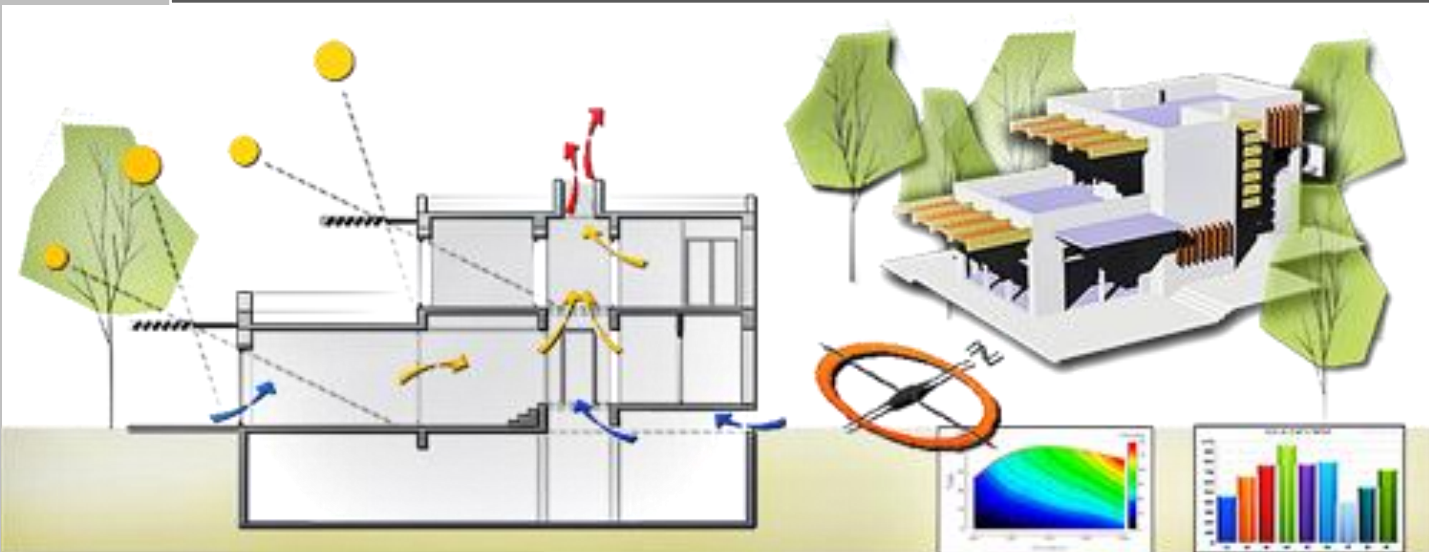




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία

Κολίοπουλος Βασίλειος
Τσούνης Γεώργιος

Αθήνα, Μάρτιος 2011

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Ιωάννη Τζουβαδάκη, καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, κάτω από την αιγίδα του οποίου εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία, για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Μενέλαο Ξενάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την πολύτιμη καθοδήγησή του ώστε να προχωρήσει και να τελειώσει η διπλωματική αυτή.

Ευχαριστίες εκφράζονται, παράλληλα, στην Μυρτώ Μαδούρου, τόσο για την διαρκή ηθική συμπαράσταση που προσέφερε όσο και για την συμβολή της στην τελική μορφοποίηση της διπλωματικής εργασίας και τους Βασίλη Μαγκλάρα και Φίλιππο Παπαδόπουλο για την άψογη συνεργασία.

Σύνοψη

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως. Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από τις διάφορες εφαρμογές της είναι πολύ σημαντικό. Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της επίδρασης του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ιδιαίτερα των παθητικών ηλιακών συστημάτων αλλά και ειδικών συστημάτων προστασίας του κελύφους και θερμικής προστασίας του κτιρίου, σε προκατασκευασμένα κτίσματα κατοικίας. Η επίδραση αυτή θα μελετηθεί μέσα από ανάλυση πειραματικών δεδομένων που έχουν ληφθεί από τον μετεωρολογικό σταθμό του Ε.Μ.Π αλλά και από επιτόπου μετρήσεις στο εσωτερικό τριών προκατασκευασμένων κτισμάτων, σχεδιασμένα σύμφωνα με βιοκλιματικές αρχές, που βρίσκονται στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε την περίοδο 6/12/2010 έως 11/02/2011 και τα αποτελέσματά της επεξεργάστηκαν και παρουσιάστηκαν προκειμένου να συγκριθεί η επίδραση των διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων. Ακολουθεί μια εφαρμογή του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ σε ένα προκατασκευασμένο κτίσμα κατοικίας, στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής, με σκοπό να διαπιστωθεί η επίδραση του προσανατολισμού, της σκίασης και άλλων παραγόντων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή του κατανάλωση.

Abstract

The bioclimatic architecture has been for the last decades the main approach for the building construction throughout the world. The energy gain of these applications has been very important. The purpose of this thesis is to analyze the effects of the bioclimatic design, especially those of the passive solar systems, the systems of shell protection and the thermal protection of a building, in prefabricated buildings of residence. This effect will be studied through analysis of experimental data taken from the meteorological station of NTUA (National Technical University of Athens) but also from measurements that have taken place in the three prefabricated buildings, drawn according to bioclimatic principles and found in the NTUA Campus of Zografou. The data concern the period 6/12/2010 to 11/02/2011 and the results were processed and presented in such a way in order to compare the effect of various passive solar systems. This research is followed by an application of the program TEE-KENAK to a prefabricated building of residence, in the region of Saronida, Attica, aiming to the examination of the energy consumption in relation to the orientation, shading and other factors of the bioclimatic design.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων σε κτίσματα κατοικίας, προκειμένου να παραχθούν αποτελέσματα με σκοπό την εύρεση βέλτιστης λύσης σε δεδομένες συνθήκες με βιοκλιματικά κριτήρια, τα οποία θα δημιουργήσουν μια ενεργειακά «πράσινη» κατοικία. Η έρευνα αυτή θα επιτευχθεί μέσω σύγκρισης πειραματικών δεδομένων που αντλήθηκαν από μετρήσεις σε πρότυπα προκατασκευασμένα κτίσματα όπως επίσης και με τη χρήση του λογισμικού TEE KENAK για την εύρεση της ενεργειακής ταυτότητας κατοικίας.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα εγκαταστάθηκαν θερμοϋγρόμετρα στα υπό μελέτη κτίσματα ενώ το σύνολο των κλιματολογικών δεδομένων για τον περιβάλλοντα χώρο προήλθε από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Υδρολογίας & Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων που βρίσκεται εγκατεστημένος στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Στο πρώτο τμήμα της μελέτης γίνεται μία εισαγωγή στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, τις βασικές αρχές ενός οικολογικού κτιρίου, καθώς και την έννοια της θερμικής άνεσης, η εξασφάλιση της οποίας είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση του ανθρώπινου παράγοντα σε ένα κτίριο κατοικίας.

Στο δεύτερο τμήμα της μελέτης γίνεται αναφορά και βασική επεξήγηση των βασικότερων τύπων παθητικών ηλιακών συστημάτων. Συγκεκριμένα στην κατηγορία παθητικών ηλιακών συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους αναλύεται η σημασία της θερμικής μάζας αλλά και των ανοιγμάτων. Η θερμική μάζα ενός κτιρίου είναι πολύ σημαντική στην επίτευξη των συνθηκών θερμικής άνεσης. Μεγάλης θερμοχωρητικότητας υλικά επιτρέπουν στο κτίριο να δεσμεύει ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και να την αποδίδει στο κτίριο με χρονική υστέρηση τις νυχτερινές ώρες το χειμώνα, όπου υπάρχει η μεγαλύτερη ανάγκη, ή να την αποβάλει στο περιβάλλον την περίοδο του καλοκαιριού. Τα ανοίγματα, με κατάλληλη μελέτη τοποθέτησης, προσανατολισμού, κλίσης και άλλων παραγόντων μπορούν να αποδώσουν άμεσα στο κτίριο πολύτιμη ηλιακή ενέργεια. Επίσης μέσω των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται φυσικός φωτισμός του κτιρίου εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες συνθήκες οπτικής άνεσης, απαραίτητες για την ευεξία των κατοίκων. Στην κατηγορία των παθητικών συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους αναλύεται κυρίως η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των τοίχων Trombe και των ηλιακών χώρων τύπου θερμοκηπίου. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προσφέρουν στα κτίρια εφαρμογής μεγάλο θερμικό κέρδος αρκεί όμως να γίνεται σωστός σχεδιασμός και χρήση. Σε χώρες σαν την Ελλάδα με την μεγάλη ηλιοφάνεια και το θερμό θέρος τα πλεονεκτήματα είναι σημαντικά τους χειμερινούς μήνες. Αντίθετα το καλοκαίρι χρειάζεται αυστηρή μελέτη και εφαρμογή των μηχανισμών σκίασης, αερισμού και δροσισμού των συστημάτων αυτών καθώς σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να προκληθεί υπερθέρμανση.

Στο τρίτο τμήμα της μελέτης παρουσιάζονται τα βασικότερα συστήματα προστασίας του κελύφους του κτιρίου αλλά και της θερμικής του προστασίας με τις μεθόδους του αερισμού, του δροσισμού αλλά και με τον σωστό προσανατολισμό και σκίαση. Η συμβολή του αερισμού στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων είναι σημαντική καθώς μπορεί να εξασφαλίσει χαμηλότερες θερμοκρασίες μέσα στα κτίρια κατά τη θερινή περίοδο και αφετέρου διότι είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με εξωτερικό, πλούσιο σε οξυγόνο. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να είναι κατακόρυφος (μέσω καμινάδων, φυσικού αερισμού, πύργων αερισμού), κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα, διαμπερής (μέσω παραθύρων) ή διαμέσου του αεριζόμενου κελύφους. Μια ικανοποιητική λύση στο θέμα υπερθέρμανσης, εξοικονόμησης ενέργειας και αποφυγής κλιματιστικών τους θερινούς μήνες είναι η εφαρμογή παθητικών

συστημάτων δροσισμού τόσο απλών όσο και σύνθετων. Ο σωστός προσανατολισμός και σκίασμός είναι δύο απαραίτητα στοιχεία που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε ένα βιοκλιματικό κτίριο. Η τροχιά του ήλιου διαφέρει από το χειμώνα στο καλοκαίρι. Το σχήμα του κτιρίου θα πρέπει να είναι επιμηκυμένο κατά τον άξονα ανατολής- δύσης ενώ ο νότος είναι ο ευνοϊκότερος προσανατολισμός για τη διάταξη των ανοιγμάτων. Με τη χρήση συστημάτων σκίασης επιτυγχάνεται συμπληρωματική θερμική αντίσταση και έτσι μειώνεται η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση το χειμώνα και για ψύξη το καλοκαίρι.

Στο τέταρτο τμήμα της μελέτης περιγράφεται η σημασία της θερμομόνωσης αλλά και γενικότερα των δομικών υλικών σε ένα βιοκλιματικό κτίριο. Με την κατάλληλη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων του κελύφους που μπορεί να εξασφαλιστεί με ένα επιπλέον κόστος κατασκευής του κτιρίου, προκύπτει ως και 50% μείωση του κόστους ενέργειας για θέρμανση. Αναφέρονται τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την μόνωση των κατοικιών αλλά και οι ιδιότητές τους. Τα δομικά υλικά επιδιώκεται να έχουν βελτιωμένες ιδιότητες που θα αξιοποιούνται για την αύξηση της απόδοσης ενός κτιρίου. Επιπροσθέτως όμως, παρουσιάζεται η ανάγκη ανεύρεσης δομικών υλικών που να είναι οικολογικά. Από έρευνες που έχουν διεξαχθεί προκύπτει ότι περίπου το 40% των υλικών αυτών έχουν μέση έως υψηλή τοξικότητα και είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Έτσι παρουσιάζονται δομικά υλικά που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στις κατασκευές, ενώ έχουν οικολογικό χαρακτήρα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο κέλυφος του κτιρίου, σε δάπεδα, σε στέγες, στη θερμομόνωση κ.α.

Στο επόμενο τμήμα της μελέτης παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων που προέκυψαν από τις μετρήσεις θερμοκρασίας στο εσωτερικό των τριών πρότυπων κτισμάτων στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το κάθε ένα από τα όμοια κατά τα άλλα κτίσματα αυτά, σχεδιάστηκε με διαφοροποίηση στη νότια πλευρά. Στο πρώτο από αυτά σχεδιάστηκε ένας ηλιακός χώρος τύπου θερμοκηπίου, στο δεύτερο ένα παράθυρο, ενώ στο τρίτο ένας τοίχος Trombe. Οι μετρήσεις που προέκυψαν από τους αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό των κτιρίων στα σημεία των νότιων τοίχων, των βόρειων τοίχων, των δαπέδων αλλά και των οροφών συγκρίθηκαν ανά θέση και ανά κτίσμα. Έτσι προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία διαγραμματοποιήθηκαν, ώστε να γίνει σύγκριση του θερμικού κέρδους σε κάθε κτίσμα.

Στο τελευταίο τμήμα της μελέτης έγινε μια εφαρμογή του λογισμικού TEE KENAK σε ένα προκατασκευασμένο κτίσμα κατοικίας, στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής, με σκοπό να διαπιστωθεί η επίδραση του προσανατολισμού, της σκίασης και άλλων παραγόντων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή του κατανάλωση. Επιλύθηκε το κτίριο με κάποια δεδομένα που αρχικά επιλέχθηκαν και στη συνέχεια έγιναν νέες επιλύσεις με τροποποιημένα δεδομένα κάθε φορά, τα οποία αφορούσαν κυρίως αλλαγές προσανατολισμού, αλλαγή σκίασης και μεταβολή των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδρασή καθενός από αυτά στη μεταβολή της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	17
Εισαγωγή	17
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	18
1.2 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	20
1.2.1 Παθητικός βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	21
1.2.2 Ενεργητικός βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	22
1.3 Βασικές αρχές ενός οικολογικού κτιρίου.....	22
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου.....	25
Κεφάλαιο 2	26
Θερμική Άνεση	26
2.1 Ορισμός.....	26
2.2 Θερμοκρασία.....	27
2.2.1 Θερμική ακτινοβολία.....	29
2.3 Υγρασία.....	30
2.4 Θερμική άνεση στα κτίρια.....	31
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου.....	32
Κεφάλαιο 3	33
Παθητικά ηλιακά συστήματα	33
3.1 Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους.....	35
3.1.1 Θερμική Μάζα.....	35
3.1.2 Ανοίγματα.....	38
3.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους.....	41
3.2.1 Τοιχοποιίες Trombe.....	41
3.2.2 Ηλιακοί χώροι.....	48
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου.....	56
Κεφάλαιο 4	58
Προσανατολισμός και Σκίαση	58
4.1 Ηλιοπροστασία - Σκιασμός.....	58
4.2 Σκίαση.....	60

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	64
Κεφάλαιο 5	65
Φυσικός Φωτισμός	65
5.1 Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων	66
5.2 Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού	66
5.3 Συστήματα φυσικού φωτισμού	68
5.3.1 Ανοίγματα οροφής.....	68
5.3.2 Αίθρια.....	69
5.3.3 Ειδικόι Υαλοπίνακες.....	70
5.3.4 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά	71
5.3.5 Διαφανή μονωτικά υλικά.....	72
5.3.6 Ανακλαστικές περσίδες.....	72
5.3.7 Ράφια Φωτισμού	73
5.3.8 Ηλιοστάσια.....	73
5.3.10 Φωταγωγοί	74
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	75
Κεφάλαιο 6	76
Αερισμός	76
6.1 Φυσικός αερισμός	76
6.2 Αερισμός κτιρίων	77
6.2.1 Παράθυρα και ικανότητα διείσδυσης του αέρα	78
6.2.2 Φαινόμενο Venturi	80
6.2.3 Φαινόμενο Καμινάδας.....	80
6.2.4 Διαμπερής αερισμός.....	82
6.2.5 Αεριζόμενο κέλυφος	83
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	84
Κεφάλαιο 7	86
Φυσικός Δροσισμός	86
7.1 Απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού.....	87
7.2 Σύνθετες μέθοδοι φυσικού δροσισμού.....	87
7.3 Ψύξη με ακτινοβολία	88
7.3.1 Με συναγωγή.....	88

7.3.2 Με μεταφορά μέσω αρμών	89
7.4 Ψύξη από το έδαφος	90
7.5 Ψύξη μέσω εξάτμισης.....	90
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	92
Κεφάλαιο 8	93
Θερμομόνωση	93
8.1 Σημασία θερμομόνωσης.....	93
8.2 Θερμομόνωση δομικών στοιχείων	95
8.2.1 Θερμομόνωση τοιχοποιίας.....	95
8.2.2 Θερμομόνωση παραθύρων	96
8.2.3 Θερμογέφυρες.....	98
8.3 Ιδιότητες μονωτικών υλικών και απαιτήσεις	98
8.4 Βασικά θερμομονωτικά υλικά	100
8.5 Οικολογικά μονωτικά υλικά.....	101
8.6 Σημασία θερμομόνωσης το καλοκαίρι	101
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	102
Κεφάλαιο 9	103
Δομικά Υλικά	103
9.1 Δομικά υλικά και τοξικότητα	103
9.2 Η ραδιενέργεια στο χώρο του κτιρίου.....	104
9.3 Σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου	105
9.4 Οικολογικά Υλικά	106
9.4.1 Κριτήρια Επιλογής Υλικών.....	106
9.4.2 Οικολογικά δομικά προϊόντα.....	107
9.4.3 Οικολογικά Δάπεδα	107
9.4.4 Ξύλο και οικολογικότητα	108
9.4.5 Θερμομονωτικά υλικά	113
9.4.6 Οικολογικά χρώματα.....	114
9.4.7 Οικολογικά κονιάματα.....	114
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	116
Κεφάλαιο 10	117
Πειραματικά αποτελέσματα παθητικών ηλιακών συστημάτων προκατασκευασμένων κτίσματος .	117

10.1 Περιγραφή πειράματος	117
10.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	118
10.2.1 Συνολική περίοδος μετρήσεων.....	118
10.2.2 Περίοδος χαρακτηριστικής εβδομάδας 06/12/10-13/12/10	127
Κεφάλαιο 11	136
Εφαρμογή λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ σε προκατασκευασμένο κτίσμα	136
11.1 Εισαγωγή.....	136
11.2 Βασικά στοιχεία υπό μελέτης κτιρίου	136
11.2.1 Κλιματική ζώνη.....	136
11.2.2 Διαστάσεις και Επιφάνειες	137
11.2.3 Τοιχοποιία	138
11.2.4 Υαλοπίνακες.....	138
11.2.5 Στέγη	139
11.2.6 Δάπεδο.....	139
11.2.7 Μήκος χαραμάδας.....	139
11.2.8 Θερμογέφυρες	140
11.3 Μεταβολή ενεργειακής απαίτησης κτιρίου με αλλαγή παραμέτρων σχεδιασμού	140
11.3.1 Προσανατολισμός και σκίαση	140
11.3.2 Ανοίγματα	145
Κεφάλαιο 12	149
Συμπεράσματα	149
12.1 Εισαγωγή.....	149
12.2 Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας.....	150
12.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	151
Βιβλιογραφία	153
Παράρτημα	158

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός (Πηγή: http://www.ecohouses.gr/images/stories/galleries/various/bioklimatic_500.png)	20
Σχήμα 2.1: Χάρτης θερμικής άνεσης (Πηγή: Τσιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")	26
Σχήμα 2.2: Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι (ASHRAE) (Πηγή: Τσιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")	28
Σχήμα 2.3: Θερμική άνεση σε σχέση με τη θερμοκρασία και την σχετική υγρασία (Πηγή: Τσιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")	30
Σχήμα 3.1: Η τροχιά του ήλιου το καλοκαίρι και τον χειμώνα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")	33
Σχήμα 3.2: Θερμικές μάζες υλικών (Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης(2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")	35
Σχήμα 3.3: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το χειμώνα (Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")	36
Σχήμα 3.4: Κατανομή διαφόρων θερμοκρασιών για μια τυπική ποσότητα θερμικής μάζας κατά την διάρκεια της ημέρας (Πηγή: Ευθυμιόπουλος Ηλίας (2005), "Κτίριο και Περιβάλλον")	36
Σχήμα 3.5: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι (Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")	37
Σχήμα 3.6: Διαγραμματική απεικόνιση θερμοκρασιών δωματίου για χαμηλή και υψηλή ποσότητα θερμική μάζα (Πηγή: http://www.acca.it/euleb/en/glossary/index6.html)	38
Σχήμα 3.7: Είσοδος της ακτινοβολίας μέσα από τζάμι (Πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παθητικά Συστήματα www.arch.tuc.gr/main_site/information/lectures)	39
Σχήμα 3.8: Απώλειες σε σχέση με το τύπο του υαλοπίνακα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")	39

Σχήμα 3.9: Σχέση μεταξύ εξωτερικής θερμοκρασίας και ανοιγμάτων (Πηγή: Βραχόπουλος Μιχάλης (2004), "Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων")	40
Σχήμα 3.10: Απεικόνιση κτιρίου με τοίχο Trombe (Πηγή: http://www.lxrdesign.biz/DETAILS.htm)	41
Σχήμα 3.11: Απλός τοίχος Trombe (Πηγή: http://www.theenergylibrary.com/node/11633)	43
Σχήμα 3.12: Τοίχος Trombe με ανοίγματα αερισμού (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm)	44
Σχήμα 3.13: Τοίχος Trombe με ανοίγματα αερισμού, ημέρα και νύχτα (Πηγή: http://passivesolar.sustainablesources.com/)	45
Σχήμα 3.14: Θερμοφωτογραφία τοίχου Trombe (Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")	46
Σχήμα 3.15: Απεικόνιση θερμοκηπίου (Πηγή: http://sunroomscosts.com/curvedsunrooms-1.html)	49
Σχήμα 3.16: Λειτουργία θερμοκηπίου την περίοδο του χειμώνα σε ημέρα και νύχτα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")	50
Σχήμα 3.17: Λειτουργία θερμοκηπίου την περίοδο του καλοκαιριού σε ημέρα και νύχτα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")	50
Σχήμα 3.18: Λειτουργία ροής αέρα θερμοκηπίου (Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010)	52
Σχήμα 3.19: Απεικόνιση αίθριου (Πηγή: http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1449198)	53
Σχήμα 3.20: Απεικόνιση της φυτεμένης οροφής του κτιρίου City Hall στο Σικάγο (Πηγή: www.builtnet.gr)	54
Σχήμα 4.1: Βελτιστοποίηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας: προσανατολισμός (Πηγή: Μάλλιαρης, "Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια")	58
Σχήμα 4.2: Συστήματα σκίασης (Πηγή: Μάλλιαρης, "Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια")	60

Σχήμα 4.3: Σύστημα Οριζόντιας Σκίασης (Πηγή: http://www.tendatetto.com)	62
Σχήμα 5.1: Παραδείγματα Φυσικού φωτισμού (Πηγή: http://ergo-tel.blogspot.com)	65
Σχήμα 5.2: Γυάλινη Στέγη αεροδρομίου (Πηγή: http://eu.art.com)	67
Σχήμα 5.3: Ανοίγματα στην οροφή για την εξασφάλιση φυσικού φωτισμού και αερισμού (Πηγή: http://www.evonymos.org)	69
Σχήμα 5.4: Γυάλινο αίθριο (Πηγή: http://www.evonymos.org)	69
Σχήμα 5.5: Παράδειγμα κτιρίου με ανακλαστικούς υαλοπίνακες (Πηγή: http://www.panariello.gr)	70
Σχήμα 5.6: Ανακλαστικές Περσίδες (Πηγή: http://www.cres.gr)	72
Σχήμα 5.7: Φωτοσωλήνας (Πηγή: http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes)	73
Σχήμα 5.8: Φωταγωγός (Πηγή: http://www.kagioulisinox.gr)	74
Σχήμα 6.1: Απεικόνιση Φυσικού αερισμού (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)	77
Σχήμα 6.2: Πύργος Αερισμού (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)	81
Σχήμα 6.3: Ηλιακή καμινάδα (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)	81
Σχήμα 6.4: Διαμπερής φυσικός αερισμός (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)	82
Σχήμα 7.1: Μεταδόσεις θερμότητας κατά τη διάρκεια ημέρας και νύχτας (Πηγή: Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center, www.azsolarcenter.com)	86
Σχήμα 7.2: Ο δροσισμός στα κτίρια (Πηγή http://www.realestatecorner.gr/el/article_groups/2/articles/193)	87
Σχήμα 9.1: Τρόποι που εισέρχεται το ραδόνιο στην κατοικία (Πηγή: http://www.texnikos.gr/sick/sick_02.shtml)	105

Σχήμα 9.2: Το άρρωστο κτίριο (Πηγή: www.greekarchitects.gr)	105
Σχήμα 9.3: Ξύλινη στέγη (Πηγή: http://www.omiloszampa.gr/greek/category.asp?catid=478)	110
Σχήμα 10.1: Φωτογραφία μελετώμενων προκατασκευασμένων κτιρίων	117
Σχήμα 10.2: Διάγραμμα θερμοκρασιών Νότιων τοίχων για τη συνολική περίοδο	120
Σχήμα 10.3: Διάγραμμα θερμοκρασιών Βόρειων τοίχων για τη συνολική περίοδο	121
Σχήμα 10.4: Διάγραμμα θερμοκρασιών Δαπέδων για τη συνολική περίοδο	122
Σχήμα 10.5: Διάγραμμα θερμοκρασιών Οροφών για τη συνολική περίοδο	123
Σχήμα 10.6: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη συνολική περίοδο	124
Σχήμα 10.7: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη συνολική περίοδο	125
Σχήμα 10.8: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη συνολική περίοδο	126
Σχήμα 10.9: Διάγραμμα Θερμοκρασιών Νοτίων τοίχων για τη χαρακτηριστική βδομάδα	127
Σχήμα 10.10: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με τοίχο Trombe	129
Σχήμα 10.11: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη χαρακτηριστική βδομάδα	130
Σχήμα 10.12: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με παράθυρο	131
Σχήμα 10.13: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη χαρακτηριστική βδομάδα	132
Σχήμα 10.14: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με θερμοκήπιο	133
Σχήμα 10.15: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη χαρακτηριστική βδομάδα	134
Σχήμα 10.16: Διάγραμμα θερμοκρασιών αέρα για τη χαρακτηριστική βδομάδα	135
Σχήμα 11.1: Ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας. (Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010)	137
Σχήμα 11.2: Σχέδια κτιρίου	137

Σχήμα 11.3: Πίνακας με διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες	138
Σχήμα 11.4: Χαρακτηριστικά υλικών τοιχοποιίας	138
Σχήμα 11.5: Χαρακτηριστικά υλικών στέγης	139
Σχήμα 11.6: Χαρακτηριστικά υλικών δαπέδου	139
Σχήμα 11.7: Μήκος χαραμάδας	140
Σχήμα 11.8: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά	141
Σχήμα 11.9: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	141
Σχήμα 11.10: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	141
Σχήμα 11.11: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά	142
Σχήμα 11.12: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	142
Σχήμα 11.13: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	142
Σχήμα 11.14: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά	143
Σχήμα 11.15: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	143
Σχήμα 11.16: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	143
Σχήμα 11.17: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά	144
Σχήμα 11.18: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	144
Σχήμα 11.19: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης	144
Σχήμα 11.20: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη	145
Σχήμα 11.21: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη	145
Σχήμα 11.22: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας	146

Σχήμα 11.23: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας	146
Σχήμα 11.24: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη	147
Σχήμα 11.25: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη	147
Σχήμα 11.26: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας	148
Σχήμα 11.27: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας	148

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Πολλοί παράγοντες συνηγορούν στην εξεύρεση λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια και στην αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας. Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Ιδίως με τη διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων συνεχώς αυξάνει. Η αύξηση είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό για την ψύξη των κτιρίων μας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν.

Συγχρόνως, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, που αναπόφευκτα συνοδεύουν την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων, θεωρούνται υπεύθυνες για τη ρύπανση του περιβάλλοντος και για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», που τον αιώνα που διανύουμε ενδέχεται να επηρεάσει δυσμενώς τις κλιματολογικές συνθήκες οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Ο κτιριακός τομέας απαιτεί σημαντική ποσότητα ενέργειας για τη λειτουργία του (θέρμανση, δροσισμός, φωτισμός, ζεστό νερό, λειτουργία συσκευών). Υπολογίζεται πως στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 41% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας δαπανάται για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη.

Η θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα βασίζεται κυρίως στην χρήση του πετρελαίου. Για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος, ο λιγνίτης παραμένει το κατεξοχήν καύσιμο συμμετέχοντας κατά 69%, ενώ με την κατανάλωση πετρελαίου παράγεται περίπου το 20% του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου (ποσοστά του 1996). Το υπόλοιπο 11% του ηλεκτρικού φορτίου καλύπτεται με τις υδατοπτώσεις και παράγεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Τα κτίρια στην Ελλάδα ευθύνονται περίπου για το 36% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ, κατά την περίοδο 2000–2005, αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά περίπου 24%, μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη. Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα ελληνικά κτίρια είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα είναι η παλαιότητά τους και η μη

ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά, λόγω έλλειψης σχετικής νομοθεσίας τα τελευταία 30 χρόνια.

Περισσότερα από αυτά τα κτίρια οικοδομήθηκαν πριν το 1980 και αντιμετωπίζουν θέματα όπως:

- μερική ή παντελή έλλειψη θερμομόνωσης,
- παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα (πλαίσια/ μονοί υαλοπίνακες),
- ελλιπή ηλιοπροστασία των νότιων και δυτικών όψεών τους,
- μη επαρκή αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας,
- ανεπαρκή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού με αποτέλεσμα τη χαμηλή απόδοση.

Συνεπώς, η κατασκευή περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και η χρήση μεθόδων και τεχνικών για τη αξιοποίηση φυσικών πηγών ενέργειας στα κτίρια, είναι επιτακτική ανάγκη, μπροστά στις περιβαλλοντικές συνέπειες που εντείνονται. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, θα επέφερε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση κατά 50%. Οβιοκλιματικός σχεδιασμός, η εφαρμογή ηλιακών παθητικών συστημάτων και η επιλογή των σωστών υλικών σε ένα κτίριο, είναι οι λύσεις για την κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική δεν είναι κάτι νέο: η Ενεργειακή Απόδοση ήταν ανέκαθεν ζήτημα αιχμής, με πιο χαρακτηριστική ίσως αναφορά εκείνη του Ηλιακού Σπιτιού του Σωκράτη (470 π.Χ.), με οδηγίες Βιοκλιματικού Σχεδιασμού (Ξενοφώντος, Απομνημονεύματα). Σε κάθε γωνιά της γης οι στρατηγικές και οι μέθοδοι διαφέρουν. Όμως η προσαρμογή στο κλίμα και η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είναι τα κοινά χαρακτηριστικά.^[1]

Ιστορικά, ο Πλάτωνας αναφέρει ότι όταν καταστράφηκαν τα περί-αστικά δάση της Αθήνας, οι Αθηναίοι αναγκάστηκαν να κατασκευάσουν σπίτια που να είναι προσανατολισμένα στον ήλιο για να ζεσταίνονται παθητικά απ' αυτόν.^[2]

Από τα πολύ παλιά χρόνια, καθώς οι συνθήκες ευνοούσαν μια εγγύτερη, πιο εσωτερική σχέση του ανθρώπου με τη Φύση, αφού μάλιστα η επιβίωσή του βρισκόταν σε άμεση συνάρτηση με αυτήν, αναπτύχθηκε μέσα του ο Σεβασμός προς τις Ενέργειες και Δυνάμεις της Φύσεως, τις οποίες και θεοποίησε. Η δόμηση γινόταν με βάση την παρατήρηση και εμπειρικοβιωματικά, με υλικά από φυσικούς πόρους ανανεώσιμους, ανακυκλώσιμα ή βιοαποικοδομήσιμα και, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, μη τοξικά, αλλά, η γνώση αυτή χάθηκε ή απωθήθηκε.

Είναι γνωστό ότι σε αρχαία ιερά βιβλία υπάρχει η προτροπή, κατά τη σχεδίαση ενός κτίσματος, να γίνεται η τοποθέτηση στο χώρο κατά τρόπο τέτοιο, ώστε να επιτυγχάνεται η «αξιοποίηση των ιδιοτήτων του Φυσικού Νόμου», καθώς η ορθή σχεδίαση μπορεί να επιφέρει «τάξη», δηλαδή αρμονία, ισορροπία και «οικονομία» των φυσικών πόρων, ενώ η μη ορθή αταξία.

Οι έννοιες της ισορροπίας και της αρμονίας αποτελούσαν δύο από τις βασικότερες πεποιθήσεις των αρχαίων Ελλήνων. Επίσης, αποτελούν θεμελιώδεις αρχές του «φενγκ σουι» σχετικά με την οικοδόμηση, προσανατολισμό, διαρρύθμιση και διακόσμηση των κτιρίων και των πόλεων.^[3]

Παρατηρούμε πως στην Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και ήπιο κλίμα, είχε δημιουργηθεί ένα είδος αρχιτεκτονικής που βοηθούσε στο μετριασμό των εξωτερικών καιρικών συνθηκών του έτους, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εποχής, προσφέροντας στους κατοίκους την απαραίτητη άνεση. Επίσης υπήρχε επικοινωνία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου για τη φυσική ρύθμιση του μικροκλίματος. Στα νησιά, όπου χαρακτηριστική είναι η κυβιστική σύνθεση των όγκων των σπιτιών σε άσπρο χρώμα, για την κατασκευή της κατοικίας δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη θερμομόνωση και τη ροή της θερμότητας. Τα υλικά που χρησιμοποιούν στην τοιχοποιία είναι ο πηλός και η πέτρα, ώστε να αποθηκεύουν τη θερμότητα του ήλιου κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ τη νύχτα, η θερμότητα αυτή να επανεκπέμπεται θερμαίνοντας το σπίτι και ψύχοντας τους τοίχους. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαδικασία βοηθά στη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας όλο το χρόνο.

Επίσης, ιδανικός είναι ο μεσημβρινός προσανατολισμός σε κλιμακωτή διάταξη των οικισμών, με αλληλοεπίθεση των όγκων με σκοπό οι επιφάνειες που προσβάλλει ο ήλιος να είναι οι μέγιστες δυνατές. Επιπλέον λόγω του κυβιστικού σχεδιασμού των σπιτιών σχηματίζονται μικρές πλατείες και δροσερές γωνίες ακόμα και στο μεγαλύτερο καύσωνα. Αντίθετα οι βορινές πλευρές των σπιτιών δεν διαθέτουν παράθυρα, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες το χειμώνα. Γενικότερα, στην παγκόσμια ιστορία της αρχιτεκτονικής, παρατηρούμε την κατασκευή των κατοικιών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του χώρου και του κλίματος και να μειώνουν την ενεργειακή τους κατανάλωση.^[4]

Στην σύγχρονη δόμηση το κόστος και η ποσότητα επικράτησαν έναντι της αξίας και της ποιότητας. Παράγοντες όπως ο προσανατολισμός, η μορφολογία του εδάφους, το κλίμα, οι σχέσεις δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος παραμερίστηκαν και συχνά εξαιρέθηκαν.

Στην Ελλάδα οι αμφισβητούμενες πρακτικές δόμησης και η ελλιπής εφαρμογή της νομοθεσίας οδήγησαν στην απουσία ουσιαστικών κατευθύνσεων για καλύτερη ποιότητα ζωής και ορθολογική χρήση ενέργειας. Ο στόχος της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής - εξοικονόμηση ενέργειας από τα πρώτα κιόλας στάδια του σχεδιασμού - αφορά μόνο στην επιθυμία του πελάτη και στις γνώσεις του Αρχιτέκτονα, με δεδομένη μάλιστα την «περιβαλλοντική ευαισθησία» και των δύο πλευρών.

Αντίθετα, σε Ευρώπη και Αμερική από την δεκαετία του '70 και με αφορμές αλληπάλληλες πετρελαϊκές κρίσεις, κοινωνικές ζυμώσεις, αλλαγές εργασιακών σχέσεων αλλά και τις εξελίξεις της τεχνολογίας, διατυπώνονται έγκυρες επιστημονικές προσεγγίσεις. Συνδέεται πλέον ευθέως η ποιότητα ζωής με ζητήματα Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και σταδιακά δημιουργούνται δύο κύριες κατευθύνσεις: η πρώτη ενσωματώνει και αξιοποιεί τις παραδοσιακές τεχνικές με χρήση φυσικών υλικών και δίνει ειδικό βάρος σε ζητήματα «οικολογικού αποτυπώματος». Η δεύτερη εκμεταλλεύεται την τεχνολογία αιχμής, ενίοτε άκριτα, εστιάζοντας περισσότερο στο αποτέλεσμα. Στη δεύτερη περίπτωση η χρήση υλικών και τεχνολογιών που ενδεχομένως επιβαρύνουν το περιβάλλον δεν απορρίπτεται εξ ορισμού, εάν αυτό εξασφαλίζει το επιθυμητό αποτέλεσμα στην κατανάλωση ενέργειας.

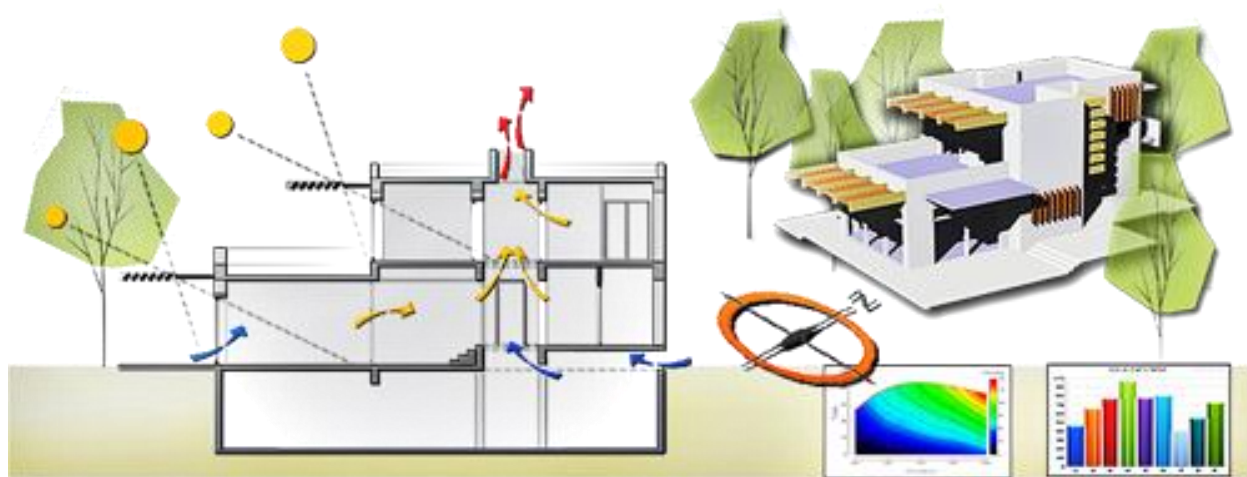
Ως συνήθως, η αλήθεια βρίσκεται κάπου στη μέση, χωρίς υπερβολές προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση.

Σήμερα, καθόλου άσχετα με το κόστος των καυσίμων, της ρύπανσης και της ενέργειας, γίνεται σε όλον τον κόσμο προσπάθεια να δοθεί η πρέπουσα βαρύτητα τόσο στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό όσο και στην χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.^[1]

1.2 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών (γενικότερα) μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου – περιβάλλοντος (Σχήμα 1.1). Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία:

- εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ.) και
- βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτιρίου.



Σχήμα 1.1: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

(Πηγή: http://www.ecohouses.gr/images/stories/galleries/various/bioklimatic_500.png)

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός – αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη την γη – θεωρείται από πολλούς ως μία νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενέργειας για την θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και

πολλαπλά οφέλη που την συνεπάγονται: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/ οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά.^[5]

Η λέξη παράγεται από τις λέξεις «αεί» (=για πάντα) και «φέρω» (= έχω): σε ελεύθερη απόδοση «έχω και θα έχω για πάντα». Αφορά στην διαθεσιμότητα των περιβαλλοντικών πόρων και την ορθολογική χρήση τους. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει δράσεις, ενέργειες ή στρατηγικές που λαμβάνουν υπόψη τις συνέπειες στους φυσικούς αλλά και ανθρώπινους πόρους. Η φιλοσοφία συνοψίζεται στη φράση «δεν κληρονομήσαμε από τους γονείς μας - δανειστήκαμε από τα παιδιά μας». Η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική εντάσσεται σαφώς μέσα στα πλαίσια μιας γενικότερης ορθολογικής και αειφορικής διαχείρισης σημαντικών φυσικών και ανθρώπινων πόρων (γη, υγεία).^[1]

Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

- εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων,
- παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσαρτήσης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου,
- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι),
- διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου. Αντίθετα με τον «ηλιακό» σχεδιασμό, ο βαθμός στον οποίο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σήμερα αξιοποιεί το τοπικό κλίμα ποικίλει, γεγονός που παρέχει μία ευελιξία ως προς τους τρόπους αρχιτεκτονικής έκφρασης και δυνατοτήτων εφαρμογής μέσα από πολύ απλές τεχνικές και επεμβάσεις έως και πολύπλοκα παθητικά ηλιακά συστήματα, γεγονός που αποδεικνύεται και από την καταγραφή των βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα. Είναι δε ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική των περισσότερων διακεκριμένων αρχιτεκτόνων και μελετητών στην Ελλάδα – με έργα παραδείγματα (ή και πειραματισμούς) που αποτελούν πρότυπες εφαρμογές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.^[5]

Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τη χρήση συστημάτων ηλιακής ενέργειας μπορεί να φτάσει σε υψηλά ποσοστά – έως και 80% - ενώ εφόσον γενικευτεί στα κτίρια η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης μπορούμε να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 35%.^[6]

1.2.1 Παθητικός βιοκλιματικός σχεδιασμός

Πρόκειται για το σχεδιασμό που βασίζεται στα λεγόμενα παθητικά συστήματα, που αξιοποιούν το μικροκλίμα και λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και έχουν σχέση με^[7]:

- το σωστό προσανατολισμό για την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των φυσικών πηγών ενέργειας για ηλιασμό, φωτισμό και αερισμό
- τη σωστή επιλογή των δομικών στοιχείων και υλικών του κτιρίου, προκειμένου αυτά να χρησιμεύσουν ως φυσικές δεξαμενές θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι
- την ενσωμάτωση στο κτίριο στοιχείων όπως οι αιολικές καμινάδες, τα ηλιακά θερμοκήπια, οι τοίχοι trombe (θερμικής αποθήκευσης), κ.ά.
- τη χρήση δένδρων και θάμνων για την προστασία από τον ήλιο και τον άνεμο, κλπ.

1.2.2 Ενεργητικός βιοκλιματικός σχεδιασμός

Αφορά στα μηχανικά μέσα εξοικονόμησης ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό των κτιρίων, που αξιοποιούν την ηλιακή ή την αιολική ενέργεια. Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, η γεωθερμία και άλλες τεχνικές φιλικές στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Η εγκατάσταση των ενεργητικών συστημάτων αυξάνει ελαφρά το κόστος κατασκευής του κτιρίου, που όμως αποσβένεται χάρη στον μείωση της χρήση συμβατικών μονάδων για θέρμανση ή κλιματισμό.

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά «εξαισθητό» σε εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες. Για τον λόγο αυτό, βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι^[7]:

- η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών,
- η μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων,
- η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων,
- η χρήση τεχνικό-οικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών.

1.3 Βασικές αρχές ενός οικολογικού κτιρίου

1. Μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας στα κτίρια

- Χρήση της καλύτερης δυνατής θερμομόνωσης των κτιρίων και παράλληλα του καλού αερισμού των χώρων.
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Χρήση θέρμανσης χωρίς μόλυνση ή χαμηλής μόλυνσης.
- Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιώντας τον ενεργητικό και παθητικό σχεδιασμό των κτιρίων.
- Χρήση φυσικών συστημάτων κλιματισμού.

2. Μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος χώρου

- Σχεδιάζοντας κτίρια αρμονικά δεμένα με το περιβάλλον.
- Αποφεύγοντας τη διατάραξη της ζωής του φυτικού και ζωικού βασιλείου.

- Συγκέντρωση και χρησιμοποίηση του νερού της βροχής.
 - Ανακύκλωση των λυμάτων των κτιρίων.
 - Αποφυγή χρησιμοποίησης υλικών που κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους μολύνουν με χημικά τα περιβάλλοντα.
3. Περιορισμός της ενέργειας που σπαταλείται στην μεταφορά και στην παραγωγή των οικοδομικών υλικών
- Χρησιμοποιώντας υλικά που παράγονται τοπικά.
 - Χρησιμοποιώντας υλικά που ήδη βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο.
 - Μειώνοντας τη χρήση προϊόντων που παράγονται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
 - Με τη χρήση μεταχειρισμένων ή ανακυκλωμένων υλικών όταν είναι διαθέσιμα.
4. Μείωση της εσωτερικής μόλυνσης και των βλαβών της υγείας των χρηστών των κατοικιών
- Με τη χρήση μη τοξικών υλικών και χαμηλής ακτινοβολίας υλικών.
 - Αποφεύγοντας ίνες θερμομόνωσης που διαχέονται στην ατμόσφαιρα.
 - Μείωση της σκόνης και των αλλεργιογόνων ουσιών.
 - Μείωση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (EMF' s).
 - Χρήση υλικών που δεν προκαλούν εσωτερική ρύπανση.^[9]

Η χρήση μη οικολογικών υλικών θα πρέπει να γίνεται όταν δεν έχουμε υποκατάστατα ή δεν είναι διαθέσιμα στην αγορά. Η χρήση αυτών των υλικών θα πρέπει να γίνεται παίρνοντας αντίστοιχα μέτρα προστασίας για το γύρω περιβάλλον και τους χρήστες των κτιρίων.

Αναλυτικά μπορεί να αναφερθεί ότι ως προς τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος, φυτεμένες στέγες ή δώματα (ή γενικότερα φυτεύσεις), και το υγρό στοιχείο είναι ιδιαιτέρως κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κτιρίου. Οι φυτεμένες στέγες παρουσιάζουν μία σειρά πλεονεκτημάτων όπως η παραγωγή οξυγόνου και η δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, το φιλτράρισμα του αέρα και την αποφυγή της έντονης διακύμανσης της σχετικής υγρασίας του αέρα.

Ως προς τον προσανατολισμό του κτιρίου μπορεί να σημειωθεί ότι ο νότιος προσανατολισμός σε συνδυασμό με το σχεδιασμό των κατάλληλων ανοιγμάτων στη όψη του κτιρίου μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα ευνοϊκός για τις εσωτερικές συνθήκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου. Αντίστοιχα ενεργειακά οφέλη μπορούν να προκύψουν και από τη σωστή αξιοποίηση των υπόλοιπων προσανατολισμών με χαρακτηριστικό παράδειγμα την αξιοποίηση του βορινού προσανατολισμού (με μικτά ανοίγματα) για το φυσικό δροσισμό του κτιρίου κατά τη θερινή περίοδο. Γενικά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, καθώς, ενώ στη βόρεια Ευρώπη το πρόβλημα της υπερθέρμανσης δεν είναι ιδιαίτερα έντονο, στις νότιες περιοχές η υπερθέρμανση είναι ένα μείζον ζήτημα που θα πρέπει να αντιμετωπίζεται. Για το λόγο αυτό μια νότια όψη με μεγάλα ανοίγματα θα πρέπει να σχεδιάζεται με μηχανισμούς σκίασης. Αντίστοιχες αρχές εφαρμόζονται στο σχεδιασμό των όψεων ενός κτιρίου και του κελύφους όπου με την κατάλληλη μόνωση του κελύφους, με υλικά που θα πρέπει να εξασφαλίζουν ταυτόχρονα τη διαπνοή του κτιρίου και ανοίγματα από διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο, ελαττώνονται οι απώλειες θερμότητας.

Τέλος, όσον αφορά στα παθητικά ηλιακά συστήματα σημειώνεται ότι εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια χωρίς χρήση υψηλής τεχνολογίας και μηχανικών μέσων. Βασίζονται στη ροή θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν για τη συλλογή και την αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας τα δομικά στοιχεία (ανοίγματα, τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα). Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται σε παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και συστήματα φυσικού δροσισμού. Στην πρώτη κατηγορία που είναι και η περισσότερο κρίσιμη εντοπίζουμε στις κατηγορίες άμεσου κέρδους και έμμεσου κέρδους.

Στα συστήματα άμεσου κέρδους η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους υαλοπίνακες, τους οποίους και διαπερνά κατά το μεγαλύτερο μέρος της. Μέρος αυτής αποδίδεται με μορφή θερμότητας άμεσα στον αέρα του χώρου ενώ, μέρος αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, όταν αυτά έχουν επαρκή θερμοχωρητικότητα) και αποδίδεται στο χώρο με χρονική υστέρηση. Πλεονεκτήματά της είναι η απλή δομή και λειτουργία, ο μεγάλος βαθμός ελευθερίας μορφής και υλικών κτιρίου, τα σημαντικά θερμικά κέρδη το χειμώνα.

Τα συστήματα έμμεσου κέρδους είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την αποδίδουν με έμμεσο τρόπο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, είτε μέσω δομικών στοιχείων είτε μέσω ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών, κ.α.). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι, τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, οι οποίοι αποτελούνται από τοίχο κατασκευασμένο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας, όπως σκυρόδεμα, πέτρα, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό με εξωτερική επιφάνεια σκούρου χρώματος για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.^[8]

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Τούρπαλης Μάνος, 'Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική', 2011
2. Eco-δομήματα, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός', 2010
<http://www.ecodomima.gr/>
3. Βαρούτα Φλώρου Εύα, 'Δόμηση σύμφωνα με της Αρχές των Φυσικών Νόμων', 2009
4. Χεγκάζι Κατερίνα, 'Βιοκλιματική δόμηση και Βιώσιμη Ανάπτυξη', 2009
5. <http://www.inout.gr/showthread.php?t=65793>
6. Καραβασίλη Μαργαρίτα, 'Τα βήματα στον Βιοκλιματικό σχεδιασμό', 2010
7. Βαρούτα Φλώρου Εύα, 'Τι είναι βιοκλιματικός και βιοοικολογικός σχεδιασμός', 2010
8. Γιαννουλα Ευαγγελία, 'Συνολική αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιριακών υποδομών, Τα πλεονεκτήματα του Βιοκλιματικού σχεδιασμού', 2010
9. <http://www.ecodomima.gr/>
10. http://www.ecohouses.gr/images/stories/galleries/various/bioklimatic_500.png

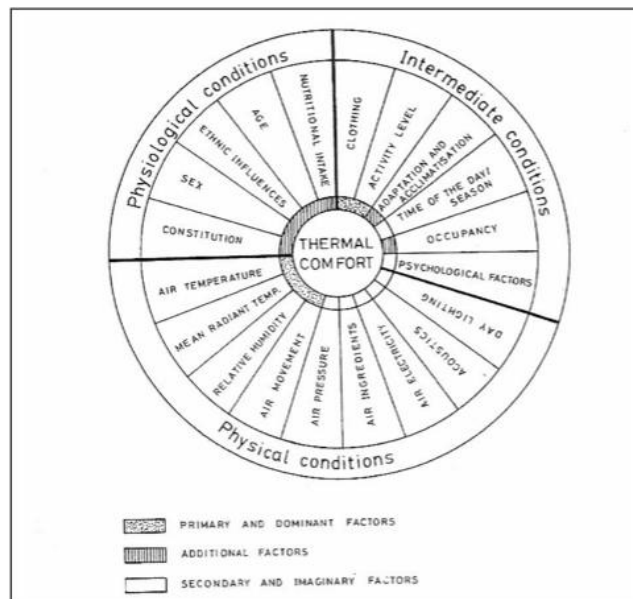
Κεφάλαιο 2

Θερμική Άνεση

2.1 Ορισμός

Σύμφωνα με την ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμιά θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες συνθήκες.

Γενικότερα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν η κατάσταση ικανοποίησης του ανθρώπινου παράγοντα, βρισκόμενος σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του. Αναγκαία συνθήκη για θερμική άνεση είναι η θερμική ουδετερότητα, δηλαδή κανένας από τους ευρισκομένους εντός του χώρου να μην επιθυμεί ζεστότερο ή ψυχρότερο περιβάλλον, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αν επιτευχθεί η θερμική ουδετερότητα έχουν εξασφαλιστεί συνθήκες άνεσης.



Σχήμα 2.1: Χάρτης θερμικής άνεσης

(Πηγή: Τιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι (Σχήμα 2.1):

A. Περιβαλλοντικοί παράγοντες:

- Θερμοκρασία αέρα
- Ταχύτητα αέρα
- Καθαρότητα αέρα
- Υγρασία

B. Ανθρώπινοι παράγοντες

- Αριθμός χρηστών χώρου
- Ηλικία
- Φύλλο
- Συνήθειες και προτιμήσεις χρηστών
- Δραστηριότητες εντός του χώρου
- Ένδυση

Γ. Κατασκευαστικές παράμετροι κτιρίου

- Σχεδιασμός
- Ύπαρξη συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού κλπ.

Η επίτευξη της άνεσης εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία και την υγρασία, δύο παράγοντες που βρίσκονται σε σχέση αλληλεξάρτησης, αφού ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας αλλάζει και η θερμοκρασία υπό την οποία επιτυγχάνεται η θερμική άνεση. ^[1]

2.2 Θερμοκρασία

Για την επιλογή της επιθυμητής θερμοκρασίας θερμικής άνεσης γίνεται χρήση της στατιστικής, με χρήση δείγματος που αφορά τις διαπιστωμένες προτιμήσεις μεγάλου αριθμού ανθρώπων. Μετά από τέτοιου είδους έρευνες διάφοροι οργανισμοί ή ινστιτούτα συντάσσουν πίνακες με προτεινόμενες τιμές για χώρους διάφορων χρήσεων. Σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάζονται αποκλίσεις μεταξύ των τιμών των πινάκων διαφορετικών οργανισμών, αφού εξαρτώνται άμεσα από τις ιδιαιτερότητες του ανθρώπινου δείγματος πάνω στο οποίο βασίστηκε η μελέτη (προέλευση, συνήθειες, ηλικία κλπ). Η ASHRAE μετά από έρευνα σε μεγάλο αριθμό ατόμων διάφορων ηλικιών, και των δύο φύλλων, που ανήκουν σε όλες τις κοινωνικές ομάδες από διάφορες γεωγραφικές περιοχές, συνέταξε τον παρακάτω πίνακα (Σχήμα 2.2):

Χώρος	Χειμώνας			Καλοκαίρι			
	Κλιματισμός		Θέρμανση χωρίς υγραση	Κλιματισμός		Κλιματισμός υψηλών απαιτήσεων	
	Θερμοκρασία D.B. (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία D.B. (°C)	Θερμοκρασία D.B. (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία D.B. (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Κατοικίες, γραφεία, σχολεία, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	20 - 22	30 - 35	21 - 23	25 - 26	45 - 50	25 - 26	45 - 50
Τράπεζες (χώρος επισκεπτών), καταστήματα	19 - 21	30 - 35	20 - 22	26 - 27	45 - 50	25 - 26	45 - 50
Θέατρα, κινηματογράφοι, εκκλησίες, κλειστά γήπεδα, εστιατόρια	20 - 22	35 - 40	120 - 22	26 - 27	50 - 60	25 - 26	50 - 55
Βιομηχανικοί χώροι	19 - 21	30 - 35	19 - 21	27 - 30	45 - 55	25 - 26	45 - 55

Σχήμα 2.2: Ιδανικές συνθήκες άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι (ASHRAE)

(Πηγή: Τσιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")

Η έρευνα της ASHRAE δεν έλαβε καθόλου υπόψη της οικονομικά κριτήρια. Απόκλιση της τάξης των 2 - 3 °C από τις τιμές του πίνακα μπορούν να θεωρηθούν αποδεκτές χωρίς να χαθεί η αίσθηση της άνεσης.

