό τζάμι και συνολική επιφάνεια 18,3τ.μ. Η στέγη καλύφθηκε με κεραμίδια. Η επίστρωση των εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων θα γίνει με ασβέστη, ενώ για τις χρωματισμένες επιφάνειες θα χρησιμοποιηθούν φυσικές βαφές. Ο περιβάλλον χώρος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελείται από ποώδη και θαμνώδη βλάστηση, καθώς και από δέντρα.



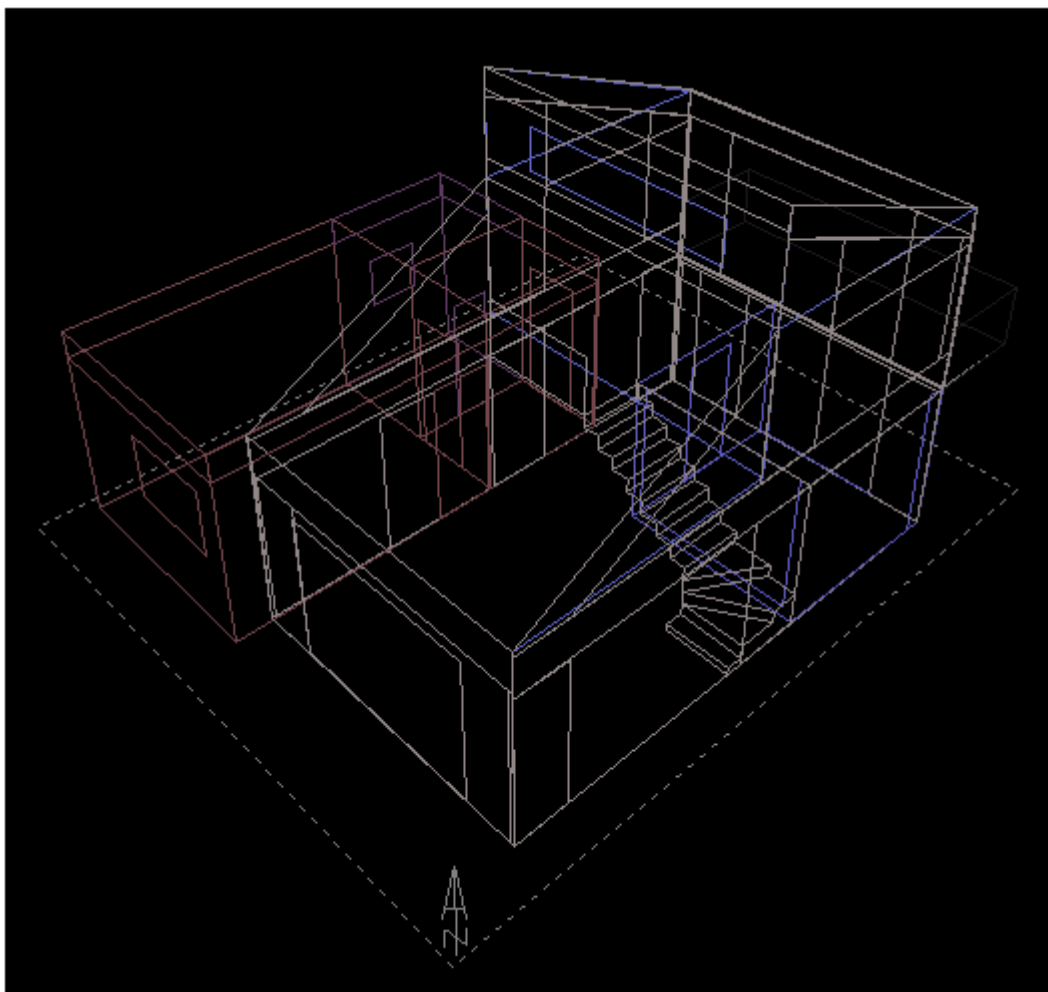
Εικ.3.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση της κατοικίας στο Autocad

3.4 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-αντανakλάσεων, 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. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα που δίνει διακρίνονται από μειωμένη σχετικά ακρίβεια, και γι' αυτό το λόγο, στο παρόν παράδειγμα θα εξαχθούν ποιοτικά και όχι ποσοτικά συμπεράσματα.

Η κατοικία-μοντέλο σχεδιάστηκε μέσα στον τρισδιάστατο σχεδιαστικό χώρο του Ecotect, ενώ στην συνέχεια δημιουργήθηκαν με τα κατάλληλα υλικά οι διατομές των στοιχείων (walls, floors, panels, ceilings, roofs, partitions), οι οποίες αντιστοιχήθηκαν με τα στοιχεία πάνω στο μοντέλο. Επίσης, προσδιορίστηκε ο προσανατολισμός του οικοπέδου, και εισήχθησαν τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Αξίζει να αναφερθούν κάποιες παραδοχές που έγιναν, και οι οποίες αφορούν το σχεδιασμό, την ανάλυση και τα αποτελέσματα της εφαρμογής των βιοκλιματικών μέτρων που αποφασίστηκαν:

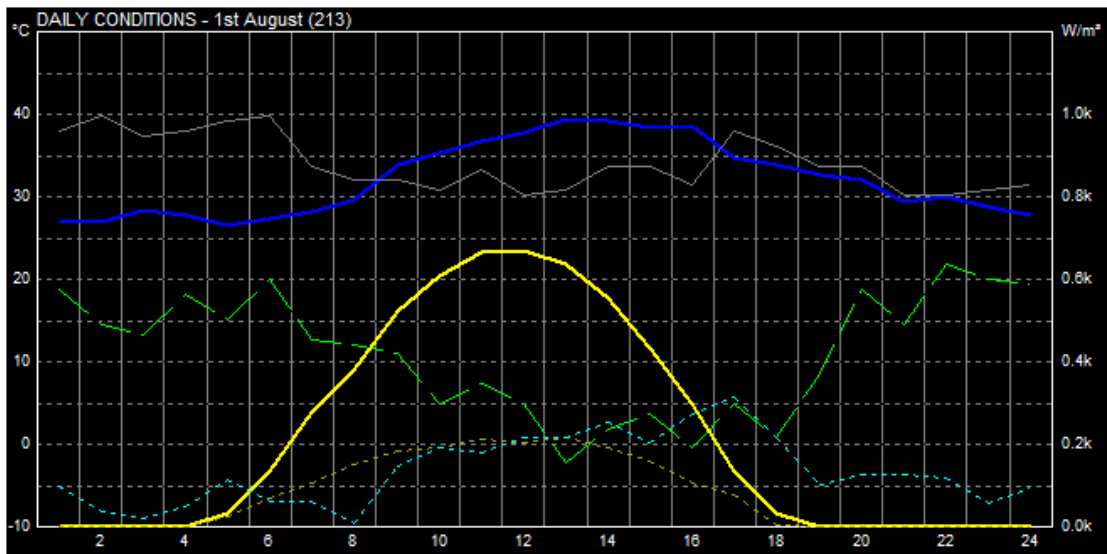
- 1) Τα παράθυρα θεωρούνται συνεχώς κλειστά.
- 2) Επιλέχτηκε σύστημα θέρμανσης-ψύξης mixed mode το οποίο αρχίζει να λειτουργεί όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου βγει εκτός των ορίων του θερμοστάτη.
- 3) Η θερμική άνεση εκφράζεται με τα όρια του θερμοστάτη, ο οποίος κυμαίνεται για όλους τους χώρους μεταξύ 20-25° C, πλην του WC όπου εκεί κυμαίνεται από 22-25° C.
- 4) Καθορίστηκε η δραστηριότητα ενοίκων ως sedentary (καθιστική).
- 5) Κατά τον υπολογισμό του κόστους και της απόσβεσης των διαφόρων μέτρων, χρησιμοποιήθηκε προς χάριν ευκολίας των πράξεων μία μέση τιμή 0,11€ ανά κιλοβατώρα, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ.



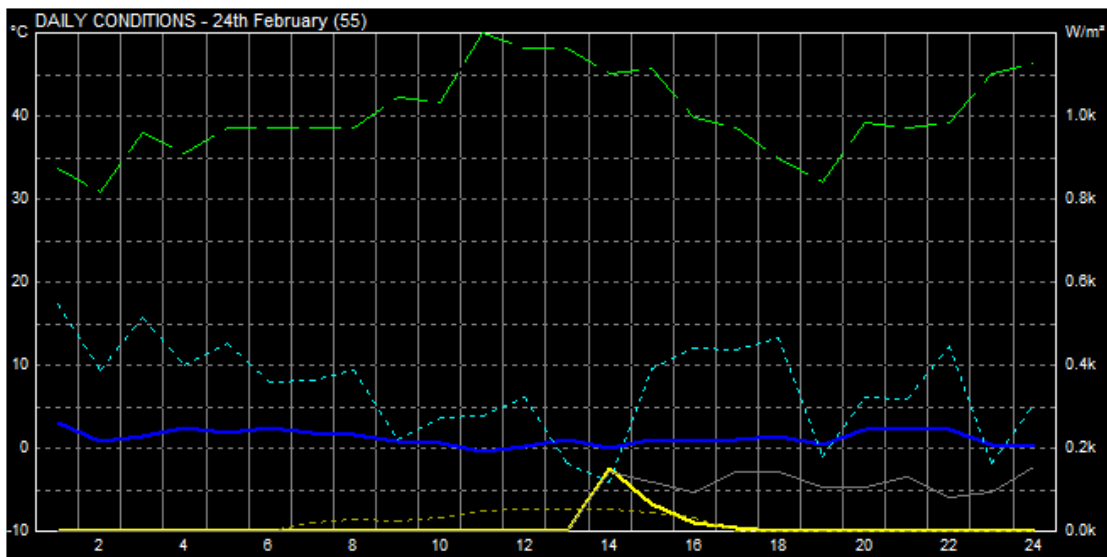
Εικ.3.2: Η κατοικία-μοντέλο σχεδιασμένη στο περιβάλλον του Ecotect

3.5 Κλιματικά δεδομένα

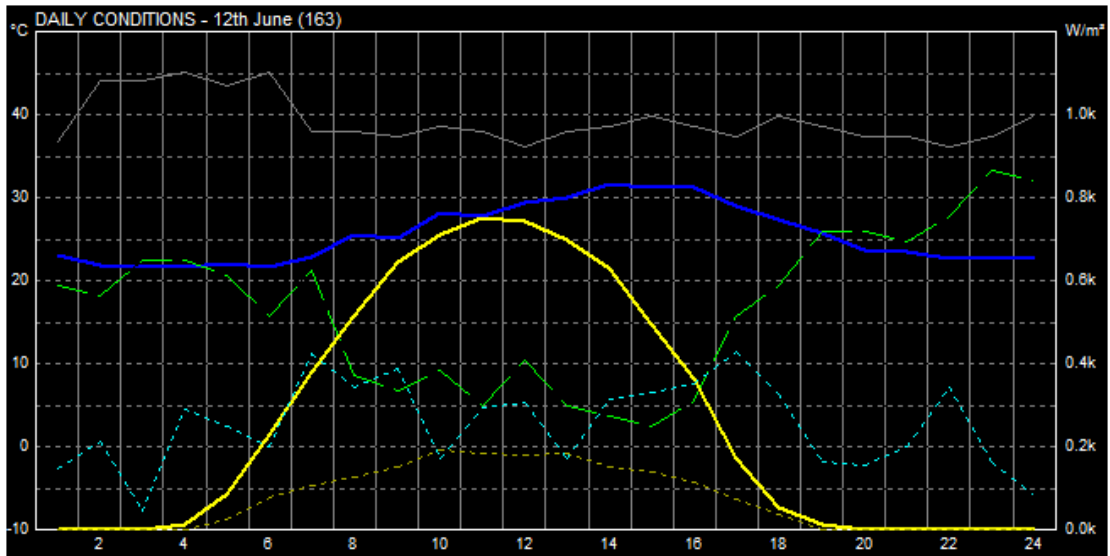
Το Ecotect διαθέτει το βοηθητικό εργαλείο Weather tool, το οποίο μεταξύ των διαφόρων δυνατοτήτων του, δίνει τη δυνατότητα απόκτησης μιας εικόνας όσον αφορά τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας, όπως αυτά είναι αποθηκευμένα στην σχετική βιβλιοθήκη του Ecotect. Εξετάζονται η πιο ζεστή, η πιο κρύα, η πιο ηλιόλουστη, και η πιο νεφελώδης μέρα του έτους. Παρακάτω, παρατίθενται τα σχετικά διαγράμματα. Όπως αναμενόταν, παρατηρούνται μεγάλες διαφορές, τόσο στα μεγέθη, όσο και στα χρονικά σημεία που σημειώνονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές. Η ηλιακή έκθεση φαίνεται με τη συνεχή κίτρινη γραμμή, η διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας με τη κίτρινη διακεκομμένη γραμμή, η θερμοκρασία με τη μπλε συνεχή, η σχετική υγρασία με τη διακεκομμένη πράσινη, η ταχύτητα του ανέμου με τη διακεκομμένη τριχουάζ, και η νεφοκάλυψη με τη συνεχή γκρι γραμμή.



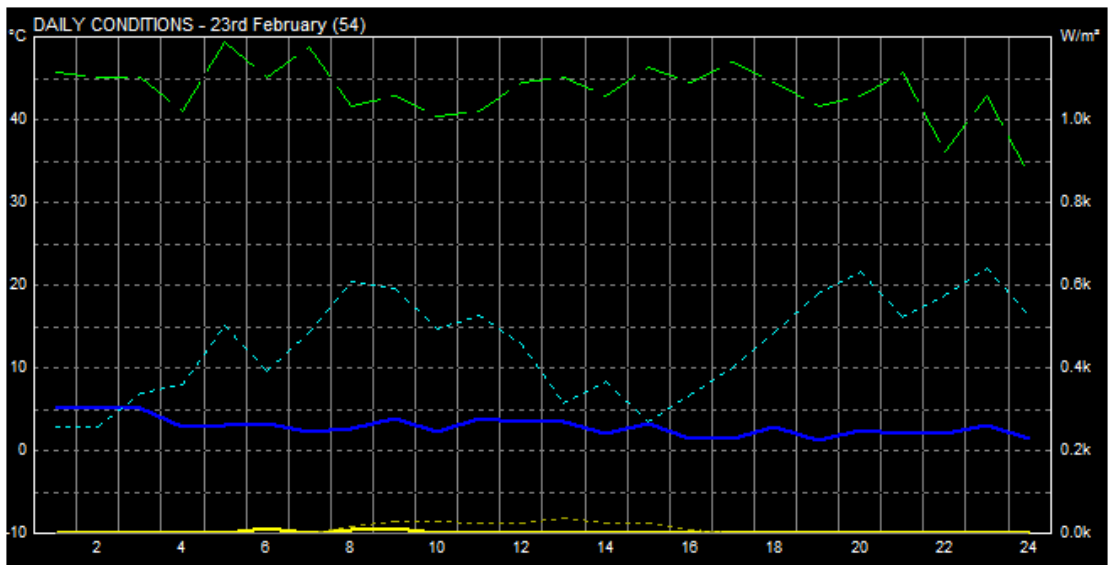
Εικ.3.3: Τα κλιματικά δεδομένα την πιο ζεστή μέρα του χρόνου (1/8)



Εικ.3.4: Η Τα κλιματικά δεδομένα την πιο κρύα μέρα του χρόνου (24/2)



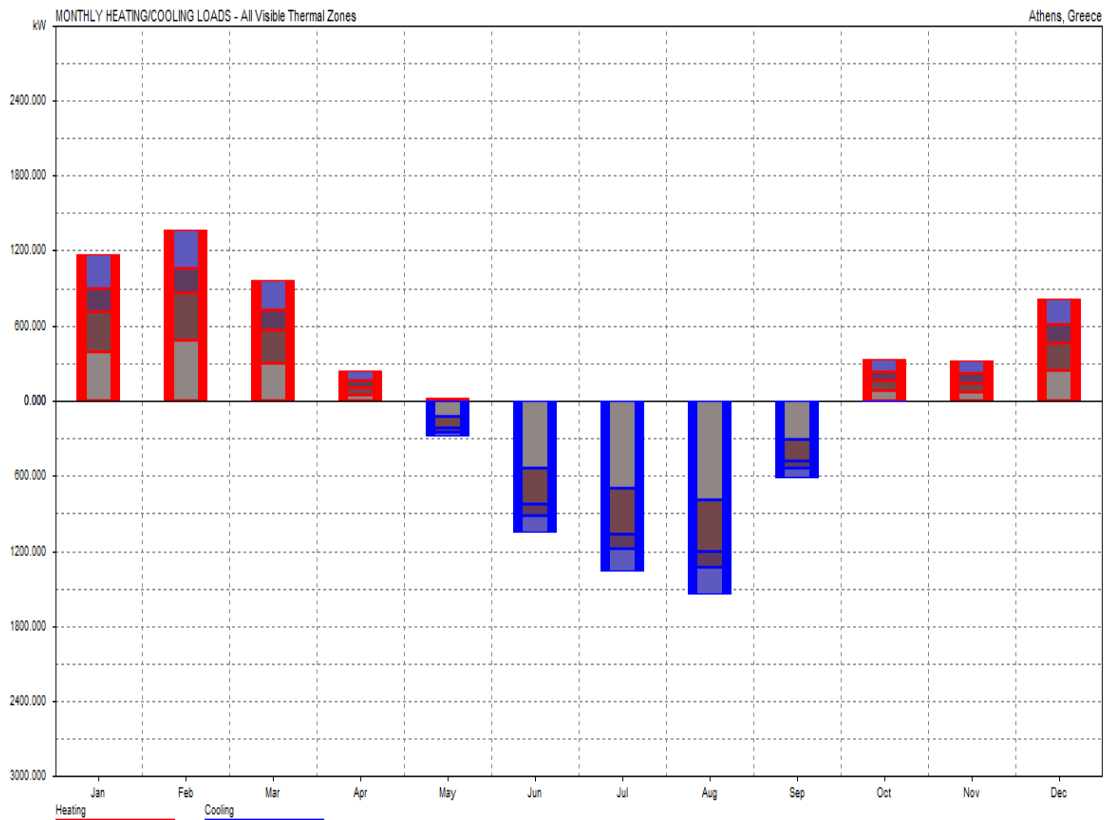
Εικ.3.5: Τα κλιματικά δεδομένα την πιο ηλιόλουστη μέρα του χρόνου (12/6)



