

Μελέτη βιοκλιματικής κατοικίας Τ.Ε.Ι. Κρήτης και προτάσεις για την αναβάθμισή της.



ΜΑΝΙΟΥΔΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΑΤΣΑΠΡΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Α.Μ. 6182 | ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2019

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των θερμικών και ψυκτικών απωλειών βιοκλιματικής κατοικίας, λαμβάνοντας υπόψιν τις καιρικές συνθήκες του νομού Ηρακλείου, τα υλικά κατασκευής και το σχεδιασμό του κτιρίου. Η σημασία πραγματοποίησης μιας τέτοιας μελέτης καταδεικνύεται λόγω της μη τήρησης των παραπάνω παραγόντων σε μία βιοκλιματική κατοικία. Σε περίπτωση ανεπιθύμητων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του κτιρίου πρέπει να γίνει μελέτη ψυκτικών και θερμικών απωλειών ώστε να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών.

Στόχος της μελέτης είναι ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων σε υφιστάμενη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, η οποία βρίσκεται στο χώρο του αιολικού πάρκου του Τ.Ε.Ι. στον Εσταυρωμένο. Έχει σχεδιαστεί από τους Αντρέα Βλησίδη και Μανόλη Κοπιδάκη καθηγητές του τμήματος δομικών έργων Τ.Ε.Ι. Κρήτης, σε συνεργασία με τους Αποστόλη Νεστάκη και Μάικλ Μάιφ καθηγητές του γερμανικού πανεπιστημίου FH Aachen. Η συγκεκριμένη βιοκλιματική κατοικία επιλέγεται γιατί έχει παρατηρηθεί ότι δεν είναι λειτουργικά βιώσιμη. Οι υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό της κατοικίας την καλοκαιρινή περίοδο, οφείλονται στη χρήση γερμανικών προτύπων. Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων χρησιμοποιείται η μέθοδος CLTD και έχει υλοποιείται στο πρόγραμμα Dev-C++ IDE, ενώ για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών χρησιμοποιείται η μέθοδος DIN 4701/1977 και έχει υλοποιηθεί στο Excel Office. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί έχουν γίνει με βάση τις θερμοκρασίες κάθε ώρας όλου του έτους.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Περίληψη	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1	8
Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό	8
1.1 Βασικά στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	8
1.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	10
1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(Κ.Εν.Α.Κ.)	11
1.4 Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιοκλιματικές κατοικίες.....	14
Κεφάλαιο 2	17
Παθητικά συστήματα	17
2.1 Ορισμός Παθητικών Συστημάτων.....	17
2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης.....	17
2.3 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων	18
2.3.1 Συστήματα άμεσου κέρδους.....	18
2.3.2 Συστήματα έμμεσου κέρδους.....	18
2.3.2.1 Τοίχος θερμικής μάζας ή τοίχος Trombe	19
2.3.2.2 Τοίχος νερού.....	19
2.3.2.3 Θερμοσιφωνικό πάνελο / Τοίχος Barra Constantini.....	20

2.3.2.4 Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη.....	21
2.3.2.5 Θερμοκήπιο	22
2.3.2.6 Ηλιακό αίθριο	24
2.3.3 Συστήματα απομονωμένου κέρδους.....	24
2.3.4 Σύστημα διπλού κέρδους.....	25
2.4 Παθητικά συστήματα δροσισμού	25
2.4.1 Σκιασμός.....	25
2.4.2 Συστήματα φυσικού αερισμού	26
2.4.3 Συστήματα φυσικού δροσισμού	26
2.5 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.	27
Κεφάλαιο 3.....	29
Χρήση Α.Π.Ε. σε βιοκλιματική κατοικία.....	29
3.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία	29
3.2 Ανεμογεννήτριες	30
3.3 Γεωθερμία	32
3.4 Ενεργειακό τζάκι.....	33
Κεφάλαιο 4	34
Μελέτη βιοκλιματικής κατοικίας Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου Κρήτης.....	34
4.1 Περιγραφή υφιστάμενου κτιρίου.....	35
4.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων.....	37

4.2.1	Υπολογισμός εξωτερικών τοιχοποιιών.....	38
4.2.2	Υπολογισμός οροφής.....	40
4.2.3	Υπολογισμός κολώνων.....	41
4.2.4	Υπολογισμός ανοιγμάτων.....	41
4.2.5	Ψυκτικά φορτία από εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	44
4.2.5.1	Αισθητά ψυκτικά φορτία.....	44
4.2.5.2	Φωτιστήκα σώματα.....	44
4.2.5.3	Ψυκτικά φορτία συσκευών.....	46
4.2.6	Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης αέρα.....	46
4.3	Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	47
4.3.1	Υπολογισμός επιφανειών.....	47
4.3.2	Υπολογισμός απωλειών.....	48
4.3.3	Υπολογισμός προσαυξήσεων.....	48
4.4	Μελέτη ψυκτικών και θερμικών φορτίων στη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.....	50
4.4.1	Υπολογισμός εξωτερικής τοιχοποιίας.....	51
4.4.2	Υπολογισμός οροφής.....	52
4.4.3	Υπολογισμός κολώνων.....	53
4.4.4	Υπολογισμός φορτίου υαλοπινάκων.....	53
4.4.5	Υπολογισμός φορτίων από εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	54

4.4.6	Υπολογισμός φορτίων λόγω ανανέωσης αέρα	55
4.4.7	Μελέτη θερμικών φορτίων	56
4.5	Αποτελέσματα υπολογισμών	56
4.6	Παρεμβάσεις στη βιοκλιματική κατοικία.....	57
Κεφάλαιο 5	.....	61
Συμπεράσματα	.....	61
Περιεχόμενα εικόνων	.....	63
Περιεχόμενα πινάκων	.....	64
Περιεχόμενα διαγραμμάτων	.....	65
Βιβλιογραφία	.....	66

Περίληψη

Το αντικείμενο της πτυχιακής είναι ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων σε υφιστάμενη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Επιλέγεται η συγκεκριμένη βιοκλιματική κατοικία γιατί έχει παρατηρηθεί ότι δεν είναι λειτουργικά βιώσιμη λόγω υψηλών θερμοκρασιών την καλοκαιρινή περίοδο.

Η διερεύνηση γίνεται μέσω της μεθόδου CLTD και υλοποιείται στο πρόγραμμα Dev-C++ IDE και συντάσσεται σε γλώσσα προγραμματισμού C++, ενώ για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών χρησιμοποιείται η μέθοδος DIN 4701/1977 και υλοποιείται στο Excel Office. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί έχουν γίνει με βάση τις θερμοκρασίες κάθε ώρας όλου του έτους. Ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι.

Αρχικά γίνεται εισαγωγή στα βασικά στοιχεία που αφορούν το βιοκλιματικό σχεδιασμό και τις βασικές αρχές που ακολουθούνται στο σχεδιασμό μίας τέτοιας κατοικίας, όπως η χρήση παθητικών συστημάτων. Έπειτα γίνεται αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) σε ότι αφορά τα κτίρια που χρησιμοποιούν παθητικά ηλιακά συστήματα και στην εξοικονόμηση ενέργειας σε βιοκλιματικές κατοικίες.

Στη συνέχεια, ορίζονται τα παθητικά συστήματα και κατηγοριοποιούνται σε ηλιακά παθητικά, παθητικά δροσισμού και τεχνητού φωτισμού. Τονίζονται τα ηλιακά παθητικά συστήματα και κατηγοριοποιούνται με βάση τη συλλογή και την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Χωρίζονται σε άμεσα, έμμεσα, απομονωμένου και διπλού κέρδους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η χρήση τους σε μια βιοκλιματική κατοικία.

Ακολουθεί η περιγραφή των μεθόδων υπολογισμού ψυκτικών και θερμικών φορτίων, οι οποίες είναι η CLTD και DIN 4701/1977 αντίστοιχα. Ακολούθως, παρουσιάζεται εκτενώς η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη για το συγκεκριμένο κτίριο με βάση τα χαρακτηριστικά του και τις εξωτερικές συνθήκες. Επίσης, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία στο κτίριο αφού του έγιναν κάποιες παρεμβάσεις, προκύπτοντας κέρδος των θερμικών απωλειών κατά 29% και ψυκτικών κατά 12%. Η εργασία ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση των εξαχθέντων αποτελεσμάτων και την παρουσίαση των σχετικών συμπερασμάτων.

Abstract

The subject of this dissertation is the calculation of the thermal and cooling loads in an existing bioclimatic residence of the Technological Educational Institute (T.E.I.) of Crete. This bioclimatic residence was chosen because it has been observed that it is not functionally viable due to high temperatures during the summer season.

This research project is based upon the CLTD method and has been implemented in the Dev-C++ IDE program and formulated in C++ programming language, while the calculation of the thermal losses has been made with the use of DIN 4701/1977 method and implemented in Excel Office. It is worth noting here that the calculations have been made, based on the temperatures of each hour throughout a year. The main aim of this study is to improve the living conditions in the bioclimatic residence of the T.E.I.

First, the core elements concerning the bioclimatic design are introduced alongside with the basic principles used in the design of a related residence, such as the use of passive systems. Then, reference is made to the Building Energy Efficiency Regulation regarding buildings using passive solar systems and to energy saving in bioclimatic residences.

Passive systems are then defined and categorized into passive solar, passive cooling and artificial lighting systems. Passive solar systems are highlighted and further categorized based on the collection and utilization of solar energy. They are divided into direct, indirect, isolated and double gain systems. Renewable energy sources are presented next as well as their use in a bioclimatic residence.

The methods for calculating the cooling and thermal loads are then described, which are CLTD and DIN 4701/1977 respectively. What comes next is a detailed presentation of the followed study procedure when it comes to the particular building, which is based on its characteristics and the external conditions. The same study procedure was also applied after some interventions that took place in the building, resulting in a gain to thermal losses by 29% and to cooling losses by 12%. The study is completed by evaluating the results obtained and presenting the relevant conclusions.

Εισαγωγή στον βιοκλιματικό σχεδιασμό

1.1 Βασικά στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η κατασκευή κτιρίου σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο ζωής μας και το περιβάλλον, άρα έχει άμεση σχέση τόσο με την προσωπική μας υγεία αλλά και με την προστασία του πλανήτη. Τα κτίρια επηρεάζονται από τον περιβάλλον χώρο τους, για να αντιληφθούμε το βαθμό της επιρροής χρειάζεται να ανατρέξουμε στους παλιούς παραδοσιακούς οικισμούς και στα οικοδομήματα που δεν κτίστηκαν από επιστάμενες μελέτες αλλά από απλούς ανθρώπους (Εικόνα 1.1). Αυτοί επέλεξαν τη θέση του οικισμού τους, τη μορφολογία των κτισμάτων εναρμονισμένα με το φυσικό τους περιβάλλον. Άρα έλαβαν υπόψιν τους τη κατεύθυνση του ανέμου, την κίνηση του ήλιου, το ανάγλυφο και το είδος του εδάφους. Ο οικισμός διατρέχεται από ένα ή περισσότερα ρυάκια, είναι κοντά σε λίμνη ή θάλασσα και στο κέντρο του βρίσκονται πλατάνια και ψηλά δέντρα.



Εικόνα 1.1: Παραδοσιακοί οικισμοί (Briefingnews,2017).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξελίχθηκε μετά το 1980 ως μια νέα τάση του αστικού σχεδιασμού με αναφορές στο τοπικό μικροκλίμα. Με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός, αναφερόμαστε στον αρχιτεκτονικό και πολεοδομικό σχεδιασμό κτιρίων και οικισμών που στοχεύουν στην προσαρμογή τους στο τοπικό κλίμα και στο φυσικό περιβάλλον, προστατεύοντας ταυτόχρονα ευαίσθητες περιοχές με σπάνια οικοσυστήματα. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό κτιρίων και χώρων με βάση το τοπικό κλίμα με τελικό σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές.

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός ενός κτιρίου που λαμβάνει υπόψη τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και τα τοπικά κλιματικά δεδομένα (ανάγλυφο του εδάφους, προσανατολισμό, ηλιακή ακτινοβολία, άνεμο, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, κτλ.) κατά τέτοιο τρόπο, που αφενός να περιορίζει τις επιπτώσεις από την επίδρασή τους στο κέλυφος του κτιρίου και

αφετέρου να τα αξιοποιεί στην επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης και υγιεινής διαβίωσης στο εσωτερικό του ορίζεται ως βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου.



Εικόνα 1.2: Βιοκλιματική κατοικία (Commerce Innovations, 2010).

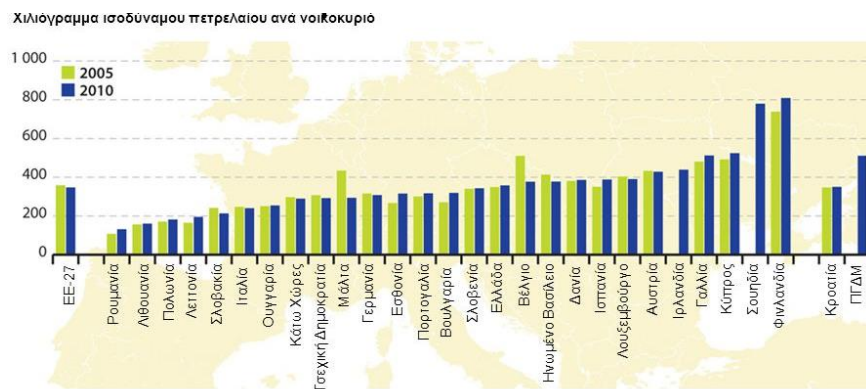
Κτίριο και κλίμα: Το κάθε κτίριο αποτελεί ένα ξεχωριστό περιβάλλον με τις δικές του ξεχωριστές λειτουργίες. Δεν παύει όμως να είναι ενταγμένο σε ένα ευρύτερο αστικό περιβάλλον που το επηρεάζει. Στη διαμόρφωση των συνθηκών του κτιρίου συμβάλλουν οι λειτουργίες που συντελούνται μέσα στο κτίριο καθώς και ο πληθυσμός που δραστηριοποιείται σε αυτό. Παράλληλα οι εσωτερικές συνθήκες ενός κτιρίου επηρεάζονται άμεσα από τις συνθήκες ενός αστικού περιβάλλοντος, καθορίζοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό και τις ανάγκες του (Εικόνα 1.2).

Στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια έχουν συντελέσει τα τελευταία χρόνια η αύξηση της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως επίσης και η χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον.

Είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία, όσο και την παραγωγικότητα του κατοίκου, αν μάλιστα λάβουμε υπόψιν μας το γεγονός ότι ο κάτοικος των αστικών κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικών των κτιρίων.

Κτίριο και ενέργεια: Ο σημαντικότερος οικονομικός χώρος της Ευρώπης αποτελεί ο τομέας των κτιρίων, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις ευρώ. Ο τομέας των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης απορροφά, κατά μέση τιμή, το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανά χώρα κύμανση ποικίλει από 20% για την Πορτογαλία, έως και 45% για την Ιρλανδία, ενώ στην Ελλάδα υπολογίζεται περίπου στο 30% (Εικόνα 1.1). Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της κλίμακας των 4.6 Μtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Μtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων κυμαίνεται στο 1,8%. Ειδικότερα, στην αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο έχει συντελέσει η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι περίπου διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια

της πόλης. Τα στατιστικά στοιχεία που διατίθενται δείχνουν ότι η θέρμανση των κτιρίων απαιτεί τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, για την ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα. [1],[2]



Διάγραμμα 1.1: Κατανάλωση πετρελαίου ανά νοικοκυριό στην Ευρώπη (Eurostat, 2010)

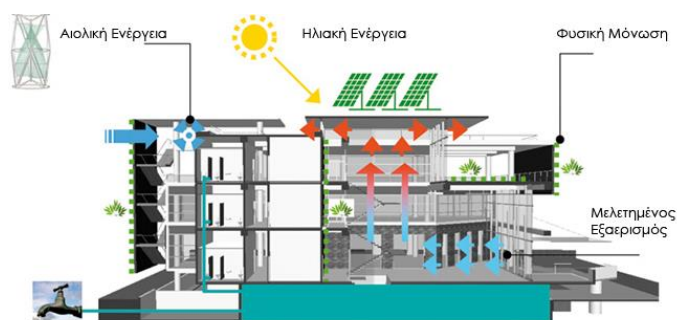
1.2 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Στον 21ο αιώνα ο στόχος που τίθεται είναι η μείωση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου των κτιρίων και παράλληλα η ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, τουλάχιστον όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, με την αξιοποίηση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας, τον ήλιο και τον αέρα. Για τη διατήρηση του περιβάλλοντος ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας των κτιρίων πρέπει να βασίζονται στις αρχές της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων. Συγχρόνως να προσφέρουν υγιεινή και ασφαλή διαβίωση των κατοίκων χωρίς να προκαλούνται επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η παραπάνω αντίληψη δεν πρέπει βεβαίως να είναι εις βάρος της θερμικής και οπτικής άνεσης των ενοίκων των κτιρίων, στοιχεία τα οποία εξασφαλίζονται από τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.

Τα παθητικά συστήματα αποτελούν βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα, άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως βασικό του στόχο την εκμετάλλευση των θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων ώστε να μειωθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και να εξοικονομηθεί η συμβατική ενέργεια και για αυτό βασίζεται στις παρακάτω αρχές (Εικόνα 1.3):

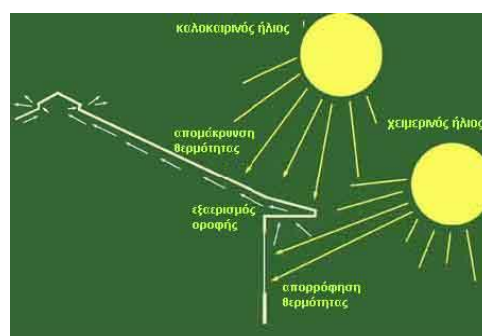
- Με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του επιτυγχάνεται θερμική προστασία τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων.
- Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό γίνεται εφικτό με τον προσανατολισμό των χώρων και κυρίως των κουφωμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος), την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, τα οποία αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.

- Προστασία των κτιρίων από τον ήλιο την καλοκαιρινή περίοδο, κυρίως μέσω σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με παθητικό-φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως με τον φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες.
- Βελτίωση - ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών στους χώρους έτσι ώστε οι κάτοικοι να νιώθουν άνετα και ευχάριστα.
- Για την εξασφάλιση επαρκούς και ομαλής κατανομής του φωτός μέσα στους χώρους θα πρέπει να υπάρχει εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων.
- Το δομημένο περιβάλλον έξω από μία βιοκλιματική κατοικία ακολουθώντας όλες τις παραπάνω βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνει τη βελτίωση του κλίματος έξω από τις κατοικίες.



Εικόνα 1.3: Βιοκλιματικός σχεδιασμός (<http://www.akroteam.gr>).

Συνεπώς κατά τη χειμερινή περίοδο ο στόχος είναι να μειωθούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου (αγωγιμότητας και αερισμού) και παράλληλα να αυξηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη για τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Κατά τη θερινή περίοδο θα πρέπει το κτίριο να βασίζεται στο φυσικό δροσισμό με τη μείωση των θερμικών κερδών και τη θερμική αποφόρτιση του (Εικόνα 1.4). [1],[3],[4]



Εικόνα 1.4: Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας (Elek Lekas, 2016).

1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(Κ.Εν.Α.Κ.)

Ο Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετεί έναν ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό στον κτιριακό τομέα με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με τις παρακάτω δράσεις (Εικόνα 1.5):

- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
- Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Τα πλεονεκτήματα από τον ΚΕΝΑΚ είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά πλεονεκτήματα σχετίζονται κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων. Τα κοινωνικά πλεονεκτήματα σχετίζονται με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ τα περιβαλλοντικά αφορούν τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σκοπό την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης και θα εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία αναφέρεται:

α) στην απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στο σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και

β) στη σύγκρισή του με κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς ορίζεται το κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό μελέτη κτίριο που πληροί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά. Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης έχει ισχύ για δέκα χρόνια και αφορά σε όλα τα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50 τ.μ., νέα ή υφιστάμενα που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, τα υφιστάμενα κτίρια επιφάνειας άνω των 50 τ.μ. ή τμήματα αυτών όταν πωλούνται ή εκμισθώνονται, καθώς σε όλα τα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα. Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Η έκδοση του πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική. Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της, αλλά και της εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων.



Εικόνα 1.5: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, 2019).