Από επόμενες έρευνες τις ASHRAE διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Οι γυναίκες προτιμούν λίγο υψηλότερες θερμοκρασίες από τους άντρες, περίπου κατά 0,5 °C, καθώς υπάρχουν διαφορές στον μεταβολικό ρυθμό μεταξύ των δυο φύλων.
- Αυξανόμενη της ηλικίας επίσης υπάρχει μια προτίμηση σε λίγο υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη μείωση του μεταβολικού ρυθμού σε μεγαλύτερες ηλικίες, στη μείωση της δραστηριότητας, στην αλλαγή διατροφικών συνηθειών, σε πιθανά προβλήματα υγείας, στη φυσική κατάσταση κλπ.
- Οι κάτοικοι των ψυχρότερων περιοχών προτιμούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, σε σχέση με αυτούς των πιο θερμών περιοχών, κάτι αναμενόμενο αφού ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα προσαρμογής στο περιβάλλον που ζει. Η διαφορά αυτή είναι περίπου 1 °C. Οι διαφορές ήταν πιο έντονες τα παλαιότερα χρόνια όπου το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων κατοικούσαν σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό τόπο, με την ανάπτυξη όμως των μέσων μεταφοράς και τη δυνατότητα μετακινήσεων οι διαφορές έχουν μειωθεί για μεγάλο μέρος του πληθυσμού της γης, συνεχίζουν παρόλα αυτά να υφίσταται. Οι διαφορές θα ήταν πιθανών μεγαλύτερες σε μια έρευνα που θα σύγκρινε διαφορετικούς λαούς, σε τελείως διαφορετικά γεωγραφικά σημεία.

Οι τιμές πινάκων παρόμοιων με του παραπάνω είναι ενδεικτικές και πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά, γιατί ανάλογα με την έρευνα στην οποία βασίστηκαν αφορούν κάποιον ή κάποιους

συγκεκριμένους λαούς, κάποιες τοποθεσίες, έχουν διεξαχθεί σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ενώ αρκετές φορές αγνοείται ο παράγοντας της υγρασίας.

Έχει αναφερθεί ότι πολλές φορές το καλοκαίρι, σε πολύ ζεστό περιβάλλον προτιμάται πιο δροσερό περιβάλλον από αυτό που θα θεωρούταν φυσιολογικό. Αντίστοιχα το χειμώνα ή σε πολύ κρύο περιβάλλον, προτιμάται πιο θερμό κλίμα από το κανονικό. Αυτό πιθανόν οφείλεται σε ψυχολογικούς παράγοντες αφού ένας άνθρωπος εκτεθειμένος στη ζέστη αισθάνεται πολύ ελκυστική την ιδέα να αισθανθεί δροσιά, και πολύ ελκυστική την ιδέα ενός ζεστού περιβάλλοντος όταν βρίσκεται στο κρύο.

Η ενδεικτική θερμοκρασία που χαρακτηρίζει τη συνδυασμένη επίδραση θερμοκρασίας και υγρασίας ενός χώρου στο αίσθημα της άνεσης, ονομάζεται αισθητή ή ενεργός ή αποτελεσματική θερμοκρασία.

Μελετώντας τη θερμική άνεση, όπως και στη περίπτωση μελέτης κλιματισμού χρησιμοποιούνται δύο θερμοκρασίες, η υγρού βολβού και η ξηρού βολβού. Η θερμοκρασία υγρού βολβού (WB) είναι εκείνη η θερμοκρασία στην οποία η τάση ατμών είναι ίση με τη θερμοκρασία κεκορεσμένου ατμού. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι η θερμοκρασία του αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση και μετρείται με ένα συνηθισμένο θερμόμετρο. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι πάντα υψηλότερη από του υγρού.

Έχει επικρατήσει όταν μελετάται ένα σύστημα θέρμανσης να καθορίζεται μόνο η επιθυμητή θερμοκρασία. Έχουν συνταχθεί λοιπόν στον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων, καθώς και στις Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ, αντίστοιχοι πίνακες για τις πιο χαρακτηριστικές κατηγορίες χώρων.

Εκτός από τους πίνακες του ΤΕΕ και του ΚΘΚ πίνακες έχουν συντάξει και οι μεγάλες εταιρείες κλιματισμού, ενώ αρκετοί συναντιόνται σε τεχνικά εγχειρίδια και στη διεθνή βιβλιογραφία. Σε περιπτώσεις που εξετάζεται η θερμική άνεση σε χώρους που έχουν ιδιαιτερότητες, ειδικές απαιτήσεις, ή ο μελετητής πιστεύει από δεν καλύπτεται από πίνακες επιθυμητών θερμοκρασιών, τότε πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη κατά περίπτωση.^[2]

2.2.1 Θερμική ακτινοβολία

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι η γεωμετρική μέση τιμή της θερμοκρασίας των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Θα μπορούσε ακόμα να περιγραφεί σαν τη θερμοκρασία μιας υποθετικής επιφάνειας που θα περιέβαλε το ανθρώπινο σώμα, στην οποία η μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας προς τον άνθρωπο θα ήταν ισοδύναμη με αυτή της πραγματικής κατάστασης.

Η θερμοκρασία ακτινοβολίας έχει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη της θερμικής άνεσης, και μπορεί να προκληθεί ακόμα και το αίσθημα δυσφορίας λόγω ασύμμετρης ακτινοβολίας. Οι εξωτερικοί τοίχοι ενός κτιρίου έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από τους εσωτερικούς, ενώ οι επιφάνειες των παραθύρων δέχονται μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, που πρακτικά σημαίνει διαφορά θερμοκρασίας κοντά στις επιφάνειες αυτές, σε σχέση με τον υπόλοιπο χώρο. Ένα άτομο που εκτίθεται άμεσα στην ακτινοβολία (όπως κάποιος που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία καθημένος κοντά σε ένα μεγάλο παράθυρο), αντιμετωπίζει θερμοκρασία ακτινοβολίας που μπορεί να είναι και αρκετά υψηλότερη από τη θερμοκρασία του.^[3]

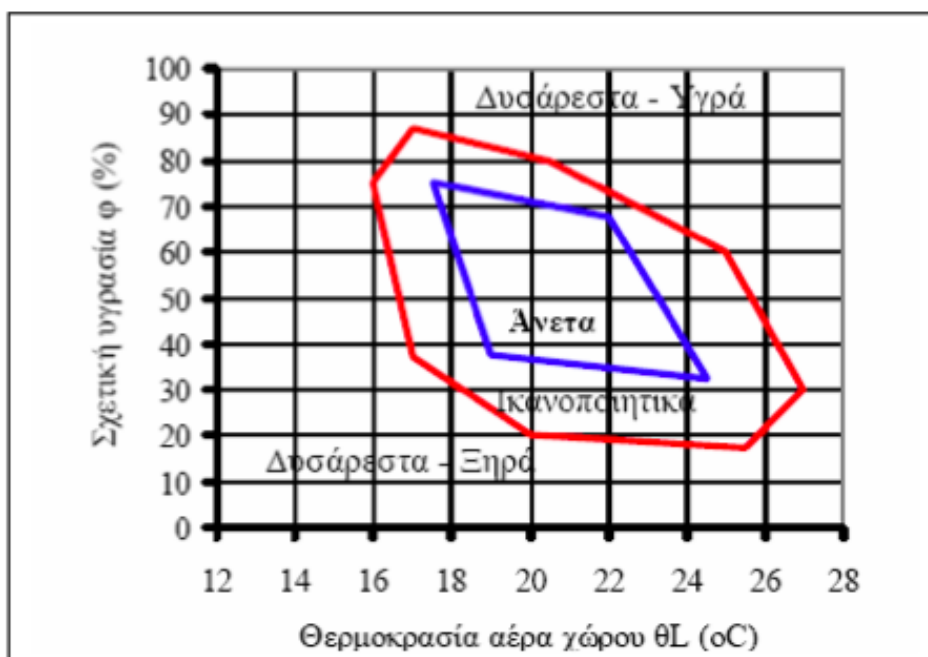
2.3 Υγρασία

Η επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτάται κυρίως από το συνδυασμό θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο (Σχήμα 2.3). Η υγρασία περιέχεται με τη μορφή υδρατμών στον αέρα του χώρου, πρέπει να κυμαίνεται σε καθορισμένα όρια για συγκεκριμένες θερμοκρασίες εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος, και ο έλεγχος της είναι αρκετά δύσκολος.

Σχετική υγρασία ονομάζεται ο λόγος της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε αν ήταν κορεσμένος σε ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, και εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό επί τοις εκατό.

Σε μέσες θερμοκρασίες αέρα η επίδραση της υγρασίας είναι σχετικά μικρή. Αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 10% κατά εκτίμηση ισοδυναμεί με αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 0,3°C. Σε πολύ θερμό περιβάλλον η αύξηση της υγρασίας έχει σημαντικές επιπτώσεις στη θερμική άνεση. Επίσης μεγάλη σημασία έχει ο χρόνος παραμονής ενός ατόμου σε κάποιο συγκεκριμένο χώρο. Η επίδραση σε ένα άτομο που μετακινείται σε χώρους με διαφορετική υγρασία είναι αρκετά πιο μεγάλη από ένα άτομο που μένει συνεχώς σε κάποιο συγκεκριμένο χώρο.

Η σχετική υγρασία ενός χώρου δε πρέπει να είναι χαμηλότερη από 30%. Οι επιθυμητές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 40% - 50% με ακραία όρια 30% - 70%. Ποσοστό μικρότερο του 20% προκαλεί αποξήρανση των βλεννογόνων αδένων του αναπνευστικού συστήματος ενώ ο σχηματισμός μούχλας είναι εμφανής σε ποσοστά πάνω από 80%.



Σχήμα 2.3: Θερμική άνεση σε σχέση με τη θερμοκρασία και την σχετική υγρασία (Πηγή: Τσιμπάνος Παναγιώτης (2008), "Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων")

Η υγρασία του αέρα επηρεάζει το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα, δηλαδή την εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα, μεταβάλλοντας έτσι το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Αν η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία του αέρα είναι πολύ υψηλές, ενεργοποιείται ο μηχανισμός της εφίδρωσης. Όμως ο ιδρώτας παραμένει στην επιδερμίδα, αφού η εξάτμιση του είναι αδύνατη, δημιουργώντας την εντύπωση υψηλότερης θερμοκρασίας και αίσθημα δυσαρέσκειας. Πολύ μικρή σχετική υγρασία προκαλεί μεγάλη εξάτμιση ιδρώτα, που δημιουργεί την αίσθηση του ψύχους. Σε συνθήκες όπου το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς προκαλείται μείωση της ανοσοποιητικής ικανότητας του.

Υψηλές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας μειώνουν την ικανότητα για ψύξη του εισπνεόμενου αέρα και δημιουργούν την εντύπωση του θερμότερου και αποπνικτικού αέρα. Χαμηλές τιμές υγρασίας προκαλούν ξήρανση των βλεννογόνων μεμβρανών, και μείωση της ικανότητας καθαρισμού και ρύθμισης της θερμοκρασίας του αέρα.^[4]

2.4 Θερμική άνεση στα κτίρια

Η έλλειψη θερμικής άνεσης είναι πιο πιθανή σε παθητικά ηλιακά κτίρια, όπου οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία είναι αρκετά έντονες κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Διαφορές θερμοκρασίας συνήθως υπάρχουν και από δωμάτιο σε δωμάτιο, με σημαντική επίδραση του προσανατολισμού του χώρου, ενώ σε τέτοιου είδους κτίρια συνήθως υπάρχουν πολύ μεγάλα παράθυρα. Οι διαφορές γίνονται αντιληπτές από άτομα που κινούνται από τον ένα χώρο στον άλλο. Μεταβολές της θερμοκρασίας μέχρι 5°C, αντιμετωπίζονται από τον άνθρωπο σαν να υπήρχαν σταθερές συνθήκες, ενώ πιο άμεσα αντιληπτές γίνονται οι μεταβολές προς το ψυχρότερο περιβάλλον.

Τέλος, δυσκολία στην επίτευξη θερμικής άνεσης παρατηρείται σε κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται περιοδικά (κτίρια γραφείων και σχολεία όπου χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες ώρες, εξοχικές κατοικίες για κάποιους μήνες του χρόνου κλπ). Σε αυτές τις περιπτώσεις, λόγω του ότι υπάρχουν μεγάλα διαστήματα χωρίς θέρμανση, απαιτείται μεγάλος χρόνος ώστε να επιτευχθούν οι συνθήκες άνεσης. Τα δομικά στοιχεία για παράδειγμα ενός κτιρίου γραφείων, κατά τη διάρκεια της νύχτας αποκτούν πολύ χαμηλή θερμοκρασία και είναι απαραίτητη η υψηλότερη θερμοκρασία αέρα ώστε να αντιμετωπιστεί η έλλειψη θερμικής ακτινοβολίας από τους τοίχους. Οι απώλειες ενέργειας είναι μεγαλύτερες, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις προτείνεται η έναρξη λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού αρκετή ώρα πριν την έναρξη του ωραρίου εργασίας.^[5]

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

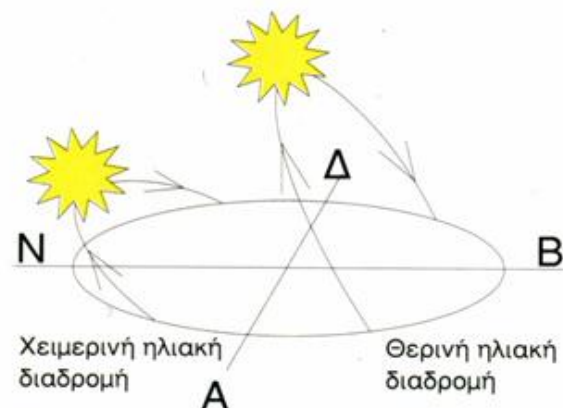
1. Παπαδόπουλος Α., 'Θερμική άνεση στα κτίρια, νέα πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης', Οδηγία 2002/91/EC, 2006
2. Τσίγκας Ε., 'Συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό χώρο', Τεχνικό περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 114
3. Egan M. David, 'Concepts in thermal comfort', Practice Hall, Inc Englewood Cliffs, New Jersey
4. Parson Ken, 'Standards for thermal comfort, indoor air temperature standards for 21st Century'
5. Τσιμπάνος Παναγιώτης, 'Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων', 2008

Κεφάλαιο 3

Παθητικά ηλιακά συστήματα

Με στόχο τη μείωση των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, τη βελτίωση του μικροκλίματος, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των κτιρίων και των οικιστικών συνόλων καθώς και την εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται στη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών.^[2]

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού είναι συστήματα τα οποία αξιοποιούν τις φυσικές πηγές (ήλιο, άνεμο, κ.ά.) για τη θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων (Σχήμα 3.1). Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον και περιλαμβάνει την κατάλληλη αποθήκευση και διανομή της ενέργειας μέσα στους χώρους. Τα παθητικά συστήματα αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου και εντάσσονται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Εφ' όσον τα παθητικά συστήματα υποβοηθούνται από μηχανικό σύστημα χαμηλής κατανάλωσης (π.χ. ανεμιστήρα) ονομάζονται υβριδικά. Στόχος της επιλογής και της διαστασιολόγησης των παθητικών συστημάτων είναι η βελτίωση της θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περίοδο του έτους. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα προσαρτώνται σε όψεις του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό, με δυνατότητα απόκλισης μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά του καθαρού Νότου.^[5]



Σχήμα 3.1: Η τροχιά του ήλιου το καλοκαίρι και τον χειμώνα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")

Πρόκειται για συστήματα που παρέχουν στο κτίριο θέρμανση και δροσισμό από την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, καθώς και των στοιχείων απορρόφησης ενέργειας. Καθημερινά, η γη δέχεται από τον ήλιο μια εντυπωσιακή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλεται προς τον ουρανό κυρίως μέσω της νυχτερινής επανακτινοβολίας. Για την επίτευξη μιας ικανοποιητικής θερμικής άνεσης μέσα σε ένα κτίριο, με ταυτόχρονο περιορισμό της χρήση συμβατικών πηγών, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε πηγές φυσικής ενέργειας (ηλιακή ακτινοβολία, εξωτερικός αέρας, εσωτερικά κέρδη), καθώς και κατάλληλα στοιχεία απορρόφησης (όπως είναι ο ουρανός, ο εξωτερικός αέρας, οι υγρές επιφάνειες και η βλάστηση). Η θερμική εκμετάλλευση στα παθητικά κτίρια γίνεται, εκτός από τον τρόπο σχεδιασμού του, την τοποθέτηση, τον προσανατολισμό, τη μορφή του, κλπ. με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων τα οποία συγκεντρώνουν, αποθηκεύουν, μεταδίδουν, διαχέουν θερμότητα και αποτελούν μέρη των αρχιτεκτονικών στοιχείων. Σε γενικές γραμμές, τα αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι^[6]:

- Τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης που λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας
- Τα προσαρτημένα θερμοκήπια
- Οι προσαρτημένες ηλιακές καμινάδες
- Η εφαρμογή κατάλληλης γεωμετρίας σκιάστρων
- Η δημιουργία ενεργειακής σκεπής
- Τα κατάλληλα δομικά στοιχεία (μονώσεις, χρώματα, κονιάματα, υαλοπίνακες, στοιχεία τοιχοποιίας)
- Η διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου (βλάστηση)

Όταν σε ένα κτίριο η ροή της θερμότητας γίνεται, λοιπόν, με φυσικό τρόπο, δηλαδή μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας και η ηλιακή ενέργεια συνεισφέρει πάνω από το μισό της ολικής εξωτερικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, το κτίριο θεωρείται ηλιακή παθητική κατασκευή.^[9]

Τα παθητικά συστήματα συνεισφέρουν θετικά στις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου σε ψυχρό καιρό, ενώ σε θερμές περιόδους, αποτρέπουν τη διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα και περιορίζουν τα εσωτερικά κέρδη, ώστε να εξασφαλίζουν αποδεκτές θερμικές καταστάσεις για τους ενοίκους. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες^[19].

A. Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους:

- Κατάλληλη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής προστασίας (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία για τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα.

B. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους:

1. Ηλιακοί τοίχοι οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιία συνδυαζόμενη με υαλοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά. Μπορεί να πρόκειται για τοίχο ηλιακής συλλογής και θερμικής αποθήκευσης ή θερμομονωμένο τοίχο με θυρίδες. Στην κατηγορία αυτή είναι:

- Τοίχοι μάζας Trombe
- Τοίχος Barra Constantini
- Τοίχοι νερού

- Θερμοσιφωνικό πανέλο
- Οροφή νερού

2. Στα συστήματα αυτά ανήκουν και οι ηλιακοί χώροι θερμικής αποθήκευσης:

- Θερμοκήπια, προσαρτημένα στη νότια όψη του κτιρίου
- Ηλιακά αίθρια

Γ. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, όπου η συλλέκτρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας, διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Πρόκειται για μικτά συστήματα που ονομάζονται υβριδικά και βασίζονται στη φυσική ροή κάποιου ρευστού (π.χ. του αέρα). Σε αυτά τα συστήματα, χρησιμοποιούνται κάποια απλά μηχανικά μέσα για την μεταφορά της θερμότητας (π.χ. ανεμιστήρες).

3.1 Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους

3.1.1 Θερμική Μάζα

Το σύνολο των δομικών στοιχείων και υλικών ενός κτιρίου που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν θερμότητα, αποτελεί τη θερμική μάζα του κτιρίου. Η μάζα αυτή όταν αξιοποιηθεί σωστά μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση και κλιματισμό και να έχει ευεργετική επίδραση τόσο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (ψύξη), όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο (θέρμανση). Ιδανικά υλικά για τη συγκρότηση της θερμικής μάζας (Σχήμα 3.2) ενός κτιρίου είναι υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, δηλαδή ικανά να αποθηκεύουν θερμότητα σε μεγάλο βαθμό. Τέτοια υλικά είναι συμπαγή, πυκνά υλικά, όπως είναι η πέτρα και οι φυσικοί λίθοι γενικότερα, το τούβλο, το μπετόν, κεραμικές πλάκες κ.α., τα οποία επιλέγονται παραδοσιακά για τα μέρη του κτιρίου όπου απαιτείται καλή θερμική αποθήκευση. Έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, χωρίς να γίνονται τα ίδια ιδιαίτερα θερμά και να την αποβάλλουν όταν το περιβάλλον γίνει ψυχρότερο. Με άλλα λόγια, λειτουργούν ως μέσα αποθήκευσης θερμότητας και κρύου με το να θερμαίνονται, αλλά και να αποβάλλουν θερμότητα σχετικά αργά. Το ξύλο, για παράδειγμα, είναι ελαφρύ υλικό και έχει μικρή ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας.^[4]

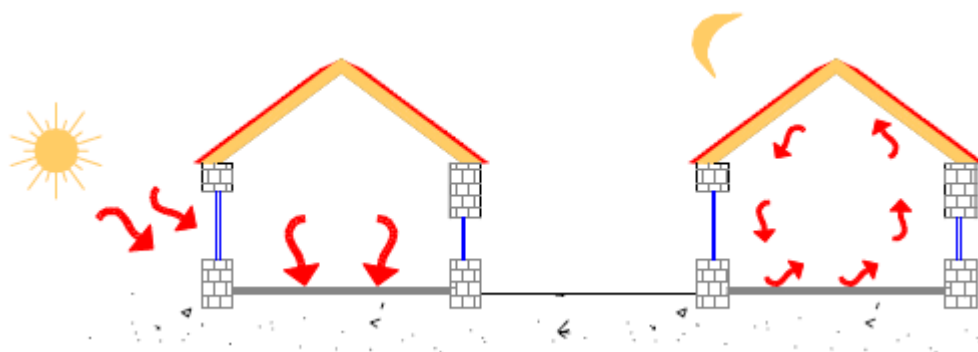
ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ KJ/m ³ °C
Νερό	4186
Σκυρόδεμα	2060
τούβλο	1360

Σχήμα 3.2: Θερμικές μάζες υλικών

(Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης(2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")

Η σωστή χρήση της μάζας ενός κτιρίου εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και τις αντίστοιχες ανάγκες σε κλιματισμό και θέρμανση. Η ηλιακή ενέργεια αφού εισέλθει στο κτίριο προς το εσωτερικό του (με άμεσο ή έμμεσο τρόπο), παγιδεύεται και μεταφέρεται στα δομικά υλικά. Κατά το χειμώνα, η περίσσεια ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του

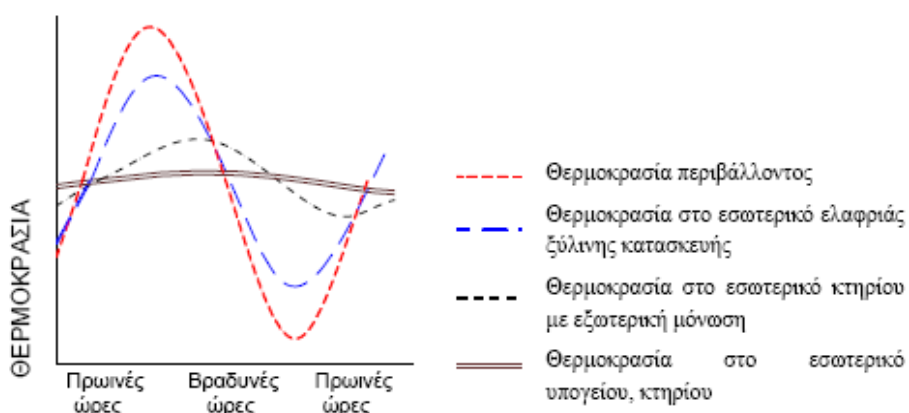
κτιρίου τις ώρες της ημέρας. Τη νύχτα που η θερμοκρασία πέφτει, η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα απελευθερώνεται σταδιακά προς τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας τις ανάγκες σε βοηθητική θέρμανση. Χαλιά και άλλες επικαλύψεις του δαπέδου, έπιπλα ή άλλα υλικά ελαφριάς κατασκευής εξουδετερώνουν τη θερμική μάζα του κτιρίου, για αυτό συνιστάται τα σημεία άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να μην καλύπτονται το χειμώνα (Σχήμα 3.3).^[7]



Σχήμα 3.3: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το χειμώνα

(Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")

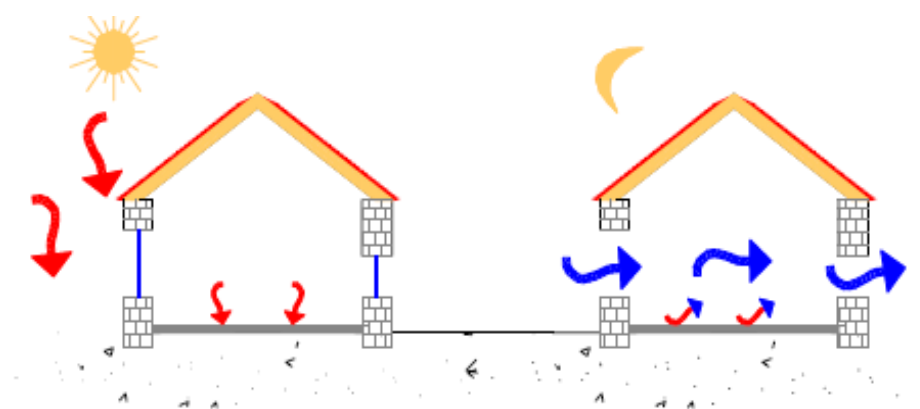
Τη διάρκεια του θέρους, η λειτουργία της θερμικής μάζας συνίσταται στο να καθυστερεί τη ροή θερμότητας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, που υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Η θερμότητα αποθηκεύεται, δηλαδή, στους τοίχους, τα πατώματα (Σχήμα 3.5) και τις οροφές λόγω του ημερήσιου ηλιασμού και τη νύχτα με εφαρμογή κατάλληλου εξαερισμού (άνοιγμα παραθύρων) αποβάλλεται προς τον εξωτερικό χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, το επόμενο πρωινό, έχει εξασφαλισθεί χαμηλή θερμοκρασία για το χώρο ο οποίος πρόκειται να συσσωρεύσει εκ νέου θερμότητα. Το καλοκαίρι, λοιπόν, η διαδικασία αυτή παρέχει μια εξασθένηση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών, με το να μεταθέτει την αποφόρτιση της θερμότητας αργότερα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Κατανομή διαφόρων θερμοκρασιών για μια τυπική ποσότητα θερμικής μάζας κατά την διάρκεια της ημέρας

(Πηγή: Ευθυμιόπουλος Ηλίας (2005), "Κτίριο και Περιβάλλον")

Για καλύτερη απόδοση και αποφυγή της υπερθέρμανσης βεβαίως, είναι απαραίτητος ο κατάλληλος σκιασμός των ανοιγμάτων, ώστε να μειώνεται όσο είναι δυνατόν η ηλιακή ενέργεια που εισρέει στο κτίριο.^[11]



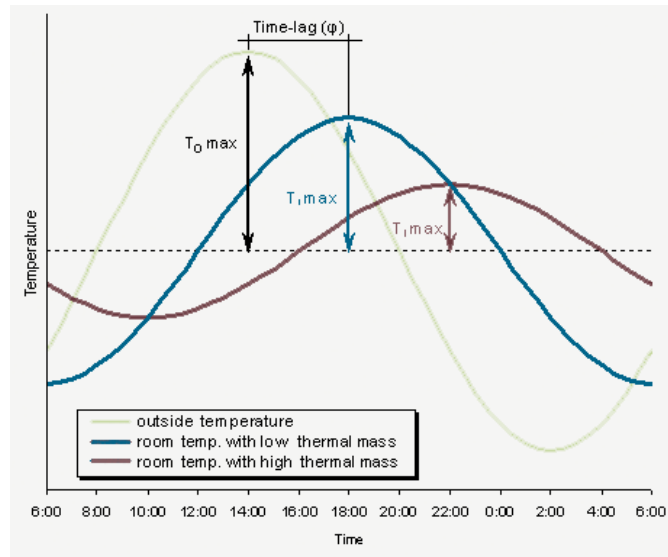
Σχήμα 3.5: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι

(Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")

Η χρήση της θερμικής μάζας σε μεγάλη κλίμακα είναι κατάλληλη ιδιαίτερα σε ζεστά κλίματα, όπως είναι η έρημος και οι τροπικές ζώνες. Σε εύκρατα κλίματα, οι πολύ μεγάλης κλίμακας εφαρμογές (π.χ. αρκετά παχύ στρώμα τοιχοποιίας από βαριά υλικά), μπορεί να καταστήσει δύσκολη την ψύξη ή τη θέρμανση ενός σπιτιού. Η διαδικασία θερμικής φόρτισης και αποφόρτισης της θερμικής μάζας οφείλεται στη θερμοδυναμική αρχή που επιβάλλει τη ροή θερμότητας από τα θερμότερα στα ψυχρότερα στρώματα αέρα. Σε κάθε περίπτωση, η θερμική μάζα πρέπει να συνδυάζεται με επαρκή μόνωση του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου. Θερμική μάζα που δεν συνδυάζεται με θερμομόνωση, μειώνει κατά πολύ τα πιθανά θερμικά κέρδη κατά το χειμώνα. Πέρα από τη χρήση δομικών υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας, για την αύξηση της θερμικής μάζας ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα όπως οι ηλιακοί τοίχοι, οι ηλιακές λίμνες, καθώς και υλικά αλλαγής φάσης που θα μελετηθούν παρακάτω.

3.1.1.1 Χρονική Υστέρηση

Η θερμική μάζα του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μια χρονική υστέρηση (Σχήμα 3.6) από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που μεγιστοποιείται η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία. Η χρονική υστέρηση αυτή (time lag), εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα και το πάχος ενός υλικού, τόσο αργότερα γίνεται η ροή της θερμότητας.^[23]



Σχήμα 3.6: Διαγραμματική απεικόνιση θερμοκρασιών δωματίου για χαμηλή και υψηλή ποσότητα θερμική μάζα
(Πηγή:<http://www.acca.it/euleb/en/glossary/index6.html>)

3.1.1.2 Θερμική Αντίσταση (R-Value)

Η ροή της θερμότητας δια μέσου του κελύφους ενός κτιρίου εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας, που πρόκειται για εξωτερικό παράγοντα και την αγωγιμότητα και το πάχος των υλικών, που είναι ιδιότητες των υλικών. Οι παράμετροι αυτοί συνιστούν τη θερμική αντίσταση του κελύφους. Η θερμική αντίσταση συνήθως συμβολίζεται με «R» (R-Value) και είναι η θερμική αντίσταση υλικού εμβαδού 1 m^2 , σε διαφορά θερμοκρασίας 1 K . Κατά αυτόν τον τρόπο, γνωρίζοντας τη τιμή της θερμικής αντίστασης «R» ($\text{m}^2\text{K/Watt}$), το εμβαδό του υλικού και τη θερμοκρασιακή διαφορά, μπορούμε να βρούμε τη ροή θερμότητας δια μέσου του υλικού.

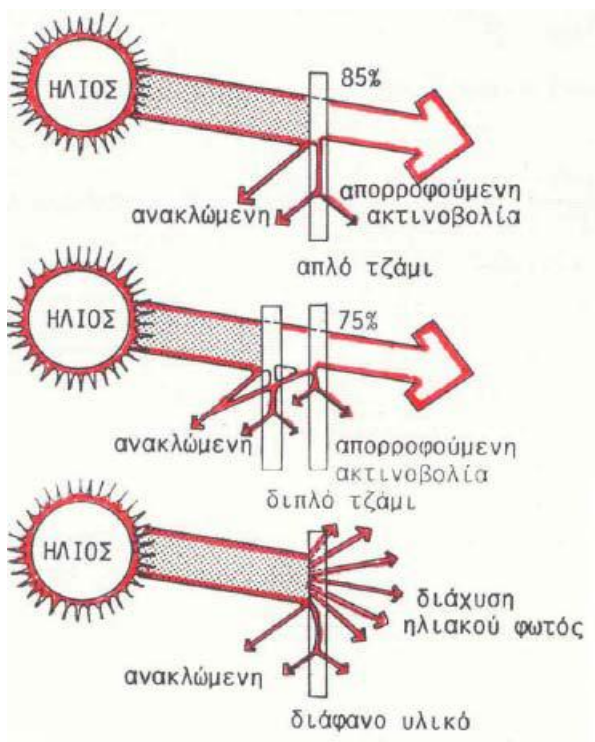
Εύλογο είναι το ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της θερμικής αντίστασης, τόσο καλύτερη μόνωση παρέχει το υλικό, άρα τόσο λιγότερες είναι οι θερμικές απώλειες.^[11]

3.1.2 Ανοίγματα

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σε μια διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια ενός κτιρίου, ένα μέρος της ανακλάται, ένα άλλο τμήμα της απορροφάται από την επιφάνεια και τελικά το υπόλοιπο μεταδίδεται άμεσα (Σχήμα 3.7). Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται επανεκπέμπεται προς το εσωτερικό, είτε με ακτινοβολία, είτε με μεταφορά. Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από το υλικό με το οποίο είναι φτιαγμένο το στοιχείο, από την επιφάνεια του, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων και φυσικά από τη διαθέσιμη ακτινοβολία που σχετίζεται με τον προσανατολισμό, την τοπογραφία του κτιρίου και την υπάρχουσα σκίαση.^[2,7]

Με βάση αυτές τις αρχές, ο πιο απλός τρόπος για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την εκμετάλλευσή της για θέρμανση των χώρων, είναι η δημιουργία γυάλινων ανοιγμάτων σε ένα

κτίριο, με σωστό προσανατολισμό και διαστασιολόγηση. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το γυαλί είναι μη θερμομονωτικό υλικό (δεν αποθηκεύει εύκολα τη θερμική ενέργεια).



Σχήμα 3.7: Είσοδος της ακτινοβολίας μέσα από τζάμι
(Πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παθητικά Συστήματα
www.arch.tuc.gr/main_site/information/lectures)

Αν οι θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου είναι 20°C και εξωτερικά επικρατεί θερμοκρασία 0°C, τότε οι θερμικές απώλειες του γυαλιού σε σύγκριση με τοιχοποιία με θερμομόνωση είναι (Σχήμα 3.8):

ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (Watts/m ²)
Μονός	116
Διπλός	60
Θερμομονωμένη τοιχοποιία	7

Σχήμα 3.8: Απώλειες σε σχέση με το τύπο του υαλοπίνακα
(Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")

Ο τύπος του υαλοπίνακα, απλός ή διπλός, σχετίζεται αφενός με τον τρόπο που διαχέεται το φως, και αφαιτέρου με τις θερμικές απώλειες^[17]. Με την τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα

επιτυγχάνουμε μείωση των ηλιακών κερδών κατά 18% και παράλληλα μειώνουμε τις θερμικές απώλειες από το παράθυρο κατά 50% σε σχέση με τον μονό υαλοπίνακα. Ένα τρίτο στρώμα ύαλου, μειώνει τα ηλιακά κέρδη ακόμη κατά ένα επιπρόσθετο ποσοστό του 18% ,αλλά μειώνει τις θερμικές απώλειες επιπρόσθετα κατά ένα τρίτο. Προφανώς, η προσθήκη επιπλέον στρωμάτων υαλοπινάκων, αν και αποτελεσματική είναι δαπανηρή. Τα διπλά τζάμια έχουν πλέον καθιερωθεί στις νέες κατασκευές, λόγω των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων τους, που οφείλονται στο διάκενο του αέρα μεταξύ των επιφανειών. Για καλύτερη απόδοση του διπλού υαλοπίνακα, στο διάκενο τους μπορεί να υπάρχει κενό αέρα που περιορίζει ακόμη περισσότερο τις θερμικές απώλειες.

Ο πιο κατάλληλος προσανατολισμός των ανοιγμάτων είναι ο νότιος, διότι δέχεται την περισσότερη ακτινοβολία το χειμώνα, το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας πιο συγκεκριμένα, ενώ λαμβάνει την ελάχιστη το καλοκαίρι (αποφυγή της υπερθέρμανσης), σε σχέση με τους άλλους προσανατολισμούς. Τα βορινά υαλοστάσια προσφέρουν καλό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο διότι δέχονται διάχυτο και όχι άμεσο φως, ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν παρουσιάζουν καλή συμπεριφορά, για το λόγο αυτό δεν συνιστώνται. Δεν λαμβάνουν μεγάλα θερμικά κέρδη το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι, οι δυτικοί προσανατολισμοί περισσότερο, μπορούν να προκαλέσουν υπερθέρμανση λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται μετά το μεσημέρι. Συνεπώς, τα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα πρέπει να περιορίζονται και να συνοδεύονται από κατάλληλη σκίαση, όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν εξαιτίας αναγκών σε φως και θέα. Συνοψίζοντας, για βόρεια γεωγραφικά πλάτη 40° περίπου, προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μετρίων διαστάσεων στους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους, ενώ στην βορινή πλευρά συνιστώνται μικρά ανοίγματα με διπλό τζάμι.

Η κλίση του υαλοστασίου επιδράει επίσης στα ηλιακά κέρδη. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι που ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό, είναι μικρότερα τα κέρδη σε ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο, σε σχέση με ένα υπό γωνία. Ένα υαλοστάσιο, κεκλιμένο κατά 30° ως προς την οριζόντιο, μπορεί να δώσει χαμηλά κέρδη το χειμώνα και να δημιουργήσει υπερθέρμανση το καλοκαίρι.^[2,7]

Επίσης, το μέγεθος των ανοιγμάτων επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος και έχει άμεση σχέση με τις κλιματικές συνθήκες τις περιοχής. Συγκεκριμένα, έχει εκτιμηθεί ότι για εύκρατα κλίματα, με συγκεκριμένη μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα, το εμβαδόν του απαιτούμενου ανοίγματος ανά μονάδα επιφάνειας χώρου σε m², είναι (Σχήμα 3.9)^[2]:

Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία °C	Εμβαδόν ανοίγματος / Μονάδα επιφάνειας χώρου (κάτοψης) m ²
+1,7	0,16-0,25
+4,5	0,13-0,21
+7,2	0,11-1,17

Σχήμα 3.9: Σχέση μεταξύ εξωτερικής θερμοκρασίας και ανοιγμάτων
(Πηγή: Βραχόπουλος Μιχάλης (2004), "Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων")

Επιπροσθέτως η θέση του ανοίγματος παίζει ένα σπουδαίο ρόλο. Ένας εμπειρικός κανόνας ορίζει ότι το βάθος ενός χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2,5 φορές το ύψος του παραθύρου από το δάπεδο.

3.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

3.2.1 Τοιχοποιίες Trombe

Από τα παθητικά ενεργειακά συστήματα τα πιο ενδιαφέροντα για εφαρμογές σε κτίρια είναι αυτά που αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία. Τα αντίστοιχα συστήματα ποικίλουν ανάλογα με την αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία τους. Διακρίνονται δε σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία, άμεσα ή έμμεσα. Τα κτίρια όπου γίνεται άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαμορφωμένα ώστε οι ακτίνες του ήλιου να εισχωρούν μέσα από τους υαλοπίνακες στο εσωτερικό τους και στη συνέχεια να απορροφώνται από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων. Έτσι, η θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου επηρεάζεται τόσο από τη διακύμανση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας όσο και από τη θερμότητα που απελευθερώνεται από τα δομικά στοιχεία.



Σχήμα 3.10: Απεικόνιση κτιρίου με τοίχο Trombe
(Πηγή: <http://www.lxrdesign.biz/DETAILS.htm>)

Από τα σημαντικότερα συστήματα έμμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι οι τοιχοποιίες αποθήκευσης θερμότητας (thermal storage walls). Πρόκειται για συστήματα αποτελούμενα από ένα μονό ή διπλό υαλοπίνακα και ένα στοιχείο σε μορφή τοίχου (Σχήμα 3.10) παράλληλα και σε μικρή απόσταση από αυτόν. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από τον υαλοπίνακα και προσπίπτουν στο στοιχείο ακριβώς από πίσω του όπου απορροφώνται, ανεβάζοντας έτσι σταδιακά τη θερμοκρασία του. Κατά τη

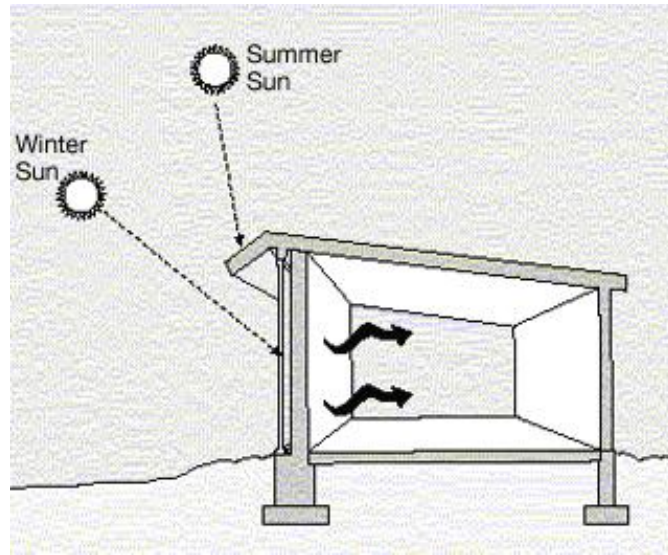
διάρκεια της νύχτας, το ίδιο αυτό στοιχείο εμποδίζει την αντίστροφη ροή θερμότητας, δηλαδή, από τις εσωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων, δια μέσου των ανοιγμάτων, προς το περιβάλλον. Καθ' όλη δε τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, η αποθηκευμένη στη μάζα του στοιχείου θερμότητα απελευθερώνεται σιγά σιγά συμβάλλοντας έτσι καθοριστικά στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Δεδομένου ότι η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητά του, αυτή θα πρέπει να είναι μεγάλη. Για το σκοπό αυτό, ως στοιχεία αποθήκευσης θερμότητας χρησιμοποιούνται είτε κοινοί συμπαγείς τοίχοι από συμβατικά υλικά, είτε δοχεία επίπεδης μορφής γεμάτα με νερό (water wall).

Ο βέλτιστος προσανατολισμός των τοίχων αποθήκευσης θερμότητας είναι προς Νότο. Πάντως, μικρές αποκλίσεις από την προς Νότο διεύθυνση δε συνεπάγονται δραματικές μεταβολές στην απόδοσή τους. Έτσι, απόκλιση μέχρι 15° συνεπάγεται απώλειες μέχρι 4 % ετησίως, ενώ απόκλιση μέχρι 30° συνεπάγεται απώλειες μέχρι 10 %. Πέραν όμως των 30° οι απώλειες αυξάνουν ταχύτερα, μέχρι περίπου το 50 % για απόκλιση 90°.^[16]

3.2.1.1 Απλοί τοίχοι Trombe

Από τους αρχαίους χρόνους οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τοίχους από πλίνθους ή πέτρες για να δεσμεύουν την ενέργεια από ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την ελευθερώνουν σιγά-σιγά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στη σύγχρονη εποχή η παθητική ηλιακή αρχιτεκτονική έχει βελτιώσει αυτές τις αρχαίες τεχνικές με σύγχρονα συστήματα αποθήκευσης και εκμετάλλευσης της ενέργειας του ήλιου. Ο Edward Morse, στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (1885), υπήρξε ο πρώτος που μελέτησε τη χρήση συμπαγών τοίχων μεγάλης μάζας για την αποθήκευση θερμικής ενέργειας από τον ήλιο. Όμως, ανάλογα συστήματα έγιναν ευρύτερα γνωστά και δημοφιλή αργότερα, στα μέσα της δεκαετίας του '70, μετά από τις σχετικές μελέτες των Felix Trombe και Jacques Michel σε ένα κτίριο στο Odeillo της Γαλλίας. Ως τοιχοποιίες Trombe (Σχήμα 3.11), από το όνομα του πρώτου Γάλλου ερευνητή, επεκράτησε να ονομάζονται τα παθητικά συστήματα έμμεσης εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας όπου το στοιχείο αποθήκευσης της θερμότητας είναι τοίχος από συμβατικά υλικά (πέτρες, τούβλα, μπετόν). Αυτός είναι συνήθως σκούρος από την πλευρά του υαλοπίνακα ώστε να απορροφά καλύτερα τις ακτίνες του ήλιου που, ως θερμική ενέργεια, διαχέεται στη συνέχεια, με αγωγή, στο σύνολο της μάζας του. Όσο παχύτερος είναι ο τοίχος τόσο μικρότερη είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας στο χώρο του κτιρίου στον οποίο είναι εγκαταστημένος και τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αγωγή της θερμότητας από τη μία πλευρά του στην άλλη. Μάλιστα, είναι δυνατόν να υπολογιστεί το πάχος του ώστε η θερμότητα να φτάσει στην εσωτερική πλευρά του τοίχου όταν θα υπάρχει η μέγιστη ανάγκη (π.χ. τις απογευματινές και βραδινές ώρες). Οι τοιχοποιίες Trombe είναι παθητικά ενεργειακά συστήματα που χρησιμεύουν στην έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση των κτιρίων.

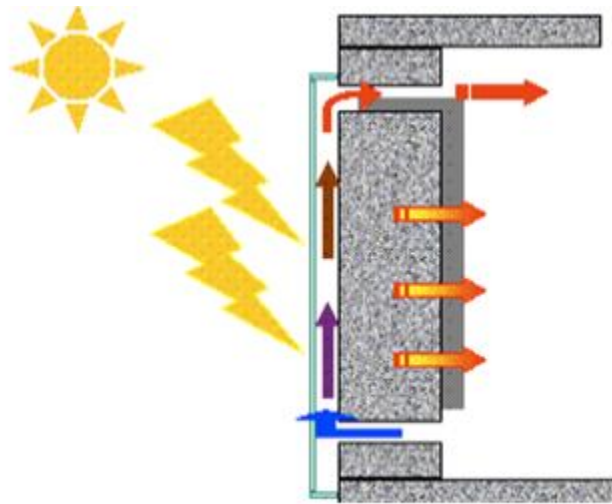
Οι τοίχοι Trombe αποτελούν ιδανικά συμπληρώματα των συστημάτων άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας εφόσον η καθυστέρηση στη μεταβίβαση της θερμότητας δια μέσου της μάζας τους συνεπάγεται υστέρηση φάσης με τη θερμότητα που εισάγεται από τα ανοίγματα στο χώρο και προκαλεί συνεχόμενη ομαλή θέρμανσή του.^[16]



Σχήμα 3.11: Απλός τοίχος Trombe
(Πηγή: <http://www.theenergylibrary.com/node/11633>)

3.2.1.2 Τοίχοι Trombe με ανοίγματα αερισμού

Αν το βασικό πλεονέκτημα του «συμβατικού» τοίχου Trombe είναι η θερμική του ευστάθεια, ένα από τα σχετικά μειονεκτήματά του είναι η βραδύτητα με την οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Συνήθως θα πρέπει να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία όλη την ημέρα για να αποδώσει ικανοποιητική θερμότητα το βράδυ. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος, τόσο ως προς την ταχύτητα θέρμανσης του χώρου στον οποίο βρίσκεται εγκαταστημένο όσο και ως προς τη ετήσια ενεργειακή απόδοσή του, αυξάνει με την τοποθέτηση ανοιγμάτων στην κορυφή και τη βάση του τοίχου. Τα ανοίγματα στην κορυφή επιτρέπουν στο θερμό αέρα μεταξύ του υαλοπίνακα και του τοίχου, που ανεβαίνει εξ αιτίας του θερμοσιφωνισμού, να διαχέεται σε όλο το χώρο ενώ παράλληλα, από τα ανοίγματα στη βάση, αντικαθίσταται διαρκώς από τον ψυχρότερο αέρα στα κατώτερα στρώματα του χώρου. Το αποτέλεσμα είναι η ταχύτερη θέρμανση του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας και μέχρι να αρχίσει να αποδίδει η διαδικασία ελευθέρωσης της αποθηκευόμενης θερμότητας. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η θερμοκρασία της προς τον υαλοπίνακα πλευράς του τοίχου καθώς και του σε επαφή λεπτού στρώματος αέρα μέχρι τον υαλοπίνακα, πέφτει κάτω από τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα, με τον ψυχρό και πυκνότερο αέρα στο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα στρώμα να διαχέεται στο χώρο από τα ανοίγματα στη βάση του τοίχου και, παράλληλα, να αντικαθίσταται συνεχώς με θερμότερο, από τα ανοίγματα στην κορυφή. Η διαδικασία αυτή, που συνεπάγεται συνεχή ψύξη του χώρου, δυστυχώς αναιρεί την ωφέλεια από τη διάχυση του θερμού αέρα. Σε αρκετές περιπτώσεις έχει υπολογιστεί ότι ο τοίχος Trombe με συνεχώς ανοικτά τα ανοίγματα αερισμού είναι δυσμενέστερος από τον απλό τοίχο (χωρίς ανοίγματα) για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων και, πάντως, το κέρδος που προκύπτει από την κατασκευή ανοιγμάτων σε τοίχους Trombe είναι συνολικά μικρό σε ετήσια βάση. Εξ αιτίας αυτού του λόγου, αλλά και μία σειρά από μειονεκτήματα στα οποία γίνεται αναφορά αργότερα, τα ανοίγματα αερισμού στους τοίχους Trombe (Σχήμα 3.12) δεν προτιμώνται σε κτίρια κατοικίας.



Σχήμα 3.12: Τοίχος Trombe με ανοίγματα αερισμού

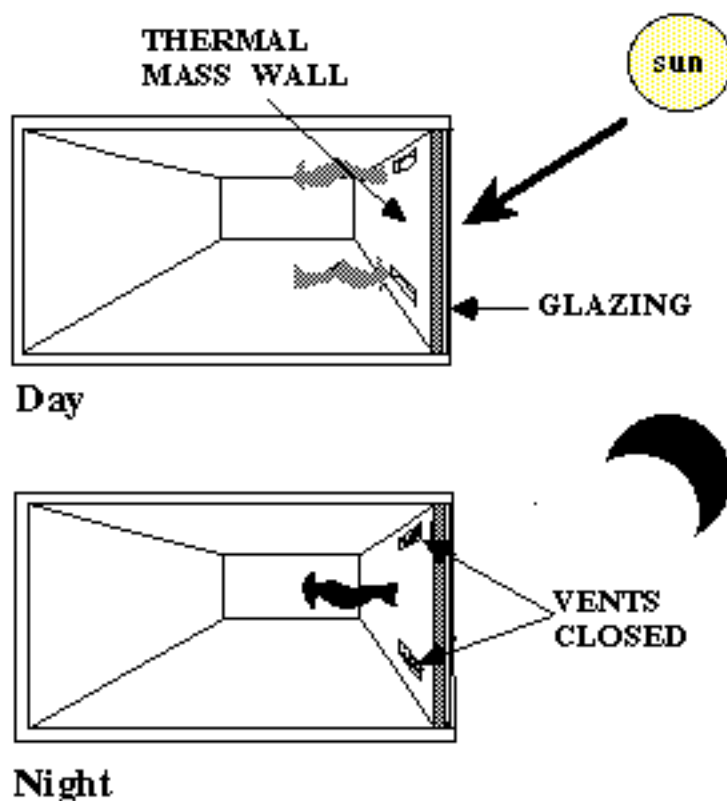
(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm)

Η παρεμπόδιση της αντίστροφης κυκλοφορίας του αέρα, στο μέτρο που αυτή είναι ανεπιθύμητη, επιτυγχάνεται με μεθόδους φραγής είτε των επάνω είτε των κάτω ανοιγμάτων του τοίχου. Σχετικά, η χρήση καλυμμάτων που ανοιγοκλείνουν με τη μεσολάβηση των ενοίκων δεν ενδείκνυται, ως δύσχρηστη και αναξιόπιστη λύση. Δεν είναι τόσο η απαίτηση παρουσίας των ενοίκων τις κατάλληλες ώρες για να χειριστούν τα καλύμματα όσο κυρίως το γεγονός ότι χωρίς κατάλληλους αισθητήρες (π.χ. καπνός) είναι πρακτικά αδύνατο αυτοί να εντοπίσουν τη φορά κυκλοφορίας του αέρα και να πράξουν ανάλογα. Η πιο πρακτική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εφαρμογή καλυμμάτων από λεπτά και ελαφρά φύλλα που, κρεμασμένα στην επάνω εσωτερική πλευρά των ανοιγμάτων στην κορυφή, λειτουργούν ως βαλβίδες, επιτρέποντας μόνο την επιθυμητή κυκλοφορία του αέρα. Πάντως, για την παρεμπόδιση της υπερθέρμανσης του χώρου, π.χ. κατά τη θερινή περίοδο, τα ανοίγματα αερισμού θα πρέπει να κλείνουν και επιπλέον να λαμβάνονται μέτρα ηλιοπροστασίας του τοίχου(π.χ. σκίαστρα).

Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων αερισμού των τοίχων Trombe υπολογίζονται σε συνάρτηση με τον προσδοκώμενο Συντελεστή Εκμετάλλευσης της Ηλιακής Ενέργειας (SSF). Ειδικότερα, για SSF μέχρι 25 % η επιφάνεια των ανοιγμάτων στην κορυφή θα πρέπει να είναι περίπου το 3 % της συνολικής επιφάνειας του τοίχου. Για SSF μεταξύ 25 και 50 % το αντίστοιχο ποσοστό είναι 2 %. Για SSF μεταξύ 50 και 75 % το ποσοστό πέφτει στο 1% ενώ, τέλος, για SSF μεγαλύτερο του 75 % δεν ενδείκνυται η κατασκευή ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα στη βάση θα πρέπει να έχουν ίση επιφάνεια με τα ανοίγματα στην κορυφή.

Αν με τα ανοίγματα αερισμού στους τοίχους Trombe και με έλεγχο της κυκλοφορίας του αέρα δια μέσου αυτών επιτυγχάνεται ελαφρά αύξηση της ετήσιας θερμαντικής απόδοσής τους, το κόστος κατασκευής αφενός και ο κίνδυνος υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου αφετέρου αποτελούν αρνητικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Για το λόγο αυτό εναλλακτικά της χρήσης ανοιγμάτων αερισμού πολλοί σχεδιαστές συνδυάζουν τμήματα απλής τοιχοποιίας

Trombe με απλά ανοίγματα άμεσης εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η συγκεκριμένη λύση αυξάνουν αν με σωστή επιλογή της θέσης εγκατάστασης των συστημάτων ευνοούνται οι χώροι του κτιρίου ανάλογα με το χρόνο χρήσης τους (π.χ. άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στα δωμάτια διημέρευσης και τοίχοι Trombe στα υπνοδωμάτια).