Εικ.3.6: Τα κλιματικά δεδομένα την πιο νεφελώδη μέρα του χρόνου (23/2)

3.6 Θερμική ανάλυση στο αρχικό μοντέλο

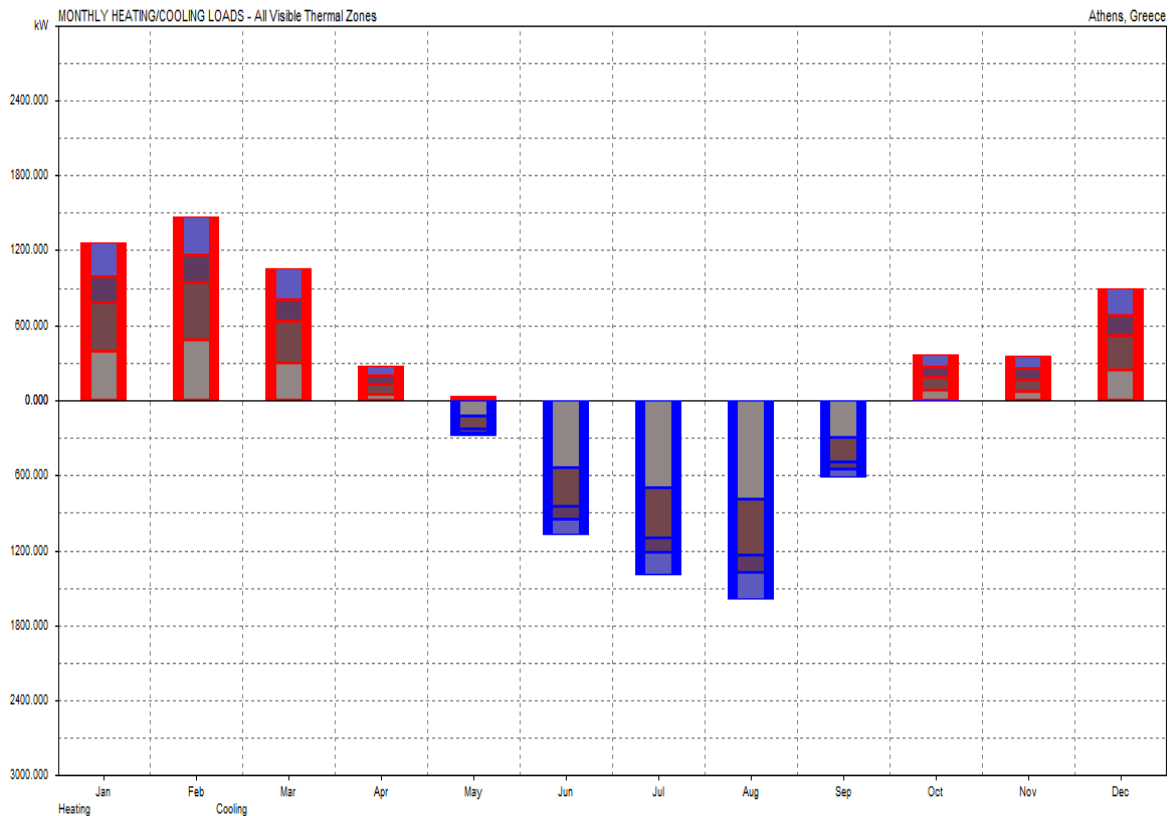
Χρησιμοποιώντας την λειτουργία Thermal Analysis του Ecotect στο αρχικό οίκημα-μοντέλο, γνωστοποιούνται οι τιμές των θερμικών φορτίων για κάθε μήνα του χρόνου. Αυτές οι τιμές θα αποτελέσουν ένα μέτρο σύγκρισης στην πορεία της έρευνας, καθώς θα συγκριθούν με τις τιμές που θα προκύψουν για κάθε μία από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



Εικ.3.7:Γράφημα αποτελεσμάτων αρχικής ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	4.895 kW	at 04:00 on 25th February	
Max Cooling:	7.018 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	1266.863	0.000	1266.863
Feb	1467.108	0.000	1467.108
Mar	1052.716	0.000	1052.716
Apr	276.230	0.000	276.230
May	32.357	288.724	321.081
Jun	0.193	1079.998	1080.191
Jul	0.000	1401.389	1401.389
Aug	0.000	1592.724	1592.724
Sep	5.674	624.748	630.421
Oct	368.728	7.792	376.519
Nov	359.675	0.000	359.675
Dec	893.305	0.000	893.305
TOTAL	5722.847	4995.374	10718.220
PER M²	66.191	57.777	123.968
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.8: Πίνακας αποτελεσμάτων αρχικής ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία



Εικ.3.9: Γράφημα αποτελεσμάτων αρχικής ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	3.372 kW	at 03:00 on	25th February
Max Cooling:	5.555 kW	at 13:00 on	1st August
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	762.834	0.000	762.834
Feb	915.522	0.000	915.522
Mar	613.357	0.000	613.357
Apr	143.950	1.062	145.012
May	17.095	262.193	279.288
Jun	0.194	919.954	920.148
Jul	0.000	1168.334	1168.334
Aug	0.000	1325.912	1325.912
Sep	5.093	550.159	555.253
Oct	199.940	18.956	218.897
Nov	187.814	0.000	187.814
Dec	501.767	0.000	501.767
TOTAL	3347.567	4246.571	7594.139
PER M²	38.718	49.116	87.834
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.10: Πίνακας αποτελεσμάτων αρχικής ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία

3.7 Επιλογή κατάλληλων μέτρων βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η επιλογή των κατάλληλων βιοκλιματικών επεμβάσεων, που θα αναβαθμίσουν ενεργειακά την κατοικία του παραδείγματος αυτού, είναι μία αρκετά δύσκολη υπόθεση. Επηρεάζεται και περιορίζεται από μία πληθώρα κριτηρίων και δεδομένων, που σχετίζονται τόσο με το μοντέλο, όσο και με το ίδιο το πρόγραμμα και τις δυνατότητες του. Γι' αυτόν τον λόγο, θα προτιμηθούν οι πιο απλές επεμβάσεις, οι οποίες θα λαμβάνουν υπ' όψιν τη φύση και τη χρήση της οικίας (εξοχική κατοικία), ενώ θα επηρεάζουν κατά το ελάχιστο δυνατόν τη στατικότητα του οικήματος, περιοριζόμενες μόνο στο κέλυφος του. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας θα είναι η οικονομική επιβάρυνση, καθώς θα προτιμηθούν μέτρα τα οποία θα παρουσιάζουν το ελάχιστο δυνατό κόστος, εναρμονιζόμενα με την οικονομική ύφεση που έχει ξεσπάσει τα τελευταία χρόνια. Με βάση τα παραπάνω, αποφασίστηκαν οι εξής επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα:

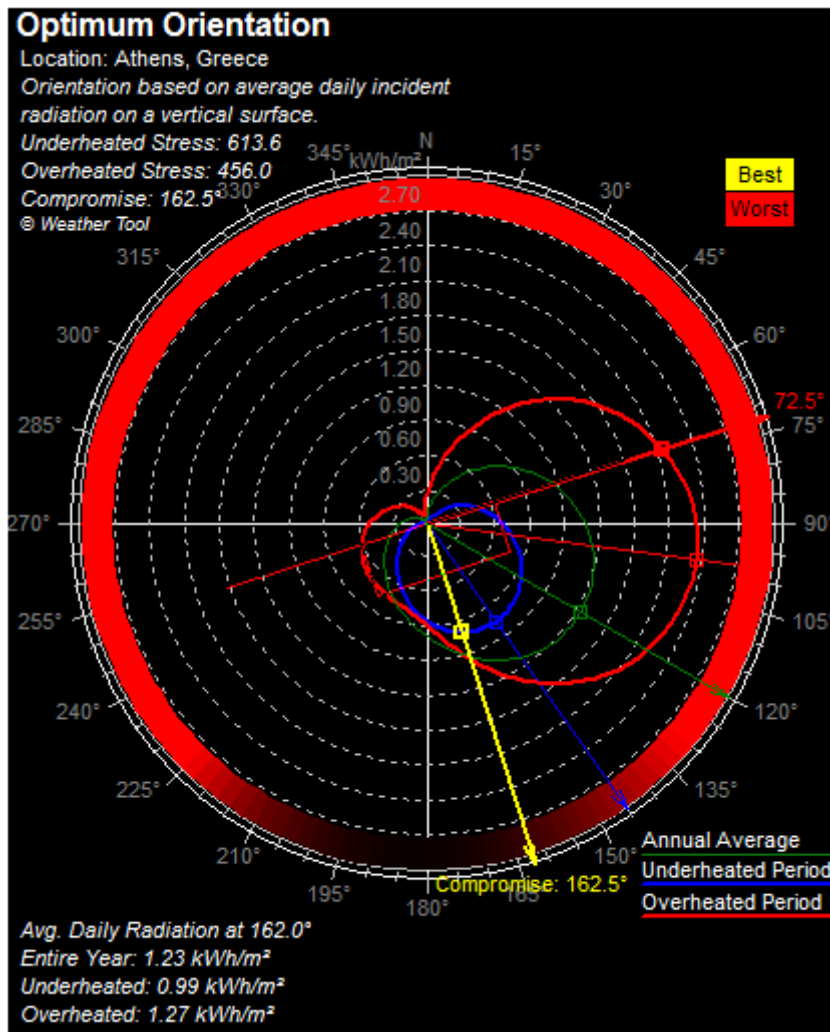
- Εύρεση και εφαρμογή βέλτιστου προσανατολισμού
- Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης
- Χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e
- Δημιουργία φυτεμένης στέγης
- Τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών συστημάτων σκίασης
- Αύξηση της θερμικής μάζας του κτηρίου
- Συνδυασμός των παραπάνω

Για την καθεμία περίπτωση, θα παρουσιαστούν τα θερμικά ετήσια φορτία, η εξοικονόμηση ενέργειας, οι αναμενόμενες οικονομικές επιβαρύνσεις, καθώς και η οικονομική ελάφρυνση (λόγω της εξοικονόμηση ενέργειας) και ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης της δαπάνης. Στο τέλος θα εξεταστεί συνδυασμός μέτρων.

3.7.1 Εύρεση βέλτιστου προσανατολισμού

Το Ecotect διαθέτει το εργαλείο Weather tool, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να βρει το βέλτιστο προσανατολισμό της πρόσοψης ενός κτηρίου, αφού πρώτα έχουν εισαχθεί τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που μελετάται (εν προκειμένω, εισήχθησαν τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας).

Κάνοντας χρήση λοιπόν του Weather tool στο παράδειγμα, προκύπτει ότι ο βέλτιστος προσανατολισμός είναι στις 162,5° (μετρούμενες δεξιόστροφα ως προς το βορρά), δηλαδή νοτιοανατολικός, αφού προηγουμένως τέθηκαν ως πιο ψυχροί μήνες οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος, και ως πιο ζεστοί μήνες οι Ιούνιος, Ιούλιος, και Αύγουστος. Το αποτέλεσμα αυτό δε συνιστά έκπληξη, καθώς ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις και την φιλοσοφία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όσον αφορά τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων.



Εικ.3.11: Ο βέλτιστος προσανατολισμός από το Weather tool

Η τιμή αυτή αφορά την πρόσοψη (η οποία διαθέτει τη μεγαλύτερη επιφάνεια ανοιγμάτων), και δεν συνυπολογίζει την επιρροή των ανοιγμάτων των υπόλοιπων όψεων (ανατολική, δυτική, και βορινή) του μοντέλου. Επομένως, πρέπει να γίνουν κάποιες δοκιμές, χρησιμοποιώντας την Thermal Analysis του Ecotect, με διάφορες γωνίες προσανατολισμού, ώστε να βρεθεί ο προσανατολισμός εκείνος ο οποίος θα παρουσιάζει τα συνολικά ελάχιστα ετήσια απαιτούμενα θερμικά φορτία θέρμανσης και ψύξης. Έχοντας ως αφετηρία τον προσανατολισμό της πρόσοψης προς τον Βορρά, στρίβουμε με βήμα 20° δεξιόστροφα τον άξονα της πρόσοψης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται για κάθε δοκιμή σε ξεχωριστές στήλες τα φορτία θέρμανσης, τα φορτία ψύξης, και τέλος το άθροισμα τους.

Βορράς (°)	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)
0	5573,500	4681,509	10255,009
20	5576,370	4826,775	10403,145
40	5556,399	5059,707	10616,106
60	5485,402	5340,615	10826,017
80	5395,446	5518,938	10914,384
100	5261,002	5630,815	10891,817
120	5241,382	5635,468	10876,850
140	5245,958	5544,667	10790,625
160	5280,856	5329,467	10610,323
162,5 (Βέλτιστος προσανατολισμός)	5288,305	5301,952	10590,257
180	5352,710	5112,188	10464,898
200	5476,262	5068,030	10544,292
220	5584,241	5057,914	10642,155
230 (Υπάρχων προσανατολισμός)	5.722,847	4.995,374	10718,220
240	5624,921	5102,208	10727,129
260	5613,094	5035,776	10648,870
280	5612,776	4994,741	10607,517
300	5597,695	4932,920	10530,615
320	5587,560	4872,686	10460,246
340	5576,059	4763,360	10339,419

Εικ.3.12: Εύρεση βέλτιστου προσανατολισμού

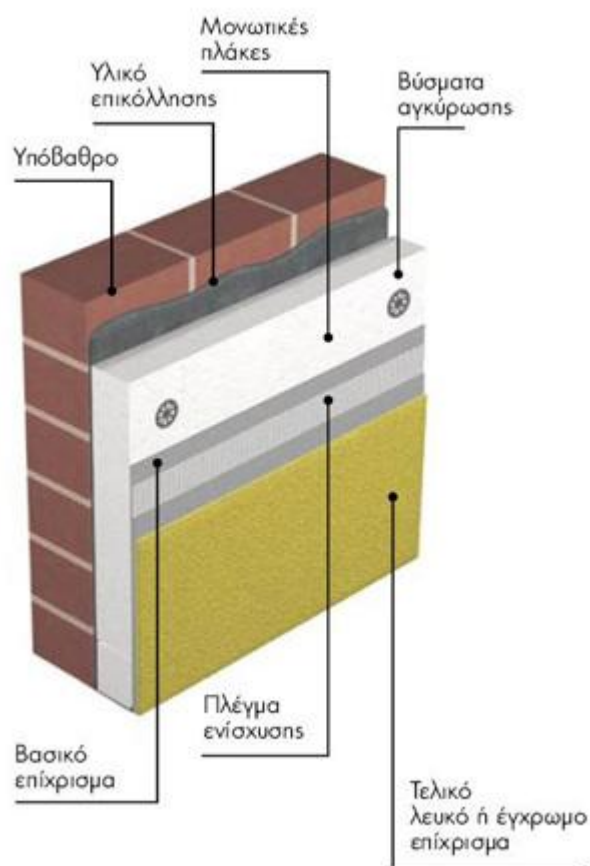
Διαπιστώνεται ότι οι αποκλίσεις για τα περισσότερα φορτία είναι πολύ μικρές. Τα ελάχιστα φορτία επισημαίνονται με έντονη γραφή, και έχουν ως εξής: τα ελάχιστα φορτία θέρμανσης σημειώνονται για στροφή του άξονα της πρόσοψης κατά 120° δεξιόστροφα (προσανατολισμός νοτιοανατολικός), ενώ τα ελάχιστα φορτία ψύξης για μηδενική στροφή (βορινός προσανατολισμός). Το συνολικό ελάχιστο ετήσιο θερμικό φορτίο παρατηρείται επίσης για μηδενική στροφή του άξονα της πρόσοψης. Πρέπει να ληφθεί εδώ υπ' όψιν ότι οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε πρώιμο στάδιο στο αμόνωτο κτήριο, χωρίς να 'χει πραγματοποιηθεί καμία βιοκλιματική επέμβαση, και επομένως τα εκ πρώτης όψεως δυσερμήνευτα από βιοκλιματικής άποψης αποτελέσματα διαμορφώθηκαν και ερμηνεύονται κυρίως από τις επιφάνειες των ανοιγμάτων και τη γενική διαρρύθμιση της κατοικίας.

3.7.2 Μελέτη εφαρμογής εξωτερικής θερμομόνωσης

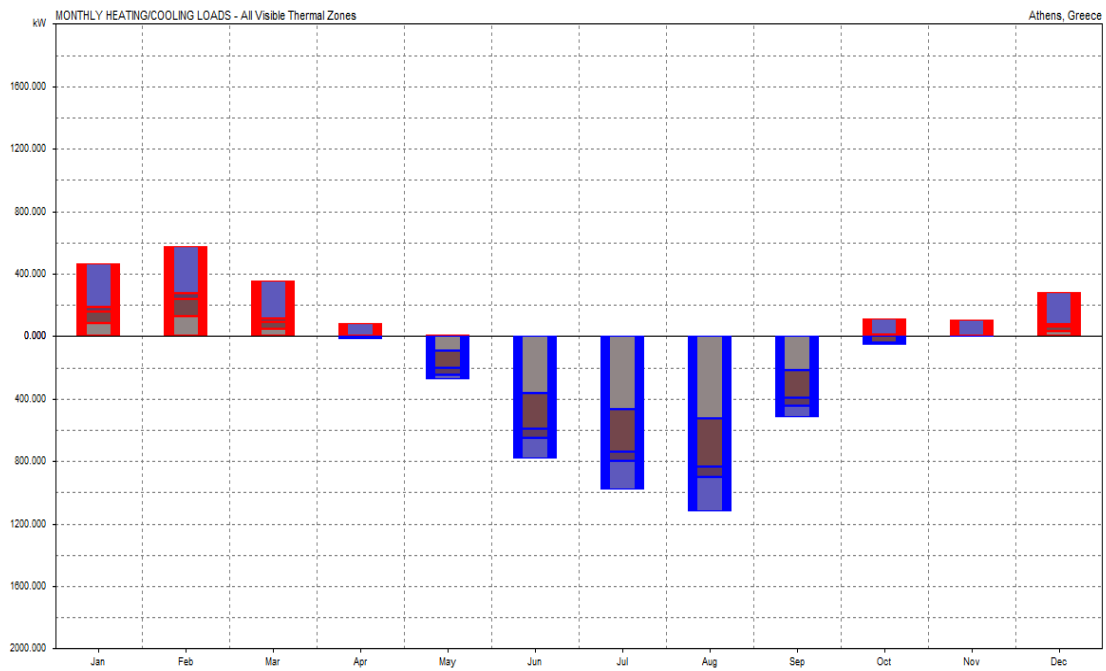
Επιλέγεται η εφαρμογή θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη (γνωστή και ως φελιζόλ) πάχους 5cm σε ολόκληρη την εξωτερική επιφάνεια της κατοικίας. Μ' αυτόν τον τρόπο, απαλείφονται οι θερμογέφυρες που δύνανται να εμφανιστούν στην κατασκευή, ειδικά σε σημεία όπου η οπτοπλινθοδομή συναντά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα όπως δοκάρια, κολόνες, σενάζια. Επίσης, προστατεύονται οι τοίχοι από υγρασίες λόγω της χρήσης ιδιαίτερα στεγανών επιχρισμάτων, τα οποία μάλιστα παρουσιάζουν υψηλή θιξοτροπικότητα, με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των μπαζών, πέρα από τα υπολείμματα θερμομονωτικού υλικού.