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, λαμβάνονται υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά των παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.), τα οποία έχουν

επιλεγεί και διαστασιολογηθεί κατά το σχεδιασμό του κτηρίου. Για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση ενός Π.Η.Σ. θα ακολουθούνται τα όσα αναφέρονται σε σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τα παθητικά ηλιακά συστήματα που ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτήριο δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτήριο αναφοράς, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους. Σ' αυτήν την περίπτωση, γίνεται αντικατάσταση των δομικών στοιχείων των παθητικών ηλιακών συστημάτων του κτηρίου αναφοράς με συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά. Ως παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους, ορίζονται τα ανοίγματα νότιου προσανατολισμού ή με απόκλιση $\pm 30^\circ$ από το νότο. Τα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους κατασκευάζονται σε συνδυασμό με ειδικές εσωτερικές επιφάνειες μεγάλης θερμοχωρητικότητας, για να αποθηκεύεται η θερμική ενέργεια. Η διαφοροποίηση των υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου με άμεσο ηλιακό κέρδος ως προς το κτήριο αναφοράς, είναι η επιπλέον αύξηση της ειδικής θερμοχωρητικότητας των εσωτερικών επιφανειών στους χώρους που ηλιάζονται. Ο προσδιορισμός και η καταγραφή διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό της συνεισφοράς των παθητικών ηλιακών συστημάτων στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Ο μελετητής ή ο επιθεωρητής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς τις εξής παραμέτρους:

- Τον τύπο του παθητικού ηλιακού συστήματος: άμεσου ηλιακού κέρδους και έμμεσου κέρδους, όπως το εγκατεστημένο θερμοκήπιο (ηλιακός χώρος), ο τοίχος Trombe, ο τοίχος μάζας κ.ά.
- Τη διαφανή επιφάνεια του παθητικού ηλιακού συστήματος σε m^2 . Ανάλογα με το παθητικό ηλιακό σύστημα, προσδιορίζεται η διαφανής επιφάνεια (υαλοστάσιο), τόσο ως προς τη γεωμετρία της [m^2], όσο και ως προς τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών όπως τη θερμοπερατότητα, την ηλιακή διαπερατότητα, την ανακλαστικότητα και τη διεύθυνση του αέρα (m^3/sec). Επίσης καταγράφεται ο συντελεστής σκίασης, ο προσανατολισμός, η κλίση της επιφάνειας και η νυχτερινή προστασία.
- Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους τον προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών και της γεωμετρίας των εσωτερικών επιφανειών του χώρου, η οποία λαμβάνεται υπόψη ως επιφάνεια υψηλής θερμικής μάζας που αποθηκεύει τη θερμική ενέργεια από τον ήλιο.
- Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους με τοίχο Trombe ή τοίχο θερμικής μάζας, τον προσδιορισμό επίσης της απόστασης διακένου (cm) μεταξύ κουφώματος και αδιαφανούς αποθηκευτικής επιφάνειας (τοίχου Trombe ή τοίχου μάζας), την κυκλοφορία αέρα αν εφαρμόζεται μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς και την κυκλοφορία αέρα μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εσωτερικού χώρου του κτηρίου μέσω κατάλληλων θυρίδων κυκλοφορίας αέρα. Για τις θυρίδες αερισμού προσδιορίζεται και η επιφάνειάς τους (m^2). Τα πλέον συνήθη παθητικά ηλιακά συστήματα. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, προς το παρόν δεν λαμβάνονται, υπόψη τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους με τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας, μέχρι επιλύσεως υπολογιστικών διαφορών που έχουν δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ο τελικός καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των Π.Η.Σ. όπως θα λαμβάνονται στους υπολογισμούς θα γίνει με επικαιροποίηση της παρούσας. Προς το παρόν στην περίπτωση που ένα κτήριο ή τμήμα κτηρίου διαθέτει τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας τότε στους υπολογισμούς, λαμβάνεται ότι η επιφάνεια του Π.Η.Σ. είναι μια συμβατική αδιαφανής επιφάνεια, με συντελεστή θερμοπερατότητας $UV-W [W/(m^2K)]$ το μισό του μέγιστου επιτρεπτού για την αντίστοιχη κλιματική ζώνη για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με τον

εξωτερικό αέρα. Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά, συντελεστής σκίασης, απορροφητικότητα και συντελεστής εκπομπής στην θερμική ακτινοβολία, λαμβάνονται όπως οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτηρίου αναφοράς. [5]

1.4 Εξοικονόμηση ενέργειας σε βιοκλιματικές κατοικίες

Από συγκρίσεις μεταξύ βιοκλιματικών και συμβατικών κατοικιών η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80 %. Γενικότερα από τη χρήση συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους προκύπτουν θερμικά οφέλη: Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενεργειακής απόδοσης παθητικών ή συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους αποτελεί το θερμοκήπιο, του οποίου η απόδοση εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης αλλά και το μέγεθός του.

Το θερμοκήπιο για να λειτουργεί αποδοτικά θα πρέπει να προσδίδει τα ηλιακά του κέρδη άμεσα τη μέρα ενώ τη νύχτα να εγκλωβίζονται διατηρώντας κλειστά τα ενδιάμεσα ανοίγματα. Σε αυτούς τους χώρους επίσης σημαντικό είναι να υπάρχουν κατάλληλα συστήματα ΚΑΠΕ, επαρκή σκίαση και υαλοστάσια με ανοίγματα για αερισμό την καλοκαιρινή περίοδο κάτι που βοηθά στο δροσισμό του κτιρίου. Η λειτουργία των τοίχων που είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο επιβαρύνει το κτίριο κατά το καλοκαίρι εφόσον σε αυτό δεν υπάρχουν συστήματα σκίασης και φυσικού δροσισμού. Παρόλα αυτά η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει είναι περίπου 40 %.

Συστήματα τα οποία χρήζουν βελτίωση για εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν τα παρακάτω:

Κεντρική Θέρμανση

Στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας, σύμφωνα με μελέτες, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας όσον αφορά τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 35-40% της συνολικής ενέργειας καταναλώνεται σήμερα στα κτίρια, ενώ από αυτήν την ενέργεια το 50% οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανση. Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, όπως ονομάζεται η παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων ή και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, από ένα εγκατεστημένο στο κτίριο κεντρικό σύστημα, θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει σωστά και όσο χρειάζεται και εφόσον λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια. Μερικές απλές παρεμβάσεις στο σύστημα αυτό μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά ενέργειας, μέχρι και 20% και είναι οι ακόλουθες:

- Οι μεγάλοι λέβητες που δε λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και με χαμηλή απόδοση πρέπει να αποφεύγονται.
- Σε μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις και πάντα στις μεγάλες προτιμώνται περισσότεροι του ενός λέβητες, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα της λειτουργίας μόνο του ενός, όταν δεν υπάρχει υψηλή ζήτηση.
- Το κόστος αγοράς δύο λεβήτων αντί του ενός αποσβένεται γρήγορα από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται.
- Οι λέβητες καλό είναι να μονώνονται. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένας λέβητας χωρίς μόνωση έχει απώλειες πάνω από 5%, τη στιγμή που ένας μονωμένος μπορεί να έχει απώλειες το πολύ έως 1%.
- Πολύ σημαντική είναι η μείωση της προκαθορισμένη θερμοκρασίας αναφοράς. Μια μείωση της τάξης του ενός βαθμού, οδηγεί σε πάνω από 6% λιγότερα καύσιμα.
- Είναι σημαντικό να προτιμώνται καυστήρες προηγμένης τεχνολογίας που οδηγούν σε τέλεια καύση.

- Οι σωληνώσεις της εγκατάστασης που περνούν μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους αλλά και γενικότερα θα πρέπει να μονώνονται προς αποφυγή απωλειών.
- Η τοποθέτηση μετρητών θερμικής ενέργειας συμβάλλει στην παρακολούθηση και στη μείωση της σπατάλης και της αλόγιστης χρήσης.
- Είναι απαραίτητη η χρήση θερμοστάτη στα θερμαντικά σώματα για την ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας σε ένα χώρο.
- Εγκατάσταση συστήματος αντιστάθμισης. Πρόκειται για σύστημα το οποίο ρυθμίζει αυτόματα τη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στα καλοριφέρ, σε συνάρτηση με την εξωτερική θερμοκρασία και την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία. Το σύστημα αντιστάθμισης είναι μια αξιόπιστη λύση για ορθολογική χρήση της ενέργειας.
- Όταν ένα θερμαντικό σώμα βρίσκεται σε εξωτερικό τοίχο θα πρέπει να τοποθετείται μονωτικό υλικό μεταξύ των δύο.
- Ένα κεντρικό σύστημα θα πρέπει να διαστασιολογείται μετά από ειδική μελέτη, προκειμένου να αποφευχθεί υπερδιαστασιολόγηση και σπατάλη καυσίμων.
- Η συντήρηση του συστήματος θέρμανσης εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του, μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και τους ρύπους.

Κλιματισμός

Στις περιπτώσεις που ο κλιματισμός είναι αναγκαίος, έχει υπολογιστεί από διάφορες μελέτες ότι μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και το 30% του ενεργειακού κόστους εάν γίνει η κατάλληλη επιλογή, συνειδητός σχεδιασμός και καλός έλεγχος του συστήματος, καθώς και αποτελεσματική συντήρηση του. Έχει παρατηρηθεί ότι σε ένα μεγάλο αριθμό κτιρίων, ο πλήρης κλιματισμός των χώρων τους δεν είναι απαραίτητος και μεγάλα ενεργειακά οφέλη μπορούν να επιτευχθούν με χρήση μηχανικού ή φυσικού αερισμού.

Μερικά από τα μέτρα εξοικονόμηση είναι:

- Η θερμοκρασία των κατοικήσιμων χώρων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 23-25 οC. Χαμηλότερες θερμοκρασίες αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να συνεπάγονται την αντίστοιχη βελτίωση των συνθηκών άνεσης.
- Με την τοποθέτηση χρονοδιακοπών και την κατάλληλη ρύθμιση θερμοστατών μπορούμε να πετύχουμε σημαντικά ενεργειακά οφέλη.
- Απαραίτητη είναι η συντήρηση των εγκαταστάσεων. Ο καθαρισμός των φίλτρων διασφαλίζει καλύτερη ποιότητα αέρα και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Εάν ακολουθηθούν σωστά οι πρακτικές της συντήρησης μπορεί να εξοικονομηθεί 10-30% της ενέργειας που χρησιμοποιείται.
- Μείωση της παραγόμενης στο κτίριο θερμότητας μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ανάγκες σε ψυκτικό φορτίο. Για παράδειγμα, μείωση του επιπέδου φωτισμού μπορεί να αποφέρει μείωση 25-60% στο απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο. Ένας κλασικός λαμπτήρας πυρακτώσεως, για παράδειγμα, δεν αξιοποιεί όλη την ηλεκτρική ενέργεια αφού οι θερμικές του απώλειες φτάνουν περίπου το 80%. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης (π.χ. λαμπτήρες φθορισμού).
- Για την μείωση της υγρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί χαμηλή λειτουργία του ανεμιστήρα κάνοντας παράλληλα δροσερότερο το χώρο.
- Η επιλογή κλιματιστικού υψηλής ενεργειακής κλάσης μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 20-50%, ενώ το μέγεθος το κλιματιστικού πρέπει να είναι κατάλληλο για το χώρο.

- Η διεύθυνση του αέρα πρέπει να ρυθμίζεται προς τα κάτω, αφού ο ψυχρός αέρας είναι βαρύτερος του ζεστού που κινείται προς τα πάνω, με φυσικό τρόπο.
- Οι ανεμιστήρες οροφής οδηγούν σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων κατά 28-40% καθώς βελτιώνουν σημαντικά τις συνθήκες θερμικής άνεσης, ενώ συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης τους.
- Για τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης ενός συστήματος κλιματισμού θα πρέπει το εξωτερικό τμήμα του μηχανήματος από τον ήλιο και τους ανέμους. [2],[6]

Παθητικά συστήματα

2.1 Ορισμός Παθητικών Συστημάτων

Με τον όρο παθητικά ηλιακά συστήματα εννοούμε τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για να αξιοποιηθούν οι φυσικές πηγές, όπως ο ήλιος, ο άνεμος κ.α. για τη θέρμανση, την ψύξη του κτιρίου, την παροχή φυσικού φωτισμού αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, χωρίς να παρεμβάλλονται μηχανικά μέσα. Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα είναι απαραίτητα κομμάτια – δομικά στοιχεία ενός κτιρίου τα οποία λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού.

Η αρχιτεκτονική του βιοκλιματικού σχεδιασμού περιλαμβάνει τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των συστημάτων, με σκοπό τα θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. [Cres : <http://www.cres.gr>]

2.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται σύμφωνα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπου οι ακτίνες του ήλιου, κατά την είσοδό τους μέσω γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού, εγκλωβίζονται στο εσωτερικό του παθητικού συστήματος με αποτέλεσμα να απορροφάται θερμότητα από τα δομικά υλικά και να διανέμεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτιρίου. Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων νότιου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

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

- Ηλιακοί τοίχοι
- Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)
- Ηλιακά αίθρια

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να έχουν την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) σε συνδυασμό με την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και διανέμει τη θερμότητα στο χώρο, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία (σκίαστρα) και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

2.3 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων

Η κατηγοριοποίηση των παθητικών ηλιακών συστημάτων γίνεται με βάση τη συλλογή και την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Τα παθητικά συστήματα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό με απόκλιση έως 30 μοίρες προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα και διακρίνονται σε άμεσου, έμμεσου, απομονωμένου και διπλού κέρδους.

2.3.1 Συστήματα άμεσου κέρδους

Το πιο απλό σύστημα για τη θέρμανση ενός κτιρίου είναι το άμεσο κέρδος αφού αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία μέσω των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος είναι ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Τα ανοίγματα του κτιρίου παίζουν βασικό ρόλο στα συστήματα άμεσου κέρδους αφού είναι αυτά που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα καθώς απορροφάτε από τα εσωτερικά δομικά στοιχεία του θερμαινόμενου χώρου, όπου και αποθηκεύεται. Για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος σημαντικό ρόλο παίζει ο τύπος των υαλοπινάκων και των δομικών στοιχείων. Για τη μέγιστη απολαβή θερμικών κερδών και την αποθήκευση θερμότητας θα πρέπει τα δομικά υλικά των εσωτερικών χώρων, που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν την απαιτούμενη απορροφητικότητα. Έτσι κατά τη χειμερινή περίοδο έχουμε την όσο γίνεται το δυνατόν επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου, πρέπει όμως να λάβουμε υπόψιν και την υπερθέρμανση που δημιουργείται κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Με το άνοιγμα των παραθύρων και τη δημιουργία ρευμάτων αέρα επιτυγχάνεται η θερμική αποφόρτιση του κτιρίου.

Αξίζει να σημειωθεί η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους και ενός συμβατικά σχεδιασμένου κτιρίου, στο οποίο η θερμική απόδοση των ανοιγμάτων και τα δομικά στοιχεία είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων καθώς και τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού η εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

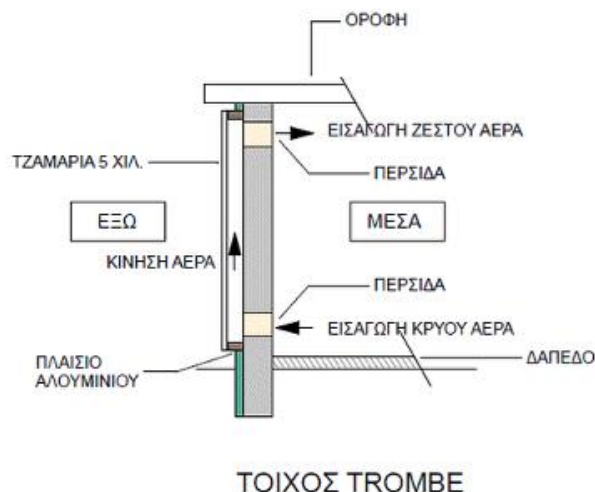
2.3.2 Συστήματα έμμεσου κέρδους

Τα συστήματα έμμεσου κέρδους εκμεταλλεύονται ένα μέρος του περιβλήματος του κτιρίου που περικλείει τους χώρους της οικίας με σκοπό τη αποθήκευση και διανομή της θερμότητας στο εσωτερικό του. Τα συστήματα έμμεσου κέρδους συνήθως έχουν μία πλευρά από υαλοπίνακα που τοποθετείται νότια και λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης.

2.3.2.1 Τοίχος θερμικής μάζας ή τοίχος Trombe

Ο τοίχος είναι κατασκευασμένος από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα (πέτρα, μπετόν, τούβλα, εύτηκτα άλατα, κλπ.), η εξωτερική του επιφάνεια είναι βαμμένη με σκούρο χρώμα για μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και μπροστά από την εξωτερική πλευρά σε μικρή απόσταση υπάρχει υαλοστάσιο για τη συλλογή της ακτινοβολίας, αξίζει να σημειωθεί ότι τοίχος τοποθετείται στη νότια πλευρά του κτιρίου.

Μια παραλλαγή του συστήματος αυτού είναι ο τοίχος Trombe. Πρόκειται για ένα τοίχο θερμικής αποθήκευσης αλλά με βασική διαφορά τις θυρίδες που έχει στο επάνω και κάτω τμήμα του. Με αυτόν τον τρόπο η ηλιακή ακτινοβολία περνώντας μέσα από το γυαλί απορροφάται σαν θερμική ακτινοβολία από τον τοίχο και η εξωτερική του επιφάνεια θερμαίνεται. Στη συνέχεια η θερμότητα μεταδίδεται στον αέρα που κυκλοφορεί μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου και περνάει στον κατοικησιμο χώρο από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του (Εικόνα 2.1). Ταυτόχρονα ο ψυχρός αέρας εξαιτίας της υποπίεσης που δημιουργείται μπαίνει από τις χαμηλές θυρίδες στο χώρο και αναθερμαίνεται. Το βράδυ, ο τοίχος Trombe λειτουργεί σαν τον κλασσικό τοίχο θερμικής αποθήκευσης όταν κλείνουμε τις θυρίδες του, αφού αποδίδει με ακτινοβολία και έμμεση μεταφορά τη θερμότητα που έχει αποθηκευτεί στη μάζα του.



Εικόνα 2.1: Τομή τοίχου Trombe

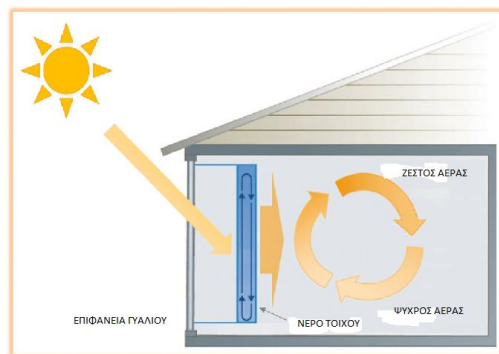
Τα πλεονεκτήματα των τοίχων αυτών είναι οι σχετικά μικρές διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας και η μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν είναι περισσότερο αναγκαία.

Από την άλλη υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης, το κόστος της νυχτερινής μόνωσης, αν απαιτείται, η καθημερινή λειτουργία των θυρίδων, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe και ο καθαρισμός του υαλοστασίου.

2.3.2.2 Τοίχος νερού

Ο τοίχος νερού έχει πολλά κοινά σημεία με τον τοίχο Trombe, η βασική διαφορά είναι ότι στους τοίχους νερού δεν υπάρχει τοίχος μάζας, αλλά νερό. Η αποδοτικότητά του είναι

καλύτερη από αυτήν του τοίχου Trombe γιατί το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου από το τούβλο και έτσι μπορεί να αποθηκεύει περισσότερη θερμότητα. Οι τοίχοι νερού είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό. Επιλέγονται κυρίως για μικρού μεγέθους κτίρια και κατασκευές και τοποθετούνται πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νότιου προσανατολισμού.



Εικόνα 2.2: Τομή τοίχου νερού (researchgate.net)

Βέβαια το γεγονός ότι ο τοίχος νερού παρουσιάζει την ίδια θερμοκρασία στην εσωτερική και την εξωτερική του πλευρά, λόγω της θερμικής συμπεριφοράς του νερού, απαιτείται μόνωση κατά τη διάρκεια της νύχτας για την αποφυγή θερμότητας προς το περιβάλλον. Επίσης όταν η επιφάνεια είναι πολύ μεγάλη υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

2.3.2.3 Θερμοσιφωνικό πάνελο / Τοίχος Barra Constantini

Το θερμοσιφωνικό πάνελο μοιάζει πολύ με τον τοίχο Trombe ως προς την κατασκευή και την λειτουργία του, αλλά με βασική διαφορά την απουσία της θερμικής μάζας. Η λειτουργία του λοιπόν, είναι ότι απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομονωτικής επικάλυψης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται με συναγωγή από τον αέρα του διακένου και όχι με ακτινοβολία.



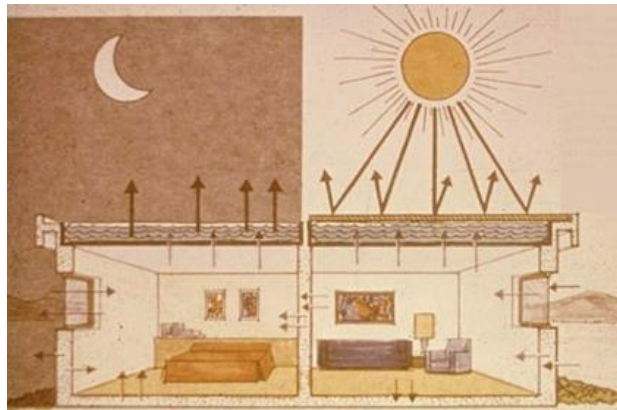
*Εικόνα 2.3: Λειτουργία θερμοσιφωνικού πανέλου κτιρίου
(<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>.)*

Σε αυτό το σύστημα υπάρχει ένας νότιος τοίχος από συμβατικά υλικά σε συνδυασμό με υαλοστάσιο, που πρέπει να είναι καλά μονωμένος εξωτερικά και ένας ηλιακός συλλέκτης τοποθετημένος μπροστά από τον τοίχο. Ο αέρας εισέρχεται στο χώρο μέσω θυρίδων ή αγωγών και το χειμώνα λόγω της μόνωσης του τοίχου δεν έχουμε απώλειες θερμότητας, ενώ το καλοκαίρι αποφεύγουμε τα ηλιακά κέρδη. Η ροή του αέρα ξεκινάει από τις άνω θυρίδες, καθώς είναι πιο ελαφρύς λόγω της πυκνότητάς του, και κυκλοφορεί αρχικά οριζοντίως στο κτίριο, μέσα από κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι και έπειτα κυκλοφορεί γύρω από τους τοίχους και το πάτωμα, πριν βγει έξω μέσω των κάτω θυρίδων. Έτσι έχουμε καλή διανομή θερμότητας στο κτίριο και με αυτόν τον τρόπο θερμαίνονται ακόμα και τα βορινά δωμάτια. Με αντίστοιχο τρόπο, κατά τη θερινή περίοδο, ο δροσερός νυχτερινός αέρας μπορεί να εισέλθει από τις κάτω θυρίδες προσφέροντας θερμική αποφόρτιση (Εικόνα 2.3).

Μερικά πλεονεκτήματα του θερμοσιφωνικού πάνελ είναι η εύκολη εγκατάσταση και προσαρμογή του σε υφιστάμενα κτίρια με νότιο προσανατολισμό, η άμεση απόδοση θερμότητας στους χώρους και η εύκολη θερμική αποκοπή του από το κτίριο κατά τη θερινή περίοδο. Από την άλλη έχει και κάποια μειονεκτήματα που πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας όπως για παράδειγμα τη δύσκολη αισθητική του εναρμόνισή του με το κτίριο όταν αυτό τοποθετείται με κλίση και τη μείωση των νότιων ανοιγμάτων και τη δημιουργία κλειστής νότιας όψης.