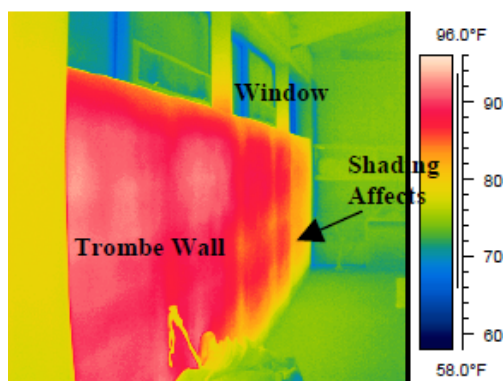


Σχήμα 3.13: Τοίχος Trombe με ανοίγματα αερισμού, ημέρα και νύχτα
(Πηγή: <http://passivesolar.sustainablesources.com/>)

Το κύριο πλεονέκτημα των τοίχων Trombe με ανοίγματα αερισμού (Σχήμα 3.13), δηλαδή η ταχύτητα στη θέρμανση του χώρου, μπορεί να επιτευχθεί και με τη μικτή εφαρμογή συστημάτων άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας και κοινών τοίχων Trombe. Όπως εξηγήθηκε, ο τοίχος Trombe χωρίς ανοίγματα αερισμού συνεπάγεται διαφορά φάσης στη θέρμανση του εσωτερικού χώρου του κτιρίου έναντι της θέρμανσης που επιτυγχάνεται με την άμεση είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από ανοίγματα στο κέλυφός του. Ο συνδυασμός κοινών τοίχων Trombe και κοινών ανοιγμάτων με υαλοπίνακες στον ίδιο χώρο περιορίζει πολλά από τα προβλήματα που συνδέονται με τους τοίχους Trombe με ανοίγματα αερισμού (Σχήμα 3.14). Έτσι, για παράδειγμα, εξαφανίζονται τα αντιαισθητικά ανοίγματα και τα καλύμματά τους στους τοίχους και δεν συσσωρεύεται σκόνη στην μεταξύ του τοίχου και υαλοπίνακα περιοχή στην οποία συνεχώς κυκλοφορεί αέρας. Εξάλλου, τα κοινά ανοίγματα στο κέλυφος είναι απαραίτητα για το φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό του κτιρίου και τη θέα ενώ, επιπλέον, συμβάλλουν επικοινωνητικότερα έναντι των συμπαγών τοίχων στην αισθητική του κτιρίου.

Αντίθετα με τους κοινούς τοίχους Trombe, η χρήση τοίχων Trombe με ανοίγματα αερισμού σε συνδυασμό με ανοίγματα για άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στον ίδιο χώρο

συνεπάγεται έντονες μεταβολές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικές.^[18]



Σχήμα 3.14: Θερμοφωτογραφία τοίχου Trombe σε συνδιασμό με ανοίγματα (Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης (2007), "Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών")

3.2.1.3 Επίστρωση της εξωτερικής επιφάνειας των τοίχων Trombe

Η απόδοση των τοίχων αποθήκευσης θερμότητας εξαρτάται καθοριστικά από την απορροφητική ικανότητα της επιφάνειας της προσανατολισμένης προς τις ηλιακές ακτίνες. Όσο η απορροφητική ικανότητα της επιφάνειας αυτής μικραίνει τόσο περιορίζεται η ενεργειακή απόδοση του συστήματος. Σαν συνέπεια επιβάλλεται η επιλογή σκούρων χρωμάτων με υψηλό συντελεστή απορρόφησης για το χρωματισμό αυτής της επιφάνειας. Αντίθετα, η εσωτερική πλευρά του τοίχου, από την οποία αποδίδεται θερμική ενέργεια, θα πρέπει να είναι χρωματισμένη με ανοιχτά χρώματα ώστε να έχει υψηλό συντελεστή ακτινοβολίας.

Σε όλους τους τοίχους Trombe, αλλά κυρίως στους κοινούς (χωρίς ανοίγματα αερισμού), η ακτινοβολία του τοίχου προς την πλευρά του υαλοπίνακα συνεπάγεται σημαντικές απώλειες θερμικής ενέργειας. Περιορισμός αυτών των απωλειών επιτυγχάνεται με την επίστρωση της αντίστοιχης επιφάνειας με υλικό που δε ακτινοβολεί έντονα. Καταλληλότερο για την περίπτωση έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα μαύρο μεταλλικό φύλλο που λόγω χρώματος (μαύρο) απορροφά το σύνολο του ορατού φάσματος και λόγω υλικού (μέταλλο) απορροφά επίσης σε μεγάλο τμήμα του υπεριώδους φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Παρόμοια μεταλλικά φύλλα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται και στους ηλιακούς θερμοσίφωνες, αποδεικνύεται ότι αυξάνουν εξαιρετικά τη θερμική απόδοση των τοίχων Trombe, κυρίως των κοινών. Επίσης, η εφαρμογή τους απαλλάσσει από την ανάγκη λήψης μέτρων περιορισμού της νυκτερινής ακτινοβολίας προς το περιβάλλον, μέτρων που επιπλέον έχουν το μειονέκτημα ότι απαιτούν την παρουσία των ενοίκων ή την εγκατάσταση μηχανισμών για το χειρισμό τους. Στους τοίχους Trombe με ανοίγματα αερισμού η εφαρμογή παρόμοιων υλικών έχει επίσης ευεργετικά αποτελέσματα αλλά λιγότερο σημαντικά εξ αιτίας του γεγονότος ότι στην περίπτωση αυτή ένα μέρος των απωλειών οφείλεται σε μεταφορά, και όχι σε ακτινοβολία, καθώς και στο ότι συχνά συσσωρεύεται σκόνη που υποβαθμίζει τις απορροφητικές ιδιότητες της επίστρωσης και αυξάνει την ακτινοβολούμενη ενέργεια.^[18]

3.2.1.4 Στοιχεία της κατασκευής των τοίχων Trombe

Κατασκευαστικά, οι τοίχοι Trombe αποτελούν τμήμα του κελύφους του κτιρίου. Αυτοί μπορεί να είναι είτε μέρος του φέροντα οργανισμού του είτε απλά τοίχοι πλήρωσης. Συνηθέστερα υλικά για την κατασκευή τους είναι το μπετόν, τα συμπαγή τούβλα και οι πέτρες. Στους τοίχους από τούβλα και πέτρες απαιτείται προσοχή στην πλήρωση των αρμών με συνδετικό κονίαμα ώστε να αποφεύγονται τα κενά που λειτουργούν ως εμπόδια στην αγωγή της θερμότητας. Για τον ίδιο λόγο δεν είναι σωστό να χρησιμοποιούνται διάτρητα τούβλα. Το βέλτιστο πάχη των τοίχων Trombe κυμαίνονται μεταξύ 25 και 40 εκ., ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι και από το αν έχουν ανοίγματα αερισμού ή όχι. Όμως, η απόδοση μεταβάλλεται σχετικά λίγο για αποκλίσεις μέχρι 20 % από τις βέλτιστες τιμές. Έτσι, για λόγους απλότητας αλλά και ευκολίας στην κατασκευή, το συνηθέστερα προτεινόμενο πάχος για όλα τα υλικά κατασκευής είναι αυτό του υπερμπατικού τοίχου των 30 εκ. Σε κτίρια που χρησιμοποιούνται μόνο την ημέρα και κατά συνέπεια δεν χρειάζονται θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και μικρότερα πάχη που παρέχουν ταχύτερη θέρμανση. Για τους τοίχους Trombe χωρίς ανοίγματα αερισμού η απόσταση μεταξύ του τοίχου και του υαλοπύνακα δεν έχει ιδιαίτερη σημασία - περίπου 2 με 3 εκ. είναι αρκετά. Σε τοίχους όμως με ανοίγματα αερισμού η απόσταση αυτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15 εκ. ώστε να κυκλοφορεί ανεμπόδιστα ο αέρας.

Σε κτίρια εξοπλισμένα με τοιχοποιίες Trombe, στο μέτρο που οι διαδικασίες αποθήκευσης και απόδοσης της θερμικής ενέργειας από τον ήλιο λαμβάνουν χώρα στα συγκεκριμένα στοιχεία, δεν έχει ιδιαίτερη σημασία και δεν αξίζει να απασχολεί το σχεδιασμό και την κατασκευή η θερμοχωρητική συμπεριφορά των υπόλοιπων δομικών στοιχείων.

Επειδή γενικά στους χώρους όπου βρίσκονται εγκαταστημένοι τοίχοι Trombe οι απώλειες ακτινοβολίας από τα ανοίγματα είναι περιορισμένες, η θερμική μόνωση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι λιγότερο σημαντική στο ετήσιο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και τις συνθήκες άνεσης των ενοίκων, σε σύγκριση με τα συστήματα άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξάλλου, η εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση διατάξεων που εμποδίζουν την ακτινοβολία προς το περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύχτας (π.χ. κουρτίνες) στους τοίχους Trombe δεν είναι εύκολη. Εναλλακτικά, συνιστάται η εφαρμογή κατάλληλης επίστρωσης, όπως περιγράφηκε νωρίτερα, στην εξωτερική τους επιφάνεια που δεν ακτινοβολεί έντονα τη θερμική ενέργεια.^[3]

3.2.1.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοίχων Trombe

Οι τοίχοι Trombe έχουν πολύ καλή συμπεριφορά και απόδοση σε σύγκριση με άλλα παθητικά συστήματα. Με τη μάζα τους, που παρεμβάλλεται μεταξύ του χώρου του κτιρίου στον οποίο είναι εγκαταστημένα και του περιβάλλοντος, προφυλάσσουν τους ενοίκους από τις αυξομειώσεις θερμοκρασίας εξ αιτίας μεταβολών στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, η βραδύτητα με την οποία "μεταφέρουν" τη θερμότητα δια μέσου της μάζας τους στους εσωτερικούς χώρους αλλά και το γεγονός ότι ο ρυθμός μεταφοράς είναι υπολογίσιμος, ως συνάρτηση του πάχους και του υλικού του τοίχου, αποτελούν σοβαρά πλεονεκτήματα.

Στα μειονεκτήματα των τοίχων Trombe περιλαμβάνεται το γεγονός ότι αργούν να αποδώσουν θερμική ενέργεια στην αρχή της ημέρας (πρωί). Η τοποθέτηση ανοιγμάτων αερισμού στην

κορυφή και τη βάση του τοίχου εξασφαλίζει ταχύτερη θέρμανση αλλά σε βάρος της απόδοσης του συστήματος κατά τη διάρκεια των απογευματινών και βραδινών ωρών. Η ανάγκη κατασκευής ανοιγμάτων αερισμού στον τοίχο Trombe εξαρτάται από τη χρήση του χώρου για τον οποίο αυτός προορίζεται. Αν για παράδειγμα αυτός χρειάζεται κατά τις πρωινές ώρες περισσότερη θέρμανση από αυτήν που μπορεί να προσφερθεί από συστήματα άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας τότε τα ανοίγματα αερισμού είναι αποδεκτά. Τα ανοίγματα αερισμού των τοίχων θα πρέπει να συνοδεύονται και από συστήματα παρεμπόδισης της αντίστροφης κυκλοφορίας του αέρα εφόσον το σύστημα προορίζεται για θέρμανση. Στους τοίχους με ανοίγματα αερισμού είναι σύνηθες φαινόμενο η συσσώρευση σκόνης στο διάστημα μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα. Η σκόνη αυτή εκτός της αισθητικής επηρεάζει και την απόδοση του συστήματος. Το διάστημα μεταξύ του τοίχου και του υαλοπίνακα είναι πολύ στενό και μη επισκέψιμο. Για οποιαδήποτε επέμβαση στο συγκεκριμένο χώρο (καθάρισμα, βάψιμο κλπ) θα πρέπει να προβλεφθεί η δυνατότητα μετακίνησης του υαλοπίνακα. Σχετικά, οι συρόμενοι υαλοπίνακες αποτελούν μία πολύ καλή λύση.

Οι τοιχοποιίες Trombe, όπως όλα τα παθητικά συστήματα, έχουν κάποιο κόστος στην εγκατάστασή τους. Το κόστος αυτό κατανέμεται σε κόστος κατασκευής και σε δομημένη επιφάνεια που καταλαμβάνουν.^[3]

3.2.2 Ηλιακοί χώροι

3.2.2.1 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο (Σχλημα 3.15) είναι ένας συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτίριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτίριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο.

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτίριο ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτίριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου. Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτίριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο. Θερμοκήπια θεωρούνται και τα αίθρια στον πυρήνα των κτιρίων, σκεπασμένα με γυάλινη επιστέγαση, που είναι ανεξάρτητοι μη θερμαινόμενοι χώροι. Ο ηλιακός χώρος συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών, διευκολύνει την παραγωγή αγροτικών προϊόντων για οικιακή χρήση και προσφέρει χρηστικό χώρο στους ενοίκους.

Για να χαρακτηριστεί ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτίριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό (προς το Νότο, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$), διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο χώρος του θερμοκηπίου θερμαίνεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Συγχρόνως η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο του θερμοκηπίου ή/και το δάπεδο, μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα ποσοστό μεταφέρεται στο κτίριο. Από αυτή την άποψη, το προσαρτημένο θερμοκήπιο είναι ένα εκτεταμένο σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με τη μόνη διαφορά ότι το υαλοστάσιο είναι τοποθετημένο σε αρκετή απόσταση από τον τοίχο, ώστε να δημιουργείται κατοικήσιμος χώρος για την ημέρα ή ένας χώρος όπου καλλιεργούνται φυτά.

Το θερμοκήπιο χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική διαστρωμάτωση, με τις πιο θερμές μάζες του αέρα να ανυψώνονται προς την ανώτατη στάθμη του. Έτσι, τοποθέτηση θυρίδων στα υψηλότερα σημεία του στοιχείου που συνδέει το θερμοκήπιο με το κτίριο είναι ικανές να προσάγουν θερμό αέρα στους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου.

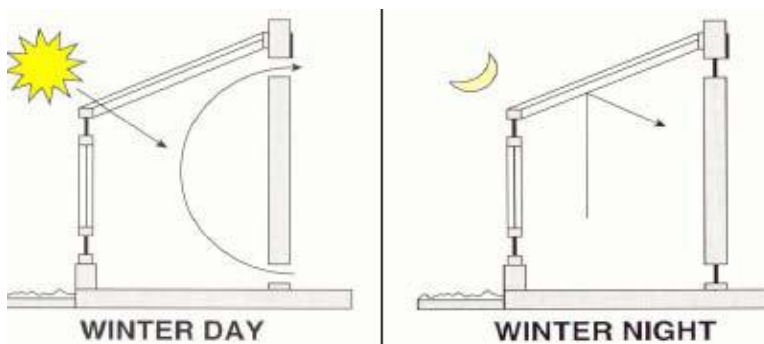
Το θερμοκήπιο- ηλιακός χώρος, επίσης, λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (χώρος θερμικής ανάσχεσης). Σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας ο ηλιακός χώρος έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κι έτσι συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Σε ψυχρά όμως κλίματα, κατά τις νυχτερινές ώρες, μπορεί να συμβάλλει σε αύξηση θερμικών απωλειών, όταν ο ενδιάμεσος τοίχος δεν είναι επαρκώς μονωμένος. Σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια, η εσωτερική θερμοκρασία σ' ένα θερμοκήπιο με διπλό υαλοστάσιο φθάνει τουλάχιστον στους 10°C όταν η εξωτερική είναι 0°C.^[8]



Σχήμα 3.15: Απεικόνιση θερμοκηπίου
(Πηγή: <http://sunroomscosts.com/curvedsunrooms-1.html>)

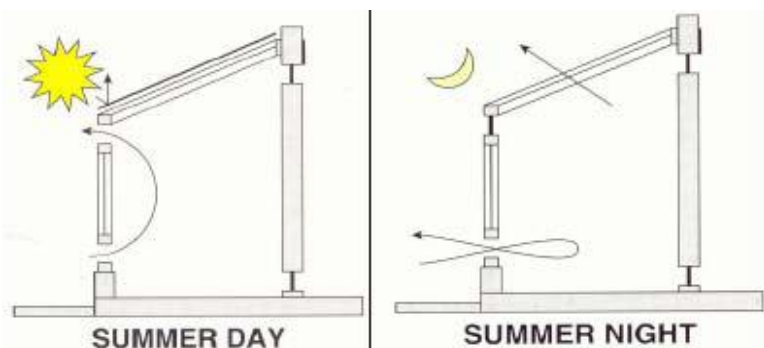
Τις νυχτερινές ώρες, το σύστημα αυτό αποβάλλει μέσω ακτινοβολίας, όση θερμότητα συνέλεξε την ημέρα, με αποτέλεσμα το θερμικό ισοζύγιο (θερμικό κέρδος μείον θερμικές απώλειες) να είναι αρνητικό. Για τη μείωση των θερμικών απωλειών, συνιστάται η νυχτερινή προστασία του υαλοστασίου με θερμομονωτικά εσωτερικά πετάσματα, εκτός αν το τμήμα του κτιριακού

κελύφους, με το οποίο ο ηλιακός χώρος βρίσκεται σε επαφή είναι θερμομονωμένο. Επίσης, σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά την χειμερινή περίοδο (Σχήμα 3.16), προτείνεται η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων στον ηλιακό χώρο, καθώς και θερμομόνωση του κοινού τμήματος της τοιχοποιίας.



Σχήμα 3.16: Λειτουργία θερμοκηπίου την περίοδο του χειμώνα σε ημέρα και νύχτα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")

Το καλοκαίρι (Σχήμα 3.17), για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκιάχτρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα.^[20,21]



Σχήμα 3.17: Λειτουργία θερμοκηπίου την περίοδο του καλοκαιριού σε ημέρα και νύχτα (Πηγή: Αργυράκη Μαρία (2008), "Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα")

Η θερμική συνεισφορά του ηλιακού χώρου εξαρτάται από το γεωμετρικό σχήμα και τον τρόπο σύνδεσής του με το κτίριο. Η απόδοσή του είναι συγκρίσιμη και πολλές φορές καλύτερη από την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης, που έχει την ίδια επιφάνεια υαλοστασίου. Οι επιπλέον θερμικές απώλειες μέσω της οροφής και των τοίχων που περιβάλλουν έναν ηλιακό χώρο αντισταθμίζονται από το γεγονός ότι το υαλοστάσιο έχει τη βέλτιστη κλίση. Υπολογίζεται

ότι κατά τους χειμερινούς μήνες 10% έως 30% από την θερμότητα που προέρχεται από τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από έναν ηλιακό χώρο μεταφέρεται στους παρακείμενους χώρους του κτιρίου.

3.2.2.1.1 Μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας ηλιακού χώρου

Υπάρχουν πέντε βασικές μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας από τον ηλιακό χώρο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου:

- Με απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου (στην περίπτωση που υπάρχουν διαφανή στοιχεία στον ενδιάμεσο τοίχο).
- Με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με θερμοσιφωνισμό (στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα ή θυρίδες στον ενδιάμεσο τοίχο) ή με βεβιασμένη μεταφορά (θυρίδες ενισχυμένες με ανεμιστήρες).
- Με αγωγιμότητα μέσω των διαχωριστικών τοίχων θερμοκηπίου-κτιρίου (σε αυτή την περίπτωση ο ενδιάμεσος τοίχος δε διαθέτει θερμομόνωση κατά τη διάρκεια της ημέρας).
- Με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) και αποθήκευση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο απ' όπου και μεταδίδεται με ακτινοβολία ή μεταφορά. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί και σε χώρους που δεν δέχονται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία.
- Με συνδυασμό των ανωτέρω.

Ανάλογα με τη θερμική σύνδεση και τον επιθυμητό τρόπο μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής της θερμότητας, ο διαχωριστικός τοίχος και το διαχωριστικό υαλοστάσιο μεταξύ θερμοκηπίου και κατοικήσιμου χώρου, θερμομονώνεται ή όχι και εφαρμόζεται νυχτερινή μόνωση (η οποία εφαρμόζεται και τη θερινή περίοδο).

Στη μέθοδο της απευθείας εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο, τμήμα του κοινού τοίχου μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου αποτελείται από υαλοστάσιο. Ένα σημαντικό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο υαλοστάσιο του θερμοκηπίου εισέρχεται στο κτίριο απευθείας μέσα από ενδιάμεσα ανοίγματα, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο θερμοκήπιο και το θερμαίνει. Σ' αυτήν την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Το πλεονέκτημα σε σχέση με το σύστημα του άμεσου κέρδους είναι ότι μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το υαλοστάσιο του θερμαινόμενου χώρου, επειδή μεσολαβεί το θερμοκήπιο, όπου αναπτύσσεται υψηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον.

Η μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο (είτε ο διαχωριστικός τοίχος διαθέτει ανοίγματα είτε όχι) βασίζεται στο φυσικό θερμοσιφωνισμό ή υποστηρίζεται από ανεμιστήρες. Για τη φυσική μεταφορά της θερμότητας απαιτούνται ανοίγματα (παράθυρα ή πόρτες ή θυρίδες) στον κοινό τοίχο θερμοκηπίου – κτιρίου, που ανοίγουν αυτόματα ή χειροκίνητα και έτσι δημιουργείται φυσική κυκλοφορία του θερμού αέρα. Όσο υψηλότερα είναι τοποθετημένα τα ανοίγματα στο διαχωριστικό τοίχο και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροή της θερμότητας από το θερμοκήπιο στον κυρίως χώρο. Η θερμότητα που αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο μπορεί, στη συνέχεια, να αποταμιευθεί στα εσωτερικά δομικά στοιχεία όπως και στην περίπτωση του άμεσου κέρδους.

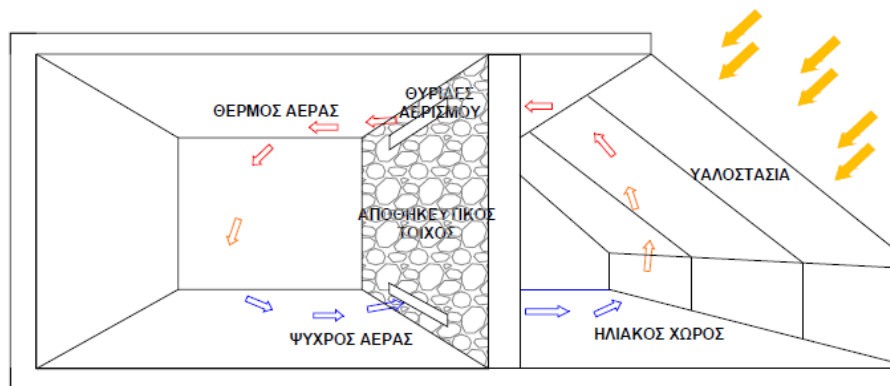
Αν χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες, με χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία, η θερμοκρασία μπορεί να διοχετευθεί και στους βορινούς χώρους, που δεν δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, και να αποταμιευθεί σε ειδικά στοιχεία αποθήκευσης, ή στα δομικά τους στοιχεία.

Η μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα μέσα από τους κοινούς τοίχους θερμοκηπίου – κτιρίου είναι ο πιο συνηθισμένος και αποτελεσματικός τρόπος για τη θερμική σύνδεση του κτιρίου με το θερμοκήπιο (Σχήμα 3.18). Σ' αυτή την περίπτωση ο διαχωριστικός τοίχος δεν έχει θερμική μόνωση και ουσιαστικά λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες όπως και στο σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης: από το μέγεθος του υαλοστασίου, τον προσανατολισμό, την κλίση και τις ιδιότητες του υαλοστασίου του ηλιακού χώρου κι από την επιφάνεια, το πάχος, το υλικό κατασκευής και το χρώμα του διαχωριστικού τοίχου.

Το πάχος του μη θερμομονωμένου διαχωριστικού τοίχου (από σκυρόδεμα ή συμπαγή πλινθοδομή) κυμαίνεται από 20-35 εκ. Όταν υπάρχει υδάτινος τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου, ο όγκος του νερού προσδιορίζει τη διακύμανση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο και στους παρακείμενους κατοικήσιμους χώρους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού τόσο μικρότερες είναι οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Στην περίπτωση που η κατασκευή του θερμοκηπίου γίνεται σε περιοχή που χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες το βράδυ, επιβάλλεται η κινητή νυχτερινή θερμομόνωση του διαχωριστικού τοίχου, τόσο του διαφανούς όσο και του αδιαφανούς τμήματος όταν δεν είναι θερμομονωμένο.



Σχήμα 3.18: Λειτουργία ροής αέρα θερμοκηπίου
(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010)

Η μετάδοση της θερμότητας με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον θερμό αέρα σε χώρο με θραυστό υλικό (rock bed, lit de pierres), όπου και αποθηκεύεται η θερμότητα και αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με ακτινοβολία ή μεταφορά. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε εύκρατα κλίματα, όπου την ημέρα συλλέγεται πολύ περισσότερη θερμότητα από όση είναι αναγκαία για τη θέρμανση του χώρου.

Για την αποδοτική λειτουργία του θερμοκηπίου, ανεξάρτητα από τον τρόπο θερμικής του σύνδεσης με το κτίριο, πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση, η οποία εύκολα μπορεί να προκύψει ακόμη και το χειμώνα, λόγω της μεγάλης επιφάνειας των υαλοστασίων. Για την

αποφυγή της υπερθέρμανσης απαιτείται ηλιοπροστασία το καλοκαίρι και συνιστάται να προβλέπονται αποσπώμενες γυάλινες επιφάνειες.

Η ηλιοπροστασία του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη και μπορεί να συνδυαστεί και με τα συστήματα νυχτερινής μόνωσης. Η ηλιοπροστασία αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στο σύστημα του άμεσου κέρδους.^[8]

Στην Ελλάδα, από μετρήσεις και προσομοιώσεις που έγιναν σε κατοικίες με προσαρτημένα θερμοκήπια προκύπτει ότι αυτά συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 13 με 30%. Για το δικό μας κλίμα, συνιστάται η αδιαφανής οροφή, για αποφυγή υπερθέρμανσης, αλλά και για να μην υπάρχουν προβλήματα φθοράς λόγω των κατακρημνίσεων. Επίσης, το καλοκαίρι, συνιστάται η απομάκρυνση των τζαμιών, λόγω του θερμού ελληνικού καλοκαιριού, ώστε να μην έχουμε αυξημένα ηλιακά κέρδη. Σε περίπτωση γυάλινης οροφής που δεν απομακρύνεται, απαραίτητο είναι να υπάρχει άνοιγμα-φεγγίτης για την απαγωγή του θερμού αέρα.

Επίσης, είναι απαραίτητος ο αερισμός του θερμοκηπίου, ο οποίος λειτουργεί και ως μέσο ελέγχου της υπερθέρμανσης και της υγρασίας αλλά και για την απομάκρυνση του CO₂ που παράγεται το βράδυ, στην περίπτωση που ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια των φυτών. Για να δημιουργηθεί ρεύμα αέρα πρέπει να τοποθετηθούν περίπου ίδιου μεγέθους ανοίγματα στους απέναντι τοίχους, ή ανοιγόμενες θυρίδες στο άνω τμήμα του θερμοκηπίου.^[22]

3.2.2.2 Ηλιακά Αίθρια

Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτιρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων (Σχήμα 3.19). Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός.^[9]



Σχήμα 3.19: Απεικόνιση αίθριου
(Πηγή: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1449198>)

3.2.2.3 Φυτεμένο δώμα

Φυτοκαλυμμένο δώμα ή κήπος σε δώμα, μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή (Σχήμα 3.20). Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος.



Σχήμα 3.20: Απεικόνιση της φυτεμένης οροφής του κτιρίου City Hall στο Σικάγο
(Πηγή: www.builtnet.gr)

Τα φυτά μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας των κτιρίων κατά τους θερινούς και τους χειμερινούς μήνες, συνεπώς συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Με τα φυτεμένα δώματα επιτυγχάνεται η απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων ηλιακής ενέργειας, η οποία σε άλλες περιπτώσεις θα αποδιδόταν στο περιβάλλον. Σε ένα καλά μονωμένο κτίριο, η χρήση του κλιματιστικού και του καλοριφέρ μειώνεται. Η μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης υπολογίζεται σε 2 λίτρα για κάθε τετραγωνικό μέτρο πράσινης ταράσας κάθε χρόνο.

Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων και του γεγονότος ότι μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της ανώτατης επιφάνειας της διατομής των φυτεμένων δωματίων (χώματος) παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα, το οποίο προσφέρει προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και προστασία έναντι των θερμικών απωλειών το χειμώνα. Το φυτεμένο δώμα λειτουργεί λοιπόν ως μια επιπλέον θερμομονωτική στρώση, ελαττώνοντας τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα. Έτσι, μειώνονται αντίστοιχα η κατανάλωση για θέρμανση το χειμώνα και για ψύξη το καλοκαίρι.

Οι φυτεμένες οροφές αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα). Ένα φυτεμένο δώμα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα:

- το δομικό τμήμα, το οποίο αποτελεί το υπόβαθρο της κατασκευής,
- το κηπευτικό τμήμα, το οποίο είναι ουσιαστικά ο κήπος της στέγης και
- το φυτικό τμήμα, το οποίο περιλαμβάνει τα φυτά.

Τα τρία αυτά τμήματα μπορεί να είναι ανεξάρτητα και να αποτελούνται από τελείως διαφορετικά υλικά και σύσταση, στην ουσία όμως εξαρτώνται άμεσα το ένα από το άλλο. Κατά το σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που θα πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το φυσικό. Βασικός φυσικός παράγοντας που απουσιάζει είναι το έδαφος, η απουσία του οποίου αντισταθμίζεται με την εγκατάσταση υποστρώματος, το οποίο παίζει το ρόλο του εδάφους. Τα ποικίλα στρώματα της πράσινης οροφής εκτελούν τις διαφορετικές λειτουργίες του φυσικού εδάφους, δηλαδή δίνουν τα θρεπτικά συστατικά, αποθηκεύουν νερό, και επιτρέπουν παράλληλα την διαπνοή και την εξάτμιση.

Γενικά, το υπόστρωμα μέσω της διαστρωμάτωσης και της σύστασής του, πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια έτσι ώστε να ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών, να προσφέρει ένα καλό μέσο στήριξης για τα φυτά, να διατηρεί μια ικανοποιητική ποσότητα νερού και ένα ικανοποιητικά πορώδες, ενώ συγχρόνως πρέπει να είναι ελαφρύ για να μην επιβαρύνει τις φορτίσεις του κτιρίου και να διασφαλίζει τη στεγανότητα του δώματος και την προστασία του από διαβρώσεις και φθορές που μπορεί να προκαλέσει η φύτευση.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Αργυράκη Μαρία, 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα', 2008
2. Βραχόπουλος Μιχάλης, 'Αναλυτική Προσέγγιση Κεντρικών Θερμάνσεων', Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2004
3. Γιαννόπουλος Ιωάννης, 'Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών', 2007
4. Ευθυμιόπουλος Ηλίας, 'Κτίριο και Περιβάλλον', Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
5. Καραβασίλη Μαργαρίτα, 'Κτίρια για έναν πράσινο κόσμο, οικολογική δόμηση, βιοκλιματική αρχιτεκτονική', Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, PsystemsinternationalAE, Αθήνα 1999
6. Λαζάρη Ευγενεία, 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής', Καπε, Πικέρμι 2002
http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf
7. Μάλλιαρης-Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 'Ενεργειακός σχεδιασμός, εισαγωγή για αρχιτέκτονες', 1994
8. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τεχνική Οδηγία Τ.Ο. ΤΕΕ 20702-5/2010, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων', Αθήνα 2011
9. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα
<http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
10. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παθητικά Συστήματα
http://www.arch.tuc.gr/main_site/information/lectures/documents/pathitika_systimata.pdf
11. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
12. <http://www.acca.it/euleb/en/glossary/index6.html>
13. <http://www.lxrdesign.biz/DETAILS.htm>
14. <http://www.theenergylibrary.com/node/11633>
15. <http://passivesolar.sustainablesources.com>
16. Anderson B., Wells M., 'Passive Solar Energy: The Homeowners Guide to Natural Heating and Cooling', Andover, Massachusetts, USA 1981
17. Mazria E., 'The Passive Solar Energy Book', Emmaus, Pennsylvania, USA 1979
www.builtitsolar.com/Projects/SolarHoms/PasSolEnergyBk/PSEbook.htm

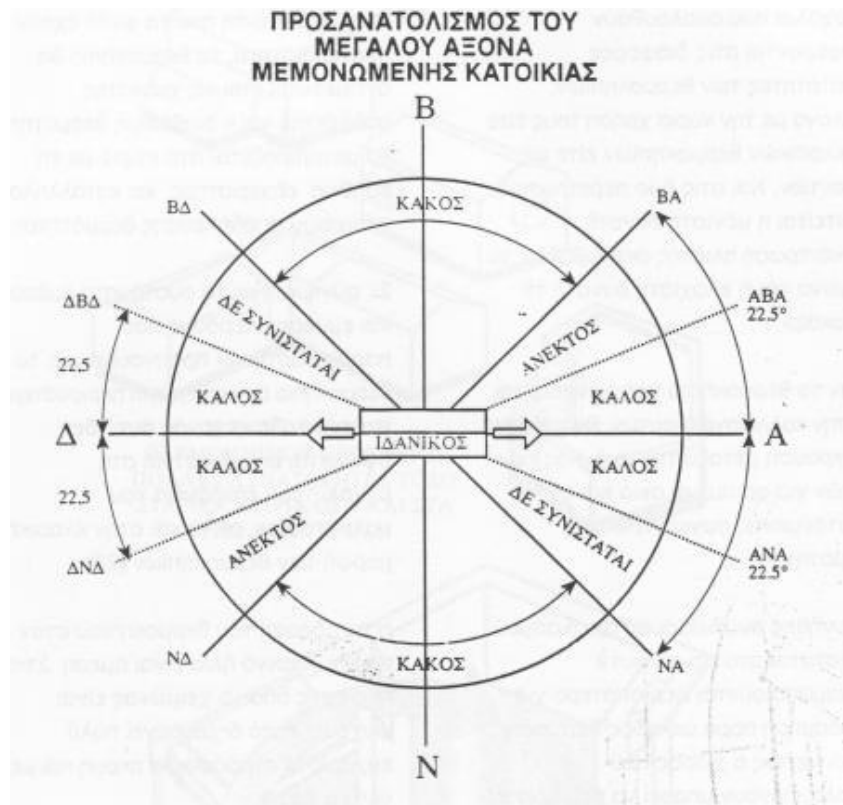
18. Moore F., 'Environmental Control Systems: Heating, Cooling, Lighting', McGraw-Hill, Inc., N.Y., USA 1993
19. European Commission, Energy Research Group University College Dublin, 'Bioclimatic Architecture, The demonstration component of the Joule Thermie Programme', Ireland 1997
http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf
20. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm
21. <http://www.azrolarcenter.com/design/passive-2.html>
22. Θερμοκήπιο, κατασκευή για θερμική εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας στα κτίρια
http://klimalarissa.blogspot.com/2007/04/blog-post_402.html
23. Wikipedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusivity
24. <http://sunroomscosts.com/curvedsunrooms-1.html>
25. <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1449198>

Κεφάλαιο 4

Προσανατολισμός και Σκίαση

4.1 Ηλιοπροστασία - Σκιασμός

Η σωστή μελέτη της τοποθεσίας στην οποία πρόκειται να κατασκευασθεί το κτίριο δίνει τη δυνατότητα αυτό να τοποθετηθεί σε βέλτιστο προσανατολισμό (Σχήμα 4.1) ο οποίος σε συνδυασμό με κατάλληλα συστήματα σκίασης να συμβάλλουν σημαντικά στον περιορισμό της περιττής θέρμανσης του κτιρίου από τον ήλιο.



Σχήμα 4.1: Βελτιστοποίηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας: προσανατολισμός (Πηγή: Μάλλιαρης, "Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια")

Καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια του ηλιασμού και για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτίριο είναι ο προσανατολισμός των συμπαγών και διαφανών στοιχείων του. Η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτιρίων και την τοποθέτηση των χώρων σε σχέση με τις απαιτήσεις ηλιασμού και θέρμανσης.

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 σαν 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 κτιρίου. Αντίθετα το καλοκαίρι δέχεται το ελάχιστο σε θερμότητα, παρά τη μεγάλη διάρκεια του ηλιασμού της.

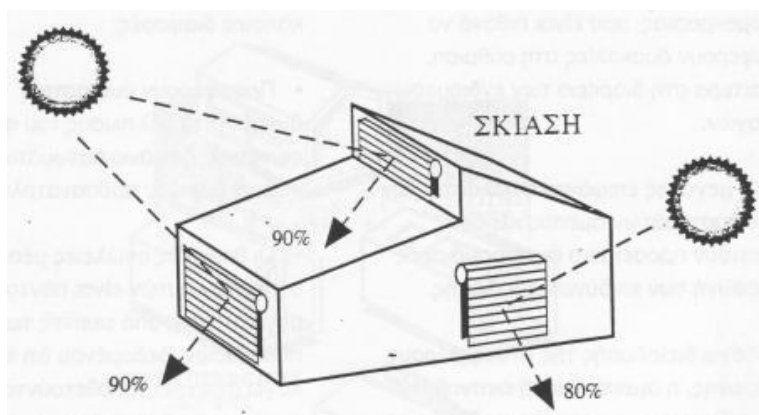
- Οι με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό όψεις των κτιρίων δέχονται το μέγιστο του ηλιασμού από το Μάη μέχρι τον Ιούλιο και αντίθετα μικρό ποσό θερμότητας το χειμώνα.
- Οι βορινές προσόψεις ηλιαζονται μόνο το καλοκαίρι, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

Πέρα από τα ηλιακά κέρδη, ο προσανατολισμός ενός κτιρίου σχετίζεται και με τις συνθήκες φυσικού φωτισμού. Μια κατοικία πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο το φως κατά τη διάρκεια της μέρας. Ο σωστός προσανατολισμός του σπιτιού είναι εκείνος που εξασφαλίζει, επίσης, την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. Επίσης σημαντικός είναι ο τρόπος διαρρύθμισής των χώρων, ο οποίος πρέπει να γίνεται με βάση το βαθμό δραστηριότητας που πραγματοποιείται. Έτσι, οι χώροι συχνής χρήσης με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις προσανατολίζονται προς τον νότο, ενώ οι υπόλοιποι προς τη βόρεια πλευρά του κτιρίου. Για τα εύκρατα κλίματα στην βορινή πλευρά του κτιρίου, η οποία είναι η ψυχρότερη και η πιο σκοτεινή, πρέπει να τοποθετούνται χώροι μικρότερης χρήσης, όπως αποθήκες, κλιμακοστάσια και γκαράζ. Οι χώροι αυτοί προστατεύουν το υπόλοιπο κτίριο, λειτουργούν ως χώροι ανάσχεσης και μετριάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Τα υπόγεια και οι σοφίτες μπορούν να επιτελούν παρεμφερείς λειτουργίες. Για να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά αυτοί οι χώροι, καλό είναι να υπάρχει μόνωση μεταξύ αυτών των τμημάτων του κτιρίου και των άλλων τμημάτων που θερμαίνονται καλύτερα. Στη νότια πλευρά, που δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα και το ελάχιστο κατά το θέρος, μπορούν να προσαρμοστούν θερμοκήπια και βεράντες που συμβάλλουν στη δέσμευση της θερμικής ενέργειας, καθώς επίσης να τοποθετηθούν οι αίθουσες καθημερινής χρήσης όπως τα σαλόνια, η τραπεζαρία και η κουζίνα που έχουν ανάγκες σε φωτισμό και θέρμανση.

Συμπερασματικά ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδεώδης για τη διάταξη των ανοιγμάτων σε ένα κτίριο. Το σχήμα του κτιρίου για τη βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να είναι επιμηκυμένο κατά τον άξονα Α-Δ. Μικρή απόκλιση κατά 20° δεν μεταβάλλει ουσιαστικά την απόδοση των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. Μονώροφα κτίρια με μικρό βάθος, τοποθετημένα με την κύρια όψη τους στο νότο, ή πολυώροφα με νότια πρόσοψη ή κλιμακωτές διατάξεις κτιρίων για να εκμεταλλεύονται το νότιο προσανατολισμό είναι αρχιτεκτονικές συνθέσεις με σωστό «ενεργειακό» προβληματισμό^[1].

4.2 Σκίαση

Ο βιοκλιματικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός των κτιρίων προϋποθέτει την χρήση παθητικών τεχνολογιών όπως είναι τα συστήματα σκίασης (Σχήμα 4.2). Εμπειριστατωμένες μελέτες απέδειξαν ότι η θερμοκρασία των δομημένων χώρων μπορεί να μειωθεί από 5-15°C με την εφαρμογή συστημάτων σκίασης.



Σχήμα 4.2: Συστήματα σκίασης

(Πηγή: Μάλλιαρης, "Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια")

Ο τομέας της σκίασης δηλαδή η βιομηχανία που ασχολείται με την παραγωγή- προώθηση συστημάτων και εφαρμογών ηλιοπροστασίας, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος στην αρχιτεκτονική κάθε κτιρίου με απώτερο σκοπό την δημιουργία ποιοτικών συνθηκών διαβίωσης. Η συμβολή των συστημάτων σκίασης στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων είναι βαρυσήμαντη. Η ηλιοπροστασία όταν εφαρμόζεται σωστά μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω του ότι μειώνεται η ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων κατά την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού. Η κατανάλωση ενέργειας από τις κλιματιστικές μονάδες μειώνεται σε μεγάλο βαθμό. Ως επακόλουθο έχουμε την μείωση του λειτουργικού κόστους - εξοικονόμηση χρημάτων και μέριμα για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Ο τομέας της σκίασης εμπίπτει στην Ευρωπαϊκή οδηγία για την ασφάλεια και υγιεινή στους χώρους εργασίας. Με τα συστήματα σκίασης δημιουργούνται ποιοτικές συνθήκες όσον αφορά την θερμοκρασία του κτιρίου με αποτέλεσμα το ανθρώπινο δυναμικό να είναι πιο παραγωγικό, δημιουργικό, συμβολή στην μείωση του άγχους, μείωση στις συνήθεις ασθένειες όπως άσθμα, αλλεργίες και άλλα πολλά. Τα συστήματα εξωτερικής σκίασης όπως είναι τα Σκίαστρα, οι Εξωτερικές Οριζόντιες Περσίδες και τα Τεντοσυστήματα, ανήκουν στα παθητικά συστήματα ηλιοπροστασίας και κατ' επέκταση στις μεθόδους φυσικού κλιματισμού των χώρων.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια επιτυγχάνεται με δυο τρόπους: κατά την διάρκεια του χειμώνα, λόγω της συμπληρωματικής θερμικής αντίστασή τους τα συστήματα σκίασης όταν βρίσκονται σε κλειστή θέση, μειώνουν την ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, μέσω αποφυγής του περιττού θερμικού ηλιακού κέρδους, μειώνουν την ενεργειακή ζήτηση για ψύξη του εσωτερικού χώρου^[2].

1. Χειμερινή περίοδος: Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν ανοιχτά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας με αποτέλεσμα την φυσική θέρμανση του χώρου και είτε με αυτόματο(χρησιμοποίηση αισθητήρα έντασης ηλιακού φωτός) ή χειροκίνητο τρόπο θα κλείσουν με την απουσία του ηλίου. Με αυτό τον τρόπο το δωμάτιο θα διατηρήσει σταθερή την θερμοκρασία του.
2. Καλοκαιρινή περίοδος: Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν κλειστά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας (ή σε μια συγκεκριμένη κλήση ανάλογα με την περίοδο αιχμής της θερμοκρασίας – 40 μοίρες, 50 μοίρες κτλ. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτόματος χρονοδιακόπτης στην περίπτωση που γνωρίζουμε περίπου τις ώρες αιχμής) και θα ανοίξουν με αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο με την απουσία του ηλίου. Τα παράθυρα το βράδυ μπορούν να ανοίξουν έτσι ώστε ο αέρας του δωματίου να ανανεωθεί και η θερμοκρασία να μειωθεί.

Στην κατηγορία των συστημάτων εσωτερικής σκίασης όπως για παράδειγμα στις ρολοκουρτίνες (roller blinds) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά υφάσματα SPC (solar protective coating) που είναι κατασκευασμένα να προστατεύουν τον χώρο από τις έντονες ηλιακές ακτίνες UV (UVA, UVB). Η ικανότητα ενός υφάσματος να αποκλείει οπτική και ηλιακή ενέργεια από ένα δωμάτιο εξαρτάται από την αντανακλαστικότητα του (Ro & Rs). Για υφάσματα υψηλών προδιαγραφών οι δύο αυτές τιμές πρέπει να είναι και φυσικά και αριθμητικά πολύ παρόμοιες. Ο μέσος όρος τους μπορεί να θεωρηθεί σαν καλή ένδειξη για την αποδοτικότητα ενός υφάσματος όσον αφορά το πόση ηλιακή ακτινοβολία επιτρέπει να το διαπεράσει και πόση οπτικότητα έχει^[3].

Όσον αφορά τον προσανατολισμό, οι μελέτες δείχνουν ότι για το νότιο προσανατολισμό προτιμώνται τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά συστήματα σκίασης λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τη θερινή περίοδο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος προεξοχής των περσιδών ώστε να διασφαλίζεται ο θερινός σκιασμός των ανοιγμάτων και η διέλευση του ήλιου στο χώρο το χειμώνα.

Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, προτιμάται η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες καθώς ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά κοντά στον ορίζοντα. Η σταθερή σκίαση δεν είναι αποτελεσματική λύση καθώς εμποδίζεται ο ηλιασμός του χώρου το χειμώνα. Για τον νοτιοανατολικό ή το νοτιοδυτικό προσανατολισμό, είναι ιδανικός, ο συνδυασμός τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων περσιδών, η οποία ορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ηλίου για τους θερινούς μήνες.

Συμπεραίνοντας από τα παραπάνω, τα σταθερά σκίαστρα ανεξαρτήτως προσανατολισμού, εμφανίζουν αρκετά προβλήματα ως προς την αποτελεσματικότητά τους, ενώ αντίθετα η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία έχει πλεονεκτήματα λόγω της ευελιξίας και της δυνατότητας ρύθμισής της από τους ενοίκους ανάλογα με τις ανάγκες τους. Το είδος του συστήματος ηλιοπροστασίας, η μορφή και η λειτουργία του εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης του κτιρίου και το χρόνο που περνάμε σε αυτό. Στην περίπτωση των κατοικιών χειριζόμαστε διαφορετικά την ηλιοπροστασία καθώς μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες με μια τέντα ενώ παράλληλα να διασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός, χωρίς επιβαρύνσεις σε θάμβωση ή ανακλάσεις φωτός στο επίπεδο εργασίας. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος ηλιοπροστασίας που βασίζεται σε αισθητικά κριτήρια, αλλά και σε ζητήματα συνθετικής οργάνωσης όπως η σχέση του εσωτερικού με τον εξωτερικό χώρο, η διαφάνεια του κελύφους κλπ., καθώς και η διαφοροποιημένη μορφή της ηλιοπροστασίας συναρτίζει του προσανατολισμού και τα πλεονεκτήματα σχεδιαστικών χειρισμών, αποτελούν επιπρόσθετα στοιχεία της συνθετικής οργάνωσης των όψεων του κτιρίου. Όσον αφορά στον οικονομικό παράγοντα, αν και η εξωτερική ηλιοπροστασία είναι ακριβότερη από τη σταθερή και από τη χρήση εσωτερικών περσιδών, η αποδοτικότητά της είναι αρκετά

υψηλή καθώς απαλλάσσει τα κτίρια σε μεγάλο ποσοστό από την υπερθέρμανση και τη μείωση της χρήσης κλιματιστικών τα οποία είναι ακριβά αλλά και βλαβερά για την υγεία και το περιβάλλον. Άρα η χρήση των εξωτερικών συστημάτων ηλιοπροστασίας έχει πολλά περισσότερα οικονομικά οφέλη παρά το αρχικό τους υψηλό κόστος^[4].

Η μορφή που θα έχουν τα σκίαστρα που θα χρησιμοποιηθούν, βασίζεται στους ηλιακούς χάρτες και στους μετρητές σκιασμού. Η επιλογή του ηλιακού χάρτη αντιστοιχεί στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Ο μετρητής σκιασμού είναι ίδιος για όλα τα μήκη και πλάτη, διότι δείχνει τις κατακόρυφες γωνίες των οριζόντιων εμποδίων και σκιάστρων του ίδιου κτιρίου που αντιστοιχούν σε γωνίες ύψους από 10° έως 80°.

Στα οριζόντια σκίαστρα (Σχήμα 4.3), χρησιμοποιείται η τομή ανοίγματος-υαλοστασίου κατά την οποία συνδέεται η απόληξη του σκιάστρου με το κατώφλι του παραθύρου, ορίζοντας την κατακόρυφη γωνία που σχηματίζεται ως προς την οριζόντια ευθεία, η οποία προσφέρει σκίαση σε όλο το παράθυρο. Αν προτιμάται η σκίαση στο 50% του ανοίγματος, τότε η απόληξη του σκιάστρου συνδέεται με το μέσο του παραθύρου. Έπειτα, τοποθετείται στο μετρητή σκιασμού ο ηλιακός χάρτης, χαράσσοντας τη γωνία που προσφέρει την σκίαση όπου η περιοχή πάνω από τη γωνία σκιάζεται, ενώ η περιοχή κάτω από τη γωνία δέχεται ήλιο. Αν το σκίαστρο που χρησιμοποιείται καλύπτει τις τροχιές του ήλιου τη θερινή περίοδο τότε η σκίαση που προσφέρει είναι επαρκής. Αν δεν επιθυμείται ένα ενιαίο σκίαστρο υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης μικρότερων περσίδων στις οποίες η κατακόρυφη γωνία είναι σταθερή. Η αποτελεσματικότητα των σκιάστρων βασίζεται στο ποσοστό παρεμποδισμού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό της κατοικίας^[5].



Σχήμα 4.3: Σύστημα Οριζόντιας Σκίασης
(Πηγή:<http://www.tendatetto.com>)

Για τα κατακόρυφα σκίαστρα, των ανατολικών και δυτικών όψεων, χρησιμοποιείται η κάτοψη του ανοίγματος και συνδέεται η απόληξη του σκιάστρου με τις αντίστοιχες παραστάδες του ανοίγματος με αποτέλεσμα να προκύπτουν γωνίες που προσφέρουν πλήρη κάλυψη του ανοίγματος. Για τη μισή κάλυψή του, οι απολήξεις συνδέονται με το μέσο του παραθύρου οπότε προκύπτουν γωνίες. Οι οριζόντιες αυτές γωνίες μεταφέρονται στο ηλιακό διάγραμμα, στην οριζόντια ευθεία των αζιμούθιων και χαράζονται οι κάθετες ως προς τις οριζόντιες ευθείες. Πέρα από τις κάθετες ευθείες δημιουργείται σκιά, ενώ το υπόλοιπο τμήμα εκτίθεται στην ηλιακή

ακτινοβολία. Αυτός ο τρόπος σκίασης έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή των χαμηλών τροχιών του ήλιου κατά τη θερινή περίοδο στην ανατολική και τη δυτική όψη. Όταν τα κατακόρυφα σκιάστρα δεν είναι κάθετα στο άνοιγμα, αλλά σε κεκλιμένη γωνία, ακολουθείται η ίδια πορεία για την εύρεση της μάσκας σκιασμού.^[6]

Γενικά κατά τον σχεδιασμό της ηλιοπροστασίας στην ανατολή και τη δύση, αφού προσδιοριστεί ο προσανατολισμός του ανοίγματος, χαράσσεται η κατεύθυνση των ακτινών του ήλιου και έπειτα σχεδιάζονται οι προεξοχές κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αρχή της κάθε προεξοχής να αποτελεί το τέλος της προηγούμενης, ορίζοντας ευθείες παράλληλες στην κατεύθυνση των ακτινών και παρέχοντας ηλιοπροστασία στο άνοιγμα.

Αν ο προσανατολισμός του ανοίγματος είναι νοτιοανατολικός ή νοτιοδυτικός, ακολουθείται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τα οριζόντια και τα κάθετα ανοίγματα για την επίτευξη πλήρους σκιασμού. Πρέπει πρώτα όμως να διευκρινιστεί ο προσανατολισμός του ανοίγματος σε σχέση με το νότο, ο οποίος δείχνει την κατεύθυνση των ακτινών του ήλιου και την κλίση των σκιάστρων.

Τέλος, στις ανατολικές, δυτικές και ενδιάμεσες όψεις προτείνεται η χρήση κινητών σκιάστρων, ώστε να επιτρέπεται η διέλευση του ήλιου στους εσωτερικούς χώρους το χειμώνα και να προστατεύεται το κτίριο από υπερθέρμανση το καλοκαίρι^[7].

Ο ευρωπαϊκός οργανισμός ηλιοπροστασίας διενήργησε μια μελέτη με τίτλο «Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂ από την χρήση συστημάτων σκίασης στην ΕΕ-25» (European Solar Shading Organization ES-SO). Η μελέτη αυτή απέδειξε ότι τα συστήματα ηλιοπροστασίας έχουν την δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ κατά 31Mt/a μέσω της μείωσης της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση και κατά 80 Mt/a μέσω της μείωσης της ενεργειακής ζήτησης για ψύξη. Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων παρουσίασε μείωση πέραν των 5°C. Η πιο πάνω μελέτη αφορούσε 4 διαφορετικές Ευρωπαϊκές πόλεις: Βρυξέλλες, Βουδαπέστη, Ρώμη και Στοκχόλμη και έλαβε υπόψη ένα αριθμό διαφορετικών παραμέτρων όπως π.χ. τις συντεταγμένες της κάθε πόλης ως προς τον ήλιο, τον τύπο των παραθύρων, τις κλιματολογικές συνθήκες, κ.α.. Επίσης, ένας αριθμός μελετών που έγιναν στο Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία και Αμερική απέδειξαν ότι η σωστή και μελετημένη εφαρμογή συστημάτων σκίασης μπορεί να συνεισφέρει στην μείωση της θερμοκρασίας ενός δωματίου από 5 – 15°C. Με την χρησιμοποίηση συστημάτων εξωτερικής σκίασης μπορούμε να πετύχουμε την διαπέραση μόνο του 12% της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στον κτιριακό χώρο. Η μείωση της ενεργειακής ζήτησης των κλιματιστικών για ψύξη και θέρμανση μειώνεται περίπου στο 50% και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται μέχρι και 60%^[3].

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Μάλλιαρης- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 'Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια', 1994
2. Colfaigh Eion, 'The climatic dwelling: An introduction to climate responsive residential architecture', 1996
3. European-solarshadingorganization
<http://www.es-so.eu/en/Solar-shading/what-is-solar-shading.html>
4. Dick Dolmans, Energy Efficiency Conference, 'Energy Savings and CO2 Reduction Potential from Solar Shading' World Sustainable Energy Days, Wels, Austria, 2007
<http://www.buildingsplatform.org/cms/fileadmin/documents/newsletter/07-03-01-Wels-WSED-Short.pdf>
5. Koblin Wolfram, Kruger Eckehard, Schuh Ulrich, 'Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie',Schrftenreihe des Bundesministers fur Raumordnung, Bauwesen und StadtebauBMBau,1984
6. Anink David, Boonstra Chiel, Mak John, 'Handbook for a Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment', James& James,1996
7. Fernandes Eduardo de Oliveira, YannasSimos, 'Energy and Buildings for Temperate Climates AMediterranean Regional Approach', Pergamon Press, 1988
8. <http://www.tendatetto.com>

Κεφάλαιο 5

Φυσικός Φωτισμός

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σχήμα 5.1) στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους κτιριακούς 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.



Σχήμα 5.1: Παραδείγματα Φυσικού φωτισμού
(Πηγή: <http://ergo-tel.blogspot.com>)

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 φωτισμού (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή του, 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/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).^[1]

5.1 Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων

Ο φυσικός φωτισμός στα κτίρια συνίσταται ιδιαίτερα, καθώς η μεταβλητότητα και η ευαισθησία του, δημιουργούν περιβάλλον πιο ευχάριστο από το αντίστοιχο μονότονο που δημιουργεί ο τεχνητός φωτισμός. Υποστηρίζεται ότι συνδέεται με την καλή ψυχική υγεία του ατόμου και το σύνδρομο εποχικής συναισθηματικής διαταραχής. Πειραματικές ομάδες με σημάδια μελαγχολίας είχαν μετρήσιμες αλλαγές στη διάθεση τους, όταν υπέστησαν σε θεραπεία με χρήση φωτός παρόμοιο με το ηλιακό κατά την θερινή περίοδο.