Η σειρά των εργασιών περιγράφεται ως εξής: στην αρχή, ο εξωτερικός τοίχος αλφαδιάζεται και επιπεδώνεται με ράμματα. Μετά, τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων (θα προεξέχουν της τελικής επιφάνειας του συστήματος), και ορίζεται στη βάση του τοίχου (σε ύψος συνήθως 50cm), είτε με ράμμα είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές-γωνίες του κτιρίου. Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από πολυστερίνη, με χρήση μιας δυνατής και ινοπλισμένης κόλλα, η οποία να εγγυάται την ασφαλή στερέωση των θερμομονωτικών πλακών, ακόμα και σε ήδη σοβατισμένη τοιχοποιία. Μάλιστα, εάν αυτή η κόλλα είναι ενισχυμένη με ρητίνες και προσφέρει ελαστικότητα και αντοχή στην υγρασία, θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν υπόστρωμα για το τελικό επίχρισμα στην εξωτερική πλευρά του μονωτικού. Οι θερμομονωτικές πλάκες από διογκωμένη πολυστερίνη τοποθετούνται έτσι ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) παίρνοντας ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό, και προσέχοντας να συμπίπτουν οι κάθετες απολήξεις τους με τις κάθετες απολήξεις των θερμομονωτικών πλακών της από κάτω σειρά. Προκειμένου μάλιστα να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη μηχανική στερέωση, οι πλάκες αυτές πακτώνονται με ειδικά βύσματα στην υφιστάμενη τοιχοποιία. Στην συνέχεια, πληρώνονται τα κενά που έχουν προκύψει ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων, ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας. Σειρά παίρνει η τοποθέτηση γωνιόκρανων και οι νεροσταλακτών με το αρχικό υλικό επιχρίσματος, ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα. Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα υπό γωνία 45 μοιρών, ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μία πρώτη στρώση επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη. Η έναρξη διάστρωσης του επιχρίσματος γίνεται ξεκινώντας από την οροφή και καταλήγοντας προς τα κάτω. Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετείται το υαλόπλεγμα (καρέ 4X4 mm) βυθίζοντάς το μέσα στο επίχρισμα. Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος, ακολουθεί η τελική στρώση επιχρίσματος. Για το εξωτερικό

επίχρισμα είναι απαραίτητη η παρουσία ενός σοβά ο οποίος όχι μόνο θα μας δίνει την επιθυμητή τελική επιφάνεια, λεία ή αδρή, αλλά θα μπορεί και να μείνει σαν τελική επίστρωση χωρίς επιπλέον βάψιμο. Εκτός από τα παραπάνω, θα πρέπει και αυτός φυσικά να είναι ενισχυμένος με ρητίνες, όπως και να απωθεί νερό και υγρασία, διατηρώντας έτσι σταθερή και ανεπηρέαστη την κατάστασή του, ακόμα και στις πιο δύσκολες και απαιτητικές καιρικές συνθήκες.



Εικ. 3.13: Διαστρωμάτωση εξωτερικής θερμομόνωσης
Πηγή: www.monodomiki.gr



Εικ.3.14: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	2.370 kW	at 03:00 on 25th February	
Max Cooling:	4.634 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	464.077	0.000	464.077
Feb	574.194	0.000	574.194
Mar	355.405	0.000	355.405
Apr	86.377	17.777	104.154
May	12.374	272.837	285.211
Jun	0.193	786.572	786.764
Jul	0.000	982.812	982.812
Aug	0.000	1119.881	1119.881
Sep	5.079	521.317	526.396
Oct	114.136	55.058	169.193
Nov	107.055	2.080	109.135
Dec	285.001	0.000	285.001
TOTAL	2003.891	3758.333	5762.224
PER M ²	23.177	43.469	66.646
Floor Area:		86.460 m ²	

Εικ.3.15: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνωντο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Εξ. Θερμομόνωση 5cm	2.003,891	3.758,333	5.762,224	2.370,000	4.634,000
Διαφορά	3.718,956	1.237,041	4.955,996	2.525,000	2.384,000
Μεταβολή %	64,984	24,764	46,239	51,583	33,970

Εικ.3.16: Πίνακας συγκρίσεων αποτελεσμάτων (εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης)

Κόστος: ύστερα από έρευνα, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότερες εταιρείες κοστολογούν την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στα 40€/m². Η εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου που θα μονωθεί είναι 129,46m², επομένως η δαπάνη θα είναι 40€/m² * 129,46m² = 5178€. Πρέπει να υπολογιστεί βεβαίως και η διαφορά από την συμβατική μόνωση, η οποία τιμάται περίπου στα 5€/m², και επομένως η συνολική δαπάνη θα είναι 129,46m²*5€/m²=648€. Άρα, η διαφορά είναι 5178-648=4530€. Η εξοικονόμηση ενέργειας θα αποφέρει εξοικονόμηση χρημάτων 4955,996kWh * 0,11€/kWh = 545,2€ ανά έτος, και συνεπώς, η απόσβεση για την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης θα γίνει σε 5178/545,2=9,5 έτη.

3.7.3 Χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e

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 υπηρεχόμενες 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 επίστρωση 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 νέας τεχνολογίας υαλοπίνακες. Η χαμηλής εκπομπής (low-e) επίστρωση είναι σχεδιασμένη να αυξάνει την ανάκλαση της προσπίπτουσας και απορροφούμενης από το γυαλί θερμότητας προς την πλευρά της πηγής της θερμότητας.

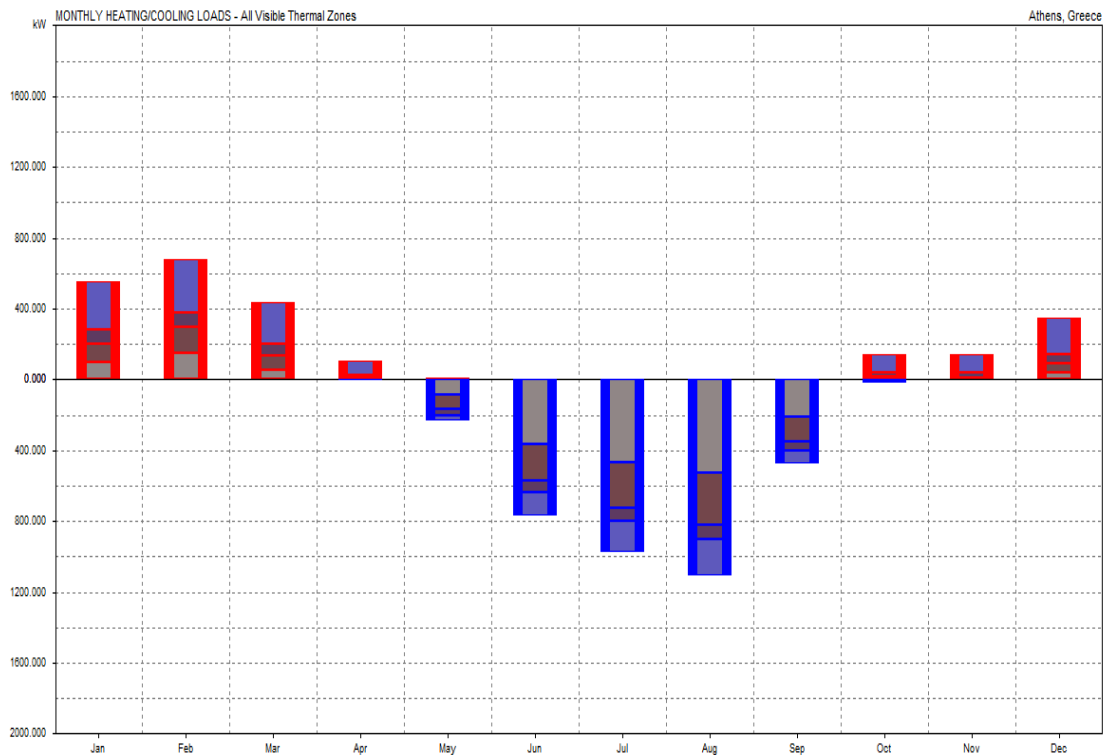
Η ικανότητα εκπομπής βέβαια επιδρά μόνο στην μεγάλο μήκους υπέρυθη ακτινοβολία, ενώ δεν έχει επίπτωση στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας. Προκειμένου να συνδυαστεί ο έλεγχος της θερμοπερατότητας με τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, οι υαλοπίνακες αυτοί συνδυάζουν και τις δύο λειτουργίες: low-e (κατά 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.

Στο μοντέλο μας, τοποθετήθηκαν κουφώματα αλουμινίου με θερμο-διακοπή και διπλοί υαλοπίνακες low-e συντελεστού θερμοπερατότητας $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, αντί των αρχικών κουφωμάτων αλουμινίου με θερμοδιακοπή και με διπλούς συμβατικούς υαλοπίνακες συντελεστού θερμοπερατότητας $2,710 \text{ W/m}^2\text{K}$. Για λόγους σύγκρισης, η επίδραση των low-e υαλοπινάκων μελετήθηκε τόσο για την συμβατικά μονωμένη κατοικία, όσο και για την αμόνωτη κατοικία. Τα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα.



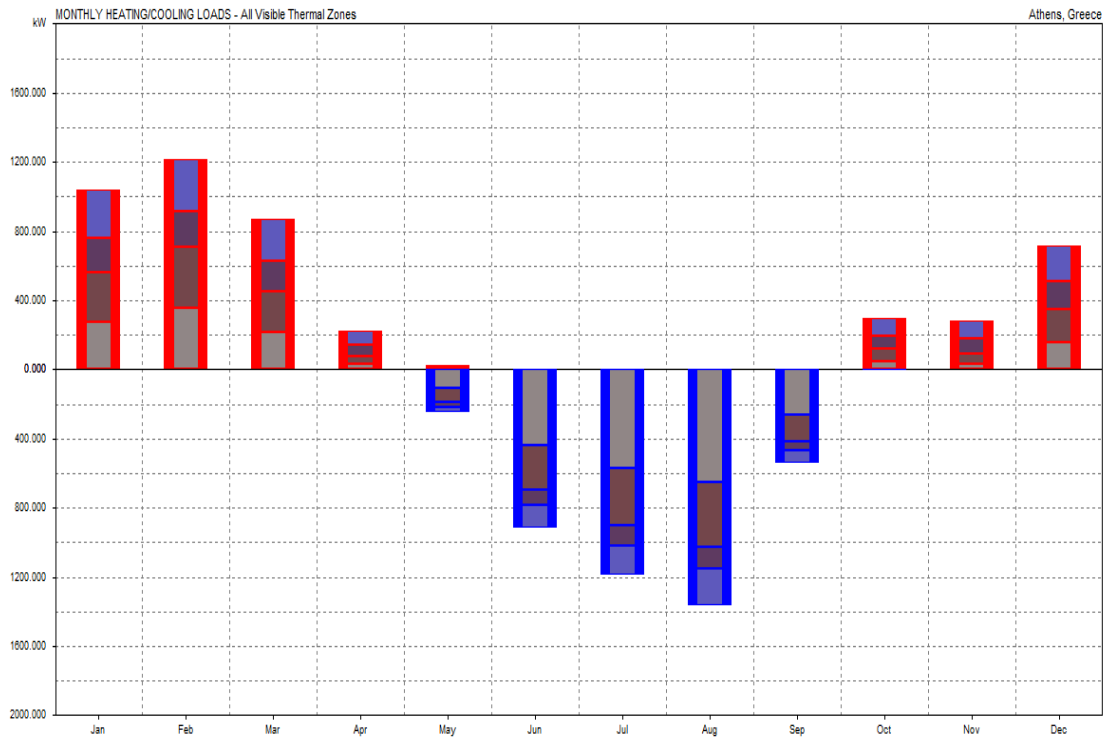
Εικ.3.17: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (low-e υαλοπίνακες)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 2.630 kW at 03:00 on 25th February			
Max Cooling: 4.578 kW at 13:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	552.652	0.000	552.652
Feb	677.704	0.000	677.704
Mar	436.882	0.000	436.882
Apr	110.198	1.840	112.038
May	14.004	228.679	242.683
Jun	0.174	764.784	764.957
Jul	0.000	972.734	972.734
Aug	0.000	1110.173	1110.173
Sep	4.892	472.469	477.361
Oct	144.162	19.893	164.054
Nov	141.150	0.000	141.150
Dec	351.826	0.000	351.826
TOTAL	2433.644	3570.571	6004.215
PER M²	28.148	41.297	69.445
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.18: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (low-e υαλοπίνακες)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Συμβατικά μονωμένο μοντέλο	3347,568	4246,571	7594,138	3372	5555
Low-E τζάμια	2.433,644	3.570,571	6.004,215	2.630,000	4.578,000
Διαφορά	913,924	676,000	1.589,923	742,000	977,000
Μεταβολή %	27,301	15,919	20,936	22,005	17,588

Εικ.3.19: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (low-e υαλοπίνακες)



Εικ.3.20: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοια κατοικία (low-e υαλοπίνακες)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 4.132 kW at 04:00 on 25th February			
Max Cooling: 5.947 kW at 13:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	1038.868	0.000	1038.868
Feb	1219.338	0.000	1219.338
Mar	869.739	0.000	869.739
Apr	227.804	0.000	227.804
May	27.633	243.461	271.094
Jun	0.169	912.771	912.940
Jul	0.000	1189.005	1189.005
Aug	0.000	1360.562	1360.562
Sep	5.181	542.228	547.408
Oct	297.599	5.018	302.618
Nov	286.021	0.000	286.021
Dec	716.811	0.000	716.811
TOTAL	4689.163	4253.045	8942.208
PER M²	54.235	49.191	103.426
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.21: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοια κατοικία (low-e υαλοπίνακες)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνωτο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Low-E τζάμια	4.689,163	4.253,045	8.942,208	4.306,000	5.866,000
Διαφορά	1.033,684	742,329	1.776,012	589,000	1.152,000
Μεταβολή %	18,062	14,860	16,570	12,033	16,415

Εικ.3.22: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία (low-e υαλοπίνακες)

Παρατηρείται ότι στην περίπτωση του συμβατικά μονωμένου κτηρίου, η ποσοστιαία μεταβολή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το αμόνωτο κτήριο, δηλ η επίδραση των low-e υαλοπινάκων είναι μεγαλύτερη.

Κόστος: το κόστος ενός συμβατικού διπλού υαλοπίνακα ξεκινά από 40€/m², ενώ το κόστος ενός διπλού υαλοπίνακα low-e από 70€/m². 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 1776,012, άρα η εξοικονόμηση θα είναι της τάξεως των 1776,012kWh*0,11€/kWh = 195,36€ ανά έτος. Τέλος, η απόσβεση της δαπάνης θα πραγμα-τοποιηθεί σε 732/195,36 = 3,75 χρόνια.