2.3.2.4 Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη

Ακόμα μια τεχνική θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού αποτελεί η οροφή νερού. Αποτελείται από πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν τους διαπερνά η υπεριώδης ακτινοβολία, περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Για το δώμα, στο οποίο θα κατασκευαστεί η ηλιακή λίμνη, επιλέγεται να είναι φτιαγμένο από αγωγίμα υλικά για καλύτερη απόδοση και γρηγορότερη μεταφορά θερμότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι το βάθος της ηλιακής λίμνης φτάνει τα 5 εκατοστά (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: : Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη (ΠΗΓΗ: Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center, www.azsolarcenter.com)

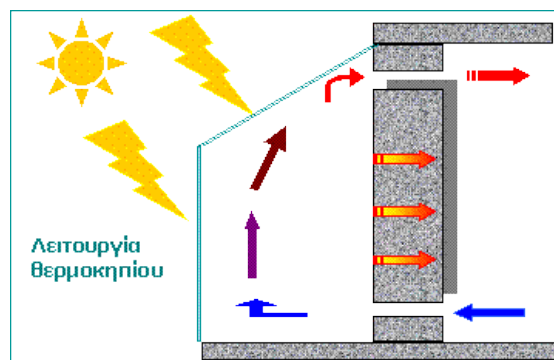
Σκοπός του συστήματος είναι το νερό να απορροφάει και να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, το χειμώνα. Η λίμνη οροφής έχοντας ένα κινητό σύστημα θερμομονωτικού υλικού μπορεί να δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία παραμένοντας ανοιχτή την ημέρα, ενώ τη νύχτα κλείνοντάς τη μεταφέρει την αποθηκευμένη θερμότητα στο εσωτερικό των χώρων. Με αντίστροφο τρόπο μπορεί να λειτουργήσει το καλοκαίρι, δηλαδή να παραμένει κλειστή την ημέρα για να μην δέχεται ηλιακή ακτινοβολία και να ανοίγει τη νύχτα για να ακτινοβολεί τη θερμότητα στο περιβάλλον. Το σύστημα αυτό αποδίδει καλύτερα σε περιοχές

χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες χωρίς σύννεφα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι για άμεση θέρμανση ή ψύξη του χώρου, σε περιοχές με θερμό κλίμα και χαμηλό ποσοστό βροχοπτώσεων, αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω της εξάτμισης του νερού. Η ηλιακή λίμνη μπορεί να αποδώσει και σε ψυχρότερα κλίματα, με συχνές χιονοπτώσεις, όταν αυτή τοποθετηθεί κάτω από κεκλιμένη στέγη με υαλοστάσιο νότιου προσανατολισμού για τη απολαβή του μέγιστου ηλιακού κέρδους.

Στα θετικά του συστήματος αυτού ανήκει η ίση κατανομή θερμότητας στους χώρους που βρίσκονται από κάτω, αφού λαμβάνουν ακτινοβολία ανεξαρτήτως του προσανατολισμού τους. Όμως πρέπει να γίνει αναφορά στο αυξημένο κόστος της κατασκευής και τις στατικές επιβαρύνσεις του κτιρίου. Ακόμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα το ζεστό νερό της λίμνης βρίσκεται στην επιφάνεια και όχι στον πυθμένα με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξημένες απώλειες.

2.3.2.5 Θερμοκήπιο

Το θερμοκήπιο είναι ένας κλειστός χώρος που περιβάλλεται από υαλοστάσια και τοποθετείται σε νότια τμήματα των κτιρίων. Συνδυάζει τα παθητικά συστήματα του άμεσου ηλιακού κέρδους και του τοίχου θερμικής αποθήκευσης που μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Η μεταφορά της θερμότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση θυρίδων και ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου. Η λειτουργία του έχει ως άξονα το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν στο υαλοστάσιο και ένα μέρος του μήκους κύματος της ακτινοβολίας μεταδίδεται στο εσωτερικό, απορροφάται από τα στοιχεία του χώρου που θερμαίνονται και στη συνέχεια επανεκπέμπεται ως ακτινοβολία της οποίας ένα μέρος της απορροφάται από το υαλοστάσιο και το υπόλοιπο ανακλάται. Με την τεχνική αυτή ένα τμήμα της ακτινοβολίας παγιδεύεται στο εσωτερικό με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Λειτουργία θερμοκηπίου

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

Τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα το υαλοστάσιο του θερμοκηπίου αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει στο χώρο και να μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, η οποία απορροφάται από τα δομικά στοιχεία με αποτέλεσμα την αύξηση των θερμικών κερδών. Τη νύχτα, όμως, η θερμότητα που είχε αποθηκευτεί τη μέρα, αποβάλλεται προς το εξωτερικό περιβάλλον με αποτέλεσμα να υπάρχουν θερμικές απώλειες. Παρόλα αυτά τα κέρδη είναι περισσότερα από τις απώλειες για μια ηλιόλουστη μέρα του χειμώνα. Το καλοκαίρι η λειτουργία του θερμοκηπίου αντιστρέφεται, δηλαδή την ημέρα το κτίριο υπερθερμαίνεται και τη νύχτα ψύχεται ανεπαρκώς επιβαρύνοντάς το έτσι με ανεπιθύμητη θερμότητα.

Το θερμοκήπιο για να είναι χρήσιμο και αποδοτικό σε ηλιακά κέρδη, ενώ παράλληλα να αποτελεί ένα ενδιαφέρον αρχιτεκτονικό στοιχείο, τόσο ως προς την κάλυψη λειτουργικών αναγκών, όσο και ως προς την αισθητική του, θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες ρυθμίσεις στο κέλυφος, όπως νυχτερινή προστασία το χειμώνα για μείωση των θερμικών απωλειών και σκίαση συνδυασμένη με αερισμό το καλοκαίρι. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική απόδοση του ηλιακού χώρου είναι ο προσανατολισμός και η σύνδεση του με το κτίριο, το μέγεθός του και τα υλικά κατασκευής και η κλίση του υαλοστασίου.

Αρχικά όσον αναφορά τον προσανατολισμό του και τη σύνδεσή του με το κτίριο αυτό τοποθετείται στη νότια πλευρά του κτιρίου, σε σχήμα επίμηκες και βάθος μικρότερο των 2,50 μέτρων. Για αποτελεσματικότερη λειτουργία απαραίτητο είναι να συνδέεται με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος μπορεί να αποτελεί και τον διαχωριστικό τοίχο ανάμεσα στο θερμοκήπιο και το κτίριο. Η απόδοσή του γίνεται ακόμα μεγαλύτερη όταν περικλείεται ανατολικά και δυτικά από τοίχους διότι μειώνονται οι θερμικές απώλειες, την ώρα που μεταφέρεται θερμότητα προς τον εσωτερικό χώρο. Επειδή ο χώρος του θερμοκηπίου είναι επισκέψιμος, είναι απαραίτητη η χρήση ανοιγμάτων για άμεση επικοινωνία με το εσωτερικό του κτιρίου, αυτό σημαίνει ότι ο διαχωριστικός τοίχος έχει τουλάχιστον ένα παράθυρο, από το οποίο μπορεί να μεταφέρεται η θερμότητα απευθείας στον εσωτερικό χώρο. Το καλοκαίρι πρέπει να απάγει τη θερμότητα που έχει συγκεντρώσει προς το εξωτερικό περιβάλλον για την αποφόρτιση του κτιρίου από περίσσεια θερμότητα. Για την επίτευξη αυτού θα πρέπει η οροφή να φέρει ηλιοπροστασία και οι φεγγίτες να παραμένουν ανοιχτοί. Τέλος, το κατακόρυφο υαλοστάσιο του θερμοκηπίου πρέπει να ανοίγει καθολικά ή ακόμα και να αφαιρείται εντελώς.

Επίσης, το μέγεθος του θερμοκηπίου εξαρτάται από τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση, τις κλιματικές συνθήκες και η διαστασιολόγηση του συστήματος συνδέεται με το βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου.

Για καλύτερη θερμική προστασία τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου πρέπει να είναι διαφανή και με διπλό τζάμι. Η επιλογή για στοιχεία στήριξης των τζαμιών είναι ανάλογη με αυτήν των υπόλοιπων ανοιγμάτων (ξύλο ή μέταλλο). Επίσης η κλίση του υαλοστασίου πρέπει να τέτοια έτσι ώστε να απορροφά ικανοποιητική ηλιακή ακτινοβολία θα τη θέρμανση του κτιρίου. Η καλύτερη κλίση κυμαίνεται από 40-60 μοίρες γιατί ο ήλιος προσπίπτει πιο κάθετα το χειμώνα. Ωστόσο, αποδεκτή είναι και η κατακόρυφη τοποθέτηση των γυάλινων στοιχείων του θερμοκηπίου, τοποθετώντας παράλληλα και ανακλαστικές επιφάνειες, για ευκολότερη σκίαση των τζαμιών το καλοκαίρι (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6: Θερμοκήπιο με κατακόρυφα τζάμια (<http://www.ergomasif.gr>)

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την κατασκευή και τη χρήση του θερμοκηπίου είναι ο πρόσθετος κατοικήσιμος ή για καλλιέργεια φυτών χώρος που δημιουργείται με μικρό κόστος, η λειτουργία του ως φράγμα θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι μικρές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο και η ευκολία του να ενσωματώνεται σε υφιστάμενα κτήρια.

Όσον αφορά τα μειονεκτήματα από την εφαρμογή του, η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί και υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα σκιασμού και αερισμού.

2.3.2.6 Ηλιακό αίθριο

Πρόκειται για ανοιχτούς ή στεγασμένους με διαφανή υλικά χώρους, οι οποίοι έχουν παρόμοια λειτουργία με αυτή των θερμοκηπίων. Το γυάλινο στοιχείο της οροφής συλλέγει την ηλιακή ενέργεια και αυτή συσσωρεύεται στο εσωτερικό του αίθριου (Εικόνα 2.7).

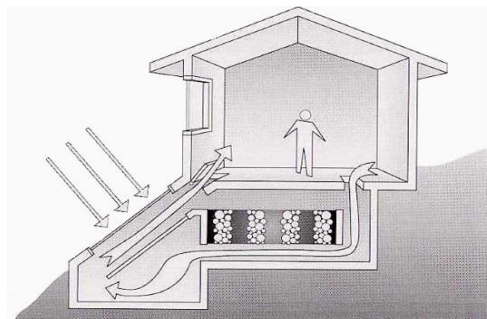


Εικόνα 2.7: Απεικόνιση ηλιακού αίθριου. (Σαφείρη Γεννάδιος δημοσίευση)

Τα ανοίγματα συμβάλλουν στη μεταφορά της ηλιακής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους, ενώ η υπόλοιπη αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης, ενώ κατά τη θερινή περίοδο, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός, ο οποίος πραγματοποιείται μέσω των ανοιγμάτων της γυάλινης οροφής, καθώς και πλήρης σκιασμός.

2.3.3 Συστήματα απομονωμένου κέρδους

Τα συστήματα απομονωμένου κέρδους δεν βρίσκονται σε επαφή με το χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε. Ανάμεσα στην επιφάνεια για την ηλιακή συλλογή και του εσωτερικού χώρου πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας, όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας, που χρησιμοποιείται για τη διάχυση της θερμότητας αλλά και για περισσότερη ενίσχυση.



Εικόνα 2.8: Σύστημα απομονωμένου κέρδους(http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_systyma_kerdous.htm)

Βέβαια, ο αέρας να μεταδίδεται και με φυσικό τρόπο, αυτό επιτυγχάνεται στο συλλέκτη όπου ο αέρας θερμαίνεται, γίνεται πιο ελαφρύς και έτσι ανέρχεται, μετατοπίζοντας τον ψυχρότερο αέρα στα κατώτερα επίπεδα. Με την τεχνική της απομόνωσης και της αποθήκευσης μπορεί να υπάρξει καλύτερη διαχείριση της ηλιακής ενέργειας, καθώς μας δίνεται η δυνατότητα να την εκμεταλλευτούμε όποτε την έχουμε ανάγκη (Εικόνα 2.8).

2.3.4 Σύστημα διπλού κέρδους

Οι κατοικίες που συνδυάζουν δύο ή και παραπάνω παθητικά συστήματα για να εκμεταλλευθούν τις θερμικές τους ιδιότητες λέμε ότι χρησιμοποιούν σύστημα διπλού κέρδους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η κατασκευή συστημάτων που συνδυάζουν το άμεσο και το έμμεσο κέρδος, πετυχαίνοντας έτσι την άμεση μετάδοση της ακτινοβολίας, αλλά και την έμμεση αποθήκευση της θερμότητας στο σύστημα. Βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος είναι το αυξημένο κόστος εγκατάστασης, ενώ πλεονέκτημα αποτελεί η κάλυψη των θερμικών απωλειών. [2],[3],[6],[7],[8]

2.4 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Οι τεχνικές φυσικού δροσισμού αφορούν την θερινή περίοδο, με σκοπό τη μείωση των θερμικών φορτίων. Το καλοκαίρι υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές και με την έκθεση του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία απορροφάτε ανεπιθύμητη θερμότητα. Ακόμα, ο αριθμός και οι δραστηριότητες των ενοίκων και σε συνδυασμό με τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών συμβάλλει στην αύξηση της ανεπιθύμητης θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Για αυτό το λόγο το κτίριο πρέπει να ψύχεται και να δροσίζεται με φυσικό τρόπο. Οι τρόποι που μπορεί να επιτευχθεί ο δροσισμός είναι: σκιασμός, φυσικός αερισμός και φυσική ψύξη.

2.4.1 Σκιασμός

Ο σκιασμός των παραθύρων και των υπόλοιπων ανοιγμάτων από το ανεπιθύμητο φως αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο προστασίας ενός κτιρίου. Η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων κατά τη θερινή περίοδο είναι η ηλιοπροστασία αφού αποτελεί την πιο αποδοτική εφαρμογή σε σχέση με άλλες τεχνικές δροσισμού στα κτίρια είτε φυσικές, είτε τεχνικές.

Τα μπαλκόνια, οι πτέρυγες αλλά και οι μη δομικές κατασκευές, όπως οι τέντες, τα ρολά και τα παντζούρια συμπεριλαμβάνονται στα σταθερά συστήματα σκίασης. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές όψεις του κτιρίου, με σκοπό να εμποδίσουν την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει άμεσα στα υαλοστάσια και τα υπόλοιπα ανοίγματα. Η χρήση εσωτερικών περσίδων και κουρτινών βοηθάει στην ανάκλαση της ενέργειας προς το υαλοστάσιο και το εξωτερικό περιβάλλον με αποτέλεσμα την αποφυγή χρησιμοποίησης απορροφητικών τζαμιών και τζαμιών χαμηλής εκπομπής. Τα σταθερά σκίαστρα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα οριζόντια και τα κατακόρυφα. Τα οριζόντια έχουν μορφή προβόλου και συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό ενώ τα κατακόρυφα είναι κάθετα ή κεκλιμένα υπό γωνία 35 μοιρών και είναι κατάλληλα για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό.

Επειδή οι εποχές έχουν απρόοπτες κλιματικές αλλαγές προτιμότερο είναι να χρησιμοποιούνται κινητά σκίαστρα, τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν εύκολα. Σκίαστρα, στόρια, ενετικά στόρια, τέντες και κουρτίνες αποτελούν μερικούς από τους ρυθμιζόμενους μηχανισμούς σκίασης και διακρίνονται σε εξωτερικά και εσωτερικά κινητά σκίαστρα. Μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό και κατακόρυφες για δυτικό και ανατολικό και οι τέντες αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα εξωτερικών κινητών

σκιάστρων, ενώ τα ενετικά στόρια αποτελούν παράδειγμα των εσωτερικών κινητών σκιάστρων και έχουν την ιδιότητα να αυξάνουν τη θερμομόνωση το χειμώνα. Η αποδοτικότητά τους εξαρτάται από τα υλικά την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι και 65% στις νότιες όψεις, ενώ για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς αγγίζει το 80%. Επίσης τα ενετικά στόρια έχουν την ιδιότητα του αερισμού και της σκίασης ταυτόχρονα. Τέλος, ένας άλλος τρόπος σκίασης είναι τα διάτρητα ρολά, τα οποία μπορούν τοποθετηθούν εσωτερικά ή εξωτερικά για όλους τους προσανατολισμούς και να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και 75%.

Η κατάλληλη σκίαση δημιουργείται ακόμα και από τη βλάστηση περιμετρικά του κτιρίου. Τα φυτά και τα δέντρα που τοποθετούνται έχουν την ιδιότητα να φυλλοβολούν το χειμώνα αφήνοντας τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν με σκοπό τη θέρμανση του κτιρίου και να ανθίζουν την καλοκαιρινή περίοδο εμποδίζοντας τις ακτίνες να περάσουν με σκοπό την προστασία του κτιρίου από την ανεπιθύμητη θερμότητα.

2.4.2 Συστήματα φυσικού αερισμού

Κατά το σχεδιασμό του κτιρίου δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον αερισμό μεταξύ των χώρων, διότι έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα το καλοκαίρι και την ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο εξωτερικό για πιο υγιεινή διαβίωση. Παράγοντες που επηρεάζουν τον φυσικό αερισμό είναι:

1. Οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες
2. Ο προσανατολισμός
3. Η θέση
4. Το μέγεθος των ανοιγμάτων
5. Η χρήση του κτιρίου
6. Η δραστηριότητα των ενοίκων

Βασική προϋπόθεση για τον φυσικό αερισμό αποτελεί η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι χαμηλότερη από αυτήν του εσωτερικού χώρου. Έτσι, η εισροή του αέρα μπορεί να συμβεί είτε λόγω διαφοράς πίεσης, είτε θερμοκρασίας, είτε από συνδυασμό και των δύο. Η αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού εξαρτάται επίσης και από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου δηλαδή να μην υπάρχουν εμπόδια κατά την είσοδό του, τη διεύθυνση και την ισχύ των ρευμάτων αέρα και τη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καθολικός αερισμός. Με αυτόν τον τρόπο ο αέρας παρέχει δροσισμό απομακρύνοντας τη θερμότητα τόσο από το κτίριο όσο και από τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε αυτό.

2.4.3 Συστήματα φυσικού δροσισμού

Ο φυσικός δροσισμός είναι αναγκαίος κατά την περίοδο του θέρους, για να αποφορτίσει το κτίριο από την ανεπιθύμητη θερμότητα. Οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτός είναι ψύξη από εξάτμιση, η ψύξη από το έδαφος και η ψύξη από ακτινοβολία.

Ψύξη από εξάτμιση

Είναι η διαδικασία με την οποία ο αέρας περνάει πάνω ή μέσα από υγρές επιφάνειες επιτυγχάνοντας έτσι την εξάτμιση του νερού και συνεπώς την πτώση της θερμοκρασίας. Η εξάτμιση προκύπτει όταν η πίεση των ατμών του νερού είναι υψηλότερη από την πίεση των

υδρατμών της ατμόσφαιρας. Η διαδικασία της εξάτμισης είναι περισσότερο αποδοτική όταν υπάρχει σκίαση και παροχή δροσερού υγρού αέρα.

Ψύξη από έδαφος

Έπειτα από αρκετές μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι η θερμοκρασία του εδάφους είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα. Ενώ η θερμοκρασία μπορεί να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της μέρας, ανεξαρτήτως εποχής, η θερμοκρασία λίγα μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους παραμένει σταθερή, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να απορροφήσει θερμότητα. Την ιδιότητα αυτή του εδάφους μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε με δύο τρόπους. Είτε την αποβολή θερμότητας στο έδαφος με αγωγή, είτε με μεταφορά. Στην πρώτη περίπτωση, μέρος του κτιριακού περιβλήματος πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, έχοντας ως αποτέλεσμα, σε θερμά και ξηρά κλίματα, να αποβάλλεται θερμότητα από το εσωτερικό προς το έδαφος. Για την εφαρμογή αυτού του συστήματος, τα τμήματα σε επαφή με το έδαφος δεν πρέπει να μονώνονται, αλλά να υγραμονώνονται για την αποφυγή υγρασίας. Βέβαια, σε ψυχρά κλίματα προτιμάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους για τη μείωση των θερμικών απωλειών προς το έδαφος. Στη δεύτερη περίπτωση, τοποθετούνται εναλλάκτες θερμότητας κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, με στόχο την ψύξη του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, με την χρήση ανεμιστήρων που οδηγούν τον αέρα σε υπόγειο αγωγό. Το χειμώνα το σύστημα λειτουργεί για τη θέρμανση του αέρα, καθώς η θερμοκρασία του εδάφους είναι θερμότερη από αυτήν του εξωτερικού αέρα.

Ψύξη από ακτινοβολία

Για τη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, πρέπει να υπάρχουν δύο μάζες, οι οποίες να έχουν διαφορετική θερμοκρασία, έτσι ώστε το θερμότερο στοιχείο να ακτινοβολεί θερμότητα προς το ψυχρότερο με στόχο τη θερμοκρασιακή ισορροπία στο εσωτερικό του κτιρίου. Όλα τα στοιχεία του κτιρίου που "βλέπουν" ουρανό ανταλλάζουν θερμότητα με αυτόν, συνεπώς ένα ποσό θερμότητας που έχει συλλεχθεί σε μία μάζα νερού ή σε ένα κτίριο θα ακτινοβοληθεί προς τον ουρανό τις νυχτερινές ώρες. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η ψύξη του νερού ή του κτιρίου στο τέλος της νύχτας. [3],[4],[7],[9].

2.5 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.

Ο φυσικός φωτισμός συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας έχει ως στόχο την επίτευξη της οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια, αλλά και τη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους. Στον σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από φυσικό φως ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις εργασίες που γίνονται μέσα στους χώρους.