5.2 Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παροχή φυσικού φωτισμού στα κτίρια ταξινομούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- τα παράθυρα (ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία),
- τα ανοίγματα οροφής,
- τους φωταγωγούς και
- τα αίθρια.

Αυτά τα συστήματα συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές σχετικές με το σχεδιασμό ανοιγμάτων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών όπως το χρώμα, η υφή και η φωτοδιαπερατότητα των υλικών, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων και τη χρήση των ανακλαστήρων. Με αυτό τον τρόπο επιθυμείται η εξασφάλιση της επάρκειας και της ομαλής κατανομής του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.^[8]

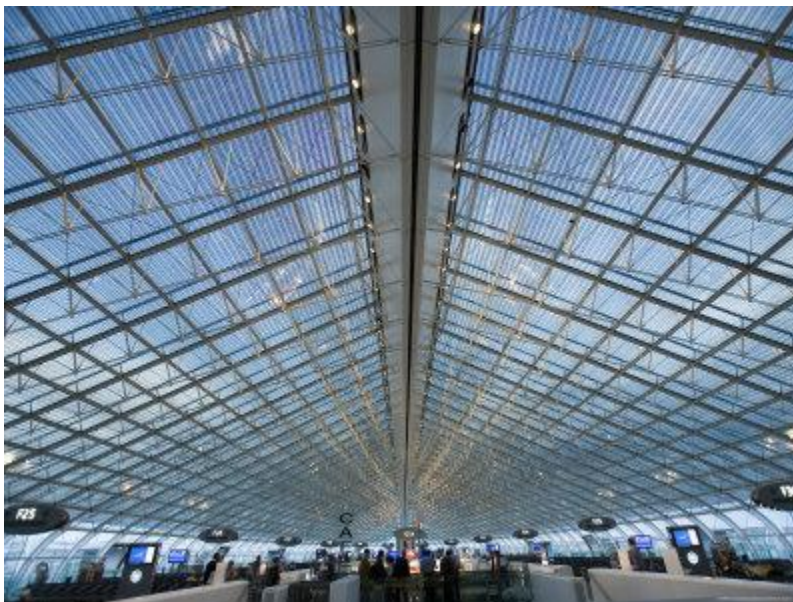
Οι συνήθεις τεχνικές φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται αποτελούνται από πέντε κατηγορίες:

- Τους υαλοπίνακες, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται σε θερμοχρωμικούς, φωτοχρωμικούς, ηλεκτροχρωμικούς, απορροφητικούς, σε υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστήεκπομπής, σε έγχρωμους και αντανακλαστικούς υαλοπίνακες,
- τα πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία,
- τους ανακλαστήρες (ή ράφια φωτισμού),
- τις ανακλαστικές περσίδες και
- τα διαφανή μονωτικά υλικά.

Η εξασφάλιση φυσικού φωτισμού, απαιτεί καλό και προσεκτικό σχεδιασμό, ο οποίος θα πρέπει να συμπεριληφθεί από τα αρχικά στάδια της αρχιτεκτονικής μελέτης, διότι είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος συγκρινόμενη με την εφαρμογή των τεχνικών μεθόδων φυσικού φωτισμού που παρουσιάζεται στο τέλος της μελέτης. Είναι σημαντικός ο έλεγχος και η σωστή διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων, διότι έτσι αποφεύγονται τα προβλήματα θάμβωσης, υπερθέρμανσης, ή και υπερβολικής ψύξης.^[3]

Για την εξασφάλιση του φυσικού φωτισμού είναι αναγκαία η πραγματοποίηση κάποιων δαπανών, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος και τη διαμόρφωση του κτιρίου, το σύστημα κουφωμάτων καθώς και από το κάθε εμπόδιο στο φωτισμό του κτιρίου.

Κατά το σχεδιασμό συστημάτων φυσικού φωτισμού, κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός της στάθμης της έντασης του φωτός που πρέπει να εξασφαλιστεί. Αν αδυνατεί ο φυσικός φωτισμός, αυτή η στάθμη καλείται κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού. Ο καθορισμός της είναι μια περίπλοκη διαδικασία διότι υπόκειται σε υποκειμενικούς παράγοντες και ποικίλες περιστάσεις. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι αυτή που καθορίζει τη διαφορά μεταξύ κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού και απαιτήσεις για ηλεκτρικό φωτισμό, δεν υπάρχουν κάποιοι απόλυτοι κανόνες. Ο μελετητής θα πρέπει να θέσει λοιπόν ως στόχο, την παροχή λογικής ποσότητας φωτισμού ανάλογα με τον τρόπο χρήσης του κάθε χώρου (Σχήμα 5.2), ενώ παράλληλα θα πρέπει να εξασφαλίζει ευχάριστη ποιότητα φωτός.



Σχήμα 5.2: Γυάλινη Στέγη αεροδρομίου
(Πηγή: <http://eu.art.com>)

Όπως προαναφέρθηκε, το άτομο είναι αυτό που θα επιλέξει σε ποια στάθμη της έντασης του φωτός αισθάνεται και λειτουργεί καλύτερα, ανάλογα με τη δραστηριότητά του αλλά και τον τρόπο που το φυσικό φως διεισδύει στο χώρο. Συνήθως η πλειοψηφία των ατόμων προτιμά τις υψηλές εντάσεις φωτισμού κι αυτό το προνόμιο το εξασφαλίζουν οι τεχνικές φυσικού φωτισμού για κάποιες ώρες της ημέρας και με πολύ οικονομικό τρόπο. Ως παράγοντας διανομής φυσικού φωτός ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο το φυσικό φως διεισδύει στο κτίριο, ανάλογα με την κατανομή της εσωτερικής έντασης φωτισμού σε σχέση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού. Ο υπολογισμός αυτού του παράγοντα γίνεται με αναφορά στο νεφελώδη ουρανό. Αποτελεί σημαντική παράμετρο περιγραφής του τρόπου που το φυσικό φως εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού, εφόσον επικρατεί συννεφιά. Ο παράγοντας φυσικού φωτός αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο της γεωμετρίας του χώρου ενώ είναι ανεξάρτητος της τοποθεσίας και του κλίματος. Επίσης χρησιμοποιείται για την περιγραφή της απόδοσης του συστήματος φυσικού φωτισμού σε ένα προσδιορισμένο εσωτερικό σημείο, χωρίς να προσδιορίζει την ποιότητα φωτισμού του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα σημεία που ο παράγοντας φυσικού φωτός έχει τις ίδιες τιμές με κάποιο άλλο σημείο, ο χώρος είναι τόσο σκοτεινός ή φωτεινός, ανάλογα με τον τρόπο που εισέρχεται το φυσικό φως στο χώρο αλλά και τη στάθμη αντίθεσης στο οπτικό πεδίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικών φωτεινών περιβαλλόντων. Για να είναι πιο κατανοητό, θέτουμε ένα παράδειγμα, στο οποίο, η

τιμή φυσικού φωτός σε ένα διάδρομο είναι 1% και είναι πολύ φωτεινό ενώ η ίδια τιμή σε ένα γραφείο το κάνει σκοτεινό. Επίσης, ένα γραφείο ίσως να δείχνει πιο άνετο αν διαθέτει τιμή φυσικού φωτός 3% από ότι θα έδειχνε αν η τιμή ήταν 4%, διότι η πρώτη περίπτωση μπορεί να προκαλεί λιγότερη θάμβωση, έτσι προτιμάται η τοποθέτηση του γραφείου σε ορθή γωνία ως προς το παράθυρο, παρά να τοποθετείται μπροστά από αυτό. Στις τεχνικές φυσικού φωτισμού τίθενται κάποιοι περιορισμοί, που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητά τους. Ένας περιορισμός αναφέρεται στην ποσότητα διαθέσιμου φωτός. Κατά τα θερινά μεσημέρια ο τυπικά συννεφιασμένος ουρανός είναι πολύ πιο φωτεινός από μια αντίστοιχη χειμερινή μέρα, διότι η θέση του ήλιου είναι ψηλότερα από το στρώμα των σύννεφων. Το διαθέσιμο φως μπορεί επίσης να περιοριστεί λόγω ύπαρξης γειτονικών κτιρίων ή δέντρων.

Τέλος οι στάθμες φωτισμού κατά την έναρξη και λήξη της μέρας παρέχουν λιγιστό φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό της κατοικίας. Ένας ακόμη περιορισμός, αναφέρεται στη διάρκεια της μέρας ως προς το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή. Συμπεραίνουμε με βάση τα παραπάνω, ότι κάθε κτίριο διαθέτει μια στάθμη εξωτερικού φωτισμού, η οποία πρέπει να ξεπεραστεί ώστε οι απαιτήσεις του εσωτερικού περιβάλλοντος να πλησιάζουν το φυσικό φωτισμό. Η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού διαφέρει από τόπο σε τόπο, για να μπορέσουμε να περιγράψουμε την κατάσταση φωτισμού θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον όρο που δείχνει πόσο συχνά ξεπερνάτε η τιμή εξωτερικής έντασης φωτισμού που θεωρείται δεδομένη σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.^[4,6,9]

5.3 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Στα συστήματα φυσικού φωτισμού όπως έγινε αναφορά παραπάνω συμπεριλαμβάνονται τα ανοίγματα οροφής, τα αίθρια, οι φωταγωγοί, τα ράφια φωτισμού – ανακλαστήρες και οι περσίδες.

5.3.1 Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής (Σχήμα 5.3) παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κοινά ανοίγματα στην τοιχοποιία, γι' αυτό και συγκαταλέγονται σε ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού. Τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν είναι ότι παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός, μπορούν να διαθέτουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες και συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, λόγω της θέσης τους. Λόγω της θέσης τους συστήνεται η ύπαρξη κάποιου συστήματος ηλιοπροστασίας, όπως περσίδες, πετάσματα και ανακλαστήρες ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση που προκαλεί το άμεσο φως. Τα ανοίγματα οροφής ανάλογα με τον τύπο τους μπορεί να είναι είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά. Συνήθως προτιμώνται τα κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα οροφής από τα οριζόντια, συνδυάζοντας παράλληλα και διατάξεις σκιασμού λόγω της μεγάλης ηλιακής πρόσπτωσης που δέχονται τους θερινούς μήνες. Τέλος, η επιλογή κατασκευής των ανοιγμάτων οροφής βασίζεται σε κριτήρια που αφορούν την οικονομικότητά τους αλλά και την ενεργειακή τους απόδοση συνολικά.^[7]



Σχήμα 5.3: Ανοίγματα στην οροφή για την εξασφάλιση φυσικού φωτισμού και αερισμού
(Πηγή: <http://www.evonymos.org>)

5.3.2 Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους (Σχήμα 5.4). Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτίριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου, την ανακλαστικότητα των επιφανειών (τοίχων-δαπέδων) και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο.^[6]



Σχήμα 5.4: Γυάλινο αίθριο
(Πηγή: <http://www.evonymos.org>)

5.3.3 Ειδικό Υαλοπίνακες

Κατά την κατασκευή του κτιρίου συστήνεται η χρήση ειδικών υαλοπινάκων οι οποίοι μπορούν να συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αλλά και στη βελτίωση της οπτικής και θερμικής άνεσης των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Οι υαλοπίνακες διαθέτουν σταθερές, μεταβαλλόμενες και ρυθμιζόμενες ιδιότητες ανάλογα με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Οι ειδικοί υαλοπίνακες χωρίζονται σε 9 κατηγορίες και διαφοροποιούνται από τους απλούς υαλοπίνακες ως προς τα φωτομετρικά και θερμικά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες των ειδικών υαλοπινάκων είναι οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες, οι έγχρωμοι, οι θερμομονωτικοί, οι ηλεκτροχρωμικοί, οι φωτοχρωμικοί, οι θερμοχρωμικοί, οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, και οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων.

Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες (Σχήμα 5.5) λειτουργούν ανακλώντας σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, ωστόσο μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο αλλά και στα γύρω σπίτια.

Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα λόγω χημικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί και χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες λειτουργούν απορροφώντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζοντας τη θερμοπερατότητα χωρίς όμως να μειώνουν σε μεγάλο μέρος την φωτοδιαπερατότητα. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου και δεν προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, σε αντίθεση με τους ανακλαστικούς υαλοπίνακες.



Σχήμα 5.5: Παράδειγμα κτιρίου με ανακλαστικούς υαλοπίνακες
(Πηγή: <http://www.panariello.gr>)

Οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες διαθέτουν αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα όπως και οι διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες, όμως οι θερμομονωτικοί περιέχουν στο διάκενό τους αντί για αέρα κάποιο άλλο υγρό όπως το αργό. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κτίρια που διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα και απαιτείται υψηλή μόνωση του κελύφους.

Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τα οπτικά τους χαρακτηριστικά και τη διαπερατότητά τους αν διοχετευτεί σε αυτά ηλεκτρικό ρεύμα.

Οι φωτοχρωμικοί υαλοπίνακες, όπως και οι ηλεκτροχρωμικοί μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους δηλαδή τα οπτικά τους χαρακτηριστικά ανάλογα με το ποσό προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ενώ η φωτοδιαπερατότητά τους μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας.

Οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες ανάλογα με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος και όταν για παράδειγμα αυτή αυξάνεται μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμους.

Οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e) λειτουργούν εμποδίζοντας ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εισέρχεται προς το κτίριο ή να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα τον τρόπο που αυτά τοποθετούνται. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών ή των κερδών των κτιρίων ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.

Οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς με την εφαρμογή τάσης.

Για να επιλέξει ο μελετητής τον κατάλληλο υαλοπίνακα είναι απαραίτητη η μελέτη της χρήσης του κτιρίου, του βαθμού που ο υαλοπίνακας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και της συνολικής οικονομικότητας του συστήματος, δηλαδή το κόστος κατασκευής του, τα οφέλη που θα προκύψουν αλλά και ο χρόνος που θα μεσολαβήσει για να γίνει η απόσβεση. Θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει ο υαλοπίνακας τα οπτικά του και τα θερμικά του χαρακτηριστικά, γι' αυτό και θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και το δροσισμό του κτιρίου και σε συνδυασμό με το συνολικό σχεδιασμό των συστημάτων φωτισμού δηλαδή το σχεδιασμό των ανοιγμάτων ώστε να εξασφαλίζει τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φωτισμό των χώρων του κτιρίου στο μέγιστο δυνατό.^[4,5,10]

5.3.4 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και μπορούν να αποκλείσουν τελείως την είσοδο ή και να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την κατασκευαστική τους δομή. Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι καλό να αποφεύγονται στα σημεία που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω, διότι είναι αδιαφανή. Συνήθως τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου ως αυτόνομα στοιχεία ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.^[1]

5.3.5 Διαφανή μονωτικά υλικά

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτίριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται.

Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί τόσο σε τοίχους, όσο και σε οροφές. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες.

Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45%-80%, με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτίρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα αμόνωτη τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης.^[1,11]

5.3.6 Ανακλαστικές περσίδες

Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία (Σχήμα 5.6), μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων αλλά και τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.^[1,12]



Σχήμα 5.6: Ανακλαστικές Περσίδες
(Πηγή: <http://www.cres.gr>)

5.3.7 Ράφια Φωτισμού

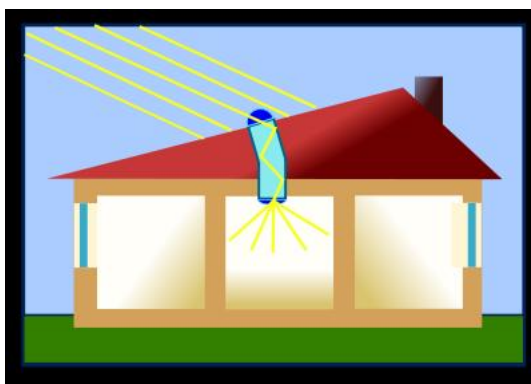
Πρόκειται για επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα - θυρίδα. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις νότιες όψεις, βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης.

Τα εξωτερικά ράφια φωτισμού είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει μεγαλύτερη ακόμη απόδοση στο σύστημα. Ένας πρακτικός κανόνας υπαγορεύει ότι το μήκος του ραφιού πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό του πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστικό.^[1]

5.3.8 Ηλιοστάσια

Τα ηλιοστάσια είναι ένα σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και συλλέγουν το φυσικό φως. Η θέση τους ρυθμίζεται έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτος και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.^[8]

5.3.9 Φωτοσωλήνες



Σχήμα 5.7: Φωτοσωλήνας
(Πηγή: <http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes>)

Πρόκειται για σωλήνες (Σχήμα 5.7) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέχουν από την στέγη, διαπερνούν τη σοφίτα ή το δώμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτιρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτίριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε

όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτίρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στον οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι ιδιαίτερα ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτίρια.^[1,8]

5.3.10 Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί (Σχήμα 5.8) εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Οι φωταγωγοί είναι καλό να διαθέτουν ανακλαστικές επιφάνειες και τα ανοίγματά που βλέπουν σε αυτούς είναι χρήσιμο να διαθέτουν ανακλαστήρα ο οποίος θα διοχετεύει το φως στους χώρους διαβίωσης.

Η χρήση ανακλαστήρα στο σημείο εισόδου του φωτός από τον φωταγωγό, συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας τους, διότι ο ανακλαστήρας έχει την ικανότητα να εκτρέπει τις ηλιακές ακτινοβολίες προς τα κάτω. Η αποδοτικότητα του φωταγωγού μπορεί να αυξηθεί και με την ενσωμάτωση ηλιοστάτη, καθώς διαθέτει καθρέπτη και λειτουργεί ακολουθώντας την πορεία του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας.

Μια άλλη λειτουργία των φωταγωγών συνδέεται με τη δυνατότητα αερισμού του χώρου φυσικά. Μια μορφή φωταγωγών, οι φλογοσωλήνες χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ενός ή περισσότερων ορόφων, η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα ανάλογα τον τύπο και τον κατασκευαστή.^[1,8]



Σχήμα 5.8: Φωταγωγός
(Πηγή: <http://www.kagioulisinox.gr>)

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
2. Anink David, BoonstraChiel, Mak John, 'Handbook for a Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment', James&James, April 1996
3. Lewis Owen J., Goulding John, Brophy Vivienne, 'Solar Bioclimatic Architecture', Brussels, 1997
4. Brown G. Z., 'Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies', John Wiley & Sons Limited, New York 1985
5. Shaw Alexander, 'Energy Design for Architects', The Fairmont Press 1989
6. The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, 'Energy in Architecture- The European Passive Solar Handbook', Brussels 1996
7. Colombo R., 'Passive Solar Architecture for Mediterranean Area, Design Handbook', February 1994
8. <http://ergo-tel.blogspot.com>
9. Iazard Jean-Louis, 'Architecture d' Ete: Construire pour le Comfort d' Ete'
10. 'European Directory of Sustainable and Energy Efficient Buildings', James & James, London 1995
11. 'Day lighting in buildings', A thermie program action, The European Comission Directorate- General for energy
http://erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_building.pdf
12. Τσιπήρας Κώστας, Τσιπήρας Θέμης, 'Οικολογική Αρχιτεκτονική, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσώτερα αρχιτεκτονική', Εκδόσεις Κέδρος, 2005
13. <http://www.evonymos.org>
14. <http://www.kagioulisinox.gr>
15. <http://www.panariello.gr>
16. <http://eu.art.com>
17. <http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes>

6.1 Φυσικός αερισμός

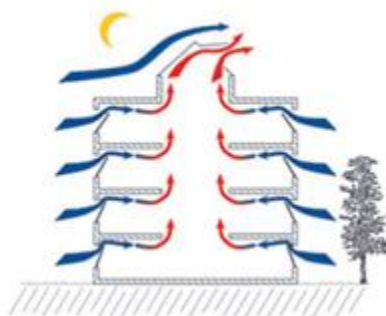
Οι ισχυροί ψυχροί ή θερμοί άνεμοι, που πνέουν περιοδικά σε μία περιοχή, οφείλονται στην επίδραση (σε μακροκλιματικό επίπεδο) της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης και της θάλασσας και στην ατμόσφαιρα. Η ένταση, η συχνότητα εμφάνισής τους, η θερμοκρασία τους καθώς και η στάθμη υγρασίας τους αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν σοβαρά ή και διαμορφώνουν πολλές φορές, το μικροκλίμα ενός τόπου.

Η αξιοποίηση των ψυχρών ρευμάτων του αέρα είναι δυνατό να μειώσει σοβαρά τα θερμικά φορτία των κτιρίων. Τα κτίρια λειτουργούν σαν εμπόδια στον άνεμο και μέχρι ενός σημείου και σαν ανεμοπροστασία για τους εξωτερικούς χώρους. Αποτέλεσμα είναι ότι οι ταχύτητες του ανέμου στις πόλεις είναι γενικά μικρότερες απ' ότι στην ανοικτή ύπαιθρο. Αυτό μειώνει την διάχυση του θερμικού πλεονάσματος εντείνοντας την αστική θερμική νησίδα. Έχει επίσης επιπτώσεις και στη διασπορά των ρύπων και κατά συνέπεια και στην ποιότητα του αέρα και τον αερισμό των υπαίθριων χώρων και των κτιρίων. Ο τρόπος κίνησης του αέρα μέσα στην πόλη είναι συνάρτηση της γεωμετρίας του αστικού ιστού. Όπου οι δρόμοι είναι παράλληλοι προς την κατεύθυνση του ανέμου η κίνηση του αέρα είναι πιο ελεύθερη. Όσο φαρδύτεροι είναι οι δρόμοι τόσο λιγότερη είναι η αντίσταση στην κίνηση του αέρα. Οι ακάλυπτοι χώροι των οικοδομικών τετραγώνων παραμένουν συνήθως έξω από την πνοή του ανέμου. Τα ψηλά κτίρια και η διοχέτευση του αέρα μέσα από τα στενά φαράγγια των δρόμων προκαλούν πολύπλοκες κινήσεις με δίνες και στροβίλους δημιουργώντας μια σειρά από προβλήματα για τους γύρω χώρους, τα κτίρια και τους διαβάτες.

Με δόμηση εν σειρά, η ευθυγράμμιση των δρόμων με την κατεύθυνση του ανέμου επιτυγχάνει τον αποτελεσματικότερο αερισμό. Με πανταχόθεν ελεύθερα κτίρια καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται όταν ο άνεμος πνέει με κλίση 45 μοιρών προς την κατεύθυνση του δρόμου. Το κατά πόσο είναι επιθυμητή η μεταβολή της ταχύτητας ή η ευθυγράμμιση της κατεύθυνσης του ανέμου με τις αρτηρίες της πόλης εξαρτάται και από άλλους κλιματικούς παράγοντες.

Ένα γενικό κριτήριο είναι η ταχύτητα του ανέμου να μην υπερβαίνει τα 5m/s. Πάνω από αυτό το όριο ο άνεμος προκαλεί ενόχληση και πάνω από 10m/s γίνεται δυσάρεστος. Σε ψυχρά κλίματα η ανεμοπροστασία είναι ένας από τους περιβαλλοντικούς στόχους ιδιαίτερα όταν η δόμηση είναι αραιή. Στο εσωτερικό των κτιρίων παρατηρείται η θερμική διαστρωμάτωση του αέρα που περιγράφηκε. Ο θερμότερος αέρας συγκεντρώνεται στις οροφές των χώρων. Εκεί εγκλωβίζεται μεταξύ των δοκών, στο χώρο πάνω από τα υπέρυθρα, μένει ακίνητος, ακόμη και κατά τη διάρκεια οριζόντιου αερισμού, θερμαίνοντας τις δοκούς και τις πλάκες της οροφής.

Είναι αναγκαία η εξασφάλιση μεθόδων εναλλαγής ή επαγωγής αυτών των θερμών αερίων μαζών. Η εναλλαγή τους επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής. Οι ανεμιστήρες, για να είναι αποτελεσματικοί, πρέπει να έχουν το αναγκαίο μέγεθος και να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της ημέρας αδιάκοπα. Η απαγωγή του θερμού αέρα με τη φυσική άνωση μπορεί να εξασφαλιστεί όταν στην ανώτατη ζώνη των εσωτερικών χώρων προβλεφθούν δίοδοι προς τα έξω ή προς τους υπερκείμενους ορόφους. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα σε χώρους που γειτνιάζουν με κλιμακοστάσια, χωρίς τη μεσολάβηση δοκών, ή όταν μία από τις εξωτερικές δοκούς ενός χώρου είναι ανεστραμμένη και τα ανοίγματα εκείνης της πλευράς φτάνουν μέχρι την οροφή.



Σχήμα 6.1: Απεικόνιση Φυσικού αερισμού

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Το κλιμακοστάσιο, όπως και όλοι οι κατακόρυφοι χώροι που διατρέχουν το κτίριο σε όλο του το ύψος, αποτελούν ιδανική διάταξη κατακόρυφου αερισμού (Σχήμα 6.1). Ευνοούν το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού ή της καμινάδας. Το φαινόμενο αυτό διευκολύνεται από ανοίγματα μεγάλου μεγέθους στο ανώτατο τμήμα της απόληξης των κατακόρυφων αυτών χώρων. Οι διαφορές που εμφανίζονται στους κάθετους αυτούς χώρους, έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφυγή θερμού αέρα προς το περιβάλλον από τα υψηλότερα επίπεδα και την εισαγωγή νέου από τα χαμηλά επίπεδα του κτιρίου. Ο νέος αέρας που εισέρχεται στο κτίριο πρέπει να έχει τη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Πρέπει να προέρχεται από σκιασμένες περιοχές κοντά στο περιμετρικό έδαφος του κτιρίου, όπου οι θερμοκρασίες είναι πλησιέστερες στο επίπεδο θερμικής άνεσης. Ο κατακόρυφος αερισμός στηρίζεται στη θερμική διαστρωμάτωση του αέρα και στη φυσική ανοδική κίνηση των θερμότερων στρωμάτων του.

Δεν εξαρτάται από την ύπαρξη ανέμων ή ρευμάτων, δεν δημιουργεί φαινόμενα όχλησης και μπορεί να εξασφαλίσει τον πιο αποτελεσματικό δροσισμό εάν ρυθμίσουμε την είσοδο αέρα χαμηλής θερμοκρασίας από τα κατώτερα επίπεδα του κτιρίου.^[2,3,4]

6.2 Αερισμός κτιρίων

Είναι εξαιρετικά σημαντική η δημιουργία ενός αεροστεγούς περιβλήματος και η ύπαρξη δυνατότητας ελέγχου και περιορισμού του αερισμού των εσωτερικών χώρων, ώστε να μην προκαλούνται θερμικές απώλειες από τον εκτεταμένο αερισμό αλλά και διαφυγές αέρος από τους αρμούς των ανοιγμάτων ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, χωρίς να υπερβαίνονται τα όρια της ωριαίας εναλλαγής του αέρα τα οποία είναι προκαθορισμένα από διεθνείς κανονισμούς,

διότι ο ανεξέλεγκτος και εκτεταμένος αερισμός χωρίς συγκεκριμένο λόγο επιδρά αρνητικά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, αυξάνοντας τις ενεργειακές ανάγκες του σε μεγάλο βαθμό. Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, αποδεικνύουν πως υπάρχει πιθανότητα το φαινόμενο να επιδεινωθεί αν συνδυαστεί με υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες αλλά και με χαμηλό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης λόγω ελλιπούς συντήρησης.^[8]

Η συνεχής ανανέωση του εσωτερικού αέρα είναι πολύ σημαντική για την υγεία των χρηστών, αλλά και για την απομάκρυνση της υγρασίας, των οσμών και των ρύπων. Όταν χρησιμοποιούνται συσκευές με ανοιχτές σωληνώσεις, η είσοδος του εξωτερικού αέρα απαιτείται για καύση. Ο εξαερισμός αποτελεί ένα φυσικό μηχανισμό για τον αερισμό των εσωτερικών χώρων όταν η θερμοκρασία τους είναι αρκετά υψηλή. Η αναλογία του εξαερισμού που απαιτείται, για την παροχή καθαρού αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, εξαρτάται από τους χρήστες, τις δραστηριότητές τους αλλά και το βαθμό συγκέντρωσης ρύπων.

Η ανταλλαγή μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, συμβαίνει φυσικά εξαιτίας της διαφορετικής πίεσης που υπάρχει λόγω του εισερχόμενου αέρα. Ο εξωτερικός αέρας, εισέρχεται από τις χαραμάδες και τα πλαϊνά ανοίγματα του κτιρίου, τα οποία είναι υπό θετική πίεση, και ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται με αρνητική πίεση. Αυτή η συνεχής διαδικασία ανταλλαγής αέρα με διείσδυση και εξαγωγή είναι μια λειτουργία της ταχύτητας του ανέμου, των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων και της ικανότητας διείσδυσης του αέρα.^[9]

6.2.1 Παράθυρα και ικανότητα διείσδυσης του αέρα

Ο διπλός σχεδιαστικός στόχος είναι η μείωση της μη ελεγχόμενης ανταλλαγής αέρα ενώ θα εξασφαλίζεται επαρκής ποσότητα φρέσκου αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Όσον αφορά στα κτίρια που είναι σχεδιασμένα κατά τέτοιο τρόπο που να βασίζονται στον φυσικό εξαερισμό, ο βαθμός διείσδυσης δια μέσου των χαραμάδων μπορεί να διατηρηθεί σε χαμηλότερα επίπεδα με απλά μέτρα αεροστεγανότητας. Τα ελεγχόμενα μέσα εξαερισμού μπορούν τότε να παράσχουν επιπρόσθετα ποσά καθαρού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Για κατοικίες που διαθέτουν μηχανικό εξαερισμό, υπάρχει περιθώριο για τη λήψη περισσότερων μέτρων αεροστεγανότητας.^[10]

Στο φυσικό εξαερισμό, κατά τη χειμερινή περίοδο όπου χρησιμοποιούνται τα συστήματα θέρμανσης, ο στόχος είναι η ικανοποίηση των αναγκών σε εξαερισμό χωρίς να χρειάζεται να ανοιχθούν τα παράθυρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση εξαεριστών μικρής ροής στο σκελετό των παραθύρων καθώς και σε άλλα ελεγχόμενα μέσα. Η καλή χρήση αυτού του συστήματος μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση αγωγών που θα συμβάλλουν και στην εξάτμιση της υγρασίας από την κουζίνα και το μπάνιο. Οι αγωγοί θα πρέπει να είναι κάθετοι και να εκτείνονται το ελάχιστο στο ύψος της κορυφής της στέγης. Οι χώροι τους οποίους διαπερνά ο αγωγός και δεν είναι θερμαινόμενοι πρέπει να μονώνονται. Επίσης πρέπει να δίνονται οδηγίες σχετικά με το αν οι αγωγοί μπορούν να αντικατασταθούν με αποσπώμενους ανεμιστήρες, οι οποίοι απαιτούνται από τους κτιριακούς κανονισμούς.^[12]

Στις κατοικίες που διαθέτουν προσκολλημένο ή ενσωματωμένο θερμοκήπιο, μέρος ή ολόκληρη η διαδικασία εξαερισμού των γειτονικών δωματίων γίνεται μέσω του θερμοκηπίου. Καθώς ο αέρας έχει την τάση να έχει υψηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον, παρέχει τη δυνατότητα μείωσης της ενέργειας για εξαερισμό των θερμαινόμενων χώρων.^[13]

Στο μηχανικό εξαερισμό, επιτρέπεται ακόμη μεγαλύτερος έλεγχος στην παροχή καθαρού αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα εσωτερικού αέρα και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Είναι σημαντικό το κτίριο να διαθέτει αεροστεγή κατασκευή. Τα περισσότερα συστήματα μηχανικού εξαερισμού, ενσωματώνουν εναλλάκτες θερμότητας για να ανακτηθεί η χαμένη ενέργεια. Μέχρι και 75% της θερμότητας που αποσπάζεται από τον αέρα, μπορεί να ανακτηθεί με αυτό τον τρόπο. Η πρόβλεψη της πιθανής διαρροής αέρα και της διείσδυσης αυτού, κατά το στάδιο σχεδιασμού μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα. Οι πηγές διαρροής αέρα που μπορούν να αποφευχθούν από την λεπτομερειακή εργασία και έλεγχο είναι: τα χαλαρά τοποθετημένα παράθυρα και πόρτες, τα ξύλινα πατώματα, τα κενά γύρω από τα σημεία εισόδου των σωληνώσεων, των διακοπών φωτισμού, τις πρίζες, τις χαραμάδες των ενώσεων των τοίχων, της οροφής και του δαπέδου, τα σκισμένα ατελή ή κακώς ενωμένα φράγματα ατμού.

Γενικά σε μια κατοικία επιθυμείται ένα ελάχιστο ελεγχόμενου εξαερισμού, η ύπαρξη διεξόδων αέρα στους τοίχους και τα παράθυρα για ελεγχόμενη χειμερινή θερμομόνωση, το προσεκτικό σφράγισμα των ενώσεων ώστε να εξασφαλίσουμε αεροστεγανότητα στην κατασκευή, το μηχανικό εξαερισμό με θερμική επαναφορά η οποία μπορεί να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ανακυκλώσιμου εσωτερικού αέρα. Επίσης οι χώροι της οροφής και οι αεριζόμενες κοιλότητες πρέπει να εξαερίζονται επαρκώς.

Ο αερισμός ενός κτιρίου είναι μείζονος σημασίας, αφενός γιατί μπορεί να εξασφαλίσει χαμηλότερες θερμοκρασίες μέσα στα κτίρια κατά τη θερινή περίοδο και αφετέρου διότι είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο εξωτερικό, που είναι πλούσιος σε οξυγόνο, για την καλή υγεία των ενοίκων. Οι φυσικές δυνάμεις που προκαλούν το φυσικό αερισμό είναι ο άνεμος και το φαινόμενο της καμινάδας. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον φυσικό αερισμό είναι: οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός, η θέση, το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων. Η ροή του αέρα μέσα σε ένα κτίριο επιτυγχάνεται, βάση των θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων αλλά και λόγω της διαφοράς πιέσεων που προκαλούνται γύρω από ένα κτίριο.

Όσον αφορά στην επιρροή των θερμοκρασιακών διαφορών, ισχύει ότι όταν δύο αέριες μάζες έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, οι πυκνότητες και οι πιέσεις τους είναι επίσης διαφορετικές, γεγονός που αυξάνει την κίνηση του αέρα από την πυκνότερη (ψυχρότερη) στην λιγότερο πυκνή (θερμότερη ζώνη).

Επίσης, η διαφορά πίεσης λειτουργεί ως εξής: όταν ο άνεμος ενεργεί σε ένα κτίριο εμφανίζεται υψηλή πίεση στην εκτεθειμένη πλευρά και χαμηλή στην προστατευόμενη όψη. Η κίνηση του ανέμου γίνεται από τις ζώνες υψηλής πίεσης στις ζώνες χαμηλής πίεσης. Έτσι μπορεί να διεισδύσει σε ένα κτίριο μέσω των ανοιγμάτων του, των οποίων η θέση και το μέγεθος καθορίζουν την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του αέρα.^[5,6,7,14,15]

Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα
- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- Αεριζόμενο κέλυφος

6.2.2 Φαινόμενο Venturi

Για να προκληθεί κυκλοφορία σε συγκεκριμένη κατεύθυνση μπορεί να γίνει χρήση αυτού του φαινομένου. Ο αέρας υποχρεώνεται να κινηθεί από ένα περιορισμένο τμήμα του κτιρίου, όπου η ταχύτητα αυξάνεται και μειώνεται ανάλογα η πίεση του. Η μειωμένη αυτή πίεση δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει το θερμό αέρα από το κτίριο.^[18]

6.2.3 Φαινόμενο Καμινάδας

Το φαινόμενο της καμινάδας μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα κτίριο, με ανοίγματα στην κορυφή και στην βάση του. Ο θερμός αέρας ανέρχεται και διαφεύγει προς τα έξω από την κορυφή και ο φρέσκος ψυχρός θα εισέλθει διαμέσου των ανοιγμάτων στη βάση.

Δύο κύριες μορφές του φαινομένου της καμινάδας αποτελούν: Ο πύργος αερισμού και η ηλιακή καμινάδα.

1. Πύργος αερισμού

Ο πύργος αερισμού (Σχήμα 6.2) αξιοποιεί την δύναμη του ανέμου μεταφέροντας τον στο εσωτερικό. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμη πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα του κτιρίου. Εκμεταλλεύεται, έτσι, το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού ενώ 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.

Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι 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.

2. Ηλιακή καμινάδα

Φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο). Εκμεταλλεύεται τον ήλιο για να θερμάνει την εσωτερική της επιφάνεια. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi (βλέπε παραπάνω) 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.

Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα πάνω και αντικαθίσταται από αέρα του σπιτιού. Έτσι επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.



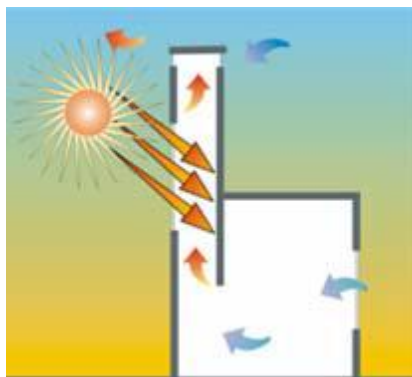
Σχήμα 6.2: Πύργος Αερισμού

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου.^[1,6]

6.2.3.1 Ανάλυση Λειτουργίας Ηλιακής Καμινάδας

Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας (Σχήμα 6.3) είναι παρόμοια με τον τοίχο Trombe, σαν σύλληψη. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι ενώ ο τοίχος Trombe έχει μια θερμική μάζα για να απορροφάει την ηλιακή ενέργεια και επανακυκλοφορεί το θερμό αέρα για επίτευξη παθητικής θέρμανσης, η ηλιακή καμινάδα είναι σχεδιασμένη για να παρέχει αερισμό στο κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Σχήμα 6.3: Ηλιακή καμινάδα

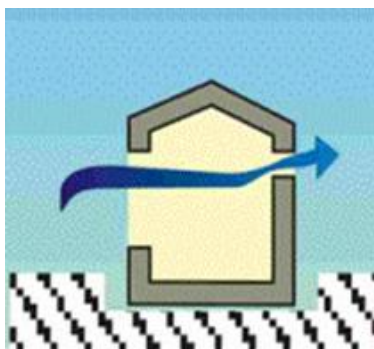
(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

Επίσης, από προσομοιώσεις και πειράματα πάνω σε ηλιακές καμινάδες βρέθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Είναι θεμελιώδης η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης στον τοίχο, προκειμένου να γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση του ηλιακού κέρδους. Χωρίς μόνωση η απόδοση του συστήματος μπορεί να μειωθεί έως και 60%. Πάχος μόνωση 5cm είναι επαρκές.
- Το σωστό πάχος της καμινάδας εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου. Για ημερήσια λειτουργία προτείνεται μικρό πάχος, ενώ για νυχτερινή μεγαλύτερο. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση για πάχος πάνω από 10 cm.^[16]

6.2.4 Διαμπερής αερισμός

Ο αέρας διεισδύει, λόγω διαφοράς πίεσης, μέσω των ανοιγμάτων (Σχήμα 6.4) σε ένα κτίριο και η κατεύθυνση του μπορεί να ρυθμιστεί εξωτερικά με χρήση βλάστησης. Ως βέλτιστη θεωρείται η διεύθυνση ανέμου που σχηματίζει γωνία 45° ως προς τα ανοίγματα εισόδου. Η ταχύτητα του αέρα είναι μέγιστη, όταν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα εξόδου του και μάλιστα για καλύτερη διανομή του, όταν τα ανοίγματα αυτά είναι διαγώνια αντίθετα το ένα από το άλλο, το άνοιγμα εισόδου χαμηλότερα και το άνοιγμα εξόδου υψηλότερα. Η χρήση μονόπλευρου αερισμού, δηλαδή ανοιγμάτων μόνο από τη μία πλευρά δε συνίσταται λόγω κακής κυκλοφορίας του αέρα. Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποδοτικός, τι καλοκαιρινές μέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο κρύος αέρας, κυκλοφορώντας μέσα στο χώρο, απάγει τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτιρίου και έτσι την επόμενη μέρα, το κτίριο βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Για την αύξηση της απόδοσης του νυχτερινού αερισμού, συνίσταται η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής που αυξάνουν την ταχύτητα του. Μελέτη σε κτίρια γραφείων της Αθήνας έχει δείξει ότι με την εφαρμογή του αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 30% στις ανάγκες για ψυκτικά φορτία για τον κλιματισμό των χώρων. Για βελτίωση του διαμπερή αερισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμοθραύστες, για να εντείνουν τις διαφορές πίεσης. Οι θαμνοφράχτες για παράδειγμα μπορούν να επιτρέψουν μια απαλή αύρα να φιλτράρεται μέσα από το φύλλωμα, ενώ ένας κτιστός ανεμοφράκτης δημιουργεί μια ήσυχη, προστατευμένη ζώνη πίσω του. Διάκενα στους ανεμοθραύστες, ανοίγματα μεταξύ των κτιρίων ή μεταξύ του εδάφους και ενός στεγάστρου από δέντρα μπορούν να δημιουργήσουν διαύλους ανέμου, αυξάνοντας κατά 20% περίπου τις ταχύτητες του ανέμου.^[1,6]



Σχήμα 6.4: Διαμπερής φυσικός αερισμός

(Πηγή:http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

6.2.5 Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού στρώματος δομικών υλικών, είτε στην οροφή είτε στις προσόψεις του κτιρίου, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αέρας που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Λόγω διαφοράς πυκνότητας, δημιουργείται ροή στο διάκενο, και απάγεται ο θερμός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη θερμική προστασία του κτιρίου, αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού, οπότε μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Πρέπει ωστόσο, να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους.

Με την χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων αποτρέπονται φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στην τοιχοποιία (ή την οροφή) και τις επικαλύψεις, ενώ προστατεύονται τα δομικά υλικά του κτιρίου. Εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια μεσαίου ύψους και μεγάλου πλάτους.

Παραλλαγή του συστήματος αποτελεί η αεριζόμενη γυάλινη πρόσοψη, η οποία χρησιμοποιεί δύο στρώματα διαφορετικών δομικών υλικών και ένα διάκενο αέρα ανάμεσά τους. Το εξωτερικό στρώμα της πρόσοψης είναι γυάλινο, ενώ το εσωτερικό από συμπαγές υλικό. Πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η επίτευξη πολύ καλών συνθηκών φυσικού φωτισμού στο κτίριο, σε συνδυασμό με αισθητικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, σημειώνεται αύξηση των θερμικών κερδών, αλλά και των θερμικών απωλειών.^[17]

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
2. Γεωργιάδου Έλλη, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός- Καθαρές τεχνολογίες δόμησης', Εκδόσεις Παρατηρητής, 1996
3. Σίμου Γιάννα, 'Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη', ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
4. Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουδάκη Κ., 'Αειφόρος Ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον', ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στο αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
5. Βραχόπουλος Μιχάλης, 'Αναλυτική Προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων', Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2004
6. Τσιπήρας Κώστας, Τσιπήρας Θέμης, 'Οικολογική Αρχιτεκτονική, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσώτερα αρχιτεκτονική', Εκδόσεις Κέδρος, 2005
7. Μάλλιαρης- παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 'Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες', 1994
8. Turner D. P., 'Window and Environment', McCorquodale 1969
9. Chadra S., Fairey P., Houston M., 'Cooling with Ventilation', Florida Energy Center, SERI Report, December 1986
10. Lebrun J., Marret D., 'Heat Losses of Buildings with Different Heating Systems', University of Liege
11. Markus T. A., Moris E. N., 'Buildings, Climate and Energy, E.N.', Pitman, 1980
12. Yannas Simos, 'Solar Energy And Housing Design Volume 1', Architectural Association, 1994
13. Boutet T., 'Controlling Air Movement', McGraw Hill Book Company, 1987
14. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
<http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
15. European Commission 'Bioclimatic Architecture, The Demonstration Component of the JouleThermie Programme', Energy Research Group University-College Dublin, Ireland, LIOR E.E.I.G., 1997
http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf

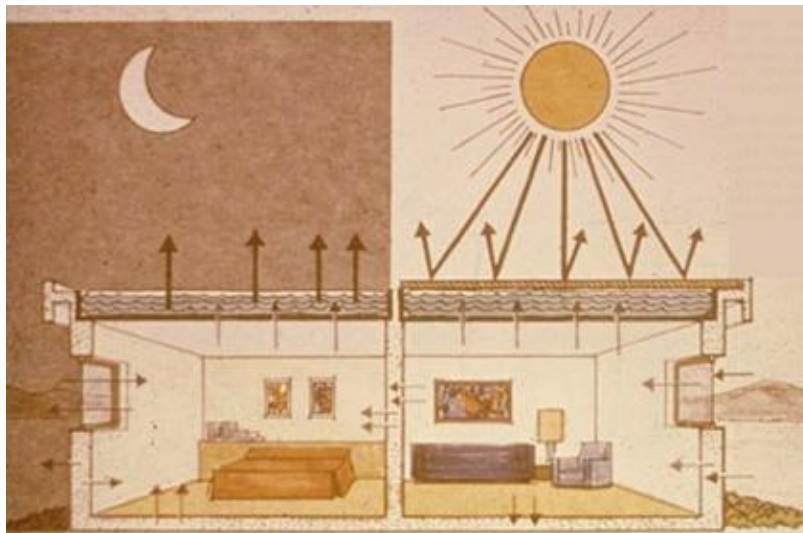
16. K.S.Ong, C.C.Chow, 'Performance of solar chimney'
www.sciencedirect.com
17. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm
18. http://exikonomisi.blogspot.com/2007_11_01_archive.html

Κεφάλαιο 7

Φυσικός Δροσισμός

Τις θερινές περιόδους του χρόνου, σε ήπια κλίματα όπως το ελληνικό, η ηλιακή ακτινοβολία που «πέφτει» στις επιφάνειες των κτιρίων (Σχήμα 7.1), η διείσδυση του θερμού αέρα καθώς επίσης και η χρήση ηλεκτρικών συσκευών, αυξάνουν τα επίπεδα του θερμικού φορτίου σε τέτοιο βαθμό που να χάνεται η θερμική άνεση. Στην Ελλάδα είναι συνηθισμένο το φαινόμενο τοποθέτησης κλιματιστικών για τη βελτίωση του μικροκλίματος, των οποίων η χρήση έχει αυξηθεί κατά 900%. Όμως αυτή η πράξη έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Μια ικανοποιητική λύση στο θέμα υπερθέρμανσης, εξοικονόμησης ενέργειας και αποφυγής κλιματιστικών είναι η εφαρμογή παθητικών συστημάτων δροσισμού. Η παθητική ψύξη εφαρμόζεται στις διαδικασίες διάχυσης θερμότητας με φυσικό τρόπο, χωρίς ενεργειακή μεταφορά ή χρησιμοποίηση μηχανικών στοιχείων. Περιλαμβάνει καταστάσεις ζεύξης των στοιχείων και των χώρων του κτιρίου με τις δεξαμενές θερμότητας, δηλαδή τον ουρανό τον αέρα τη γη και το νερό.^[8,11]



Σχήμα 7.1: Μεταδόσεις θερμότητας κατά τη διάρκεια ημέρας και νύχτας
(Πηγή: Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center, www.azsolarcenter.com)

7.1 Απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Οι πιο συνηθισμένες και απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού είναι^[9]:

α) η ηλιοπροστασία, η οποία επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους, όπως με τη βλάστηση, τις προεξοχές που διαθέτει το κτίριο και αποτελούν τα γεωμετρικά στοιχεία του, τα διάφορα ανοίγματα που είναι είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά, τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκιάστρων, καθώς και τη χρήση υαλοπινάκων που διαθέτουν ειδικές επιστρώσεις ή έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία, που τους καθιστά ανακλαστικούς, ηλεκτροχρωμικούς κ.α.

β) η χρήση της θερμικής μάζας, για την ελάττωση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

γ) ο φυσικός εξαερισμός (Σχήμα 7.2), που επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την ορθή λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέποντας την κίνηση του αέρα στους χώρους του σπιτιού. Ο φυσικός αερισμός ενισχύεται με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής, καταναλώνοντας ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα, επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συνήθεις, λόγω της κίνησης του αέρα που δημιουργείται μεταφέροντας θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Μέσω του νυχτερινού διαμπερή αερισμού, αποθηκεύεται δροσιά στη θερμική μάζα του κτιρίου, μειώνοντας την επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.



Σχήμα 7.2: Ο δροσισμός στα κτίρια
(Πηγή http://www.realestatecorner.gr/el/article_groups/2/articles/193)

7.2 Σύνθετες μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Τα πιο σύνθετα συστήματα δροσισμού, με επιπλέον οφέλη ψύξης, είναι^[10]:

- ο δροσισμός με απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή. Αυτό επιτυγχάνεται με υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια, ή υπεδάφιο σύστημα αγωγών και εναλλάκτες εδάφους-αέρα,

- ο δροσισμός με απόρριψη θερμότητας στην ατμόσφαιρα μέσω ακτινοβολίας τη νύχτα,
- η ενίσχυση του φαινομένου του φυσικού εξαερισμού με τη χρήση πύργων αερισμού ή ηλιακών καμινάδων,
- η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους με τη χρήση διαφόρων τεχνικών, όπως το αεριζόμενο κέλυφος, το φυτεμένο δώμα, το φράγμα της ακτινοβολίας, και τα ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών,
- ο δροσισμός με εξάτμιση νερού, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως οι υδάτινες επιφάνειες, οι ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης), ο πύργος δροσισμού, η βλάστηση μέσω της εξατμισο-διαπνοής των φυτών.

7.3 Ψύξη με ακτινοβολία

Η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα την νύχτα επιτρέπει τη διάχυση θερμότητας από τις επιφάνειες κτιρίων και υπαίθριων χώρων. Παράλληλα, θερμότητα αποβάλλεται από τον ιστό της πόλης με την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας προς τον ουρανό. Αυτός είναι και ο κύριος φυσικός μηχανισμός για την απόρριψη του γήινου θερμικού πλεονάσματος. Η θερμοκρασία έξω από την ατμόσφαιρα της Γης βρίσκεται στο απόλυτο μηδέν (-273°C). Ψηλά στην ατμόσφαιρα η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται στους -40°C. Αυτό σημαίνει ότι προς την κατεύθυνση του ουρανού υπάρχει ένας εξαιρετικά ισχυρός απαγωγέας θερμότητας (heatsink). Η ένταση της διαφεύγουσας θερμικής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη στην περιοχή του ζενίθ, κατά τη διάρκεια της νύχτας και στο φάσμα των 8-14μm που αποτελεί το λεγόμενο «ατμοσφαιρικό» (φασματικό) παράθυρο (atmospheric window). Στις πόλεις οι κατακόρυφες επιφάνειες των κτιρίων και τα καταστώματα των δρόμων έχουν ιδιαίτερα μειωμένη ορατότητα του ουρανού. Οι στέγες, τα δώματα και οι ανοικτοί υπαίθριοι χώροι έχουν καλύτερη ορατότητα αυτού του τμήματος του ουράνιου θόλου. Η επίδραση των ανέμων στο κτιριακό κέλυφος σχετίζεται με δύο φαινόμενα μετάδοσης θερμότητας^[12,13,14].

- τη συναγωγή ανάμεσα στον άνεμο και την εξωτερική επιφάνεια του συμπαγούς κελύφους και
- τη μεταφορά μέσω των αρμών του κτιρίου (κουφώματα, στέγες κτλ).

7.3.1 Με συναγωγή

Η κάθε πλευρά του κτιριακού κελύφους επηρεάζεται από τους ανέμους με τρόπο διαφορετικό και ανάλογο με τη θέση της και τη γωνία που σχηματίζει με την κατεύθυνση πνοής τους. Στις προσήνεμες επιφάνειες του κτιρίου, που είναι κάθετες στην κατεύθυνση του ανέμου, εμφανίζεται αυξημένη πίεση, ανάλογη της ταχύτητάς του. Η αύξηση της αιολικής πίεσης μεγαλώνει τον συντελεστή συναγωγής. Έτσι, στην περίπτωση ψυχρών ανέμων, εμφανίζονται αυξημένες απώλειες, ενώ στην περίπτωση θερμών ανέμων έχουμε αύξηση των θερμικών φορτίων στο κτίριο. Στις πλευρές των κτιρίων, που είναι παράλληλες με την κατεύθυνση του ανέμου παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Η εξωτερική επιφάνεια του κελύφους έρχεται σε επαφή με κινούμενες, διαρκώς ανανεωνόμενες αέριες μάζες, πράγμα που ευνοεί το

φαινόμενο της μετάδοσης θερμοκρασίας με συναγωγή. Στις υπήνεμες πλευρές του κτιρίου, η μετάδοση θερμότητας μειώνεται, λόγω μείωσης της ταχύτητας του ανέμου (σκιά ανέμου) και εμφάνισης υποπίεσης. Παρατηρείται όμως το δυσάρεστο φαινόμενο της δημιουργίας δινών και στροβίλων.^[12,13,14]

7.3.2 Με μεταφορά μέσω αρμών

Οι πιο σημαντικοί αρμοί σ' ένα κτίριο είναι αυτοί που εμφανίζονται μεταξύ τοιχοποιίας και κασωμάτων ή μεταξύ τοιχοποιίας και ξύλινης στέγης. Στις προσήνεμες πλευρές μεγάλων πιέσεων ο άνεμος διεισδύει, μέσω των αρμών, στο εσωτερικό του κτιρίου. Στις πλευρές όπου δημιουργείται υποπίεση (τις παράλληλες με την κατεύθυνση του ανέμου) ο εσωτερικός αέρας του κτιρίου διαφεύγει προς τον εξωτερικό χώρο. Παρ' όλο που το δεύτερο φαινόμενο γίνεται πιο δύσκολα αντιληπτό από ότι το πρώτο, επιδρά εξίσου σημαντικά στη διατάραξη της εσωτερικής θερμικής άνεσης. Σε περιοχές με συχνούς ισχυρούς ανέμους απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό και την τοποθέτηση των κουφωμάτων, ανάλογα με τη θέση τους ως προς τον άνεμο.

Η αξιοποίηση των δροσερών καλοκαιρινών ανέμων, μπορεί να απαλλάσσει περιοδικά το κτίριο από σημαντικά θερμικά φορτία και αθροιστικά μπορεί να συμβάλλει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας δροσισμού κατά την θερινή περίοδο.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο Βαρδάρης. Η αξιοποίηση του δροσερού καλοκαιρινού ανέμου προϋποθέτει:

- α) την πρόβλεψη ανοιγμάτων εισόδου του στο κτίριο,
- β) μια εσωτερική διάταξη που να επιτρέπει τη διέλευσή του από όλους τους χώρους, τη μετάδοση θερμότητας με συναγωγή από όσο το δυνατό μεγαλύτερες επιφάνειες των δομικών στοιχείων στο εσωτερικό του κτιρίου και τη δυνατότητα απαγωγής της θερμότητας με μεταφορά προς τον εξωτερικό χώρο,
- γ) την ύπαρξη ικανής θερμικής αδράνειας του κτιρίου και
- δ) την αποτελεσματική προστασία του κτιρίου τις επόμενες μέρες ώστε να καθυστερήσει η απορρόφηση νέων θερμικών φορτίων.

Στις περιοχές που δεν δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και όπου δεν πνέουν ισχυροί άνεμοι, ο αέρας εμφανίζει μια φυσική θερμική διαστρωμάτωση. Οι ψυχρότερες αέριες μάζες, ως βαρύτερες καταλαμβάνουν τους χαμηλούς χώρους, κοντά στο έδαφος. Όσο απομακρυνόμαστε από το έδαφος, η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται.