3.7.4 Φυτεμένο δώμα - στέγη

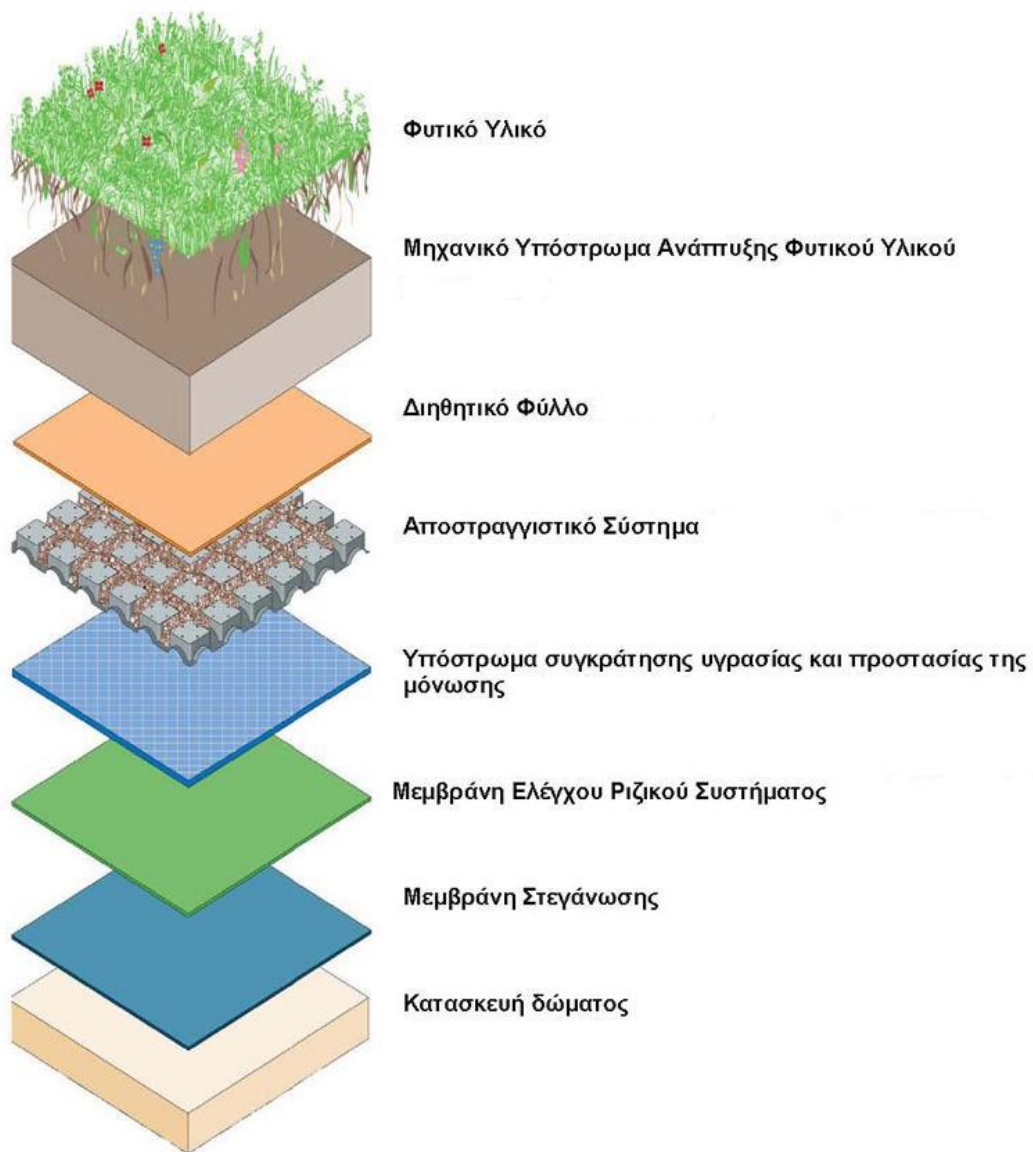
Επόμενο μέτρο η δημιουργία φυτεμένης στέγης στο μοντέλο. Επιλέχθηκε φύτευση εντατικού τύπου, ενώ θα γίνει κατασκευή «θερμής στέγης», χωρίς δηλ αεριζόμενο στρώμα εξισορρόπησης της πίεσης των υδρατμών, ώστε οι φυσικοδομικές επιδράσεις της φυτεμένης να λειτουργούν κανονικά στους υποκείμενους χώρους. Τα συστήματα φυτεμένων στεγών διαφοροποιούνται με βάση την κλίση τους, όπως αναφέρθηκε στη θεωρητική ανάλυση. Στο παράδειγμα αυτό, θα φυτευτεί η δίρριχτη 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, υπόστρωμα, και τέλος βλάστηση. Αυτή η κατασκευή προσθέτει ένα επιπλέον βάρος $100-300 \text{ kg/m}^2$ και επιπλέον κόστος $60-110 \text{ €/m}^2$. Για συνηθισμένα κτήρια, θεωρείται μία λύση αρκετά ακριβή. Η διαμόρφωση της φύτευσης της δίρριχτης 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.3.23: Η κατοικία με φυτεμένη στέγη



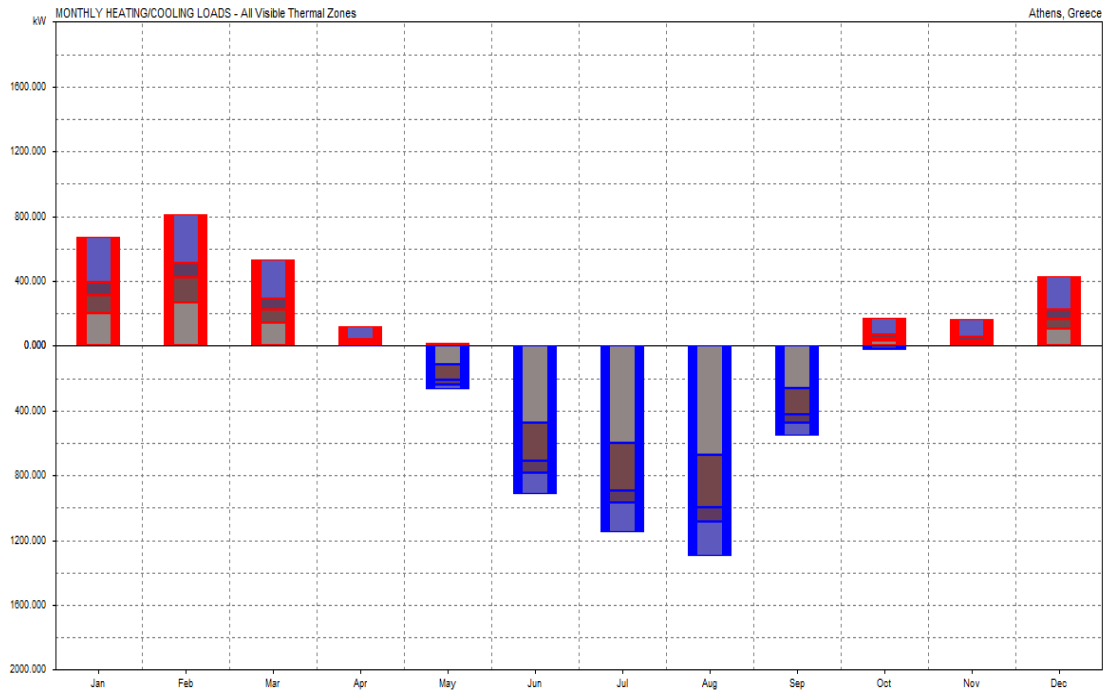
Εικ.3.24: Τομή πράσινης στέγης
 Πηγή: www.antemisar.gr

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.



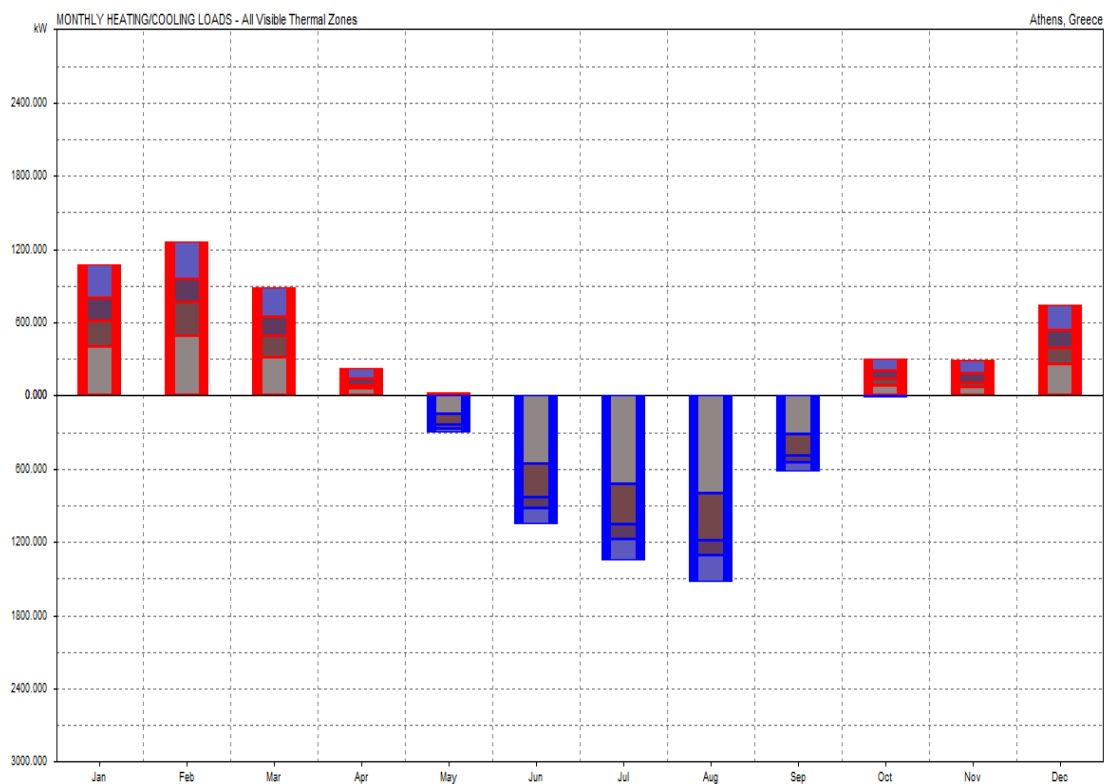
Εικ.3.25: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (φυτεμένη στέγη)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	3.092 kW	at 03:00 on 25th February	
Max Cooling:	5.420 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	669.440	0.000	669.440
Feb	811.485	0.000	811.485
Mar	531.154	0.000	531.154
Apr	124.982	3.122	128.104
May	15.247	269.865	285.112
Jun	0.194	913.589	913.783
Jul	0.000	1152.093	1152.093
Aug	0.000	1301.236	1301.236
Sep	5.094	551.661	556.755
Oct	171.736	23.622	195.358
Nov	162.663	0.000	162.663
Dec	432.136	0.000	432.136
TOTAL	2924.130	4215.188	7139.319
PER M ²	33.821	48.753	82.574
Floor Area:		86.460 m ²	

Εικ.3.26: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (φυτεμένη στέγη)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Συμβατικά μονωμένο μοντέλο	3347,568	4246,571	7594,138	3372	5555
Φυτεμένη στέγη	2.924,130	4.215,188	7.139,319	3.092,000	5.420,000
Διαφορά	423,438	31,383	454,819	280,000	135,000
Μεταβολή %	12,649	0,739	5,989	8,304	2,430

Εικ.3.27: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (φυτεμένη στέγη)



Εικ.3.28: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοια κατοικία (φυτεμένη στέγη)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	4.352 kW	at 04:00 on	25th February
Max Cooling:	6.670 kW	at 13:00 on	1st August
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	1076.331	0.000	1076.331
Feb	1261.102	0.000	1261.102
Mar	890.197	0.000	890.197
Apr	225.434	0.000	225.434
May	26.606	303.718	330.324
Jun	0.193	1058.703	1058.896
Jul	0.000	1354.948	1354.948
Aug	0.000	1527.978	1527.978
Sep	5.089	620.702	625.790
Oct	303.085	14.979	318.064
Nov	290.353	0.000	290.353
Dec	745.664	0.000	745.664
TOTAL	4824.053	4881.028	9705.082
PER M²	55.795	56.454	112.250
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.29: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοτη κατοικία (φυτεμένη στέγη)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνωτο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Φυτεμένη στέγη	4.824,053	4.881,028	9.705,082	4.352,000	6.670,000
Διαφορά	898,794	114,346	1.013,138	543,000	348,000
Μεταβολή %	15,705	2,289	9,452	11,093	4,959

Εικ.3.30: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοτη κατοικία (φυτεμένη στέγη)

Κόστος: το δάμα 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

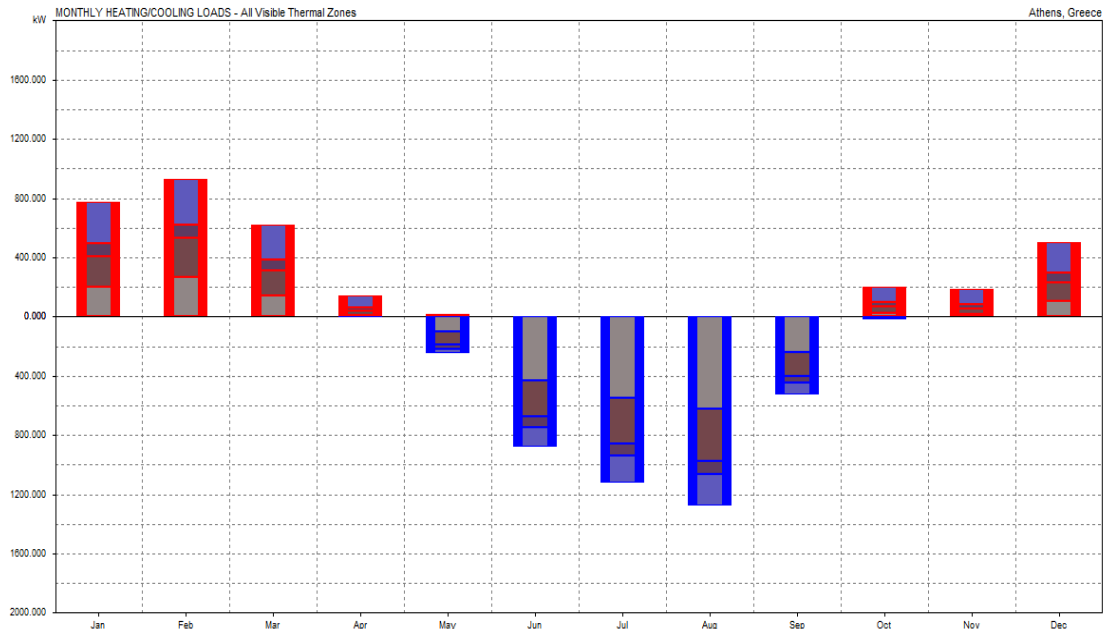
διαφορά του κόστους της πράσινης στέγης και του κόστους για την κατασκευή της κεραμοσκεπής, η οποία δεν θα εφαρμοστεί σε αυτό το σενάριο. Μια τυπική τιμή για την κατασκευή κεραμοσκεπής ανέρχεται στα 70€/m², άρα αυτή η δαπάνη προκύπτει ίση με 70€/m² * 66,73m² = 4671€. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η διαφορά προκύπτει ίση με 6923-4671 = 2252 €. Το ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι 1013,138 kWh * 0,11€/kWh = 111,50€, άρα η απόσβεση θα πραγματοποιηθεί σε 2252/111,50 = 20,2 έτη.

3.7.5 Τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών συστημάτων σκίασης

Το μέγεθος της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας την αναγορεύει στη σημαντικότερη εξωτερική πηγή για το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων. Μολονότι τα παράθυρα καλύπτουν μικρό σχετικά ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου, τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση στο πέρασμα της ηλιακής ακτινοβολίας και χρειάζονται οπωσδήποτε ηλιοπροστασία. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία προστατευτικών στοιχείων: τέντες, παντζούρια, ρολά, περσίδες, κινητά ή μόνιμα στοιχεία, εξωτερικά ή εσωτερικά. Η σκίαση είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν γίνεται πριν εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, άρα τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμώνται σε σχέση με τα εσωτερικά. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκίαστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των ανοιγμάτων, όταν κρίνεται απαραίτητη, όταν δηλ οι εσωτερικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τα όρια άνεσης, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους και τη θέση του ήλιου. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκιασμού των ανοιγμάτων είναι η χρήση εξωτερικών κινητών σκίαστρων. Ωστόσο, πρόκειται για μια λύση αρκετά δαπανηρή, και επιπροσθέτως, δε μπορεί να προσομοιωθεί στο Ecotect. Γι' αυτό το λόγο, προτείνεται εναλλακτικά 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 μοντέλο του παραδείγματος μελετήθηκε η εφαρμογή συστημάτων σκίασης τύπου solar pergola (έτσι τα ονομάζει το Ecotect). Τοποθετήθηκαν σε όλα τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες, εκτός αυτών των δύο WC. Σχεδιάστηκαν με περίοδο απαίτησης σκίασης από τις 21 Μαρτίου έως τις

21 Σεπτεμβρίου για τις ώρες 10:30-17:00. Τα αποτελέσματα για συμβατικά μονωμένο και αμόνωτο κτήριο ήταν τα ακόλουθα:



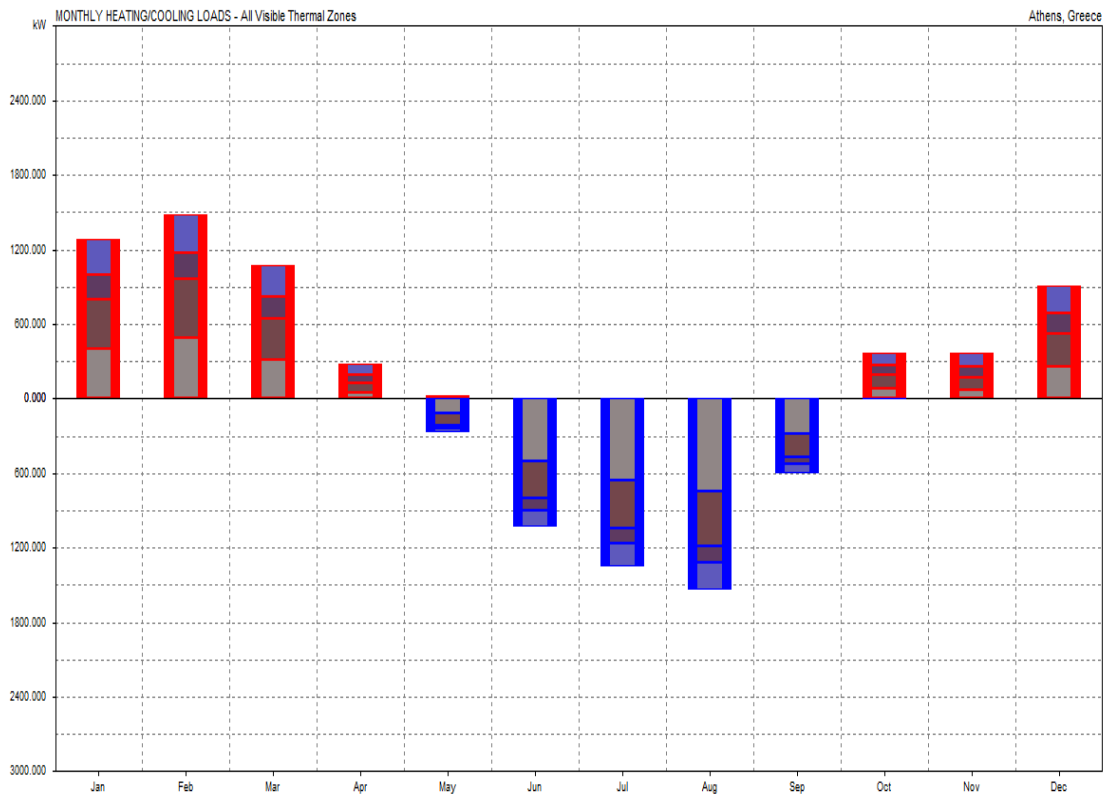
Εικ.3.31: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (συστήματα σκίασης)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	3.369 kW	at 03:00 on 25th February	
Max Cooling:	5.368 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	772.717	0.000	772.717
Feb	926.970	0.000	926.970
Mar	623.831	0.000	623.831
Apr	144.820	1.050	145.869
May	17.096	248.806	265.902
Jun	0.193	876.394	876.588
Jul	0.000	1119.682	1119.682
Aug	0.000	1278.763	1278.763
Sep	5.088	523.418	528.505
Oct	201.249	17.998	219.247
Nov	188.848	0.000	188.848
Dec	506.393	0.000	506.393
TOTAL	3387.205	4066.111	7453.316
PER M²	39.177	47.029	86.205
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.32: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (συστήματα σκίασης)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Συμβατικά μονωμένο μοντέλο	3347,568	4246,571	7594,138	3372	5555
Συστήματα σκίασης	3.387,205	4.066,111	7.453,316	3.369	5.368
Διαφορά	-39,637	180,460	140,822	3	187
Μεταβολή %	-1,184	4,250	1,854	0,089	3,366