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

1. Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
2. Ανοίγματα οροφής
3. Αίθρια
4. Φωταγωγοί

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τόσο των χώρων, όσο και των συστημάτων φωτισμού θα πρέπει να συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές που αφορούν τα ανοίγματα, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά επιφανειών του χώρου και τη χρήση ανακλαστήρων για επάρκεια και ομαλή κατανομή φυσικού φωτός. Με αυτόν τον τρόπο

εξασφαλίζονται οι επιθυμητές στάθμες φωτισμού, η απαιτούμενη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον και σε συνάρτηση με τις υπόλοιπες απαιτήσεις του ενεργειακού σχεδιασμού η θερμική άνεση και η ποιότητα του αέρα.[2],[4],[9]

Χρήση Α.Π.Ε. σε βιοκλιματική κατοικία

Σύμφωνα με το υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας: *“Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλύόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ”* (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285>).

Οι βασικές πηγές Α.Π.Ε. που βρίσκουν εφαρμογή στο βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι:

- τα οικιακά φωτοβολταϊκά,
- οι οικιακές ανεμογεννήτριες
- η γεωθερμία
- ενεργειακό τζάκι

3.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, συνεπώς οι προϋποθέσεις για την αξιοποίηση Φ/Β συστημάτων είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας είναι μεταξύ των 1400-1800 kWh.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και αποτελούνται από Φ/Β πλαίσια, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) και ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία (Εικόνα 3.1). Επίσης, μια τέτοια εγκατάσταση μπορεί να αποτελέσει ένα αυτόνομο σύστημα, για την κάλυψη του συνόλου των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου.

Τα φωτοβολταϊκά έχουν σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον, τον άνθρωπο και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτελούν τα παρακάτω:

- Αθόρυβη λειτουργία
- Μηδενική ρύπανση
- Αξιοπιστία και διάρκεια ζωής μέχρι τα 30 έτη
- Ελάχιστη συντήρηση



Εικόνα 3.1: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε στέγη.

Επίσης για την παραγωγή ρεύματος χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία και όχι συμβατικά καύσιμα, που συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τέλος, προτιμότερο είναι το σύστημα που θα εγκατασταθεί να έχει συμπεριληφθεί στον αρχικό σχεδιασμό του σπιτιού.

3.2 Ανεμογεννήτριες

Η χώρα μας εκτός από άφθονη ηλιοφάνεια έχει και πολλούς ανέμους. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας του αέρα. Έχει παρατηρηθεί ότι σε περιοχές που δεν έχουν ίδια θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση της ψυχρότερης περιοχής είναι μεγαλύτερη από αυτήν της θερμότερης με αποτέλεσμα να κινηθεί αέρια μάζα από την ψυχρότερη στη θερμότερη περιοχή.

Η οικιακή χρήση των ανεμογεννητριών είναι αρκετά περιορισμένη αν και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική υπό προϋποθέσεις. Σήμερα, οι ανεμογεννήτριες βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε αιολικά πάρκα, δηλαδή στη μαζική ηλεκτροπαραγωγή. Οι ανεμογεννήτριες είναι κατασκευασμένες για να μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική, σε πρώτο στάδιο, και στη συνέχεια σε ηλεκτρική (Εικόνα 3.2).

Εκτός λοιπόν, από τα αιολικά πάρκα που αποτελούνται από ανεμογεννήτριες των 800 kW - 3 MW και τροφοδοτούν το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν και μικρότερες ανεμογεννήτριες οι οποίες εφαρμόζονται για την ικανοποίηση των οικιακών καταναλώσεων (400 W - 10kW). Η εγκατάστασή τους συνιστάται εκτός αστικών περιοχών και απομακρυσμένη από φυσικά ή τεχνητά εμπόδια, έτσι ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση του ανέμου κατά την πρόσπτωσή του, με σκοπό την αποδοτική λειτουργία ανεμογεννήτριας (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.2: Οικιακή ανεμογεννήτρια (http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_16.html).

Η εγκατεστημένη ισχύς της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τις ηλεκτρικές ανάγκες που έχει το κτίριο. Για τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας ισχύουν τα εξής:

- Η διάμετρος αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ και κατά συνέπεια αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετηθεί.
- Το ύψος του ιστού καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως εμπόδια περιβάλλοντος χώρου, το είδος της βάσης καθώς και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή (Σκαραμαγκάς,2011).
- Η ύπαρξη ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για την αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας.

Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την εφαρμογή τους:

1. Αυτόνομες (μη συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού). Προϋποθέτουν την ύπαρξη μπαταριών για αποθήκευση ενέργειας και την εγκατάσταση μετατροπέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.
2. Συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού. Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και δεν χρειάζεται η αποθήκευσή της σε μπαταρίες. Απαιτείται όμως εγκατάσταση μετατροπέα δυνατότητας σύνδεσης της ανεμογεννήτριας με το δίκτυο ή χρήση της παραγόμενης ενέργειας για τις ίδιες ανάγκες του υποστατικού.



Εικόνα 3.3: Αιολικό πάρκο (https://www.huffingtonpost.gr/2017/05/30/eidiseis-koinonia-rekor-ellada-energeia-20-anemogennhtries_n_16878104.html)

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών παρουσιάζονται παρακάτω:

Πλεονεκτήματα

Έχουν αξιόπιστη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής, αποφεύγεται η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού, είναι φιλικές προς το περιβάλλον και μπορούν να εγκατασταθούν εύκολα σε απομονωμένες περιοχές και να λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Μειονεκτήματα

Έχουν θορυβώδη λειτουργία, απαιτείται συντήρηση γιατί έχει κινούμενα μέρη και η αισθητική τους όψη δημιουργεί προβλήματα στην αισθητική όψη όλου του κτιρίου. (Σκαραμαγκάς,2011).

3.3 Γεωθερμία

Αποτελεί μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, σχετικά φθηνή και «πράσινη» σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Έχει χαμηλές έως μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα μπορεί να εφοδιάζει σταθμούς ενέργειας ακατάπαυστα χωρίς να απαιτείται αποθήκευση ή εφεδρικοί σταθμοί.

Το υπέδαφος, σε βάθος από 5 έως 100 μέτρα, έχει σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κυμαίνεται από 18 έως 22 βαθμούς κελσίου. Όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη των κατοικιών χρησιμοποιούνται γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η λειτουργία αυτού του συστήματος βασίζεται στη σταθερή θερμοκρασία της γης, την οποία αντλούν με σκοπό τη θέρμανση των χώρων το χειμώνα. Το καλοκαίρι λειτουργούν αντίστροφα, δηλαδή αποβάλλουν τη θερμότητα προς τα έξω και ψύχουν το κτίριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η προσφερόμενη ενέργεια είναι περιβαλλοντικά καθαρή, ανανεώσιμη και εξοικονομεί το 50-70% της ενέργειας που θα κατανάλωνε ένα κτίριο που χρησιμοποιεί μόνο συμβατικά μέσα θέρμανσης.

Ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας αποτελείται από σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός εδάφους (γεωεναλλάκτες), το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα προς το έδαφος, την αντλία θερμότητας η οποία μεταφέρει τη θερμική ενέργεια και το σύστημα θέρμανσης-ψύξης εντός του κτιρίου, το οποίο δίνει ή απορροφά θερμότητα από το σπίτι.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λειτουργούν και με καλοριφέρ. Το χειμώνα, το νερό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα απορροφά την θερμότητα του εδάφους και μέσω του γεωεναλλάκτη την διανέμει στο εσωτερικό του κτιρίου σε υψηλότερη θερμοκρασία. Το καλοκαίρι αντιστρέφεται η διαδικασία, στέλνοντας τη θερμότητα προς το έδαφος, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω στο γενικότερο πλαίσιο των συστημάτων γεωθερμίας.



*Εικόνα 3.4: Εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας
(<http://worldenergynews.gr/index.php?id=4421>).*

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα 3-5 φορές. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα του συστήματος είναι:

- Ο σχεδιασμός
- Απόδοση της αντλίας θερμότητας
- Ποιότητα εγκατάστασης
- Το επίπεδο θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής θερμότητας
- Οι απώλειες θερμότητας του κτιρίου
- Κλιματικές συνθήκες

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας βαθμονομούνται σύμφωνα με τον συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος προσδιορίζει την ενέργεια που παράγει το σύστημα σε σχέση με την ενέργεια που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα έχουν συντελεστή απόδοσης από 3 έως 5. Η απόδοση μιας γεωθερμικής αντλίας κυμαίνεται από 300% έως 500% σε σχέση με ένα καυστήρα ορυκτών καυσίμων που φτάνει σε απόδοση 78% έως 95%. Σημαντικό ρόλο παίζει η εγκατάσταση των γεωεναλλακτών, η οποία αν γίνει σωστά δεν χρειάζονται συντήρηση και λειτουργούν για πολλά χρόνια. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου και οι συχνοί έλεγχοι για τη σωστή του λειτουργία αποτελούν μια μορφή συντήρησης.

3.4 Ενεργειακό τζάκι

Ένας έξυπνος θέρμανσης με άξονα τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί η προσθήκη ενεργειακού τζακιού. Το ενεργειακό τζάκι διαθέτει κλειστό θάλαμο καύσης και εναλλαγής θερμότητας για την ελεγχόμενη μεταφορά θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο. Τα ενεργειακά τζάκια διαθέτουν κλειστό θάλαμο καύσης και εναλλαγής θερμότητας για την ελεγχόμενη μεταφορά θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο. Τα τζάκια αυτά παρέχουν θερμότητα στο σπίτι απορροφώντας ψυχρό αέρα από σχισμές που βρίσκονται χαμηλά, κάτω από το θάλαμο καύσης. Ο αέρας αυτός θερμαίνεται από το θάλαμο καύσης, γίνεται ελαφρύτερος και εξέρχεται με φυσική ροή από αντίστοιχες σχισμές που βρίσκονται πάνω από το θάλαμο καύσης. [3],[4],[7],[9]

Μελέτη βιοκλιματικής κατοικίας Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου Κρήτης

Μετά τη δεκαετία του 1980 έχει αναπτυχθεί η βιοκλιματική αρχιτεκτονική σε πολλές χώρες του εξωτερικού. Στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Τα τελευταία χρόνια γίνονται διάφορες μελέτες για την βελτίωση της αποδοτικότητας της βιοκλιματικής κατοικίας. Σε αυτό το κομμάτι βασίζεται η συγκεκριμένη εργασία. Πιο συγκεκριμένα το κτίριο το οποίο μελετάται είναι η βιοκλιματική κατοικία στο Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου. Το κτίριο βρίσκεται στο χώρο του αιολικού πάρκου του Τ.Ε.Ι. και κατασκευάστηκε με σκοπό να φιλοξενεί φοιτητές από την φοιτητική εστία και είχε σχεδιαστεί για να στεγάσει μέχρι δύο άτομα που ως αρμοδιότητα θα είχαν απλά την καταγραφή στοιχείων όπως η ταχύτητα ανέμου και η ηλιοφάνεια, για ερευνητικούς λόγους. Η βιοκλιματική κατοικία κατασκευάστηκε το 1996 με πρωτοβουλία των Αντρέα Βλησίδα και Μανόλη Κοπιδάκη καθηγητές του τμήματος δομικών έργων Τ.Ε.Ι. Κρήτης, σε συνεργασία με τους Αποστόλη Νεστάκη και Μάικλ Μάιφ καθηγητές του γερμανικού πανεπιστημίου FH Aachen (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1: Βιοκλιματική κατοικία Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Μετά το πέρας της κατασκευής του κτιρίου εμφανίστηκαν αρκετές δυσκολίες στη βιωσιμότητα εντός του. Αυτό συνέβη γιατί κατά το σχεδιασμό του τηρήθηκαν κάποια γερμανικά πρότυπα που δεν ανταποκρίνονται σε ελληνικά δεδομένα, όπως οι καιρικές συνθήκες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα παράθυρα που έχουν τοποθετηθεί σε δυτικούς και ανατολικούς τοίχους, επίσης όλα τα κουφώματα είναι καλυμμένα με λευκή διαφάνεια εμποδίζοντας τους ενοίκους να δουν έξω και δεν έχουν κάποιο σύστημα που να εμποδίζει την ανεπιθύμητη ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό, όπως ρολό ή παντζούρι, έχοντας ως αποτέλεσμα να επικρατεί υψηλότερη θερμοκρασία από την επιθυμητή στο εσωτερικό του τους καλοκαιρινούς μήνες (Εικόνα 4.2). Η παρούσα εργασία έχει βασιστεί στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τις παραπάνω αστοχίες πάρθηκε η απόφαση να γίνει αρχικά μελέτη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων και στη συνέχεια να γίνουν οι απαραίτητες παρεμβάσεις έτσι ώστε να επιτευχθεί ο

στόχος. Αξίζει να σημειωθεί ότι για μεγαλύτερη ακρίβεια έχουν χρησιμοποιηθεί οι θερμοκρασίες κάθε ώρας όλου του έτους.



Εικόνα 4.2: Υαλοπίνακες του κτιρίου.

4.1 Περιγραφή υφιστάμενου κτιρίου

Ο σκελετός (A) της βιοκλιματική κατοικίας έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα, πιο συγκεκριμένα αποτελείται από :

- Δάπεδο: Αποτελείται από τρεις στρώσεις υλικών. Αρχικά από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 εκατοστών, έπειτα ακολουθεί στρώση από τσιμεντοκονίαμα πάχους 8 εκατοστών και τέλος έχει πλακάκι με πάχος 6 χιλιοστά. Με βάση τις στρώσεις των υλικών προκύπτει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου και είναι ίσος με $U=3,44 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Εξωτερικοί τοίχοι (G): Έχουν πάχος 32 εκατοστά και είναι κατασκευασμένοι από δύο σειρές διάτρητων οπτόπλινθων πάχους 12 εκατοστών ο καθένας. Μεταξύ τους υπάρχει διάκενο στο οποίο έχει τοποθετηθεί μόνωση από αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 5 εκατοστών, και τέλος εσωτερικά και εξωτερικά του τοίχου υπάρχει ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 2 εκατοστών. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σε αυτή την περίπτωση είναι $U=0,476 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Εσωτερικοί τοίχοι: Έχουν πάχος 12 εκατοστά, είναι κατασκευασμένοι από μία σειρά διάτρητων οπτόπλινθων πάχους 10 εκατοστών και έχουν επικάλυψη από ασβεστοτσιμεντοκονίαμα πάχους 2 εκατοστών.
- Οροφή: Η οροφή του κτιρίου αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι οριζόντιο και παράλληλο προς το έδαφος και αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα, μονωτικό υλικό και τσιμεντοκονίαμα, ενώ το δεύτερο είναι κεκλιμένο και αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα, μονωτικό υλικό, ασφαλτόπανο και κεραμίδια. Εδώ προκύπτουν διαφορετικοί συντελεστές, ένας για κάθε διαφορετική κατασκευή της οροφής $U1=0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ και $U2=0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Ανοίγματα: Τα κουφώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι αλουμινίου με διπλά τζάμια διακένου 16 χιλιοστών. Το κτίριο έχει συνολικά 12 ανοίγματα εκ των οποίων τα 10 είναι παράθυρα και τα δύο είναι πόρτες. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων είναι $U=3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Επίσης στη νότια πλευρά του κτιρίου έχει προσαρτηθεί θερμοκήπιο το οποίο είναι κλειστός χώρος και περιβάλλεται από υαλοστάσια. Είναι ο συνδυασμός ενός παθητικού συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους, με τοίχο θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος θα αναλάβει έμμεσα τη

μεταφορά της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο της κατοικίας. Στην παρακάτω εικόνα, παρατηρούμε ακόμα την πυκνή βλάστηση που υπάρχει στη βόρεια και στην νότια πλευρά του κτιρίου. Στη βόρεια πλευρά έχουν τοποθετηθεί αειθαλή δέντρα με σκοπό να εμποδίζουν τους ανέμους κυρίως την χειμερινή περίοδο, προστατεύοντας έτσι το κτίριο από τους κρύους ανέμους. Στη νότια πλευρά έχουν τοποθετηθεί φυλλοβόλα δέντρα με στόχο να αφήνουν την ακτινοβολία να περνάει το χειμώνα στο εσωτερικό του κτιρίου ζεσταίνοντάς το και να την εμποδίζει το καλοκαίρι προστατεύοντάς το έτσι από ανεπιθύμητη θερμότητα. Οι δύο τεχνικές αυτές, του θερμοκηπίου και της βλάστησης, περιλαμβάνονται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3: Θερμοκήπιο βιοκλιματικής κατοικίας.

Ακόμα αξίζει να γίνει αναφορά στις μονάδες των Α.Π.Ε. που διαθέτει η βιοκλιματική κατοικία. Η ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη των βασικών αναγκών μιας τέτοιας κατοικίας προσφέρεται από ένα υβριδικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από μία ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά στοιχεία. Το σύστημα είναι εγκατεστημένο στο χώρο του αιολικού πάρκου και βρίσκεται κοντά στην κατοικία. Η ολική προσφερόμενη ισχύς είναι 1400 W. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε μία συστοιχία μπαταριών και με τη βοήθεια DC/AC 24/220 V Inverter τροφοδοτούνται τα φορτία της κατοικίας. Πιο αναλυτικά το ενεργειακό σύστημα αποτελείται από μία ανεμογεννήτρια τριών φάσεων 24 V DC ισχύος 1KW, διαμέτρου 3 μέτρων, από 8 ηλιακά πάνελ τάσης 12 V και ισχύος 50 W το καθένα. Τα πάνελ είναι συνδεδεμένα παράλληλα και δίνουν συνολική ισχύ 400 W και τάση 24 V. Επίσης διαθέτουν συστοιχία 12 μπαταριών μολύβδου, 2 V η καθεμία συνολικής χωρητικότητας 600 Ah στα 24 V. Τέλος, διαθέτει ελεγκτή φόρτισης μπαταριών από πάνελ, 24V-15A, ελεγκτή φόρτισης μπαταριών από ανεμογεννήτρια 24V-60A και μετατροπέα 24 V DC/220V AC ισχύος 2400W (Εικόνα 1.2 και 1.3).



Εικόνα 4.4: Φωτοβολταϊκό πάνελ βιοκλιματικής κατοικίας.



Εικόνα 4.5: Οικιακή ανεμογεννήτρια.

Επίσης, στο εσωτερικό του κτιρίου υπάρχει ενεργειακό τζάκι το οποίο συγκαταλέγεται και αυτό στα συστήματα Α.Π.Ε. Το τζάκι αυτό διαθέτει κλειστό θάλαμο καύσης και εναλλαγής θερμότητας για την ελεγχόμενη μεταφορά θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο. Ακόμα, παρέχει θερμότητα στο σπίτι απορροφώντας ψυχρό αέρα από σχισμές που βρίσκονται χαμηλά, κάτω από το θάλαμο καύσης. Ο αέρας αυτός θερμαίνεται από το θάλαμο καύσης, γίνεται ελαφρύτερος και εξέρχεται με φυσική ροή από αντίστοιχες σχισμές που βρίσκονται πάνω από το θάλαμο καύσης. [10]



Εικόνα 4.6: Ενεργειακό τζάκι βιοκλιματικής κατοικίας.

4.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων

Η μεθοδολογία που επιλέγεται για την επίλυση των ψυκτικών φορτίων είναι η CLTD. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου, αποφεύγοντας τη δυναμική ανάλυση μεταφοράς θερμότητας, χρησιμοποιώντας τα μεγέθη: της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου και του συντελεστή ψυκτικού φορτίου.

4.2.1 Υπολογισμός εξωτερικών τοιχοποιιών

Αρχικά επιλέγεται τυχαία μία ώρα της ημέρας ενός καλοκαιρινού μήνα και ο τύπος της τοιχοποιίας από τον πίνακα 4.1, με βάση τα υλικά και τον συντελεστή θερμοπερατότητας

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_o}} \quad (4.0)$$

Περιγραφή τοιχοποιίας	Κωδικός τοίχου	Περιγραφή πρόσθετης κατασκευής	Βάρος (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)
Τούβλο πάχους 100mm (+ τούβλο)	C	Αέρας & τούβλο πάχους 100mm	400	2,03
	D	Τούβλο πάχους 100mm	440	2,36
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & τούβλο πάχους 100mm	440	1 - 1,71
	B	Μόνωση πάχους 50mm & τούβλο πάχους 100mm	430	0,63
	B	Τούβλο πάχους 200mm	630	1,71
	A	Μόνωση ή αέρας και διπλή τοιχοποιία από τούβλο πάχους 200mm	630	0,87 - 1,38
Τούβλο πάχους 100mm (+ μπλόκος από ελαφρύ ή βαρύ σκυρόδεμα)	E	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	1,81
	D	Αέρας ή μόνωση & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	0,86 - 1,40
	D	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	340	1,56
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 150mm ή 200mm	360 - 430	1,25 - 1,56
	B	Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	430	0,55 - 0,61
Τοίχος από βαρύ σκυρόδεμα	E	Σκυρόδεμα πάχους 100mm	310	3,32
	D	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	310	0,68 - 1,14
	C	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 50mm	310	0,68
	C	Σκυρόδεμα πάχους 200mm	530	2,78
	B	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	540	0,65 - 1,06
	A	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 50mm	760	0,65
	B	Σκυρόδεμα πάχους 300mm	760	2,39
	A	Σκυρόδεμα πάχους 300mm και μόνωση	760	0,64
Μεταλλική τοιχοποιία	G	Με / χωρίς αέρα & μόνωση πάχους 25mm / 50mm / 75mm	20 - 30	0,52 - 1,31
Συνθετική τοιχοποιία	G	Μόνωση πάχους 25mm έως 75mm.	80	0,46 - 1,01

Πίνακας 4.1: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός των φορτίων των τοίχων με την εξής διαδικασία:

Αρχικά υπολογίζεται το συνολικό εμβαδόν του τοίχου από τη σχέση (4.1):

$$A = \text{Βάση} \times \text{Ύψος} \quad (4.1)$$

Στη συνέχεια αφαιρούμε από το συνολικό εμβαδόν του τοίχου τα εμβαδά των κουφωμάτων και των κολώνων, που έχουμε υπολογίσει με τον ίδιο τρόπο. (4.2):

$$A_{\text{τελ}} = A - E_{\text{κουφ}} - E_{\text{κολ}} \quad (4.2)$$

Έπειτα από τον πίνακα 4.2 βρίσκουμε το CLTD σύμφωνα με τον τύπο, την ώρα και τον προσανατολισμό του τοίχου.