Οι περιοχές γύρω από το κτίριο που μπορούν στη διάρκεια της μέρας να τροφοδοτήσουν τον εσωτερικό χώρο με δροσερό αέρα, είναι οι μόνιμα και περισσότερο σκιασμένες που βρίσκονται, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Δηλαδή οι χαμηλοί χώροι γύρω από τη βορινή πλευρά του κτιρίου. Εάν προστατεύσουμε αυτούς τους χώρους με πρόσθετο σκιασμό κατακόρυφης υψηλής και χαμηλής βλάστησης, τόσο από την έμμεση ακτινοβολία όσο και από την άμεση των πρώτων πρωινών και των τελευταίων απογευματινών ωρών, μπορούμε να διατηρήσουμε σ' αυτές τις θέσεις σημαντικές μάζες δροσερού αέρα πολύτιμες για το δροσισμό του κτιρίου, σε όλη τη διάρκεια της ηλιοφάνειας.

Στις περιοχές που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, η θερμική διαστρωμάτωση του αέρα διαταράσσεται και εμφανίζονται στη θέση της αιολικά ρεύματα. Εκτός από αυτά τα τοπικά αιολικά ρεύματα, στη διάρκεια του καλοκαιριού, πνέουν καθημερινά απόγειες και θαλάσσιες αύρες.

Ο διαμπερής αερισμός, όταν δεν είναι ελεγχόμενος ως προς τη θερμοκρασία των ρευμάτων δροσισμού, συμβάλλει φαινομενικά και όχι πραγματικά στο δροσισμό των κτιρίων.^[12,13,14]

7.4 Ψύξη από το έδαφος

Ένας άλλος τρόπος δροσισμού του κτιρίου γίνεται μέσω του εδάφους. Πρόκειται για αξιοποίηση της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με τον αέρα περιβάλλοντος κατά τους θερμούς μήνες. Ενώ σε πολλά σημεία μιας χώρας μπορεί να υπάρχουν ισχυρές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αναλόγως της εποχής, από καύσωνα το καλοκαίρι σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός τον χειμώνα, μερικά μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Σε εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 10°C έως 21°C, για τον ελλαδικό χώρο. Αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι. Η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας του εδάφους μπορεί αν γίνει με δύο τρόπους. Είτε με διάχυση θερμότητας προς το έδαφος με αγωγή, είτε με μεταφορά.

Στην πρώτη περίπτωση, μέρος του περιβλήματος του κτιρίου πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εδαφικό υλικό. Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον το επιτρέπουν οι τοπογραφικές συνθήκες, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο, σε θερμά και ξηρά κλίματα, αποβάλλεται θερμότητα από το εσωτερικό προς το έδαφος. Για να εφαρμοσθεί αυτή η μέθοδος, τα τμήματα του περιβλήματος κάτω από το έδαφος δε θα πρέπει να μονώνονται, αλλά συνίσταται να υδρομονώνονται για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειες τους. Ωστόσο, σε κλίματα με ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος.

Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται χρήση υπεδάφιου συστήματος εναλλακτών, που σκοπό έχει να ψυχθεί ο αέρας για τον αερισμό του κτιρίου πριν εισέλθει στο κτίριο με τη διέλευση του μέσα από ένα υπόγειο αγωγό, αφού πρώτα αναρροφηθεί από ανεμιστήρες. Εκτός από το καλοκαίρι, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα.^[1,3,5,7]

7.5 Ψύξη μέσω εξάτμισης

Η ψύξη μέσω εξάτμισης, συμβάλλει στο φυσικό δροσισμό των κτιρίων και είναι χρήσιμη μέθοδος. Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιείται το φαινόμενο της εξάτμισης, κατά το οποίο η πίεση του ατμού νερού υπό μορφή σταγόνων ή σε βρεγμένη επιφάνεια, είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση του υδρατμού σε παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η μεταβολή από υγρό σε ατμό, του νερού, συνοδεύεται με ανάληψη ενός ποσοστού θερμότητας από τον αέρα. Στην άμεση ψύξη με τη χρήση του φαινομένου της εξάτμισης, έχουμε ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας

του ξηρού βολβού του αέρα, αυξάνοντας παράλληλα την υγρασία του. Στην έμμεση ψύξη μέσω εξάτμισης, η διαδικασία της εξάτμισης, συμβαίνει στην εσωτερική επιφάνεια ενός σφραγισμένου δοχείου (π.χ. ένας σωλήνας), όπου ως αποτέλεσμα έχουμε τη μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του με παράλληλη ψύξη του αέρα στο εξωτερικό του χωρίς όμως αύξηση της υγρασίας του. Τόσο η άμεση όσο και η έμμεση ψύξη χρησιμοποιούνται στα παθητικά συστήματα δροσισμού, χρησιμοποιώντας στοιχεία από το κέλυφος του κτιρίου. Επίσης μπορούν να βοηθηθούν μηχανικά σχηματίζοντας υβριδικά συστήματα.^[15]

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Τσιπτήρας Κώστας, Τσιπτήρας Θέμης, 'Οικολογική Αρχιτεκτονική, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτερική αρχιτεκτονική', Εκδόσεις Κέδρος, 2005
2. Μαλλiάρης- Επιτροπή για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 'Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες', 1994
3. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
4. Ηλιακοί Τοίχοι και Παράθυρα
http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORy_CODE=23&ARTHR O_NAME=118-27.TXT
5. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm
6. http://www.realestatecorner.gr/el/article_groups/2/articles/193
7. Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center,
www.azsolarcenter.com
8. The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, 'Energy in Architecture- The European Passive Solar Handbook', Brussels 1996
9. Academy of Athens Plea-Cres, 'Solar and Buildings Symposium Proceedings', 1993
10. Bowen A., 'Heating and Cooling of Building Sites Through Landscape Planning, Passive Cooling', Handbook, Newark, 1980
11. H.N. Knudsen, R.J. de Dear, J.W. Ring, T.L. Li, T. W. Punter, P.O. Fanger, 'Thermal Comfort in Passive Solar Buildings', Laboratory of Heating and Air-Conditioning, Technical University of Denmark, May 1989
12. Γεωργιάδου Έλλη, 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός – καθαρές τεχνολογίες δόμησης', Εκδόσεις Παρατηρητής, 1996
13. Σίμου Γιάννα, 'Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη', ΤΕΕ – ημερίδα «βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
14. Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουδάκη Κ., 'Αειφόρος ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον', ΤΕΕ ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
15. Chadra S., Fairey P., Houston M., 'Cooling with ventilation', Florida Energy Center, 1986

Κεφάλαιο 8

Θερμομόνωση

8.1 Σημασία θερμομόνωσης

Ένα από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να έχει ένα παθητικό ηλιακό σπίτι για να λειτουργεί σωστά, είναι η κατάλληλη θερμομόνωση. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για τους τοίχους πρέπει να είναι μικρότερη από $0,30\text{W/m}^2$ ενώ για την οροφή πρέπει να είναι μικρότερη από $0,15\text{ W/m}^2$ και για τα παράθυρα όχι μεγαλύτερη από $3,5\text{ W/m}^2$. Η θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας πρέπει να είναι περίπου ίση με $0,50\text{ W/m}^2$. Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά σπίτια είναι παρόμοια με αυτά των συμβατικών κατοικιών αλλά πιο πυκνά.

Σταθμό στην εξέλιξη των θερμομονωτικών υλικών απετέλεσε η πρώτη ενεργειακή κρίση των αρχών του 1970, όπου η επιταγή περιορισμού των αναγκών σε θέρμανση οδήγησε σε άνθηση στην αγορά θερμομονωτικών υλικών που αυξήθηκε ταχύτατα για να φτάσει σ' ένα κύκλο εργασιών της τάξης του 1.000.000.000 € το χρόνο. Ωστόσο, συχνά η χρήση πολλών από αυτά εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον. Είναι γνωστό ότι μια σωστή θερμομόνωση, η οποία απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτιρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και το 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του. Μια κατοικία 100m^2 καλά θερμομονωμένη, εξοικονομεί περίπου 2 τόνους πετρέλαιο σε σχέση με μια αμόνωτη κατοικία. Η καλή θερμομόνωση μπορεί να μειώσει τη μεταφορά θερμότητας μέσα από τους τοίχους, τα πατώματα, τις οροφές, τα παράθυρα, κλπ. κατά πολύ μεγάλο ποσοστό. Επιθυμητή είναι η χρήση υλικών με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας U.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του κτιρίου, η εργασία που θα χρειαστεί αλλά και η λεπτομέρεια και η προσεκτικότητα, εμπεριέχουν μια μακροπρόθεσμη επίδραση στη φυσική λειτουργία του κτιρίου καθώς και στην υγεία των χρηστών, στην ασφάλειά τους και στο κόστος.

Το πρότυπο θερμομόνωσης, έχει μια σημαντική επίδραση στη θερμική επίδοση, το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης αλλά και στις ανάγκες για καύσιμα και στην άνεση των χρηστών. Η επιλογή των υλικών, θα έχει επιδράσεις στην υγεία των ενοίκων αλλά και στην ποιότητα του αέρα. Η ποιότητα στη λεπτομέρεια και στην εργασία, αποτελεί βασικό όργανο που συμβάλει στην αποτελεσματικότητα της θερμομόνωσης και στην ελαχιστοποίηση των

θερμογεφυρών και των ρίσκων της συγκέντρωσης. Η θερμοχωρητική ικανότητα της κτιριακής κατασκευής έχει μια αντοχή στη θερμική άνεση και τις ανάγκες σε καύσιμα.

Η εφαρμογή θερμομόνωσης στα εξωτερικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό κάθε ενεργειακά χαμηλής στρατηγικής. Συχνές αναθεωρήσεις στους κτιριακούς κανονισμούς σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις για θερμομόνωση υπογραμμίζουν τη σημασία και τα οφέλη που προκύπτουν από την επιτυχή εφαρμογή της σε αρκετά αρχιτεκτονικά σχέδια.

Γενικά το πεδίο δράσης που αφορά στη θερμομόνωση, αυξάνεται ως λειτουργία των παρακείμενων:

- Της επιθυμίας μεγιστοποίησης της αυτονομίας από τις συμβατικές πηγές καυσίμων.
- Των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη την επιπλέον μόνωση όταν οι εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν είναι σοβαρές και οι απαιτήσεις του εσωτερικού σχεδιασμού είναι αυξημένες.
- Του εκτεθειμένου κτιριακού κελύφους, διότι τα σπίτια που είναι ενωμένα με μεσοτοιχία είναι πιο μονωμένα και προστατευμένα από τις κατοικίες που δεν εφάπτονται με άλλες.
- Των εμποδίων της τοποθεσίας καθώς και άλλες ανάγκες για ηλιακή πρόσβαση, επιλέγοντας μικρότερα παράθυρα ή περισσότερη θερμομόνωση για αδιαφανή στοιχεία.

Αν στις παραπάνω περιπτώσεις, υιοθετηθούν επίπεδα θερμομόνωσης υψηλότερα από τις ελάχιστες ενδείξεις των κανονισμών, μπορεί να αποφέρουν σημαντικά ενεργειακά οφέλη με σχετικά μικρό επιπλέον κόστος.

Η επιλογή ενός συγκεκριμένου μονωτικού υλικού και η πυκνότητά του, δεν αποτελούν από μόνα τους επαρκή στοιχεία για να διαβεβαιώσουν την καλή λειτουργία του συστήματος ή την αποφυγή τεχνικών ρίσκων. Στην πράξη, η λειτουργικότητα του συστήματος μπορεί να εξασφαλιστεί με προσοχή στη λεπτομέρεια και στην εργασία. Γενικά συστήνεται, ο έλεγχος της ανάγκης και της συνέχειας των νεφελωδών φραγμών, η εξασφάλιση επαρκούς εξαερισμού στις αέριες κοιλότητες και στις στέγες προς αποφυγή της συμπύκνωσης της υγρασίας, της θερμότητας, η φροντίδα στα ανώφλια, στις κολώνες, στα περβάζια και στις ενώσεις των τοίχων με το πάτωμα και την στέγη ώστε να μειωθούν οι θερμικές γέφυρες και την εξασφάλιση της συνέχειας και της ακεραιότητας των μονωτικών υλικών τόσο ανάμεσα όσο και μέσα στα στοιχεία του κτιριακού κελύφους.

Η επιλογή των μονωτικών υλικών πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, με σεβασμό στην υγεία των ενοίκων και με φιλικότητα προς το περιβάλλον. Θα πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγονται υλικά που παράχθηκαν με τη χρήση χλωροφθορανθράκων ή υδροχλωροφθορανθράκων.

Τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τεχνικά ρίσκα είναι η συγκέντρωση υγρασίας σε μη θερμαινόμενους χώρους και σε κοιλότητες ή κενούς χώρους, λόγω της εξάτμισης του νερού από τους θερμαινόμενους χώρους. Αυτό μπορεί να προβλεφθεί με τον εξαερισμό, με τη μόνωση μεταξύ θερμαινόμενων και μη χώρων όταν αφορά μη θερμαινόμενους χώρους, ενώ για τις κενές κοιλότητες προβλέπεται με τον εξαερισμό τους προς τα έξω, με την απόσπαση από την πηγή και με την πρόβλεψη ή τον έλεγχο του εξατμιστικού φραγμού.^[2]

8.2 Θερμομόνωση δομικών στοιχείων

8.2.1 Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Εκτός όμως από τη θερμομόνωση των παραθύρων, η θερμομόνωση των τοίχων είναι εξίσου σημαντική. Ένας χώρος που θερμαίνεται έχει την τάση να ακτινοβολεί προς τον ψυχρότερο χώρο που τον περιβάλλει. Η θερμότητα η οποία διαφεύγει από τις ατέλειες στην κατασκευή του κτιρίου και οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με την κατάλληλη μόνωση ανάλογα την περίπτωση. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να μην εμποδίζεται ο επαρκής αερισμός της κατοικίας και ο αέρας να μπορεί να ανανεώνεται συστηματικά και ανεμπόδιστα προς όλους τους χώρους της κατοικίας.

Η σωστή θερμομόνωση, σε συνδυασμό με ένα ικανοποιητικό σύστημα κλιματισμού, εξασφαλίζουν την άνετη διαμονή των κατοίκων μέσα στην κατοικία. Το χειμώνα, θα εξασφαλίζεται η προστασία των εσωτερικών χώρων από το κρύο και το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέση^[1]. Επιπλέον, η σωστή θερμομόνωση εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη της εγκατάστασης αλλά και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις μεταξύ των εξωτερικών και των εσωτερικών χώρων. Συμβάλλει ακόμα στην εξοικονόμηση χρημάτων από τα έξοδα συντήρησης, αυξάνοντας το προσδόκιμο ζωής της κατοικίας και προστατεύοντάς την από τις φθορές και τις βλάβες.

Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη θερμομόνωση των κατοικιών και με το κατά πόσο είναι σωστά εφαρμοσμένες σε αυτό, αν αυξηθεί το αρχικό κόστος κατασκευής του κτιρίου για επιπλέον θερμομόνωση κατά 2% με 5% τότε η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει θα μειώνει το κόστος ενέργειας για θέρμανση κατά 50%.

8.2.1.1 Τύποι θερμομόνωσης πλευρικού τοιχώματος

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι θερμομόνωσης:

- η εσωτερική,
- η εξωτερική,
- η θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων,
- η θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων αλλά και
- η διαφανής θερμομόνωση

Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωση είναι το γεγονός ότι είναι οικονομικότερη μέθοδος σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση, η κατασκευή της γίνεται σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, είναι απλή η κατασκευή, ο χώρος θερμαίνεται σύντομα, δε χρειάζεται ιδιαίτερη προστασία της μόνωσης από τις εξωτερικές επιδράσεις και η κατασκευή γίνεται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Όμως αυτή η μέθοδος εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα. Αυτά είναι ο περιορισμός του εσωτερικού χώρου και το ότι ο χώρος θερμαίνεται γρήγορα, αλλά ψύχεται και αντίστοιχα γρήγορα, καθώς μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου. Επίσης αυτή η μέθοδος δεν λύνει το πρόβλημα των θερμογεφυρών, τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από τις συστολές και τις διαστολές που προκαλούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις με άμεση επίπτωση την πρόκληση ρηγματώσεων

και την εισροή βρόχινου νερού. Τέλος, η εσωτερική μόνωση δημιουργεί πρόβλημα την τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά στην εξωτερική θερμομόνωση, το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου μόνωσης είναι το γεγονός ότι ο χώρος έχει την ικανότητα διατήρησης της θέρμανσης αφού διακοπεί η λειτουργία της θέρμανσης κι αυτό οφείλεται στη θερμοχωρητικότητα των τοίχων. Οι νότιοι χώροι των κτιρίων διατηρούν τη θερμότητα του ηλιακού κέρδους που αποθηκεύεται στους μεγάλους βάρους εσωτερικούς τοίχους. Επίσης, δεν μειώνεται ο ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος, οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και τις διαστολές, εξασφαλίζεται η κάλυψη των θερμογεφυρών στα δοκάρια, στις κολόνες και στις πλάκες σκυροδέματος. Τέλος, δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία των εσωτερικών χώρων κατά τη διάρκεια κατασκευής της εσωτερικής θερμομόνωσης. Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι είναι ακριβή σε σχέση με την θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου και ότι η εφαρμογή της δεν είναι εύκολη στην περίπτωση που οι τοίχοι διαθέτουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές ή εμφανίζουν έντονη μορφολογία. Επιπλέον, απαιτείται ειδική προστασία των υλικών και των στρώσεων από τις καιρικές συνθήκες.

Στη θερμομόνωση με τη χρήση ειδικών τούβλων, ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με το σχήμα, τις διαστάσεις, τον τρόπο κατασκευής τους κλπ. θα πρέπει να εξασφαλίζουν τιμές για τον συντελεστή θερμοπερατότητας στα πλαίσια που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν χρειαστεί να αυξηθεί αυτός ο συντελεστής, προστίθεται μονωτικό υλικό που μπορεί να είναι ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Παρά το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος τρόπος θερμομόνωσης παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αυτό θα γίνει εφόσον εξασφαλιστεί η σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων με την κατάλληλη στενότητα, ώστε στη μάζα των θερμομονωτικών τούβλων, να μην εισέρχεται υγρασία.

Στη θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων, το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε δύο δρομικούς τοίχους, έτσι επιτυγχάνεται θερμομόνωση αλλά είναι άγνωστο κατά πόσο υπάρχει προστασία από τη στατική αντοχή του συστήματος στον αντισεισμικό κανονισμό. Αυτή η τεχνική μπορεί να επιτευχθεί ακόμη κι αν σχηματισθούν θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ (λωρίδα οπλισμένου σκυροδέματος που τοποθετείται στο μέσο περίπου της τοιχοποιίας, για ενίσχυση).

Εναλλακτική θερμομόνωση αποτελεί η διαφανής θερμομόνωση για την κατασκευή μεγάλων εξωτερικών επιφανειών. Οι θερμομονωτικές ιδιότητες της είναι πολύ καλές, καλύτερες ακόμη και από διπλούς υαλοπίνακες. Η διαφανής θερμομόνωση μπορεί να εφαρμοσθεί και πάνω από υπάρχουσες αμόνωτες τοιχοποιίες, όπως ακριβώς συμβαίνει με τις παραδοσιακές μονώσεις.^[4]

8.2.2 Θερμομόνωση παραθύρων

Η σημασία του σχεδιασμού των παραθύρων σε σχέση με τη θερμομόνωση είναι πολύ σημαντική και αυτά τα δύο στοιχεία συνδέονται άμεσα. Γενικά ένα μεγάλο μέρος του κτιριακού κελύφους καλύπτεται από παράθυρα και γυάλινες επιφάνειες. Πλέον τα μονά τζάμια αντικαθίστανται με διπλά. Ειδικά για τα παθητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται μεγάλες γυάλινες επιφάνειες που βελτιώνουν και αυξάνουν τα ηλιακά κέρδη. Αυτό είναι σύνηθες στα ψυχρά και ήπια κλίματα και ισχύει για όλη τη διάρκεια του χρόνου όχι όμως και για τα θερμά κλίματα. Όμως, οι γυάλινες επιφάνειες προκαλούν προβλήματα, καθώς δεν υπάρχει θερμική

άνεση ενώ υπάρχει ανάγκη σε σκιασμό η οποία επιδρά στην εισροή του φυσικού φωτισμού. Οι λύσεις σε αυτά τα προβλήματα είναι η χρήση προηγμένης τεχνολογίας τζαμιών ή με ειδικό φυσικό ή τεχνητό σκιασμό, ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.

Τα τζάμια προηγμένης τεχνολογίας, αποτελούνται από γυαλί ή πλαστικό τα οποία είναι επαλειμμένα με μια ευρεία ποικιλία ειδικά επιλεγμένων προϊόντων. Η επάλειψη γίνεται με μείγματα που βρίσκονται σε μορφή ατμών που ψεκάζονται στο ζεστό γυαλί ή μπορεί να γίνει με κενή επάλειψη με λεπτά στρώματα πάνω στη γυάλινη επιφάνεια. Η μετατροπή του γυαλιού, μπορεί να δημιουργήσει ένα υλικό με τις καλύτερες επιθυμητές ιδιότητες^[5]. Η ποιότητα του γυαλιού και η αντίδρασή του ανάλογα τη θέση που βρίσκεται, εξετάζονται σε εγκαταστάσεις δοκιμών σύμφωνα με τις εθνικές και τις διεθνείς προδιαγραφές.

Στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία σε διπλά τζάμια με χαμηλές εκπομπές. Επίσης υπάρχει ποικιλία σε διπλά-τριπλά τζάμια με polycarbonate, με ικανότητα διάχυσης φωτός αλλά και θερμομονωτικά τζάμια, ήπια θερμομονωτικά τζάμια, «ντυμένα» τζάμια κλπ. Επιπλέον υπάρχει μεγάλος αριθμός κανονικών και ειδικών παραθύρων, τα οποία χρησιμοποιούν ειδικά τζάμια για τη χρήση τους σε βιοκλιματικές κατοικίες. Αυτά τα ειδικά τζάμια καλούνται και οπτικά σκίαστρα, διότι μεταβάλλουν την ανακλαστικότητά τους ως αντίδραση στην προσπίπτουσα θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία, το φωτισμό και το ηλεκτρισμό.

Τα αρχιτεκτονικά οφέλη από τη χρήση τους είναι τεράστια. Ηλιακή θέρμανση και φωτισμός χωρίς πρόκληση υπερθέρμανσης ή θάμβωσης σύμφωνα με τον τρόπο σχεδιασμού της παθητικής ηλιακής κατοικίας, τα θερμοχωρητικά υλικά αλλάζουν το χρώμα τους ανάλογα με το βαθμό θερμότητας που δέχονται.

Τα ρευστά θερμοχρωμικά υλικά χρησιμοποιούν τζελ ή ρευστές ουσίες όπου το κύριο συστατικό τους αντιδρά άμεσα στο φυσικό φωτισμό όπως τα περισσότερα βιολογικά πολυμερή. Τα ηλεκτροχρωμικά υλικά αλλάζουν χρώμα αντιδρώντας στο ηλεκτρικό πεδίο που δέχονται. Πολλά οργανικά και ανόργανα ρευστά ή στερεά χρησιμοποιούνται ως μέσο, στριμωγμένα ανάμεσα σε ανοδικά και καθοδικά στρώματα^[6].

Όσον αφορά στη νυχτερινή θερμομόνωση, είναι απαραίτητη στα παράθυρα ώστε να διατηρείται η ενέργεια στο εσωτερικό της κατοικίας. Η μόνωση των παραθύρων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τα παθητικά ηλιακά σπίτια. Τα πλεονεκτήματα που υπάρχουν είναι η μείωση του θορύβου, ο έλεγχος του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού, η προστασία από τις καιρικές συνθήκες αλλά και η ιδιωτικότητα/ απομόνωση^[1]. Στα νεόδμητα κτίρια, τα θερμομονωμένα σκίαστρα ή πατζούρια αντικαθιστούν τα συμβατικά σκίαστρα ή κουρτίνες, τα οποία δεν είναι μονωμένα, εφόσον ο πρωταρχικός στόχος της κινητής νυχτερινής θερμομόνωσης είναι η μείωση της θερμότητας που μεταφέρεται.

Οι κύριοι παράγοντες υπολογισμού, όταν επιλέγουμε τη νυχτερινή θερμομόνωση των υαλοστασίων είναι:

- πόσο καλά θερμομονώνει και πως φαίνεται αισθητικά,
- πόσο εύχρηστο είναι και αν αποθηκεύεται εύκολα,
- πόσος είναι ο χρόνος ζωής του και τι συντήρηση απαιτεί, καθώς και
- ποια είναι τα πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για τη νυχτερινή θερμομόνωση, των υαλοστασίων, εξαρτώνται από το μέρος που βρίσκονται τα παράθυρα. Τα εξωτερικά σκίαστρα και τα πατζούρια, προστατεύουν από τις καιρικές συνθήκες, τις μεγάλες γυάλινες επιφάνειες. Δεν

επεμβαίνουν αισθητικά ή φυσικά στο εσωτερικό του κτιρίου αλλά επιδρούν στην εξωτερική εμφάνιση του κτιρίου καθώς εκτίθενται στις καιρικές συνθήκες κι έτσι πρέπει να έχουν τραχιά/ γερή κατασκευή. Τα περισσότερα εξωτερικά σκίαστρα μπορούμε να τα χειριστούμε από το εσωτερικό της κατοικίας. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα καθώς δεν χρειάζεται ο χρήστης να βγει έξω από την οικία του για να ανοίξει ή να κλείσει τα πατζούρια. Τα εξωτερικά κάθετα σκίαστρα με ρολά, κατασκευάζονται από ξύλο, αλουμίνιο, PVC κ.α. Κάθε ρόλο κατασκευάζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε ανοίγματος^[2]. Οι μονώσεις μεταξύ των τζαμιών δεν απαιτούν χώρο γύρω από το τζάμι στο εσωτερικό του ή στο εξωτερικό του, για την αποθήκευση της θερμότητας που αποθηκεύεται όταν τα σκίαστρα δεν χρησιμοποιούνται. Τα σκίαστρα επηρεάζουν ελάχιστα την εμφάνιση του κτιρίου αισθητικά, όταν αυτά είναι ανοιχτά. Οι μονάδες παραθύρων, οι οποίες διαθέτουν διπλά τζάμια, με μικροσκοπικά βενετικά στόρια μεταξύ των γυάλινων επιφανειών είναι διαθέσιμα στην αγορά. Επιπλέον, υπάρχουν μονάδες που μεταξύ των γυάλινων επιφανειών υπάρχουν μικροί κόκκοι πολυστερίνης ως μονωτικό υλικό.

Τα εσωτερικά σκίαστρα και πατζούρια, αποτελούν τα συνηθέστερα μονωτικά των παραθύρων. Η αγορά διαθέτει μεγάλη συλλογή από αυτά ώστε να ταιριάζουν με τον εσωτερικό χώρο. Τα εσωτερικά γυάλινα πάνελ καλής ποιότητας, δεν χρειάζονται συντήρηση και διαρκούν μια ζωή. Αυτά τα πάνελ είναι διαθέσιμα σε γυαλί, σε άκαμπτα μονά και διπλά τζάμια αλλά και σε μη άκαμπτες λεπτές μεμβράνες. Ένα πρόβλημα των εσωτερικών μονωτικών υλικών είναι η πιθανότητα διαφυγής της συγκεντρωμένης υγρασίας μέσω ή γύρω από το μονωτικό υλικό.^[7]

Τα ιδανικά νυχτερινά μονωτικά υλικά πρέπει να έχουν χαμηλό κόστος και η τιμή τους να συμπεριλαμβάνει όλες τις απαραίτητες ενδείξεις και πληροφορίες για την πλήρη εγκατάσταση του συστήματος, καθώς και απλές οδηγίες ώστε καθένας να μπορεί να τα τοποθετήσει μόνος του. Τα υλικά πρέπει να έχουν ένα εσωτερικό «νεφελώδες εμπόδιο» και καλή περιμετρική στεγανότητα, να έχουν μεγάλο προσδόκιμο ζωής, να μην είναι εύφλεκτα ούτε τοξικά. Το συνολικό σχέδιο πρέπει να επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό, την διασφάλιση ότι το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί να μπορεί εύκολα να ανοιχθεί σε περίπτωση ανάγκης.

8.2.3 Θερμογέφυρες

Οι θερμογέφυρες αποτελούν ένα ακόμη πρόβλημα και σχηματίζονται γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα αλλά και στις ενώσεις μεταξύ των τοίχων, του πατώματος και της οροφής. Το αίτιο που προκαλεί αυτό το φαινόμενο είναι κενά στην μόνωση ή όταν γίνεται η μόνωση με πυκνά υλικά. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με την διατήρηση της συνέχειας της μόνωσης και την αποφυγή χρήσης πυκνών υλικών στις κοιλότητες^[2]. Για τις πόρτες και τα παράθυρα αυτή η κατάσταση αποφεύγεται με την προσθήκη μόνωσης γύρω από αυτά αλλά και με την τοποθέτηση πλαισίου στο βάθος του ανοίγματος.^[8]

8.3 Ιδιότητες μονωτικών υλικών και απαιτήσεις

Οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα μονωτικά υλικά είναι^[2]:

- ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών,

- η μηχανική τους αντοχή,
- η σταθερότητα στις διαστάσεις,
- η αντίσταση στη φωτιά και
- το ειδικό βάρος.

Όσον αφορά στο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να μένουν στεγνά, κάτι που επιτυγχάνεται ανάλογα με το βαθμό αντίστασης του κάθε υλικού στην διάχυση των υδρατμών, ο οποίος καθορίζεται από το συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών. Αυτός ο συντελεστής μας δίνει πληροφορίες σχετικά με την αντίσταση στη διάχυση ενός στρώματος του υλικού σε σχέση με το στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής τόσο το καλύτερο, διότι όσο μικρότερος είναι τόσο πιο ευαίσθητο είναι το υλικό στην υγρασία. Τέλος, ο συντελεστής αυτός είναι ένα σχετικό και αδιάστατο μέγεθος.

Ένα σύστημα θερμομόνωσης που θα κατασκευαστεί, χρειάζεται επαρκή μηχανική αντοχή. Τα υλικά που διαθέτουν μεγάλη μηχανική αντοχή, χρησιμοποιούνται ως αυτοφερόμενα, αυτά με μικρότερη μηχανική αντοχή μπορούν να μπουν σε φέρον πλέγμα, ενώ αυτά με ακόμα μικρότερη χρησιμοποιούνται ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή όπως και η συμπίεση είναι πολύ σημαντικές στη θερμομόνωση των δαπέδων. Σε πολλές περιπτώσεις, είναι αναγκαία η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις που προκαλούν καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Επίσης κάποιες φορές χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή εφελκυσμό. Αυτή η γνώση είναι απαραίτητη στις εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων που διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα, αλλά και σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.

Η σταθερότητα των διαστάσεων των θερμομονωτικών πλακών που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες έχουν την ικανότητα διαφοροποίησής τους στη φάση της ψύξης που όμως έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της κατάστασής τους λόγω της γήρανσης. Αυτό αποφεύγεται με τεχνική έναντι στη γήρανση κατά την παραγωγική διαδικασία για να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις.

Στην περίπτωση που υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις υπάρχει γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Κάποια μονωτικά υλικά διαθέτουν υψηλό συντελεστή διαστολής που θα πρέπει ο κατασκευαστής να το λάβει υπόψη κατά την τοποθέτηση. Είναι εξίσου σημαντικό να γίνεται έλεγχος στις ανοχές των διαστάσεων αλλά και στην συμπεριφορά τους.

Στις μέρες μας προτιμάται να χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά τα οποία δεν είναι εύφλεκτα, παρά το αυξημένο κόστος τους. Η συμπεριφορά τους στη φωτιά έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά, έχουν τα ινώδη υλικά, ο περλίτης και το αφρώδες γυαλί. Το ειδικό βάρος των θερμομονωτικών υλικών, αποτελεί βασική τους ιδιότητα διότι ακόμη και το ελαφρύτερο υλικό μπορεί να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από κάποιο βαρύτερο καθώς αυτό έχει πυκνότερες κυψέλες.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη μόνωση των παθητικών ηλιακών κατοικιών πρέπει να είναι οικολογικά. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα υλικό για να καλείται οικολογικό είναι να είναι ανακυκλώσιμο, να μην καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας κατά την παράγωγή του, να είναι φιλικό προς το περιβάλλον και να μην περιέχει τοξικούς/ καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία των ανθρώπων.

8.4 Βασικά θερμομονωτικά υλικά

Τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη μόνωση των κατοικιών είναι:

- η εξηλασμένη πολυστερίνη,
- η πολυουρεθάνη,
- ο υαλοβάμβακας,
- ο πετροβάμβακας,
- ο περλίτης,
- το Heraklith και
- ο διογκωμένος φελλός.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη προέρχεται από υδρογονάνθρακες, μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπου καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας κατά την παραγωγή της, η οποία κυμαίνεται από 450-850 kWh/m³, μολύνει το περιβάλλον καθώς εκλύονται τοξικά πτητικά αέρια στο περιβάλλον όπως χλωροφθοράνθρακες, πεντάνιο κ.α., δεν είναι ανακυκλώσιμο το υλικό και έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου καθώς παράγεται styrénio. Τέλος, δημιουργεί ισχυρά ηλεκτροστατικά πεδία και το κτίριο δεν έχει καμία δυνατότητα διαπνοής.

Η πολυουρεθάνη, δεν παράγεται από υλικά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κατά την παραγωγή της καταναλώνονται 1000-1200 kWh/m³, δεν ανακυκλώνεται, το κτίριο δεν έχει δυνατότητα διαπνοής, εκλύει κατά τη χρήση της υδροχλωροφθοράνθρακες, ίσοκυανάτες που απελευθερώνουν στο περιβάλλον αμίνες άκρως επικίνδυνες για τον άνθρωπο, ενώ σε περίπτωση πυρκαγιάς παράγεται κυάνιο το οποίο είναι ιδιαιτέρως τοξικό.

Ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, αν και είναι μη ανανεώσιμα, προέρχονται από υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στη φύση. Κατά την παραγωγή τους καταναλώνουν 150-250 kWh/m³, η κύρια μόλυνση που προκαλούν είναι κατά την παραγωγή, η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Όσον αφορά στην υγεία του ανθρώπου αποτελεί ένα από τα καρκινογόνα υλικά και είναι καλό να αποφεύγεται η χρήση του.

Ο περλίτης, είναι προϊόν ηφαιστειακής προέλευσης, αποτελείται από μη ανανεώσιμες πηγές που όμως βρίσκεται σε αφθονία στη φύση, μπορεί να ανακυκλωθεί κατά ένα μέρος και δεν εκλύει τοξικά αέρια τόσο κατά την παραγωγή του όσο και σε περίπτωση πυρκαγιάς. Είναι ένα καλό θερμομονωτικό υλικό και κατά την παραγωγή του καταναλώνει περίπου 230 kWh/m³ ενέργεια.

Το Heraklith, αποτελεί ένα αποδεκτό οικολογικά προϊόν, είναι ανανεώσιμο όσον αφορά στο ξυλόμαλλο και λιγότερο όσον αφορά στον μαγνησίτη, κατά την παραγωγή του απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα άλλα μονωτικά υλικά. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του είναι το γεγονός ότι μπορεί να ανακυκλωθεί εύκολα, δεν είναι εύφλεκτο, δεν εκλύει τοξικές ουσίες και δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου. Όμως παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα λόγω του τσιμέντου και είναι αναγκαία η σωστή γείωση του οπλισμένου σκυροδέματος. Παρά το γεγονός ότι στην Ευρώπη υπάρχουν τρία είδη τέτοιων υλικών όπως το Heraklith, το Ecolith και το Fibralith, στην Ελλάδα υπάρχει μόνο το Heraklith.

Τέλος, ο διογκωμένος φελλός, αποτελείται από ανανεώσιμες πηγές, είναι πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό, η ενέργεια που καταναλώνει κατά την παραγωγή του είναι πολύ χαμηλή 80-90 kWh/m³, είναι απόλυτα φιλικό και υγιεινό, εφόσον οι κατασκευάστριες εταιρίες δεν

χρησιμοποιούν συνθετικές κόλλες. Το κύριο μειονέκτημά του είναι το κόστος του το οποίο είναι αρκετά υψηλό καθώς στην Ελλάδα δεν υπάρχουν φυτείες τέτοιων φυτών κι έτσι η Ευρώπη προμηθεύεται αυτό το υλικό από την Πορτογαλία, η οποία είναι η κύρια παραγωγός Quercus-βελανιδιών.^[3]

8.5 Οικολογικά μονωτικά υλικά

Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες στην αγορά υπάρχουν αρκετά οικολογικά μονωτικά υλικά τα οποία δεν βρίσκονται ακόμα στη χώρα μας, ούτε παράγονται παρά το γεγονός ότι στην Ελλάδα υπάρχει το λινάρι, το βαμβάκι και ο άργιλος. Αυτά είναι το λινάρωμαλλο, το ρολό από ίνες κοκκοφοίνικα, η τζίβα σε φύλλα και λωρίδες, ο διογκωμένος άργιλος και το μονωτικό υλικό από τα υπολείμματα του βαμβακιού. Αντίθετα στη χώρα μας συνεχίζεται η χρήση υλικών πλούσιων σε αμίαντο και φορμαλδεΐδη κατά την κατασκευή κτιρίων, παρά το γεγονός ότι έχει απαγορευθεί η χρήση τους.

8.6 Σημασία θερμομόνωσης το καλοκαίρι

Όσον αφορά στη λειτουργία του κτιρίου ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης, λόγω της αντίστροφης κατάστασης που ισχύει στις θερμοκρασίες το καλοκαίρι, σε αντίθεση με το χειμώνα, οι θερμοκρασίες διατηρούνται σε υψηλότερα επίπεδα στο εξωτερικό περιβάλλον κι έτσι το κτίριο απορροφά μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργώντας συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό της κατοικίας.

Γι' αυτό το λόγο πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αποφυγή των επιβαρύνσεων του κτιρίου και τη λειτουργία του ως φυσικού συλλέκτη δροσισμού με την προστασία του κτιρίου από τον ήλιο με τη σκίαση των ανοιγμάτων, αποκλείοντας την ανεπιθύμητη ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό του κτιρίου, με την εξασφάλιση ικανής ποσότητας φυσικού δροσισμού, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, στο εσωτερικό της κατοικίας, ώστε να απομακρύνεται το επιπλέον θερμικό φορτίο, που απορροφάται από τα υλικά κατασκευής τη μέρα. Με την εξασφάλιση θερμικής αδράνειας στην κατασκευή και με τη χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας. Επίσης, με την βαφή των εξωτερικών επιφανειών με ανοιχτά χρώματα, ώστε να μειώνεται η απορροφούμενη θερμότητα και τέλος με την φυσική ψύξη μέσω της εξάτμισης όταν το κλίμα είναι ζεστό και ξηρό.^[3]

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Yannas Simos, 'Solar Energy And Housing Design Volume 1', Architectural Association, 1994
2. South London Consortium Group Dept of Energy in assoc. with SLC Energy Group, 'Efficient Housing- A Demonstration of the integrated approach to energy efficient housing at Lawrie Park Road, 1985
3. Lebens R., 'Passive Solar Heating Design', Applied Science Publishers, 1980
4. Lewis Owen J., Goulding John, Brophy Vivienne, 'Solar Bioclimatic Architecture', Brussels 1997
5. Turner D.P., 'Window and Environment', McCorquodale 1969
6. Brown G. Z., 'Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies', John Wiley & Sons Limited, New York 1985
7. Colombo R., 'Passive Solar Architecture for Mediterranean Area', Design Handbook, February 1994
8. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τεχνική Οδηγία Τ.Ο. ΤΕΕ 20702-5/2010, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων', Αθήνα 2011
9. Χεγκάζη Κατερίνα, 'Βιοκλιματική Δόμηση και Βιώσιμη Ανάπτυξη', 2009

Κεφάλαιο 9

Δομικά Υλικά

Όσον αφορά τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, οι προσπάθειες προσανατολίζονται σε δύο κατευθύνσεις^[13]:

1. Καταρχήν, επιδιώκεται η ανεύρεση υλικών που θα έχουν βελτιωμένες ιδιότητες οι οποίες θα αξιοποιούνται για την αύξηση της απόδοσης ενός κτιρίου, όσον αφορά τη συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση της θερμότητας. Οι ιδιότητες των υλικών που σχετίζονται με αυτές τις λειτουργίες είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η θερμοαγωγιμότητα, οι οποίες, είναι χαρακτηριστικές για κάθε υλικό. Προκειμένου, για παράδειγμα, να διατηρήσουμε την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή και ανεπηρέαστη από τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες, απαιτείται να χρησιμοποιούμε τοίχους που να διαθέτουν υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα και χαμηλή θερμοαγωγιμότητα. Βέβαια, επειδή τον συνδυασμό αυτό είναι σπάνιο να τον συναντήσουμε στο ίδιο υλικό κατασκευής, πρέπει να χρησιμοποιούμε δυο διαφορετικά υλικά με τις αντίστοιχες ιδιότητες.
2. Επιπροσθέτως όμως, παρουσιάζεται η ανάγκη ανεύρεσης δομικών υλικών που να είναι επίσης και οικολογικά. Ένα από τα κριτήρια στα οποία υπακούει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι η επιλογή και η χρήση τοπικών οικοδομικών υλικών, που να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους.

9.1 Δομικά υλικά και τοξικότητα

Τοξικότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και αποτελούνται ή περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές οι οποίες, όταν απελευθερώνονται μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την υγεία των χρηστών του κτιρίου. Χρώματα, συγκολλητικές ουσίες, πηκτικές οργανικές ενώσεις, φορμαλδεΐδες, πετροχημικά προϊόντα που περιέχονται κυρίως στα πλαστικά, πετροχημικές βαφές κόλλες και ρητίνες, καθώς και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οικοδομικών υλικών είναι υψηλά τοξικά και καρκινογόνα. Συνεπώς, στην επιλογή ενός δομικού προϊόντος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τοξικότητα των συστατικών του, έτσι ώστε να αποφευχθούν προϊόντα που παράγονται, κατασκευάζονται ή περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί, αποκαλύπτουν πως το 37% των δομικών προϊόντων έχουν μέση τοξικότητα και είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, ενώ 2% είναι

από τοξικά έως πολύ τοξικά. Οι επιπτώσεις της τοξικότητας των υλικών στην υγεία περιλαμβάνουν αναπαραγωγικές ανωμαλίες, τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και το νευρικό σύστημα, καρκινογόνος και μεταλλαξιογόνο δράση, ερεθισμούς και ποικίλες αλλεργικές αντιδράσεις. Τα κυριότερα τοξικά υλικά είναι:

- Αμιάντος -Παλιά κτίρια
- Βενζόλιο –Βενζίνη
- Πριονίδια ξύλου -Ξυλουργικές εργασίες
- Νικέλιο –Ηλεκτροσυγκολλήσεις
- Χρωμικός Ψευδάργυρος -Αντισκωριακές στρώσεις
- Κάδμιο –Επιχρίσματα
- Ενώσεις Χρωμίου -Βερνίκια ξύλου
- Διοξίνες -Καμένα Κτίρια
- Χρωμικός Μόλυβδος –Επιχρίσματα
- Φορμαλδεΐδη –Συγκολλητικό
- Συνθετικές ίνες –Μονώσεις
- PCB -Λαμπτήρες Αερίου

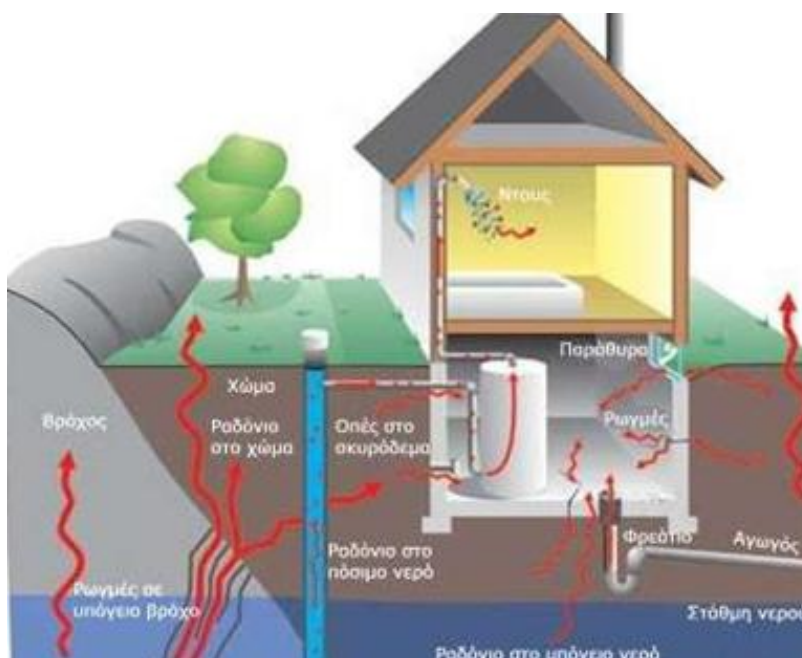
Τα περισσότερα δομικά προϊόντα ωστόσο, δεν περιέχουν μόνο ένα, αλλά δύο ή περισσότερα συστατικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δρουν σωρευτικά, όσον αφορά την τοξικότητα τους. Το ίδιο ισχύει και για προϊόντα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στις κατασκευές.^[2]

9.2 Η ραδιενέργεια στο χώρο του κτιρίου

Το ραδόνιο 222 (Σχήμα 9.1) είναι ένα ραδιενεργό ευγενές αέριο που απελευθερώνεται κατά τη διαδικασία της φυσικής διάσπασής των στοιχείων φθορίου και ουρανίου, τα οποία είναι συνήθη στοιχεία και υπάρχουν σε ποικίλες ποσότητες στα πετρώματα και στο έδαφος. Στον εξωτερικό αέρα, το ραδόνιο αραιώνεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αποτελώντας έτσι σημαντικά μικρότερο κίνδυνο απ' ό,τι στον εσωτερικό αέρα ενός χώρου, όπου μπορεί να συσσωρευτεί σε σημαντικά επίπεδα. Η συγκέντρωση του ραδονίου σε ένα κτίριο εξαρτάται από την ποσότητα του στο υποκείμενο έδαφος. Διαφορές πίεσης μεταξύ του αέρα του κτιρίου και του εδάφους, οδηγούν στην διείσδυση του ραδονίου δια μέσου ρωγμών, προς το εσωτερικό του κτιρίου. Μετά την είσοδο του στο κτίριο, το ραδόνιο διασπάται ραδιενεργώς σε θυγατρικά προϊόντα, μερικά από τα οποία είναι επίσης ραδιενεργά και εκλύουν ακτινοβολία κατά τη διάσπαση.

Ωστόσο, μια επίσης σημαντική πηγή ραδιενέργειας, είναι και η χρήση ραδιενεργών υλικών κατά τη δόμηση. Το τσιμέντο, για παράδειγμα, που έχει παραχθεί από πετρώματα που περιέχουν ουράνιο, μπορεί να αποτελέσει πηγή ραδονίου. Επίσης κεραμικά υλικά, ο πωρόλιθος, η κίσηρη και γρανίτες είναι στοιχεία που ενδέχεται να εκπέμπουν ραδιενέργεια.

Έχει διαπιστωθεί, επίσης, ότι η ανεξέλεγκτη αποβολή ραδιενεργών πηγών και αποβλήτων έχει δημιουργήσει τα τελευταία χρόνια προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα. Η ραδιενέργεια συνδέεται με τον χάλυβα που χρησιμοποιείται για το οπλισμένο σκυρόδεμα και κυρίως με αυτόν που κατασκευάζεται στις χαλυβουργίες από την ανακύκλωση παλαιού σιδήρου. Στην Ελλάδα τον Αύγουστο του 1997 εντοπίστηκε κρούσμα ραδιενέργειας σε παλαιού σιδήρου και χάλυβα σε γνωστή βιομηχανία.



Σχήμα 9.1: Τρόποι που εισέρχεται το ραδόνιο στην κατοικία
(Πηγή: http://www.texnikos.gr/sick/sick_02.shtml)

Σε κάθε περίπτωση, για την αποφυγή της ραδιενέργειας συνίσταται καλός αερισμός του χώρου, η χρήση ειδικών στεγανοποιητικών μεμβρανών και η χρήση μη ραδιενεργών, οικολογικών δομικών υλικών.^[2]

9.3 Σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου



Σχήμα 9.2: Το άρρωστο κτίριο
(Πηγή: www.greekarchitects.gr)

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το 30% των νέων ή επισκευαζόμενων κτιρίων παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης» (Σχήμα 9.2). Η ρύπανση αυτή οφείλεται στον ανεπαρκή αερισμό του χώρου, στην ατμοσφαιρική ρύπανση, στη σκόνη και στα ακάρεα που υπάρχουν στο χώρο, στις ακτινοβολίες, αλλά και σε χημικούς ρύπους που οφείλονται στα υλικά κατασκευής. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τους χημικούς ρύπους, η φορμαλδεΐδη (που συναντάται στα μονωτικά υλικά από πίσσα, ουρεθάνες, ίνες ύαλου, αλκαλοειδή, κλπ., σε έπιπλα από κόντρα πλακέ, σε ψευδοροφές, σε νοβοπάν ή άλλα συνθετικά υλικά, όπως για παράδειγμα στις συνθετικές μοκέτες και σε ταπετσαρίες από συνθετικά υλικά), είναι μια πηγή ρύπανσης των χώρων στους οποίους ζούμε ή εργαζόμαστε.^[2]

Βλαπτικός, επίσης, παράγοντας είναι και ο αμιάντος που χρησιμοποιήθηκε ευρέως τις προηγούμενες δεκαετίες σε δομικά υλικά (τσιμέντο), υλικά ηχομόνωσης, πυροπροστασίας καθώς και σε μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Πρόκειται για ουσία καρκινογόνο που έπρεπε να έχει απομακρυνθεί από όλα τα κτίρια από τη δεκαετία του '70, κάτι που ακόμα δεν έχει συμβεί. Στις περισσότερες περιπτώσεις όχι μόνο παραμένει σε πολλά κτίρια αλλά και απελευθερώνεται στον χώρο λόγω της παλαιώσης και φθοράς των υλικών επιδεινώνοντας την κατάσταση του κτιρίου.^[4]

Ρυπογόνες ουσίες είναι επίσης και οι τεχνητές ορυκτές ύλες (πετροβάμβακας/ υαλοβάμβακας) που αντικαθιστούν τον αμιάντο σαν θερμομονωτικά υλικά, καθώς επίσης πτητικές οργανικές ουσίες, οι οποίες εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων από διάφορα προϊόντα, όπως χρώματα, πλαστικά, κόλλες, κ.λπ., όπου υπάρχουν ως διαλύτες. Βέβαια, και ο καπνός από τα τσιγάρα συγκαταλέγεται στις ρυπογόνες πηγές που μπορούν να δημιουργήσουν ένα βλαβερό για τους ένοικους περιβάλλον, όπως επίσης τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο άνθρακα που απελευθερώνονται από τις διάφορες συσκευές του χώρου.^[5]

Συμπτώματα του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου είναι πονοκέφαλοι, ζαλάδες, δύσπνοια, εκζέματα, παθήσεις του ήπατος, των νεφρών και του κεντρικού νευρικού συστήματος και διάφορες αλλεργικές εκδηλώσεις. Συνεπώς, είναι αναγκαίο να παγιωθεί μια οικολογική προσέγγιση στην οικοδομική, ικανή να προτείνει εναλλακτικές οικολογικές οδούς, φιλικές προς τον άνθρωπο.^[8]

9.4 Οικολογικά Υλικά

9.4.1 Κριτήρια Επιλογής Υλικών

Τα «σωστά» υλικά που πρέπει να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός κτιρίου, πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις^[1,3]:

- Να είναι ανακυκλώσιμα και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν
- Να είναι φυσικά και όχι αποτέλεσμα της χημικής βιομηχανίας, βρίσκονται σε αφθονία ή είναι ανανεώσιμα
- Η παρασκευή τους στοχεύει στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και στην μείωση των αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου

- Να είναι τοπικά διαθέσιμα υλικά, ώστε να αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας για μεταφορά στον τόπο χρήσης τους
- Να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Να μην είναι τοξικά.
- Να έχουν καθόλου ή ελάχιστο ποσοστό χημικών εκπομπών (π.χ.οι πτητικές ουσίες)
- Να αντέχουν στην υγρασία, ώστε να μην εμφανίζεται το φαινόμενο της «μούχλας» στα κτίρια
- Η συντήρησή τους να μην εμπεριέχει χημικές διεργασίες
- Να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια
- Να βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και γενικότερα συμβάλλουν στη δημιουργία υγιούς περιβάλλοντος για τους ενοίκους

9.4.2 Οικολογικά δομικά προϊόντα

Πρόκειται για ένα περιορισμένο αριθμό προϊόντων, που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στις κατασκευές και δεν περιέχουν συνθετικά υλικά, ενώ προέρχονται από φυσικούς πόρους που υπάρχουν σε αφθονία^[2,6,7,14].

- Ωμή άργιλος: Είναι ένα άριστο οικοδομικό υλικό με πολύ καλές ιδιότητες όσον αφορά στη μηχανική αντοχή, στη θερμομόνωση και στην «αναπνοή» των εξωτερικών τοίχων. Χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στην περιοχή της Μεσογείου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα σχηματισμένη με τη μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια που μοιάζουν με αυτά του σκυροδέματος. Ένα σπίτι από ωμοπλίνθους μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει το ίδιο σκάμμα για την θεμελίωση της ανωδομής, περιορίζοντας την επίπτωση των οικοδομικών εργασιών στο περιβάλλον.
- Ασβέστης: Επιτρέπει την ανταλλαγή αέρα μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, επιτρέποντας έτσι την «αναπνοή» του κτιρίου και έχει το πλεονέκτημα να γίνεται εύκολα η ανακατασκευή του σε τμήματα που υφίσταται φθορές με το χρόνο. Απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα, εξισορροπεί την υγρασία.
- Κετσές από καρύδα: Συνίσταται από το Ινστιτούτο της Βιολογίας της Κατασκευής του Ρόζενχαιμ της Γερμανίας. θεωρείται «πράσινο» υλικό με καλές ηχομονωτικές ιδιότητες.
- Ξύλο: Πρόκειται για ένα από τα κυριότερα υλικά της οικοδομικής. Είναι ανανεώσιμο, απαιτεί μικρή επεξεργασία και αποτελεί ένα ζωντανό υλικό για τη κατασκευή. Προκειμένου, όμως, να χαρακτηρίζεται ως οικολογικό πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις που αφορούν στην προέλευση του, στη διαδικασία παραγωγής του και στον τύπο της επεξεργασίας που υφίσταται. Επεξεργασίες του ξύλου με προϊόντα χημικής προέλευσης μπορούν να αποτελέσουν ρυπογόνες πηγές, ενώ η χρήση ξυλείας που προέρχεται από δάση των οποίων η διαχείριση αλλοιώνει τα δασικά οικοσυστήματα, σε καμία περίπτωση δε χαρακτηρίζεται ως οικολογική λύση. Για το λόγο αυτό οικολογικές οργανώσεις παρέχουν πιστοποίηση (FSC – Forest Stewardship Council) που εγγυάται ότι τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιούνται προέρχονται από δάση των οποίων η διαχείριση δεν αντιτίθεται στα κριτήρια για την ανάπτυξη τους.