Εικ.3.33: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (συστήματα σκίασης)



Εικ.3.34: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία (συστήματα σκίασης)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	4.894 kW	at 04:00 on 25th February	
Max Cooling:	6.815 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	1284.332	0.000	1284.332
Feb	1484.816	0.000	1484.816
Mar	1072.578	0.000	1072.578
Apr	279.626	0.000	279.626
May	32.347	271.175	303.522
Jun	0.191	1031.768	1031.960
Jul	0.000	1348.024	1348.024
Aug	0.000	1542.339	1542.339
Sep	5.652	602.293	607.944
Oct	374.098	7.552	381.649
Nov	364.433	0.000	364.433
Dec	905.211	0.000	905.211
TOTAL	5803.284	4803.150	10606.434
PER M*	67.121	55.554	122.675
Floor Area:		86.460 m2	

Εικ.3.35: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοτη κατοικία (συστήματα σκίασης)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνοτο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Συστήματα σκίασης	5.803,284	4.803,150	10.606,434	4.894,000	6.815,000
Διαφορά	-80,437	192,224	111,786	1,000	203,000
Μεταβολή %	-1,406	3,848	1,043	0,020	2,893

Εικ.3.36: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνοτη κατοικία (συστήματα σκίασης)

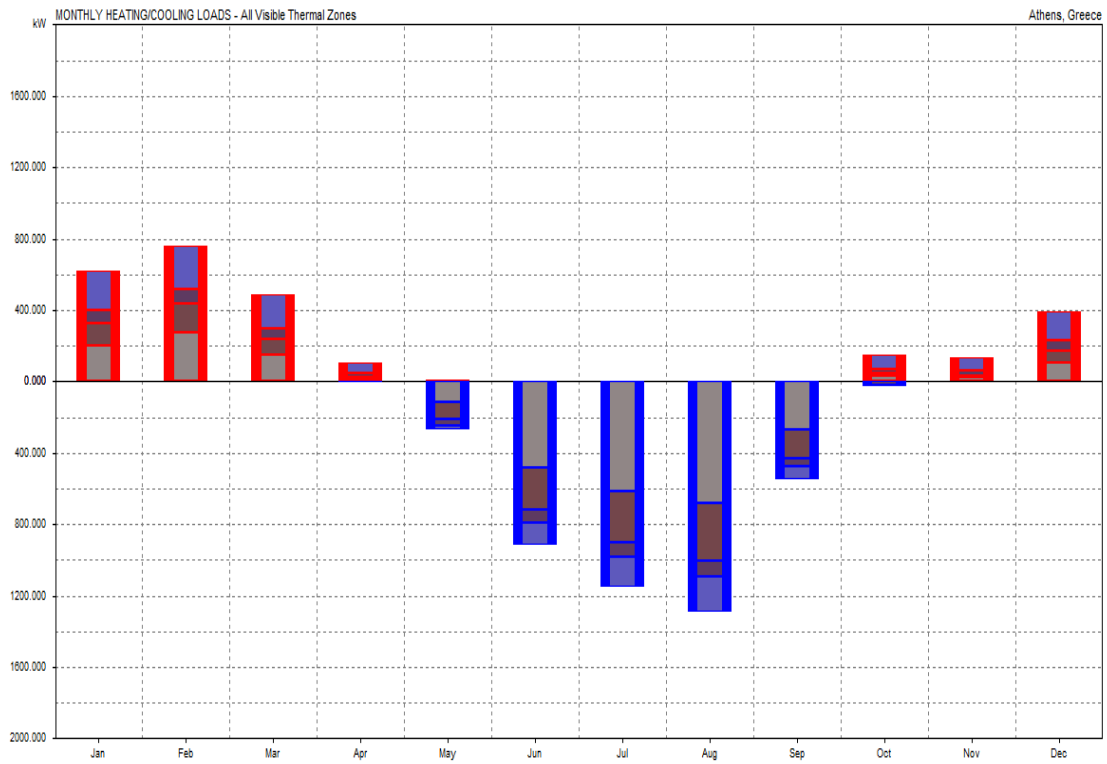
Τα αποτελέσματα της επίδρασης της εφαρμογής των συστημάτων σκίασης πάνω στη θερμική συμπεριφορά του κτηρίου κρίνονται ως ιδιαίτερα μικρής κλίμακας, γεγονός που αποδίδεται στη μειωμένη ικανότητα προσομοίωσης του Ecotect. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στις δύο περιπτώσεις αυξήθηκαν τα φορτία θέρμανσης, πράγμα το οποίο δεν θα συνέβαινε εάν είχαν τοποθετηθεί εξωτερικά κινητά σκίαστρα.

Κόστος: με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, είναι σαφές ότι είναι ασύμφορη η δαπάνη για την τοποθέτηση αυτών των συστημάτων σκίασης.

3.7.6 Αύξηση θερμικής μάζας

Η θερμική μάζα παίζει το ρόλο ενός θερμοσυσσωρευτή. Το καλοκαίρι, κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφά την επιπλέον θερμότητα, και μειώνει έτσι την εσωτερική θερμοκρασία, αποδίδοντας σταδιακά τη θερμότητα σε περιόδους που πλέον οι εξωτερικές συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για φυσικό αερισμό και την απόρριψη της στο περιβάλλον. Το χειμώνα, η ίδια θερμική μάζα αποθηκεύει τη θερμότητα από τον ήλιο (αλλά και από άλλες εσωτερικές πηγές) και την αποδίδει τη νύχτα, διατηρώντας το σπίτι ζεστό. Σε μια καλή εφαρμογή, ο μηχανισμός αυτός μπορεί να καθυστερήσει τη μετάδοση της θερμότητας διαμέσου του κελύφους του κτηρίου από 10 έως 12 ώρες. Η αύξηση της θερμικής μάζας παρέχει σημαντικά οφέλη όταν η ημερήσια θερμοκρασία έχει μεγάλες διακυμάνσεις, για παράδειγμα σε περιοχές με ηπειρωτικό κλίμα, καθώς και όταν η θερμοκρασία τη νύχτα είναι αρκετά χαμηλότερη από την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία. Εάν ένα κτήριο πρόκειται να κατασκευαστεί σε περιοχή με ήπιο παράκτιο κλίμα (όπως είναι και η περίπτωση της εξοχικής κατοικίας του παραδείγματος αυτού), θεωρητικά το όφελος από την αυξημένη θερμική μάζα αναμένεται να είναι συγκριτικά αρκετά μικρότερο.

Εν προκειμένω για την κατοικία που μελετάμε, εξετάζεται η αύξηση της θερμικής μάζας μέσω της τροποποίησης του πάχους των εσωτερικών τοίχων από 10 σε 20cm. Το μέτρο αυτό αποσκοπεί στην αύξηση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας των προαναφερθέντων στοιχείων, γεγονός που θα συμβάλλει στην σταθερότητα των εσωκλιματικών συνθηκών, και στην αργή μεταβολή της θερμοκρασίας στο χώρο. Ωστόσο, σε μικρά κτήρια, όπως είναι το μοντέλο της παρούσας εφαρμογής, τέτοιες επεμβάσεις μειώνουν δραστικά την επιφάνεια των εσωτερικών χώρων, και ως εκ τούτου συνήθως αποφεύγονται.



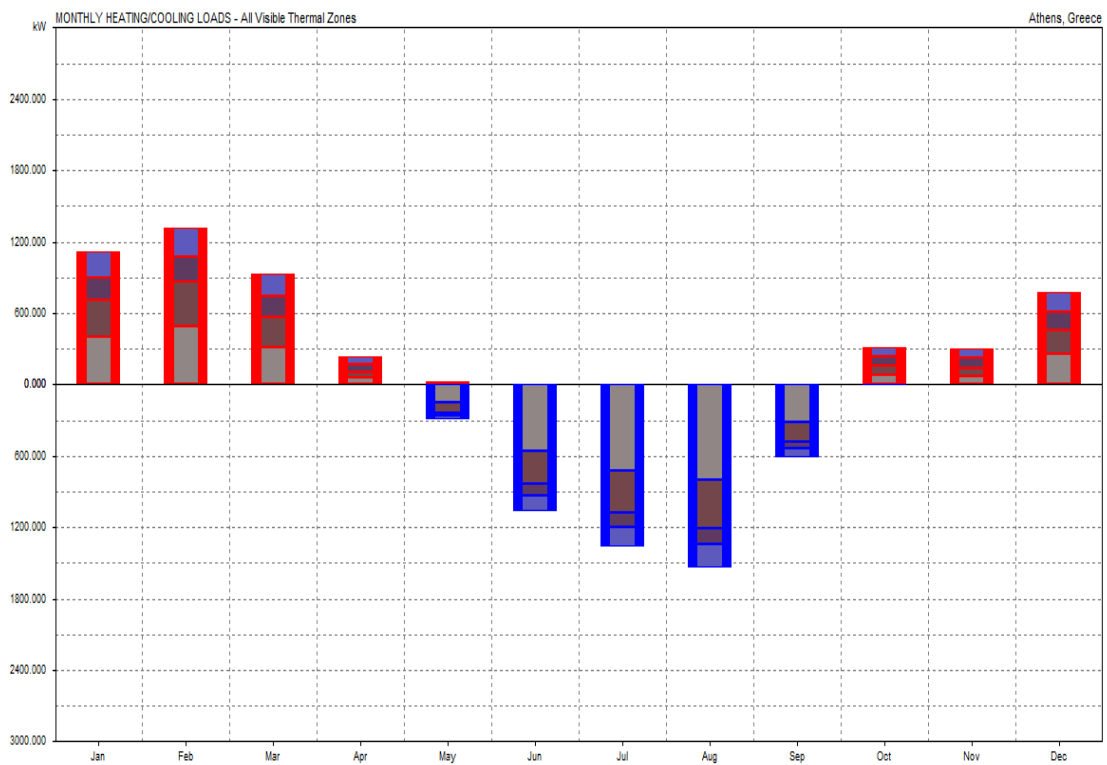
Εικ.3.37: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονομένη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating: 2.974 kW at 03:00 on 25th February			
Max Cooling: 5.430 kW at 13:00 on 1st August			
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	618.989	0.000	618.989
Feb	759.609	0.000	759.609
Mar	488.158	0.000	488.158
Apr	105.736	2.961	108.697
May	11.678	269.701	281.379
Jun	0.070	914.069	914.139
Jul	0.000	1147.787	1147.787
Aug	0.000	1291.776	1291.776
Sep	2.852	549.066	551.917
Oct	149.276	22.542	171.818
Nov	136.365	0.000	136.365
Dec	390.043	0.000	390.043
TOTAL	2662.777	4197.902	6860.679
PER M²	30.798	48.553	79.351
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.38: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονομένη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Συμβατικά μονωμένο μοντέλο	3347,568	4246,571	7594,138	3372	5555
Αύξηση θερμικής μάζας	2.662,777	4.197,902	6.860,679	2.974,000	5.430,000
Διαφορά	684,791	48,669	733,459	398,000	125,000
Μεταβολή %	20,456	1,146	9,658	11,803	2,250

Εικ.3.39: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για συμβατικά μονωμένη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)



Εικ.3.40: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	4.499 kW	at 04:00 on 25th February	
Max Cooling:	6.809 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	1124.466	0.000	1124.466
Feb	1315.040	0.000	1315.040
Mar	931.836	0.000	931.836
Apr	234.844	0.000	234.844
May	26.286	290.485	316.770
Jun	0.069	1060.892	1060.961
Jul	0.000	1364.124	1364.124
Aug	0.000	1543.776	1543.776
Sep	3.300	613.514	616.813
Oct	315.879	6.755	322.634
Nov	301.259	0.000	301.259
Dec	781.015	0.000	781.015
TOTAL	5033.992	4879.545	9913.538
PER M²	58.223	56.437	114.661
Floor Area:		86.460 m²	

Εικ.3.41: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνωτο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Αύξηση θερμικής μάζας	5.033,992	4.879,545	9.913,538	4.499,000	6.809,000
Διαφορά	688,855	115,829	804,682	396,000	209,000
Μεταβολή %	12,037	2,319	7,508	8,090	2,978

Εικ.3.42: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για αμόνωτη κατοικία (αύξηση θερμικής μάζας)

Οι μεταβολές είναι μέτριες, γεγονός που εξηγείται από μικρή σχετικά συνολική επιφάνεια των εσωτερικών τοίχων που τροποποιήθηκαν. Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά ανάμεσα στις μεταβολές των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων, καθώς η μεταβολή του θερμικού φορτίου είναι σαφώς πιο εμφανής, καθορίζοντας και το ολικό φορτίο. Έτσι, επιβεβαιώνεται η θεωρία του

βιοκλιματικού σχεδιασμού, αφού από τα αποτελέσματα φαίνεται πως η αύξηση της θερμικής μάζας επηρεάζει κυρίως τα θερμικά φορτία. Επίσης, άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι το ποσοστό της μεταβολής στο μονωμένο κτήριο ήταν μεγαλύτερο.

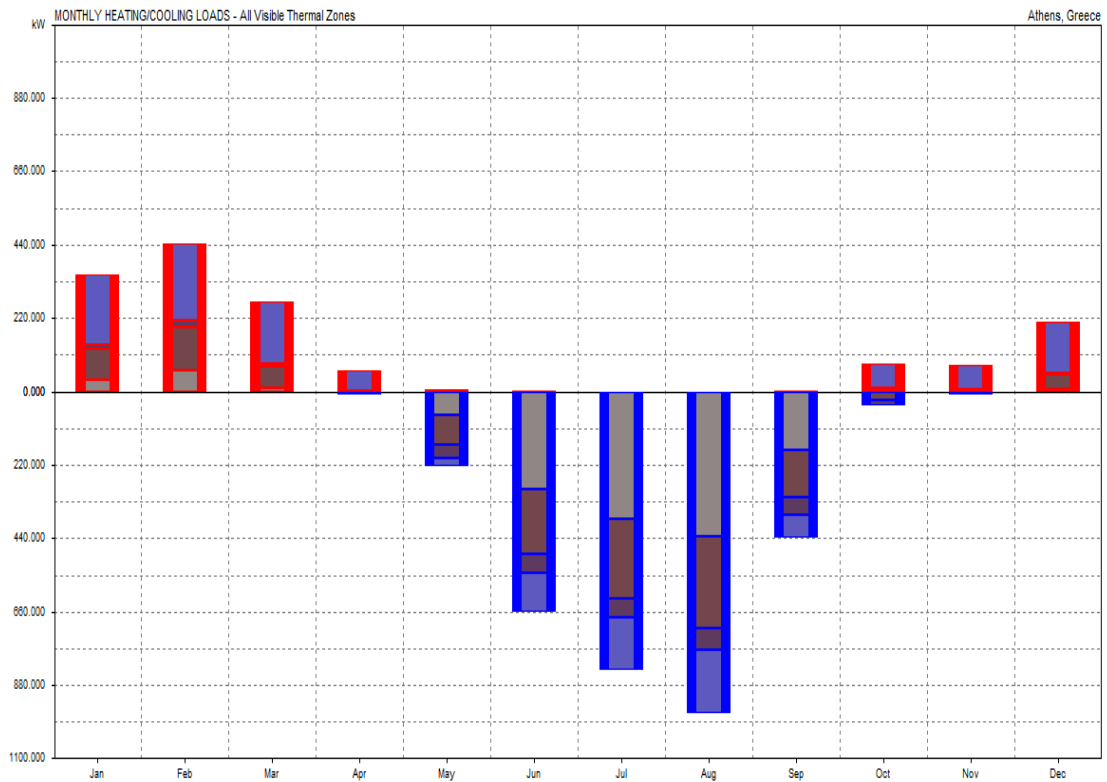
Κόστος: η διαφορά της δαπάνης για την κατασκευή ενός μονού και ενός διπλού τοίχου είναι περίπου 35€/m². Η επιφάνεια των εσωτερικών τοίχων είναι 18,64m², επομένως το κόστος θα είναι 35€/m² * 18,64m² = 653€. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει ετήσιο κέρδος 804,682 kWh * 0,11€/kWh = 88,50€, και τελικά συμπεραίνεται ότι η απόσβεση θα γίνει σε 653/88,50 = 7,37 χρόνια.