Τοιχοποιία G																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ωρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	2	1	1	0	-1	1	4	4	5	7	8	10	12	13	13	13	14	14	12	8	6	5	4	3	18	-1	14	15
BA	2	1	1	0	-1	5	15	20	22	19	17	14	14	15	15	14	14	12	10	8	6	5	4	3	9	-1	22	22
A	2	1	1	0	-1	6	17	26	30	31	28	22	18	17	17	16	15	13	11	8	7	6	4	3	10	-1	31	31
NA	2	1	1	0	-1	3	10	18	23	27	28	27	23	20	18	17	15	13	11	8	7	6	4	3	11	-1	28	29
N	2	1	1	0	-1	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	11	8	7	6	4	3	14	-1	26	26
NA	3	2	2	1	0	0	1	3	4	7	9	14	21	28	33	35	34	29	21	13	9	7	6	4	16	0	35	35
Δ	3	3	2	1	1	1	1	3	4	6	8	11	15	23	31	37	40	37	27	16	11	8	6	4	17	1	40	39
BΔ	3	2	1	1	0	0	1	3	4	6	8	10	12	15	21	26	31	31	23	14	9	7	6	4	18	0	31	31

Πίνακας 4.2: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.

Μετά επιλέγουμε το συντελεστή LM από τον πίνακα 4.3 με βάση το γεωγραφικό πλάτος.

Γ.Π. (°)	Μήνας	B	BA / BΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
0	Δεκέμβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,7	5,0	-0,6
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-2,2	-0,6	1,1	3,9	-0,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,0
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	0,6	-0,6	-1,7	-4,4	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	2,8	1,7	-1,1	-3,3	-4,4	-1,1
	Μάιος / Ιούλιος	5,6	2,8	-1,7	-4,4	-4,4	-2,2
	Ιούνιος	6,7	2,8	-1,7	-5,0	-4,4	-2,8
8	Δεκέμβριος	-2,2	-3,3	-1,7	2,2	6,7	-2,8
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-3,3	-1,1	1,7	5,6	-2,2
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-0,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-0,6	-0,6	-1,1	-2,2	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	1,1	1,1	-0,6	-2,8	-3,9	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	3,9	2,2	-1,1	-3,9	-3,9	-1,1
	Ιούνιος	5,0	2,2	-1,1	-4,4	-3,9	-1,1
16	Δεκέμβριος	-2,2	-4,4	-2,2	2,2	7,2	-5,0
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,7	-3,9
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,1	3,9	-2,2
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	-0,6
	Απρίλιος / Αύγουστος	-0,6	-0,6	-0,6	-1,7	-3,3	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	2,2	1,7	-0,6	-2,8	-3,9	0,0
	Ιούνιος	3,3	2,2	-0,6	-3,3	0,0	-3,9
24	Δεκέμβριος	-2,8	-5,0	-3,9	1,7	7,2	-7,2
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-4,4	-3,3	5,0	7,2	-6,1
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,3	-1,7	1,7	5,6	-3,9
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-1,7
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	0,0	-0,6	-0,6	-1,7	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	1,1	0,0	-1,7	-3,3	0,6
	Ιούνιος	1,7	1,7	0,0	-2,2	-3,3	0,6
32	Δεκέμβριος	-2,8	-5,6	-4,4	1,1	6,7	-9,4
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,0	-4,4	-2,2	5,0	6,7
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,1	-5,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-2,2	-1,1	1,7	3,9	-2,8
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,6	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	0,6	0,0	-0,6	-1,7	0,6
	Ιούνιος	0,6	1,1	0,0	-1,1	-2,2	1,1
40	Δεκέμβριος	-3,3	-5,6	-5,6	0,0	5,6	-11,7
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,6	-5,0	0,6	6,1	-10,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,8	-4,4	-3,3	1,7	6,7	-7,8
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,2	-2,8	-1,7	2,2	5,6	-4,4
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-1,1	0,0	1,1	2,2	-1,7
	Μάιος / Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6
	Ιούνιος	0,6	0,6	0,6	0,0	-0,6	1,1
48	Δεκέμβριος	-3,3	-6,1	-7,2	-1,7	3,3	-13,9
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-3,3	-6,1	-6,1	-0,6	4,4	-13,3
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,8	-5,6	-4,4	0,6	6,1	-10,0

Πίνακας 4.3: Διορθωτικός συντελεστής LM για τον υπολογισμό της CLTD, για διαφορετική θέση και χρονική στιγμή υπολογισμού σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες σχεδίασης.

Ακολουθεί ο υπολογισμός του CLTD_{cor} που δίνεται από τη σχέση:

$$CLTD_{cor} = (CLTD + LM)^{\circ}K + (25,5 - T_i)^{\circ}C + (T_o - 29,4)^{\circ}C \quad (4.3)$$

Όπου CLTD και LM οι συντελεστές που βρέθηκαν από τους πίνακες 4.2 και 4.3 αντίστοιχα, Τ_i η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και Τ_o η θερμοκρασία του περιβάλλοντος την στιγμή εκείνη.

Τέλος το ψυκτικό φορτίο υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_t = U \times A_{\text{τελ}} \times CLTD_{\text{cor}} \quad (4.4)$$

Όπου το Q_t είναι το φορτίο και έχει μονάδα μέτρησης το Watt, U είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου με μονάδες μέτρησης W/m²K, A_{τελ} είναι το τελικό εμβαδόν του τοίχου και έχει μονάδα μέτρησης το m² και το CLTD_{cor} είναι ο συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση (4.3) και μετριέται σε βαθμούς Κέλβιν. Προσθέτοντας τα Q_t όλων των τοίχων προκύπτει το συνολικό Q_t των εξωτερικών τοιχοποιιών.

4.2.2 Υπολογισμός οροφής

Για τον υπολογισμό της οροφής ακολουθείται παρόμοια μεθοδολογία με αυτήν των εξωτερικών τοιχοποιιών. Αρχικά επιλέγεται ο αριθμός της οροφής με βάση τα υλικά κατασκευής από τον πίνακα 4.4.

Αριθμός οροφής	Κατασκευή	Χωρίς ψευδοροφή		Με ψευδοροφή	
		Μάζα (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)	Μάζα (kg/m ²)	U (W/m ² ·K)
1	Φύλλο γάλβου με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	30 (40)	1,21 (0,70)	40 (50)	0,65
2	Εύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 25mm	40	0,97	50	0,65
3	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm	90	1,21	100	0,76
4	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 50mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	140	1,17 (0,69)	150	0,74
5	Εύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 50mm	40	0,62	50	0,47
6	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm	120	0,90	130	0,62
7	Εύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 25mm	60	0,74	70	0,55
8	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 200mm	100	0,72	160	0,53
9	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	250 (250)	1,14 (0,68)	260 (260)	0,73 (0,51)
10	Εύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 50mm	60	0,53	70	0,41
11	Οροφή βιτη (σκυρόδεμα πάχους 100mm τουλάχιστον, στεγανωτική μεμβράνη, μόνωση 50mm, τοιμεντοκονία πρόσφυσης, πλακάκια ή πλάκες ταρατσών)	370	0,60	380	0,47
12	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	370 (370)	1,09 (0,66)	380 (380)	0,71 (0,50)
13	Εύλο πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	80 (90)	0,60 (0,44)	90 (100)	0,47 (0,36)

Πίνακας 4.4: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους οροφής.

Στη συνέχεια, με βάση τον αριθμό της οροφής και τον ηλιακό χρόνο γίνεται επιλογή του CLTD από τον πίνακα 4.5

Αριθμός οροφής	Ηλιακός χρόνος																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	1	-1	-2	-2	-3	-2	3	11	19	27	34	39	43	44	43	39	33	25	17	10	7	4	3	2	14	-3	44	47
2	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	8	15	22	29	34	39	41	41	39	34	28	21	16	11	8	5	16	-2	41	43
3	5	3	1	0	-1	-2	-2	1	5	11	18	24	31	36	39	41	39	37	32	25	19	14	10	7	16	-2	41	42
4	7	4	3	2	0	-1	-1	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	12	9	16	-1	37	37
5	2	0	-2	-2	-3	-4	-3	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	34	32	27	21	14	10	6	4	16	-4	36	39
6	12	9	7	5	3	2	1	1	2	4	8	13	18	24	28	32	34	36	34	32	28	23	19	16	18	1	36	35
7	16	13	11	9	7	6	4	3	3	5	7	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	24	22	19	19	3	31	28
8	19	17	14	12	10	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	26	28	29	30	29	27	25	22	20	4	30	26
9	14	12	10	8	7	5	4	4	6	8	11	14	18	22	26	28	29	29	29	27	24	21	19	17	18	4	29	25
10	17	14	13	11	9	7	6	5	4	5	7	9	13	16	20	23	26	27	28	28	26	24	22	19	19	4	28	24
11	19	17	16	14	12	11	9	8	7	7	8	10	12	14	17	20	22	24	25	26	25	24	22	21	20	7	26	18
12	17	16	14	12	11	9	8	8	8	9	10	12	14	17	20	22	24	25	25	24	23	22	21	19	19	8	25	17
13	21	20	18	17	16	14	12	11	10	9	9	9	10	12	13	16	18	20	22	23	24	24	23	22	22	9	24	15

Πίνακας 4.5: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους οροφής, χωρίς ψευδοροφή, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.

Μετά επιλέγεται ο συντελεστής LM από τον πίνακα 4.3 με βάση το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Οι τύποι για τον υπολογισμό του CLTDcor και του Qt δίνονται από τις παραπάνω εξισώσεις (4.3) και (4.4) αντίστοιχα και υπολογίζεται το εμβαδόν της οροφής.

4.2.3 Υπολογισμός κολώνων

Με τον ίδιο τρόπο επίσης υπολογίζονται και τα φορτία στις κολώνες. Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται οι πίνακες 4.6-4.3-4.4 για τον τύπο, το CLTD και το LM της τοιχοποιίας. Ακόμα, αφού πρώτα υπολογιστεί το εμβαδόν των κολώνων, στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις (4.3) και (4.4) για τον υπολογισμό του CLTDcor και του Qt. Εδώ ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία με αυτήν των εξωτερικών τοιχοποιιών.

ΠΡΟΣ.	Τοιχοποιία Α																								Ώρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	2	6	8	2
BA	11	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	22	8	11	3
A	13	13	13	13	12	12	11	11	11	10	11	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	14	22	10	14	4
NA	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	22	10	13	3
N	11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	11	11	11	23	8	11	3
NΔ	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	10	9	9	9	9	10	11	11	12	13	13	14	14	24	9	14	4
Δ	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	14	1	10	15	5
BΔ	12	12	12	11	11	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	12	1	8	12	4

Πίνακας 4.6: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.

4.2.4 Υπολογισμός ανοιγμάτων

Τα θερμικά κέρδη μέσω παραθύρων υπολογίζονται ξεχωριστά ως θερμικά κέρδη μέσω αγωγής και θερμικά κέρδη μέσω της μεταφερόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα θερμικά κέρδη μέσω αγωγής υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_c, cond, glaz, t = U \times A \times CLTD_{glaz, t} \quad (4.5)$$

Οι τιμές του CLTD_{glaz,t} δίνονται από τον πίνακα 4.7.

Ηλιακός χρόνος	CLTD _{glaz} (°C)	Ηλιακός χρόνος	CLTD _{glaz} (°C)
1	1	13	7
2	0	14	7
3	-1	15	8
4	-1	16	8
5	-1	17	7
6	-1	18	7
7	-1	19	6
8	0	20	4
9	1	21	3
10	2	22	2
11	4	23	2
12	5	24	1

Πίνακας 4.7: Τιμές CLTD για τον υπολογισμό θερμικών κερδών αγωγιμότητας μέσω υαλοπινάκων.

Τα ηλιακά κέρδη μέσω της μεταφερόμενης ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζονται με βάση το συντελεστή ηλιακών κερδών SHGF. Ο συντελεστής αυτό εκφράζει τη μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο μέσω της διαπερατότητας και της απορροφητικότητας του υαλοπίνακα.

Για υαλοπίνακες με διπλά τζάμια οι τιμές του SHGF θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το συντελεστή σκίασης SC του υαλοπίνακα. Το στιγμιαίο ηλιακό κέρδος δίνεται τελικά από τη σχέση:

$$Q_{sol} = A \times SC \times SHGF \quad (4.6)$$

Όπου A η επιφάνεια του υαλοπίνακα. Τελικά ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου προκύπτει με την εισαγωγή του συντελεστή ψυκτικού φορτίου CLFt:

$$Q_{c, sol, t} = A \times SC \times SHGF_{max} \times CLFt \quad (4.7)$$

Όπου SHGF_{max} είναι ο μέγιστος συντελεστής ηλιακών κερδών, ο οποίος δίνεται από τον πίνακα 4.7 και CLFt είναι ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου που δίνεται από τον πίνακα 4.8.

24°	Ιανουάριος	85	129	599	798	716	675
	Φεβρουάριος	95	252	694	767	606	785
	Μάρτιος	107	391	738	675	432	868
	Απρίλιος	117	502	719	533	237	893
	Μάιος	136	562	688	416	145	890
	Ιούνιος	174	580	669	369	136	880
	Ιούλιος	142	555	672	407	145	877
	Αύγουστος	120	492	694	511	227	874
	Σεπτέμβριος	110	375	700	650	423	839
	Οκτώβριος	98	249	666	741	590	770
	Νοέμβριος	85	132	590	785	707	672
	Δεκέμβριος	82	91	568	779	748	628
32°	Ιανουάριος	76	91	552	785	776	555
	Φεβρουάριος	85	205	647	782	697	685
	Μάρτιος	101	338	716	716	555	795
	Απρίλιος	114	461	716	590	363	855
	Μάιος	120	536	694	489	233	874
	Ιούνιος	139	555	675	438	189	871
	Ιούλιος	126	527	678	473	227	861
	Αύγουστος	117	445	691	571	350	836
	Σεπτέμβριος	104	325	678	688	539	770
	Οκτώβριος	88	199	615	754	678	672
	Νοέμβριος	76	91	546	773	767	552
	Δεκέμβριος	69	69	511	776	795	498
40°	Ιανουάριος	63	63	486	760	801	420
	Φεβρουάριος	76	158	587	776	760	568
	Μάρτιος	91	293	688	744	650	703
	Απρίλιος	107	442	707	640	486	795
	Μάιος	117	521	694	552	356	836
	Ιούνιος	151	543	681	508	300	842
	Ιούλιος	120	514	681	536	344	827
	Αύγουστος	110	426	681	618	470	779
	Σεπτέμβριος	95	274	640	713	631	678
	Οκτώβριος	79	155	568	751	738	558
	Νοέμβριος	63	63	476	748	789	416

Πίνακας 4.8: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών για μη σκιασμένους υαλοπίνακες με βόρεια γεωγραφικά πλάτη.

ΠΡΟΣ.	Στοιχεία εσωτερικού χώρου	Ηλιακός χρόνος																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	Ελαφρύς	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08	0,33	0,42	0,48	0,56	0,63	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,79	0,75	0,84	0,61	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	Μέσος	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,34	0,41	0,46	0,53	0,59	0,65	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,79	0,61	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27
	Βαρύς	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,38	0,45	0,49	0,55	0,60	0,65	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,70	0,75	0,57	0,46	0,39	0,34	0,31	0,28
BA	Ελαφρύς	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,23	0,41	0,51	0,51	0,45	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	Μέσος	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,21	0,36	0,44	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08
	Βαρύς	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,23	0,37	0,44	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
A	Ελαφρύς	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,19	0,37	0,51	0,57	0,57	0,50	0,42	0,37	0,32	0,29	0,25	0,22	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	Μέσος	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,18	0,33	0,44	0,50	0,51	0,46	0,39	0,35	0,31	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08
	Βαρύς	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,20	0,34	0,45	0,49	0,49	0,43	0,36	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
NA	Ελαφρύς	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,13	0,28	0,43	0,55	0,62	0,63	0,57	0,48	0,42	0,37	0,33	0,28	0,24	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
	Μέσος	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,14	0,26	0,38	0,48	0,54	0,56	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
	Βαρύς	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,17	0,28	0,40	0,49	0,53	0,53	0,48	0,41	0,36	0,33	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
N	Ελαφρύς	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,09	0,14	0,22	0,34	0,48	0,59	0,65	0,65	0,59	0,50	0,43	0,36	0,28	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
	Μέσος	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,14	0,21	0,31	0,42	0,52	0,57	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14
	Βαρύς	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,14	0,17	0,24	0,33	0,43	0,51	0,56	0,55	0,50	0,43	0,37	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
NΔ	Ελαφρύς	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,24	0,36	0,49	0,60	0,66	0,66	0,58	0,43	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14
	Μέσος	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,23	0,33	0,44	0,53	0,58	0,59	0,53	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18
	Βαρύς	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,25	0,34	0,44	0,52	0,56	0,56	0,49	0,37	0,30	0,25	0,21	0,19	0,17
Δ	Ελαφρύς	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,20	0,32	0,45	0,57	0,64	0,61	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14
	Μέσος	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,19	0,29	0,40	0,50	0,56	0,55	0,41	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
	Βαρύς	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,21	0,30	0,40	0,49	0,54	0,52	0,38	0,30	0,24	0,21	0,18	0,16
BΔ	Ελαφρύς	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,23	0,33	0,47	0,59	0,60	0,42	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14
	Μέσος	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,21	0,30	0,42	0,51	0,54	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16
	Βαρύς	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,18	0,19	0,22	0,30	0,41	0,50	0,51	0,36	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15
Οριζόντιο	Ελαφρύς	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07	0,14	0,24	0,36	0,48	0,58	0,66	0,72	0,74	0,73	0,67	0,59	0,47	0,37	0,29	0,24	0,19	0,16	0,13
	Μέσος	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,11	0,16	0,24	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,67	0,66	0,62	0,56	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18
	Βαρύς	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,15	0,20	0,28	0,36	0,45	0,52	0,59	0,62	0,64	0,62	0,58	0,51	0,42	0,35	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

Πίνακας 4.9: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για επιφάνειες χωρίς εσωτερική σκίαση.

Το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του υαλοπίνακα θα προκύπτει από το άθροισμα των σχέσεων (4.6) και (4.7):

$$Q_{tot,t} = Q_{c,cond,glaz,t} + Q_{c,sol,t} \quad (4.8)$$

4.2.5 Ψυκτικά φορτία από εσωτερικά θερμικά κέρδη

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων από εσωτερικά θερμικά κέρδη εξαρτάται από τρεις διαφορετικές κατηγορίες εσωτερικών πηγών θερμότητας, τους ενοίκους, τα φωτιστικά σώματα και τις συσκευές.

4.2.5.1 Αισθητά ψυκτικά φορτία

Τα αισθητά ψυκτικά φορτία των ενοίκων δίνονται από τη σχέση:

$$Q_{occ,t} = Q_{occ} \times CLF_{occ,t} \quad (4.9)$$

Για λανθάνοντα ψυκτικά φορτία από ενοίκους ισχύει $CLF=1$.

Ο υπολογισμός απαιτεί τον αριθμό των ενοίκων, τις ώρες παραμονής τους στο χώρο και τον βαθμό ενεργητικότητάς τους. Τα δεδομένα των στοιχείων αυτών καταγράφονται στον Πίνακα 4.10 και στον πίνακα 4.11.

Συνολικές ώρες στο χώρο	Χρόνος μετά από κάθε νέα είσοδο στο χώρο (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
8	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
10	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
16	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
18	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2

Πίνακας 4.10: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων (CLF) από ενοίκους συναρτήσει των ωρών παραμονής εντός του χώρου.

Βαθμός ενεργητικότητας ατόμων	$\theta_R = 23,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 24,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 25,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 26,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 27,5^\circ\text{C}$	
	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L
Καθισμένοι σε ακινησία	70	30	65	35	60	40	56	44	51	60
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	74	45	69	51	64	56	58	62	53	66
Καθισμένοι, τρώγοντας	88	80	81	87	76	93	70	99	64	105
Δουλειά γραφείου	88	63	81	70	76	76	70	81	64	87
Όρθιοι, περπατώντας αργά	105	81	96	89	89	96	83	103	76	110
Καθιστικοί εργασία (Εργοστάσιο)	116	114	108	122	100	130	92	138	85	145
Ελαφρά (Εργοστάσιο)	116	186	108	194	100	202	92	210	85	217
Μέτριος χορός	139	235	129	245	120	255	110	264	101	273
Βαριά εργασία (Εργοστάσιο)	192	279	178	293	165	306	152	318	141	330
Βαριά εργασία (Γυμναστήριο)	217	306	201	322	186	337	171	352	157	366

Πίνακας 4.11: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη σε W ενοίκων ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και το βαθμό ενεργητικότητάς τους.

4.2.5.2 Φωτιστικά σώματα

Τα ψυκτικά φορτία από φωτιστικά σώματα δίνονται από τη σχέση:

$$Q_{lit,t} = Q_{lit} \times CL_{Flit} \quad (4.10)$$

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων από φωτιστικά σώματα απαιτεί τον αριθμό και την ισχύ της κάθε λάμπας. Από τον πίνακα 4.12 επιλέγεται συντελεστής a με βάση την επίπλωση και τον τύπο του φωτιστικού.

a	Επίπλωση	Ανακυκλοφορία αέρα	Τύπος φωτιστικού
0,45	Βαριά, απλή επίπλωση, χωρίς χαλί	Χαμηλή, προσαγωγή και επιστροφή κάτω από την οροφή	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,55	Συνήθης επίπλωση, χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή, προσαγωγή και επιστροφή κάτω ή μέσα από την οροφή, μέσω θυρίδων	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,65	Συνήθης επίπλωση, με ή χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή ή χρήση fan coil ή κοινό κλιματιστικό, προσαγωγή μέσω διαχυτή οροφής ή τοίχου, επιστροφή μέσω θυρίδων οροφής	Αεριζόμενο
0,75 ή μεγαλύτερο	Οποιοδήποτε είδος επίπλωσης	Αεραγωγοί μέσω οροφής	Αεριζόμενο

Πίνακας 4.12: Συντελεστής a για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Στη συνέχεια από τον πίνακα 4.13 επιλέγεται η ανακυκλοφορία του αέρα στο χώρο με βάση το δάπεδο.