9.4.3 Οικολογικά Δάπεδα

Τα οικολογικά ξύλινα δάπεδα, δεν έχουν υποστεί επεξεργασία με τοξικά μυκητοκτόνα, βερνίκια, λούστρο, χημικές ουσίες κλπ. Προέρχονται από δάση κυρίως Σκανδιναβικών χωρών τα οποία

δεν έχουν ξυλευτεί και που έχουν αποκατασταθεί μετά από ξύλευση, καθώς υπάρχει σχετική νομοθεσία ενώ η ξύλευση από τροπικά δάση είναι παράνομη και εγκληματική. Οι βασικοί τύποι δαπέδων είναι το μασίφ ξύλινο δάπεδο, το συγκολλημένο δάπεδο αλλά και το έτοιμο προ-βερνικωμένο δάπεδο πολλαπλών στρωμάτων. Τα δέντρα που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή ξύλινων δαπέδων είναι το πεύκο, η δρυς, το φελλόδεντρο, τα οποία αποτελούν εξαιρετικής ποιότητας βάση δημιουργίας δαπέδων. Τέλος υπάρχουν κάποια δάπεδα τύπου iroko, doumil, Cameron, iagan κ.α. που θα πρέπει να εξετάζεται η χώρα προέλευσής του.

Τα κεραμικά δάπεδα τύπου Cotto, χωρίζονται σε εσωτερικά ή εξωτερικά, τοίχου ή δαπέδου, εφυσωμένα ή ανυάλωτα. Αυτού του τύπου τα δάπεδα θεωρούνται διαχρονικά υλικά εφαρμόζονται από την αρχαιότητα, και συναντώνται στην αγορά φυσικό ή εκσμαλτωμένο. Παρά το γεγονός ότι είναι προϊόντα εξαιρετικής ποιότητας δεν χρησιμοποιούνται συχνά.

Τα δάπεδα από λινέλαιο, είναι τα πιο διαδεδομένα συνθετικά οικολογικά υλικά, οικολογικά διότι αποτελούνται από φυσικές πρώτες ύλες και συνθετικά διότι αποτελούνται από ξυλάλευρα και σκόνη φελλού αναμειγμένα με λινέλαιο, ρετσίνα και ορυκτά χρώματα πάνω σε βάση από φυτικό νήμα. Τα δάπεδα αυτού του τύπου διατίθενται σε ρολά με διάφορα πάχη. Κατά την χρησιμοποίησή τους πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή στις κόλλες και στο υποθετικό ακρυλικό του φινιρίσμα, ώστε να αυξηθεί η μηχανική τους αντοχή. Τα οφέλη αυτού του υλικού είναι ότι είναι καλό, ξεκούραστο στο περπάτημα λόγω του φαινομένου επαναφοράς από την ύπαρξη του φελλού και είναι αρκετά μονωτικό. Αντίθετα δεν είναι ανθεκτικό στα αλκαλικά και αντενδείκνυται σε ορισμένες χρήσεις.^[17]

9.4.4 Ξύλο και οικολογικότητα

Το ξύλο αποτελεί ένα από τα παλαιότερα και περιβαλλοντικά φιλικότερα υλικά δόμησης. Χρησιμοποιείται στη στήριξη της στέγης, στην κατασκευή κουφωμάτων, θυρών, παραθύρων, στην επιπλοποιία. Βέβαια παρά το γεγονός ότι είναι ένα φυσικό προϊόν που κανονικά θα έπρεπε να είναι άφθονο και φθινό, οι οικοπεδοποιήσεις, οι πυρκαγιές και οι απαλλοτριώσεις το έχουν καταστήσει πανάκριβο και δυσεύρετο. Το επακόλουθο αυτής της κατάστασης έστρεψε τους κατασκευαστές σε πιο φθηνές εναλλακτικές λύσεις, που δεν είναι αρκετά οικολογικές. Εκτός όμως από αυτά τα υλικά, έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται ανακυκλώσιμα υλικά, να επανέρχονται και να χρησιμοποιούνται παλαιότερες μέθοδοι καθώς οι άνθρωποι έχουν καταλάβει πως πρέπει να προστατεύσουν το περιβάλλον και να τηρήσουν μια ορθολογικότερη σχέση με τον υλικό κόσμο που τους περιβάλλει.^[18]

9.4.4.1 Είδη ξυλείας και προστασία

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα προέρχεται από το έλατο, το πεύκο, την οξιά, την ελιά, την καρυδιά και την καστανιά. Το έλατο, το πεύκο, η οξιά και η ελιά χρησιμοποιούνται κυρίως ως καυσόξυλα. Η καρυδιά αποτελεί ένα σπάνιο πανέμορφο και πανάκριβο ξύλο γι' αυτό και στην αγορά κυκλοφορούν υποκατάστατά της. Η ιδιαιτερότητα της ελληνικής καρυδιάς από την Ευρωπαϊκή και Αμερικάνικη είναι το γεγονός ότι δεν προκαλεί φτέρνισμα κατά την επεξεργασία της.

Η καστανιά, είναι αυτοφυές δέντρο στην Ελλάδα και εμφανίζεται σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες. Το ξύλο της δεν χρησιμοποιείται τόσο στην επιπλοποιία αλλά χρησιμοποιείται για την

πολτοποίηση χαρτομάζας. Έχει λευκό κρεμώδες ή κιτρινωπό χρώμα με λεπτή υφή παρόμοιο με αυτό της λεύκας και της ιτιάς για σκληρό ξύλο είναι ελαφρύ με μέση πυκνότητα $0,51 \text{ kg/m}^3$. Η καστανιά έχει τη δυνατότητα να ξηραίνεται γρήγορα και να μην φυραίνει κατά το στέγνωμα. Μπορεί εύκολα να δουλευτεί όμως προσβάλλεται από έντομα και μύκητες γι' αυτό και είναι απαραίτητη η προστασία της με συντηρητικά. Στις περιοχές παραγωγής της, χρησιμοποιείται κυρίως στην επιπλοποιία, σε πόρτες, παράθυρα αλλά και ως οικοδομικό υλικό.

Στην Ευρώπη, τα κυριότερα είδη ξυλείας που υπάρχουν είναι η οξιά, η δρυς, το σουηδικό πεύκο και το έλατο.

Γνωρίζοντας την υγρομετρική κατάσταση του εξωτερικού αέρα μπορούμε να προσδιορίσουμε την υγρασία ισορροπίας του ξύλου. Το ξύλο απειλείται από κάποιους παράγοντες οι οποίοι υποβαθμίζουν την υγιεινή του, την αντοχή του αλλά και την αισθητική του ζευκτού του. Αυτοί οι παράγοντες είναι η υγρασία, τα έντομα, η φωτιά και οι μύκητες.

Η υγρασία, σε συνδυασμό με τις θερμοκρασιακές μεταβολές και τον ελλιπή αερισμό, συντελεί στην ανάπτυξη φυτικών και ζωικών μυκήτων. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση, χρησιμοποιούνται στεγνά ξύλα κατά την κατασκευή του ζευκτού κι αφού ολοκληρωθεί η τοποθέτηση να εξασφαλίζεται ο αερισμός τους. Θα πρέπει να αποφεύγεται επιπλέον στις περιπτώσεις που τα ξύλα εφάπτονται με σκυρόδεμα ή με τοιχοποιίες και θα πρέπει να παρεμβάλλονται στεγανωτικά μέσα.

Ένας άλλος τρόπος προστασίας της ξυλείας από την υγρασία είναι ο εμποτισμός του με στεγανωτικά βερνίκια τα οποία εισχωρούν στους πόρους του ξύλου. Για να αναπτυχθούν μύκητες στο ξύλο θα πρέπει να έχουν αποσυντεθεί οι ίνες του, δηλαδή να υπάρχει υγρασία με παράλληλη έλλειψη αερισμού. Όταν η υγρασία στο ξύλο είναι μικρότερη από 20% δεν αναπτύσσονται μύκητες. Οι μύκητες προσβάλλουν το ξύλο στο εσωτερικό των κυττάρων του προσδίδοντάς του γαλαζωπό χρώμα. Η προσβολή του ξύλου από μύκητες ξεκινά από μέσα και σταδιακά βγαίνει προς τα έξω, έτσι δεν γίνεται αμέσως αντιληπτή. Τα έντομα, με κυριότερο εχθρό των κατεργασμένων ξύλων το σαράκι, αναπτύσσονται σε συνθήκες ελλιπούς αερισμού και φωτισμού. Τα προσβεβλημένα από το σαράκι τμήματα θα πρέπει να καταπολεμηθούν εγκαίρως, διότι σε αντίθετη περίπτωση εξαπλώνονται και καταστρέφουν μεγάλες μάζες ξύλου. Η απομάκρυνση των προσβεβλημένων τμημάτων γίνεται με την ολική αφαίρεση τους αλλά και με τον καυτηριασμό τους με φλόγα. Στη συνέχεια βουρτσίζονται με μεταλλική βούρτσα ή τρίβονται με γυαλόχαρτο, έπειτα ψεκάζονται με ειδικά εντομοκτόνα. Ένας άλλος τρόπος είναι ο εμποτισμός του ξύλου με εντομοκτόνο σε ενέσιμη μορφή, μέσα από οπές που ανοίγονται στον ξύλινο φορέα.

Τα ξύλα που έχουν προσβληθεί από άλλου είδους έντομα εξυγιαίνονται με την αφαίρεση των «άρρωστων» τμημάτων και οι οπές παραμένουν ανοιχτές για αρκετές μέρες σε συνθήκες καλού αερισμού, καυτηριάζοντας με καυτό αέρα ή ειδικά αέρια και στη συνέχεια κλείνονται με κερί. Τέλος, ο φορέας ψεκάζεται με κατάλληλο εντομοκτόνο.

Ένας άλλος παράγοντας από τον οποίο θα πρέπει να προστατεύονται τα ξύλα είναι η φωτιά. Η προστασία αφορά στις αποστάσεις που θα πρέπει να έχουν αυτά από τις καπνοδόχους, τις εστίες φωτιάς, τα εύφλεκτα υλικά κλπ. Γι' αυτό και τα ξύλα θα πρέπει να επαλείφονται ή να ψεκάζονται με πυροπροστατευτικά υλικά. Ένας αποτελεσματικός συνδυασμός προστασίας του ξύλου από τη φωτιά είναι ο συνδυασμός της ρητινώδους επάλειψης με αφρώδες πυροπροστατευτικό υλικό. Η εφαρμογή των πυροπροστατευτικών υλικών πρέπει να αποτελεί το τελευταίο στάδιο προστασίας του ξύλου μετά τα στεγανωτικά και τα μυκητοκτόνα υλικά.

Τέλος, στην αγορά κυκλοφορεί μεγάλη ποικιλία σε υλικά που προστατεύουν το ξύλο από τις προαναφερθείσες επιδράσεις προσδίδοντας παράλληλα στο ξύλο διάφορες επιθυμητές αποχρώσεις. Αυτά τα υλικά είναι τοξικά γι' αυτό και εφαρμόζονται σε καλά αεριζόμενους χώρους και οι τεχνίτες πρέπει να προστατεύονται με μάσκες και γάντια.^[18]

9.4.4.2 Ξύλινες στέγες

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ξύλινων στεγών (Σχήμα 9.3) προέρχεται από μαλακά ξύλα που έχουν σκληρό πυρήνα όπως το άγριο πεύκο, η δρυς, η καρυδιά κ.α. Η δομική ξυλεία χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες ποιότητας στις οποίες λαμβάνεται υπόψη, η φέρουσα ικανότητα του ξύλου, η σχέση διατομής του ξύλου με τη διατομή του κορμού από τον οποίο προέρχεται, τα επιτρεπτά ελαττώματά του αλλά και τα πλάτη των ετήσιων δακτυλίων.

Τα ξύλα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ξύλινων στεγών πρέπει να έχουν αναπτυχθεί ίσα, χωρίς συστροφές αλλά και χωρίς δυνατότητα αν αυτό είναι δυνατό. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτή η επιλογή είναι διότι τα ξύλα που δεν έχουν αναπτυχθεί ίσα συρρικνώνονται ανομοιόμορφα και σκεβρώνουν και τα συνεστραμμένα λαξεύουν κατά την ξήρανση. Οι ρόζοι αποδυναμώνουν την αντοχή των ξύλινων διατομών και οι βαθιές ρωγμές ή απολεπίσεις καθιστούν το ξύλο άχρηστο για φέρουσες κατασκευές, ενώ οι λεπτές επιφανειακές ρωγμές που δημιουργούνται από τη συρρίκνωση και την ξήρανση του ξύλου δεν επηρεάζουν την αντοχή του ξύλου. Τέλος ένα χαρακτηριστικό του ξύλου είναι η ανισοροπία του, η δυνατότητά του να συμπεριφέρεται διαφορετικά κατά τη διεύθυνση των ινών συγκρινόμενη με τη διεύθυνση την κάθετη προς τις ίνες του.



Σχήμα 9.3: Ξύλινη στέγη

(Πηγή: <http://www.omiloszampa.gr/greek/category.asp?catid=478>)

Για να λειτουργεί σωστά η ξύλινη στέγη θα πρέπει να γίνεται τέλεια η μεταβίβαση των φορτίων στα σημεία των κόμβων. Παλιά χρησιμοποιούσαν ως συνηθέστερη μορφή σύνδεσης τη σύνδεση μορφής η οποία πλέον αποφεύγεται καθώς εξασθενίζει τις διατομές. Στις μέρες μας

χρησιμοποιούνται μεταλλικοί συνδετήρες, ήλοι, απλοί κοχλίες και πύροι. Αυτά μπορούν να λειτουργήσουν με την παράλληλη εφαρμογή απλών εγκοπών των ξύλων, κομβοελασμάτων αλλά και τεμαχίων ξύλινων φύλλων.

Η ξύλινη στέγη πρέπει να αερίζεται καλά ώστε τα υλικά της να έχουν αντοχή στο χρόνο αλλά και παράλληλα να διατηρείται η υγιεινή του κτιρίου. Ο αερισμός θα συμβάλλει στη διατήρηση των υλικών σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εμποδίζοντας την υποβάθμιση τους αλλά και τις ανάγκες συντήρησης και αντικατάστασής τους. Οι επιπτώσεις του αερισμού της ξύλινης στέγης είναι ότι εμποδίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν το σάπισμα του, ο αερισμός των θερμομονωτικών υλικών εμποδίζει την απορρόφηση υγρασίας αλλά και της συγκέντρωσης υδρατμών, ο αερισμός της επικάλυψης της στέγης διευκολύνει το στέγνωμα υλικού επικάλυψης από τη βροχή και επιπλέον εμποδίζει τη θραύση τους από τον παγετό. Τέλος, ο αερισμός του χώρου κάτω από τη στέγη εμποδίζει τη συγκέντρωση υδρατμών αλλά και τη συμπύκνωση τους στην κάτω επιφάνεια της στέγης.

Η θερμομόνωση της ξύλινης στέγης αποτελεί απαραίτητο δομικό στοιχείο για τη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου του κτιρίου. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση είναι ινώδη υλικά υπό μορφή παπλώματος όπως ημιάκαμπτες πλάκες ή υαλοβάμβακας επίσης μπορεί να είναι από πολυουρεθάνη ή πολυστερίνη. Αν ο χώρος κάτω από τη στέγη δεν χρησιμοποιείται τότε η θερμομόνωση τοποθετείται πάνω ή κάτω από τη διαχωριστική επιφάνεια η οποία αποτελεί το δάπεδο της σοφίτας και την οροφή του κατοικημένου ορόφου. Αν όμως ο χώρος κάτω από τη στέγη κατοικείται τότε η θερμομόνωση τοποθετείται στο επίπεδο των αμειβόντων, η οποία καταλαμβάνει τους χώρους μεταξύ των αμειβόντων, αφήνοντας τους εμφανείς στο εσωτερικό ή καλύπτοντάς τους, επιπλέον η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από τους αμείβοντες. Η κάτω πλευρά της θερμομονωτικής στρώσης πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία που προέρχεται από τον εσωτερικό χρόνο με τη χρήση φράγματος υδρατμών.

Μεταξύ της στέγης και του υλικού επικάλυψής της πρέπει να υπάρχει κατάλληλη στεγανωτική στρώση που να προστατεύει τη στέγη και τη μόνωση από το βρόχινο νερό, το χιόνι, τον αέρα αλλά και τη σκόνη. Όμως θα πρέπει να επιτρέπει στους υδρατμούς του εσωτερικού του κτιρίου να τη διαπερνούν ώστε να αποφεύγεται η συμπύκνωσή τους. Οι στεγανωτικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να έχουν αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, στις θερμοκρασιακές μεταβολές και στις χημικές αντιδράσεις. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται είναι από ασφαλικά ή πλαστικά φύλλα, μπορεί να είναι ενισχυμένες με ενσωματωμένα λεπτά πλέγματα.

Δύο μεμβράνες που περικλείουν πλέγμα μεταξύ τους δημιουργούν μια στρώση με μεγάλη αντοχή στο σχίσιμο, η πάνω πλευρά της μεμβράνης μπορεί να διαθέτει ενσωματωμένη επένδυση αλουμινίου για να αντανάκλα την ηλιακή ακτινοβολία. Οι μεμβράνες μπορούν να τοποθετηθούν με τέντωμα, παρεμβάλλοντας πρόσθετες δοκούς, οι οποίες καρφώνονται κάθετα στους αμείβοντες της στέγης. Η μεμβράνη τεντώνεται πάνω σε άκαμπτο θερμομονωτικό υλικό και πάνω σε αυτό καρφώνονται σταυρωτά το υλικό επικάλυψης. Ο άλλος τρόπος τοποθέτησης των μεμβρανών είναι ελεύθερα πάνω στους αμείβοντες χωρίς τέντωμα, αφήνοντας τη μεμβράνη ελεύθερη να παραμορφώνεται ή να αναδιπλώνεται υπό άσχημες καιρικές συνθήκες ή και να προκαλεί θόρυβο στις περιπτώσεις που ο άνεμος είναι δυνατός. Στην περίπτωση όμως της εξωτερικής μόνωσης είναι καλύτερα αυτή η μέθοδος να αποφεύγεται.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη των ξύλινων στεγών είναι τα αργιλικά κεραμίδια και οι σχιστόπλακες. Τα αργιλικά κεραμίδια, αποτελούν το συνηθέστερο υλικό επικάλυψης των ξύλινων στεγών στη χώρα μας, λόγω της στεγανότητάς τους, της δυνατότητας

αναπνοής αλλά και της αισθητικής τους. Επιπλέον είναι άκαυστα με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και ανάλογα με το σχήμα τους προσαρμόζονται στην ξύλινη στέγη. Τα κεραμίδια έχουν διάφορες ποικιλίες ταξινομούνται στα βυζαντινά που είναι κοίλα και τοποθετούνται με άσβεστοτσιμεντοκονίαμα, ανάλογα με την κλίση της στέγης και την ένταση των ανέμων στην περιοχή υπάρχει η δυνατότητα επικόλληση μόνο μερικών σειρών κεραμιδιών. Τα ρωμαϊκά κεραμίδια τα οποία αποτελούν συνδυασμό πτυχωτών και κοίλων κεραμιδιών τοποθετούνται με συνδυασμό επικόλλησης και δεσίματος. Τα πτυχωτά και τα κυματοειδή κεραμίδια γαλλικά και ολλανδικά αντίστοιχα, έχουν ακμές με τέτοιο σχήμα ώστε να εφαρμόζουν μεταξύ τους, η πίσω πλευρά τους έχει ειδική προεξοχή με οπή, από την οποία δένονται με σύρμα στη στέγη. Τέλος τα επίπεδα κεραμίδια δεν έχουν ευρεία χρήση στην Ελλάδα.

Οι σχιστόπλακες αποτελούσαν το κυριότερο υλικό επικάλυψης των στεγών στα ορεινά χωριά της Ελλάδας. Ο τρόπος που τοποθετούνται είναι ο εξής: οι μεγαλύτερες πλάκες τοποθετούνται στην περίμετρο της στέγης ενώ στην κορυφή πλάκες ισιωμένου πλάτους. Το ύψος τους πρέπει να είναι σταθερό, ενώ η ποικιλία του πλάτους δίνει στη στέγη μια καλαισθητή φυσική εμφάνιση. Οι πλάκες που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι επίπεδες και λεπτές κάτω από την επιφάνεια για καλή έδραση. Τα καρφιά εισχωρούν σε προκατασκευασμένες οπές στο μέσο των πλακών ή πάνω στην ακμή. Η κορυφογραμμή της επικάλυψης διαμορφώνεται με δύο αντικριστές λουρίδες πλακών οι οποίες αλληλεπικαλύπτονται και συνδέονται μεταξύ τους με ελαστικό τσιμεντοκονίαμα.

Άλλα υλικά επικάλυψης που χρησιμοποιούνται αλλά θα πρέπει να αποφεύγονται είναι τα ασφαλικά κεραμίδια και τα μεταλλικά φύλλα.^[15,16]

Μερικά υλικά οικολογικού χαρακτήρα και ακίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία είναι τα εξής^[2,6,7]:

- Ξύλο εμποτισμένο με μαγνήσιο: Πρόκειται για οικολογικό υλικό με καλή θερμική και ακουστική μόνωση, που μπορεί να «αναπνέει». Είναι, επίσης, ηλεκτρικά ουδέτερο και μη ραδιενεργό. Προκύπτει από τον εμποτισμό ινών του ξύλου με θειικό μαγνήσιο και οξειδίο του μαγνησίου σε υψηλή θερμοκρασία.
- Κόλλα από καουτσούκ: Οι συνήθεις κόλλες από συνθετικές ρητίνες μπορούν να γίνουν αιτία πρόκλησης επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία αναθυμιάσεων. Η κόλλα από καουτσούκ είναι φυσικό, μη τοξικό προϊόν, με σταθερές συγκολλητικές ιδιότητες στο χρόνο.
- Κερί από μέλισσες: Οικολογικό προϊόν που μπορεί να αξιοποιηθεί για το φινίρισμα και την προστασία του ξύλινων δαπέδων και γενικότερα των ξύλινων κατασκευών.
- Πλέγμα γιούτας: Πρόκειται για φυτικές κλωστικές ίνες που εξαγονται από το βλαστό μερικών φυτών των τροπικών χωρών. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή εσωτερικών μονωτικών επιχρισμάτων, έτσι ώστε να απορροφούνται οι τάσεις, λόγω της συστολής του νερού του κονιάματος.
- Φελλός: Έχει άριστες μονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπιεσμένος σε φύλλα, ή τριμμένος σε κόκκους. Είναι φυσικό υλικό και μη τοξικό.
- Ωστενιτικός Χάλυβας: Λόγω της χαρακτηριστικής του σύνθεσης, είναι αμαγνητικός και ανοξειδωτός. Μοναδικό μειονέκτημα του το υψηλό του κόστους.

9.4.5 Θερμομονωτικά υλικά

9.4.5.1 Θερμομονωτικά υλικά συμβατικά και μη

Στην αγορά κυκλοφορούν τα εξής θερμομονωτικά υλικά (συμβατικά και οικολογικά)^[2]:

- Εξηλασμένη πολυστερίνη: Πρόκειται για υλικό που διατίθεται στην αγορά. Είναι υλικό μη ανακυκλώσιμο, προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες), η παραγωγή του είναι ενεργοβόρος και είναι υπεύθυνο για τη διαφυγή πτητικών ουσιών αερίων στο περιβάλλον, όπως χλωροφθορανθράκων και πεντανίου. Συμβάλλει έτσι στην καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς απελευθερώνονται επικίνδυνα, τοξικά βρωμιούχα αέρια.
- Πολυουρεθάνη: Υλικό μη ανακυκλώσιμο που προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Δεν επιτρέπει στο κτίριο να διαπνέει, ενώ έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Είναι δυνατόν να απελευθερώνονται αμίνες, που είναι ουσίες επικίνδυνες, ενώ σε εκδήλωση φωτιάς παράγεται κυάνιο που είναι ιδιαίτερα τοξικό.
- Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας: Η παραγωγή τους συνδέεται με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι μη ανανεώσιμα (εκτός της υάλου), προέρχονται όμως από υλικά σε αφθονία. Έχουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία, για αυτό κατατάσσονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Στη Γερμανία έχει απαγορευτεί η χρήση τους στα δημόσια κτίρια και εφαρμόζονται μόνο στα μικρότερα κτίρια όταν αυτά στεγανοποιηθούν απόλυτα.
- Περλίτης: Πρόκειται για μη ανανεώσιμο υλικό, που βρίσκεται ωστόσο σε αφθονία στη φύση. Ανακυκλώνεται μερικώς και δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες.
- Ηρακλίθ: Είναι ένα αποδεκτό υλικό, που αποτελείται κυρίως από ξυλόμαλλο-ίνες ξύλου καιτσιμέντο, που απαιτεί μεν αρκετή ενέργεια για την παραγωγή του, αλλά μικρότερη δε σε σχέση με τα άλλα υλικά. Παρέχει υγιεινή θερμομόνωση, ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση, καθώς επίσης και πυροπροστασία λόγω της ορυκτοποίησης του ξύλου με το τσιμέντο. Επίσης παρουσιάζει εξαιρετική πρόσφυση στο μπετόν και στα επιχρίσματα. Δεν επηρεάζεται από την υγρασία, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι απρόσβλητος από τους μικροοργανισμούς. Δεν συνδέεται με προβλήματα υγείας των ενοίκων και δεν απελευθερώνονται τοξικές ουσίες σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Διογκωμένος φελλός: Είναι ανακυκλώσιμο υλικό κατά 100%, προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή (φελλόδεντρα) και η παραγωγή του απαιτεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία, είναι απόλυτα φιλικό, αρκεί η τοποθέτηση του να μη συνδυάζεται με χρήση συνθετικών κολλών. Μειονέκτημα του είναι το σχετικά αυξημένο κόστος του, συγκριτικά με τα άλλα θερμομονωτικά υλικά.

9.4.5.2 Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά

Υλικά που είναι ανακυκλώσιμα και ταυτόχρονα φιλικά προς το περιβάλλον, δίχως να είναι ακριβά, είναι τα παρακάτω^[2,9]:

- Λιναρόμαλλο
- Ρολό από ίνες κοκοφοίνικα
- Μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού
- Διογκωμένο άργιλο

Τα υλικά αυτά, μπορεί κανείς να τα βρει στις Ευρωπαϊκές χώρες, ωστόσο στην Ελλάδα δεν είναι ακόμα γνωστά, παρά το γεγονός ότι η χώρα μας διαθέτει και άργιλο και βαμβάκι και λινάρι.

Οι προσπάθειες ωστόσο για ανεύρεση οικολογικών θερμομονωτικών υλικών συνεχίζεται, τουλάχιστον σε εργαστηριακό επίπεδο. Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, για παράδειγμα, πραγματοποίησε την εργαστηριακή παραγωγή δομικών-θερμομονωτικών υλικών με πρώτη ύλη το καλάμι από Μίσχανθο και έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα^[6]. Ένα από τα συμπεράσματα της έρευνας είναι ότι παραγωγή θα μπορούσε να επεκταθεί και σε άλλα είδη φυτών εκτός από το Μίσχανθο (*arundo donax*, *cynara*, *foufa cylindrica*) και να συμπεριλάβει ακόμα και τα γεωργικά υπολείμματα όπως η βαμβακιά και τα καλαμπόκια ως πρώτες ύλες για την παραγωγή οικολογικών δομικών υλικών.

9.4.6 Οικολογικά χρώματα

Τα χρώματα με τα οποία βάφουμε μια επιφάνεια (τοίχο, οροφή, κουφώματα, αλλά και έπιπλα), προκειμένου να παράσχουμε προστασία από την φθορά του χρόνου και την οξείδωση, αλλά και για αισθητικούς λόγους, συνήθως περιέχουν μια πληθώρα χημικών ουσιών που είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Τέτοιες ουσίες είναι βαρέα μέταλλα, πτητικές ενώσεις, καθώς και άλλες επιβλαβείς ουσίες. Συνεπώς η ανάγκη για οικολογικά χρώματα είναι μεγάλη. Τέτοια χρώματα είναι αυτά που φτιάχνονται 100% από φυσικ άσυστατικά, που δυστυχώς όμως ακόμα έχουν μεγάλο κόστος, καθώς και χρώματα ήπιας χημείας, τα οποία περιέχουν χημικά πρόσθετα τα οποία ωστόσο είναι ήπιας σύστασης, παραμένοντας έτσι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Σε ένα κτίριο στο οποίο χρησιμοποιούμε οικολογικά χρώματα, πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας, μικρότερη παραγωγή ρύπων, λιγότερο ακάθαρτο νερό και μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Αξιοσημείωτο είναι ότι τα χρώματα που παρασκευάζονται από την πετροχημική βιομηχανία δημιουργούν σημαντική ποσότητα αποβλήτων, ενώ το νερό που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια παραγωγής τους, διοχετεύεται συνήθως (μολυσμένο) στο περιβάλλον, λόγω του υψηλού κόστους ανακύκλωσης του. Σήμερα, ακόμα και στον Ελλαδικό χώρο, υπάρχουν εταιρίες που δραστηριοποιούνται στα οικολογικά χρώματα.^[2]

9.4.7 Οικολογικά κονιάματα

Στο πλαίσιο της αναζήτησης οικολογικών δομικών υλικών, τοποθετείται και οι στρόφη προς τους «εναλλακτικούς» σοβάδες. Πρόκειται για υλικά που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν και σέβονται το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αποτελούν συνδυασμό κονιάς και κεραμικών

προϊόντων και έχουν ως κύριο πλεονέκτημα ότι είναι φυσικά προϊόντα δίχως χημικές προσμίξεις, που αντέχουν στο χρόνο. Αποτελούνται από τα εξής συστατικά:

- **Θηραϊκή γη:** Πρόκειται για φυσική ηφαιστιογενή ποζολάνη (υλικό με ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του τσιμέντου), που χρησιμοποιείται κυρίως για την αποκατάσταση μνημείων, αλλά και τη δόμηση νέων κατασκευών. Πλεονέκτημα της είναι η ιδιότητα της να ενώνεται με την άσβεστο και να σχηματίζει ασβεστοπυριτικές ενώσεις που σκληραίνουν το κονίαμα, παρουσίας υγρασίας. Την ιδιότητα αυτή την οφείλει στο πυρίτιο που περιέχει. Συνίσταται να μην χρησιμοποιείται το υλικό σε θερμοκρασίες κάτω των 5°C και άνω των 35°C, ενώ πρέπει να αποθηκεύεται σε καλυμμένο και στεγνό χώρο.
- **Ποζολάνη Μήλου:** Η φυσική ποζολάνη χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τους Ρωμαίους και ήταν συστατικό του Ρωμαϊκού σκυροδέματος, που αποτέλεσε μεγάλη καινοτομία στις κατασκευές. Στη Μήλο υπάρχουν μεγάλα κοιτάσματα ποζολάνης που προέρχονται από την ηφαιστειακή δράση σε παλιότερες εποχές στο νησί, και είναι προϊόντα του υψηλού γεωθερμικού πεδίου και της κυκλοφορίας των γεωθερμικών ρευστών στο εσωτερικό αυτού. Τα ενεργά ορυχεία ποζολάνης βρίσκονται στη Μήλο, αλλά και στην Κίμωλο και την Σκύδρα του νομού Πέλλης.
- **Κεραμάλευρο:** Ένα ακόμη στοιχείο που αξίζει να προστίθεται στο σοβά είναι το κεραμάλευρο, αγαπημένο υλικό των Ρωμαίων και των Βυζαντινών. Χρησιμοποιήθηκε κατά την Βυζαντινή περίοδο στην εκκλησία της Αγίας Σοφίας στη Θεσσαλονίκη, αποδεικνύοντας έτσι και την αντοχή του στο πέρασμα των χρόνων. Είναι φτιαγμένο από άργιλο που έχει ψηθεί σε υψηλή θερμοκρασία και μετά έχει γίνει σκόνη. Εκτός του ότι αυξάνει εντυπωσιακά την αντοχή του σοβά, μπορεί να δώσει και κάποια φυσικά γαιώδη χρώματα, απαλλάσσοντας τον ιδιοκτήτη από τα έξοδα του βαψίματος.

Σε κάθε περίπτωση η αντοχή του οικολογικού σοβά δε συγκρίνεται με εκείνη του συμβατικού. Τα ιστορικά κτίρια που ακόμη στέκουν σε εξαιρετική κατάσταση είναι ζωντανή απόδειξη αυτής της ιδιότητας τους. Επίσης, είναι δυνατόν να αποφευχθεί η χρήση χρωμάτων, αφού τα κονιάματα αυτά μπορούν να προσφέρουν φυσικούς καλαίσθητους χρωματισμούς. Όσον αφορά δε την υγρασία, τα οικολογικά κονιάματα επιτρέπουν την αναπνοή του κτιρίου, ώστε να μην εγκλωβίζεται ανεπιθύμητη υγρασία.

Η «Περιβαλλοντική Προτίμηση» βασίζεται στην αξιολόγηση των υλικών κατασκευής και την βαθμονόμηση τους, λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους παράγοντες, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα είδος περιβαλλοντικής κατάταξης τους. Μερικά από τα κριτήρια αυτά είναι τα εξής:

- Η σπανιότητα των πρώτων υλών.
- Η οικολογική επίπτωση που σχετίζεται με την εξόρυξη και την παραγωγή των πρώτων υλών, καθώς επίσης οι εκπομπές ρύπων κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Η ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια (εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά).
- Η κατανάλωση νερού.
- Η χρήση ή έκλυση ουσιών επιβλαβών τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για το περιβάλλον (π.χ. έκλυση τοξικών ουσιών).
- Η πρόκληση ηχορύπανσης ή δυσάρεστων οσμών.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Κορωναίος Αιμ., Σαργέντης Φοίβος, 'Δομικά υλικά και οικολογία', Αθήνα 2005
<http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>
2. Τσιπήρας Κώστας, Τσιπήρας Θέμης, 'Οικολογική Αρχιτεκτονική,βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτερική αρχιτεκτονική', Εκδόσεις Κέδρος, 2005
3. Green Building Materials, California Integrated Waste Management Board,
<http://www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/Materials/>
4. Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου,
http://tovima.dolnet.gr/print_article.php?e=B&f=13250&m=A44&aa=1
5. Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου
http://eva-varoutaflorou.blogspot.com/2008/01/blog-post_20.html
6. Οικολογικά υλικά φυτικής προέλευσης
<http://www.hirc.gr/services/newsletter/inn6/ecomat.htm>
7. http://www.s-ol-ar.gr/oik_domisi.html
8. <http://www.presenting.net/sbs/sbs.html>
9. http://www.energytraining4europe.org/greek/training/guide_eff_use/insulation_05.htm
10. <http://www.omiloszampa.gr/greek/category.asp?catid=478>
11. <http://www.greekarchitects.gr>
12. http://www.texnikos.gr/sick/sick_02.shtml
13. http://www.tkmactions.tee.gr/sections/6_Omades_Ergasias/3_Energieias/12.pdf
14. Θηραϊκή Γη
<http://www.dalkafoukis.gr/pdf/THIRAIKH%20GH.pdf>
15. Coniglio M., 'Solidi Energetici-Proposte di Design e Tecnologia Solare Soffice', Pirola Editore, Milano1985
16. Richview, Clonskeagh, 'European Passive Solar Components Catalogue', ECD Partnership, London Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin 1990
17. <http://www.myworld.gr/site/content.php?artid=725979>
18. Βάκα Θεοδώρα, 'Υλικά και Περιβάλλον', 2005

Κεφάλαιο 10

Πειραματικά αποτελέσματα παθητικών ηλιακών συστημάτων προκατασκευασμένων κτίσματος

10.1 Περιγραφή πειράματος

Το πείραμά μας αφορά την σύγκριση διαφόρων τύπων παθητικών συστημάτων έμμεσου και άμεσου ηλιακού κέρδους. Στην περιοχή της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου τοποθετήθηκαν τρία προκατασκευασμένα κτίρια μικρών διαστάσεων (4,3m x 3,3m) με κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους έχοντας όμως διαφορά στην νότια πλευρά τους (Σχήμα 10.1).



Σχήμα 10.1: Φωτογραφία μελετώμενων προκατασκευασμένων κτιρίων

Το πρώτο εξ αυτών στη νότια πλευρά έχει ένα απλό παράθυρο και κεκλιμένη στέγη, το δεύτερο έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης τύπου Trombe και το τρίτο έναν ηλιακό χώρο τύπου θερμοκηπίου. Με όλες τις άλλες παραμέτρους ίδιες επιτεύχθηκε με την τοποθέτηση θερμοϋγρομέτρων στο εσωτερικό και των τριών να δημιουργηθεί μία εικόνα ώστε να συγκριθεί και να εκτιμηθεί η συμπεριφορά τους.

Και στα τρία κτίρια τοποθετήθηκαν ένας αισθητήρας στο νότιο τοίχο, ένας στον βόρειο, ένας στο πάτωμα και ένας στην οροφή. Στο κτίριο με το θερμοκήπιο θεωρήθηκε αναγκαία η τοποθέτηση κάποιων επιπλέον αισθητήρων λόγω της ιδιαιτερότητας της κατασκευής και της λειτουργίας του. Έτσι προστέθηκε ένας ακόμα αισθητήρας μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, ένας στο πρέκι της τζαμαρίας που χωρίζει το κυρίως σπίτι από το χώρο του θερμοκηπίου και επίσης καθότι δεν υπάρχει νότιος τοίχος που να χωρίζει το θερμοκήπιο από το υπόλοιπο κτίσμα τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας στο νότιο μέρος του εσωτερικού δωματίου, μέσα δηλαδή από το θερμοκήπιο.

Τα δεδομένα που προέκυψαν για την θερμοκρασία και υγρασία στο εσωτερικό των σπιτιών επεξεργάστηκαν και διαγραμματοποιήθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους αλλά και με τα αντίστοιχα μεγέθη του περιβάλλοντος εξωτερικού χώρου τα οποία πήραμε από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΕΜΠ που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, πολύ κοντά στα κτίρια του πειράματος. Εκτός από τη θερμοκρασία και την υγρασία θεωρήθηκε σημαντικό να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς και τα μεγέθη της ηλιοφάνειας και της βροχόπτωσης.

Οι μετρήσεις έγιναν στο διάστημα 06/12/2010 έως και 11/02/2011.

10.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Η ανάλυση μπορεί να γίνει για δύο χρονικές περιόδους:

- Για το σύνολο της περιόδου των μετρήσεων δηλαδή 06/12/2010 έως 11/02/2011, και
- Για την εβδομάδα 6/12/2010 έως 13/12/2010 που έχει επιλεγεί σαν χαρακτηριστική καθώς σε αυτήν παρατηρούμε τις υψηλότερες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν, τις πρώτες ημέρες, καθώς και τις χαμηλότερες, τις υπόλοιπες ημέρες.

10.2.1 Συνολική περίοδος μετρήσεων

- **Νότος**

Στο διάγραμμα θερμοκρασιών των Νότιων τοίχων (Σχήμα 10.2) για τη συνολική περίοδο φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι θερμοκρασίες που κατέγραψε ο αισθητήρας στο κτίσμα με το παράθυρο είναι σταθερά χαμηλότερες από αυτές των άλλων δύο. Η διαφορά αυτή είναι πολύ έντονη της ημέρες με υψηλή εξωτερική θερμοκρασία και ηλιοφάνεια και ιδιαίτερα τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες (αιχμές του διαγράμματος).

Τα άλλα δύο κτίσματα παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με μια μικρή διαφοροποίηση. Στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe οι θερμοκρασίες είναι ελάχιστα υψηλότερες από αυτές του

κτίσματος με το θερμοκήπιο τις περισσότερες ημέρες. Τα μοναδικά σημεία του διαγράμματος που στο θερμοκήπιο παρατηρούνται υψηλότερες θερμοκρασίες αντιστοιχούν στις θερμότερες ημέρες της περιόδου δηλαδή 6/11 έως 10/11.

- **Βορράς**

Και στο διάγραμμα αυτό (Σχήμα 10.3) παρατηρούμε αντίστοιχη συμπεριφορά με του νότου. Στο κτίσμα με το παράθυρο οι μετρήσεις του βόρειου αισθητήρα καταγράφουν πιο μικρές θερμοκρασίες από τους αντίστοιχους αισθητήρες των δύο άλλων κτιρίων. Οι διαφορές που παρατηρούνται όμως είναι λιγότερο έντονες στις θερμές ημέρες με υψηλή ηλιοφάνεια.

Τα άλλα δύο κτίσματα παρουσιάζουν και αυτά αντίστοιχη συμπεριφορά με το θερμοκήπιο να ξεπερνάει τις τιμές του κτιρίου με τον τοίχο Trombe αλλά για πολύ μικρές διαφορές.

- **Δάπεδο**

Στο διάγραμμα των θερμοκρασιών που κατέγραψαν οι αισθητήρες δαπέδου (Σχήμα 10.4) παρατηρούμε και πάλι τις χαμηλότερες θερμοκρασίες στο κτίσμα με το παράθυρο με αντίστοιχη συμπεριφορά.

Από τα άλλα δύο κτίσματα αυτό που ξεχωρίζει είναι αυτό με το θερμοκήπιο. Οι αιχμές που παρουσιάζονται στις θερμοκρασίες καταγραφής του αισθητήρα του, όλες τις ημέρες με ψηλή ηλιοφάνεια, είναι πολύ πιο έντονες από ότι στα προηγούμενα διαγράμματα και είναι σταθερά θερμότερο από το κτίριο με τον τοίχο Trombe.

- **Οροφή**

Στο διάγραμμα θερμοκρασιών που καταγράφονται από τους αισθητήρες οροφής (Σχήμα 10.5), που καταγράφουν τη θερμοκρασία του αέρα του κάθε κτίσματος αφού δεν έρχονται σε επαφή το κέλυφος, παρατηρείται αντίστοιχη εικόνα με αυτή του διαγράμματος του νότου, με τη διαφορά ότι το κτίσμα με το παράθυρο είναι εξίσου θερμό με τα άλλα της ημέρες μικρής ηλιοφάνειας.

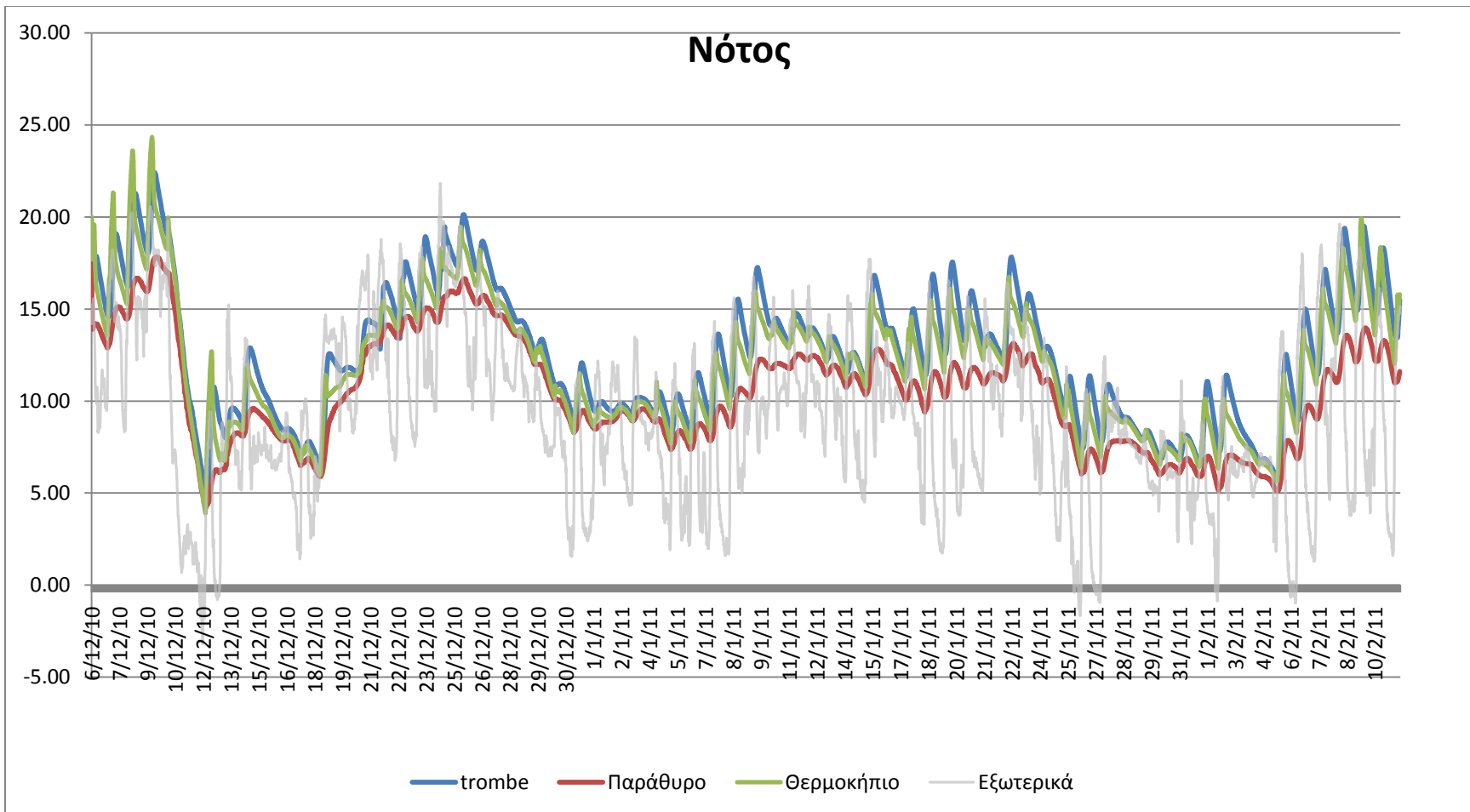
Κατά τα άλλα το κτίσμα με τον τοίχο Trombe είναι και πάλι πιο θερμό με πολύ μικρή όμως διαφορά μόνο στις αιχμές των μεσημεριανών ωρών.

- **Συγκεντρωτικά διαγράμματα όλων των αισθητήρων σε κάθε κτίριο**

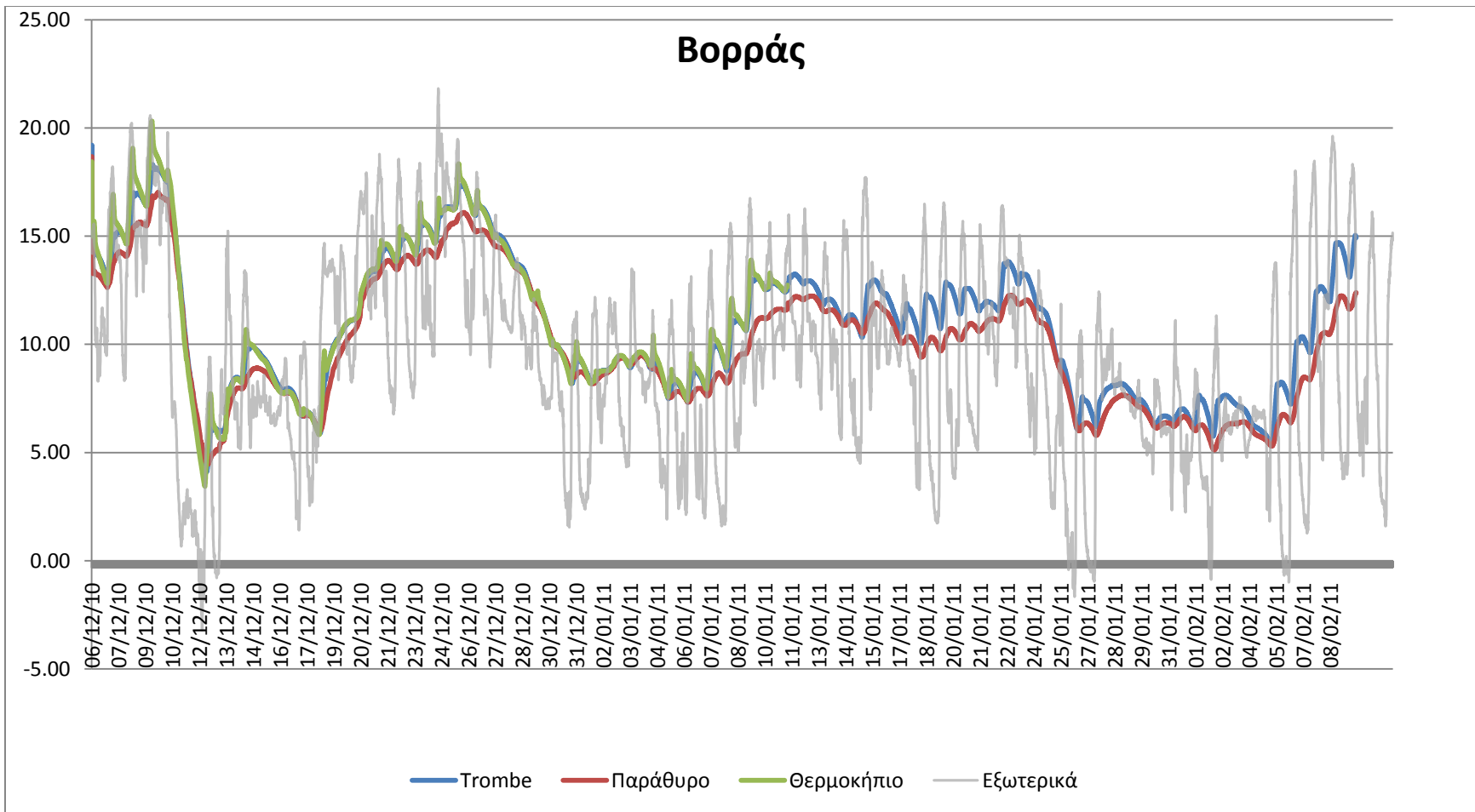
Στο κτίριο με τον τοίχο Trombe (Σχήμα 10.6) είναι ξεκάθαρες οι έντονες αιχμές που καταγράφει ο αισθητήρας του νότιου τοίχου τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Αυτό το θερμικό κέρδος μεταφράζεται και σε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα στο κτίριο με παρόμοια συμπεριφορά.

Στο κτίριο με το παράθυρο (Σχήμα 10.7) το θερμικό κέρδος στη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρό. Άρα δεν υπάρχουν αιχμές, όλοι οι αισθητήρες καταγράφουν σχεδόν αντίστοιχες θερμοκρασίες. Αυτό που ξεχωρίζει είναι η πολύ μικρή διακύμανση και τις νυχτερινές ώρες που οφείλεται στις πολύ μικρές απώλειες από ανοίγματα.

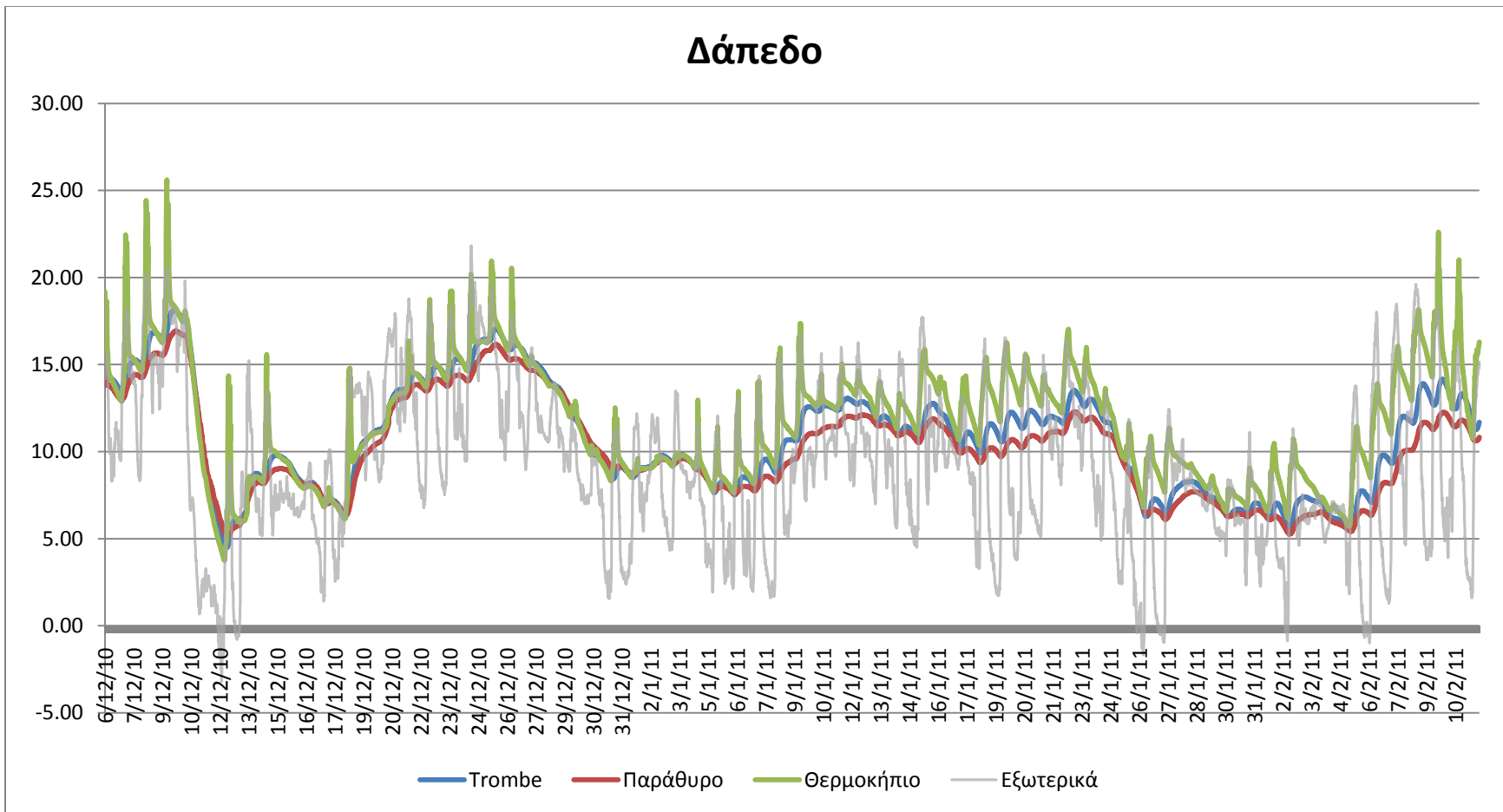
Στο κτίριο με το θερμοκήπιο (Σχήμα 10.8) τα δεδομένα είναι πιο σύνθετα. Ο χώρος του θερμοκηπίου παρουσιάζει εντονότερες αιχμές αφού δέχεται το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος στη διάρκεια της ημέρας. Η επιρροή του στο εσωτερικό του κτιρίου είναι σημαντική όπως είδαμε και από τα προηγούμενα διαγράμματα με έντονες αιχμές να παρατηρούνται στον αισθητήρα που τοποθετήθηκε στο πρέκι, στην εσωτερική μεριά του υαλοπίνακα που χωρίζει το θερμοκήπιο από το υπόλοιπο κτίσμα αλλά και σε αυτόν του δαπέδου.