3.7.7 Συνδυασμός των παραπάνω βιοκλιματικών μέτρων

Τέλος, μελετάται η περίπτωση της ταυτόχρονης εφαρμογής όλων των μέτρων βιοκλιματικού χαρακτήρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στην κατοικία-μοντέλο, πλην της τοποθέτησης συστημάτων σκίασης που κρίθηκε ως ασύμφορη. Αναλυτικά, στο αρχικό αμόνωτο κτήριο, εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα:

- Εξωτερική θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 5cm
- Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής low-e
- Φυτεμένη στέγη και φυτεμένο δώμα
- Αυξημένη θερμική μάζα του κτηρίου

Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:



Εικ.3.43: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης για τον συνδυασμό των βιοκλιματικών μέτρων

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
All Visible Thermal Zones			
Comfort: Zonal Bands			
Max Heating:	1.941 kW	at 03:00 on 25th February	
Max Cooling:	3.796 kW	at 13:00 on 1st August	
MONTH	HEATING (kWh)	COOLING (kWh)	TOTAL (kWh)
Jan	350.981	0.000	350.981
Feb	444.429	0.000	444.429
Mar	267.217	0.000	267.217
Apr	62.903	10.284	73.187
May	7.717	223.235	230.952
Jun	0.053	660.854	660.907
Jul	0.000	836.084	836.084
Aug	0.000	964.309	964.309
Sep	2.501	437.623	440.124
Oct	83.647	41.176	124.823
Nov	77.368	8.900	86.269
Dec	209.913	0.000	209.913
TOTAL	1506.728	3182.466	4689.194
PER M²	17.427	36.809	54.236
Floor Area:		86.460 m2	

Εικ.3.44: Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης για τον συνδυασμό των βιοκλιματικών μέτρων

	Heating loads (kWh)	Cooling loads (kWh)	Total loads (kWh)	Max Heating (kW)	Max Cooling (kW)
Μοντέλο αμόνωτο	5.722,847	4.995,374	10.718,220	4.895,000	7.018,000
Συνδυασμός	1.506,728	3.182,466	4.689,194	1.941,000	3.796,000
Διαφορά	4.216,119	1.812,908	6.029,026	2.954,000	3.222,000
Μεταβολή %	73,672	36,292	56,250	60,347	45,911

Εικ.3.45: Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων ανάλυσης για τον συνδυασμό των βιοκλιματικών μέτρων

Κόστος: η κοστολόγηση του συνδυασμού των παραπάνω προτεινόμενων μέτρων θα γίνει αθροίζοντας τα μεμονωμένα κόστη καθενός ξεχωριστά, όπως αυτά υπολογίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Επομένως, η συνολική δαπάνη είναι:

$$4530\text{€} + 732\text{€} + 2252\text{€} + 653\text{€} = 8167\text{€}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά 6029,026 kWh θα αποφέρει κέρδος $6029,026 \text{ kWh} * 0,11 \text{ €/kWh} = 664\text{€}$. Επομένως, ο χρόνος απόσβεσης των συνολικών δαπανών εκτιμάται ίσος με $8167/664 = 12,30$ χρόνια.

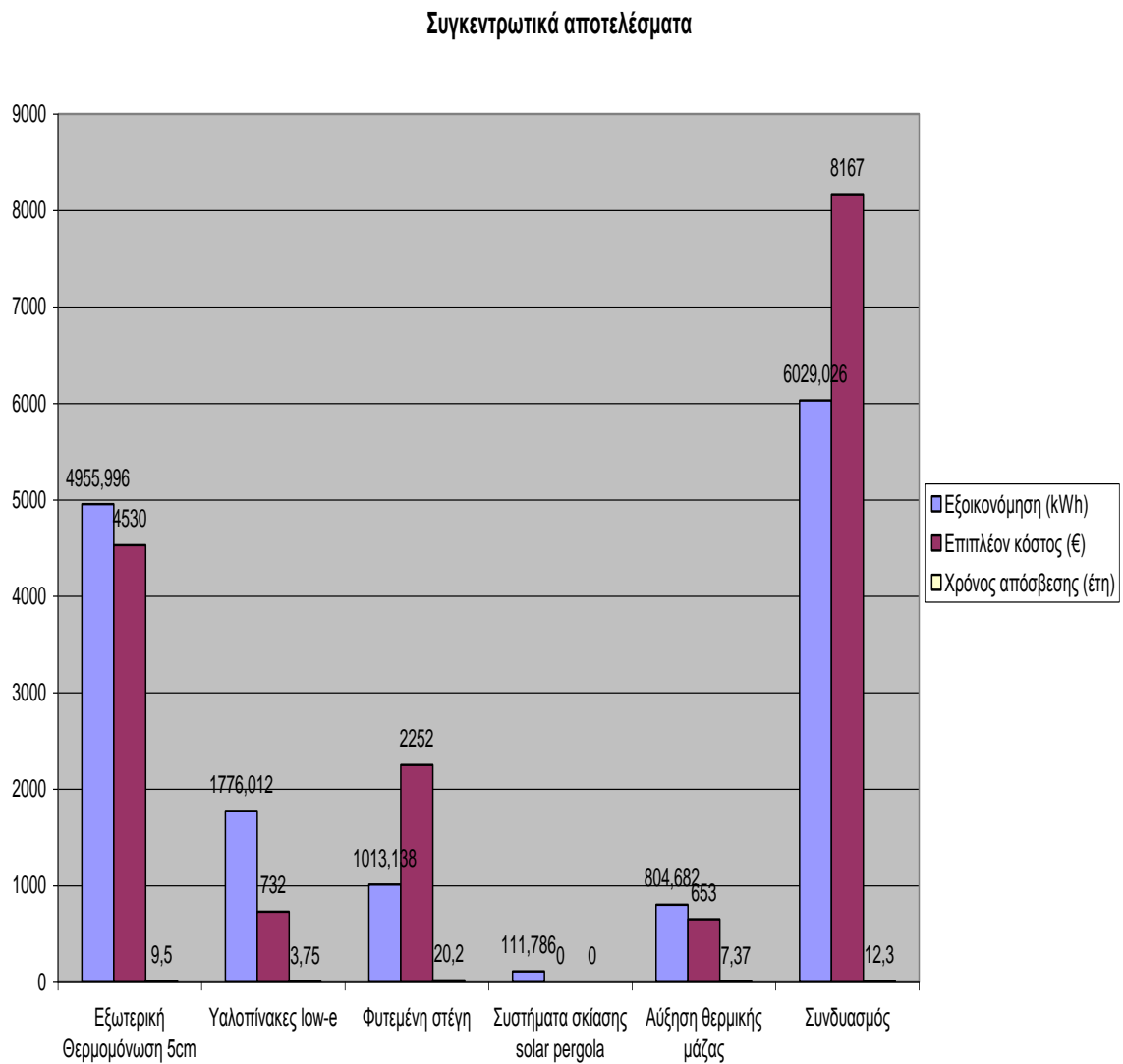
Ανακεφαλαίωση

Στην κατοικία του παραδείγματος εφαρμογής, εφαρμόστηκαν διάφορες τεχνικές βιοκλιματικού χαρακτήρα, με σκοπό την καλύτερη θερμική συμπεριφορά της κατοικίας, και βεβαίως την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν μέσα από την προσομοίωση στο πρόγραμμα, αποτύπωσαν την αποτελεσματικότητα κάθε μέτρου και το κατά πόσο συμφέρουσα ήταν η εφαρμογή του. Σε γενικές γραμμές, το συμπέρασμα είναι ότι η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου έδειξε σαφή βελτίωση, γεγονός που επετεύχθη με μικρή σχετικά δαπάνη, η οποία ανέρχεται στα 8167€. Ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης αυτού του κεφαλαίου υπολογίστηκε στα 12,3 έτη, τιμή η οποία κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα συγκρινόμενη τόσο με τον αναμενόμενο χρόνο ζωής της κατοικίας, όσο και με τον αναμενόμενο χρόνο ζωής κάθε μέτρου ξεχωριστά. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κτηρίου μελέτης:

	Ολικό ετήσιο φορτίο (kWh)	Διαφορά με αμόνωτο κτήριο (kWh)	Διαφορά %	Επιπλέον κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (έτη)
Αμόνωτο Κτήριο	10718,220	-	-	-	-
Κτήριο με συμβατική μόνωση	7594,138	3124,082	29,15	-	-
Εξωτερική Θερμομόνωση 5cm	5762,224	4955,996	46,24	4530	9,50
Υαλοπίνακες low-e	8942,208	1776,012	16,57	732	3,75
Φυτεμένη στέγη	9705,082	1013,138	9,45	2252	20,20
Συστήματα σκίασης solar pergola	10606,434	111,786	1,04	-	-
Αύξηση θερμικής μάζας	9913,538	804,682	7,05	653	7,37
Συνδυασμός μέτρων	4689,194	6029,026	56,25	8167	12,30

Εικ.3.46: Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών μέτρων

Τα δεδομένα του πίνακα παρουσιάζονται με την μορφή γραφήματος ως παρακάτω:



Εικ.3.47: Συγκεντρωτικό γράφημα των αποτελεσμάτων των βιοκλιματικών μέτρων

Συμπεράσματα

Τα πρώτα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν είναι ότι τελικά η κατασκευή μιας βιοκλιματικής κατοικίας τελικά δεν είναι μια δύσκολη υπόθεση, όπως πιστεύουν οι περισσότεροι. Εφαρμόζοντας μερικά απλά βιοκλιματικά μέτρα, όπως πχ η υιοθέτηση του κατάλληλου προσανατολισμού, η ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων, και το κατάλληλο σχήμα και χρώμα του κτηρίου, 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 υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής low-e, η φύτευση της στέγης, η τοποθέτηση συστημάτων σκίασης, καθώς και η αύξηση της θερμικής μάζας, ήταν μέτρα τα οποία συντέλεσαν ώστε να μειωθούν δραστικά τα ολικά ετήσια φορτία θέρμανσης και ψύξης της κατοικίας, με μικρό σχετικά κόστος, αλλά και κοντινό χρονικό ορίζοντα απόσβεσης της δαπάνης. Αποτελεσματικότερο όλων αναδείχτηκε η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης, μέτρο το οποίο θα αρκούσε από μόνο του ώστε να αναβαθμίσει σημαντικά την εξοχική κατοικία του παραδείγματος αυτού.

Σχετικά με το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, το Ecotect, πρόκειται για ένα απαιτητικό για τον χρήστη πρόγραμμα, το οποίο προσφέρει αρκετές δυνατότητες, αλλά παρουσιάζει και κάποια αρκετά σημαντικά μειονεκτήματα. Στα πλεονεκτήματά του, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν το τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού και προσομοίωσης, η προσομοίωση του ηλιασμού, των σκιών και των αντανακλάσεων, η θερμική ανάλυση και οι επιλογές της, η ακουστική ανάλυση, η δυνατότητα υπολογισμού δαπανών των υλικών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κα. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται η δυσχερής σχεδίαση και στήσιμο του μοντέλου μέσα στο τρισδιάστατο περιβάλλον, η μειωμένη ακρίβεια κατά τους υπολογισμούς, η αδυναμία προσομοίωσης σύνθετων διατάξεων όπως πχ ενός τοίχου Trombe, η ελλιπής βιβλιοθήκη υλικών, τα όχι και τόσο ρεαλιστικά κλιματικά δεδομένα, και άλλα. Παρόλα αυτά, παραμένει ένα καλό εργαλείο στα χέρια ερευνητών και επαγγελματιών, ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα ποιοτικά, αλλά όχι ποσοτικά συμπεράσματα.

Συμπερασματικά, κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή βιοκλιματικών επεμβάσεων σε κτήρια, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν ο οικονομικός παράγοντας. Οι ακριβές επεμβάσεις δεν είναι πανάκεια, και ειδικά κατά τις τωρινές συνθήκες οικονομικής ύφεσης, είναι βασικό και ουσιώδες να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν αφενός η οικονομική δυνατότητα του

ιδιοκτήτη και αφετέρου η λογική απόσβεση της εκτιμώμενης δαπάνης. Τέλος, πρέπει η οικολογική συνείδηση να γίνει κτήμα όλης της κοινωνίας, ώστε να υπάρξουν συνολικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Προτάσεις

Πέρα από τα μέτρα βιοκλιματικού χαρακτήρα που εφαρμόστηκαν πάνω στην κατοικία-μοντέλο, υπάρχει μια πληθώρα άλλων οικολογικών και οικονομικών επιλογών, οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν συμβάλει αποφασιστικά στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης και στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά δυστυχώς δεν ήταν δυνατόν να προσομοιωθούν στο Ecotect. Θα μπορούσαν πχ να προστεθούν στα ήδη υπάρχοντα, περισσότερα φυλλοβόλα δέντρα, τα οποία με το φύλλωμα τους θα προσέφεραν σκiasμό το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα όντας πλέον γυμνά, θα επέτρεπαν τον απρόσκοπτο ηλιασμό του κτηρίου. Επίσης, η δημιουργία μιας τεχνητής λίμνης θα αναβάθμιζε αισθητικά το οικόπεδο, ενώ παράλληλα θα βελτίωνε σημαντικά τις μικροκλιματικές συνθήκες μέσω του εξατμιστικού δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες. Ένα άλλο πολύ θελκτικό μέτρο είναι η δημιουργία ενός κατακόρυφου κήπου, δηλ η κάλυψη της νότιας (ή άλλης) πρόσοψης του κτηρίου με φυτά. Κατά αυτόν τον τρόπο, θα εξασφαλιζόταν φυσική θερμομόνωση, καθώς επίσης δροσιά και βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Επιπροσθέτως, πρέπει να μελετηθεί η ενδεχόμενη προσάρτηση κάποιου παθητικού ηλιακού συστήματος όπως πχ ένα θερμοκήπιο, ένας τοίχος μάζας (απλός, Trombe, ή νερού), ένα αίθριο, ή μία ηλιακή καμινάδα. Προς αυτήν την κατεύθυνση θα βοηθούσε η αναζήτηση ενός πιο εξελιγμένου και αξιόπιστου σε σχέση με το Ecotect προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα προσομοίωσης αυτών των συστημάτων και υπολογισμού των κερδών που αυτά αποφέρουν.

Ένα άλλο πολύ μεγάλο κεφάλαιο είναι η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Οι λεγόμενες και ΑΠΕ είναι πρακτικά ανεξάντλητες, ενώ οι εφαρμογές τους στο κτηριακό περιβάλλον είναι επίσης πολύ φιλικές από οικολογική σκοπιά. Εν προκειμένω, θα ήταν μία πολύ σοφή κίνηση να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πετάσματα στη στέγη και το δώμα της κατοικίας του παραδείγματος. Για ιδιώτες, όριο είναι η ισχύς των 10 kW. Πιο συγκεκριμένα, στα 41m² της στέγης μπορούν να τοποθετηθούν 25 πανέλα, ενώ στα 25m² του δώματος άλλα 10, φτάνοντας μια συνολική ισχύ 7 kW. Το κόστος για την εγκατάσταση αυτού του αριθμού φωτοβολταϊκών πανέλων αναμένεται να κυμανθεί στα 35000€ 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 πανέλα πωλείται στη ΔΕΗ προς 0,55€, 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 35000/5200=6,73 χρόνια, διάστημα το οποίο είναι πολύ λογικό και συμφέρον. Εκτός από την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, μια άλλη προφανής επιλογή είναι η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Η Ελλάδα σαν χώρα διαθέτει πλούσιο αιολικό δυναμικό, το

οποίο μπορεί να αποδώσει μεγάλα και σημαντικά οφέλη. Μια καλή επιλογή θα ήταν η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας καθέτου άξονα πάνω στο δώμα της κατοικίας. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να αποδίδουν ακόμα και με μία μίνιμουμ ένταση ανέμου της τάξης των 2 μποφόρ, και δεν επηρεάζονται από την διεύθυνση του ανέμου. Σύμφωνα με την εταιρία Air Sun, το κόστος της ανεμογεννήτριας Air Turbo που παράγει, αρχίζει από 13000€ για την κατηγορία του 1 kW, και φτάνει τα 60000€ για την μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ των 10kW. Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στη ΔΕΗ προς 0,25€/kWh, με την ανεμογεννήτρια να αποδίδει περίπου 12000kWh ανά kW το χρόνο. Άρα, σε περίπτωση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας του 1kW δημιουργείται ετήσιο κέρδος $0,25€/kWh * 12000kWh = 3000€$ και ο χρόνος απόσβεσης διαμορφώνεται στα $13000/3000 = 4,33$ χρόνια, ενώ εάν είχε επιλεχτεί η ανεμογεννήτρια των 10kW, τα κέρδος θα ανερχόταν στα $120000kWh * 0.25€/kWh = 30000€$, με τον χρόνο απόσβεσης να είναι $60000/30000 = 2$ χρόνια. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να εγκατασταθεί με μία δαπάνη της τάξης των 12000€ (σύμφωνα με την εταιρία Energy Homes) ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας μαζί με το ενδοδαπέδιο σύστημα μετάδοσης της ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους. Οι επιλογές είναι αρκετές, ωστόσο πρέπει σε κάθε περίπτωση να λαμβάνεται υπ' όψιν και το συνολικό κόστος κατασκευής της κατοικίας, ώστε ο ιδιοκτήτης να μην ξεφεύγει από τον προϋπολογισμό του. Η κατασκευή της εξοχικής κατοικίας που μελετήθηκε αναμένεται να κοστίσει (με μια αποδεκτή απόκλιση της τάξης του $\pm 5\%$) γύρω στα 90000€, περίπου $1050€/m^2$. Τα μέτρα που αποφασίστηκε να εφαρμοστούν θα κοστίσουν 8167€, δηλ $95€/m^2$ χοντρικά. Με λίγα λόγια, πρόκειται για μια δαπάνη που αγγίζει τα 100000€, με το τετραγωνικό μέτρο να κοστίζει περίπου 1150€. Είναι φανερό ότι η δαπάνη είναι ήδη σε αρκετά ψηλά επίπεδα, δεδομένου ότι είναι ένα ιδιωτικό έργο, οπότε χρειάζεται προσοχή και αναλυτική έρευνα αγοράς προτού να αποφασιστεί η λήψη επιπλέον μέτρων.