Τύπος δαπέδου	Ανακυκλοφορία αέρα χώρου			
	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Πολύ υψηλή
Ξύλινο δάπεδο πάχους 50mm (50)	B	A	A	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 75mm (200)	B	B	B	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 150mm (370)	C	C	C	B
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 200mm (590)	D	D	C	C
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 300mm (780)	D	D	D	D

Πίνακας 4.13: Κατηγοριοποίηση b για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Τέλος, από τον πίνακα 4.14 με βάση το συντελεστή a και την κατηγοριοποίηση b προκύπτει το $CL_{Flit,t}$ και έπειτα υπολογίζεται το $Q_{lit,t}$ με όλα τα δεδομένα.

Συντελεστής a	Κατηγοριοποίηση b	Χρόνος μετά την αφή των φώτων (h)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0,45	A	0,1	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,93	0,9	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	B	0,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,83	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
	C	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,79	0,8	0,8	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
	D	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,74	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
0,55	A	0	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,94	1	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	B	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,86	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
	C	0,2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,83	0,8	0,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	D	0,2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,79	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,65	A	0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	1	1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
	B	0,1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,86	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,84	0,8	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,75	A	0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	0,97	1	1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0
	B	0,1	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,92	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,88	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Πίνακας 4.14: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φώτα για λειτουργία 8 ωρών.

4.2.5.3 Ψυκτικά φορτία συσκευών

Τα ψυκτικά φορτία των συσκευών δίνονται από τη σχέση:

$$Q_{app, t} = Q_{app} \times CLF_{app, t} \quad (4.11)$$

Για τον υπολογισμό της ισχύος απαιτείται ο αριθμός των συσκευών και η ισχύς της κάθε συσκευής. Από τον πίνακα 4.15 με βάση τις ώρες λειτουργίας της συσκευής και την ώρα της ημέρας προκύπτει ο συντελεστής $CLF_{app, t}$.

Ώρες λειτουργίας	Χρόνος από την έναρξη λειτουργίας συσκευής (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
10	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
16	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
18	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

Πίνακας 4.15: Συντελεστής ψυκτικών φορτίων για μη αεριζόμενες συσκευές, συναρτήσει των ωρών λειτουργίας τους.

4.2.6 Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης αέρα

Το θερμικό κέρδος που προκύπτει για ένα εσωτερικό χώρο, όταν ένα ρεύμα αέρα εισέρχεται στο εσωτερικό του υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_t = \rho \times V \times \Delta h \quad (4.12)$$

Όπου ρ , η πυκνότητα του ξηρού αέρα, σε kg/m^3 , V η παροχή όγκου του ρεύματος αέρα σε Lt/s , και Δh η διαφορά ειδικής ενθαλπίας μεταξύ του εισερχόμενου αέρα και του εσωτερικού κλιματιζόμενου χώρου, σε Kj/kg .

Από το συνολικό θερμικό κέρδος, για συνήθη ειδική υγρασία ατμοσφαιρικού αέρα, το συνολικό αισθητό φορτίο ισούται με:

περίπτωση που δεν υπάρχει κούφωμα, η επιφάνεια μετριέται σε m². Στη στήλη (6) συμπληρώνεται ο αριθμός των όμοιων επιφανειών, όταν ο χώρος διαθέτει όμοιες επιφάνειες. Στην περίπτωση, όπου η επιφάνεια που μελετάται έχει κούφωμα, το εμβαδόν των κούφωμάτων αθροίζεται και γράφεται στη στήλη (7). Το εμβαδόν αυτό χαρακτηρίζεται ως αφαιρούμενη επιφάνεια, διότι πρέπει να αφαιρεθεί από το μεικτό εμβαδόν του τοιχώματος που γράφτηκε στη στήλη (5). Στη στήλη (8) συμπληρώνεται το εμβαδόν μετά την αφαίρεση. Τέλος, στη στήλη (8) συμπληρώνεται τα τελικά εμβαδά που προκύπτουν από τις παραπάνω πράξεις.

4.3.2 Υπολογισμός απωλειών

Αρχικά, στη στήλη (9) γράφεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U του τοιχώματος, όπως έχει προκύψει από υπολογισμούς ή πίνακες. Στις στήλες (10) και (11) γράφονται η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία αντίστοιχα και στη στήλη (12) η μεταξύ τους διαφορά. Τέλος, στη στήλη (13) γράφονται τα γινόμενα των στηλών (8), (9) και (12) από τη σχέση:

$$qv = A \times U \times (\theta_i - \theta_o) \quad (4.15)$$

4.3.3 Υπολογισμός προσαυξήσεων

Στη στήλη (14) γράφεται η προσαύξηση λόγω προσανατολισμού, σε %. Οι τιμές δίνονται στον πίνακα 4.17.

Προσανατολισμός	Προσαύξηση (%)
B, BA, BΔ	+5
A, Δ	0
N, NA, NΔ	-5

Πίνακας 4.17: Προσαυξήσεις Z_H (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω προσανατολισμού.

Στη στήλη (15) γράφεται η προσαύξηση λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, σε %. Οι τιμές δίνονται από τον πίνακα 4.18.

Κατηγορία λειτουργίας ανά 24 ωρο	Τιμές του συντελεστή D			
	0,1 – 0,3	0,3 – 0,7	0,7 – 1,5	> 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

Πίνακας 4.18: Προσαυξήσεις Z_D (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας.

Στη στήλη (16) γράφεται η προσαύξηση λόγω ύψους του ορόφου που βρίσκεται ο χώρος, σε % και τέλος Στη στήλη (17) γράφεται το σύνολο των προσαυξήσεων, το οποίο προκύπτει από τη σχέση:

$$Z = 1 + \frac{(Z_D + Z_H + Z_Y)}{100} \quad (4.16)$$

Στην τελευταία στήλη του εντύπου (18) αναγράφεται το γινόμενο των στηλών (13) και (17), το οποίο αποτελεί και το σύνολο των απωλειών λόγω αγωγιμότητας, του χώρου QT.

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός των απωλειών αερισμού, είτε με εφαρμογή της σχέσης:

$$Q_L = a \times \sum I \times R \times H \times Z_r \times \Delta\theta \quad (4.17)$$

Όπου a =Συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων. Πίνακας 4.19.

Είδος ανοίγματος		a
Ανοιγμα ξύλινο ή πλαστικό	Απλό	3,0
	Διπλό	2,0
Ανοιγμα μεταλλικό	Απλό	1,5
	Διπλό	1,2
Εσωτερική πόρτα	Στεγανή	1,5
	Μη στεγανή	4,0

Πίνακας 4.19: Συντελεστής διείσδυσης (a) αέρα μέσω ανοιγμάτων.

ΣI =Συνολικό μήκος χαραμιάδων ανοιγμάτων του χώρου σε m.

R =Συντελεστής διεισδυτικότητας. Πίνακας 4.20.

Υλικό παραθύρου	Εσωτερικές πόρτες	Επιφάνεια εξωτερικών ανοιγμάτων (F_A) Επιφάνεια εσωτερικής πόρτας (F_N)		R
Εύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	< 3,0		0,9
	Στεγανές	< 1,5		0,9
Μέταλλο	Μη στεγανές	< 6,0		0,9
	Στεγανές	< 2,5		0,9
Εύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	από 3,0 έως 9,0		0,7
	Στεγανές	από 1,5 έως 3,0		0,7
Μέταλλο	Μη στεγανές	από 6,0 έως 20		0,7
	Στεγανές	Από 2,5 έως 6,0		0,7

Πίνακας 4.20: Συντελεστής διεισδυτικότητας ανοιγμάτων R.

H =Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός κτηρίου). Πίνακας 4.21

Τοποθεσία	Θέση	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Συνεγόμενα κτήρια	Μεμονωμένο κτήριο
Συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων	Προστατευμένη	4	0,24	0,34
	Εκτεθειμένη	6	0,41	0,58
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους	Προστατευμένη	6	0,41	0,58
	Εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	10	0,82	1,14
	Εξαιρετικά εκτεθειμένη	20	1,04	1,45

Πίνακας 4.21: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H κτηρίων.

Z_r ορίζεται ο συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων και $\Delta\theta$ θερμοκρασιακή διαφορά.

Το άθροισμα των απωλειών θερμότητας Q_T και των απωλειών αερισμού Q_L μας δίνει πλέον το σύνολο των απωλειών του χώρου Q :

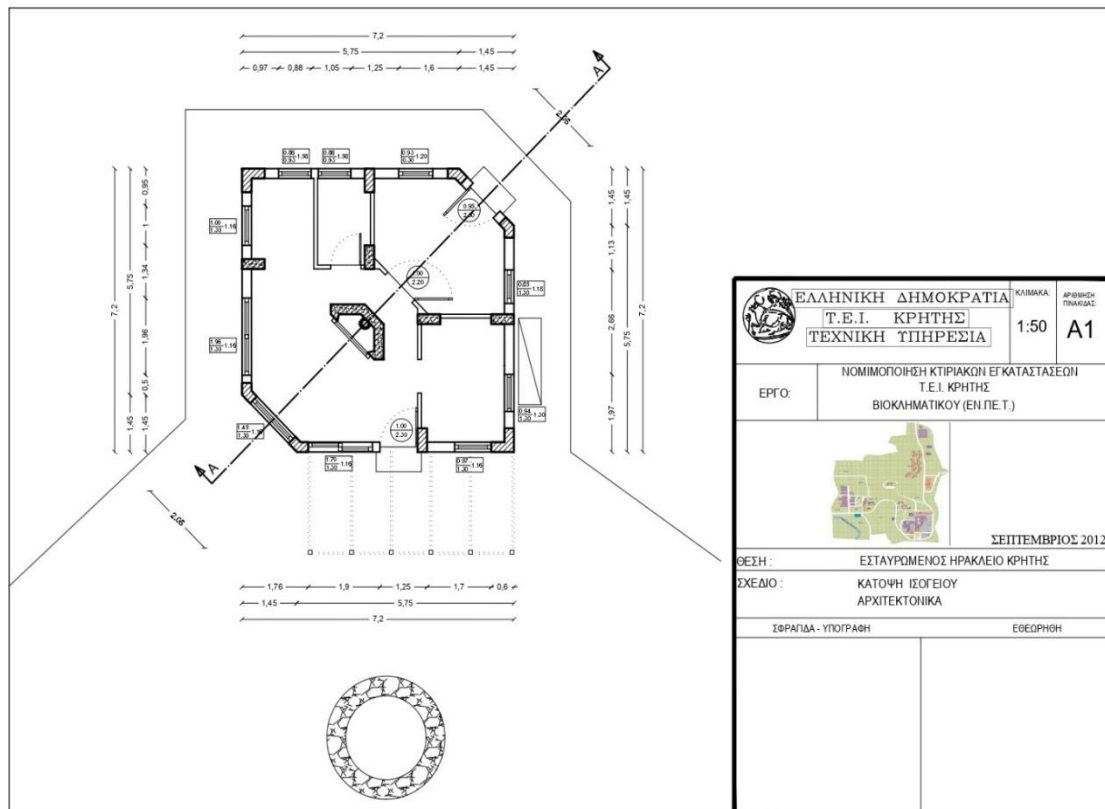
$$Q = Q_T + Q_L \quad (4.18) [11],[12]$$

4.4 Μελέτη ψυκτικών και θερμικών φορτίων στη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.

Για τη μελέτη των ψυκτικών και θερμικών φορτίων της βιοκλιματικής κατοικίας στο Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα. Το πρώτο μέλημα ήταν να παρθούν οι κατόψεις και τα δομικά στοιχεία του κτιρίου από την τεχνική υπηρεσία του Τ.Ε.Ι.. Στη συνέχεια έγινε αυτοψία στο χώρο, για να εξακριβωθούν κυρίως οι διαστάσεις των ανοιγμάτων και να καταγραφούν οι ηλεκτρικές συσκευές και τα στοιχεία των συστημάτων Α.Π.Ε.. Με την αυτοψία στο χώρο του κτιρίου πάρθηκαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό των φορτίων.



Εικόνα 4.7: Αυτοψία στη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.



Εικόνα 4.8: Κάτοψη υφιστάμενου κτιρίου.

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων εφαρμόστηκε η μέθοδος CLTD και υλοποιήθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού C++ για όλες τις ώρες ενός έτους. Η διαδικασία είχε ως εξής:

4.4.1 Υπολογισμός εξωτερικής τοιχοποιίας

Με βάση τον πίνακα 4.1 που βρίσκεται στην ενότητα 4.2.1 και τα υλικά της τοιχοποιίας επιλέγεται η συνθετική τοιχοποιία G με συντελεστή θερμοπερατότητας $U=0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$. Στη συνέχεια για κάθε τοίχο ξεχωριστά υπολογίζεται το εμβαδόν από την εξίσωση (4.1). Μετά αφαιρούνται από το συνολικό εμβαδό του τοίχου τα εμβαδά των κουφωμάτων και των κολώνων, έτσι ώστε να έχουμε το καθαρό εμβαδόν του τοίχου (εξίσωση 4.2). Στη συνέχεια επιλέγεται το CLTD από τον πίνακα 4.2 (βλέπε εικόνα 4.9) με βάση την ώρα, τον προσανατολισμό και τον τύπο του τοίχου που έχουμε επιλέξει να υπολογίσουμε.

```

main.c
148 void initToiXopoiias(int toiko[8][2]) {
149     //ΒΟΡΕΙΟΣ
150     toiko[0][0] = 0;
151     toiko[0][1] = 14;
152
153     //ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
154     toiko[1][0] = 88;
155     toiko[1][1] = 22;
156
157
158     //ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
159     toiko[2][0] = 41;
160     toiko[2][1] = 31;
161
162     //ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
163     toiko[3][0] = 88;
164     toiko[3][1] = 28;
165
166     //ΝΟΤΙΟΣ
167     toiko[4][0] = 81;
168     toiko[4][1] = 26;
169
170     //ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ
171     toiko[5][0] = 80;
172     toiko[5][1] = 39;
173
174     //ΔΥΤΙΚΟΣ
175     toiko[6][0] = 0;
176     toiko[6][1] = 41;
177
178     //ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ
179     toiko[7][0] = 80;
180     toiko[7][1] = 31;
181 }
182
183 void initToiXopoiias(int toiko[8][2]) {
184     //ΒΟΡΕΙΟΣ
185     toiko[0][0] = 8;
186     toiko[0][1] = 8;
187
188     //ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
189     toiko[1][0] = 88;
190     toiko[1][1] = 11;
191
192     //ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
193     toiko[2][0] = 4;
194     toiko[2][1] = 14;
195
196     //ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ
197     toiko[3][0] = 88;
198     toiko[3][1] = 11;

```

Εικόνα 4.9: Εισαγωγή τιμών από τους πίνακες CLTD τοιχοποιιών A και G.

Από τον πίνακα 4.3 για τοιχοποιία G και γεωγραφικό πλάτος 32 μοίρες, γίνεται επιλογή του συντελεστή LM με βάση τον προσανατολισμό. Για τον υπολογισμό του CLTDcor, με άξονα τα παραπάνω στοιχεία, χρησιμοποιείται η εξίσωση 4.3 και τέλος, η εξίσωση 4.4 για τον υπολογισμό του φορτίου της τοιχοποιίας. Η διαδικασία αυτή υλοποιείται για κάθε τοίχο ξεχωριστά (Εικόνα 4.10 και εικόνα 4.11).

```

main.c
466 void initLM(double LM[MONTHS][9]) {
467     LM[0][0] = -2.8;
468     LM[0][1] = -5;
469     LM[0][2] = -5;
470     LM[0][3] = -4.4;
471     LM[0][4] = -4.4;
472     LM[0][5] = -2.2;
473     LM[0][6] = -2.2;
474     LM[0][7] = 5;
475     LM[0][8] = 6.7;
476
477
478     LM[1][0] = -2.2;
479     LM[1][1] = -3.9;
480     LM[1][2] = -3.9;
481     LM[1][3] = -2.2;
482     LM[1][4] = -2.2;
483     LM[1][5] = 2.2;
484     LM[1][6] = 2.2;
485     LM[1][7] = 6.1;
486     LM[1][8] = -5.6;

```

Εικόνα 4.10: Εισαγωγή ενδεικτικών τιμών από τον πίνακα LM τοιχοποιιών A και G.

```

main.c
787
788 double getWallsTotalQ(struct Wall toixoi[6], double LM[MONTHS][9], double temperature, int month) {
789     double wallQ[6], totalWallQ = 0;
790     int i, j;
791
792     for (i = 0; i < 6; ++i) {
793         toixoi[i].LM = LM[month][toixoi[i].Prosanatolismos];
794         toixoi[i].CLTD_CORE = toixoi[i].CLTD_MAX + toixoi[i].LM + (25.5 - Ti) + (temperature - 29.4);
795         toixoi[i].Q_t = U_TOIXWN * toixoi[i].A * toixoi[i].CLTD_CORE;
796
797         wallQ[i] = toixoi[i].Q_t;
798     }
799
800     for (j = 0; j < 6; ++j) {
801         totalWallQ += wallQ[j];
802     }
803
804     return totalWallQ;
805 }

```

Εικόνα 4.11: Υπολογισμός φορτίου τοιχοποιίας.

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου για τον νότιο τοίχο.

Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 4.2.1 χρησιμοποιείται η παρακάτω μέθοδος για τον υπολογισμό των εξωτερικών τοιχοποιιών.

Από πίνακα 4.1 προκύπτει τοιχοποιία G αφού το $U=0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$. Με βάση τον τύπο (4.1):

$$A = \text{Βάση} \times \text{Ύψος}$$

Όπου Βάση=5,75m και Ύψος=3m, άρα

$$A = 5,75 \times 3 = 17,25\text{m}.$$

Με βάση τον τύπο (4.2): $A_{\text{τελ}} = A - E_{\text{κουφ}} - E_{\text{κολ}}$

Όπου $A = 17,25\text{m}^2$, $E_{\text{κουφ}} = 3,848 \text{ m}^2$, $E_{\text{κολ}} = 0,828 \text{ m}^2$

$$\text{Άρα } A_{\text{τελ}} = 17,25 - 3,848 - 0,828 = 12,574 \text{ m}^2.$$

Από πίνακα 4.2 προκύπτει $CLTD=26$ και από πίνακα 4.3 βρίσκουμε $LM=0,6$.

Άρα από τον τύπο (4.3): $CLTD_{\text{cor}} = (CLTD + LM)^{\circ}\text{K} + (25,5 - T_i)^{\circ}\text{C} + (T_o - 29,4)^{\circ}\text{C}$

$$CLTD_{\text{cor}} = (26 + 0,6)\text{K} + (25,5 - 25,5) \text{ C} + (35 - 29,4)\text{C} = 32,2 \text{ K}.$$

Το ψυκτικό φορτίο τελικά είναι από τύπο (2.4): $Q_t = U \times A_{\text{τελ}} \times CLTD_{\text{cor}}$

$$Q_t = 0,46 \times 12,574 \times 32,2 = 186,25 \text{ kW}.$$

4.4.2 Υπολογισμός οροφής

Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο έχει υπολογιστεί και το φορτίο της οροφής, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση ο υπολογισμός είναι πιο περίπλοκος αφού αποτελείται από τρία διαφορετικά μέρη. Ο αριθμός των οροφών, εκτός των υαλοστασίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με τον πίνακα 4.4 της ενότητας 4.2.2, είναι ο 13 γιατί οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι αρκετά κοντά, με αποτέλεσμα να έχουν παρόμοια θερμοκρασιακή συμπεριφορά.

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου οροφής από σκυρόδεμα.

Με βάση τον πίνακα 4.4 της ενότητας 4.2.2 ο αριθμός οροφής είναι 13 $U=0,46\text{W/m}^2\text{K}$.

Από πίνακα 4.5 της ενότητας 4.2.2 και με βάση τον αριθμό οροφής προκύπτει $CLTD=24\text{K}$ και από πίνακα 4.3 της ενότητας 4.2.1 $LM=-0,6$.

Επίσης το εμβαδόν οροφής από AutoCAD είναι $A_{\text{τελ}}=28,8\text{m}^2$.

$$\text{Άρα: } CLTD_{\text{cor}} = (CLTD + LM)^{\circ}\text{K} + (25,5 - T_i)^{\circ}\text{C} + (T_o - 29,4)^{\circ}\text{C}$$

$$CLTD_{\text{cor}} = (24 - 0,6)\text{K} + (25,5 - 25,5)\text{C} + (35 - 29,4)\text{C} = 29\text{K}.$$

$$Q_t = U \times A_{\text{τελ}} \times CLTD_{\text{cor}}$$

$$Q_t = 0,46 \times 28,8 \times 29 = 384,2\text{W}.$$

4.4.3 Υπολογισμός κολώνων

Επίσης με τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται τα φορτία από τις κολώνες. Οι τύποι και οι πίνακες παραμένουν ακριβώς οι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στις τοιχοποιίες.

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου κολώνων του νότιου τοίχου.

Με βάση τα υλικά και τον πίνακα 4.1 της ενότητας 4.2.1 επιλέγεται η τοιχοποιία Α με $U=0,64\text{W/m}^2\text{K}$.

Από τον τύπο: $A = \text{Βάση} \times \text{Ύψος}$ για όλες τις κολώνες του τοίχου:

$$A = (0,126 \times 3) + (0,1 \times 3) + (0,05 \times 3) = 0,828\text{m}^2.$$

Από πίνακα 4.6 της ενότητας 4.2.3 προκύπτει $CLTD=11$ και από πίνακα 4.3 της ίδιας ενότητας $LM=0,6$.

$$\text{Άρα: } CLTD_{\text{cor}} = (CLTD + LM)^{\circ}\text{K} + (25,5 - T_i)^{\circ}\text{C} + (T_o - 29,4)^{\circ}\text{C}$$

$$CLTD_{\text{cor}} = (11 + 0,6)\text{K} + (25,5 - 25,5)\text{C} + (35 - 29,4)\text{C} = 76\text{K}.$$

$$\text{Συνεπώς: } Q_t = U \times A_{\text{τελ}} \times CLTD_{\text{cor}} \Leftrightarrow Q_t = 0,64 \times 0,828 \times 76 = 40,27\text{Watt}.$$

4.4.4 Υπολογισμός φορτίου υαλοπινάκων

Εδώ ο υπολογισμός είναι αρκετά διαφορετικός, γιατί μπαίνουν στην εξίσωση παραπάνω πίνακες. Πιο συγκεκριμένα ο υπολογισμός γίνεται πιο κατανοητός μέσω παραδείγματος:

Παράδειγμα υπολογισμού υαλοπινάκων νότιας πλευράς

Αρχικά όπως και παραπάνω υπολογίζεται το συνολικό εμβαδόν των ανοιγμάτων.