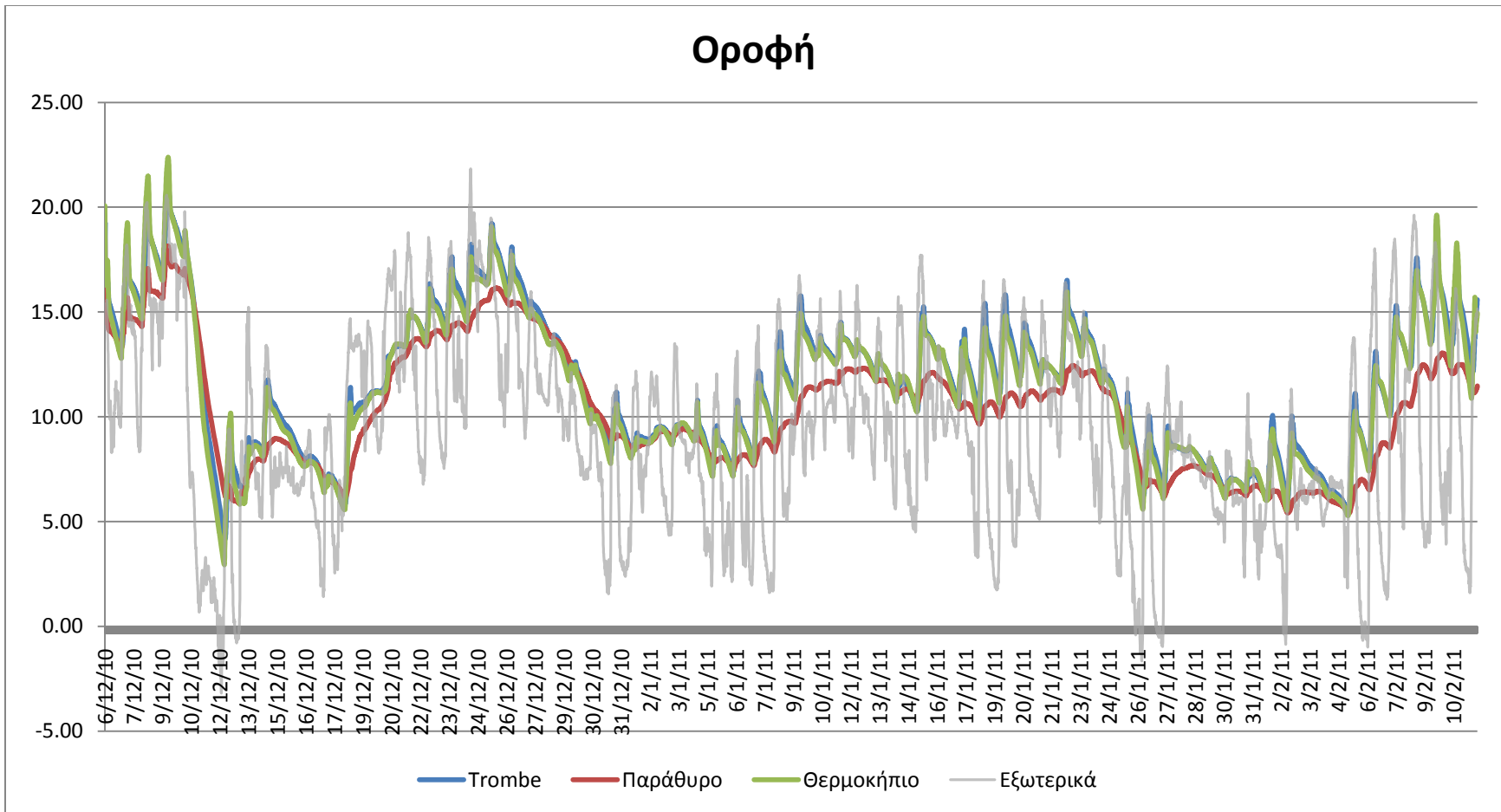
Σχήμα 10.2: Διάγραμμα θερμοκρασιών Νότιων τοίχων για τη συνολική περίοδο



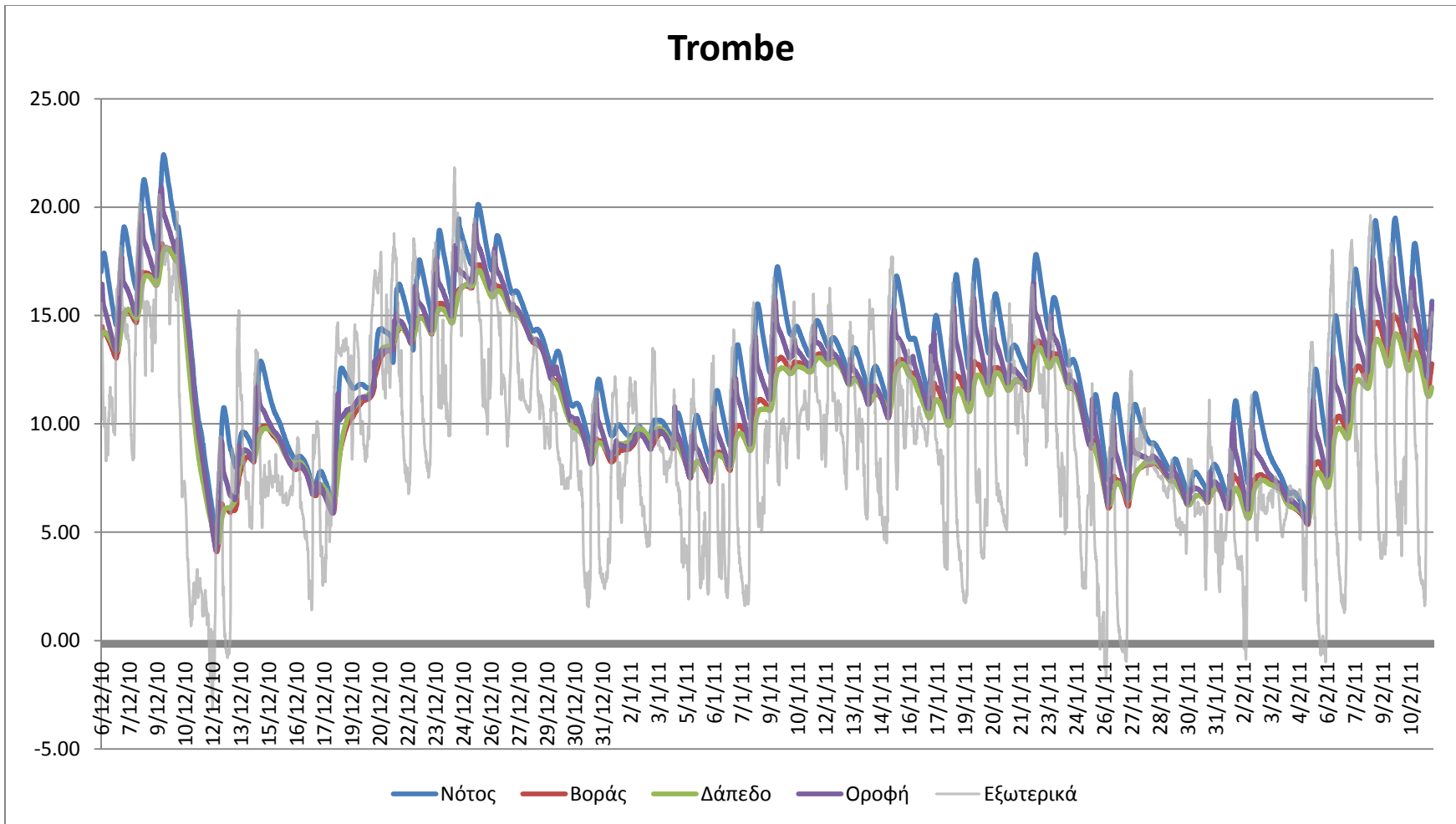
Σχήμα 10.3: Διάγραμμα θερμοκρασιών Βόρειων τοίχων για τη συνολική περίοδο



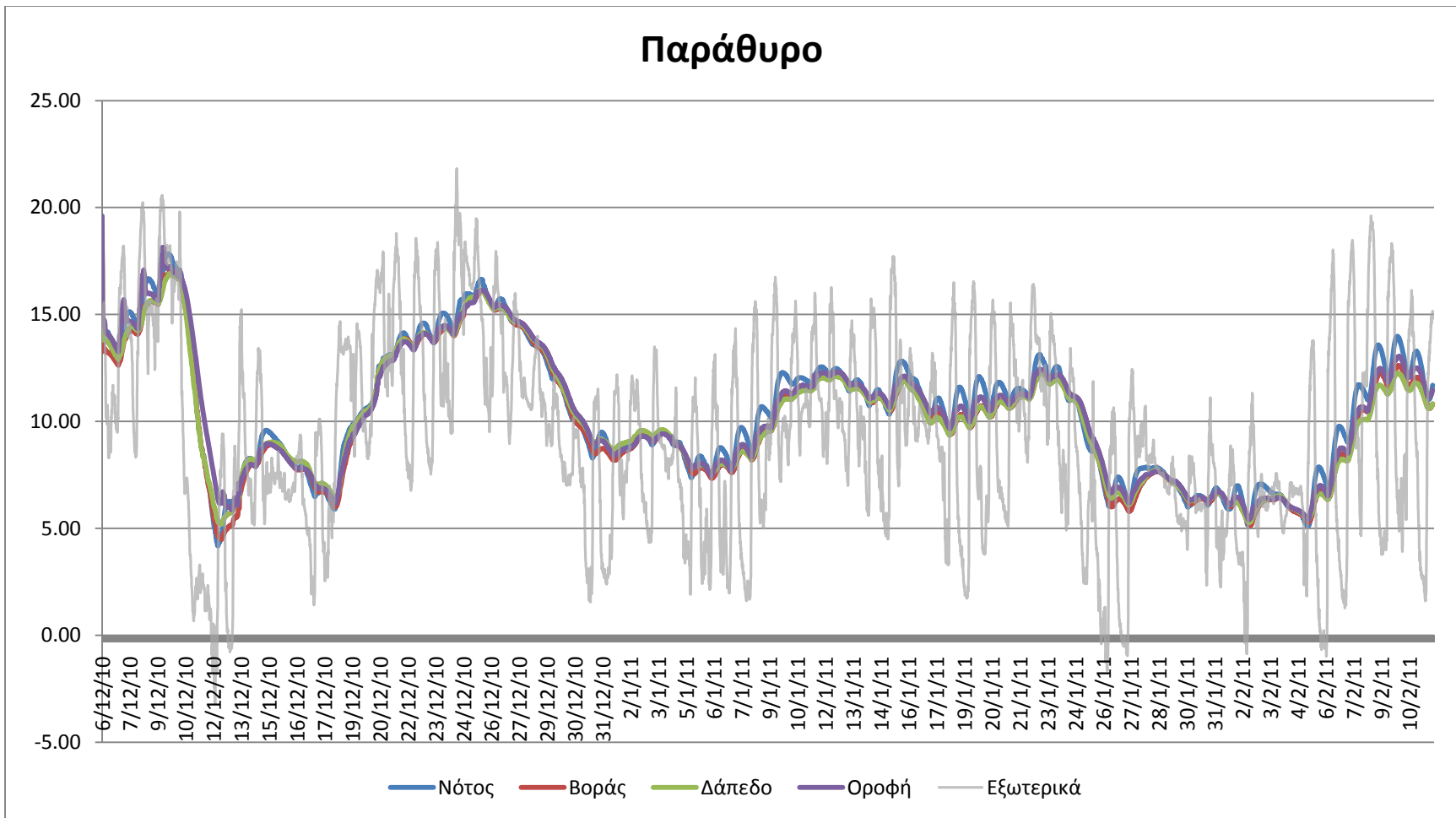
Σχήμα 10.4: Διάγραμμα θερμοκρασιών Δαπέδων για τη συνολική περίοδο



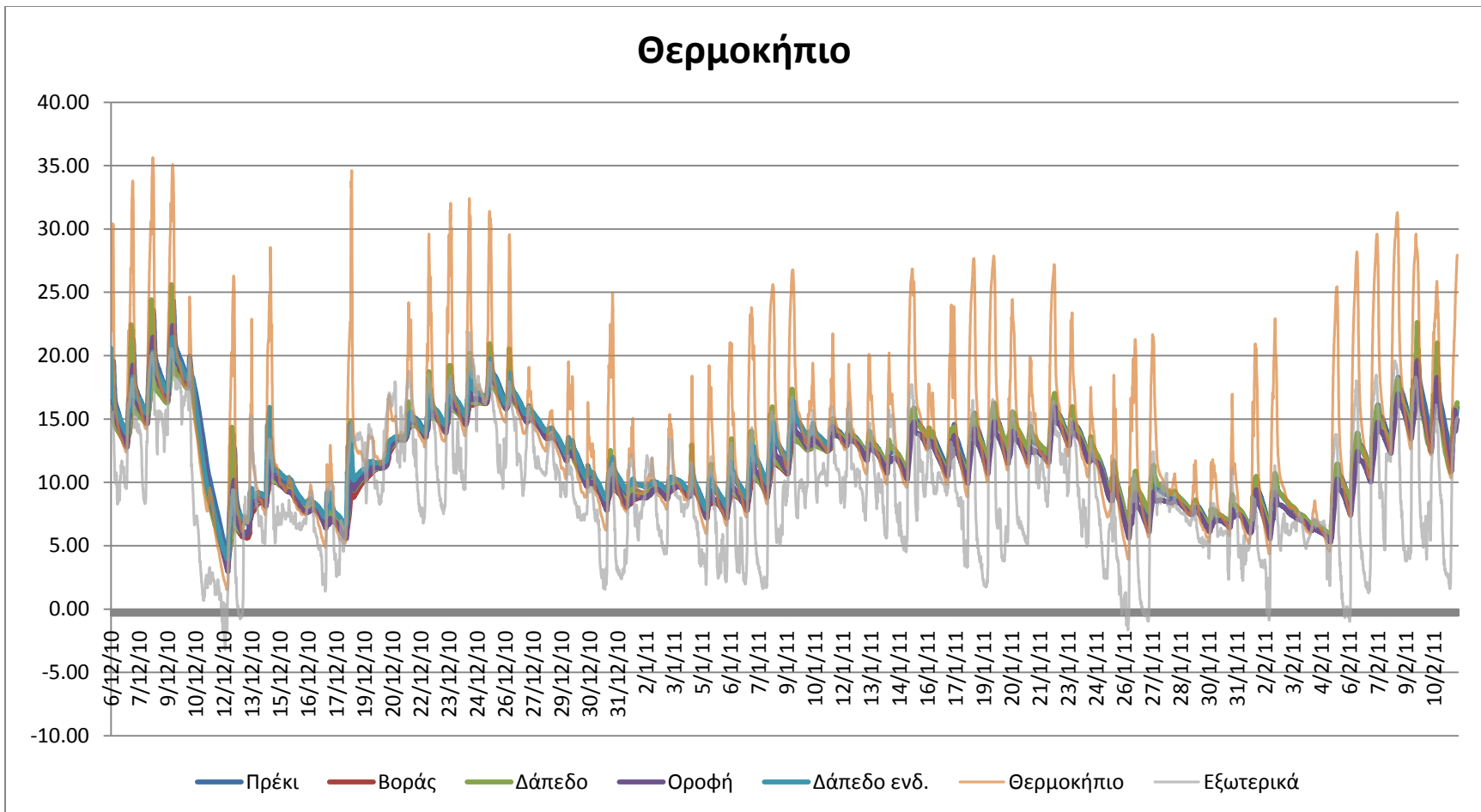
Σχήμα 10.5: Διάγραμμα θερμοκρασιών Οροφών για τη συνολική περίοδο



Σχήμα 10.6: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη συνολική περίοδο



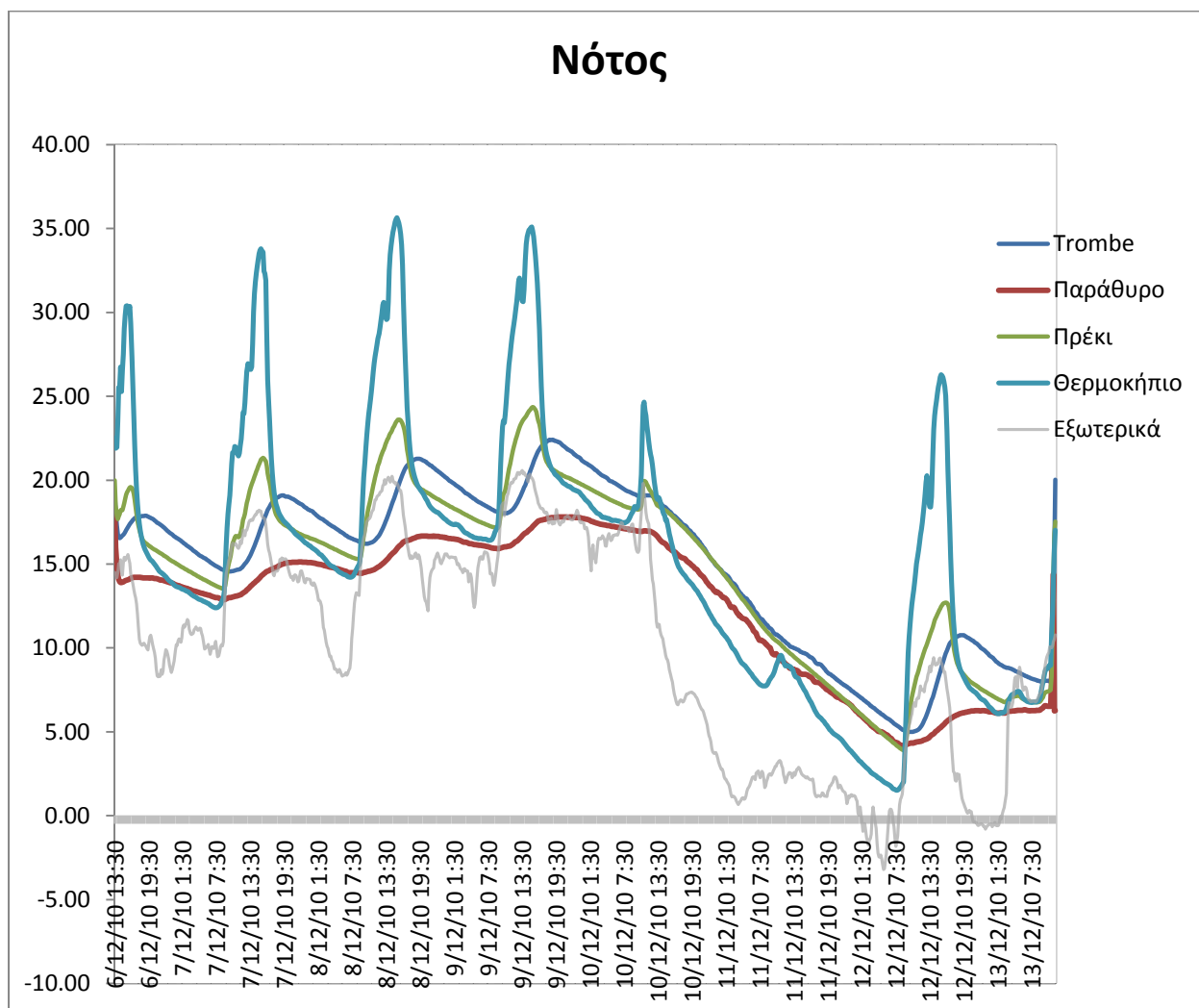
Σχήμα 10.7: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη συνολική περίοδο



Σχήμα 10.8: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη συνολική περίοδο

10.2.2 Περίοδος χαρακτηριστικής εβδομάδας 06/12/10-13/12/10

10.2.2.1 Σύγκριση Θερμοκρασιών Νότιου τοίχου



Σχήμα 10.9: Διάγραμμα Θερμοκρασιών Νοτίων τοίχων για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Σε διάγραμμα απεικονίζονται οι θερμοκρασίες που κατέγραψαν οι αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στους νότιους τοίχους των τριών κτιρίων καθώς και αυτές που μετρήθηκαν στο περιβάλλοντα χώρο (Σχήμα 10.9). Η περίοδος αναφοράς του συγκεκριμένου διαγράμματος είναι η εβδομάδα 06/12/2010 έως 13/12/2010 και επιλέχθηκε ως χαρακτηριστική καθώς παρουσίασε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες του διαστήματος μετρήσεων και τη μοναδική με χιονόπτωση όπως και κάποιες από τις υψηλότερες.

Στη διάρκεια της χαρακτηριστικής εβδομάδας παρατηρούμε απότομη πτώση της θερμοκρασίας και χιονόπτωση από την 10/12 και έπειτα. Έτσι μπορεί να αναλυθεί σε δύο χρονικές περιόδους που θα οδηγήσουν σε πιο χαρακτηριστικά συμπεράσματα.

Στο διάστημα 6/12 έως 10/12 φαίνονται χαρακτηριστικά η σταθερά μικρότερη θερμοκρασία στο κτίριο με το παράθυρο σε σχέση με τα υπόλοιπα καθώς και οι αιχμές που παρουσιάζει η θερμοκρασία στο νότιο μέρος του κτιρίου με το θερμοκήπιο τις ώρες μεγάλης ηλιοφάνειας τόσο μέσα στο θερμοκήπιο όσο και στο πρέκι του κουφώματος που χωρίζει το θερμοκήπιο από το εσωτερικό του κτιρίου.

Και τα δύο αυτά στοιχεία ήταν αναμενόμενα. Στο θερμοκήπιο το ηλιακό κέρδος είναι μεγαλύτερο από αυτό του κτιρίου με το παράθυρο όσο και του κτιρίου με τον τοίχο Trombe τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες όταν πρόκειται για ημέρες μεγάλης ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας. Έτσι φαίνεται λογικό οι θερμοκρασίες του κτιρίου με το θερμοκήπιο να είναι αρκετά υψηλότερες τις ώρες αυτές με την διαφορά να φτάνει ακόμα και τους επτά βαθμούς κελσίου αν συγκρίνουμε τις μετρήσεις από το πρέκι του θερμοκηπίου με αυτές του νότιου τοίχου του κτιρίου με το παράθυρο. Στο κτίριο με τον τοίχο Trombe το ηλιακό κέρδος τις ώρες αυτές είναι αρκετά μεγάλο και η θερμοκρασία του νότιου τοίχου φτάνει μέχρι και δύο βαθμούς κελσίου χαμηλότερα από το πρέκι του θερμοκηπίου. Το κτίριο με το παράθυρο είναι το λιγότερο ευεπηρεάστο από την αύξηση της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας.

Τις βραδινές ώρες όμως, λόγω των απωλειών θερμότητας και στα τρία κτίρια η θερμοκρασιακή κατάσταση αλλάζει. Στο κτίριο με το θερμοκήπιο παρατηρούμε τις μεγαλύτερες απώλειες χωρίς όμως να αρκεί ο χρόνος ώστε να γίνει πιο ψυχρό από το κτίριο με το παράθυρο το οποίο παραμένει το πιο κρύο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Πολύ λιγότερες είναι οι απώλειες που παρουσιάζονται στο κτίριο με τον τοίχο Trombe και έτσι αυτό είναι το θερμότερο όλων τις βραδινές ώρες των ζεστών ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια.

Στο δεύτερο χρονικό διάστημα της εβδομάδας από 10/12 έως 13/12 παρατηρείται απότομη πτώση της θερμοκρασίας όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Οι συμπεριφορές διαφοροποιούνται. Το κτίριο με το θερμοκήπιο παρουσιάζει σαφώς χειρότερη συμπεριφορά καθώς έχει μεγάλες απώλειες ενώ το ηλιακό κέρδος που θα μπορούσε να έχει είναι πολύ μικρό λόγω της πολύ μικρής ηλιοφάνειας. Παραμένει παρόλα αυτά θερμότερο από το κτίριο με το παράθυρο εκτός από τη στιγμή με τη χαμηλότερη θερμοκρασία οπότε και εξισώνονται οι θερμοκρασίες στα δυο κτίρια. Το κτίριο με τον τοίχο Trombe παρουσιάζει την καλύτερη εικόνα με σταθερά μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα άλλα δύο κατά έναν βαθμό κελσίου.

Ξεχωριστά πρέπει να σχολιαστούν οι μετρήσεις του αισθητήρα του θερμοκηπίου όπου παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά. Τις ώρες μεγάλης θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας το θερμοκήπιο φτάνει τους 35 βαθμούς κελσίου, θερμοκρασία 15 περίπου βαθμούς μεγαλύτερη από την εξωτερική. Στο γεγονός αυτό οφείλονται οι αιχμές θερμοκρασίας που παρατηρούνται και στα υπόλοιπα σημεία του κτιρίου. Τις βραδινές ώρες όπου η θερμοκρασία μειώνεται παρατηρούμε μειωμένες θερμοκρασίες στο χώρο του θερμοκηπίου που δεν είναι όμως χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του κτιρίου με το παράθυρο όμως.

Τις ημέρες από 10/12 και μετά όμως που παρατηρούμε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζει χαμηλότερη συμπεριφορά από όλα τα άλλα κτίρια κάτι που μάλλον οδηγεί και το θερμότερο κατά τα άλλα κτίριο του θερμοκηπίου να γίνει το πιο ψυχρό.

Από το διάγραμμα φαίνεται σαφώς η διαφορά θερμικής μάζας των νότιων τοίχων στα τρία κτίρια. Η χρονική υστέρηση από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που μεγιστοποιείται η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία στους νότιους τοίχους είναι αρκετά μεγαλύτερη στο κτίριο με τον τοίχο

Trombe αλλά και σε αυτό με το παράθυρο σε σχέση με το κτίριο του θερμοκηπίου. Η χρονική υστέρηση αυτή (timelag) φτάνει μέχρι και τις πέντε ώρες τόσο για το κτίριο με το παράθυρο όσο και για εκείνο με τον τοίχο Trombe έναντι του κτιρίου με το θερμοκήπιο η χρονική υστέρηση του οποίου είναι μόλις μία ώρα.

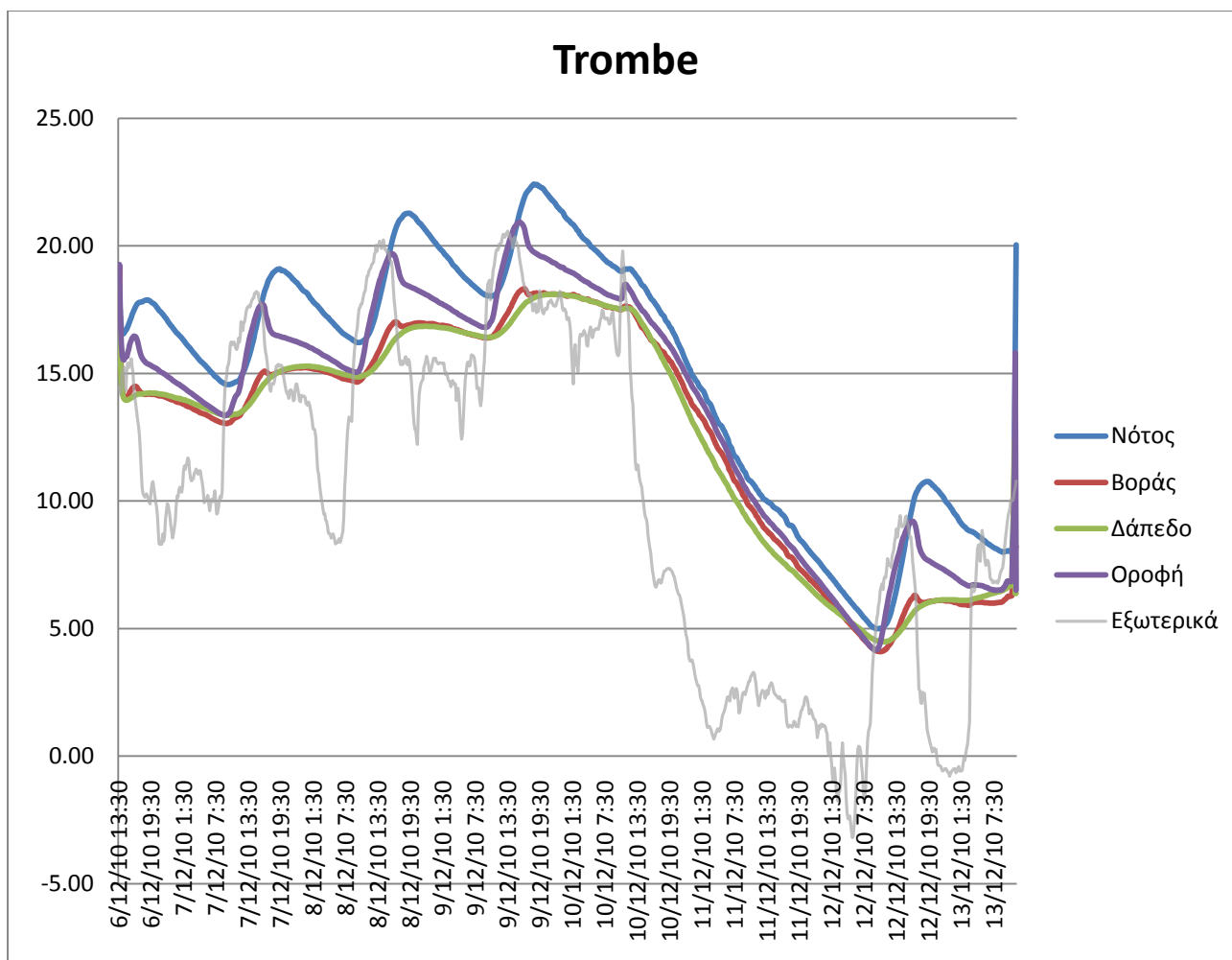
Λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας στα κτίρια με το παράθυρο αλλά και τον τοίχο Trombe παρατηρείται και μικρότερη διακύμανση της θερμοκρασίας των νότιων τοίχων τους, σε σχέση με το κτίριο με το θερμοκήπιο, στη διάρκεια της ημέρας με τις τιμές διακύμανσης να φτάνουν τους 3,5°C για το κτίριο με το παράθυρο, 5 °C για το κτίριο με τον τοίχο Trombe έναντι 6,5 °C για το κτίριο με το θερμοκήπιο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται διαγραμματικά οι μετρήσεις των αισθητήρων του κάθε κτιρίου ξεχωριστά.

10.2.2.2 Προκατασκευασμένο κτίριο με Τοίχο Trombe



Σχήμα 10.10: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με τοίχο Trombe



Σχήμα 10.11: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με τον τοίχο Trombe για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Στο κτίριο έχουν τοποθετηθεί όπως ειπώθηκε παραπάνω αισθητήρες στον τοίχο Trombe (Σχήμα 10.10), τον βόρειο τοίχο, το δάπεδο και την οροφή. Από το διάγραμμα (Σχήμα 10.11) φαίνεται η επιρροή στην αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του τοίχου Trombe καθώς τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες παρατηρούμε αύξησή της στον νότιο τοίχο κατά 4 έως 5 βαθμούς κελσίου σε σχέση με τον βόρειο ή και το δάπεδο. Έτσι η θερμοκρασία στο μέσον του κτιρίου όπως βλέπουμε από τον αισθητήρα οροφής παίρνει μια ενδιάμεση τιμή 2 έως 3 βαθμούς κελσίου μεγαλύτερη από τις τιμές του δαπέδου και του βόρειου τοίχου.

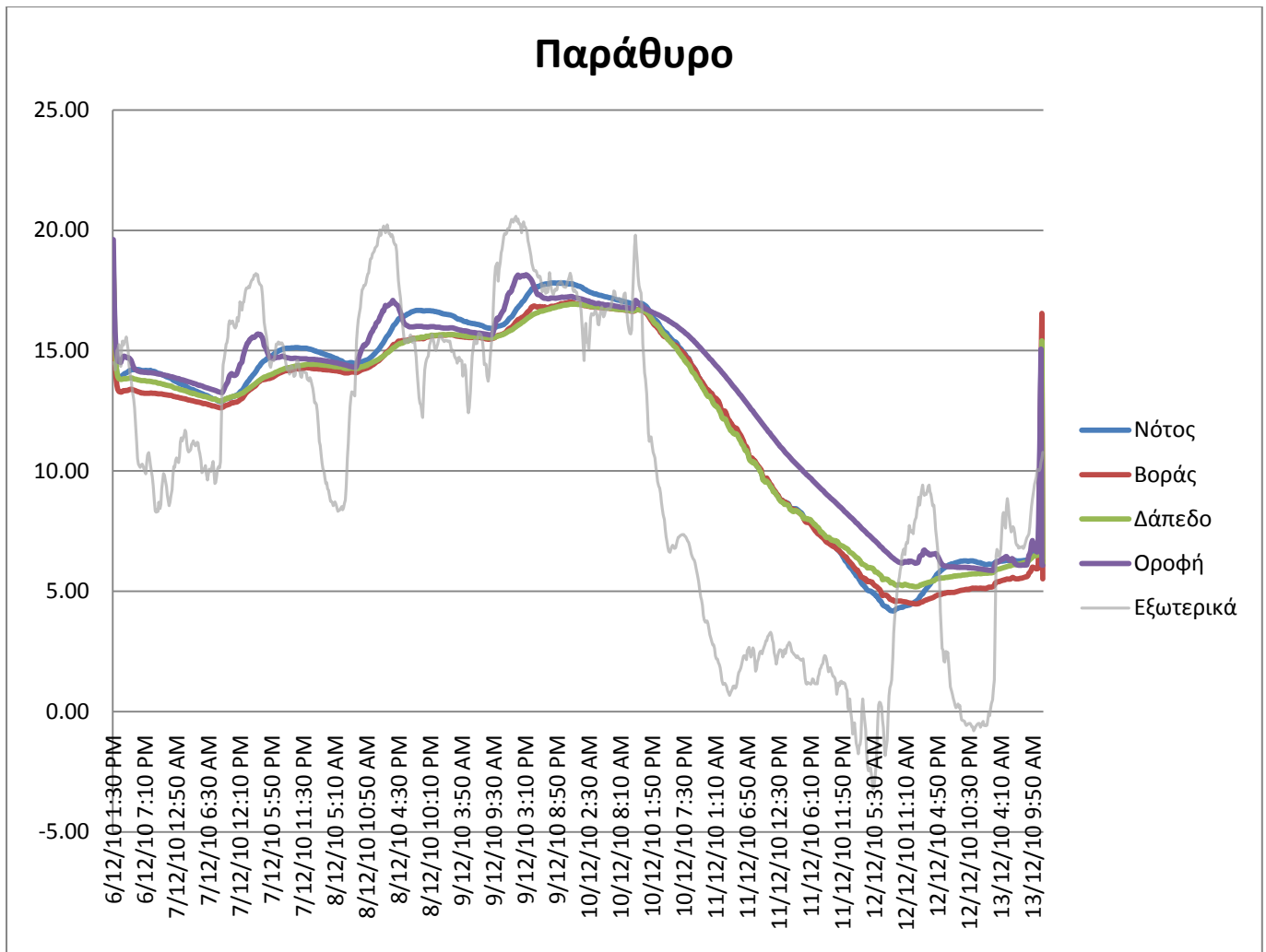
Χαρακτηριστική είναι και η συμπεριφορά του νότιου τοίχου Trombe στο διάστημα από 10/12 έως 13/12, δηλαδή την περίοδο της πιο κρύας περιόδου των μετρήσεων, καθώς διατηρεί θερμοκρασία περίπου 2 βαθμούς κελσίου ψηλότερα από το αυτή του δαπέδου, του βόρειου τοίχου αλλά και του μέσου του δωματίου όπως φαίνεται από τις τιμές του αισθητήρα οροφής.

Όπως υποθήκε και παραπάνω ο Νότιος τοίχος του κτιρίου (τοίχος Trombe) παρουσιάζει χρονική υστέρηση σε σχέση με τους υπόλοιπους που φτάνει τις 5 ώρες.

10.2.2.3 Προκατασκευασμένο κτίριο με νότιο παράθυρο



Σχήμα 10.12: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με παράθυρο



Σχήμα 10.13: Διάγραμμα θερμοκρασιών αισθητήρων στο κτίριο με το παράθυρο για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Η επιρροή του παραθύρου (Σχήμα 10.12) στη αύξηση της θερμοκρασίας είναι περιορισμένη καθώς παρουσιάζει αιχμή τις πρωινές – μεσημεριανές ώρες αλλά πολύ μικρότερη από την περίπτωση του τοίχου Trombe, καθώς στο νότιο τοίχο παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας κατά το πολύ 2 βαθμούς κελσίου σε σχέση με το δάπεδο και τον βόρειο τοίχο (Σχήμα 10.13).

Και στην περίοδο πτώσης της θερμοκρασίας όμως η συμπεριφορά του νότιου τοίχου δε διαφοροποιείται. Λειτουργεί σαν κοινός τοίχος καθώς οι τιμές που μετρήθηκαν στην επιφάνειά του είναι σχεδόν ίσες με αυτές του βόρειου τοίχου και του δαπέδου.

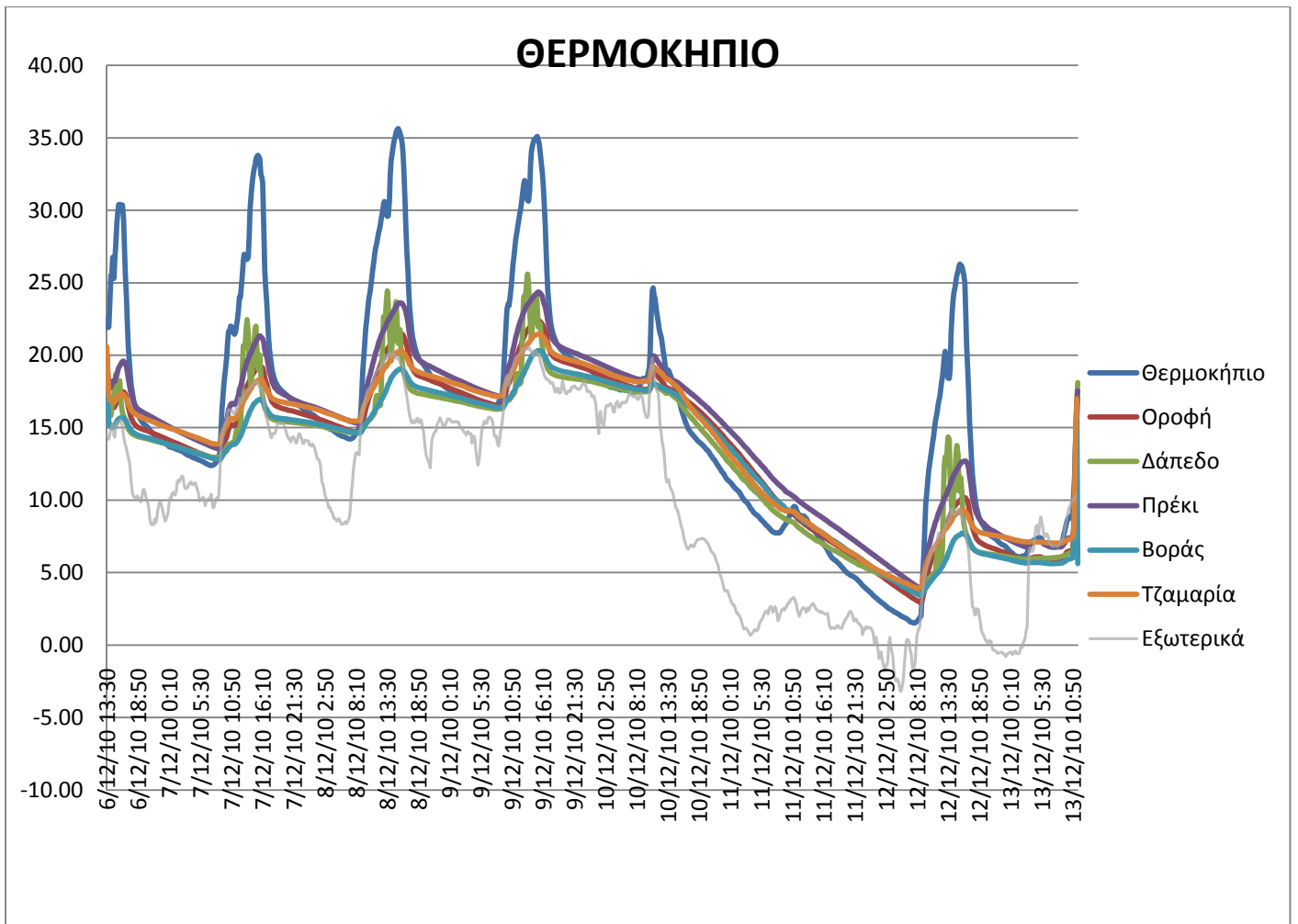
Αυτό που είναι σημαντικό είναι η θερμοκρασία στο μέσον του δωματίου, η οποία είναι 2 έως 3 βαθμούς υψηλότερη των αντιστοιχών στις επιφάνειες των τοίχων και του δαπέδου.

10.2.2.4 Προκατασκευασμένο κτίριο με θερμοκήπιο

Στο κτίριο του θερμοκηπίου (Σχήμα 10.14) έχουν εγκατασταθεί έξι αισθητήρες λόγω της ιδιαιτερότητας του. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η επιρροή του θερμοκηπίου στη συνολική θερμοκρασιακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι πολύ σημαντική.



Σχήμα 10.14: Φωτογραφία προκατασκευασμένου κτιρίου με θερμοκήπιο



Σχήμα 10.15: Διάγραμμα θερμοκρασιών σενσόρων στο κτίριο με το θερμοκήπιο για τη χαρακτηριστική βδομάδα

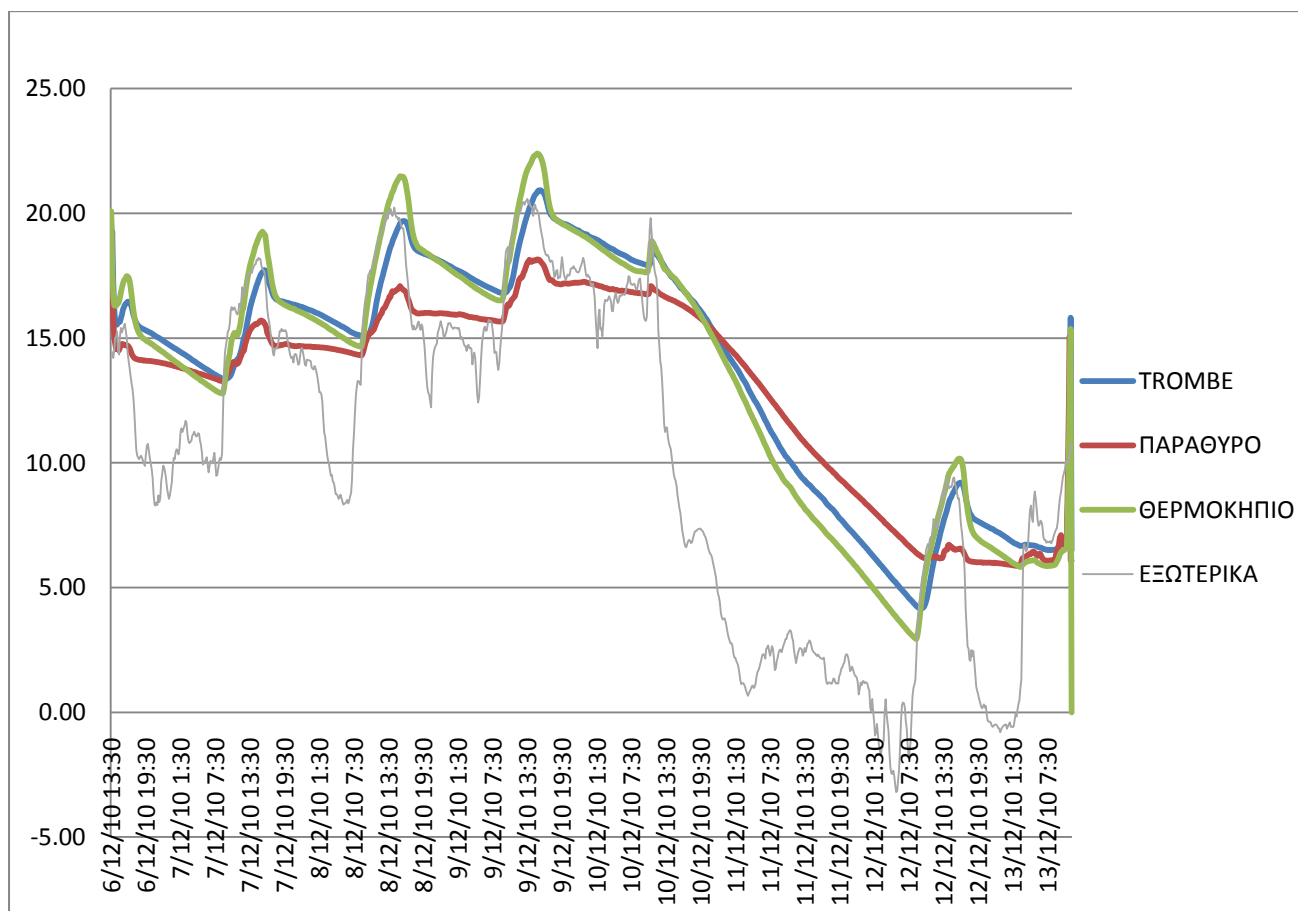
Οι αιχμές που παρουσιάζονται τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες στο χώρο του θερμοκηπίου είναι πολύ έντονες και φτάνουν ακόμα και 17 βαθμούς κελσίου υψηλότερα από τις θερμοκρασίες που καταγράφονται στο βόρειο τοίχο. Αντίστοιχα και στα υπόλοιπα σημεία που έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες, φαίνεται η έντονη επίδραση του θερμοκηπίου από τη θερμοκρασία που καταγράφεται (Σχήμα 10.15).

Χαρακτηριστικά ξεχωρίζει το δάπεδο αλλά και το πρέκι του υαλοπίνακα με ψηλότερες τιμές θερμοκρασίας από τα υπόλοιπα ενώ μικρότερη θερμοκρασία δίνουν ο αισθητήρας στη βάση της τζαμαρίας, ο αισθητήρας στην οροφή και τέλος αυτός του βόρειου τοίχου.

Στην ψυχρότερη περίοδο οι θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο είναι πολύ χαμηλές και δεν μπορούν να προσφέρουν θερμοκρασιακό κέρδος στο κτίριο. Στους υπολοίπους αισθητήρες με εξαίρεση το πρέκι που παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες, σε όλα τα άλλα σημεία παρατηρούμε σχεδόν ομοιόμορφη θερμοκρασιακή συμπεριφορά.

10.2.2.5 Σύγκριση θερμοκρασίας αέρα τριών κτιρίων

Εδώ είναι σκόπιμο να παρουσιαστούν οι θερμοκρασίες στα μέσα των τριών κτιρίων όπως προκύπτουν από τις μετρήσεις των αισθητήρων που έχουν κρεμαστεί από τις οροφές των κτιρίων και έτσι δεν έρχονται σε επαφή με την τοιχοποιία (Σχήμα 10.16).



Σχήμα 10.16: Διάγραμμα θερμοκρασιών αέρα για τη χαρακτηριστική βδομάδα

Στην πρώτη χρονική περίοδο που αφορά τις θερμές ημέρες μεταξύ 6/12 και 10/12 τα συμπεράσματα δε διαφοροποιούνται αρκετά από αυτά που είχαν προκύψει παραπάνω όταν μελετήθηκαν οι νότιοι τοίχοι των κτιρίων.

Δηλαδή το κτίριο με το παράθυρο είναι σταθερό το πιο ψυχρό από τα τρία. Το κτίριο με το θερμοκήπιο είναι θερμότερο τις ώρες μεγάλης ηλιοφάνειας και εξωτερικής θερμοκρασίας ενώ τις βραδινές ώρες θερμότερο είναι το κτίριο με τον τοίχο Trombe.

Το αξιοσημείωτο παρατηρείται στο δεύτερο κομμάτι της χαρακτηριστικής εβδομάδας, δηλαδή μεταξύ της 10/12 και της 13/12. Παρά το ότι στις θερμοκρασίες των νότιων τοίχων όπως και των βόρειων αλλά και των δαπέδων δεν υπήρχε τέτοια ένδειξη, η θερμοκρασία στο μέσον του κτιρίου με το παράθυρο είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή των άλλων δύο κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, είναι 4 βαθμούς κελσίου υψηλότερη αυτής του κτιρίου με το θερμοκήπιο και περίπου 2,5 αυτής του κτιρίου με τον τοίχο Trombe. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οφείλεται και στην κεκλιμένη στέγη του κτιρίου αυτού που την περίοδο αυτή με τις βροχές και τις χιονοπτώσεις ίσως συνεισέφερε θετικά.

Κεφάλαιο 11

Εφαρμογή λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ σε προκατασκευασμένο κτίσμα

11.1 Εισαγωγή

Με τη βοήθεια του προγράμματος « Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων του Τεχνικού επιμελητηρίου (ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.)» μελετήθηκε η επιρροή διαφόρων παραμέτρων της κατασκευής ενός κτιρίου στην τελική ενεργειακή του απόδοση σε σχέση με το κτίριο αναφοράς. Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για έλεγχο είναι κυρίως αυτές που σχετίζονται με τα βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Αναλυτικά οι παράμετροι των οποίων μελετήθηκε η επιρροή είναι οι εξής:

- Προσανατολισμός κτιρίου
- Σκίαση
- Εμβαδόν ανοιγμάτων
- Θερμομόνωση και Συντελεστές θερμοπερατότητας U_{Value}

11.2 Βασικά στοιχεία υπό μελέτης κτιρίου

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί με τη βοήθεια του προγράμματος ΚΕΝΑΚ.

11.2.1 Κλιματική ζώνη

Η κλιματική ζώνη στην οποία υπάγεται η περιοχή μελέτης (Σαρωνίδα Αττικής) είναι η Β όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Σχήμα 11.1):

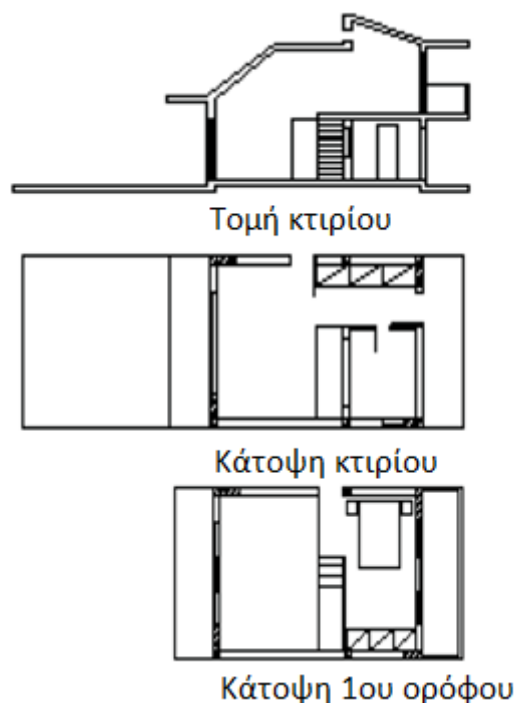
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Σχήμα 11.1: Ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

(Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010)

11.2.2 Διαστάσεις και Επιφάνειες

Το υπό μελέτη κτίριο είναι διώροφο, συνολικού εμβαδού 59 m², το εμβαδό του πρώτου ορόφου και του παταριού είναι 40m² και 19m² (Σχήμα 11.2) αντίστοιχα ενώ για την δόμησή του επιλέχθηκε η μέθοδος της προκατασκευής με ξύλινη στέγη.



Σχήμα 11.2: Σχέδια κτιρίου

Οι διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες του είναι οι εξής (Σχήμα 11.3):

Βόρεια πλευρά	Πλάτος	Ύψος	Επιφάνεια
Πόρτα	0.9	2.0	1.8
Παράθυρο ισογείου	0.6	0.7	0.42
Συρόμενο άνοιγμα ορόφου	1 ^{ου} 3.0	2.0	6
Τοιχοποιία			14.5
		Σύνολο	22.7

Νότια πλευρά	Πλάτος	Ύψος	Επιφάνεια
Παράθυρο ισογείου	3.0	2.4	7.2
Φεγγίτης στέγης	4.1	0.3	1.23
Τοιχοποιία			15.5
		Σύνολο	23.9

Δυτική πλευρά	Πλάτος	Ύψος	Επιφάνεια
Πόρτα	0.9	2.0	1.8
Τοιχοποιία			38.5
		Σύνολο	40.25

Ανατολική πλευρά	Πλάτος	Ύψος	Επιφάνεια
Τοιχοποιία			40.25
		Σύνολο	40.25

Σχήμα 11.3: Πίνακας με διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες

11.2.3 Τοιχοποιία

Για την προκατασκευασμένη τοιχοποιία έχουμε:

- 7 cm χυτό σκυρόδεμα
- 6 cm πολυουρεθάνη
- 8 cm οπλισμένο σκυρόδεμα
- 7 cm χυτό σκυρόδεμα

	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας	Οπλισμένο σκυρόδεμα (≥2% σίδηρος)	Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες σε πλάκες	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο υψηλής πυκνότητας
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ	2	2.5	0.027	2
πυκνότητα, ρ	2400	2400	55	2400
ειδική θερμοχωρητικότητα, c	1000	1000	1450	1000
πάχος (cm)	7	8	6	7

Σχήμα 11.4: Χαρακτηριστικά υλικών τοιχοποιίας

με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με $0,411 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μεγίστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον αέρα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

11.2.4 Υαλοπίνακες

Για τις διαφανείς επιφάνειες έχει επιλεγεί διπλός υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6mm και U_{value} ίσο με $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για ανοίγματα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 3.00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

11.2.5 Στέγη

Για τη στέγη έχουμε:

- Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος) 20 cm
- Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα) 1 cm
- Διογκωμένη πολυστερίνη 7cm
- Τσιμεντοκονίαμα 2 cm
- Κεραμίδι

	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	Τσιμεντοκονίαμα	Κεραμίδι	Ασφαλτικά φύλλα
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,λ	0.035	2.5	1.4	0.4	0.23
πυκνότητα,ρ	30	2400	2000		1100
ειδική θερμοχωρητικότητα,c	1500	1000	1100		1000
πάχος	7	20	2	1.5	1

Σχήμα 11.5: Χαρακτηριστικά υλικών στέγης

με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με **$0,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$** που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον αέρα σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

11.2.6 Δάπεδο

- Οπλισμένο σκυρόδεμα($\geq 2\%$ σίδηρος) 15 cm
- Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες 3 cm
- Τσιμεντοκονίαμα 3 cm
- Κεραμικά πλακίδια δαπέδου 1.5 cm

	Οπλισμένο σκυρόδεμα ($\geq 2\%$ σίδηρος)	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Τσιμεντοκονίαμα	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου
συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,λ	2.5	0.035	1.4	1.84
πυκνότητα,ρ	2400	30	2000	2000
ειδική θερμοχωρητικότητα,c	1000	1500	1100	840
Πάχος	15	6	3	1.5

Σχήμα 11.6: Χαρακτηριστικά υλικών δαπέδου

με συντελεστή θερμοπερατότητας U_{value} ίσο με **$0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$** που ικανοποιεί τον περιορισμό μέγιστης τιμής του Κ.Εν.Α.Κ για δάπεδο σε επαφή με έδαφος σε περιοχή της κλιματικής ζώνης Β, $U_{value \max} = 0.90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

11.2.7 Μήκος χαραμάδας

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων δίνεται από τον τύπο:

$$V_{inf} = \sum (l \cdot \alpha) \cdot R \cdot H$$

όπου: l [m] το συνολικό μήκος των χαραμάδων του ανοίγματος (πόρτα, παράθυρο κ.ά.),

α [$m^3/(h \cdot m)$] ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες του ανοίγματος, ανάλογα με την ποιότητα του κουφώματος

R [-] ο συντελεστής διεισδυτικότητας, που εξαρτάται από το λόγο επιφάνειας των εξωτερικών προς τα εσωτερικά ανοίγματα

H [-] ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης

Προκύπτει μήκος χαραμάδας (Σχήμα 11.7)

Νότια	Βόρεια	Ανατολικά	Δυτικά
17.23	6	0.48	0
Σύνολο			23.710

Σχήμα 11.7: Μήκος χαραμάδας

ίσο με 23.71,

και με συντελεστές $\alpha = 1.4$, $R = 0.7$ και $H = 1.87$,

ο συνολικός αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων προκύπτει ίσος με:

$$V_{inf} = 43.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

11.2.8 Θερμογέφυρες

Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσauξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτιρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, θεωρούμενης της θερμικής ροής στον υπολογισμό κατά παραδοχή ως μονοδιάστατο μέγεθος και κάθετο στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%.