Τέλος, σκόπιμο είναι να αρχίσει να απασχολεί τον τεχνικό κόσμο το κατά πόσο οικολογικά είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται αυτή την στιγμή στις κατασκευές. Συγκρινόμενα με άλλα βιομηχανικά προϊόντα, τα κτήρια παρουσιάζουν την ιδιαιτερότητα της μεγάλης διάρκειας, γεγονός που συνεπάγεται ότι οι όποιες επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μακράς διάρκειας και δύσκολα αντιστρέψιμες. Εκτιμάται ότι ο κλάδος των κατασκευών καταναλώνει το 40-50% περίπου των φυσικών πρώτων υλών που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος (περί τα 3 δις τόνους υλικών ετησίως), περισσότερο από κάθε άλλο κλάδο. Ταυτόχρονα, ευθύνεται για το 30-50% των συνολικών αποβλήτων των βιομηχανικά ανεπτυγμένων χωρών. Συνήθως όμως στις εκτιμήσεις αυτές δεν συμπεριλαμβάνουν την «ενσωματωμένη» ενέργεια, αυτή δηλ που χρειάστηκε για να κατασκευαστούν τα υλικά, και για να μεταφερθούν. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν διεξοδικότερα η διαδικασία παραγωγής τους ως προς την ποσότητα των ρύπων που παράγονται, το

αν προέρχονται από ανανεώσιμη πηγή, την επικινδυνότητα τους για τον άνθρωπο (πχ καρκινογόνα υλικά, ραδιενεργά υλικά, υλικά που απελευθερώνουν επικίνδυνες τοξικές πτητικές ουσίες), καθώς και το αν είναι ανακυκλώσιμα. Με λίγα λόγια, πρέπει κανείς να συνυπολογίζει το συνολικό κύκλο ζωής των υλικών. Πρόκειται σαφώς για ένα τεράστιο και πολύ σημαντικό θέμα, το οποίο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης και σκέψης.

Επίλογος

Σ' αυτή τη διπλωματική εργασία αποδείχτηκε ότι η υιοθέτηση απλών παθητικών συστημάτων βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορεί να προσδώσει πολλά οφέλη σε ένα κτήριο. Η δραστική μείωση των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη επετεύχθη χωρίς μεγάλες παρεμβάσεις στα δομικά στοιχεία της κατασκευής, ενώ αξιοσημείωτο είναι το μικρό σχετικά μέγεθος της συνολικής δαπάνης, και ακολούθως ο μικρός χρόνος απόσβεσης της, εν συγκρίσει με το χρόνο ζωής της εξοχικής κατοικίας.

Ως συμπέρασμα, πρέπει να τονιστεί η αξία της βιοκλιματικής φιλοσοφίας και της γενικότερης οικολογικής αντίληψης. Η αγάπη για το περιβάλλον πρέπει να γίνει κτήμα απ' όλους, και να υιοθετηθεί ως νοοτροπία και στάση ζωής. Βασικό ρόλο προς αυτή την κατεύθυνση παίζει η σωστή ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού από τους αρμόδιους φορείς, ούτως ώστε ο κόσμος να εξοικειωθεί με τις παραμέτρους και τα πλεονεκτήματα της «πράσινης» αντίληψης. Τα οφέλη που προκύπτουν από μία τέτοια αντιμετώπιση είναι πολυάριθμα, και το σίγουρο είναι ότι ενασχόληση μας με τη φύση μπορεί να αναβαθμίσει την ποιότητας ζωής σε βιοτικό, περιβαλλοντικό και αισθητικό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Επιστημονικά συγγράμματα

1. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός και καθαρές τεχνολογίες δόμησης»
Έλλη Γεωργιάδου, Ελένη Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ξενοφών Ζήσης, Εκδοτικός οίκος Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1996
2. «Ενεργειακός σχεδιασμός – Εισαγωγή για αρχιτέκτονες»
Architecture Research Group, School of Architecture, Universite Catholique de Louvain, Belgium
3. «Energy in Architecture – The European Passive Solar Handbook»
The Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin, Εκδόσεις B.T.Batsford, Λονδίνο 1994
4. «Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στα κτίρια»
M. και H. Wachberger, Εκδόσεις M. Γκιούρδας, Αθήνα 1988
5. «Solar buildings»
European students' competition for the design of solar buildings 1995-96. Εκδόσεις Gangemi Editore, Ρώμη 1996
6. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός. Περιβάλλον και βιωσιμότητα»
Ελένη Ανδρεαδάκη, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2006
7. «Ενεργειακός βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, οικισμών»
Γ. Κοντορούπης, Εκδόσεις E.M.Π. 2003
8. «Δομική φυσική II – Ενεργειακός σχεδιασμός, Παθητικά Ηλιακά Συστήματα»
M. Παπαδόπουλος, K. Αζαρλή, Θεσσαλονίκη 1982
9. «Κτίρια, ενέργεια και περιβάλλον»
Επιμέλεια: Π. Κοσμόπουλος, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2008
10. «Οικολογική Αρχιτεκτονική»
Κώστας και Θέμης Τσίππρας, Εκδόσεις Κέδρος 2005
11. «Εγχειρίδιο σχεδιασμού – Παθητική ηλιακή αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου»
R. Colombo, A. Landabaso, A. Sevilla, Κοινό κέντρο ερευνών, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ινστιτούτο μηχανικής συστημάτων και πληροφορικής 1995
12. «Οικολογική Δόμηση»
H. Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 2000

13. «Οικοδομική αρχιτεκτονική σύνθεση»
E. Neufert, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδα, 2000
14. «Τεχνικά υλικά, τόμος 2»
Α. Κορωναίος, Γ. Πουλάκος, Εκδόσεις ΕΜΠ 2002
15. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων»
Κ. Τσίππρας, Έκδοση της Π-System, 2000
16. «Φύτευση στεγών απλά και αποτελεσματικά»
Gernot Minke, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 2009
17. «Κτίριο και περιβάλλον»
Η. Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005

Ιστοσελίδες

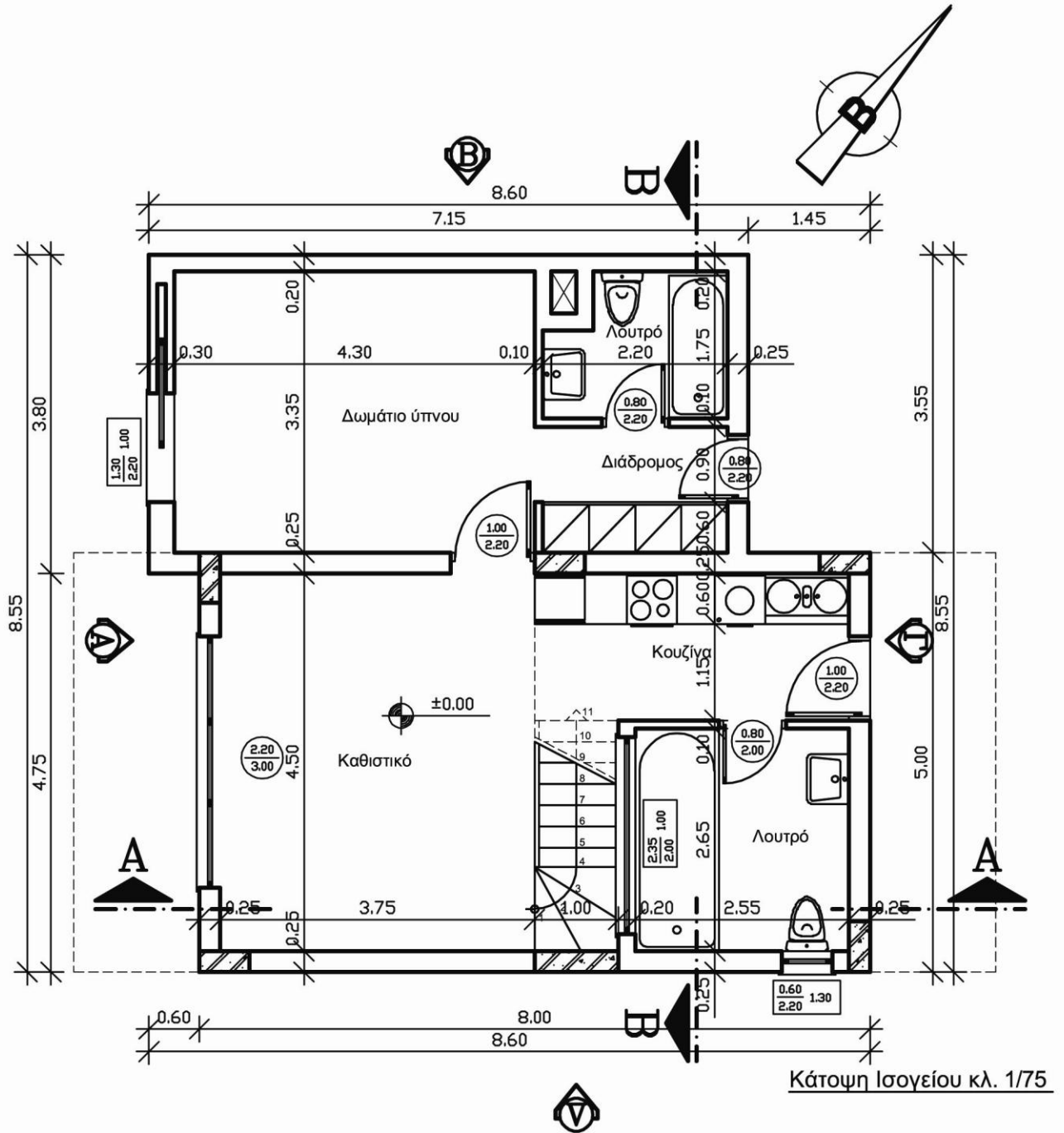
18. www.cres.gr
19. toprasinoblog.blogspot.com
20. www.greekarchitects.gr
21. <http://www.aenaon.net/gr>
22. flashlight.gr
23. www.iea.org
24. www.bioxorio.com
25. <http://www.tsb.wetterau.de>
26. www.greenroofs.com.gr
27. www.buildings.gr
28. www.builditsolar.com
29. www.solatube.com
30. www.infloorsystem.gr
31. www.heatcoolwater.gr
32. www.vita.gr
33. www.noesis.edu.gr
34. www.thedecobook.com
35. passivesolar.sustainablesources.com
36. www.zeroenergydesign.com

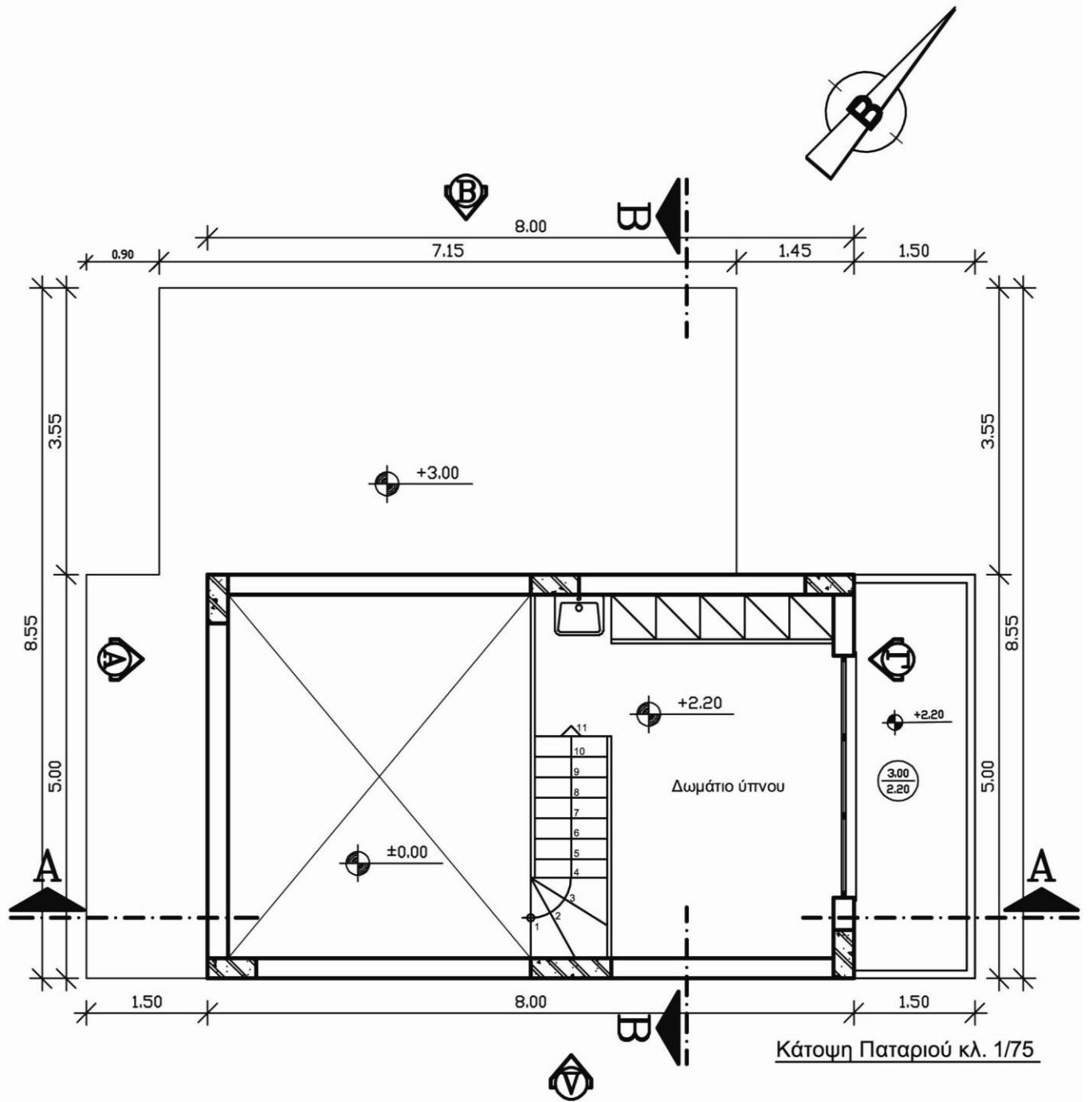
37. www.greenpeace.org
38. www.ecofinder.gr
39. www.prasinistegi.gr
40. buildinggreen.gr
41. www.egreen.gr
42. www.ecotec.gr
43. www.air-sun.gr
44. www.thermoydravlikos.gr
45. anelixi.org
46. www.solar-systems.gr
47. www.biofuels.gr
48. www.odp.gr
49. www.ypeka.gr
50. www.econ3.gr
51. www.protectivo.gr
52. portal.tee.gr