Από την εξίσωση (4.1): $A = \text{Βάση} \times \text{Ύψος}$ έχω:

$$A = (0,97 \times 1,3) + (1 \times 2,3) + (1,3 \times 1,7) = 5,77\text{m}^2.$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δίνεται από την τεχνική υπηρεσία του Τ.Ε.Ι. $U=3,6$ W/m^2K .

Από πίνακα 4.7 της ενότητας 4.2.4 προκύπτει $CLTD_{glaz} = 5$ C.

Ο συντελεστής σκίασης για νότιο προσανατολισμό είναι $SC = 0,5$.

Από πίνακα 4.8 της ενότητας 4.2.4 $SHGF_{max} = 350$ W/m^2 .

Από πίνακα 4.9 της ίδιας ενότητας $CLF_t = 0,52$ (Μέσος).

Άρα από εξίσωση (4.5): $Q_{c, cond, glaz, t} = U \times A \times CLTD_{glaz, t}$

$$Q_{c, cond, glaz, t} = 3,6 \times 5,77 \times 5 = 103,86 \text{ W}$$

Από εξίσωση (4.7): $Q_{c, sol, t} = A \times SC \times SHGF_{max} \times CLF_t$

$$Q_{c, sol, t} = 5,77 \times 0,5 \times 350 \times 0,52 = 525,1 \text{ W}$$

Τέλος το συνολικό φορτίο δίνεται από την εξίσωση (4.8):

$$Q_{tot, t} = Q_{c, cond, glaz, t} + Q_{c, sol, t}$$

$$Q_{tot, t} = 103,86 + 525,1 = 628,96 \text{ W}$$

4.4.5 Υπολογισμός φορτίων από εσωτερικά θερμικά κέρδη

Από ενοίκους

Το κτίριο είναι σχεδιασμένο να φιλοξενεί δύο άτομα σε ελαφριά εργασία. Αυτό σημαίνει ότι με βάση τον πίνακα 4.11 της ενότητας 4.2.5.1 $Q_s=76$ W και $Q_l=93$ W. Επίσης από πίνακα 4.10 για χρόνο παραμονής στο κτίριο 12 ωρών προκύπτει συντελεστής $CLF=0,9$. Άρα με βάση την εξίσωση (4.9): $Q_{occ, t} = Q_{occ} \times CLF_{occ, t}$

$$\text{Για αισθητό φορτίο: } Q_{occ, t} = 76 \times 0,9 \times 2 = 136,8 \text{ W}$$

$$\text{Για λανθάνον φορτίο: } Q_{occ, t} = 93 \times 0,9 \times 2 = 167,4 \text{ W}$$

Από φωτιστικά σώματα

Κάθε λάμπα έχει ισχύ $19,45$ W/m^2 σε εμβαδόν $A = 52,6$ m^2 .

Από πίνακα 4.12 επιλέγεται συντελεστής $\alpha = 0,65$ και από πίνακα 4.13 επιλέγεται κατηγορία Μέση Β. Τέλος, από τον πίνακα 4.14 και με βάση τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει συντελεστής $CLF_{lit, t} = 0,2$.

Άρα από εξίσωση (4.10) $Q_{lit, t} = Q_{lit} \times CLF_{lit, t}$ έχουμε:

$$Q_{lit, t} = (19,45 \times 52,6) \times 0,2 = 204,61 \text{ W}$$

Από φορτία συσκευών

Στο χώρο υπάρχει ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής 400 W/unit και από τον πίνακα 4.15 για 4 ώρες λειτουργίας βρίσουμε $CLF = 0,1$. Επίσης στο χώρο υπάρχει και ένα κλιματιστικό 895W και για τις ίδιες ώρες λειτουργίας έχει συντελεστή $CLF = 0,1$.

Συνεπώς από εξίσωση (4.11) της ενότητας 4.2.5.3 $Q_{app,t} = Q_{app} \times CLF_{app,t}$ γίνονται ξεχωριστά οι υπολογισμοί για τις δύο συσκευές και έπειτα αθροίζονται.

$$\text{Για P/C: } Q_{app} = 400 \times 0,1 = 40 \text{ W}$$

$$\text{Για κλιματιστικό: } Q_{app} = 895 \times 0,1 = 89,5 \text{ W}$$

$$\text{Άρα } Q_{app,tot} = 40 + 89,5 = 129,5 \text{ W.}$$

4.4.6 Υπολογισμός φορτίων λόγω ανανέωσης αέρα

Για 0,75 m³/m² ανανεώσεις αέρα την ώρα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ενότητα 3) έχουμε παροχή

$$V = 52,6 \times 0,75 = 0,01096 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Στο επίπεδο της θάλασσας το γινόμενο $\rho \times hfg$ ισούται με 3010 kJ/m³, άρα το $hfg=2460\text{kJ/kg}$.

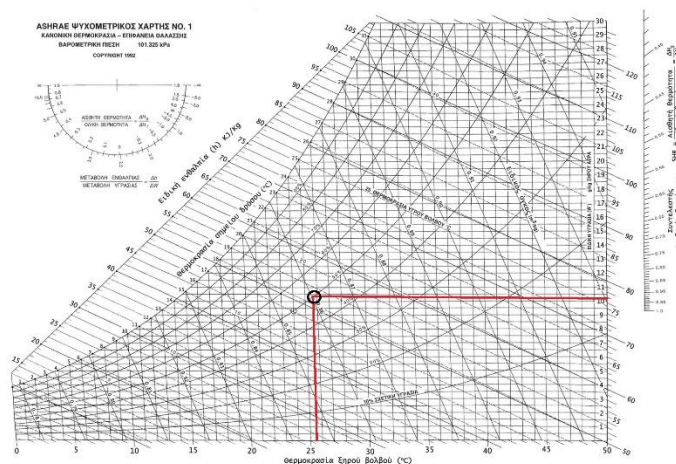
Αισθητό ψυκτικό φορτίο από εξίσωση (4.13):

$$Q_s = \rho \times c_p \times V_s \times \Delta\theta \Leftrightarrow Q_s = 1,23 \times V_s \times \Delta\theta$$

$$Q_s = 1,23 \text{ kg/m}^3 \times 1005 \text{ kJ/kgK} \times 0,01096 \text{ m}^3/\text{s} \times (33-25,5)C = 128,7 \text{ W.}$$

Λανθάνον ψυκτικό φορτίο από εξίσωση (4.14) $Q_l = \rho \times h \times V_s \times \Delta w$

Βρίσκουμε w_i από ψυχομετρικό χάρτη με βάση τη σχετική υγρασία του σπιτιού που είναι 50% και τη θερμοκρασία $T_{db}=25,5 \text{ C}$.



Εικόνα 4.12: Εύρεση w_i από ψυχομετρικό χάρτη.

Το wo εντοπίζεται από χρονοσειρά στο Excel οπότε για κάθε θερμοκρασία περιβάλλοντος θα έχω και διαφορετική σχετική υγρασία.

Τέλος, γίνεται το συνολικό άθροισμά των φορτίων όλων των παραπάνω παραμέτρων για μία ώρα της μέρας και με τη βοήθεια της επαναληπτικής δομής FOR, που υλοποιήθηκε στην γλώσσα προγραμματισμού C++, γίνεται για όλες τις ώρες όλων των ημερών κατά την χειμερινή περίοδο (Οκτώβριο-Απρίλιο). [11],[12]

4.4.7 Μελέτη θερμικών φορτίων

Για τη μελέτη των θερμικών φορτίων χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας 4.16 της ενότητας 4.3 και υλοποιήθηκε στο Excel. Αρχικά, έγινε υπολογισμός για μία τυχαία θερμοκρασία ώστε να ενεργοποιηθούν τα κελιά και έπειτα χρησιμοποιήθηκαν όλες οι θερμοκρασίες ανά ώρα, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.13.

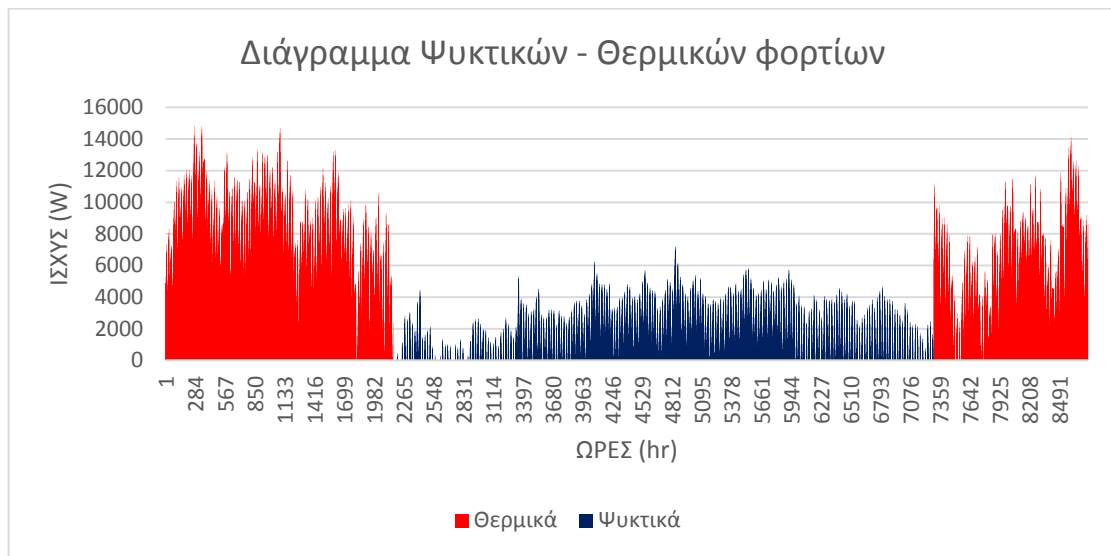
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (ενός) ΧΩΡΟΥ - ΚΤΗΡΙΟΥ																				
Υπολογισμός Θερμικών πωλειών												Όροφος		Φύλλο / Χώρος						
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ												ΑΠΩΛΕΙΩΝ		ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος	Πλάτος ή Ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός οριζών επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική Επιφάνεια (A)	Εσωτερική Θερμοκρασία	Εξωτερική Θερμοκρασία	Διαφορά θερμοκρασίας (Δt)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (U)	Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων (χωρίς προσυψώσεις) Q _a =A*U*Δt	Προσυψώσεις λόγω προσανατολισμού (Z _h)	Προσυψώσεις λόγω διακοσμητικής λεπτομέρειας (Z _l)	Προσυψώσεις λόγω ύψους (Z _u)	Σύνολο προσυψώσεων (+Z _h +Z _l +Z _u)	Σύνολο θερμικών απωλειών Αγωγιμότητας χώρου Q _a			
		[m]	[m]	[m ²]		[m ²]	[m ²]	[°C]	[°C]	[°C]	[W/m ²]	[W]	%	%	%					
Τεξ	ΒΔ	5,8	3	17	1	2,7	15	20	3	17	0,47	116,19	5	7	0	1,12	-----	14,8		
Κ	ΒΔ	0,3	3	0,8	1		0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	14,8		
Π	ΒΔ	1	1,9	1,9	1		1,9	20	3	17	3,6	115,06	-----	-----	-----	-----	-----	14,4		
Τεξ	ΒΑ	6,2	1	6,2	1	2,9	3,2	20	3	17	0,47	25,728	5	7	0	1,12	-----	13,9		
Κ	ΒΑ	0,1	3	0,3	1		0,3	20	3	17	0,653	3,3303	-----	-----	-----	-----	-----	13,5		
Π	ΒΑ	1	2,6	2,6	1		2,6	20	3	17	3,6	160,96	-----	-----	-----	-----	-----	13		
Τεξ	ΒΑ	3	5,8	17	1	3,2	14	20	3	17	0,47	112,62	5	7	0	1,12	-----	12,6		
Κ	ΒΑ	3	0,3	0,8	1		0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	12,2		
Π	ΒΑ	1	2,3	2,3	1		2,3	20	3	17	3,6	142,41	-----	-----	-----	-----	-----	12,7		
Τεξ	Ν	3	5,8	17	1	6,6	11	20	3	17	0,47	85,101	-5	7	0	1,02	-----	14,3		
Κ	Ν	3	0,3	0,8	1		0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	15,8		
Π	Ν	1	5,8	5,8	1		5,8	20	3	17	3,6	353,19	-----	-----	-----	-----	-----	16,9		
Τεξ	Ν	3	2,1	6,2	1	2,2	3,9	20	3	17	0,47	31,473	-5	7	0	1,02	-----	17,6		
Κ	Ν	3	0,1	0,3	1		0,3	20	3	17	0,653	3,3303	-----	-----	-----	-----	-----	18		
Π	Ν	1	1,9	1,9	1		1,9	20	3	17	3,6	116,95	-----	-----	-----	-----	-----	17,9		
Τεξ	ΝΔ	3	5,8	17	1	11	6,4	20	3	17	0,47	51,304	-5	7	0	1,02	-----	17,3		
Κ	ΝΔ	3	2,3	7	1		7	20	3	17	0,653	77,496	-----	-----	-----	-----	-----	16,4		
Π	ΝΔ	1	3,8	3,8	1		3,8	20	3	17	3,6	235,5	-----	-----	-----	-----	-----	15,7		
O1	E	1	28	28	1		28	20	3	17	0,42	202,06	-----	-----	-----	-----	-----	15,3		
O2	E	1	5,3	5,3	1		5,3	20	3	17	3,6	323,5	-----	-----	-----	-----	-----	15		
O3	E	1	28	28	1		28	20	3	17	0,47	226,01	-----	-----	-----	-----	-----	14,6		
Σύνολον Απωλειών Αγωγιμότητας (χωρίς και με) προσυψώζα												2409,8			6,42	15471				
Απώλειες αερισμού χαραμάδων Q _a =α*(Σ)R*H*Zε*Δt																		495,07		
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω Αγωγιμότητας και Αερισμού χαραμάδων (Q=Q _a +Q _a))																		15966		
																		13,4		
																		13,1		
																		12,8		
																		12,6		
																		12,3		
																		12		
																		11,7		
																		11,4		
																		11,2		
Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδυσης αέρα) λόγω ανοιγμάτων (Πιν. 3.3)															α=	1,2				
Συνολικό μήκος (άθροισμα περιμέτρων) των ανοιγμάτων του															Σ=	23,65				
Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χ (Πιν. 3.4)															Χ=	0,9				
Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός (Πιν. 3.5)															H=	1,14				
Συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων (Πιν. 3.6)															Zε=	1				
Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος															Δt=	17				

Εικόνα 4.13: Πίνακας υπολογισμού θερμικών απωλειών.

4.5 Αποτελέσματα υπολογισμών

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών απεικονίζονται σε διάγραμμα για ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση. Στο διάγραμμα 4.1 απεικονίζονται τα ψυκτικά και θερμικά φορτία συναρτήσει του χρόνου. Πιο αναλυτικά, στον άξονα x βρίσκονται οι ώρες του

έτους και στον άξονα y βρίσκονται οι ισχύς των φορτίων. Το μπλε χρώμα αντιπροσωπεύει τα ψυκτικά φορτία, ενώ το κόκκινο τα θερμικά.

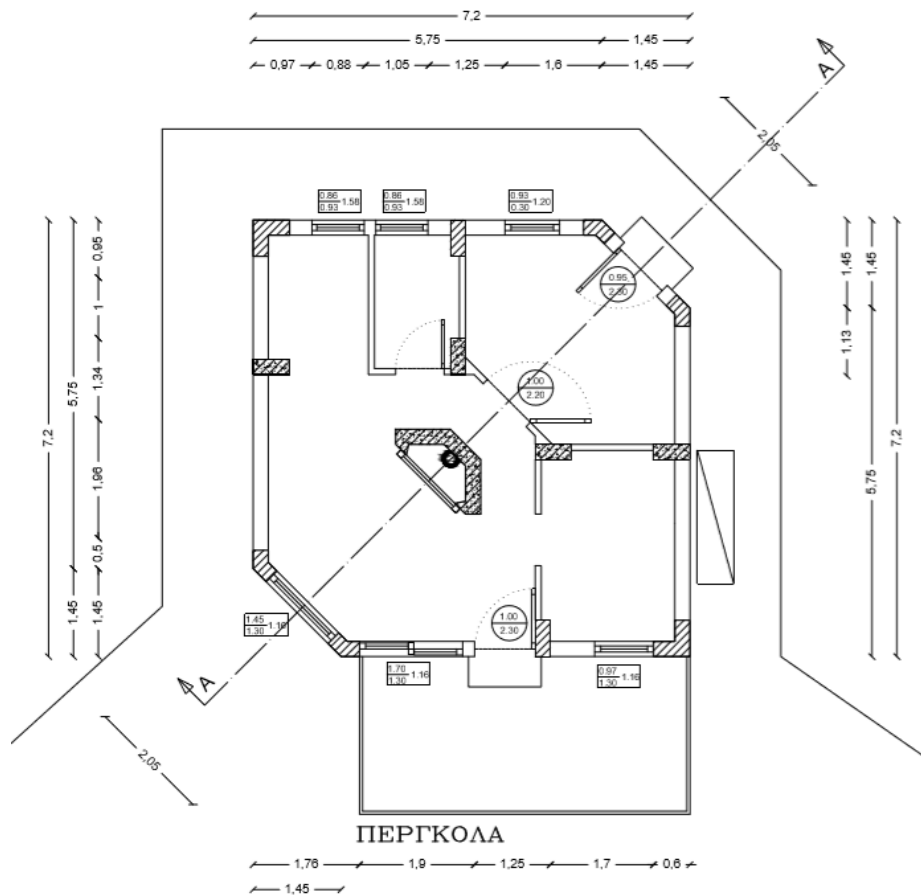


Διάγραμμα 4.1: Ψυκτικά-Θερμικά φορτία υφιστάμενης βιοκλιματικής κατοικίας όλου του έτους.

Η ανάγκη για μέγιστη ψυκτική ισχύ παρουσιάζεται στα μέσα Αυγούστου για θερμοκρασία 35,8 C, ενώ η ανάγκη για μέγιστη θερμική ισχύ παρουσιάζεται στο μέσα του Ιανουαρίου για θερμοκρασία 4,2 C. Πιο συγκεκριμένα η μέρα του Αυγούστου είναι η 21^η, ενώ του Ιανουαρίου η 11^η. [11],[12]

4.6 Παρεμβάσεις στη βιοκλιματική κατοικία

Όπως έχει αναφερθεί και στο εισαγωγικό μέρος του κεφαλαίου 4, η αρχιτεκτονική που έχει εφαρμοστεί στην βιοκλιματική κατοικία είναι με βάση τα γερμανικά πρότυπα, με αποτέλεσμα να εμφανίζει αυξημένες απώλειες σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο. Ο στόχος των παρεμβάσεων ήταν να έρθει όσο πιο κοντά γίνεται στα ελληνικά πρότυπα. Αρχικά, αφαιρέθηκαν τα παράθυρα στον ανατολικό και δυτικό τοίχο. Τα υπόλοιπα παράθυρα αντικαταστάθηκαν από παράθυρα με διαφανή τζάμια και προστέθηκαν παντζούρια. Τέλος, στη νότια πλευρά του κτιρίου προστέθηκε πέργκολα για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία (Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.14: Κάτοψη βιοκλιματικής κατοικίας με παρεμβάσεις.