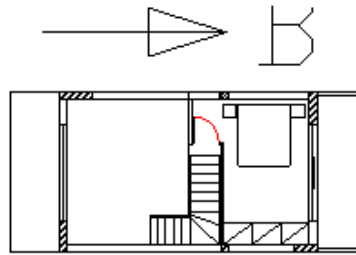
Για τους υπολογισμούς στο πρόγραμμα TEE KENAK θα θεωρήσουμε θερμογέφυρες ίσες με 35 W/K. Η τιμή αυτή έχει προκύψει μετά από σύντομους υπολογισμούς με τη βοήθεια των πινάκων 16α έως 16λ του τεύχους Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010

11.3 Μεταβολή ενεργειακής απαίτησης κτιρίου με αλλαγή παραμέτρων σχεδιασμού

11.3.1 Προσανατολισμός και σκίαση

Για να διαπιστωθεί η σημασία τόσο του σωστού προσανατολισμού του κτιρίου όσο και της σκίασης όσον αφορά στην ενεργειακή του κατανάλωση, έγινε στροφή 90°, 180° και 270° σε σχέση με τον προσανατολισμό που έχει αρχικά επιλεγεί.

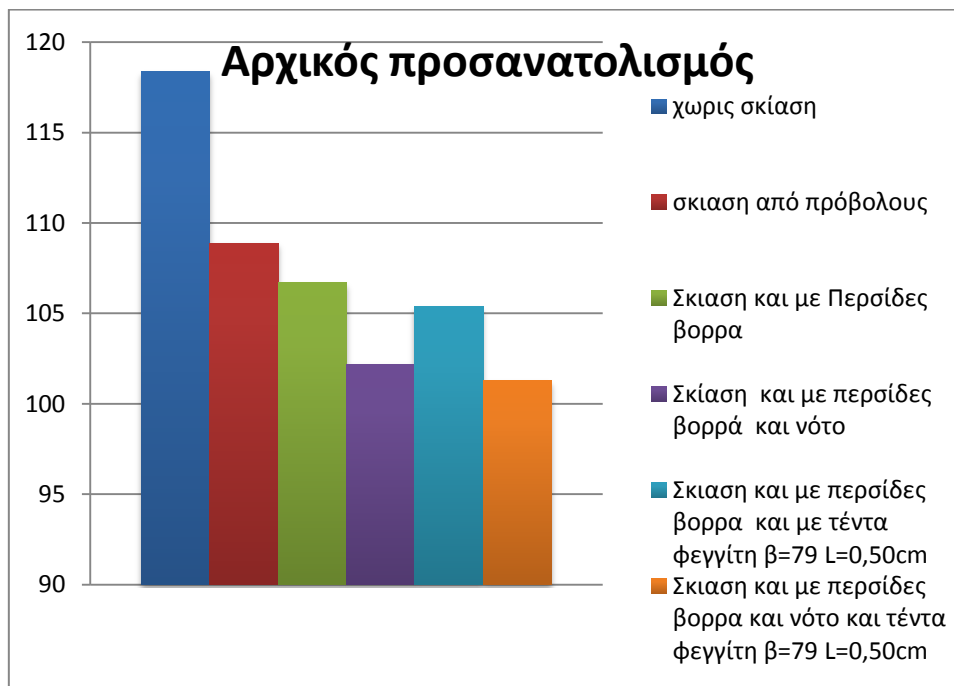
- Αρχικός προσανατολισμός κατοικίας (Σχήμα 11.9,11.10)



Σχήμα 11.8: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση kWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
χωρίς σκίαση			150.10	52.5	65.9	118.4
σκίαση από πρόβολους			148.00	57.5	51.4	108.9
Σκίαση και με Περσίδες βορρα	0.5	0.41	147.10	58	48.7	106.7
Σκίαση και με περσίδες βορρά και νότο	0.5	0.41	150.20	65.7	36.5	102.2
	0.46	0.03				
Σκίαση και με περσίδες βορρα και με τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	147.75	59.4	46	105.4
	1	0.28				
Σκίαση και με περσίδες βορρα και νότο και τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	151.4	67.5	33.8	101.3
	1	0.28				

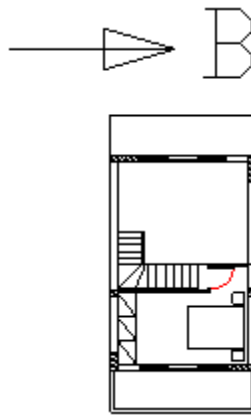
Σχήμα 11.9: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης



Σχήμα 11.10: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για αρχικό προσανατολισμό και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων : 101.3KWh/m²

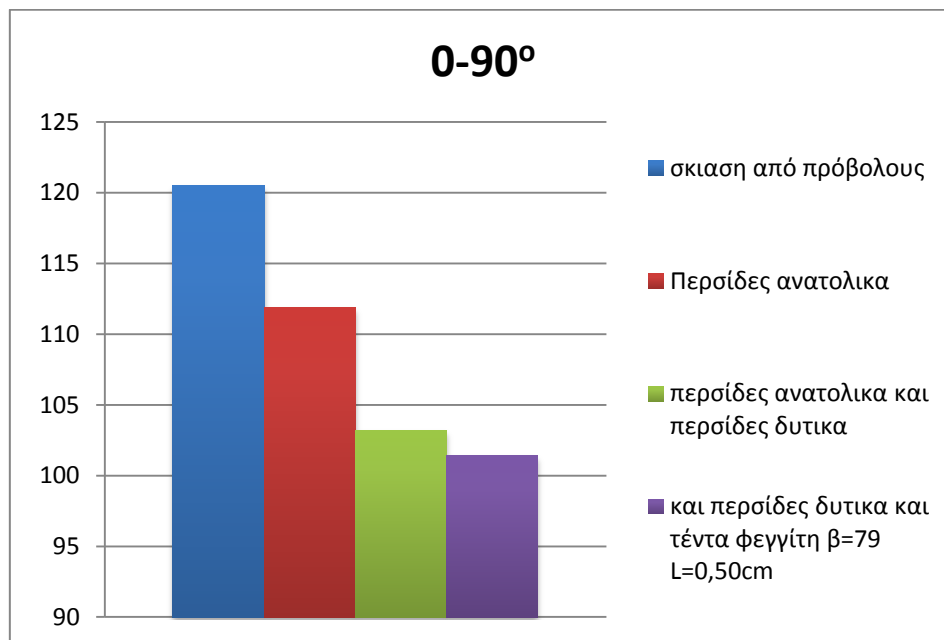
- Στροφή 90° κατά τη φορά του ρολογιού (Σχήμα 11.12,11.13)



Σχήμα 11.11: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκιαση από πρόβολους			157	59.7	60.8	120.5
Περσίδες ανατολικά	0.48	0.12	154	62.7	49.2	111.9
περσίδες ανατολικά και περσίδες δυτικά	0.48	0.12	151.6	66.6	36.6	103.2
περσίδες ανατολικά και περσίδες δυτικά	0.48	0.12	151.2	67.8	33.6	101.4
και τέντα φεγγίτη β=79 L=0,50cm	1	0.28				

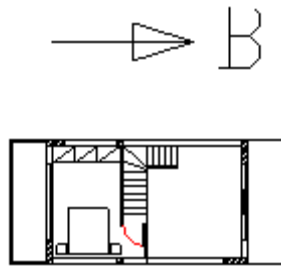
Σχήμα 11.12: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης



Σχήμα 11.13: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-90° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων : 101.4KWh/m²

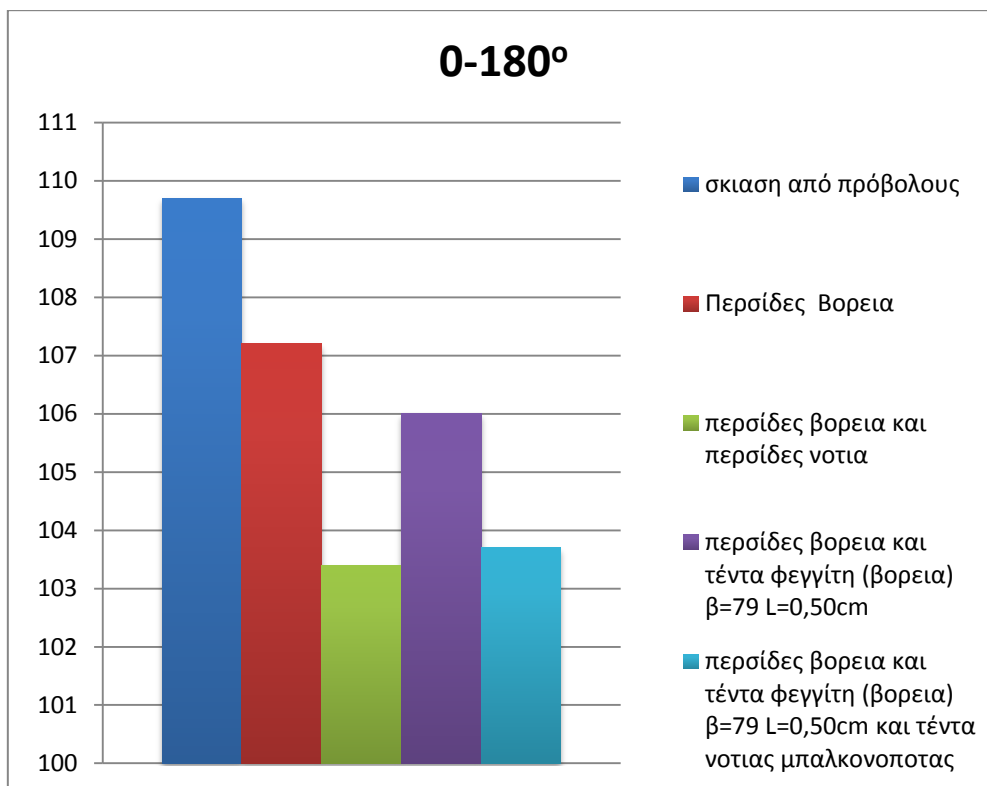
- Στροφή 180° κατά τη φορά του ρολογιού (Σχήμα 11.15,11.16)



Σχήμα 11.14: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκιαση από πρόβολους			149.9	59.4	50.3	109.7
Περσίδες Βορεια	0.5	0.41	148.8	60	47.2	107.2
περσίδες βορεια και περσίδες νοτια	0.5	0.41	152.3	67.4	36	103.4
και περσίδες νοτια	0.4	0.03				
περσίδες βορεια και τέντα φεγγίτη (βορεια) β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	148.4	60.4	45.6	106
περσίδες βορεια και τέντα φεγγίτη (βορεια) β=79 L=0,50cm	0.5	0.41	150.3	64.9	38.8	103.7
και τέντα νοτιας μπαλκονοποτας	1	0.41				
	0.64	0.24				

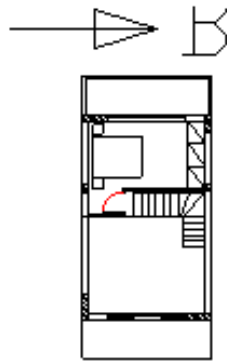
Σχήμα 11.15: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης



Σχήμα 11.16: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-180° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη περίπτωση συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων : 103.4 KWh/m²

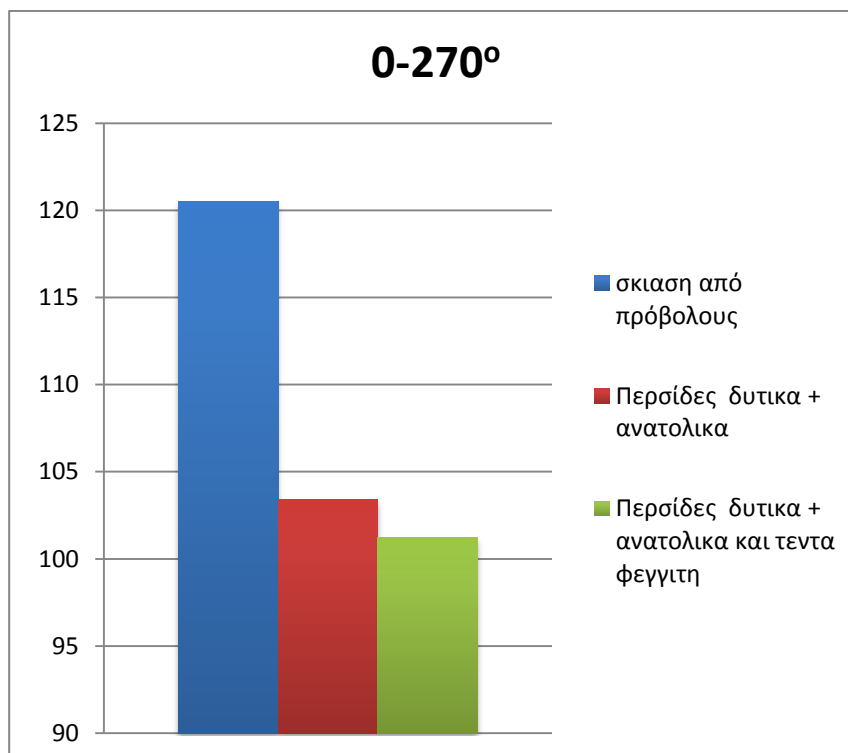
- Στροφή 270° κατά τη φορά του ρολογιού (Σχήμα 11.18,11.19)



Σχήμα 11.17: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου σε σχέση με τον Βορρά

	fon h	fon c	πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση KWh/m ²	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
σκιαση από πρόβολους			157.2	59.8	60.7	120.5
Περσίδες δυτικά + ανατολικά	0.48	0.12	151.6	66.9	36.5	103.4
Περσίδες δυτικά + ανατολικά και τεντα φεγγιτη	1	0.17	151.5	67.7	33.5	101.2

Σχήμα 11.18: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης



Σχήμα 11.19: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για προσανατολισμό 0-270° και διαφορετικούς τρόπους σκίασης

Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση : 101.2KWh/m²

11.3.2 Ανοίγματα

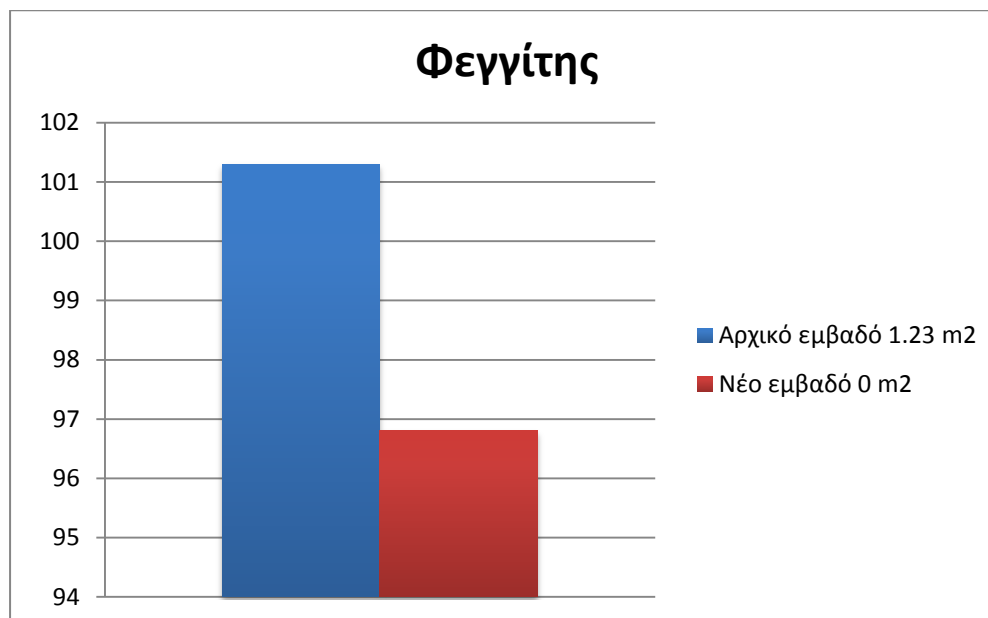
11.3.2.1 Ανοίγματα με αρχικά θεωρημένο $U_{value} = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Με την αλλαγή των εμβαδών ανοιγμάτων του κτιρίου αλλάζει το άθροισμα των θερμογεφυρών αλλά και το συνολικό μήκος χαραμάδας και άρα η διείσδυση αέρα από τα κουφώματα. Η επιρροή της αλλαγής των εμβαδών των ανοιγμάτων στις θερμογέφυρες θεωρείται αμελητέα για μικρές μεταβολές αλλά στη διείσδυση του αέρα έχει γίνει υπολογισμός εκ νέου.

Με χρήση του αρχικά επιλεγμένου προσανατολισμού, και σκίαση από προβόλους και περσίδες μόνο στα νότια και βορινά ανοίγματα για κατάργηση του φεγγίτη προκύπτει (Σχημα 11.20,11.21):

	Φεγγίτης στέγης	Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	1.23	149.4	67.5	33.8	101.3
Νέο εμβαδό	0	145.5	64.3	32.5	96.8

Σχήμα 11.20: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη



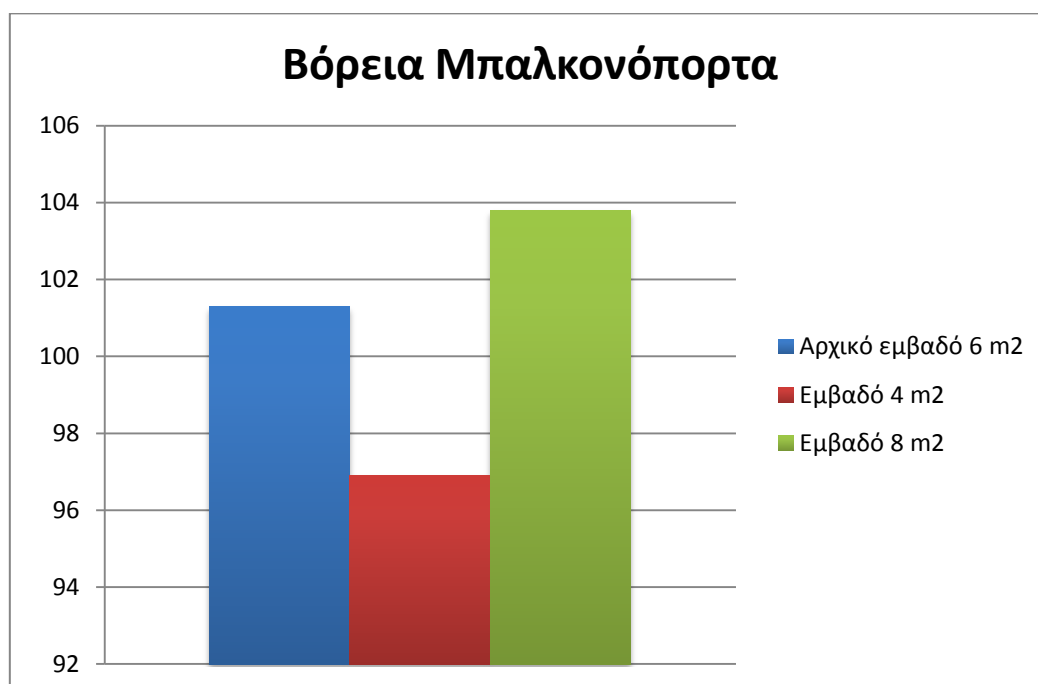
Σχήμα 11.21: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

Δηλαδή η κατάργηση του φεγγίτη έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά 4,45 %.

Αντίστοιχα με την αλλαγή της βόρειας μπαλκονόπορτας αρχικού εμβαδού 6 m² σε 4m² και 8m² προκύπτει (Σχήμα 11.22,11.23):

	Βόρεια μπαλκονόπορτα	Ενεργειακή απόδοση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	6	149.4	67.5	33.8	101.3
Νέο εμβαδό	4	146	65	31.9	96.9
Νέο εμβαδό	8	142.8	68.2	35.6	103.8

Σχήμα 11.22: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας



Σχήμα 11.23: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

Δηλαδή για αύξηση του εμβαδού της βόρειας μπαλκονόπορτας κατά 2m² έχουμε αύξηση ενεργειακής απαίτησης κατά 2,47% ενώ για μείωση εμβαδού ίση με 2m² έχουμε μείωση ενεργειακής απαίτησης 4,34%.

Όπως φαίνεται και στις δύο περιπτώσεις και κυρίως σε αυτή του φεγγίτη μεγαλώνοντας τα ανοίγματα αυξάνεται και η συνολική ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου, ενώ μειώνοντάς τα μικραίνει.

Αυτό που κάνει εντύπωση στα παραπάνω διαγράμματα είναι η μεγάλη μεταβολή της ενεργειακής απαίτησης για μικρή μεταβολή του εμβαδού των κουφωμάτων. Αυτό οφείλεται στο υψηλό U_{value} των υαλοπινάκων. Δηλαδή, όταν γίνεται υπολογισμός με μεγαλύτερο εμβαδό κουφωμάτων, οι ενεργειακές απώλειες λόγω υψηλής θερμοπερατότητας είναι μεγαλύτερες από το θερμικό κέρδος λόγω άμεσου ηλιασμού που μπορούν να προσφέρουν κυρίως τα νότια ανοίγματα λειτουργώντας ως παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους.

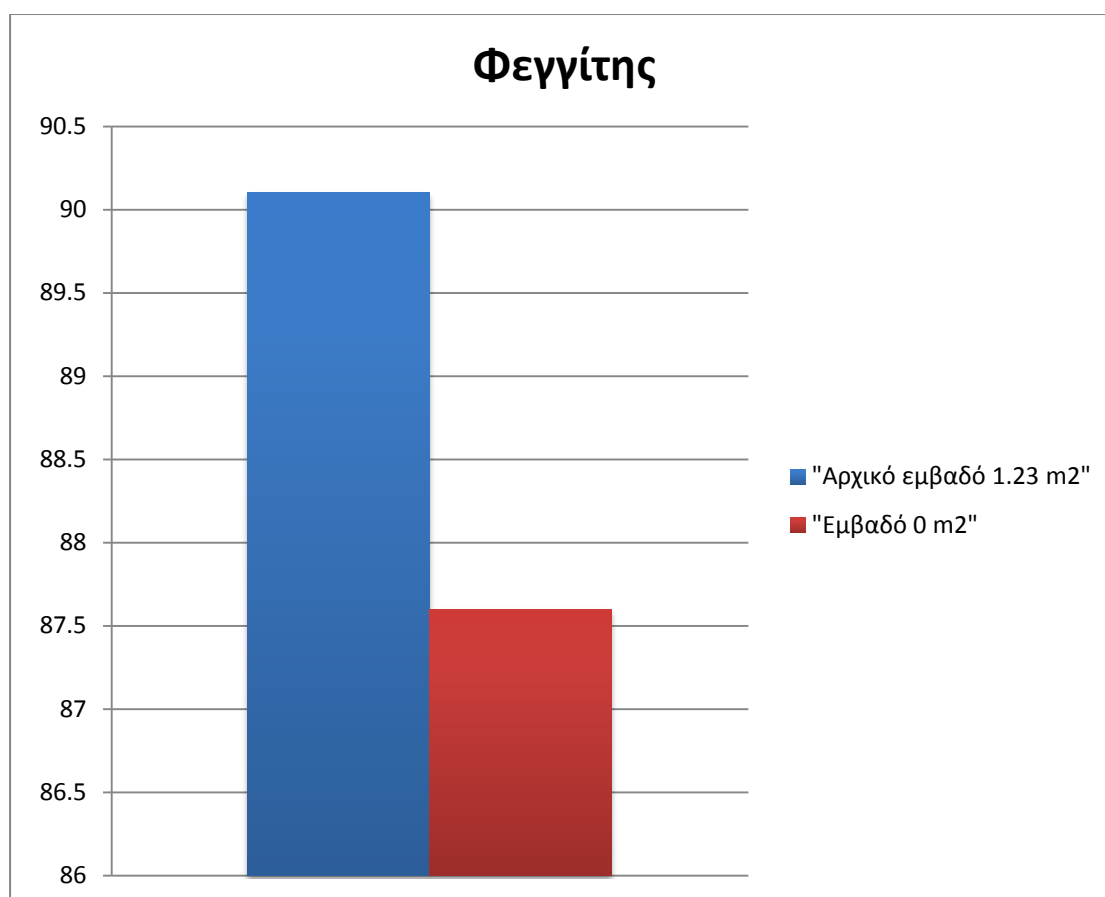
11.3.2.2 Ανοίγματα με $U_{value}=1,5 W/(m^2 \cdot K)$

Για να γίνει έλεγχος του συμπεράσματος αυτού, ακολουθεί νέος υπολογισμός. Από τους υαλοπίνακες του εμπορείου, μία αρκετά καλή τιμή για το U_{value} είναι το 1,5. Με όλα τα άλλα δεδομένα σταθερά, και αλλαγή της τιμής του U_{value} όλων των υαλοπινάκων από 3,0 σε 1,5 προκύπτει:

Για τον φεγγίτη (Σχήμα 11.24,11.25):

	Φεγγίτης στέγης	Βέλτιστη πρωτογενής ενέργεια ανά τελική	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	1.23	135	57.1	33	90.1
Νέο εμβαδό	0	131.9	55.6	32	87.6

Σχήμα 11.24: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη



Σχήμα 11.25: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού του φεγγίτη

Δηλαδή η κατάργηση του φεγγίτη έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά 2,77 % έναντι 4,45% στην περίπτωση του υπολογισμού με U_{value} ίσο με 3.0.

Και ομοίως για τη βόρεια μπαλκονόπορτα (Σχήμα 11.26,11.27):

	Βόρεια μπαλκονόπορτα	Ενεργειακή απόδοση	Ενεργειακές απαιτήσεις Θέρμανσης	Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης	Σύνολικές ενεργειακές απαιτήσεις
Αρχικό εμβαδό	6	134.7	57.1	33	90.1
Νέο εμβαδό	4	132.7	56.3	31.2	87.5
Νέο εμβαδό	8	137.4	58	34.9	92.9

Σχήμα 11.26: Πίνακας συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας



Σχήμα 11.27: Σχεδιάγραμμα συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για μεταβολή του εμβαδού της μπαλκονόπορτας

Δηλαδή για αύξηση του εμβαδού της βόρειας μπαλκονόπορτας κατά 2m² έχουμε αύξηση ενεργειακής απαίτησης κατά 3,10% ενώ για μείωση εμβαδού ίση με 2m² έχουμε μείωση ενεργειακής απαίτησης 2,88%.

Όπως φαίνεται και στις δύο περιπτώσεις η μεταβολές της ενεργειακής απαίτησης είναι σχεδόν υποδιπλάσιες με τη μείωση του U_{value} καθώς υπάρχει μεγαλύτερη ισορροπία ανάμεσα στη διαφυγή και το κέρδος ενέργειας.

Επίσης φαίνεται η σημασία της χρήσης υαλοπινάκων με χαμηλή θερμοπερατότητα που στο παράδειγμά μας μεταφράζεται σε μείωση της ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου κατά περίπου 11 KWh/m² που αντιστοιχεί σε μείωση ποσοστού 10%.

Κεφάλαιο 12

Συμπεράσματα

12.1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων σε κτίσματα κατοικίας, προκειμένου να παραχθούν αποτελέσματα με σκοπό την εύρεση βέλτιστης λύσης σε δεδομένες συνθήκες με βιοκλιματικά κριτήρια, τα οποία θα δημιουργήσουν μια ενεργειακά «πράσινη» κατοικία. Η έρευνα αυτή θα επιτευχθεί μέσω σύγκρισης πειραματικών δεδομένων που αντλήθηκαν από μετρήσεις σε πρότυπα προκατασκευασμένα κτίσματα όπως επίσης και με τη χρήση του λογισμικού TEE KENAK για την εύρεση της ενεργειακής ταυτότητας κατοικίας.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα εγκαταστάθηκαν θερμοϋγρόμετρα στα υπό μελέτη κτίσματα ενώ το σύνολο των κλιματολογικών δεδομένων για τον περιβάλλοντα χώρο προήλθε από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Υδρολογίας & Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων που βρίσκεται εγκατεστημένος στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Το κάθε ένα από τα όμοια κατά τα άλλα κτίσματα αυτά, σχεδιάστηκε με διαφοροποίηση στη νότια πλευρά. Στο πρώτο από αυτά σχεδιάστηκε ένας ηλιακός χώρος τύπου θερμοκηπίου, στο δεύτερο ένα παράθυρο, ενώ στο τρίτο ένας τοίχος Trombe. Οι μετρήσεις που προέκυψαν από τους αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό των κτιρίων στα σημεία των νότιων τοίχων, των βόρειων τοίχων, των δαπέδων αλλά και των οροφών συγκρίθηκαν ανά θέση και ανά κτίσμα. Έτσι προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία διαγραμματοποιήθηκαν, ώστε να γίνει σύγκριση του θερμικού κέρδους σε κάθε κτίσμα.

Τέλος, έγινε μια εφαρμογή του λογισμικού TEE KENAK σε ένα προκατασκευασμένο κτίσμα κατοικίας, στην περιοχή της Σαρωνίδας Αττικής, με σκοπό να διαπιστωθεί η επίδραση του προσανατολισμού, της σκίασης και άλλων παραγόντων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή του κατανάλωση. Επιλύθηκε το κτίριο με κάποια δεδομένα που αρχικά επιλέχθηκαν και στη συνέχεια έγιναν νέες επιλύσεις με τροποποιημένα δεδομένα κάθε φορά, τα οποία αφορούσαν κυρίως αλλαγές προσανατολισμού, αλλαγή σκίασης και μεταβολή των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων, έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδρασή καθενός από αυτά στη μεταβολή της συνολικής ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου.

12.2 Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο τέλος της έρευνας για τα κτίρια που εξετάστηκαν, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Το κτίριο με τον τοίχο Trombe όπως και αυτό με το θερμοκήπιο έχουν μεγαλύτερα θερμικά κέρδη σε σχέση με το κτίριο με το παράθυρο, δηλαδή στο εσωτερικό τους καταγράφηκαν μεγαλύτερες θερμοκρασίες.
- Το κτίριο με το παράθυρο είχε τα λιγότερα θερμικά κέρδη σε σχέση με τα άλλα δύο, και η μέση θερμοκρασία που καταγράφηκε στο εσωτερικό του ήταν περίπου 2 °C έως 3 °C χαμηλότερη από την αντίστοιχη των δύο άλλων κτιρίων.
- Το κτίριο με τον τοίχο Trombe και το κτίριο με τον ηλιακό χώρο του θερμοκηπίου παρουσίασαν έντονες αυξήσεις στη θερμοκρασία του εσωτερικού τους τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια και μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εσωτερικές θερμοκρασίες που καταγράφησαν ήταν περίπου 5 °C υψηλότερες από τις αντίστοιχες του κτιρίου με το παράθυρο.
- Τις πρώτες πρωινές ώρες (05:00 έως 08:00) αλλά και γενικά τις ημέρες με πολύ μικρή ηλιοφάνεια και χαμηλή σχετικά εξωτερική θερμοκρασία, οι θερμοκρασίες που καταγράφησαν στα εσωτερικά των τριών κτιρίων ήταν αντίστοιχες.
- Ο νότιος τοίχος του κτιρίου με τον τοίχο Trombe και του κτιρίου με το παράθυρο παρουσίασαν τη μεγαλύτερη χρονική υστέρηση, η οποία υπολογίστηκε περίπου σε πέντε ώρες, έναντι μόλις μίας ώρας στο κτίριο με το θερμοκήπιο. Αυτή η αυξημένη χρονική υστέρηση προσέδωσε στους νότιους τοίχους των δύο κτιρίων τη δυνατότητα να αποδώσουν, την αποθηκευμένη στη μάζα τους θερμότητα, στο χώρο τις ώρες που υπήρχε μεγαλύτερη ανάγκη.
- Ο προσανατολισμός των μεγαλύτερων ανοιγμάτων στο Νότο συμβάλει καθοριστικά στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης των κτιρίων.
- Το σχήμα του κτιρίου για τη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να είναι επιμηκυμένο κατά τον άξονα ανατολής-δύσης.
- Η χρήση κατάλληλων μεθόδων σκίασης με περσίδες και τέντες μπορεί να μειώσει την ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου ακόμα και 15%.
- Η μείωση του εμβαδού των νότιων και βόρειων ανοιγμάτων του κτιρίου μειώνει την ενεργειακή απαίτηση του καθώς το κέρδος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρότερο από το κέρδος λόγω μικρότερων απωλειών των κουφωμάτων.

12.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Για την περαιτέρω έρευνα του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται οι παρακάτω προτάσεις οι οποίες κρίνεται ότι θα παρουσίαζαν ενδιαφέρον:

- Διερεύνηση της συμπεριφοράς των τριών πρότυπων προκατασκευασμένων κτισμάτων καθόλη τη διάρκεια του έτους, ώστε να προκύψει μία συνολική εικόνα της συμπεριφοράς των εγκατεστημένων παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- Επέκταση του πειράματος με τοποθέτηση περισσότερων θεροϋγκρομέτρων σε κατάλληλα σημεία των τριών πρότυπων κτιρίων, ώστε να ληφθούν δεδομένα ικανά για την αναλυτική προσομοίωση του.
- Διερεύνηση του πειράματος και σε κτίρια που χρησιμοποιούν άλλους τύπους παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- Διερεύνηση του πειράματος σε κτίρια που διαθέτουν συνδυασμό παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- Επέκταση του πειράματος του προκατασκευασμένου κτίσματος στη Σαρωνίδα με προσθήκη εναλλακτικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.
- Επέκταση του παραπάνω πειράματος με την προσθήκη συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους.

Βιβλιογραφία

1. 'European Directory of Sustainable and Energy Efficient Buildings', James & James, London 1995
2. Academy of Athens Plea-Cres, 'Solar and Buildings Symposium Proceedings', 1993
3. Anderson B., Wells M., 'Passive Solar Energy: The Homeowners Guide to Natural Heating and Cooling', Andover, Massachusetts, USA, 1981
4. Anink David, Boonstra Chiel, Mak John, 'Handbook for a Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment', James & James, 1996
5. Boutet T., 'Controlling Air Movement', McGraw Hill Book Company, 1987
6. Bowen A., 'Heating and Cooling of Building Sites Through Landscape Planning, Passive Cooling', Handbook, Newark, 1980
7. Brown G. Z., 'Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies', John Wiley & Sons Limited, New York 1985
8. Chadra S., Fairey P., Houston M., 'Cooling with Ventilation', Florida Energy Center, SERI Report, December 1986
9. Colfaigh Eion, 'The climatic dwelling: An introduction to climate responsive residential architecture', 1996
10. Colombo R., 'Passive Solar Architecture for Mediterranean Area, Design Handbook', February 1994
11. Coniglio M., 'Solidi Energetici-Proposte di Design e Tecnologia Solare S office', Pirola Editore, Milano 1985
12. Dick Dolmans, Energy Efficiency Conference, 'Energy Savings and CO2 Reduction Potential from Solar Shading' World SustainDays, Wels, Austria, 2007
13. Egan M. David, 'Concepts in thermal comfort', Practice Hall, Inc Englewood Cliffs, New Jersey
14. European Commission 'Bioclimatic Architecture, The Demonstration Component of the JouleThermie Programme', Energy Research Group University-College Dublin, Ireland, LIOR E.E.I.G., 1997
http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf
15. Fernandes Eduardo de Oliveira, Yannas Simos, 'Energy and Buildings for Temperate Climates A Mediterranean Regional Approach', Pergamon Press, 1988
16. H.N. Knudsen, R.J. de Dear, J.W. Ring, T.L. Li, T. W. Punter, P.O. Fanger, 'Thermal Comfort in Passive Solar Buildings', Laboratory of Heating and Air-Conditioning, Technical University of Denmark, May 1989

17. Izard Jean-Louis, 'Architecture d' Ete: Construire pour le Comfort d' Ete'
18. K.S.Ong, C.C.Chow, 'Performance of solar chimney'
www.sciencedirect.com
19. Koblin Wolfram, Kruger Eckehard, Schuh Ulrich, 'Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie',Schriftenreihe des Bundesminis ter s fur Raumordnung, Bauwesen und StadtebauBMBau,1984
20. Lebens R., 'Passive Solar Heating Design', Applied Science Publishers, 1980
21. Lebrun J., Marret D., 'Heat Losses of Buildings with Different Heating Systems', University of Liege
22. Lewis Owen J., Goulding John, Brophy Vivienne, 'Solar Bioclimatic Architecture', Brussels 1997
23. Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center
www.azsolarcenter.com
24. Markus T. A., Moris E. N., 'Buildings, Climate and Energy, E.N.', Pitman, 1980
25. Moore F., 'Environmental Control Systems: Heating, Cooling, Lighting', McGraw-Hill, Inc., N.Y., USA 1993
26. Parson Ken, 'Standards for thermal comfort, indoor air temperature standards for 21st Century'
27. Richview, Clonskeagh, 'European Passive Solar Components Catalogue', ECD Partnership, London Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin 1990
28. Shaw Alexander, 'Energy Design for Architects', The Fairmont Press 1989
29. South London Consortium Group Dept of Energy in assoc. with SLC Energy Group, 'Efficient Housing- A Demonstration of the integrated approach to energy efficient housing at Lawrie Park Road, 1985
30. The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, 'Energy in Architecture- The European Passive Solar Handbook, Brussels, 1996
31. Turner D. P., 'Window and Environment', McCorquodale1969
32. Yannas Simos, 'Solar Energy And Housing Design Volume 1', Architectural Association, 1994
33. Αργυράκη Μαρία, 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα', 2008
34. Βάκα Θεοδώρα, 'Υλικά και Περιβάλλον', 2005
35. Βαρούτα Φλώρου Εύα, 'Δόμηση σύμφωνα με της Αρχές των Φυσικών Νόμων', 2009

36. Βραχόπουλος Μιχάλης, 'Αναλυτική Προσέγγιση Κεντρικών Θερμάνσεων', Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2004
37. Γεωργιάδου Έλλη, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός- Καθαρές τεχνολογίες δόμησης', Εκδόσεις Παρατηρητής, 1996
38. Γιαννόπουλος Ιωάννης, 'Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Trombe με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών', 2007
39. Γιαννουλά Ευαγγελία, 'Συνολική αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιριακών υποδομών, Τα πλεονεκτήματα του Βιοκλιματικού σχεδιασμού', 2010
40. Ευθυμιόπουλος Ηλίας, 'Κτίριο και Περιβάλλον', Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
41. Καραβασίλη Μαργαρίτα, 'Κτίρια για έναν πράσινο κόσμο, οικολογική δόμηση, βιοκλιματική αρχιτεκτονική', Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, PsystemsinternationalAE, Αθήνα, 1999
42. Κορωναίος Αιμ., Σαργέντης Φοίβος, 'Δομικά υλικά και οικολογία', Αθήνα 2005
<http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>
43. Μάλλιαρης- Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 'Ενέργεια στην αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια', 1994
44. Παπαδόπουλος Α., 'Θερμική άνεση στα κτίρια, νέα πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης', Οδηγία 2002/91/EC, 2006
45. Σίμου Γιάννα, 'Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη', ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
46. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τεχνική Οδηγία Τ.Ο. ΤΕΕ 20702-5/2010, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων', Αθήνα 2011
47. Τούρπαλης Μάνος, 'Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική', 2011
48. Τσίγκας Ε., 'Συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό χώρο', Τεχνικό περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 114
49. Τσιμπάνος Παναγιώτης, 'Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην εσωτερική θερμική άνεση κτιρίων', 2008
50. Τσιπήρας Κώστας, Τσιπήρας Θέμης, 'Οικολογική Αρχιτεκτονική, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσώτερα αρχιτεκτονική', Εκδόσεις Κέδρος, 2005
51. Χεγκάζη Κατερίνα, 'Βιοκλιματική Δόμηση και Βιώσιμη Ανάπτυξη', 2009
52. Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουδάκη Κ., 'Αειφόρος Ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον', ΤΕΕ- ημερίδα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στο αστικό υπαίθριο χώρο», 2002
54. Eco-δομήματα, 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός', 2010
<http://www.ecodomima.gr/>

55. European-solarshadingorganization
<http://www.es-so.eu/en/Solar-shading/what-is-solar-shading.html>
56. Green Building Materials, California Integrated Waste Management Board,
<http://www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/Materials/>
57. Mazria E., 'The Passive Solar Energy Book', Emmaus, Pennsylvania, USA 1979
www.builtitsolar.com/Projects/SolarHoms/PasSolEnergyBk/PSEbook.htm
58. Wikipedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusivity
59. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
<http://www.cres.gr/>
60. Ηλιακοί Τοίχοι και Παράθυρα
http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=23&ARTHRO_NAME=118-27.TXT
61. Θερμοκήπιο, κατασκευή για θερμική εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας στα κτίρια
http://klimalarissa.blogspot.com/2007/04/blog-post_402.html
62. Θηραϊκή Γη
<http://www.dalkafoukis.gr/pdf/THIRAIKH%20GH.pdf>
63. Οικολογικά υλικά φυτικής προέλευσης
<http://www.hirc.gr/services/newsletter/inn6/ecomat.htm>
64. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παθητικά Συστήματα
http://www.arch.tuc.gr/main_site/information/lectures/documents/pathitika_systimata.pdf
65. Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου
http://eva-varoutaflorou.blogspot.com/2008/01/blog-post_20.html
66. Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου,
http://tovima.dolnet.gr/print_article.php?e=B&f=13250&m=A44&aa=1
67. http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf
68. <http://ergo-tel.blogspot.com>
69. <http://eu.art.com>
70. http://exikonomisi.blogspot.com/2007_11_01_archive.html
71. <http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes>
72. <http://passivesolar.sustainablesources.com>
73. <http://sunroomscosts.com/curvedsunrooms-1.html>

74. <http://www.acca.it/euleb/en/glossary/index6.html>
75. <http://www.azrolarcenter.com/design/passive-2.html>
76. <http://www.buildingsplatform.org/cms/fileadmin/documents/newsletter/0-73=-1-Wels-WSED-Short.pdf>
77. http://www.ecohouses.gr/images/stories/galleries/various/bioklimatic_500.png
78. http://www.energytraining4europe.org/greek/training/guide_eff_use/insulation_05.htm
79. <http://www.evonymos.org>
80. <http://www.greekarchitects.gr>
81. <http://www.inout.gr/showthread.php?t=65793>
82. <http://www.kagioulisinox.gr>
83. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
84. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
85. <http://www.lxrdesign.biz/DETAILS.htm>
86. <http://www.myworld.gr/site/content.php?artid=725979>
87. <http://www.omiloszampa.gr/greek/category.asp?catid=478>
88. <http://www.panariello.gr>
89. <http://www.presenting.net/sbs/sbs.html>
90. http://www.realestatecorner.gr/el/article_groups/2/articles/193
91. http://www.s-ol-ar.gr/oik_domisi.html
92. <http://www.tendatetto.com>
93. http://www.texnikos.gr/sick/sick_02.shtml
94. <http://www.theenergylibrary.com/node/11633>
95. http://www.tkmactions.tee.gr/sections/6_Omades_Ergasias/3_Energieias/12.pdf

Παράρτημα

- Φωτογραφίες από την πορεία επίλυσης του Πειράματος της Σαρωνίδας με το λογισμικό ΤΕΕ KENAK

Γενικά:

Γενικά		ΣΗΘ	Φωτοβολταϊκά
Περιγραφή::	Υπάρχον κτίριο		
Συνολική επιφάνεια (m ²):	59	Συνολικός όγκος (m ³):	
Θερμαινόμενη επιφάνεια (m ²):	59	Θερμαινόμενος όγκος (m ³):	165.75
Ψυχόμενη επιφάνεια (m ²):	50	Ψυχόμενος όγκος (m ³):	144.15
Αριθμός ορόφων:	2	Ύψος τυπικού ορόφου (m):	3.50
Αριθμός θερμικών ζωνών:	1	Ύψος ισογείου (m):	
Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων:	0	Αριθμός ηλιακών χώρων:	0

Γενικά	
Χρήση:	Μονοκατοικία, πολυκατοικία
Συνολική επιφάνεια (m ²):	59
Ανηγγεμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m ²):	260
Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών:	Τύπος Δ
Διείσδυση αέρα	
Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m ³ /h):	43.45
Αριθμός καμινάδων:	0
Αριθμός θυρίδων εξαερισμού:	0
Υβριδικό σύστημα δροσισμού	
Αριθμός ανεμιστήρων οροφής:	0

- Συστήματα:

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Θέρμανση Ψύξη Υγραση ΚΚΜ ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Απ. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶	Λέβητας	Πετρέλαιο	13.95	0.97	1.0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
*				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Ti (°C)	Tg (°C)	B. Απ. (-)	Μόνωση
▶	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	8.72	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	85	70	0.96	<input type="checkbox"/>
	Αεραγωγοί						<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Απ. (-)
▶	σώματα καλοριφερ	0.89

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶	Κυκλοφορητές	1	0.182

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Θέρμανση Ψύξη Υγραση ΚΚΜ ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Απ (-)	EER (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σ
▶	Αερόψυκτος ψύκτης	Ηλεκτρισμός	5.3	1.0	3	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	
*				1	1									

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Απ. (-)	Μόνωση
▶	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου			1	<input type="checkbox"/>
	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Απ. (-)
▶		0.93

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
*		1	0.0

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Θέρμανση Ψύξη Υγραση ΚΚΜ ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶	Λέβητας	Πετρέλαιο	9.3	0.96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
*																

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ανακλιφορτία	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)
▶		<input type="checkbox"/>	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.93

Σύστημα αποθήκευσης

	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶	δεξαμενή	0.93

Επιλέξτε τα συστήματα που υπάρχουν στην ζώνη: Θέρμανση Ψύξη Υγραση ΚΚΜ ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης

	Τύπος	Θέρμανση	ΖΝΧ	Συν. α (-)	Συν. β (-)	Επιφάνεια (m ²)	γ (deg)	β (deg)	F _s (-)
▶	Απλός επίπεδος	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.278		3	180	40	1

- Κέλυφος:

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	R se (m ² K/W)	a* (-)	ε* (-)	f
▶	Πόρτα	βορεια πορτα ισογειο	0	90	1.8	3.0	0.04	0.3	0.80	
	Πόρτα	δυτικη πορτα	270	90	1.8	3.0	0.04	0.3	0.80	
	Τοίχος	νοτιος	180	90	6.8	0.411	0.04	0.3	0.80	
	Τοίχος	ανατολικός	90	90	40.25	0.411	0.04	0.3	0.80	
	Τοίχος	δυτικός	270	90	38.25	0.411	0.04	0.3	0.80	
	Τοίχος	βορειος	0	90	16.22	0.411	0.04	0.3	0.80	
	Οροφή	νοτια	180	90	15.5	0.42	0.04	0.60	0.80	
	Οροφή	βορειο	0		14.5	0.42	0.04	0.60	0.80	
	Οροφή	οριζόντια			12.85	0.43	0.04	0.65	0.80	

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

	Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)
▶	Δάπεδο	δαπεδο	40	0.544			26
*							

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c}
	Ανοιγόμενο καύφωμα	βορεια μπαλκονοπορτα πανω	0	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	1	1
▶	Ανοιγόμενο καύφωμα	βορειο παραθυρο	0	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	1	1
*												

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

Άμεσου ηλιακού κέρδους

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)
Ανοιγμένο κούφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα	180	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1
Ανοιγμένο κούφωμα	φεγγιτης	180	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1

Συντελεστές σκίασης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις δοκιμές προσανατολισμού και σκίασης.

- Νότιος – αρχικός προσανατολισμός:

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)
Πόρτα	βορεια πορτα ισογειο	0	90	1.8	3.0
Πόρτα	δυτικη πορτα	270	90	1.8	3.0
Τοίχος	νοτιος	180	90	6.8	0.411
Τοίχος	ανατολικός	90	90	40.25	0.411
Τοίχος	δυτικός	270	90	38.45	0.411
Τοίχος	βορειος	0	90	16.22	0.411
Οροφή	νοτια	180	90	15.5	0.42
Οροφή	βορειο	0		14.5	0.42
Οροφή	οριζόντιο			12.85	0.43

- Χωρίς σκίαση

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)
Ανοιγμένο κούφωμα	βορεια μπαλκονοπορτα πανω	0	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγμένο κούφωμα	βορειο παραθυρο	0	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	1	1	1	1

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες Παθητικά ηλιακά

Άμεσου ηλιακού κέρδους

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)
Ανοιγμένο κούφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα	180	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγμένο κούφωμα	φεγγιτης	180	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1

- Σκίαση από προβόλους και περσίδες βορρά:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά									
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορεια μπαλκονοπορτα πανω	0	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορειο παραθυρο	0	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά									
Άμεσου ηλιακού κέρδους															
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)		
Ανοιγόμενο καύφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα	180	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.76	0.61	1	1		
Ανοιγόμενο καύφωμα	φεγγιτης	180	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1		

- Σκίαση από προβόλους και περσίδες βορρά και νότου:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά									
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορεια μπαλκονοπορτα πανω	0	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορειο παραθυρο	0	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά									
Άμεσου ηλιακού κέρδους															
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)		
Ανοιγόμενο καύφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα	180	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.46	0.03	1	1		
Ανοιγόμενο καύφωμα	φεγγιτης	180	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1		

- Σκίαση από προβόλους και περσίδες βορρά και τέντα φεγγίτη:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά									
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορεια μπαλκονοπορτα πανω	0	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		
Ανοιγόμενο καύφωμα	βορειο παραθυρο	0	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1		

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες	Παθητικά ηλιακά										
Άμεσου ηλιακού κέρδους														
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
Ανοιγόμενο καύσιμα	νοτια μπαλκονοπορτα	180	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.76	0.61	1	1	
Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγίτης	180	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	0.28	1	1	

- Προσανατολισμός 0-90°

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες	Παθητικά ηλιακά							
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)						
Πόρτα	ανατολικη πορτα ισογειο	90	90	1.8	3.0						
Πόρτα	βορεινη πορτα	0	90	1.8	3.0						
Τοίχος	δυτικος	270	90	6.8	0.411						
Τοίχος	νοτιος	180	90	40.25	0.411						
Τοίχος	βορεινος	0	90	38.45	0.411						
Τοίχος	ανατολικος	90	90	16.22	0.411						
Οροφή	δυτικος	270	90	15.5	0.42						
Οροφή	ανατολικος	90		14.5	0.42						
Οροφή	οριζόντια			12.85	0.43						

- Σκίαση με περσιδες ανατολικά

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες	Παθητικά ηλιακά										
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
Ανοιγόμενο καύσιμα	ανατολικη μπαλκονοπορτα πανω	90	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο καύσιμα	ανατολικο παραθυρο	90	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο καύσιμα	δυτικη μπαλκονοπορτα	270	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.76	0.61	1	1	
Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγίτης	270	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1	

- Σκίαση με περσίδες ανατολικά και δυτικά

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες			Παθητικά ηλιακά							
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)
▶ <input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	ανατολική μπαλκονοπορτα πανω	90	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	ανατολικο παραθυρο	90	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	δυτικη μπαλκονοπορτα	270	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	270	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1

- Σκίαση με περσίδες ανατολικά και δυτικά και τέντα φεγγίτη

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες			Παθητικά ηλιακά							
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g _w (-)	F _{hor_h} (-)	F _{hor_c} (-)	F _{ov_h} (-)	F _{ov_c} (-)	F _{fin_h} (-)	F _{fin_c} (-)
▶ <input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	ανατολικη μπαλκονοπορτα πανω	90	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	ανατολικο παραθυρο	90	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	δυτικη μπαλκονοπορτα	270	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1
<input type="checkbox"/> Αναγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	270	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	0.28	1	1

- Προσανατολισμός 0-180°

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες			Παθητικά ηλιακά
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ²)	
▶ <input type="checkbox"/> Πόρτα	νοτια πορτα ισογειο	180	90	1.8	3.0	
<input type="checkbox"/> Πόρτα	ανατολικη πορτα	90	90	1.8	3.0	
<input type="checkbox"/> Τάκος	βορρας	0	90	6.8	0.411	
<input type="checkbox"/> Τάκος	δυτικος	270	90	40.25	0.411	
<input type="checkbox"/> Τάκος	ανατολικος	90	90	38.45	0.411	
<input type="checkbox"/> Τάκος	νοτιος	180	90	16.22	0.411	
<input type="checkbox"/> Οροφή	βορεινος	0	90	15.5	0.42	
<input type="checkbox"/> Οροφή	νοτιος	180		14.5	0.42	
<input type="checkbox"/> Οροφή				12.85	0.43	

- Σκίαση με περισίδες βορρά:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά													
Χμσου ηλιακού κέρδους																		
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)					
▶ <input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	νοτιο παραθύρο	180	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.40	0.41	1	1					
<input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	νοτια μπαλκονοπορτα πανω	180	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.59	0.63	1	1					

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶ <input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	βορεινη μπαλκονοπορτα	0	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1
<input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	0	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1

- Σκίαση με περισίδες βορρά και νότου:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶ <input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	βορεινη μπαλκονοπορτα	0	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1
<input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	0	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶ <input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	βορεινη μπαλκονοπορτα	0	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1
<input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	0	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1

- Σκίαση με περισίδες βορρά και τέντα φεγγίτη:

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶ <input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	βορεινη μπαλκονοπορτα	0	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1
<input type="checkbox"/> Ανοιγόμενο καύσιμα	φεγγιτης	0	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	0.41	1	1

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Άμεσου ηλιακού κέρδους														
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² Κ)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶	Ανοιγόμενο κούφωμα	νοτιο παραθυρο	180	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.40	0.41	1	1
	Ανοιγόμενο κούφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα πανω	180	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.59	0.63	1	1

- Σκίαση με περσίδες βορρά και νότιας μπαλκονόπορτας και τέντας φεγγίτη

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Άμεσου ηλιακού κέρδους														
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² Κ)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶	Ανοιγόμενο κούφωμα	βορεινη μπαλκονοπορτα	0	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.5	0.41	1	1
	Ανοιγόμενο κούφωμα	φεγγιτης	0	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	0.41	1	1

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Άμεσου ηλιακού κέρδους														
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² Κ)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
▶	Ανοιγόμενο κούφωμα	νοτιο παραθυρο	180	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.40	0.41	1	1
	Ανοιγόμενο κούφωμα	νοτια μπαλκονοπορτα πανω	180	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.64	0.24	1	1

- Προσανατολισμός 0-270°

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		Παθητικά ηλιακά								
Άμεσου ηλιακού κέρδους														
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² Κ)								
▶	Πόρτα	δυτικη πορτα ισογειο	270	90	1.8	3.0								
	Πόρτα	νοτια πορτα	180	90	1.8	3.0								
	Ταίχος	ανατολικος	90	90	6.8	0.411								
	Ταίχος	βορεινος	0	90	40.25	0.411								
	Ταίχος	νοτιος	180	90	38.45	0.411								
	Ταίχος	δυτικος	270	90	16.22	0.411								
	Οροφή	ανατολικος	90	90	15.5	0.42								
	Οροφή	δυτικη	270		14.5	0.42								
	Οροφή				12.85	0.43								
*														

- Σκίαση με περσίδες ανατολικά και δυτικά

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες			Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
Ανοιγόμενο κούφωμα	ανατολική μπαλκονοπορτα	90	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	φεγγίτης	90	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	δυτικό παραθυρο	270	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	δυτική μπαλκονοπορτα πανω	270	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	

- Σκίαση με περσίδες ανατολικά και δυτικά και τέντα φεγγίτη

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος	Διαφανείς επιφάνειες			Παθητικά ηλιακά								
Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ²)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
Ανοιγόμενο κούφωμα	ανατολική μπαλκονοπορτα	90	90	7.2	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	φεγγίτης	90	90	1.23	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	1	1	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	δυτικό παραθυρο	270	90	0.48	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	
Ανοιγόμενο κούφωμα	δυτική μπαλκονοπορτα πανω	270	90	6	Μεταλλικό με θ.δ. 24mm 30% Δίδυμος με διάκενο αέρα 6mm	3.0	0.48	1	1	0.48	0.12	1	1	