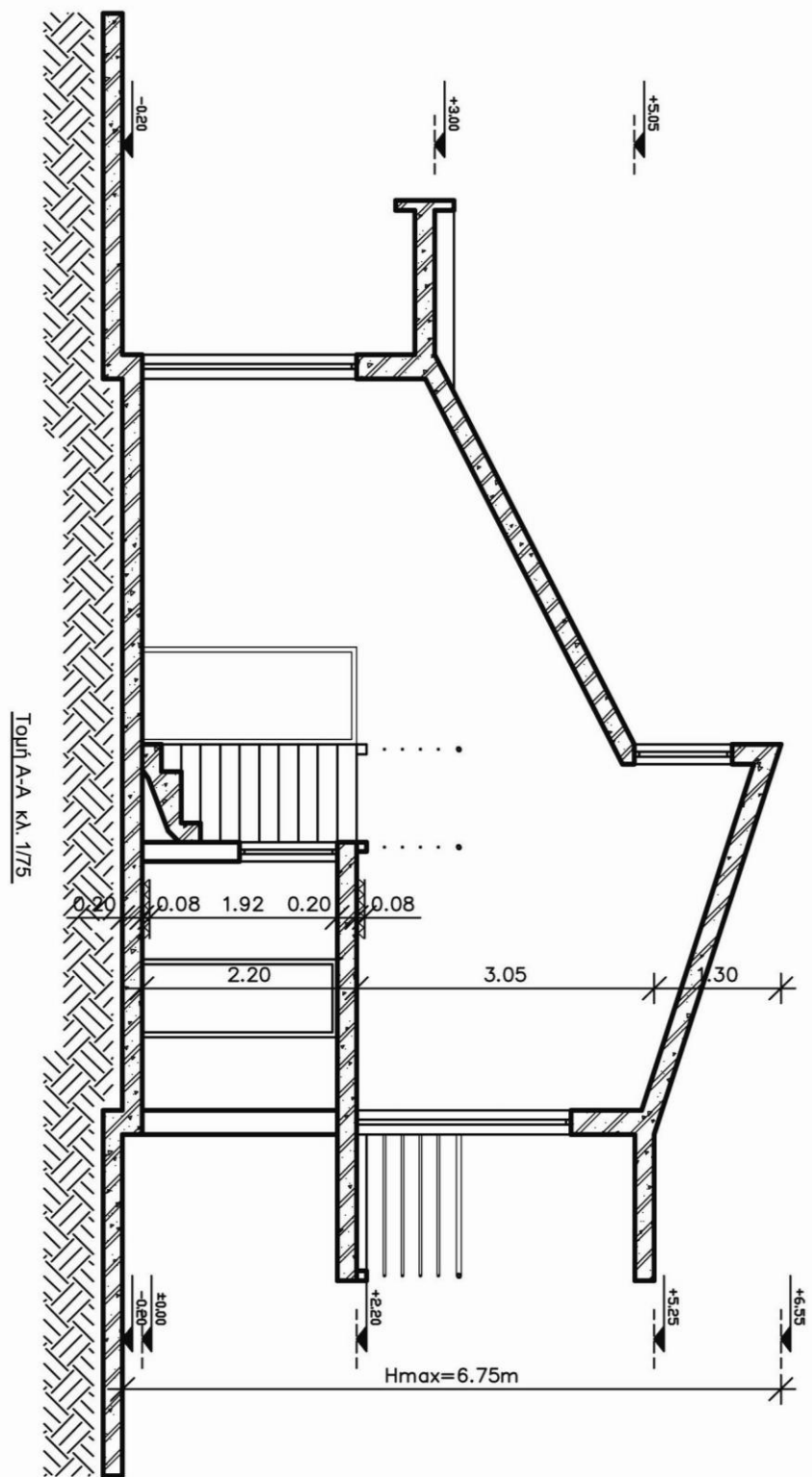
Κανονισμοί – Οδηγίες

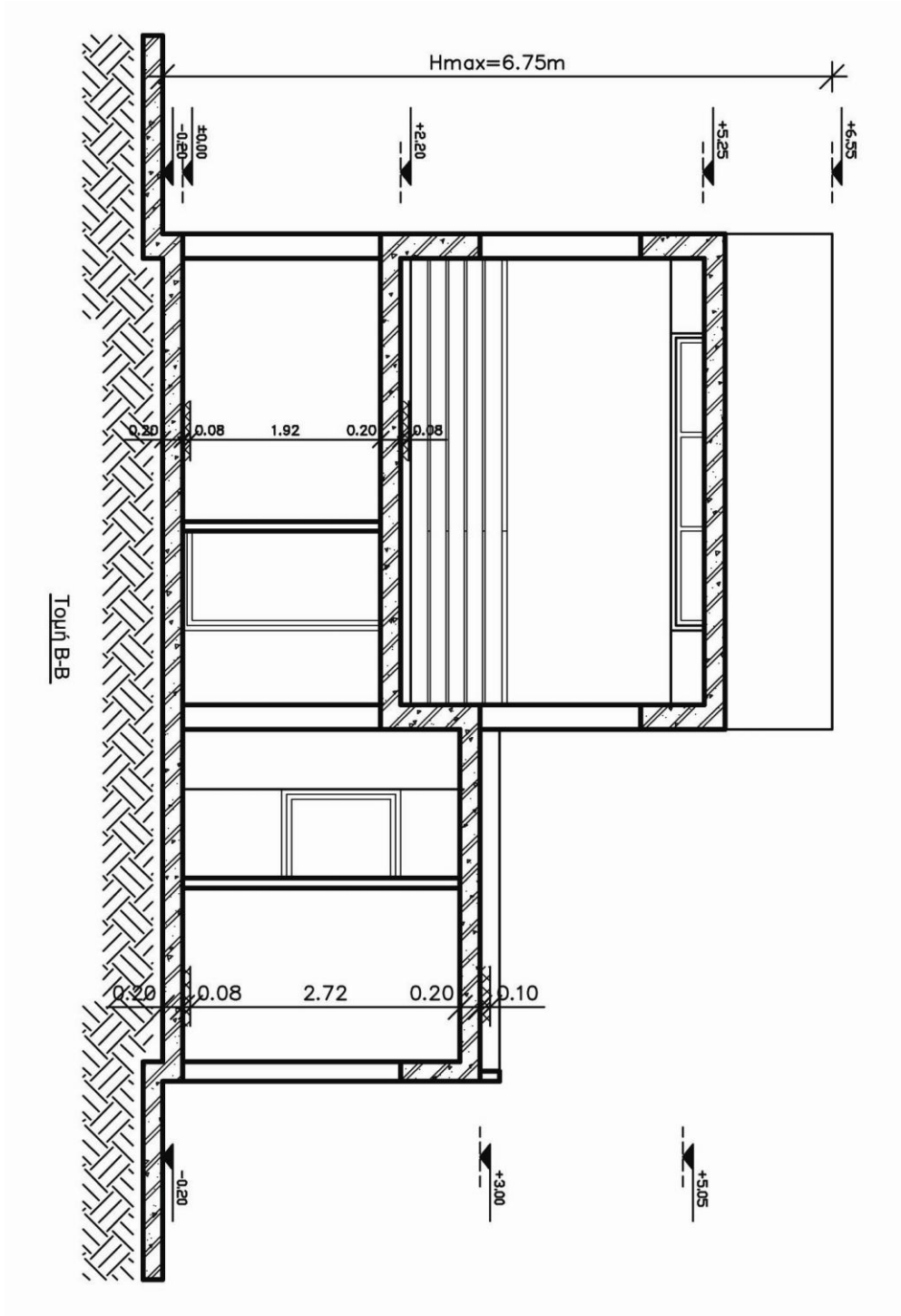
53. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), Απρίλιος 2010
54. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010 «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων», Αθήνα Ιανουάριος 2011
55. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών», Αθήνα Ιούνιος 2010

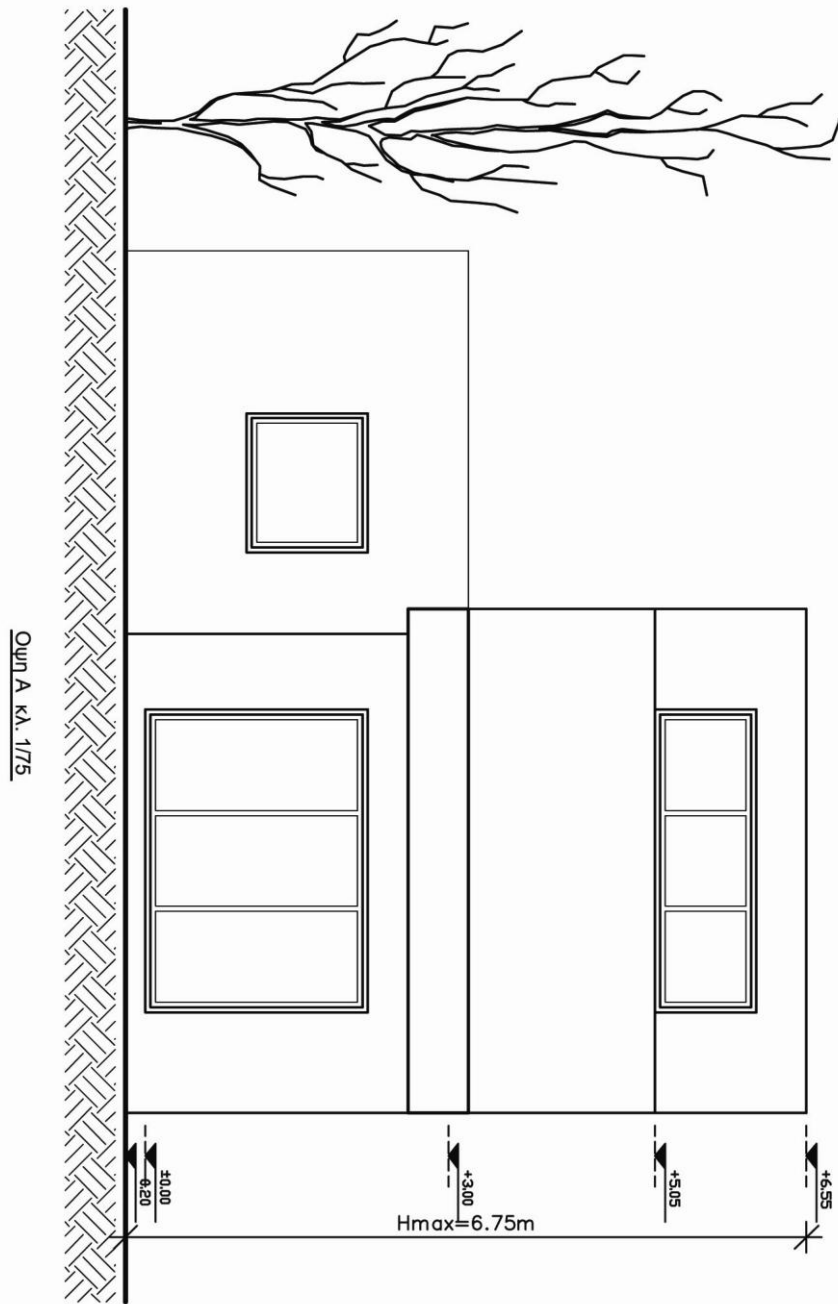
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



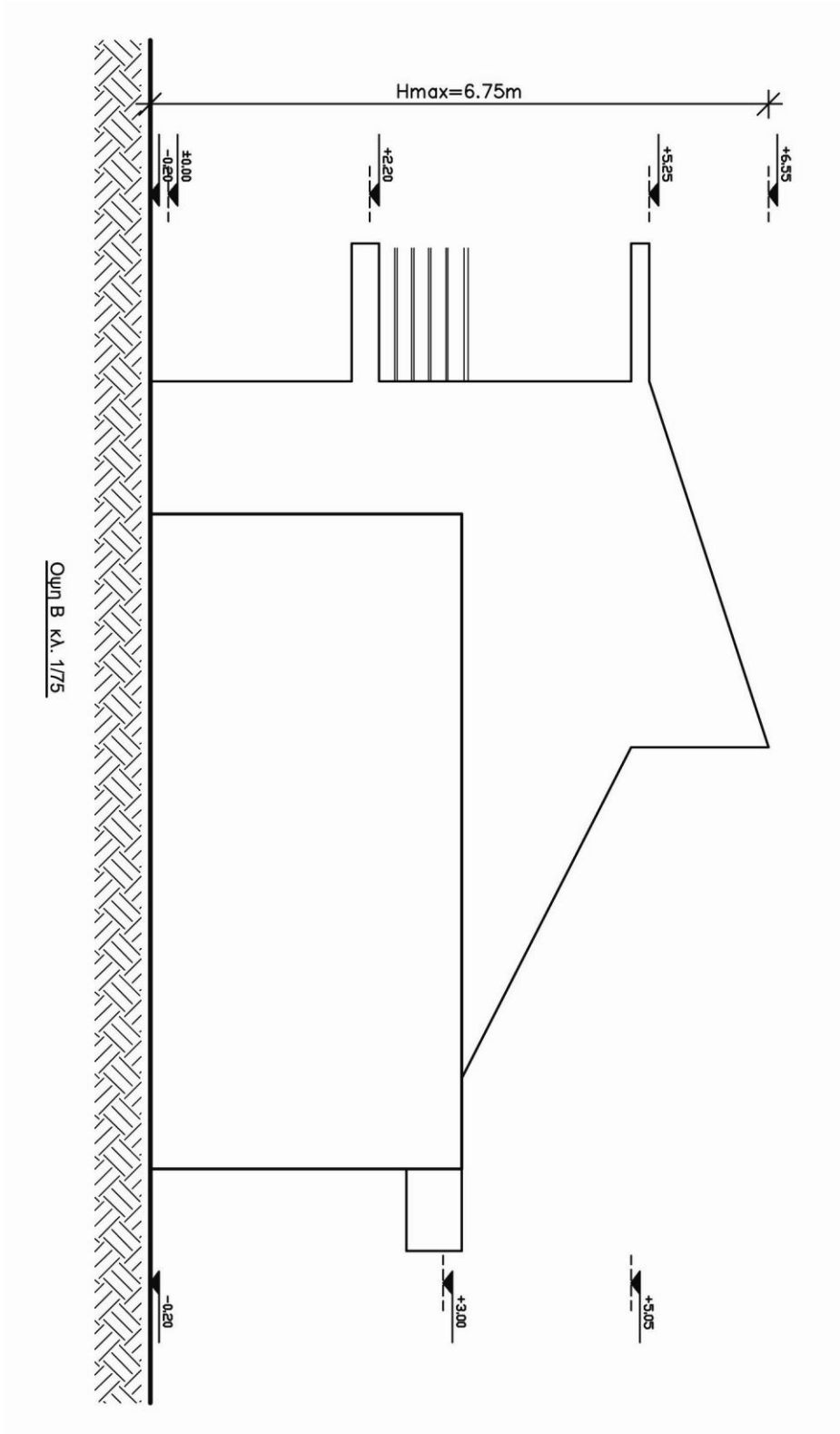


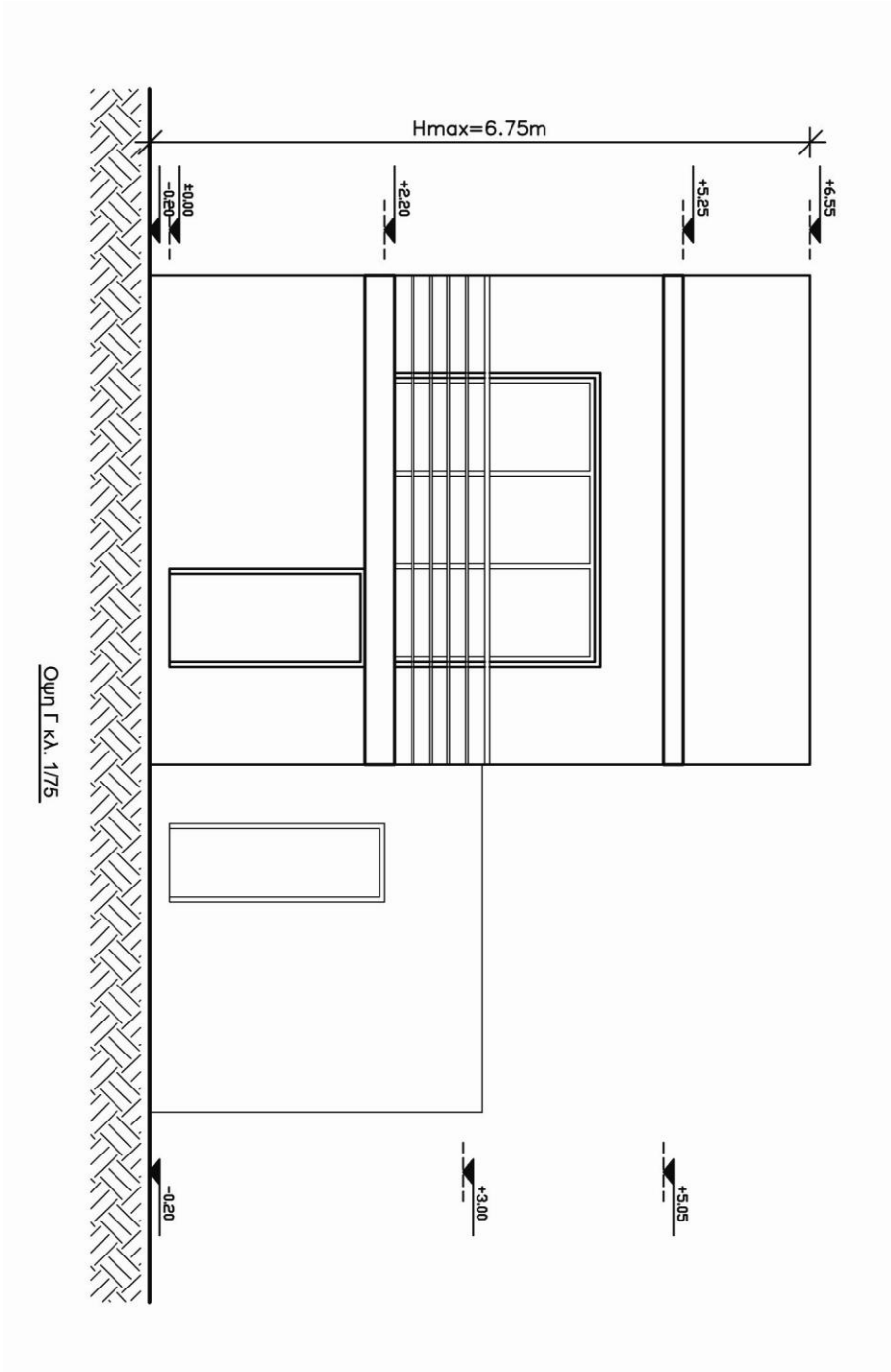


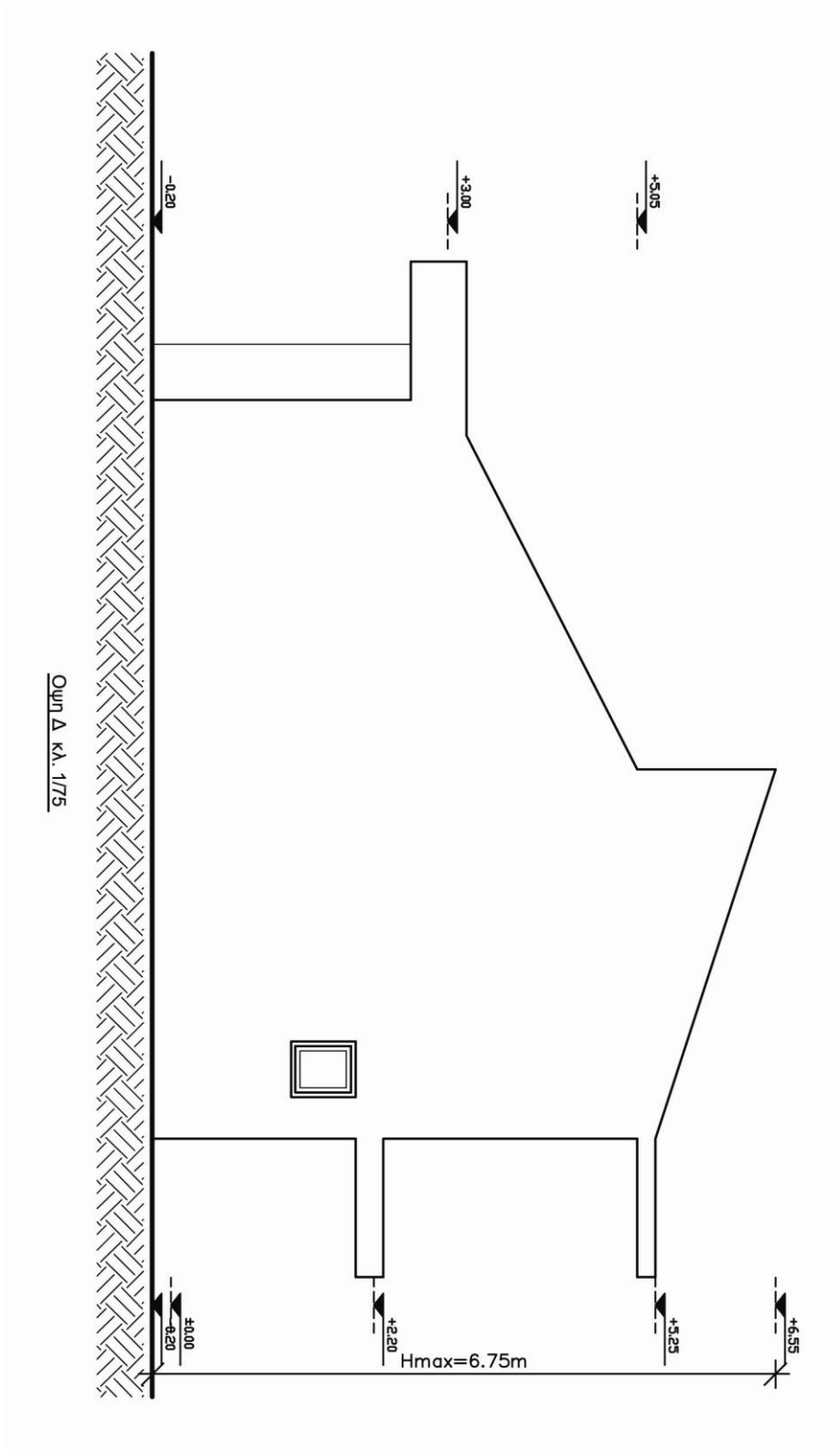




QWn A K/L 1/75







Ουπλ Δ κλ. 1/75