Ο υπολογισμός των ψυκτικών και θερμικών φορτίων που ακολουθήθηκε ήταν ακριβός ο ίδιος με αυτόν της ενότητας 4.4, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση ελήφθησαν οι παραπάνω παρεμβάσεις. Πιο αναλυτικά οι διαφορές των υπολογισμών σε σχέση με το υφιστάμενο κτίριο είναι ότι δεν υπήρχαν αφαιρούμενες επιφάνειες από ανοίγματα στον δυτικό και ανατολικό τοίχο και παράλληλα πάρθηκε συντελεστής σκίασης $SC=1$ για τα ψυκτικά φορτία λόγω πλήρους σκιασμού (πέργκολας) (Εικόνα 4.15).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (ενός) ΧΩΡΟΥ - ΚΤΗΡΙΟΥ													Όροφος		Φύλλο / Χώρος					
Υπολογισμός Θερμικών πτωλών													ΒΔ							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ													ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ		ΑΠΩΛΕΙΩΝ		ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος	Πλάτος ή Ύψος	Επιφάνεια	Αριθμός ορίων επιφανειών	Αφαιρούμενη επιφάνεια	Τελική Επιφάνεια (A)	Εσωτερική Θερμοκρασία	Εξωτερική Θερμοκρασία	Διαφορά Θερμοκρασίας (Δt)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (U)	Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας (χωρίς προσαυξήσεις) $Q_{A-U\Delta t}$	Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού (Z_{α})	Προσαυξήσεις λόγω δικαιοτήτων λειτουργίας (Z_{λ})	Προσαυξήσεις λόγω ύψους (Z_{ν})	Σύνολο προσαυξήσεων ($1+Z_{\alpha}+Z_{\lambda}+Z_{\nu}$)	Σύνολο θερμικών απωλειών Αγωγιμότητας χώρου Q_{α}			
		[m]	[m]	[m ²]		[m ²]	[m ²]	[°C]	[°C]	[°C]	W/m ²	[W]	%	%	%					
Τεξ	ΒΔ	5,8	3	17	1	0,8	16	20	3	17	0,47	131,21	5	7	0	1,12	-----			
Κ	ΒΔ	0,3	3	0,8	1	0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	1 14,8 5,2 518,85 3331 151,4 3482,4318			
Π	ΒΔ				1		0	20	3	17	3,6	0	-----	-----	-----	-----	2 14,8 5,2 518,85 3331 151,4 3482,4318			
Τεξ	ΒΑ	6,2	1	6,2	1	2,9	3,2	20	3	17	0,47	25,728	5	7	0	1,12	-----			
Κ	ΒΑ	0,1	3	0,3	1	0,3	20	3	17	0,653	3,3303	-----	-----	-----	-----	-----	3 14,4 5,65 563,75 3619,3 164,5 3783,7961			
Π	ΒΑ	1	2,6	2,6	1	2,6	20	3	17	3,6	160,96	-----	-----	-----	-----	-----	4 13,9 6,1 608,65 3907,5 177,6 4085,1604			
Τεξ	ΒΑ	3	5,8	17	1	3,2	14	20	3	17	0,47	112,62	5	7	0	1,12	-----			
Κ	ΒΑ	3	0,3	0,8	1	0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	5 13,5 6,55 653,55 4195,8 190,7 4386,5247			
Π	ΒΑ	1	2,3	2,3	1	2,3	20	3	17	3,6	142,41	-----	-----	-----	-----	-----	6 13 7 698,45 4484 203,9 4687,8889			
Τεξ	ΒΑ	3	5,8	17	1	3,2	14	20	3	17	0,47	112,62	5	7	0	1,12	-----			
Κ	ΒΑ	3	0,3	0,8	1	0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	7 12,6 7,4 738,36 4740,3 215,5 4955,7683			
Π	ΒΑ	1	2,3	2,3	1	2,3	20	3	17	3,6	142,41	-----	-----	-----	-----	-----	8 12,2 7,85 783,26 5028,5 228,6 5257,1326			
Τεξ	Ν	3	5,8	17	1	0,8	16	20	3	17	0,47	131,21	-5	7	0	1,02	-----			
Κ	Ν	3	0,3	0,8	1	0,8	20	3	17	0,653	9,1916	-----	-----	-----	-----	-----	9 12,7 7,3 728,38 4676,2 212,6 4888,7985			
Π	Ν				1		0	20	3	17	3,6	0	-----	-----	-----	-----	10 14,3 5,75 573,73 3683,3 167,4 3850,7659			
Τεξ	Ν	3	2,1	6,2	1	0,3	5,9	20	3	17	0,47	46,742	-5	7	0	1,02	-----			
Κ	Ν	3	0,1	0,3	1	0,3	20	3	17	0,653	3,3303	-----	-----	-----	-----	-----	11 15,8 4,25 424,06 2722,5 123,8 2846,2183			
Π	Ν				1		0	20	3	17	3,6	0	-----	-----	-----	-----	12 16,9 3,15 314,3 2017,8 91,73 2109,55			
Τεξ	ΝΔ	3	5,8	17	1	7	10	20	3	17	0,47	82,049	-5	7	0	1,02	-----			
Κ	ΝΔ	3	2,3	7	1	7	20	3	17	0,653	77,496	-----	-----	-----	-----	-----	13 17,6 2,45 244,46 1569,4 71,35 1640,7611			
Π	ΝΔ				1		0	20	3	17	3,6	0	-----	-----	-----	-----	14 18 2,05 204,55 1313,2 59,7 1372,8818			
Τεξ	Ε	1	28	28	1	28	20	3	17	0,42	202,06	-----	-----	-----	-----	-----	15 17,9 2,1 209,53 1345,2 61,16 1406,3667			
Κ	Ε	1	5,3	5,3	1	5,3	20	3	17	3,6	323,5	-----	-----	-----	-----	-----	16 17,3 2,7 269,4 1729,6 78,63 1808,1857			
Π	Ε				1		0	20	3	17	3,6	0	-----	-----	-----	-----	17 16,4 3,65 364,19 2338,1 106,3 2444,3992			
Ο1	Ε	1	28	28	1	28	20	3	17	0,42	202,06	-----	-----	-----	-----	-----	18 15,7 4,3 429,05 2754,5 125,2 2879,7032			
Ο2	Ε	1	5,3	5,3	1	5,3	20	3	17	3,6	323,5	-----	-----	-----	-----	-----	19 15,3 4,7 468,96 3010,7 136,9 3147,5826			
Ο3	Ε	1	28	28	1	28	20	3	17	0,47	226,01	-----	-----	-----	-----	-----	20 15 5,05 503,88 3234,9 147,1 3381,977			
Σύνολον Απωλειών Αγωγιμότητας (χωρίς και με) προσαυξήσε												1696,2			6,42	10890				
Απώλειες αερισμού χαραμάδων $Q_{\alpha}=\alpha(\Sigma)R^HZe\Delta t$																		495,07		
Συνολικές απώλειες χώρου (λόγω Αγωγιμότητας και Αερισμού χαραμάδων ($Q_{\alpha}+Q_{\lambda}$))																		11385		
Συντελεστής διαπερατότητας (ή διασποράς αέρα) λόγω ανογ																				
Συνολικό μήκος (άθροισμα περιμέτρων) των ανογμάτων του																				
Συντελεστής διασποράς (ή χαρακτηριστικός αριθμός) χ																				
Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός																				
Συντελεστής γωνιακών ανογμάτων																				
Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος																				

Εικόνα 4.15: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών με παρεμβάσεις.

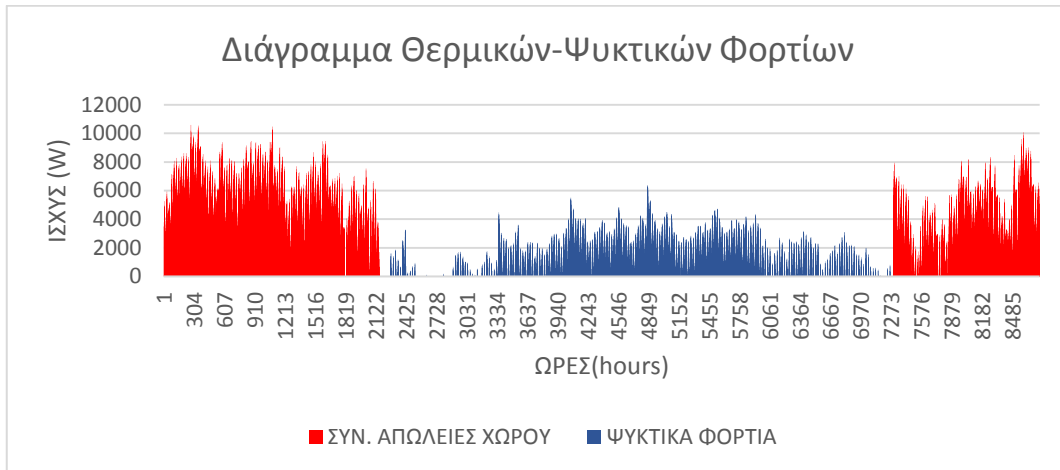
```

main.c
860 }
861
862 double
863 getTotalQ(struct Wall toixoi[6], struct Wall orofes[2], struct Wall kolones[6], struct Ialopinakes ialopinakes[5],
864           double LH[MONTHS][9], struct Data_Per_Month Dpm[MONTHS], int Calendar[MONTHS], float CLF[8][24],
865           int SHGF[MONTHS][9], double ToI[], double WoI[], double Q_final[] ) {
866
867     int hours = 8760;
868     int i, j, k, l, count = 0;
869     double Walls_Q_perHour[hours], Orofes_Q_perHour[hours], Kolones_Q_perHour[hours], Ialopinakes_Q_perHour[hours];
870     double WallsTotalQ = 0, OrofesTotalQ = 0, KolonesTotalQ = 0, IalopinakesTotalQ = 0, Total_Q;
871     double Qocc_a, Qocc_l, Qapp_pc, Qapp_inv, Qlit_t, V_par, Qt, Qlat, restQ;
872
873     for (k = 0; k < MONTHS; ++k) {
874         for (i = 0; i < 31; ++i) {
875             if (i < Calendar[k]) {
876                 for (j = 0; j < 24; ++j) {
877                     Walls_Q_perHour[count] = getWallsTotalQ(toixoi, LH, Dpm[k].TPH[i][j], k);
878                     Orofes_Q_perHour[count] = getOrofesTotalQ(orofes, LH, Dpm[k].TPH[i][j], k);
879                     Kolones_Q_perHour[count] = getKolonesTotalQ(kolones, LH, Dpm[k].TPH[i][j], k);
880                     Ialopinakes_Q_perHour[count] = getIalopinakesTotalQ(ialopinakes, CLF, SHGF, k, j);
881                     count++;
882                 }
883             }
884         }
885     }
886
887     Qocc_a = Qs * ENOIKOI_CLF * 2;
888     Qocc_l = Ql * ENOIKOI_CLF * 2;
889     Qapp_pc = PC * PC_CLF;
890     Qapp_inv = INVERTER * INVERTER_CLF;
891     Qlit_t = LAHPES_Q * A_SPITIOY * CLF_lit;
892     V_par = (A_SPITIOY * HEIGHT) / 1000;
893
894     Total_Q = 0;
895
896
897

```

Εικόνα 4.16: Υπολογισμοί ψυκτικών φορτίων στη C++ με παρεμβάσεις.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών απεικονίζονται σε διάγραμμα για ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση. Στο διάγραμμα 4.2 απεικονίζονται τα ψυκτικά και θερμικά φορτία συναρτήσει του χρόνου. Πιο αναλυτικά, στον άξονα x βρίσκονται οι ώρες του έτους και στον άξονα y βρίσκονται οι ισχύς των φορτίων. Το μπλε χρώμα αντιπροσωπεύει τα ψυκτικά φορτία, ενώ το κόκκινο τα θερμικά. [11],[12]



Διάγραμμα 4.2: Ψυκτικά-Θερμικά φορτία, μετά τις παρεμβάσεις στη βιοκλιματική κατοικία, όλου του έτους.

Συμπεράσματα

Στον 21^ο αιώνα για το σχεδιασμό ενός κτιρίου το ζητούμενο είναι η υγιής, ασφαλής, εναρμονισμένη με το φυσικό και χτιστό περιβάλλον λειτουργική κατοικία, η οποία να είναι ενεργειακά αποδοτική με μικρά περιβαλλοντικά κόστη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος η ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, τουλάχιστον όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, με την αξιοποίηση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας, τον ήλιο και τον αέρα είναι αναγκαία. Για τη διατήρηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας των κτιρίων πρέπει να βασίζονται στην ορθολογική χρήση και τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Με βάση τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι επιτακτική ανάγκη ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ελλάδα, που είναι πλούσια σε ηλιοφάνεια και ανέμους.

Η παρούσα έρευνα βασίζεται στη μελέτη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων βιοκλιματικής κατοικίας. Τα θερμικά και ψυκτικά φορτία σχετίζονται άμεσα με τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, τον προσανατολισμό του, την προστασία που έχει από τον ήλιο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν ανάλογα με την περιοχή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω πάρθηκε η απόφαση να εξετασθεί μια υπάρχουσα βιοκλιματική κατοικία, αυτή του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Με βάση τα στοιχεία κατασκευής του κτιρίου και με μια αυτοψία στο χώρο παρατηρήθηκαν αρκετές αστοχίες. Αρχικά, στο εσωτερικό του κτιρίου επικρατούσε υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με τα ιδανικά πρότυπα, ακόμα όλα τα ανοίγματα ήταν επικαλιμμένα με λευκή αδιαφανή μεμβράνη με αποτέλεσμα να εμποδίζει την ορατότητα προς τα έξω και τέλος υπήρχε μεγάλος αριθμός ανοιγμάτων, όπου πολλά από αυτά ήταν τοποθετημένα ακόμα και σε ανατολικούς και δυτικούς τοίχους.

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία η καταλληλότερη μέθοδος υπολογισμού θερμικών και ψυκτικών φορτίων είναι η DIN 4701/1977 και η CLTD αντίστοιχα. Η μέθοδος DIN 4701/1977 για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών ενός χώρου λαμβάνει υπόψιν της το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής του κτιριακού κελύφους, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων και τον αερισμό του κτιρίου. Η μέθοδος CLTD αποφεύγει τη δυναμική ανάλυση μεταφοράς θερμότητας, χρησιμοποιώντας τα μεγέθη της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου και του συντελεστή ψυκτικού φορτίου. Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών πάρθηκε η απόφαση για μερικές παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου, για τη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών, αφού οι θερμικές και ψυκτικές απώλειες ήταν αρκετά αυξημένες.

Τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

- Από τη μελέτη του υφιστάμενου κτιρίου μέγιστη τιμή των θερμικών απωλειών είναι $Q_{\max\theta} = 14,839 \text{ kW}$ ενώ ελάχιστη τιμή είναι $Q_{\min\theta} = 0,047 \text{ kW}$ για τα ψυκτικά φορτία $Q_{\max\psi} = 7,183 \text{ kW}$ ενώ ελάχιστη τιμή είναι $Q_{\min\psi} = 0,0041 \text{ kW}$.

Πιθανός λόγος αυξημένων απωλειών είναι ο μεγάλος αριθμός των παραθύρων και η ανεπαρκής σκίαση στους νότιους τοίχους.

- Το κτίριο μετά τις παρεμβάσεις που του έγιναν, δηλαδή την αφαίρεση των παραθύρων από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο και την προσθήκη πέργκολας στη νότια πλευρά του, μελετήθηκαν οι απώλειές του έχοντας αποτέλεσμα $Q_{\max\theta\pi} = 10,581 \text{ kW}$ και $Q_{\min\theta\pi} = 0,033 \text{ kW}$ για τις θερμικές απώλειες, ενώ για τις ψυκτικές $Q_{\max\psi\pi} = 6,350 \text{ kW}$ και $Q_{\min\psi\pi} = 0,0017 \text{ kW}$.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με παρεμβάσεις και χωρίς στο υφιστάμενο κτίριο έχουμε κέρδος των θερμικών φορτίων κατά 29% και των ψυκτικών φορτίων κατά 12%.

$$\left(\frac{Q_{\max\theta\upsilon} - Q_{\min\theta\pi}}{Q_{\max\theta\upsilon}} \times 100\% = \frac{14,839 - 10,581}{14,839} \times 100\% = 29\% \right. \text{ και } \left. \frac{Q_{\max\psi\upsilon} - Q_{\min\psi\pi}}{Q_{\max\psi\upsilon}} \times 100\% = \frac{7,183 - 6,350}{7,183} \times 100\% = 12\% \right.$$

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1.1: Παραδοσιακοί οικισμοί.....	8
Εικόνα 1.2: Βιοκλιματική κατοικία.....	9
Εικόνα 1.3: Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	11
Εικόνα 1.4: Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας.....	11
Εικόνα 1.5: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	12
Εικόνα 2.1: Τομή τοίχου Trombe	19
Εικόνα 2.2: Τομή τοίχου νερού	20
Εικόνα 2.3: Λειτουργία θερμοσιφωνικού πανέλου εκτός κτιρίου.....	20
Εικόνα 2.4: : Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη	21
Εικόνα 2.5: Λειτουργία θερμοκηπίου.....	22
Εικόνα 2.6: Θερμοκήπιο με κατακόρυφα τζάμια	23
Εικόνα 2.7: Απεικόνιση ηλιακού αίθριου.....	24
Εικόνα 2.8: Σύστημα απομονωμένου κέρδους.....	24
Εικόνα 3.1: Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε στέγη.....	30
Εικόνα 3.2: Οικιακή ανεμογεννήτρια.....	31
Εικόνα 3.3: Αιολικό πάρκο.....	31
Εικόνα 3.4: Εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας	33
Εικόνα 4.1: Βιοκλιματική κατοικία Τ.Ε.Ι. Κρήτης.....	34
Εικόνα 4.2: Υαλοπίνακες του κτιρίου.....	35
Εικόνα 4.3: Θερμοκήπιο βιοκλιματικής κατοικίας.....	36
Εικόνα 4.4: Φωτοβολταϊκό πάνελο βιοκλιματικής κατοικίας.....	36
Εικόνα 4.5: Οικιακή ανεμογεννήτρια.....	37
Εικόνα 4.6: Ενεργειακό τζάκι βιοκλιματικής κατοικίας.....	37
Εικόνα 4.7: Αυτοψία στη βιοκλιματική κατοικία του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου.....	50

Εικόνα 4.8: Κάτοψη υφιστάμενου κτιρίου.	50
Εικόνα 4.9: Εισαγωγή τιμών από τους πίνακες CLTD τοιχοποιιών Α και G.....	51
Εικόνα 4.10: Εισαγωγή ενδεικτικών τιμών από τον πίνακα LM τοιχοποιιών Α και G.....	51
Εικόνα 4.11: Υπολογισμός φορτίου τοιχοποιίας.	52
Εικόνα 4.12: Εύρεση w_i από ψυχομετρικό χάρτη.	55
Εικόνα 4.13: Πίνακας υπολογισμού θερμικών απωλειών.	56
Εικόνα 4.14: Κάτοψη βιοκλιματικής κατοικίας με παρεμβάσεις.	58
Εικόνα 4.15: Υπολογισμοί θερμικών απωλειών με παρεμβάσεις.	59
Εικόνα 4.16: Υπολογισμοί ψυκτικών φορτίων στη C++ με παρεμβάσεις.	59

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 4.1: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας.....	38
Πίνακας 4.2: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.	39
Πίνακας 4.3: Διορθωτικός συντελεστής LM για τον υπολογισμό της CLTD, για διαφορετική θέση και χρονική στιγμή υπολογισμού σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες σχεδίασης.....	39
Πίνακας 4.4: Περιγραφές και κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους οροφής.	40
Πίνακας 4.5: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους οροφής, χωρίς ψευδοροφή, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.	41
Πίνακας 4.6: Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους εξωτερικής τοιχοποιίας, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.	41
Πίνακας 4.7: Τιμές CLTD για τον υπολογισμό θερμικών κερδών αγωγιμότητας μέσω υαλοπινάκων.....	42
Πίνακας 4.8: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών για μη σκιασμένους υαλοπίνακες με βόρεια γεωγραφικά πλάτη.	43
Πίνακας 4.9: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για επιφάνειες χωρίς εσωτερική σκίαση.	43

Πίνακας 4.10: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων (CLF) από ενοίκους συναρτήσει των ωρών παραμονής εντός του χώρου.....	44
Πίνακας 4.11: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη σε W ενοίκων ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και το βαθμό ενεργητικότητάς τους.	44
Πίνακας 4.12: Συντελεστής a για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.	45
Πίνακας 4.13: Κατηγοριοποίηση b για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.	45
Πίνακας 4.14: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φώτα για λειτουργία 8 ωρών.....	46
Πίνακας 4.15: Συντελεστής ψυκτικών φορτίων για μη αεριζόμενες συσκευές, συναρτήσει των ωρών λειτουργίας τους.	46
Πίνακας 4.16: Υπολογισμός θερμικών απωλειών χώρων κτιρίου κατά DIN 4701/1977.	47
Πίνακας 4.17: Προσαυξήσεις ZH (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω προσανατολισμού.	48
Πίνακας 4.18: Προσαυξήσεις ZD (%) των θερμικών απωλειών χώρου, λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας.	48
Πίνακας 4.19: Συντελεστής διείσδυσης (α) αέρα μέσω ανοιγμάτων.	49
Πίνακας 4.20: Συντελεστής διεισδυτικότητας ανοιγμάτων R.	49
Πίνακας 4.21: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H κτηρίων.....	49

Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1: Κατανάλωση πετρελαίου ανά νοικοκυριό στην Ευρώπη	10
Διάγραμμα 4.1: Ψυκτικά-Θερμικά φορτία υφιστάμενης βιοκλιματικής κατοικίας όλου του έτους.	57
Διάγραμμα 4.2: Ψυκτικά-Θερμικά φορτία, μετά τις παρεμβάσεις στη βιοκλιματική κατοικία, όλου του έτους.....	60

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία:

- [1] Αντωνοπούλου Σ.(2009).Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και βιώσιμη ανάπτυξη- Μέθοδοι και Παραδείγματα σε συγκεκριμένα κτίρια. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθήνα.
- [2] Νικολούδης Ι. Στέλιος (2013). Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- [3] Γιώργος Ζουμπούρης & Σωτήρης Ετμέκτζογλου (2012). Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιριακών κατασκευών. Πτυχιακή εργασία. Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
- [4] Νιότης Νίκος (2011). Βασικές αρχές και πλεονεκτήματα ενός βιοκλιματικού σπιτιού. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Κρήτης τμήμα Μηχανολογίας.
- [5] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας - Υ.Π.ΕΝ. Γενική γραμματεία ενέργειας και ορυκτών πρώτων υλών, Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας. (2017) Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Κ.ΕΝ.Α.Κ.
- [6] Κλειώ Αξαρλή (2002). Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Γενικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού. Σεμινάριο. Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- [7] Ειρήνη Φλώρου (2013). Ηλιακά και παθητικά συστήματα και άλλοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας. Πτυχιακή εργασία. Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
- [8] Κατραμαδοπούλου Δομνίκη, Σαμιώτη Παναγίωτα, Χορμπά Χριστίνα (2015). Βιοκλιματική κατοικία στη Λυγιά Κορινθίας. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.
- [9] Κουνάδης Σπυρίδων & Κάλτσας Κωνσταντίνος (2011). Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων. Πτυχιακή εργασία. Τ.Ε.Ι. Καβάλας, τμήμα Ηλεκτρολόγων μηχανικών.
- [10] Καρέλης Ελευθέριος. Καταγραφή, παρακολούθηση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Κρήτης, τμήμα Μηχανολογίας.

[11] Καταπρακάκης Δημήτριος & Μονιάκης Μύρωνας. Θέρμανση – Ψύξη - Κλιματισμός 2. Σημειώσεις Κεφάλαιο 6 ψυκτικά φορτία. E-class.teicrete.gr

[12] Μιχάλης Ι. Κτενιαδάκης (2010). Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας. Εκδόσεις Ζήτη.

Σαυφείρης Γεννάδιος (2017). Βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Παρουσίαση.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

- Commerce Innovations: www.commerce-innovations.com
- Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat>
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας :
http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html
- World Energy News: <http://worldenergynews.gr/index.php?id=4421>
- Akro Team : <http://www.akroteam.gr/>
- Cres : <http://www.cres.gr>
- Ηλιακά παθητικά συστήματα: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- ArgoMasif : <http://www.ergomasif.gr>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285>
- Zero Energy Buildings : http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_16.html
- Wikipedia : <https://el.wikipedia.org/wiki/>
- Ηλιακή ενέργεια παρουσίαση : <https://slideplayer.gr/slide/2952927/>
- Briefing News : <https://www.briefingnews.gr>
- Huff Spot : https://www.huffingtonpost.gr/2017/05/30/eidiseis-koinonia-rekor-ellada-energeia-20-anemogennhtries_n_16878104.html
- Arizona solar center : www.azsolarcenter.com

Διεθνή βιβλιογραφία:

- Alibakhsh Kasaeian& Mohammad Sameti (2014). Numerical simulation of combined solar passive heating and radiative cooling for a building. Building Simulation 8(3).

